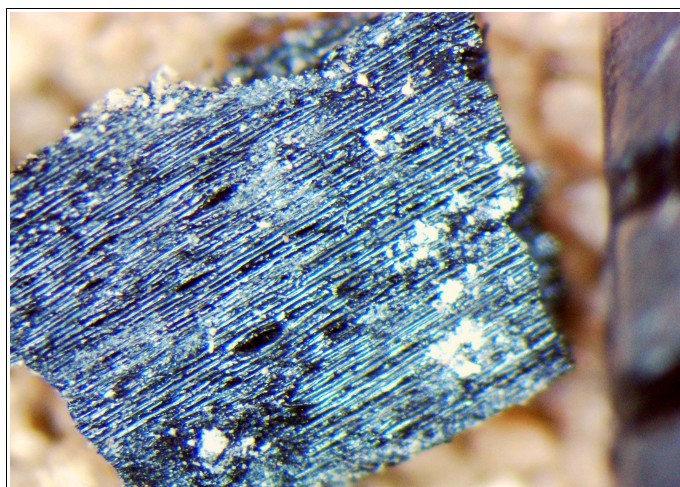




ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES : ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES



SÉLECTION DE FRAGMENTS CHARBONNEUX ET OSSEUX EN VUE DE DATATIONS RADIOCARBONES POUR 27 PRÉLÈVEMENTS EFFECTUÉS DANS LES NIVEAUX « POST- GLACIAIRES » DE LA GROTTÉ DIACLASE DE LA KARELSLÉ (WALDBILLIG, LUXEMBOURG).

**CNRA
Service d'archéologie préhistorique**

Rapport sur les charbons et divers fragments sélectionnés

Juin 2020

Centre National de Recherche Archéologique

Service d'archéologie préhistorique

Prélèvements réalisés dans la grotte diaclase de la « Karelsé » à Waldbillig (Luxembourg).

Références des échantillons étudiés :

PLV1 à PLV27

Loïc GAUDIN

membre associé à l'UMR 6566 CReAAH et chargé de cours à l'Université de Rennes 1

E-mail : loic.gaudin@arkeomap.com

Site web : arkeomap.com

Juin 2020

Illustration de la page de couverture :

Fragment de pin de type sylvestre (Pinus type sylvestris / mugo / nigra), coupe tangentielle, prélèvement 22, grossissement x43 (l'échelle représente des millimètres).

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....	5
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION	7
2.1. Équipement d'observation.....	7
2.2. Méthodologie.....	8
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux	13
2.4. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	14
3. INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES PRELEVEMENTS.....	19
3.1. Prélèvement 27.....	20
Résultats.....	20
3.2. Prélèvement 26.....	21
3.3. Prélèvement 25.....	22
3.4. Prélèvement 24.....	23
3.5. Prélèvement 23.....	24
3.6. Prélèvement 22.....	25
3.7. Prélèvement 21.....	26
3.8. Prélèvement 20.....	27
3.9. Prélèvement 19.....	28
3.10. Prélèvement 18.....	29
3.11. Prélèvement 17.....	30
3.12. Prélèvement 16.....	31
3.13. Prélèvement 15.....	32
3.14. Prélèvement 14.....	33
3.15. Prélèvement 13.....	34
3.16. Prélèvement 12.....	35
3.17. Prélèvement 11.....	36
3.18. Prélèvement 10.....	37
3.19. Prélèvement 9.....	38
3.20. Prélèvement 8.....	39
3.21. Prélèvement 7.....	40
3.22. Prélèvement 6.....	41
3.23. Prélèvement 5.....	42
3.24. Prélèvement 4.....	43
3.25. Prélèvement 3.....	44
3.26. Prélèvement 2.....	45
3.27. Prélèvement 1.....	46
4. BIBLIOGRAPHIE.....	47

INTRODUCTION

Ce document présente un inventaire des fragments charbonneux et osseux sélectionnés dans chacun des 27 prélèvements réalisés en stratigraphie dans la grotte diacalse de la « Karelslé » à Waldbillig (Luxembourg).

Le site a été fouillé de 1991 à 1997 par le Musée d'Histoire et d'art du Grand-Duché de Luxembourg sous la direction de F. Le Brun-Ricalens, actuel chargé de direction du Centre national de recherche archéologique (CNRA) du Grand-Duché de Luxembourg depuis 2011.

En 2017, un programme de reprise des d'études paléobotaniques sur la grotte Karelslé a été engagé par le CNRA, sous la direction de L. Brou et F. Le Brun-Ricalens avec la collaboration de L. Gaudin (Arkéomap) et de H.-G. Naton (Géoarchéon). Il a consisté dans un premier temps à l'exploitation et à la publication par L. Gaudin (Gaudin, 2019b) des analyses palynologiques inédites effectuées sur la séquence de la Karelslé par J. Heim (ancien Laboratoire de palynologie et dendrochronologie de Louvain-la-Neuve) pendant les fouilles en y intégrant les études anthracologiques de J.-M. Pernaud (2001).

Au cours de l'été 2019, une campagne de prélèvements palynologiques et sédimentaires été entreprise par l'équipe sur la coupe témoin, en parallèle d'anciens prélèvements réalisés par Jean Heim (série A à H) (Fig. 17)

Les 27 prélèvements ont été réalisés en vue de faire une étude palynologique. Tout en conservant une partie du sédiment prélevé pour l'étude des pollens, nous avons aussi réservé une partie du sédiment pour d'autres analyses, dont la sélection et l'observation de micro-charbons pour des datations radiocarbone.

Ce rapport fait état des observations anthracologiques effectuées sur ces micro-charbons. Compte tenu de l'état très fragmentaire des charbons, il faut considérer ces résultats avec beaucoup de précaution. La présence hypothétique de certains taxons (ex. genévrier, Monocotylédones, nerpruns notamment) restent à confirmer.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Chacun des prélèvements a été divisé en 3 lots en vue de réaliser des analyses multiproxy. Un lot a été réservé pour la palynologie, un lot pour des observations macroscopiques diverses (ex. anthracologiques, malacologiques, archéozoologiques, sélections de fragments pour datations) mais impliquant un risque de « pollution » par des pollens modernes et un lot réservé à d'autres études potentielles.

Numéros de prélèvement	Masse totale (g)	Lots destinés à l'analyse palynologique	Lots gardés en « réserve »	Lots pour observations « macroscopiques »	Lots envoyés pour extractions polliniques (cf. tests palynologiques)
27	151	60	60	31	
26	160	54	46	56	06/01/20
25	101	49	33	22	
24	174	62	71	41	
23	156	72	44	42	
22	170	37	83	49	
21	176	31	49	75	06/01/20
20	160	67	52	40	
19	151	43	56	47	
18	139	23	50	67	06/01/20
17	155	51	66	38	
16	164	79	47	35	
15	170	44	60	62	06/01/20
14	154	60	59	44	
13	170	45	60	66	
12	166	65	54	45	
11	140	31	58	51	
10	116	30	36	50	
9	160	52	49	56	06/01/20
8	146	59	56	30	
7	98	38	40	19	
6	85	32	21	32	
5	83	30	36	17	
4	91	33	26	33	
3	38	13	17	9	
2	129	47	57	31	
1	42	16	17	9	

Fig. 1 – Tableau listant les masses des 27 prélèvements et des sous-lots associés.

