

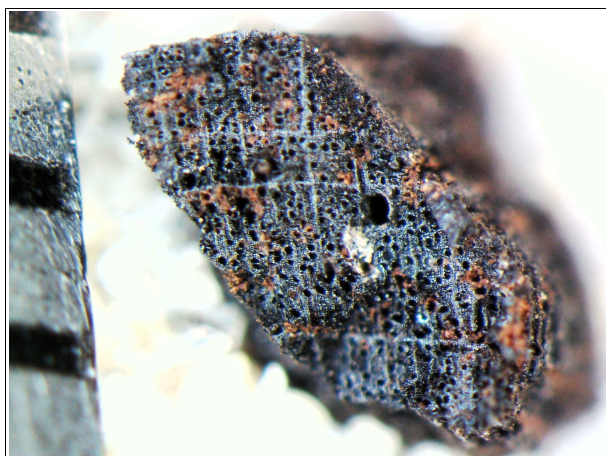


ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES DE 11 PRÉLÈVEMENTS
RÉALISÉS LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE «LES
RAYMONDS », SUR LA COMMUNE DE NEUVY (03).
PRÉLÈVEMENTS À L'INTÉRIEUR DE STRUCTURES
PROTOHISTORIQUES.**

OPÉRATION : OA.03.9232



Service archéologie préventive de l'Allier.

Septembre 2024.

Service d'Archéologie Préventive de l'Allier

110, route de Paris

03000 AVERMES

Analyses anthracologiques de 11 prélèvements réalisés lors de l'opération archéologique «Les Raymonds », sur la commune de Neuvy (03).
Prélèvements à l'intérieur de structures Protohistoriques.

Rapport d'étude anthracologique

Loïc GAUDIN

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

E-mail : loic.gaudin@arkeomap.com

Site web : arkeomap.com

Septembre 2024

Illustration de la page de couverture :

Fragment d'érable (Acer sp.), vue en coupe transversale, grossissement x33 (l'échelle représente des millimètres). Prélèvement sac n°147 (Fait 1008, US 1008.4).

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	5
1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....	6
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION	9
2.1. Équipement d'observation.....	9
2.2. Méthodologie.....	10
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux	15
2.4. La sélection de fragments charbonneux favorables à des datations radiocarbone.	16
2.5. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	17
3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION.....	19
3.1. Prélèvements du sac n°129 : US 10013, sections n°5 et n°8	19
a. Résultats	19
- US 10013, section n°5.....	19
- US 10013, section n°8.....	19
b. Interprétations	20
3.2. Prélèvements du sac n°132 : US 1004.1	22
a. Résultats	22
- Fait 1004 , (US 1004.1).....	22
b. Interprétations	22
3.3. Prélèvement du sac n°134 : US 1018.3	23
a. Résultats	23
- Fait F1018, (US 1018.3).....	23
b. Interprétations	23
3.4. Prélèvement du sac n°136 : US 2006.2	24
a. Résultats	24
- Fait F2006, (US 2006.2).....	24
b. Interprétations	24
3.5. Prélèvements des sacs n°137 (US 1003.3), n°138 (US 1003.11), n°139 (US 1003.12) : Fait F1003.....	25
a. Résultats	25
- Fait F1003, (US 1003.3).....	25
- Fait F1003, (US 1003.11).....	25
- Fait F1003, (US 1003.12).....	25
b. Interprétations	26
3.6. Prélèvement du sac n°147 : US 1008.4.....	28
a. Résultats	28
- Fait F1008, (US 1008.4).....	28
b. Interprétations	29
3.7. Prélèvement du sac n°151 : US 2013.5.....	30
a. Résultats	30
- Fait F2013, (US 2013.5).....	30
3.8. Prélèvement du sac n°130 : US 10029.....	33
a. Résultats	33
- US 10029.....	33
4. BILAN.....	35
5. BIBLIOGRAPHIE.....	47
6. ANNEXE – Photographies.....	49
7. ANNEXE – Inventaire des fragments sélectionnés pour datations radiocarbone.....	50
7.1. Prélèvement SAC 134 « F1018 – US 1018.3 »	50

7.2. Prélèvement « Sac 136 - F2006 »	51
7.3. Prélèvement « Sac 151 - F2013 »	52
7.4. Prélèvement « US 10013 - S1-P017 - section 8 »	53
7.5. Prélèvement n°3003 « US 10013 - S1-P017 - section 5 ».....	54
7.6. Prélèvement « Sac 137 - F1003 »	55
7.7. Prélèvement « Sac 147 - F1008 »	56
7.8. Prélèvement « Sac 130 – US 10029 »	57
8. ANNEXE – Observations complémentaires des prélèvements :	
P016(US2013.3-US2013.5), P017(US2013.5) et P040 (US10029)	58
8.1. Prélèvement P016, F2013, quart S-O, interface entre les US.2013.3 et US 2013.5	58
8.2. Prélèvement P017, F2013, quart S-O, US.2013.5	59
8.3. Prélèvement P040, US.10029.....	60

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses de restes charbonneux prélevés lors de la fouille du site « Les Raymonds » (OA 03.9232) sur la commune de Neuvy (03).

L'opération concerne principalement des occupations protohistoriques de berge de terrasse alluviale.

Les prélèvements anthracologiques proviennent de huit structures dont des faits archéologiques de type « trou de poteau » (US1008), « fosse » (F2013, F1008, F1003, F2006, F1004) et des couches d'occupation « type paléosol » (?) (US 10013, US 10029, voire US 2013.5).

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

- Tenter de percevoir l'origine des charbons. Dans le cadre de la fouille nous distinguerons les charbons en position secondaire (en rejet) retrouvés à l'intérieur des structures en creux et les charbons provenant de niveaux charbonneux correspondant possiblement à des couches d'occupations.

Pour les prélèvements en position de rejet, il s'agit probablement de restes de combustibles, mais l'hypothèse reste à confirmer (ex. pour l'US 1004.1 des fragments de terre à bâtir sont associés aux charbons...). Pour les comblements des trous de poteaux ou des couches charbonneuses associées à des niveaux rubéfiés, s'agit-il des restes de bois d'œuvre, d'incendies ou bien de pratiques apparentées à de l'écobuage ?

- s'il s'agit de restes de combustibles, tenter de caractériser la qualité du bois utilisé. En déduire si les assemblages ont fait l'objet de sélections (ex. essences ou calibres particuliers), s'ils sont plutôt caractéristiques d'usages domestiques ou artisanaux,

- caractériser les boisements qui existaient dans l'aire de ramassage.

Cette opération a été menée par M. Alexandre Michel, responsable d'opération au sein du Service d'Archéologie Préventive du département de l'Allier.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Les prélèvements charbonneux ont fait l'objet de tamisages par flottation, effectués par le service archéologique (mailles de 2 et 4mm).

L'ensemble des 11 échantillons a été observé. Un peu plus de 300 charbons ont été étudiés. La plupart des faits archéologiques sont attribués à la Protohistoire

A. Michel nous a donné une description des contextes archéologiques (Fig. 1), les datations seront affinées grâce à des datations radiocarbone réalisées sur des charbons sélectionnés pour éviter l'effet vieux bois (cf. chapitre 2.4. et résultats des sélections en Annexe chapitre 7). Les prélèvements ainsi que quelques éléments d'interprétation sont listés dans le tableau suivant (Fig. 1).

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE						
Commune :				Neuvy (03)		
Nom de l'opération / Lieu-Dit :				Site « Les Raymonds »		
Année :				2022 - 01 ;		
N° OA :				OA n°03-9232		
Resp. d'Op. ; commanditaire				Alexandre Michel		
Type d'opération :				Préventif		
Période d'analyse pressentie				Mi-septembre 2024		

N° de prélèvements	Structures – Faits	US	Description de la structure	Datations pressenties	Nombre de charbons (tubes) sélectionnés pour C14	Nombre de charbons étudiés
SAC 129	S1-P-033	10013 – section 5	Matrice argileuse, légèrement sableuse, brune-grise, riche en charbons, rares nodules d'oxyde rouille, compacte et hétérogène. Paléosol?	Néolithique final et/ou Bronze ancien. La Tène moyenne	2	33
	S1-P-017	10013 – section 8			2	33
SAC 132	1004	1004.1	Niveau composé de nombreux fragments de terre à bâtir et de charbons. Niveau de sol ? Niveau d'abandon ou démolition ? Pour US 1004.1 : importante concentration de charbons, bois carbonisé encore en place.			20
SAC 134	1018	1018.3	Structure circulaire à parois verticales et fond en cuvette, couronne semble entourer la structure. US 1018.3 "inclusion oxydées, rares charbons" Trou de poteau	protohistoire	3	11
SAC 136	2006	2006.2	Structure subcirculaire au creusement irrégulier, profil à bord ouest évasé avec légers ressauts et bord est évasé, puis vertical, structure liée à la captation d'eau ?	protohistoire	1	10
SAC 137	1003	1003.3	Fosse puisard ? Structure au plan ovale, à bords évasés en partie supérieure, bord est avec un ressaut bien marqué, bord ouest suit un évasement quasiment régulier, surcreusement central à bords peu évasés et fond plat.	La Tène moyenne	4	14
SAC 138		1003.11				20
SAC 139		1003.12				30
SAC 147	1008	1008.4	Petite structure ovale à profil concave, orientée nord-sud, contenant de la terre rubéfiée associée à des charbons et des os , épandage charbonneux autour. Pour l'US 1008.4 : forme d'épandage.		2	43
SAC 151	2013	2013.5	Structure plutôt ovale, mais aux contours irréguliers, contenant de la terre rubéfiée, des racines et un niveau charbonneux (US 2013.5) Analyses en cours par C. Menbrivès en vue de caractériser ce dépôt (écobuage ?)		2	15
SAC 130		10029	Matrice argilo-sableuse grise-bleu, compacte, nombreux charbons. Niveau charbonneux recouvrant un niveau orangé, rubéfié?	protohistoire	4	87
						316

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

Remarque : Trois petits prélèvements ont été retrouvés et transmis après la remise du rapport (Fig. 2). Les résultats des observations complémentaires ont été placés en annexe.