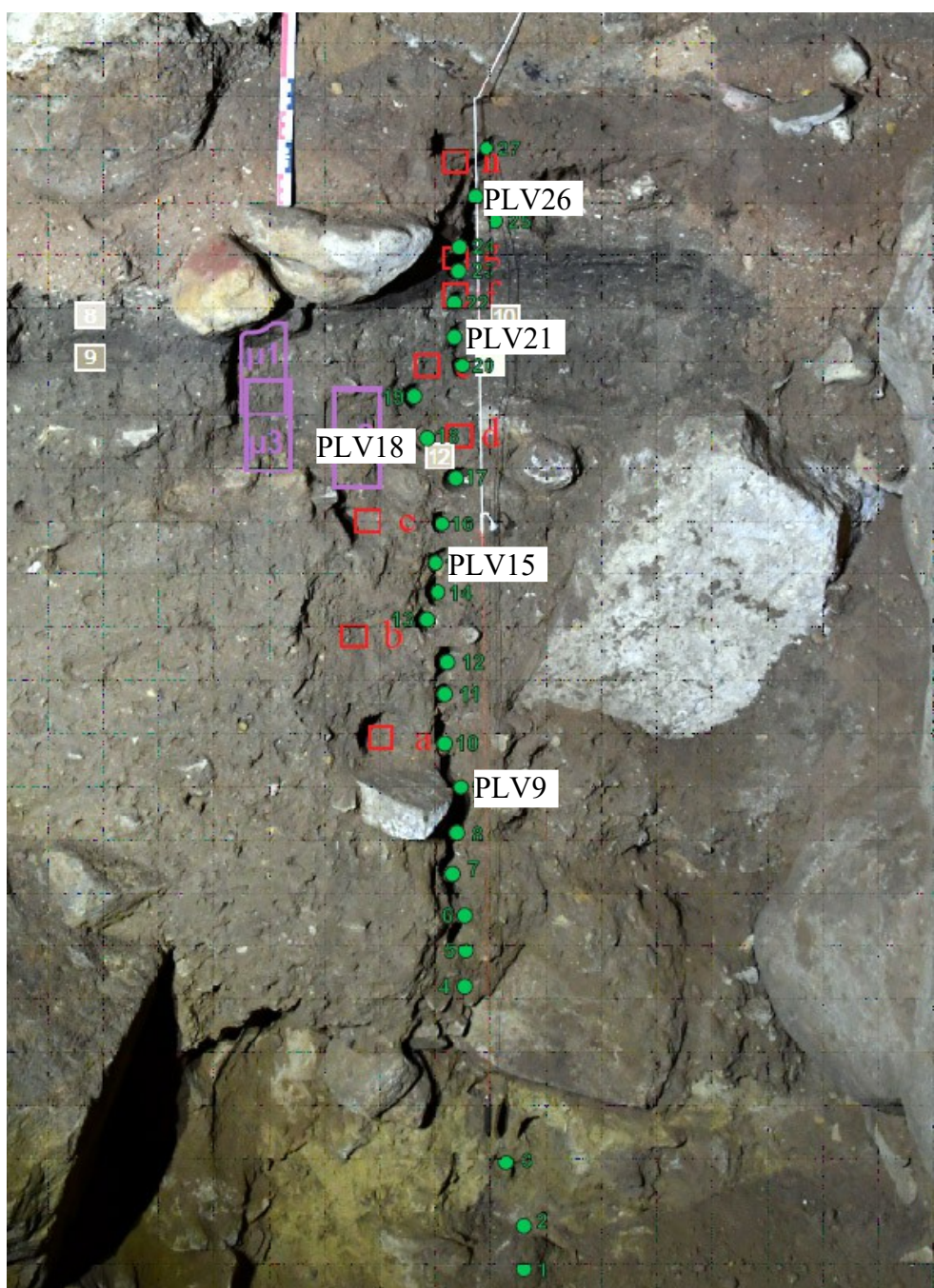


Fig. 2 Photographie de la stratigraphie avec les positions des différents prélèvements de 2019 notés en vert. Notons les prélèvements réalisés par Heim en 1998, numérotés de « a » à « h » en rouge.

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.

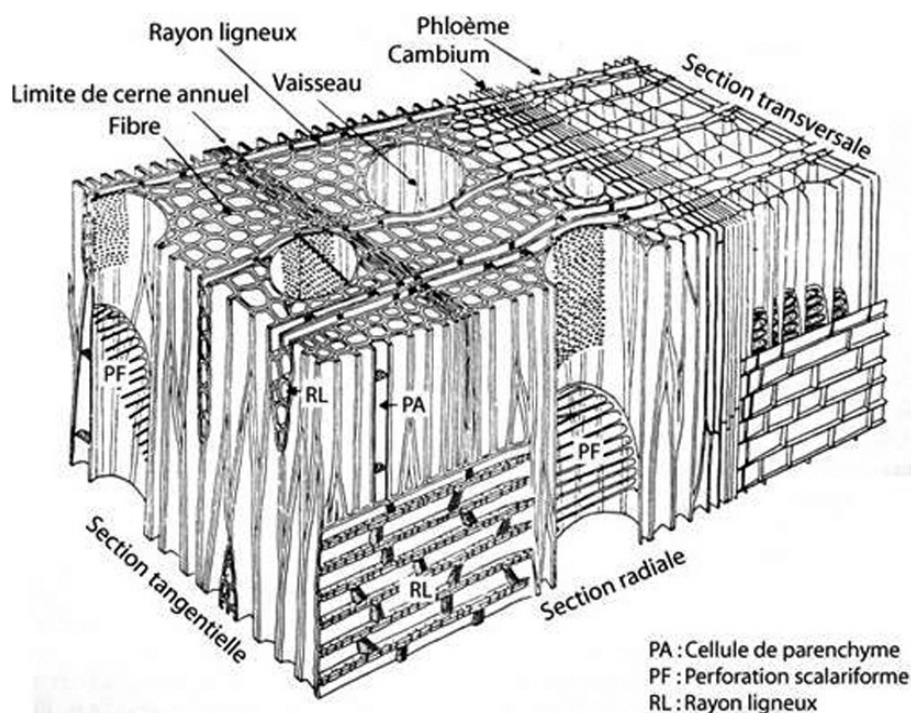


Fig. 4 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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.

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 :

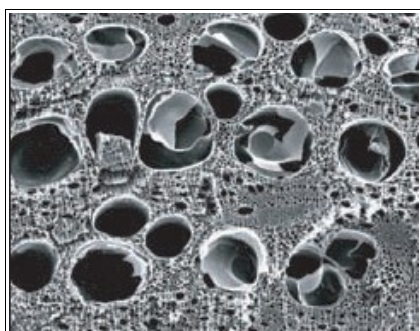
- **l'allure des limites de cernes** (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour estimer la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

- **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**

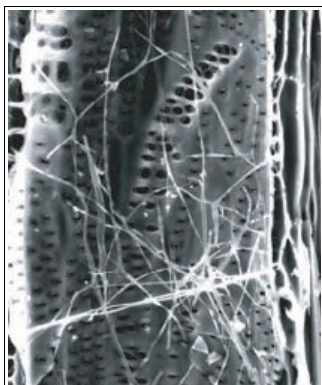
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne 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. 5 – 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.

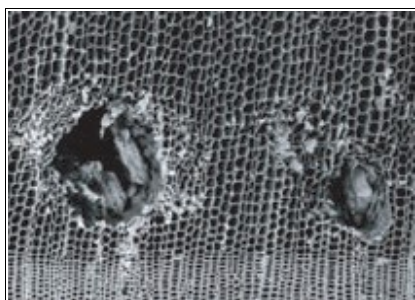
Fig. 6 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

- 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 présence de fentes radiales de retrait et vitrification.



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

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

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

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

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

Il discerne quatre niveaux de vitrification :

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

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

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

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

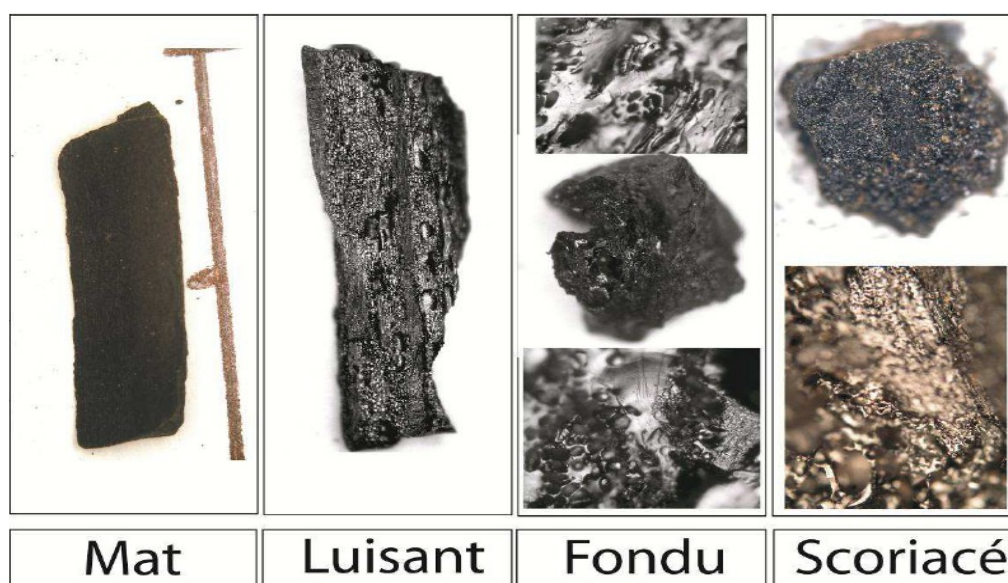
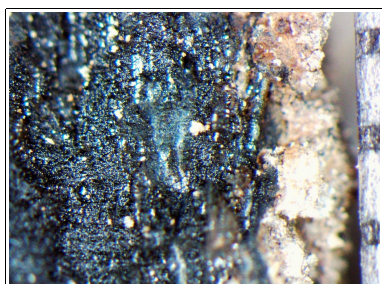


Fig. 9 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les lots anthracologiques (Oilic, 2011).

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. 10) a donc parfois été utilisé.

Fig. 10 – 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. 11). Par exemple, une faible courbure de cerne indiquera la provenance d'au moins une pièce de bois de gros calibre : grosse branche ou tronc. Nous parlons alors de calibre des charbons de bois.

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

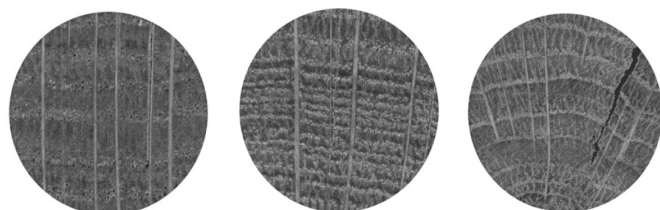


Fig. 11 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

L'étude des 27 prélèvements a permis de déterminer **douze** taxons anthracologiques. Toutefois, une majorité des charbons n'a pas pu être déterminée en raison notamment de la petite taille des fragments (souvent moins de 1 mm). 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. Il faut donc considérer ces résultats avec beaucoup de prudence (notamment en ce qui concerne les résineux : pin, genévrier).

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

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

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

Remarque sur la détection du châtaignier :

La présence du châtaignier (*Castanea sp.*) sur ce site reste hypothétique : d'une part c'est la détection d'un critère anatomique (les rayons multisériés) qui permet de différencier le chêne du châtaignier. Or, sur les petits fragments, l'absence de ce critère n'est pas forcément significatif du châtaignier, d'où la nécessité du taxon anthracologique « chêne-châtaignier » (*Quercus sp. / Castanea sp.*).

Le tilleul (*Tilia sp.*) est une essence de demi-ombre que l'on retrouve plutôt sur les sols riches en bases : sols de pH neutre à acide. Espèce mésophile, elle peut s'associer à la chênaie-hêtraie mais aussi aux boisements hygrophiles avec l'aulne, le saule ou le peuplier par exemple. Il constitue un combustible plutôt médiocre mais à forte chaleur rayonnante.



Fig. 12 – Représentation du tilleul (*Tilia cordata*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

Le **noisetier** (*Corylus sp.*) et le **bouleau** (*Betula sp.*) sont des essences héliophiles ou de demi-ombre. Elles se rencontrent aussi bien dans les **lisières de forêts caducifoliées**, dans des bois clairs, dans des **landes** ou **friches**. Ces espèces s'adaptent à tous les substrats, tant d'un point de vue hydrique qu'en terme de pH. Aussi, on les trouve potentiellement dans la plupart des écosystèmes, même s'ils restent avant tout des arbres pionniers par excellence. Le noisetier et le bouleau sont de bons combustibles (flamme longue, claire, sans fumée), ils dégagent beaucoup de chaleur et une combustion rapide. Leurs bois constituent un excellent bois d'allumage, surtout sous la forme de brindilles.

La famille des **Rhamnacées**, dont le genre *Frangula sp.* (**bourdaine**) et les genres **nerpruns / filaires** (*Rhamnus sp.* / *Phillyrea sp.*) sont difficilement discernables sur les fragments étudiés. Ce sont des arbrisseaux, épineux correspondant à des végétations arbustives (ex. garrigues, fruticées, manteaux arbustifs, bois clairs). Ils sont souvent associés à des milieux pauvres et secs, excepté la bourdaine plutôt caractéristique de sols humides.