N° de prélèvements	Structures – Faits	US	Description de la structure	Datations pressenties	Nombre de charbons étudiés
Pvt. 17	S2 F. 2013	2013.5	Quart S-O		3
Pvt. 16	S2 F. 2013	2013.5; 2013.3	Quart S-O ; Prélèvement à l'interface entre les US.2013.3 et US 2013.5		5
Pvt. 40	Sect. 1	US 10029		protohistoire	10

Fig. 2 – Tableau de description synthétique des trois prélèvements étudiés en complément, description des structures de provenance et comptages.

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

Pour l'exemple du prélèvement de l'US 10013 – section 8, seulement trois taxons ont été identifiés. La courbe effort-rendement montre un seuil situé entre 10 et 20 fragments (Fig. 3).

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

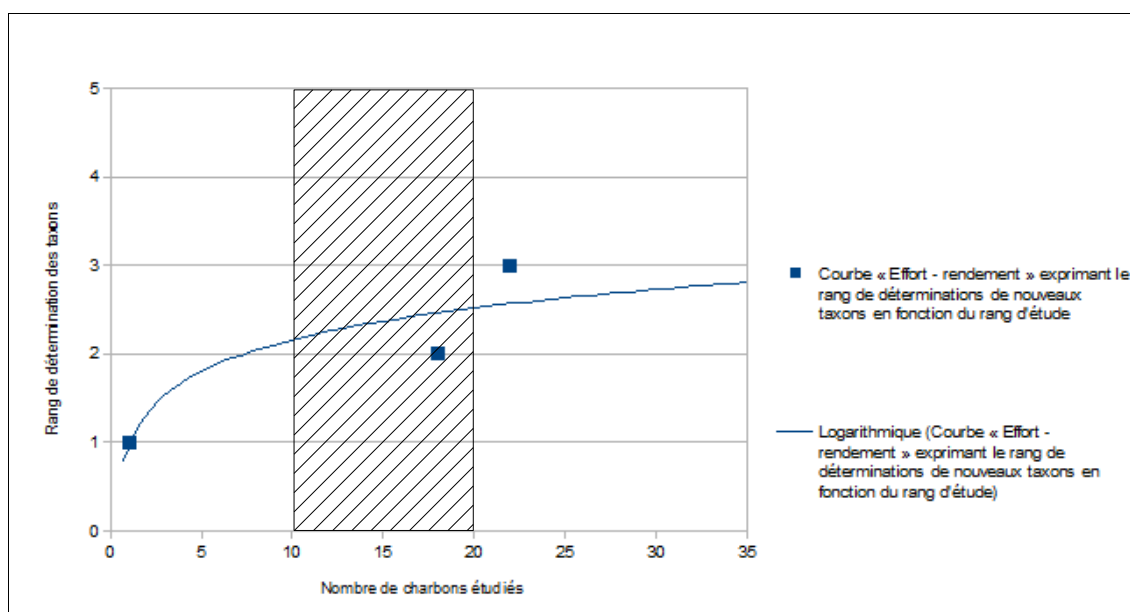


Fig. 3 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement de l'US 10013 - section 8. Dans cet exemple, le troisième taxon (*Prunus sp.*) a été observé au 22e rang et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 10 et 20 charbons.

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

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

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

2.1. Équipement d'observation

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



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

2.2. Méthodologie

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

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

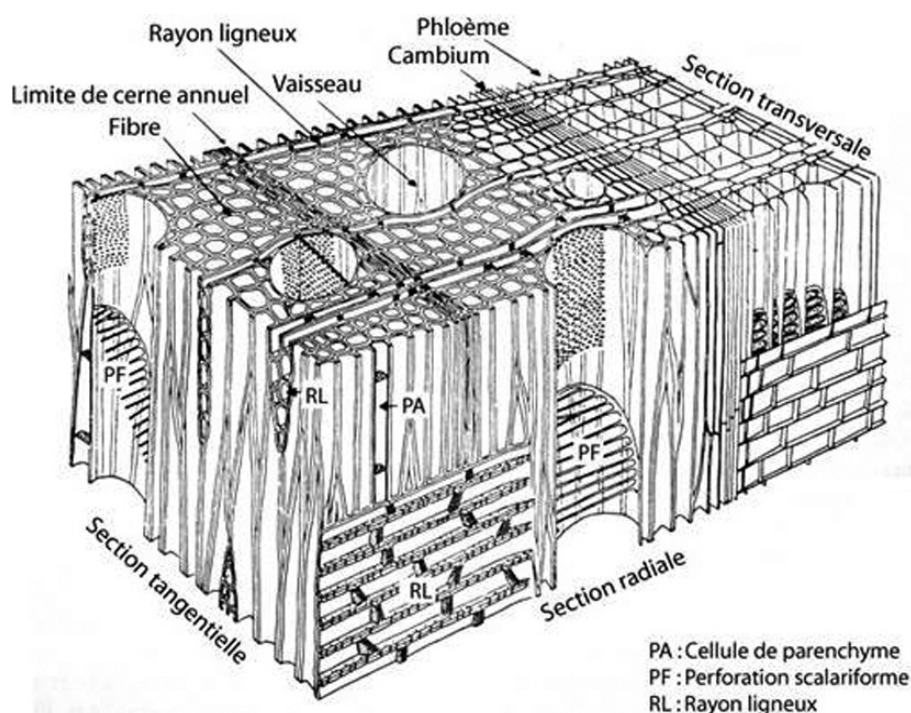


Fig. 5 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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

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

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

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

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

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

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

- **le rythme de croissance**

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

- **la présence de thylles**

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

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

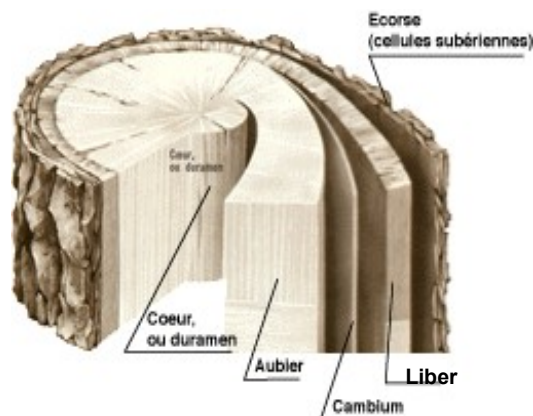
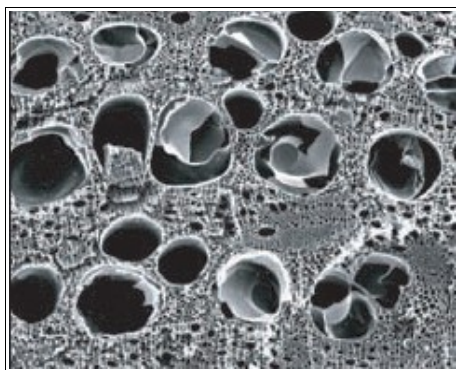
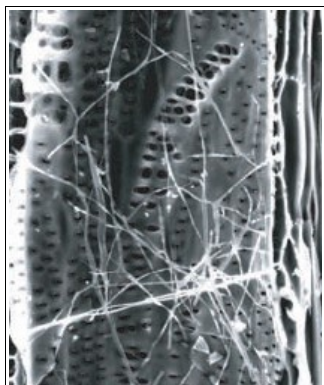


Fig. 6 – A gauche : Photographie prise au microscope électronique de thylles dans les vaisseaux du duramen carbonisé de chêne (Marguerie et al., 2010). A droite, schéma permettant de distinguer les différents tissus composant le bois. Nous distinguons notamment le bois de cœur (ou duramen) associé à 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.

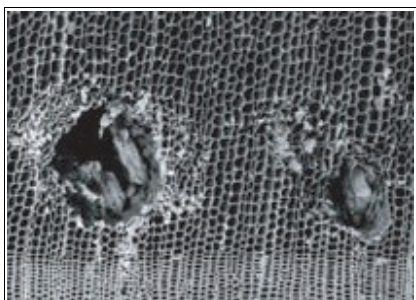
Fig. 7 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

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

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

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

- les traces de galeries laissées par les insectes xylophages.



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

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

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

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



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

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

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

La vitrification (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, 2016). Prior et Alvin y voient la conséquence d'une combustion à très haute température (Prior et Alvin, 1986), néanmoins ce seul critère serait remis en cause par McParland *et al.*, (2010). De fortes variations de températures comme "un refroidissement rapide de surfaces chaudes en conditions anaérobies" (conditions réductrices) pourraient par exemple provoquer ce phénomène de vitrification selon Blaizot *et al.* (2004). Selon H. Seignac (Nicolas *et al.*, 2013), la vitrification demeure un phénomène qui n'a jamais été reproduit en contexte expérimental mais on retrouve des charbons vitrifiés dans deux types de structures : les fours de réduction et les charbonnières. Elle reste un phénomène complexe, dépendant à la fois de la nature du combustible (bois vert ou sec, calibre, essence) et de son contexte de combustion (température, degré d'oxygénation).

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

Il discerne quatre niveaux de vitrification :

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

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

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

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

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

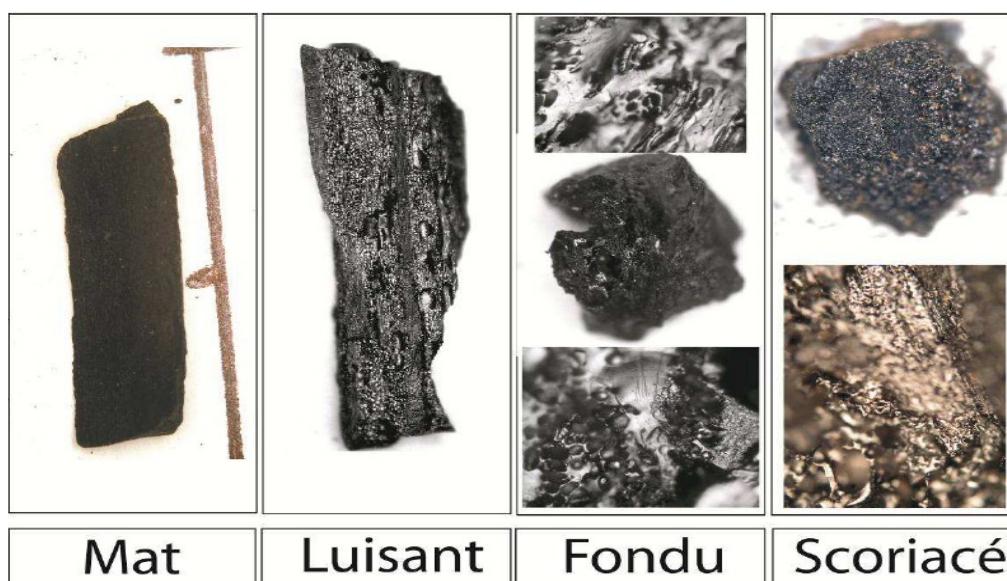
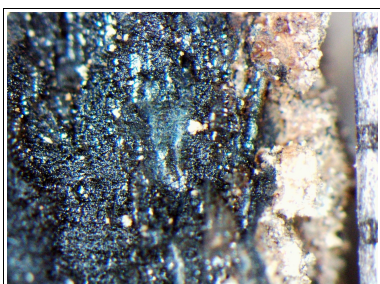


Fig. 10 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements anthracologiques (extrait de Oilic, 2011).

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. 11) a donc parfois été utilisé.

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

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

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

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

2.3. Observation macroscopique du plan ligneux

- Observations de caractères dendrologiques :

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

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

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

Trois catégories de courbures sont potentiellement renseignées : faible, intermédiaire, forte (Fig. 12). Par exemple, une faible courbure de cerne indiquera la provenance d'au moins une pièce de bois de gros calibre : grosse branche ou tronc. Nous parlons alors de calibre des charbons de bois.

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

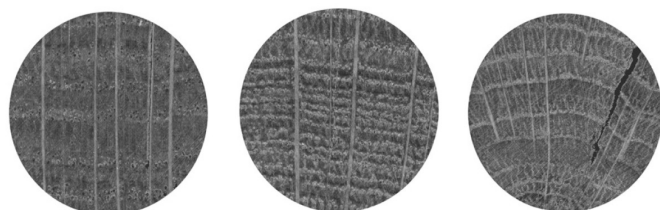


Fig. 12 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

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

On sélectionnera de façon prioritaire les fragments :

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

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

0. Non prioritaire,

1. favorable à la datation.

2. très favorable à la datation.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Remarque sur la détection du châtaignier :

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

- **L'érable** (*Acer sp.*) et plus particulièrement l'érable champêtre dans l'aire considérée, est une essence héliophile ou de demi-ombre favorisée par les sols mésophiles et neutres à basiques. C'est un arbre que l'on retrouve plutôt sur des sols riches en bases mais aussi en azote (pH basique à neutre). Il possède une stratégie de croissance et de captation de la lumière typique d'une essence de trouée, qui le rend également apte aux systèmes bocagers.

A l'état naturel on le trouve plutôt en lisière forestière ou dans des forêts ouvertes. Il s'associe bien avec la chênaie-hêtraie. C'est un bois dur et dense qui présente une forte résistance mécanique, il est utilisé pour fabriquer des manches d'outils, des établis... Essence utilisée aussi en plantation d'alignement ou en ornement. L'érable fait partie des bois « semi-lourds » (environ 550 Kg / m³), c'est donc un bois qui possède un bon pouvoir calorifique.

- **L'orme** (*Ulmus sp*) soit l'orme champêtre (*Ulmus minor*), l'orme de montagne (*Ulmus glabra*) ou l'orme lisse (*Ulmus laevis*) correspondent de façon générale à des essences de boisements humides (forêts alluviales), forêts collinéennes fraîches, dans les haies, parfois dans les chênaies (chênaie-hêtraie) et végétations rudérales. Son feuillage peut être utilisé comme fourrage. C'est un bois qui est très apprécié pour ses qualités mécaniques et décoratives. Il fournit un bois de feu de première qualité, un charbon léger. Autrefois communes partout en plaine, les populations ont été fortement décimées par la graphiose au début du XXe siècle.

- **Les Pomoïdeae ou Maloïdeae** (ex. aubépine, poirier, néflier, alisier, cormier) et 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).

Ce sont des bois denses, lourds constituant ainsi de bons combustibles car ils maintiennent des combustions dans la durée. 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.

- Le **noisetier** (*Corylus avellana*) 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 termes 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 constituent de bons bois d'allumage surtout sous la forme de brindilles (flamme longue, claire, sans fumée), ils dégagent beaucoup de chaleur et une combustion rapide.

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

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



Fig. 13 – Représentation de l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

3.1. Prélèvements du sac n°129 : US 10013, sections n°5 et n°8

a. Résultats

- US 10013, section n°5

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Thylle
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomoidée	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Prunus sp.	9	0	4	5	0	0	0	5	2	0	0	0
Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3
Quercus sp.	19	0	8	0	6	0	0	2	6	0	4	6
	33	0	12	6	6	0	0	7	9	0	5	9

Fig. 14 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de l'US 10013, section n°5

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	6	11	0,84	0,31	0,53	1,3

Fig. 15 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement de l'US 10013, section n°5.

- US 10013, section n°8

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Thylle
Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Prunus sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Quercus/Castanea	8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Quercus sp.	18	0	7	1	3	0	1	3	0	0	0	4
	33	0	7	3	3	0	2	4	1	0	2	4

Fig. 16 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de l'US 10013, section n°8

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	3	5	2,2	1,21	1,1	3,5

Fig. 17 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement de l'US 10013, section n°8.

b. Interprétations

La couche correspondant à l'US 10013 est décrite comme une matrice argilo-sableuse, riche en charbons, pouvant correspondre à un paléosol.

Une soixantaine de charbons a été observée pour les deux prélèvements de l'US. L'analyse révéla des ensembles composés principalement de charbons de chêne (*Quercus sp.*) et de chêne-châtaigner (*Quercus sp.* / *Castanea sp.*). Le genre *Prunus sp.* est aussi détecté dans les deux prélèvements et représente environ 20% des charbons. Dans une moindre mesure une occurrence de noisetier (*Corylus avellana*) et de Pomoïdée ont aussi été identifiées dans chacun des prélèvements.

Notons que l'hypothèse de la présence du châtaignier est peu probable. Le taxon anthracologique « chêne-châtaigner » est surtout lié à la difficulté de distinguer le chêne du châtaignier pour les petits fragments (cf. note à ce sujet chapitre 2.5.).

Les fragments du genre *Prunus*, de Pomoïdée, de noisetier correspondent plutôt à du petit bois (charbons de forte courbure de cerne). De plus, le noisetier est un bois tendre. Pour ces trois essences on peut supposer une utilisation comme bois d'allumage, car les bois « tendres » et de petit calibre génèrent des combustions vives mais brèves. En revanche, le bois de chêne, bois dense, a dû être employé pour alimenter et entretenir les combustions car il génère des braises livrant beaucoup d'énergie et se maintenant dans la durée.

En ce qui concerne le calibre du bois, l'observation des courbures de cerne montre l'emploi de bois de calibre intermédiaire (grosses branches ou petits troncs). En effet, les fragments de courbure « intermédiaire » représentent environ les deux tiers des charbons mesurés (19/28) et près de 95% des charbons de chêne. Notons toutefois que le caractère très fragmenté des charbons (quelques millimètres tout au plus) n'a pas permis de procéder à des mesures d'angles nécessaires aux calculs de calibration.

De plus, la proportion des thylles observée est plutôt faible (environ 20%) montrant l'utilisation de bois provenant plutôt d'arbres « jeunes ». On estime en effet que la « duraminisation » de l'aubier (apparition des thylles dans les vaisseaux) apparaît pour les arbres âgés d'au moins 4 à 35 ans environ.

Une majorité de charbons montre des aspects luisants (environ 64%) pour le prélèvement de la section n°5. C'est moins le cas pour le prélèvement de la section n°8 (environ 20%). Ces aspects luisants peuvent être interprétés comme un premier stade de « phénomènes de vitrification », typiques de conditions de combustions chaudes et relativement peu oxygénées (Blaizot *et al.*, 2004). On peut évoquer un contexte de combustion chaud et confiné (de type four ?) voire de combustion de « fond de foyer » pour les charbons du prélèvement de la section n°5.

Afin de caractériser le type de ramassage, un calcul de l'indice de concentration de Pareto a été effectué sur l'ensemble des charbons de l'US 10013 .

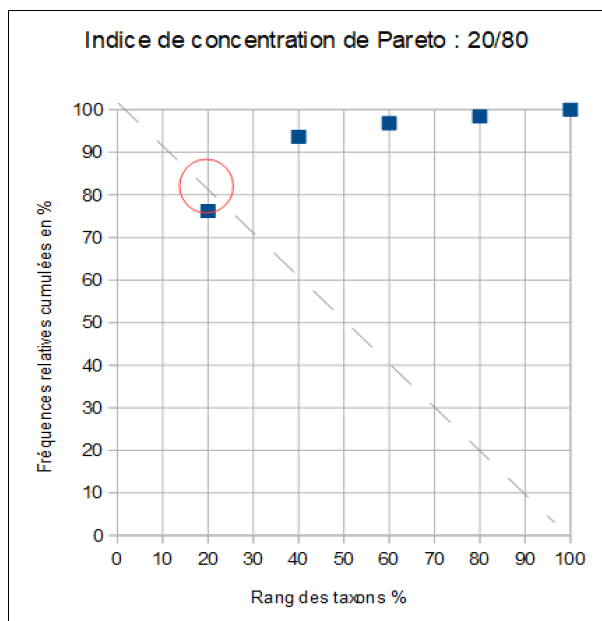


Fig. 18 – Indice de concentration de Pareto réalisé sur l'ensemble des composition anthracologique des prélèvements de l'US 10013, soit 63 charbons déterminé. Notons que les charbons de chêne et chêne-châtaignier ont été rassemblés pour constituer un seul taxon.

Le principe du calcul de l'indice de concentration de Pareto repose sur le fait que dans les communautés végétales en équilibre, 20% des taxons correspondent à environ 80% de la biomasse (Chabal et al., 1999).

Même si la diversité anthracologiques est assez faible (cinq taxons), le graphique montre que le rapport d'équilibre est assez proche de celui attendu en théorie dans la nature (Fig. 18).

De nombreux travaux ont montré que l'exploitation du combustible ligneux, notamment en contexte domestique est en moyenne, peu sinon pas sélective (Chabal, 1994, 1997, Théry, 1998). Dans ces cas, l'indice de concentration de Pareto tend à se rapprocher du rapport d'équilibre constaté en théorie dans la nature. Si l'on en croit cet indice, les compositions anthracologiques constatées sont donc probablement issues de ramassages de « tout venant », peu sélectifs, ce qui serait plutôt à rapprocher d'usages domestiques. Notons que l'utilisation d'essences de combustibilité assez médiocre (noisetier) tendrait aussi à renforcer cette hypothèse.