Les **Gymnospermes** correspondent à des arbres résineux ou conifères (par opposition les feuillus correspondent aux **Angiospermes**). Les charbons désignés comme tels, n'ont pas permis une détermination plus poussée généralement à cause de leur état très fragmentaire. Les résineux ont des caractéristiques comparables à celles des bois tendres en terme de densité et de pouvoir calorifique. Ils s'enflamment rapidement du fait de leur teneur élevée en résines et sont appréciés pour leur montée rapide en température.

Le pin (*Pinus sp.*) correspond à un genre comportant de nombreuses espèces aux biotopes variés. Le pin de type sylvestre (***Pinus sylvestris/mugo/nigra***) a parfois pu être déterminé. Il est subspontané dans de nombreuses régions et il se répartit depuis l'étage collinéen à l'étage subalpin, il montre un spectre écologique très large. Au Luxembourg, la présence de populations de pin sylvestre sur le sommet des falaises de grès fait débat. Il pourrait s'agir de populations relictuelles qui se seraient maintenues depuis le Tardiglaciaire. En effet, le pin sylvestre est largement détecté au Préboréal et au Boréal, puis sa présence se raréfie au profit des feuillus au cours de l'Holocène, sans toutefois jamais totalement disparaître (Gaudin, 2019a).

L'if commun (*Taxus baccata*) est assez courant en Europe, même s'il a probablement régressé lors de la période postglaciaire. En France, il est surtout présent dans le nord-ouest et dans les moyennes montagnes de l'est et du sud-est. On le rencontre principalement de l'étage collinéen à la base de l'étage subalpin. Il a disparu de nombreuses forêts du fait de leur dégradation (ouverture) et de ses utilisations anciennes. L'if peut atteindre 25 mètres de haut, mais la plupart des individus sont plus petits. Sa forme varie selon la place et la lumière dont il dispose, avec une cime irrégulière et un tronc court et noueux. Très longévif (certains sujets auraient plus de 1000 ans d'âge ?), poussant lentement, c'est un arbre qui se prête bien à la taille. Les formes en buisson sont également fréquentes et il se taille facilement. Il nécessite des sols chimiquement riches, éventuellement calcaires, qui peuvent être rocheux ou caillouteux. Il apprécie une humidité atmosphérique élevée et résiste assez bien au froid. C'est un végétal réputé vénéneux dans toutes ses parties (sauf l'arille), pour l'homme et les animaux. Il fournit un bois dur et homogène très recherché pour l'ébénisterie : bois de sculpture, bois tourné, marqueterie, il a été utilisé dès l'antiquité pour faire des arcs.



Fig. 13 – Représentation de l'if commun (*Taxus baccata*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

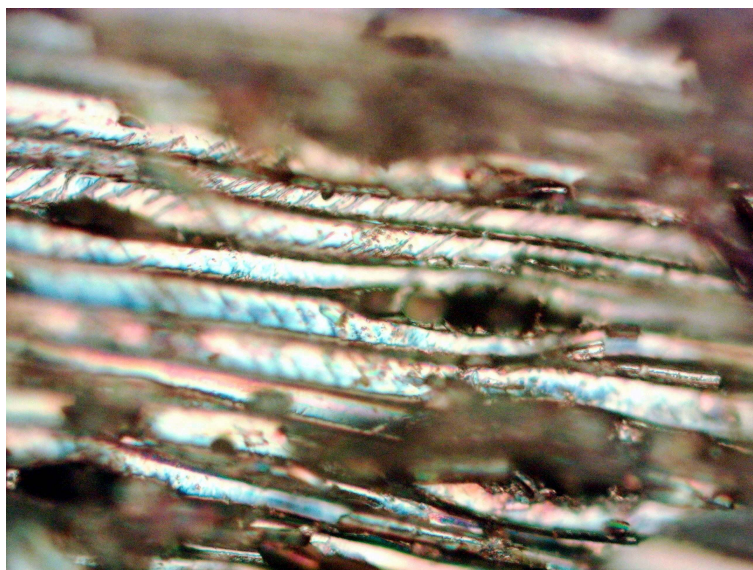


Fig. 14 – Vue anatomique en coupe tangentielle de *Taxus baccata*. On notera la présence d'épaississements spirals sur les parois des cellules. Prélèvement 13. Grossissement x500.

Le **genévrier** (*Juniperus sp.*) est un genre qui correspond soit à l'espèce *Juniperus oxycedre* taxon méditerranéen au sens large que l'on retrouve souvent associé au chêne vert dans les stades de garrigues et de maquis, soit au genévrier commun (*Juniperus communis*) dont la répartition géographique et le spectre écologique est plus large. Ils constituent dans tous les cas de figures une végétation arbustive vivant dans des milieux pauvres et secs. Ce taxon n'a pas été observé dans l'étude de J.-M. Pernaud (2001). Certains fragments semblent toutefois correspondre à ce taxon, notamment par la forme particulière des rayons (2 à 5 cellules de hauteurs avec des parois épaisses et sans trachéïdes transversales). Sa présence reste néanmoins à confirmer.

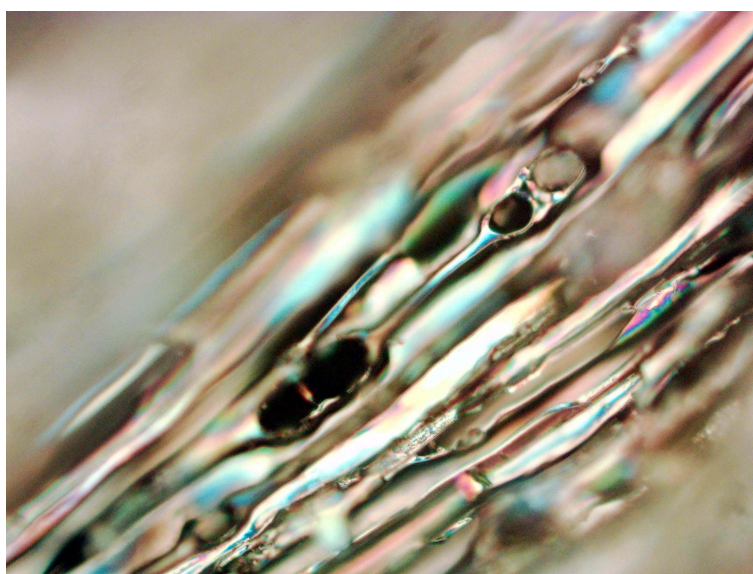


Fig. 15 – Vue anatomique en coupe tangentielle de genévrier (*Juniperus sp.*). On notera la forme des rayons formés par deux cellules de hauteur, grossissement x500. Prélèvement 20.