Des mesures de largeurs de cerne ont pu être effectuées sur une dizaine de charbons de chêne de courbure de cerne intermédiaire permettant de calculer des moyennes contrastées, de l'ordre de 0,84 mm / an pour le prélèvement de la section n°5 (Fig. 15) et de l'ordre de 2,2 mm / an pour le prélèvement de la section n°8 (Fig. 17). Ces moyennes différentes indiquent des collectes dans un boisement de contexte de croissance contraignant pour le prélèvement de la section n°5 (ex. un boisement dense) et un contexte de croissance plus favorable (ex. boisements clairs, haies) pour le prélèvement de section n°8. Compte tenu des faibles effectifs étudiés, ces résultats sont à considérer avec précaution.

3.2. Prélèvements du sac n°132 : US 1004.1

a. Résultats

- Fait 1004 , (US 1004.1)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Quercus/Castanea	10	0	2	3	0	0	1	0	0	0	4	0
Quercus sp.	8	0	2	3	1	0	1	0	2	0	0	2
	20	0	4	6	1	0	2	0	2	0	6	2

Fig. 19 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du Fait F1004, US 1004.1.

b. Interprétations

Le prélèvement provient d'un niveau de comblement riche en charbons. Plusieurs hypothèses sont suggérées par la description archéologique : « fragments de terre à bâtir, niveau de sol, niveau d'abandon ou de démolition ? ».

Une vingtaine de fragments a été observée. L'ensemble anthracologique s'est révélé mono-spécifique, composé uniquement de charbons de chêne (les charbons de chêne-châtaigner correspondent très probablement à du chêne, cf. remarque chapitre 2.5.).

Compte tenu de la petite taille des fragments il n'a pas été possible de réaliser beaucoup de mesures dendrologiques. Les constats et interprétations sont donc à considérer avec précaution.

En ce qui concerne le calibre des bois utilisés, l'observation des courbures de cerne montre une prépondérance de fragments avec de fortes courbures par rapport aux charbons de courbure intermédiaire (six charbons de forte courbure et quatre fragments de courbure intermédiaire) (Fig. 19). Aucun charbon de courbure de cerne faible n'a été observé. Les fragments semblent donc provenir de bois de petites branches. Probablement des bois de quelques centimètres de diamètre.

Le chêne est un bois dense qui peut être difficile à allumer. Mais l'utilisation de petites branches a dû faciliter la combustion.

Quatre charbons montrent des fentes de retrait, mais plusieurs fragments semblaient correspondre à des restes de nœud, aussi d'aspects fendus... Certains bois pourraient donc avoir été brûlés à l'état vert. En revanche, les charbons ne semblent pas montrer d'aspect particulièrement luisant (seulement deux charbons), ce qui caractériserait plutôt une combustion ouverte (type foyer ouvert).

Au regard du petit calibre mais aussi de la qualité du bois employé (nombreux nœuds), les fragments ne correspondent pas à du bois d'œuvre mais à des restes de combustible. L'hypothèse de rejets d'une combustion de type « foyer ouvert » est à privilégier.

3.3. Prélèvement du sac n°134 : US 1018.3

a. Résultats

- *Fait F1018, (US 1018.3)*

		Courbure			Rythme		Combustion								
Nom Espèce	Effectif	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.	Thylle	
Frag. écorce	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
Prunus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Quercus/Castanea	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Quercus sp.	3	0	1	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	
	11	0	3	3	0	0	0	1	0	0	1	0	2	2	

Fig. 20 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de l'US 1018.3

b. Interprétations

Le prélèvement provient du comblement d'une structure de type « trou de poteau ». Les parois du trou de poteau ne montraient pas de traces de rubéfaction, le poteau ne semble donc pas avoir brûlé sur place.

Une dizaine de fragments seulement a été observée. L'ensemble anthracologique s'est révélé presque mono-spécifique, composé principalement de charbons de chêne et de « chêne-châtaigner ». Toutefois, un charbon du genre *Prunus* a aussi été identifié.

Compte tenu de la petite taille des fragments, il n'a pas été possible de réaliser beaucoup de mesures dendrologiques.

Un seul charbon seulement montre des fentes de retrait, ce qui tend à montrer l'utilisation de bois brûlés à l'état sec.

Les charbons n'ont pas d'aspect particulièrement luisant (seulement deux charbons), ce qui caractériserait plutôt une combustion ouverte.

En ce qui concerne le calibre des bois utilisés, l'observation des courbures de cerne montre des charbons de chêne de courbure « forte et intermédiaire ». Aucun charbon de faible courbure de cerne n'a été observé. Les fragments semblent donc provenir de bois de « grosse branche ou de petit tronc ».

Ces constats pourraient néanmoins conforter l'hypothèse de restes de bois d'œuvre (ex. poteau?) en cohérence avec le type de structure. Toutefois, la détection d'un fragment du genre *Prunus*, atteste la présence de restes de combustibles. En effet, le bois de *Prunus* est considéré comme un très bon combustible, souvent employé sous la forme de bois de petit calibre (ex. type fagot) et privilégié pour générer des combustions vives recherchées lors des phases d'allumages.

Compte tenu du contexte de trou de poteau, nous ne pouvons écarter l'hypothèse de restes d'un poteau dont la base aurait fait l'objet d'un passage au feu préalable à son implantation (cela afin de lui conférer un caractère imputrescible). Mais la détection du fragment de *Prunus* montre dans le même temps qu'une partie au moins des charbons provient de rejets des combustions environnantes.

3.4. Prélèvement du sac n°136 : US 2006.2

a. Résultats

- *Fait F2006, (US 2006.2)*

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Acer sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betula sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Quercus sp.	5	0	2	0	0	0	1	0	0	3
	10	0	2	0	0	0	1	1	0	3

Fig. 21 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de l'US 2006.2

b. Interprétations

La structure de provenance est décrite comme une probable « structure liée à la captation d'eau ». Le prélèvement provient d'un des niveaux de comblement (US 2006.2) qui comportait quelques charbons.

Une dizaine de charbons a pu être observée, révélant trois à quatre essences : le chêne (*Quercus sp.*), le chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sativa*) et des occurrences d'érable (*Acer sp.*) et de bouleau (*Betula sp.*).

Très peu d'observations dendrologiques ont pu être réalisées à cause du caractère très fragmentaire des charbons. Les fragments de chêne correspondent probablement à des bois de grosses branches. Les courbures de cerne sont intermédiaires ce qui correspond probablement à des bois de quelques centimètres de rayon.

Il s'agit probablement de rejets de combustion. En effet, on peut supposer l'utilisation de bois de bouleau (*Betula sp.*), bois tendre, lors d'une phase d'allumage. En revanche, l'emploi de bois d'érable et de chêne a dû être privilégié afin d'entretenir et d'alimenter des combustions. Ces deux essences sont considérées comme des bois denses ou lourds (semi-lourd pour l'érable), générant ainsi des braises procurant beaucoup d'énergie dans la durée.

L'emploi de ces deux excellents combustibles pourrait être lié à des usages spécifiques, potentiellement des activités de « type artisanal ».

3.5. Prélèvements des sacs n°137 (US 1003.3), n°138 (US 1003.11), n°139 (US 1003.12) : Fait F1003.

a. Résultats

- *Fait F1003, (US 1003.3)*

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 - indet.		
Alnus sp.	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
Quercus/Castanea	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Salix/Populus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	1	2	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1

Fig. 22 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de l'US 1003.3

- *Fait F1003, (US 1003.11)*

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Acer sp.	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Quercus/Castanea	9	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Quercus sp.	10	0	3	1	1	0	2	0	0	3
	20	0	3	2	1	0	3	1	0	3

Fig. 23 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de l'US 1003.11

- *Fait F1003, (US 1003.12)*

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Pomoidée	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	7	0	1	2	0	0	0	1	2	0	0	1
Quercus sp.	14	0	9	3	8	0	1	5	0	0	0	5
Ulmus sp.	5	0	2	2	0	0	0	4	0	0	0	0
	30	0	12	9	8	0	1	10	2	0	2	6

Fig. 24 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de l'US 1003.12

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cerne	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	8	16	1,14	0,31	0,65	1,6

Fig. 25 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement de l'US 1003.12.

b. Interprétations

Trois prélèvements proviennent de niveaux de comblement de la fosse F1003, interprétée comme une probable « fosse puisard ».

Chacun des trois prélèvements a fait l'objet d'observations et d'identifications. Notons toutefois le caractère globalement très fragmenté des charbons. Il n'a donc pas toujours été possible de procéder à des déterminations et des mesures dendrologiques.

Les analyses des trois prélèvements donnèrent lieu à des compositions assez différentes. Cela laisse penser que les niveaux des US 1003.3, US 1003.11, US 1003.12 correspondent à des comblements bien distincts (Fig. 26).

		US 1003.3	US 1003.11	US 1003.12
Forêt type chênaie	Chêne (<i>Quercus</i> sp.)	++	+++	+++
	Chêne-châtaignier (<i>Quercus</i> sp. / <i>Castanea</i> sp.)	++	+++	++
Bois clairs	Erable (<i>Acer</i> sp.)		+	
	Pomoïdée			+
Bois humides	Orme (<i>Ulmus</i> sp.)			++
	Aulne (<i>Alnus</i> sp.)	++		
	Saule / peuplier (<i>Salix</i> sp. / <i>Populus</i> sp.)	+		
Indéterminés		++		+
Proportion de fragments avec thylle (P/A)		7,10%	15,00%	20,00%
Proportion de fragments d'aspect luisant		21,00%	5,00%	46,00%
Proportion de fragments avec fentes de retrait		14,30%	15,00%	16,70%
Moyennes de largeurs de cerne (mm / an)				1,14 mm / an (écart type = 0,31 mm)

Fig. 26 – Tableau synthétisant l'importance des essences observées, les formations végétales de provenance ainsi quelques indices dendrologiques pour chacun des trois prélèvements provenant du comblement de la « fosse puisard » F1003.

Le chêne et chêne-châtaigner sont les essences principalement déterminées. Ils ont systématiquement été identifiés dans chacun des trois prélèvements. Les fragments de chêne ayant pu faire l'objet de mesure dendrologiques montrent des courbures de cerne « fortes à intermédiaires », ce qui correspondrait à l'emploi de bois de moyen calibre, probablement des petites et grosses branches. Il ne s'agit pas de bois de tronc ou d'arbres matures car la proportion de fragments montrant des thylls, caractéristiques de bois de cœur, est assez faible (entre 7 et 20% des fragments seulement).

Ces charbons de chêne sont en revanche accompagnés de différentes essences en fonction des trois prélèvements :

- Pour le prélèvement de l'US 1003.3, il s'agit de charbons d'aulne et de saule / peuplier. L'aire de ramassage s'est donc orientée vers un boisement humide, probablement à l'intérieur de la zone alluviale,

- pour le prélèvement de l'US 1003.11 on constate l'emploi de bois d'érable, caractéristique de boisements clairs, de lisières forestières,
- pour le prélèvement de l'US 1003.12, on a constaté l'utilisation de bois de Pomoïdée et d'orme. Les essences de Pomoïdées (ex. aubépine) sont typiques de boisements clairs. L'orme est plutôt caractéristique de boisements humides ou de boisements rudéraux. On peut penser une collecte dans des boisements à l'intérieur de la zone alluviale.

Ces essences accompagnatrices correspondent à la fois à des bois « lourds » (ex. orme) ou « semi-lourds » (ex. érable), employés avec le bois de chêne pour alimenter les combustions dans la durée. En revanche, le saule/peuplier, l'aulne sont des bois tendres qui flambent bien et rapidement. Ils constituent avec le bois de Pomoïdée (bois durs mais souvent de petit calibre) des bois utilisés lors des phases d'allumage.

Ces compositions anthracologiques assez diversifiées sont donc caractéristiques de rejets de combustions.

En ce qui concerne l'aspect des charbons, les proportions de fragments avec des fentes de retrait (aspects fendus) sont assez faibles pour les trois prélèvements. Les bois ont donc vraisemblablement été brûlés à l'état sec.

L'aspect luisant montre davantage d'hétérogénéité. La proportion est assez faible pour les fragments des US 1003.3 et 1003.11 (respectivement 21% et 5%). Les charbons de ces US sont donc probablement issus de rejets de « foyers ouverts ».

En revanche, près de la moitié des charbons de l'US 1003.12 ont un aspect luisant. Ces aspects peuvent être interprétés comme un premier stade de « phénomènes de vitrification », typiques de conditions de combustions chaudes et relativement peu oxygénées (Blaizot *et al.*, 2004). On peut évoquer un contexte de combustion chaud et confiné (de type four ?) voire de combustion de « fond de foyer ».

Enfin, au niveau paléoenvironnemental, des mesures de largeurs de cerne ont été réalisées sur une dizaine de fragments de chêne de l'US 1003.12 (Fig. 25). Ces mesures ont permis de calculer des moyennes de l'ordre de 1,14 mm / an. Ce résultat est caractéristique de contextes de croissance difficiles, probablement des boisements denses et/ou des contextes abiotiques contraignants comme des sols pauvres, hydromorphes, ou mal exposés.

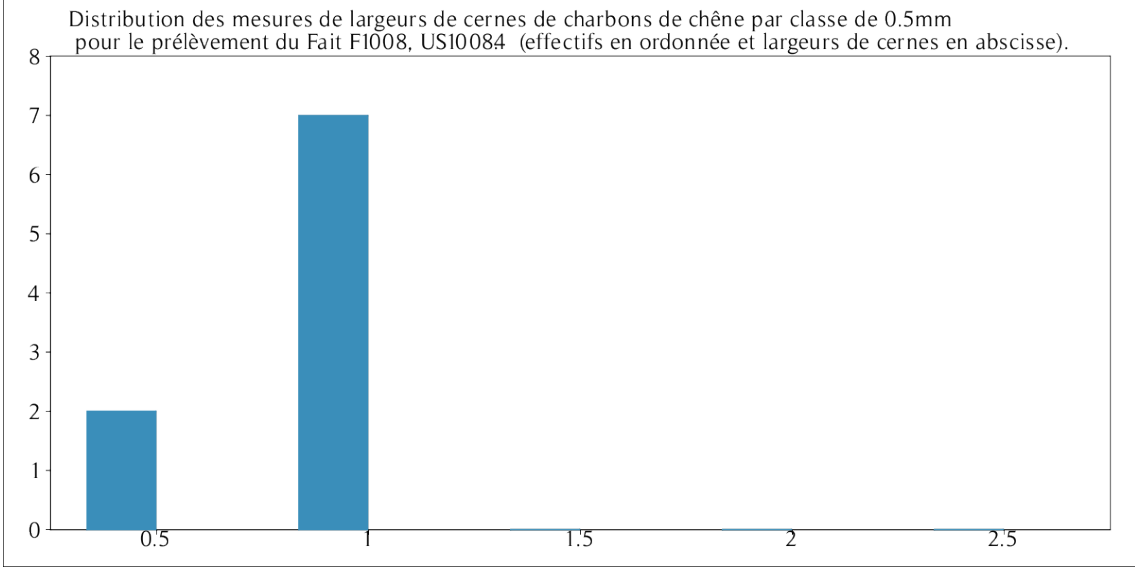
3.6. Prélèvement du sac n°147 : US 1008.4

a. Résultats

- *Fait F1008, (US 1008.4)*

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Acer sp.	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	7	0	0	1	0	0	1	3	0	0
Quercus sp.	33	0	14	5	9	2	5	12	10	8
	43	0	14	9	9	2	6	15	10	8

Fig. 27 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de l'US 1008.4



Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	9	31	0,64	0,19	0,4	1

Fig. 28 – Tableau et histogramme des mesures de largeurs de cerne (mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement de l'US 1008.4.

b. Interprétations

Le prélèvement provient d'une structure concave (F1008), contenant de la terre rubéfiée associée à des charbons et des os.

L'ensemble charbonneux étudié est composé essentiellement de fragments de chêne (*Quercus sp.*) ou de chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sp.*). Quelques fragments d'érable (*Acer sp.*) complètent l'ensemble.

L'observation des courbures de cernes montre une majorité de fragments de courbure intermédiaire (60%). Il est donc probable que les charbons soient issus principalement de bois de grosses branches. En revanche la proportion de charbons présentant des thylles est assez faible (environ 19%). Ce résultat montre une collecte principalement de bois relativement « jeune » (aubier).

Le chêne et l'érable sont souvent associés dans les ensemble anthracologiques car ce sont de très bons combustibles. Le chêne est qualifié de bois « lourd » (densité entre 700 et 1000 kg / m³) et l'érable de bois « semi lourd » (densité de l'ordre de 550 kg / m³). Leurs combustions génèrent ainsi des braises donnant beaucoup d'énergie et dans la durée. De fait, ils peuvent être difficiles à enflammer, d'où la nécessité de les associer à des bois plus tendres (ex. saule/peuplier, aulne, noisetier non identifiés ici) ou à des bois de petits calibres, ce qui a dû être le cas pour l'érable.

Les charbons sont majoritairement luisants (environ 60%). On peut évoquer des conditions de combustions chaudes et confinées (peu oxygénées) pour expliquer ces aspects (Fig. 27). Il pourrait par exemple s'agir de rejets de combustion de type four (?) voire de combustion de « fond de foyer ». La terre rubéfiée associée aux charbons a peut-être contribué à ces conditions de combustions anaérobies.

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

La proportion de charbons d'aspect fendu (ou fendu-luisant) est assez importante (environ 37% des fragments) montrant qu'une partie des bois a été brûlée à l'état vert.

Au niveau paléoenvironnemental, la moyenne des mesures de largeurs de cerne calculée sur la base d'une dizaine de charbons de chêne est de l'ordre de 0,64 mm / an. Ce résultat est caractéristique de contextes de croissance très difficiles, probablement des boisements denses et/ou des contextes abiotiques contraignants (ex. sols pauvres, hydromorphes, ou une mauvaise exposition). La distribution des valeurs est de type « uni-modale », indiquant une même source ou un même lieu d'approvisionnement.

3.7. Prélèvement du sac n°151 : US 2013.5

a. Résultats

- *Fait F2013, (US 2013.5)*

		Courbure			Rythme		Combustion						
Nom Espèce	Effectif	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.
alnus/betula	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Frag. de brindille indéterminé	4	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Frag. de racine	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Indéterminé	7	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3
	15	0	0	4	0	0	0	7	0	0	0	0	3

Fig. 29 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de l'US 2013.5

b. Interprétations

Le prélèvement provient d'une structure aux contours irréguliers (F2013), contenant de la terre rubéfiée (US 2013.3) recouvrant un niveau argileux brun (US 2013.4) et un niveau charbonneux (US 2013.5).



Fig. 30 – Photographie de la structure F2013 montrant le niveau charbonneux recouvrant une couche de terre rubéfiée.

Le prélèvement a fait l'objet de nombreuses observations dans les différentes gammes de tailles de fragments charbonneux (mailles de tamisage de 4, 2 et 0,5 mm). La grande majorité des fragments était inférieure à 1 mm et n'ont pu être déterminés. Les charbons analysés et inventoriés dans le tableau de résultats (Fig. 29) proviennent exclusivement des refus de tamis de 2 et 4 mm.

L'observation du plan transversal montra généralement une porosité « diffuse », peu structurée (type « moelle »), ne permettant pas de détermination (Fig. 32). L'hypothèse de racines pourrait être une explication pour certains charbons. Seulement deux fragments d'aulne ou de bouleau ont pu être déterminés grâce à l'observation de perforations scalariformes resserrées, de grosses ponctuations et de quelques pores accolés sur le plan transversal.

Notons aussi l'hypothèse du charme (*Carpinus sp.*), qui reste plausible pour certains charbons « indéterminés », car de grosses ponctuations en plus d'épaississements spiralés ont été observés sur de petits fragments. Ces critères anatomiques sont néanmoins insuffisants pour une détermination certaine.

La plupart des fragments qui ont pu être analysés correspondent à des fragments de brindilles (Fig. 31) ou montrent de fortes courbures de cernes. Il faut toutefois rester prudent sur cette affirmation car le caractère très fragmentaire des charbons rend difficile les mesures des courbures de cerne, notamment sur de potentiels bois de gros calibre.