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

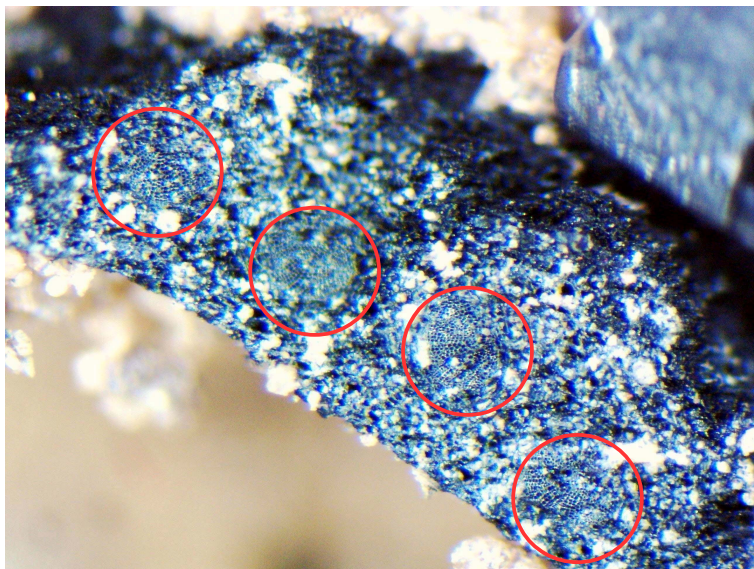


Fig. 16 – Fragment charbonneux avec indication de quatre faisceaux vasculaires en coupe transversale (prélèvement 14).

On relève notamment parmi les monocotylédones : les Poacées, les Orchidées, les palmiers (?) (Arecaceae), les bananiers (?) (genre *Musa*), les Joncacées, les Liliacées. La combustion de ces végétaux laisse généralement peu de vestiges. En nous référant à l'atlas d'anatomie du bois (Schweingruber, 2011), l'hypothèse du fragon ou petit houx (*Ruscus aculeatus*), de la famille des Liliacée peut être évoquée.

Une probable graine de mûre (à confirmer), fruit de la **ronce des bois** (*Rubus fruticosus*) a aussi été observée et isolée dans le prélèvement 26 (Fig. 21).

3. INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES PRELEVEMENTS

Les vingt-sept prélèvements ont systématiquement livré des charbons. Ils étaient néanmoins en quantité très variables.

Dans la mesure du possible, nous avons tenté d'identifier les taxons anthracologiques et lorsque les fragments étaient suffisamment importants ils ont été isolés dans des tubes ou sachets plastiques (cf. Fig. 17). Nous avons fait en sorte d'isoler un fragment unique par tube ou sachet numéroté.

Afin de disposer de « suffisamment » de masse charbonneuse pour les datations, nous avons aussi sélectionnés divers fragments, parfois identifiés, parfois non, que nous avons rassemblés dans des sachets sans étiquette. Nous y avons aussi inclus des éléments divers tels que des restes osseux, malacologiques ou carpologiques.

Les prélèvements présentant des concentrations charbonneuses les plus faibles ont été indiqués en orange. Cet indice est tout relatif.

Numéros de prélèvement	Indice de concentration charbonneux	Numéro des tubes (T) ou sachets et taxons associés
27		T1 : <i>Tilia</i> sp., T2 et T4 : <i>Quercus</i> sp., T3 : <i>Taxus baccata</i>
26		T1 : <i>Quercus</i> sp. ; Sachet 2 : <i>Quercus</i> sp. – <i>Castanea</i> sp., Sachet3 : graine de <i>Rubus</i> sp.
25		Sachet 1 : <i>Gymnosperme</i>
24		– aucun –
23		T1 : <i>Taxus baccata</i>
22	Rares charbons	T1 : <i>Pinus type sylvestris mugo nigra</i>
21		T1 : <i>Taxus baccata</i>
20		T1 : <i>Gymnosperme</i> , T3 : <i>Pinus type sylvestris mugo nigra</i> (probable ?), T2, T4, T5 : <i>Taxus baccata</i> , T6 : <i>Juniperus</i> sp.
19		T1, T2 : <i>Gymnosperme</i> , T3 : <i>Taxus baccata</i>
18		T1 : <i>Taxus baccata</i> ; T2 : <i>Rhamnus</i> sp. (Probable ?)
17		T1 : <i>Taxus baccata</i>
16		T1 : <i>Gymnosperme</i> , <i>Juniperus</i> sp. Probable ?
15		T1 : <i>Taxus baccata</i> avec peut-être qlqs mélanges ?
14		T1 : <i>Monocotyledone</i> (probable ?) ; T2 : <i>Taxus baccata</i>
13		T1 : <i>Taxus baccata</i>
12		T1 : <i>Betula</i> sp. (probable?)
11	Rares charbons	– aucun –
10	Rares charbons	– aucun –
9		– aucun –
8		T1 : <i>Angiosperme</i>
7	Rares charbons	T1 : <i>Pinus type sylvestris mugo nigra</i>
6	Rares charbons	T1 : <i>Gymnosperme</i> , T2 : indéterminé
5	Rares charbons	T1 : Indéterminé
4	Rares charbons	T1 : <i>Betula</i> sp. / <i>Corylus</i> sp.
3	Rares charbons	– aucun –
2		– aucun –
1	Rares charbons	– aucun –

Fig. 17 : Tableau listant les tubes et taxons associés pour chaque prélèvement.

3.1. Prélèvement 27

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Frag. os - dent	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Taxus baccata	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tilia sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 18 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 27.

- **Description**

Le lot comprenait de nombreux petits fragments de charbons et d'os. La détection du tilleul est à noter.

Charbons sélectionnés : Tube1 : *Tilia sp.*, Tube2 et Tube4 : *Quercus sp.*, Tube3 : *Taxus baccata*

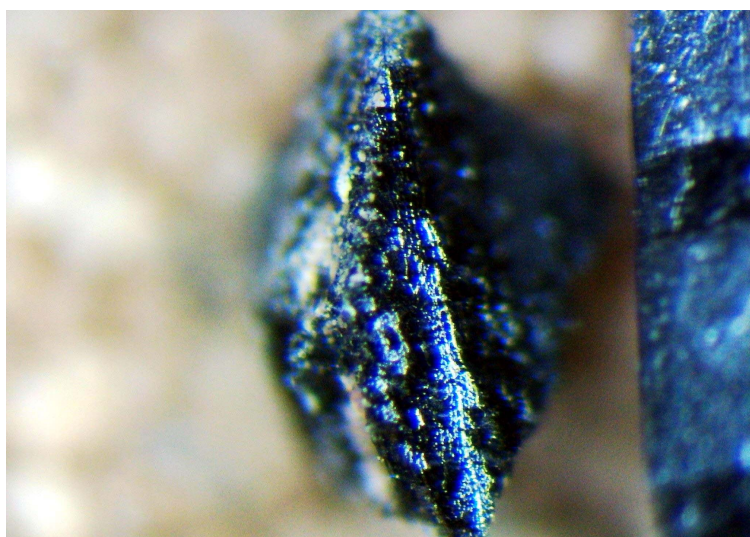


Fig. 19 – Fragment de tilleul (*Tilia sp.*) en coupe transversale, grossissement x500.

3.2. Prélèvement 26

● Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Frag. os - dent	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Graine – Rubus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnosperme	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 20 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 26.

● Description

Lot comprenant de nombreux débris osseux, coquilles de mollusques, une graine de mûre (à confirmer)? (*Rubus sp.*). Ce niveau montre un fort potentiel informatif.

Charbons sélectionnés : **Tube1** : *Quercus sp.* ; **Sachet 2** : *Quercus sp.* – *Castanea sp.*, **SacheTube3** : graine de *Rubus sp.*



Fig. 21 – Graine de mûre (type *Rubus sp.* ?) L'échelle représente des millimètres.

3.3. Prélèvement 25

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Frag. os - dent	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnosperme	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 22 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 25.

- **Description**

Lot comprenant beaucoup de débris végétaux paraissant relativement récents (?) comme des fragments de téguments, racines ? Ces débris n'ont pas été prélevés. De nombreuses « sphères noires » munies de filaments ont aussi été observées (Fig. 23). De plus, on note de nombreux fragments osseux. Les charbons sont rares (indéterminés).

Charbons sélectionnés : Sachet 1 : Gymnosperme

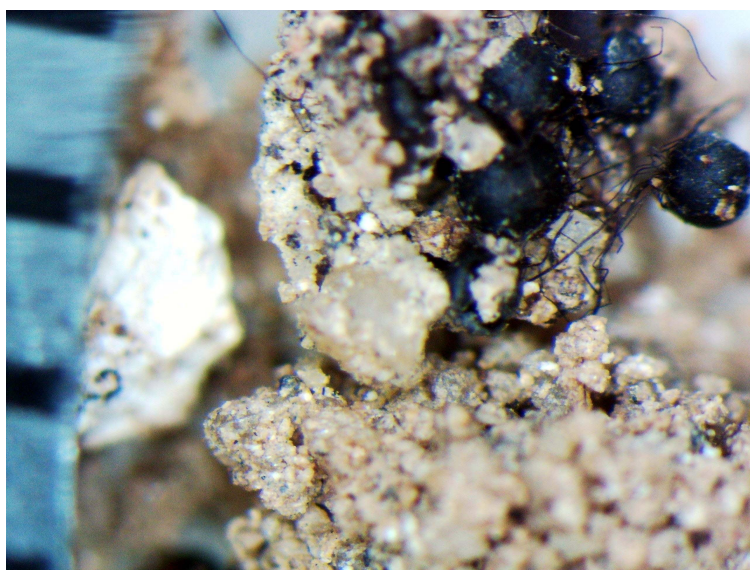


Fig. 23 – Sphères noires avec filaments – indéterminées. L'échelle représente des millimètres.

3.4. Prélèvement 24

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud
Frag. os - dent	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnosperme	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pinus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taxus baccata	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 24 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 24.

- **Description**

Lot comprenant des fragments de diverses essences : chêne, if, pin. Des fragments de bétulacées sont probables (maintenus dans les indéterminés). De nombreux fragments d'os sont aussi observés.

Charbons sélectionnés : aucun, (fragments trop petits).

3.5. Prélèvement 23

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud
Frag. os - dent	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnosperme	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pinus sylvestris / mugo / nigra	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taxus baccata	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 25 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 23.

- **Description**

Lot comprenant beaucoup de fragments. Les résineux (Gymnospermes) sont présents. Certains fragments font penser au sapin ou au mélèze par le passage brusque du bois initial au bois final (?). La petite dimension des fragments ne permet pas d'aller plus loin dans la détermination.

Charbons sélectionnés : Tube1 : Taxus baccata

3.6. Prélèvement 22

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnosperme	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pinus sylvestris / mugo / nigra</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 26 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 22.

- **Description**

Lot comprenant peu de fragments charbonneux. Quelques os ont été repérés.

Charbons sélectionnés : Tube1 : *Pinus type sylvestris mugo nigra*

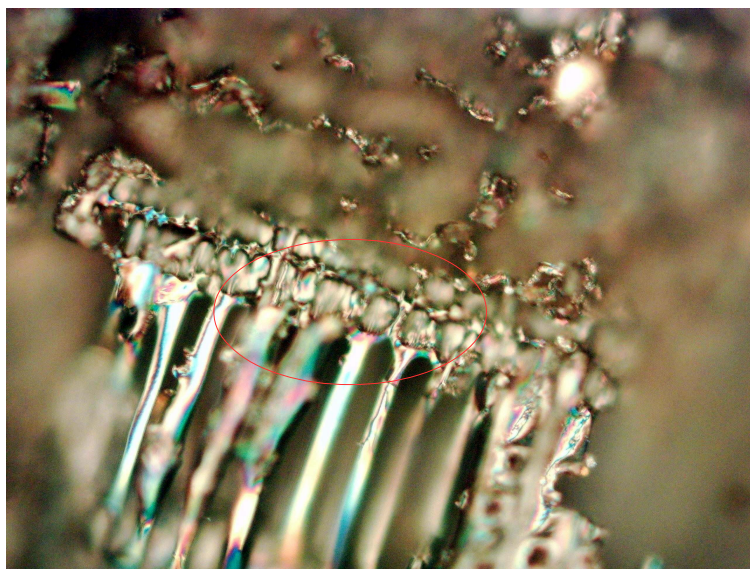


Fig. 27 – Vue anatomique en coupe tangentielle de pin type sylvestre (*Pinus type sylvestris / mugo / nigra*). On notera les parois dentées des trachéides transversales indiquées en rouge. grossissement x500. Prélèvement 22.

3.7. Prélèvement 21

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnosperme	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Taxus baccata	2	0	0	1	0	0	0	0	0

Fig. 28 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 21.

- **Description**

Lot comprenant quelques petits fragments charbons, dont des résineux probablement de pin et des angiospermes maintenus dans les indéterminés. Plusieurs fragments montraient des structures anatomiques indistinctes (moelle, monocotylédones?).

Charbons sélectionnés : Tube1 : Taxus baccata

3.8. Prélèvement 20

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform.	Aspect granuleux - indet.
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnosperme	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Juniperus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinus sylvestris / mugo / nigra	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taxus baccata	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 29 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 20.

- **Description**

Lot comprenant de nombreux fragments, pas toujours déterminables, parfois très petits notamment pour les fragments de résineux (Gymnosperme). La présence du genévrier est probable mais resterait à confirmer.

Charbons sélectionnés : **Tube1** : Gymnosperme, **Tube3** : Pinus type sylvestris mugo nigra (probable ?), **Tube2, Tube4, Tube5** : Taxus baccata, **Tube6** : Juniperus sp.

3.9. Prélèvement 19

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. inform.	Aspect granuleux - indet.
Gymnosperme	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Taxus baccata	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 30 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 19.

- **Description**

Prélèvement comprenant de nombreux fragments, souvent indéterminables. Il y a à la fois des fragments de gymnospermes et d'angiospermes.

Charbons sélectionnés : Tube1, Tube2 : Gymnosperme, Tube3 : Taxus baccata

3.10. Prélèvement 18

● Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform
Gymnosperme	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Juniperus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhamnacee	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taxus baccata	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 31 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 18.