Remarque : Des observations complémentaires ont été réalisées sur deux prélèvements provenant de la même structure F2013. Quelques brindilles moins fragmentées ont pu être observées. Toutefois, les descriptions, bien que plus précises, n'ont pas permis d'aboutir à une identification certaine. Les cernes notamment étaient indistincts ne permettant pas d'identifier un type de porosité. A noter aussi les diamètres des pores particulièrement importants. L'hypothèse de fragments de racine reste probable (cf. Annexe 8.1. et 8.2.)



Fig. 31 – Illustration des fragments de brindilles observés à l'intérieur du prélèvement de l'US 2013.5.

L'aspect « dur-luisant » est un autre trait affectant la plupart des charbons observés. Ces aspects peuvent être interprétés comme un premier stade de « phénomènes de vitrification », souvent associés à des conditions de combustions chaudes et anaérobies (Blaizot *et al.*, 2004). Au regard de la « terre rubéfiée » recouvrant la couche charbonneuse, l'hypothèse d'une combustion « confinée » est possible. Notons que le petit calibre des bois employés est aussi un facteur favorisant la génération de l'aspect luisant (Oilic, 2011).



Fig. 32 – Illustration d'un fragment d'aspect luisant montrant une porosité diffuse (US2013.5.).

Nous ne pouvons nous avancer sur l'interprétation d'un écobuage. La détection d'essences à priori autochtones à la zone alluviale (aulne et bouleau) et des fragments de racines semblent plutôt conforter l'hypothèse.

L'hypothèse de rejets d'une activité de charbonnage (vidange de fosses ?) pourrait aussi être évoquée. Pour rappel, durant la Protohistoire, ces pratiques se concrétisent généralement par la construction de fosses remplies de bois et recouvertes de terre afin de limiter l'oxygénation et provoquer ainsi le phénomène de calcination (charbonnage). Le sédiment couvrant et les plus gros charbons de bois sont ensuite retirés ne laissant que les plus petits fragments charbonneux en fond de fosse. Sur le terrain, ce type d'activité se concrétise par des fosses aux parois rubéfiées et des petits fragments charbonneux d'aspects luisants assez similaires à ceux observés (Etchart-Salas *et al.*, 2020, 2024).

Toutefois, le cas ci-présent diffère, car aucune fosse aux parois rubéfiées n'a été décrite sur le site. De plus, les rares essences identifiées (bouleau et aulne, exception faite potentiellement du charme) ainsi que le calibre des bois utilisés (brindilles, voire racines ?) ne correspondent pas aux combustibles généralement utilisés pour ce type de pratique.

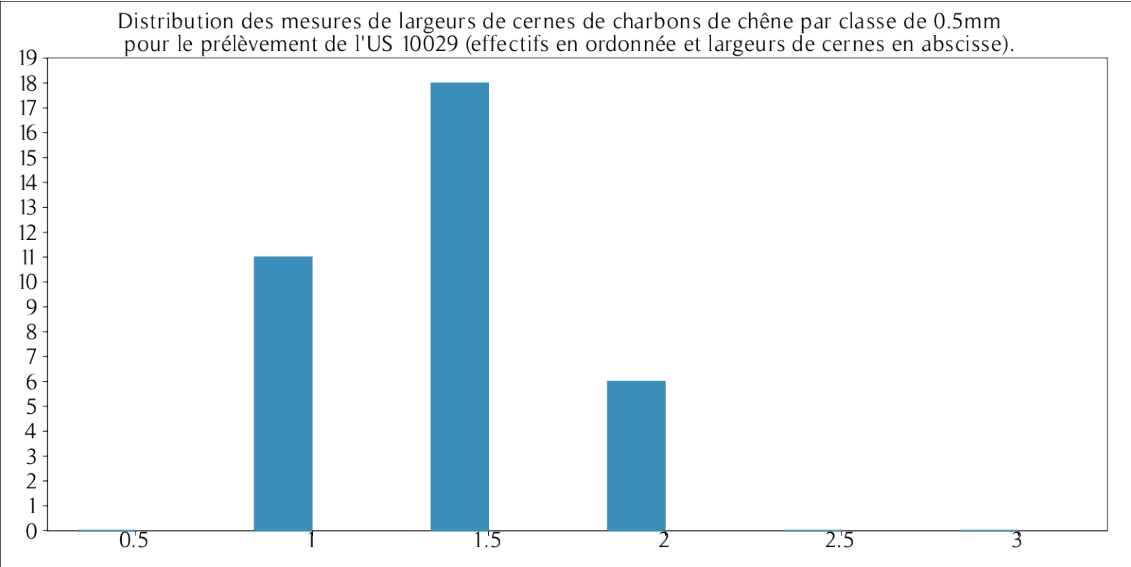
3.8. Prélèvement du sac n°130 : US 10029

a. Résultats

- US 10029

		Courbure			Rythme		Combustion						
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Thylle	Moelle
Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Graine (type Céréale)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Quercus/Castanea	17	1	5	5	1	1	0	5	0	0	5	0	0
Quercus sp.	67	3	37	16	35	2	3	9	1	0	6	24	0
	87	4	42	22	36	3	3	14	1	0	12	24	1

Fig. 33 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de l'US 10029



Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	35	117	1,23	0,36	0,67	2

Fig. 34 – Tableau et histogramme des mesures de largeurs de cerne (mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement de l'US 10029.

b. Interprétations

Le prélèvement provient d'une matrice argilo-sableuse comportant de nombreux charbons. Il pourrait s'agir d'une couche d'occupation.

L'ensemble anthracologique est essentiellement composé de charbons de chêne (*Quercus sp.*) et de chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*). Seule une graine carbonisée de type céréale (Fig. 57) et quelques charbons de brindilles indéterminés sont venus donner un peu de diversité à cet ensemble (Fig. 33).

Pour ce qui concerne le chêne, il s'agit essentiellement de bois de « moyen et petit calibre », de petites branches de quelques centimètres de section. Quelques éléments semblent aussi correspondre à du bois de fort calibre (courbures de cerne faibles).

En ce qui concerne l'origine des charbons, compte tenu du calibre observé, l'hypothèse de restes de poteaux pourrait être plausible. Toutefois, l'absence totale de traces de galeries de xylophages, typiques des bois d'œuvre, tendrait à écarter cette hypothèse.

Le chêne est un bois dense et constitue un combustible de qualité. Il génère notamment des braises livrant beaucoup d'énergie dans la durée. Il peut être difficile à enflammer d'où l'importance des bois de « petite section » (ex. brindilles). L'absence d'autres essences, par exemple de bois « légers » pour la phase d'allumage est à noter.

La part des fragments de chêne et chêne-châtaignier montrant des aspects « luisants » est assez faible (environ 30%). Les charbons semblent donc provenir d'une combustion ne montrant pas de conditions particulièrement chaudes ni réductrices. La part des charbons luisants pourraient correspondre à des conditions localisées par exemple en fond de foyer.

Les charbons montrant des fentes de retrait sont en faible proportion (à peine 20%). Ces observations sont caractéristiques d'un bois brûlé à l'état sec (non vert) et probablement stocké préalablement à son utilisation.

L'emploi quasi-exclusif de bois de chêne relèverait plutôt d'activités de « type artisanal ». L'observation d'une graine de céréale carbonisée associée aux charbons pourrait rapprocher ces restes de combustibles à un système technique lié aux activités de traitement des céréales, par exemple une phase de grillage (torréfaction?) des graines. L'hypothèse reste à discuter au regard des artefacts archéologiques et des éventuelles analyses carpologiques.

Des mesures de largeurs de cerne réalisées sur 35 charbons de chêne de courbure faible et intermédiaire ont permis de calculer une moyenne d'environ 1,23 mm / an avec un écart-type de 0,36 mm (Fig. 34). Cette moyenne est caractéristique d'un contexte de croissance difficile, peut-être un environnement contraignant (sols pauvres, mal exposés, coupes régulières sur les arbres) ou un milieu soumis à des compétitions inter- ou intraspécifiques vis-à-vis des ressources naturelles (ex. un boisement dense). L'histogramme de répartition des valeurs montre une répartition unimodale, avec un mode situé entre 1 et 1,5 mm. Cette répartition unimodale montre que les fragments proviennent d'une collecte bien circonscrite.

4. BILAN

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

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
Paléosol probable. US 10013 Sections 5 et 8	chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne-châtaigner (<i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i>), genre <i>Prunus</i> , Pomoïdée, noisetier (<i>Corylus avellana</i>)	Restes de combustibles. Plutôt à rapprocher d'activités de type « domestiques ». Les fragments du genre <i>Prunus</i> , de Pomoïdée, de noisetier ont dû être utilisés comme bois d'allumage. En revanche, le bois de chêne, bois dense, a dû être employé pour alimenter et entretenir les combustions. L'analyse des proportions de ces essences par l'indice de concentration de Pareto montre un rapport d'équilibre proche de celui observé dans la nature. Cela pourrait correspondre à des collectes de bois de « tout venant » plutôt caractéristiques des activités domestiques. En ce qui concerne le calibre du bois, l'observation des courbures de cerne montre l'emploi de bois de calibre intermédiaire (grosses branches ou petits troncs). Une majorité de charbons montre des aspects luisants pour le prélèvement de la section n°5. C'est moins le cas pour le prélèvement de la section n°8. Ces aspects luisants peuvent être interprétés comme un premier stade de « phénomènes de vitrification », typiques de conditions de combustions chaudes et relativement peu oxygénées. Des contextes de four, voire de « fonds de foyer » ont été évoqués.	Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i> , <i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i> Boisements clairs : <i>Prunus sp.</i> , <i>Pomoïdeae</i> , <i>Corylus avellana</i> Mesures de largeurs de cernes : Prélèvement de la section 8 : Moyenne = 2,2 mm (N=3 ; Ec-type = 1,21 mm) Prélèvement de la section 5 : Moyenne = 0,84 mm (N=6 ; Ec-type = 0,31 mm) Ces moyennes différentes indiquent des collectes dans un boisement de contexte de croissance contraignant pour le prélèvement de la section n°5 et un contexte de croissance plus favorable pour le prélèvement de section n°8.

Fig. 35 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associées aux prélèvements de l'US 10013.

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
Fragments de terre à bâtir, niveau de sol, niveau d'abandon ou de démolition ? Sac n°132 : US 1004.1	chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne-châtaigner (<i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i>)	Restes de combustibles. Combustion « type foyer ouvert » L'observation des courbures de cerne montre une prépondérance de fragments avec de fortes courbures par rapport aux charbons de courbure intermédiaire. plusieurs fragments semblaient correspondre à des restes de nœuds, aussi d'aspects fendus... Le bois pourrait donc avoir été brûlé à l'état vert. En revanche, les charbons ne semblent pas montrer d'aspect particulièrement luisant (seulement deux charbons), ce qui caractériserait plutôt une combustion ouverte (type foyer ouvert).	Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i> , <i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i>

Fig. 36 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associées aux prélèvements de l'US 1004.1 (sac n°132).

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
Prélèvements de trou de poteau Sac n°134 : US 1018.3	Chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne-châtaigner (<i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i>), <i>Prunus sp.</i>	- Comblement de trou de poteau : restes de bois d'oeuvre et de combustibles L'observation des courbures de cerne montre des charbons de chêne de courbure « forte et intermédiaire ». Aucun charbon de faible courbure de cerne n'a été observé. Les fragments semblent donc provenir de bois de « grosse branche ou de petit tronc ». Ces constats pourraient néanmoins conforter l'hypothèse de restes de bois d'oeuvre (ex. poteau?) en cohérence avec le type de structure. Toutefois, la détection d'un fragment du genre <i>Prunus</i>, atteste la présence de restes de combustibles. Compte tenu du contexte de trou de poteau, nous ne pouvons écarter l'hypothèse de restes d'un poteau dont la base aurait fait l'objet d'un passage au feu préalable à son implantation, en vue de lui conférer un caractère imputrescible. Mais la détection du fragment de <i>Prunus</i> montre dans le même temps qu'une partie au moins des charbons provient des rejets des combustions environnantes.	Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i> Boisements clairs : <i>Prunus sp.</i>

Fig. 37 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associées aux prélèvements de l'US 1018.3 (sac n°134).

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
Structure liée à la captation d'eau : niveau de comblement : sac n°136 Fait F2006, US 2006.2	chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne-châtaigner (<i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i>), érable (<i>Acer sp.</i>), Bouleau (<i>Betula sp.</i>)	Restes de combustibles en position secondaire. Potentiellement des combustibles associés à des activités de « type artisanal » Les fragments de chêne correspondent probablement à des bois de grosses branches. Les courbures de cerne sont intermédiaires ce qui correspond probablement à des bois de quelques centimètres de rayon. Il s'agit probablement de rejets de combustion. En effet, on peut supposer l'utilisation de bois de bouleau (<i>Betula sp.</i>), bois tendre, lors d'une phase d'allumage. En revanche, l'emploi de bois d'érable et de chêne a dû être privilégié afin d'entretenir et d'alimenter des combustions. Ces deux essences sont considérées comme des bois denses ou lourds (semi-lourd pour l'érable), générant ainsi des braises procurant beaucoup d'énergie dans la durée. L'emploi de ces deux excellents combustibles pourrait être lié à des usages spécifiques, potentiellement des activités de « type artisanal ».	Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i>, <i>Acer sp.</i> Boisements clairs, lisières : <i>Betula sp.</i>, <i>Acer sp.</i>

Fig. 38 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associées aux prélèvements de l'US 2006.2 (sac n°136).

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
Prélèvements de la fosse F1003, interprétée comme une probable « fosse puisard ». Sacs n°137, n°138, n°139 US 1003.3, US 1003.11, US 1003.12	Chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne-châtaigner (<i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i>), érable (<i>Acer sp.</i>), Pomoïdeae, Orme (<i>Ulmus sp.</i>), Aulne (<i>Alnus sp.</i>) Saule/ Peuplier (<i>Salix sp.</i> / <i>Populus sp.</i>)	- Comblement de « fosse - puisard » : restes de combustibles de diverses origines. Le chêne et chêne-châtaigner sont les essences principalement déterminées. Ils ont systématiquement été identifiés dans chacun des trois prélèvements. Les fragments de chêne ayant pu faire l'objet de mesure dendrologiques montrent des courbures de cerne « fortes à intermédiaires », ce qui correspondrait à l'emploi de bois de moyen calibre, probablement des petites et grosses branches. Ces charbons de chêne sont en revanche accompagnés de différentes essences en fonction des trois prélèvements : - Pour le prélèvement de l'US 1003.3, il s'agit de charbons d'aulne et de saule / peuplier. - pour le prélèvement de l'US 1003.11 on constate l'emploi de bois d'érable, - pour le prélèvement de l'US 1003.12, on a constaté l'utilisation de bois de Pomoïdeae et d'orme. Les aires d'approvisionnement ont donc été différentes. L'aspect luisant montre davantage d'hétérogénéité. La proportion est assez faible pour les fragments des US 1003.3 et 1003.11. Les charbons de ces US sont donc probablement issus de rejets de « foyers ouverts ». En revanche, près de la moitié des charbons de l'US 1003.12 ont un aspect luisant. Cet aspect peut être interprété comme un premier stade de « phénomènes de vitrification », on peut évoquer un contexte de combustion chaud et confiné (de type four ?) voire de combustion de « fond de foyer ».	Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i>, <i>Acer sp.</i> Boisements clairs : <i>Acer sp.</i>, <i>Pomoïdeae</i>, Boisements humides, zone alluviale : <i>Alnus sp.</i>, <i>Salix sp.</i> / <i>Populus sp.</i>, <i>Ulmus sp.</i> Mesures de largeurs de cernes : Prélèvement de l'US 1003.12 Moyenne = 1,14 mm (N=8 ; Ec-type = 0,31 mm) Contexte de croissance difficile.

Fig. 39 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associées aux prélèvements du Fait F1003 (sacs n°137, n°138, n°139).

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
Niveau de comblement d'une structure concave (F1008) sac n°147 Fait F1008, US 1008.4	chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne-châtaigner (<i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i>), érable (<i>Acer sp.</i>),	Restes de combustibles. Hypothèse de combustion de type « artisanal ». L'observation des courbures de cernes montre une majorité de fragments de courbure intermédiaire (60%). Il est donc probable que les charbons soient issus principalement de bois de grosses branches. Les charbons sont majoritairement luisants (environ 60%). On peut évoquer des conditions de combustions chaudes et confiné (peu oxygénées) pour expliquer ces aspects. La terre rubéfiée associée aux charbons a peut-être contribué à ces conditions de combustions anaérobies. Compte tenu de la qualité du combustible employé (chêne et érable), il pourrait s'agir de restes de combustibles sélectionnés dans le cadre d'une activité de type « artisanal ».	Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i>, <i>Acer sp.</i> Boisements clairs, lisières : <i>Acer sp.</i> Mesures de largeurs de cernes : Prélèvement de l'US 1008.4 Moyenne = 0,64 mm (N=9 ; Ec-type = 0,19 mm) Contexte de croissance difficile.

Fig. 40 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associées au prélèvement de l'US 1008.4 (sac n°147).

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
Niveau de comblement de la structure F2013. Structure aux contours irréguliers contenant de la terre rubéfiée. sac n°151 Fait F2013, US 2013.5	Aulne / bouleau (<i>Alnus sp.</i> / <i>betula sp.</i>) charme (<i>Carpinus sp.?</i>)	Restes charbonneux en liaison avec une activité indéterminée. Suggestion d'hypothèses d'activités d'écobuage ou de charbonnage ? Le prélèvement a fait l'objet de nombreuses observations dans les différentes gammes de tailles de fragments charbonneux (mailles de tamisage de 4, 2 et 0,5 mm). La grande majorité des fragments était inférieure à 1 mm et n'ont pu être déterminés. Quelques restes de brindilles et probablement de racines ont été proposées. Seulement deux fragments d'aulne ou de bouleau ont pu être déterminés. L'hypothèse du charme a aussi été suggérée. La plupart des fragments correspondent à des fragments de brindilles ou montrent de fortes courbures de cernes. L'aspect « dur-luisant » est un autre trait affectant la plupart des charbons observés. Ces aspects peuvent être interprétés comme un premier stade de « phénomènes de vitrification », souvent associés à des conditions de combustions chaudes et anaérobies. Au regard de la « terre rubéfiée » recouvrant la couche charbonneuse, l'hypothèse d'une combustion « confinée » est possible. Le petit calibre des bois employés est aussi un facteur ayant pu favoriser la génération de l'aspect luisant. Les hypothèses de restes charbonneux en liaison avec des activités d'écobuage ou de charbonnage ont été évoquées.	Boisements humides, zone alluviale : <i>Alnus sp.</i> / <i>betula sp.</i>

Fig. 41 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associées au prélèvement de l'US 2013.5 (sac n°151).

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
Probable couche d'occupation charbonneuse sac n°130 US 10029	chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne-châtaigner (<i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i>), graine de céréale carbonisée	Restes de combustibles en liaison avec une activité artisanale (?). Possiblement avec des activités de traitement des céréales (?). Il s'agit essentiellement de bois de « moyen et petit calibre », de petites branches de quelques centimètres de section. Quelques éléments semblent aussi correspondre à du bois de fort calibre. L'emploi quasi-exclusif de bois de chêne relèverait plutôt d'activités de « type artisanal ». L'observation d'une graine de céréale carbonisée associée aux charbons pourrait rapprocher ces restes de combustibles à un système technique lié aux activités de traitement des céréales, par exemple une phase de grillage (torréfaction?) des graines. L'hypothèse reste à discuter au regard des artefacts archéologiques et des éventuelles analyses carpologiques.	Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i> Mesures de largeurs de cernes : Prélèvement de l'US 10029 Moyenne = 1,23 mm (N=35; Ec-type = 0,36 mm) Contexte de croissance difficile.

Fig. 42 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associées aux prélèvements de l'US 10029 (sac n°130).

- **Informations d'ordre environnemental**

Les ensembles charbonneux se révélèrent globalement peu diversifiés.

Neuf à onze taxons anthracologiques ont été identifiés.

Il est bien sûr difficile d'interpréter directement les compositions anthracologiques en termes de paléo-paysages, car les proportions de chaque essence sont avant tout liées aux usages du combustible et aux aléas des aires de ramassages.