● Description

Des fragments de genévrier (*Juniperus sp.*) et de nerpruns (Rhamnacées) sont probables.

Charbons sélectionnés : Tube1 : *Taxus baccata*; Tube2 : *Rhamnus sp.* (Probable ?)

3.11. Prélèvement 17

● Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnosperme	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	2	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Taxus baccata</i>	5	0	0	1	0	0	0	0	0

Fig. 32 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 17.

● Description

Il y a de nombreux fragments. L'observation d'épaississements spiralés sur certains fragments de résineux permet d'identifier l'if. Néanmoins, il semblerait y avoir quelques canaux(?) résinifères sur certains fragments en coupe transversale, ce qui pose question. Peut-être est ce des artefacts (fracturation) post-dépositionnels. Certains fragments montraient des tissus indistincts de type moelle ou sclérenchyme (tissu médullaire) avec des faisceaux vasculaires. On peut émettre l'hypothèse de fragments de monocotylédones (cf. prélèvement 14, Fig. 16) de petit calibre (forte courbure de cerne). D'autres fragments ne présentaient que des traces de tissu médullaire, peut-être des restes de moelle d'un gymnosperme (fragments indiqués comme indéterminés)?

Charbon sélectionné : Tube1 : *Taxus baccata*

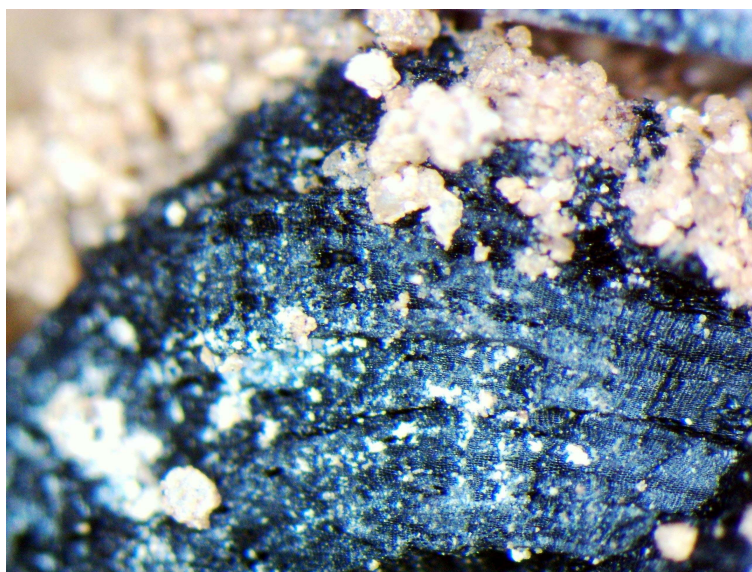


Fig. 33 – Fragment d'if (*Taxus baccata*) de petit calibre (forte courbure de cerne) en coupe transversale, grossissement x43.

3.12. Prélèvement 16

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnosperme	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 34 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 16.

- **Description**

Lot présentant des fragments interprétés comme des restes de Monocotylédones. Quelques restes osseux ont aussi été observés.

Charbons sélectionnés : Tube1 : *Gymnosperme, Juniperus sp. probable ?*

3.13. Prélèvement 15

● Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. inform.	Aspect granuleux - indet.
Indéterminé	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Monocotylédone ? Type Ruscus aculeatus?	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taxus baccata	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 35 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 15.

● Description

Lot comprenant probablement des fragments de Monocotylédones (tissu peu structuré de type sclérenchyme avec faisceaux de cellules). Il y a aussi parmi les indéterminés des angiospermes avec quelques vaisseaux qui ont été identifiés en coupe transversale.

Charbons sélectionnés : Tube1 : Taxus baccata avec peut-être quelques mélanges ?

3.14. Prélèvement 14

● Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. inform.	Aspect granuleux - indet.
Gymnosperme	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Monocotylédone ? Type <i>Ruscus aculeatus</i> ?	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Taxus baccata</i>	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 36 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 14.

● Description

Certains fragments montraient une vascularisation de type monocotylédone : peut-être des Liliacées de type *Ruscus aculeatus* (à confirmer?) (cf. Fig. 16 et 37).

Charbons sélectionnés : Tube1 : Monocotylédone (probable ?) ; Tube2 : *Taxus baccata*

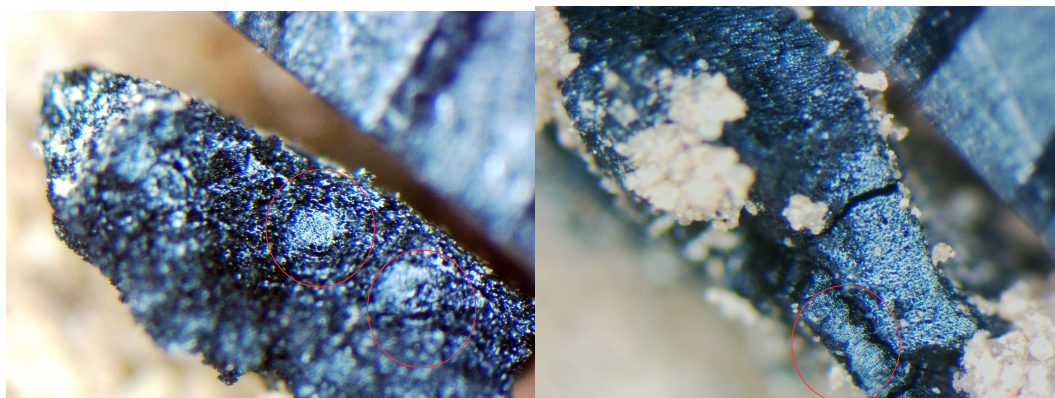


Fig. 37 – Fragments de type Monocotylédone, détails de faisceaux vasculaires en coupes transversales, grossissement x43.

3.15. Prélèvement 13

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. inform.	Aspect granuleux - indet.
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnosperme	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4
<i>Taxus baccata</i>	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 38 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 13.

- **Description**

Lot comprenant beaucoup d'indéterminés (dont probablement des angiospermes). Quelques fragments de résineux ont été identifiés comme de l'if (*Taxus baccata*). L'aspect indistinct, « granuleux », d'un certain nombre de fragments font penser à des éléments de moelle de résineux ou de Monocotylédones (fragments classés en indéterminés). Sur certains fragments on observe à la fois des parties de tissus « organisés » et des structures indistinctes (ex. Fig. 39). Peut-être est ce lié à une différence de tissu mais peut-être aussi à une combustion différentielle (ex. partie exposée et partie enterrée du bois lors de la combustion ?).

Charbons sélectionnés : Tube1 : *Taxus baccata*



Fig. 39 – Fragment montrant à la fois des tissus « organisés » en bas de l'image et médullaire (partie haute du charbon), grossissement x43.

3.16. Prélèvement 12

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Betula sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnosperme	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Indéterminé	5	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 40 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 12.

- **Description**

En plus de quelques fragments charbonneux, le lot comprend des petits fragments osseux et de mollusques.

Charbons sélectionnés : Tube1 : Betula sp. (probable?)

3.17. Prélèvement 11

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant
Indéterminé	9	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 41 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 11.

- **Description**

Il n'y a que des indéterminés. Des fragments aux structures anatomiques indistinctes ont de nouveau été observés (moelle ? Monocotylédones ?). Des épaisissements spiralés ont été observés sur des fragments plutôt assimilables à des angiospermes (érable ?, prunellier ?, nerprun?, etc...).

Charbons sélectionnés : aucun

3.18. Prélèvement 10

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnosperme	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 42 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 10.

- **Description**

Très peu de fragments ont été observés. Ils sont très petits. Quelques fragments de Gymnospermes ont été identifiés.

Charbons sélectionnés : aucun

3.19. Prélèvement 9

● Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion								Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleux – indet.		
Frag. os - dent	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Gymnosperme	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Indéterminé	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	

Fig. 43 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 9.

● Description

Beaucoup de charbons sont indéterminés. Des fragments aux structures anatomiques indistinctes ont de nouveau été observés (moelle de Gymnosperme ? Monocotylédones).

Charbons sélectionnés : *aucun*

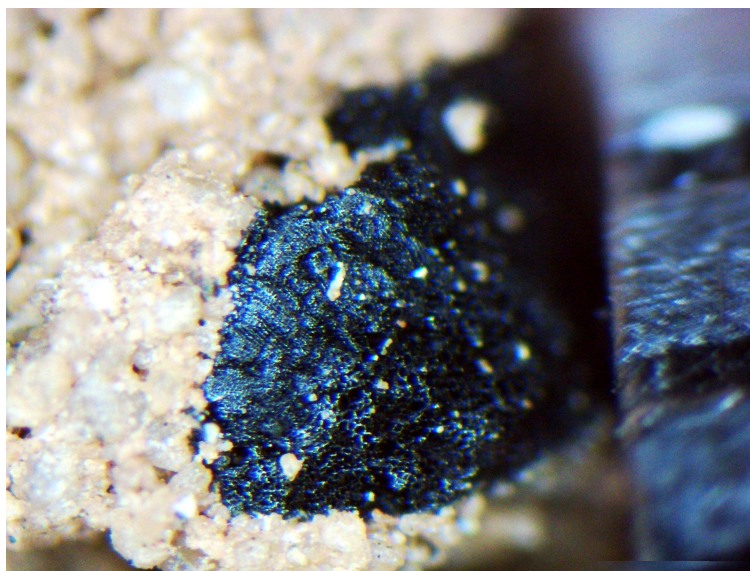


Fig. 44 – Fragment montrant à la fois des tissus « organisés » en haut de l'image et médullaire (partie basse du charbon : moelle ?), grossissement x43.

3.20. Prélèvement 8

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Indéterminé	6	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 45 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 8.

- **Description**

Le lot comprenait de rares et très petits fragments restés indéterminés, à priori plutôt des angiospermes. Quelques fragments de coquilles de mollusques ont aussi été observés.

Charbons sélectionnés : Tube1 : Angiosperme

3.21. Prélèvement 7

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus sylvestris / mugo / nigra</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 46 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 7.

- **Description**

Le lot comprenait très peu de fragments.

Charbons sélectionnés : Tube1 : *Pinus* type *sylvestris mugo nigra* (probable?)

3.22. Prélèvement 6

● Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	1	0	0	0	1	0
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnosperme	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinus sylvestris / mugo / nigr	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 47 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 6.

● Description

Le lot comprenait très peu de fragments.

Charbons sélectionnés : Tube1 : Gymnosperme, Tube2 : indéterminé

3.23. Prélèvement 5

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 48 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 5.

- **Description**

Le lot comprenait très peu de fragments. Quelques fragments d'os ou de dents ont été observés.

Charbons sélectionnés : Tube1 : indéterminé

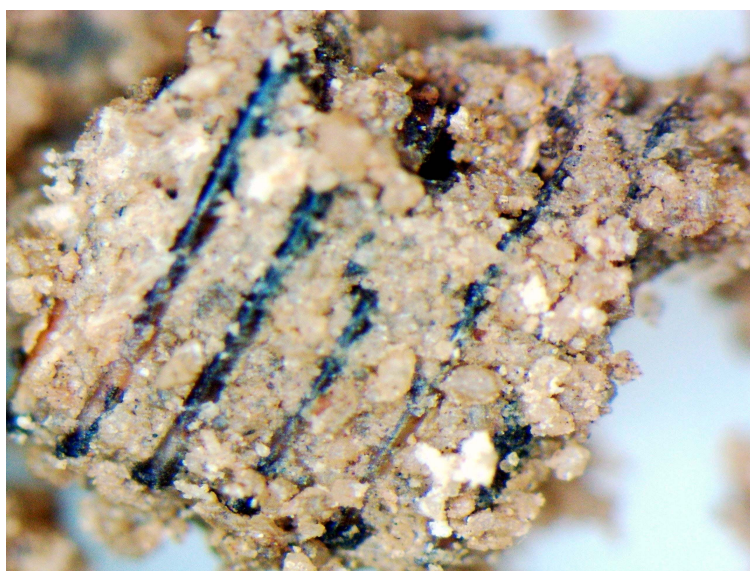


Fig. 49 – Fragments osseux ou de dents (?), grossissement x43.

3.24. Prélèvement 4

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Corylus sp. / Betula sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	8	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 50 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 4.

- **Description**

Le lot comprenait très peu de fragments de charbons (inférieurs à 1 mm). Quelques esquilles d'os ou de dents ont été observées.

Charbons sélectionnés : Tube1 : Betula sp. / Corylus sp.

3.25. Prélèvement 3

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 51 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 3.

- **Description**

Le lot comprenait très peu de fragments de charbons.

Charbons sélectionnés : *Aucun*

3.26. Prélèvement 2

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Indéterminé	5	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 52 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 2.

- **Description**

Le lot comprenait très peu de fragments de charbons.

Charbons sélectionnés : Aucun

3.27. Prélèvement 1

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 53 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1.

- **Description**

Le lot comprenait très peu de fragments de charbons. Ils sont tous restés indéterminés. Quelques fragments de coquilles de mollusques ont été observés.

Charbons sélectionnés : Aucun

4. 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.

GAUDIN L., 2019a - Bilan des études archéobotaniques luxembourgeoises holocènes publiées entre les années 1950 et 2018. *Bulletin du centre national de recherche archéologique*, 2019-5, 4-19.

GAUDIN L., 2019b - Analyse palynologique de la grotte diacalse de la « Karelslé » (Waldbillig). Reprise et interprétation des observations effectuées par J. Heim en 1992. *Bulletin du centre national de recherche archéologique*, 2019-5, 20-53.

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

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

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

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

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

PERNAUD J.-M. 2001. Postglacial vegetation history in Luxembourg: new charcoal data from the cave of la Karelslé (Waldbillig, eastern Gutland). *Vegetation History and Archaeobotany*, 10, 219-225.

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.

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.