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

- **les groupements forestiers de la chênaie diversifiée** avec le chêne (*Quercus sp.*) et chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sp.*), voire l'érable (*Acer sp.*) et l'orme (*Ulmus sp.*),
- **les groupements de boisements clairs : fourrés, lisières forestières, clairières, haies** avec le noisetier (*Corylus avellana*), le bouleau (*Betula sp.*), l'érable (*Acer sp.*), les Pomoidées (ex. aubépine, sorbier), le genre *Prunus*, l'orme (*Ulmus sp.*),
- **les boisements humides** avec l'aulne (*Alnus sp.*), aulne / bouleau (*Alnus sp. / Betula sp.*), le saule / peuplier (*Salix sp. / Populus sp.*) voire aussi l'orme (*Ulmus sp.*), le noisetier (*Corylus avellana*).

Prélèvement nt :	Paléosol probable :	Fragments de terre à bâtir, niveau de sol, niveau d'abandon ou de démolition	Trou de poteau Sac n°134 US 10183	Structure liée à la captation d'eau : niveau de comblement : Sac n°136 Fait F2006, US 2006.2	Prélèvements de la fosse F1003, interprétée comme une probable « fosse puisard ». F1003			Niveau de comblement d'une structure concave (F1008) sac n°147 Fait F1008, US 1008.4	Niveau de comblement de la structure F2013. Avec terre rubéfiée. sac n°151 Fait F12013, US 2013.5	Probable couche d'occupatio n charbonneu se sac n°130 US 10029
					Sac n°137 US 1003.3	Sac n°138 US 1003.11	Sac n°139 US 1003.12			
	Sac n°129 US 10013 sections n°5 et n°8	Sac n°132 US 1004.1								
Groupes forestiers de la chênaie										
boisements clairs, lisières forestières, haies										
Boisement s humides, de zones alluviales										

Fig. 43 – Tableau montrant les différents types de boisements explorés en fonction des différents contextes de prélèvement.

Les mesures de largeurs de cernes effectuées sur les fragments de chêne de gros et moyen calibre provenant des prélèvements des US 10013 (section n°5 et n°8), F1003 (US 1003.12), F1008 (US 1008.4) et US 10029 ont globalement permis de calculer des moyennes de l'ordre de 1,23 mm / an à 0,64 mm / an (Fig. 35, 39 et 40). Ces valeurs correspondent à des contextes de croissances difficiles, en liaison avec des contextes abiotiques (ex. sols pauvres, mauvaise exposition, pentes...) et/ou biotiques contraignants (compétition vis-à-vis des ressources, ex. chênaie dense). On peut suggérer des collectes de bois et des abattages d'arbres (chênes) dans des chênaies denses.

Notons toutefois une plus forte hétérogénéité des valeurs pour le prélèvement de l'US 10013 (section n°8) avec une moyenne de 2,2 mm / an avec un écart-type de 1,21 mm, ce qui suggère des collectes dans des boisements de structures diverses (boisements à la fois denses et plus ouverts).

- Remarques liées à la comparaison des informations anthracologiques et palynologiques :

L'absence du hêtre et de la chêne-hêtraie, groupement forestier pourtant typique de la période Subatlantique dans le nord de la France (Gaudin, 2004) est à noter. L'absence de cette essence pose question car c'est pourtant un excellent combustible. De plus, il est régulièrement identifié dans les ensembles palynologique attribués aux niveaux protohistoriques du site (cf. US 1003.11, US 1003.3, US 1001.2) (Gaudin 2024). Il pourrait s'agir d'un choix technique (exclusion ou absence à proximité immédiate du site).

Exceptions faites de l'érable, du genre Prunus et des Pomoidées, l'ensemble des autres essences anthracologiques ont aussi été identifiées lors de l'analyse des pollens (Gaudin 2024). Les trois formations arborescentes (chênaie, boisements clairs et boisements humides) sont identifiées par les deux techniques archéobotaniques.

On note néanmoins l'absence de charbons de résineux pourtant détectés par la palynologie. On peut supposer des choix dans la sélection des combustibles, à moins que les pollens détectés soient issus d'apports lointains...

– **Informations d'ordre ethnographique :**

Ce chapitre est destiné à synthétiser les éléments d'interprétation par rapport aux usages potentiels dont sont issus les charbons. Nous avons discerné quatre ensembles différents : les restes probables d'un poteau (US 1018.3), des rejets de combustions correspondant soit à des ensembles constitués uniquement de bois « denses » (US 1004.1, US 1003.11, US 1008.4, US 10029, US 2006), soit à des ensembles plus diversifiés (US 10013 sections 5 et 8, US 1003.3, US 1003.12). Enfin la couche charbonneuse US2013.5 (niveau charbonneux recouvert par une de la terre rubéfiée), dont l'analyse n'a pas permis de déterminer exactement l'usage, mais apporte néanmoins quelques informations.

– Charbons provenant du trou de poteau Fait 1018 (US 1018.3):

Les fragments observés dans cette structure correspondent presque exclusivement à du chêne (un fragment de *Prunus* a été observé). L'observation de la forme des cernes montra que les charbons avaient de fortes et moyennes courbures ce qui correspondrait à de grosses branches voire de petits troncs.

L'aspect des charbons était globalement mat (non luisant). De plus, presque aucun charbon était porteur de « fentes de retrait ». (bois vert)

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

Toutefois, la détection d'un charbon de *Prunus* atteste aussi de l'existence de restes combustibles. L'hypothèse d'un mélange de charbons provenant à la fois de la base du poteau et de rejets de combustibles venus combler le trou de poteau est la plus probable.

– Charbons provenant de la couche charbonneuse US 2013.5 :

Les charbons étudiés proviennent d'une couche charbonneuse (US 2013.5) située en dessous une couche de terre rubéfiée.

De façon générale, les charbons observés étaient de très petites dimensions, le plus souvent infra-millimétriques, ne permettant pas les déterminations. Quelques fragments de brindilles, voire de racines carbonisées ont pu être reconnus (cf. Photo Fig.31).

Les quelques charbons identifiés correspondent à de l'aulne et/ou du bouleau (*Alnus sp.* / *Betula sp.*). Le charme (*Carpinus sp.*) est plus incertain car anatomiquement proche du bouleau et de l'aulne.

En ce qui concerne l'écologie de ces deux essences, l'aulne mais aussi le bouleau sont des essences adaptées à des contextes humides tels que les zones alluviales. Il est tout à fait possible que les charbons observés proviennent d'arbres qui se sont développés sur place ou à proximité. L'hypothèse d'essences locales et brûlées sur place (hypothèse de l'écobuage) paraît tout à fait plausible.

Une autre hypothèse liée à une activité de charbonnage a aussi été suggérée. Ce type d'activité est en effet générateur de terre brûlée et de petits fragments charbonneux. Néanmoins, les essences de « bois tendre » (bouleau et aulne) et le petit calibre des fragments constatés n'accréditent pas cette hypothèse.

– Charbons interprétés comme des rejets de combustions :

Parmi les ensembles charbonneux interprétés comme des rejets de combustions, nous avons distingués les ensembles constitués uniquement d'essences de bois denses (ex. chêne, chêne châtaignier, érable) et les ensembles, souvent plus diversifiés, associant à la fois bois denses et bois plus tendres (aulne, saule-peuplier, noisetier, bouleau, voire orme) ou de petit calibre (*Prunus sp.*, Pomoïdées).

- Ensembles composés uniquement ou principalement d'essences de bois dense (US 1004.1, US 1003.11, US 1008.4, US 10029, US 2006)

Légende	US 1004.1	US 1003.11	US 1008.4	US 10029	US 2006
- Graine (type Céréale) - Bouleau (Betula sp.) - Indéterminé - Chêne / Châtaignier (Quercus/Castanea) - Chêne (Quercus sp.)					
Nombre de charbons étudiés.	20	20	43	87	10
Diversité (chêne et chêne-châtaignier, érable)	2	3	3	3	4 (dont un fragment de bouleau)
Courbures des cernes	Forte : 40% Intermédiaire : 60% Faible : 0%	Forte : 40% Intermédiaire : 60% Faible : 0%	Forte : 26% Intermédiaire : 74% Faible : 0%	Forte : 32% Intermédiaire : 61% Faible : 6%	Forte : 0% Intermédiaire : 100% Faible : 0%
Fréquences des charbons d'aspect « luisant »	40 % dont nombreux fragments de « nœuds »	5,00%	58,00%	31 % dont nombreux fragments de « nœuds »	10,00%
Fréquences des charbons avec fentes de retrait	50,00%	15,00%	37,00%	18,00%	10,00%
Graphiques de l'indice de concentration de Pareto	Hypothèse de ramassage sélectif vers du bois de chêne	Hypothèse de ramassage sélectif vers du bois de chêne et érable	Hypothèse de ramassage sélectif vers du bois de chêne et érable	Hypothèse de ramassage sélectif vers du bois de chêne	Hypothèse de ramassage sélectif vers du bois de chêne et érable (+ bouleau ?)
Moyennes de largeurs de cerne (mm)			Moy. = 0,64 mm (N=9 ; Ec-type = 0,19 mm)	Moy. = 1,23 mm (N=35 ; Ec-type = 0,36 mm)	

Fig. 44 – Tableau synthétisant les principales caractéristiques (proportion des différentes essences, diversité, courbures des cernes, aspects luisants, aspects fendus, indices de concentration de Pareto) des ensembles anthracologiques constitué essentiellement d'essence de « bois denses »

Le choix du chêne mais aussi de l'érable, essences considérées comme des bois « durs » ou « denses » ont probablement permis une montée en température relativement lente tout en générant des braises dans la durée. Ces essences de bois « durs » sont plutôt difficiles à enflammer, d'où la nécessité de les associer à des bois plus tendres, ou comme ici, probablement à des bois de petits calibres.

Le caractère monospécifique (le taxon chêne-châtaignier correspond probablement au chêne) ou l'association « chêne - érable » découle probablement de choix techniques vis à vis des qualités de combustibilité de ces deux essences. De tels choix sont plutôt caractéristiques d'activités de type « artisanal ».

Une graine carbonisée observée à l'intérieur du prélèvement de l'US10029 permet d'évoquer l'hypothèse de rejets de combustion en relation avec des activités de traitement des céréales, comme par exemple le grillage (torréfaction?) des grains de céréale. L'hypothèse reste fragile (une seule graine a été observée) et serait à discuter au regard d'autres résultats d'analyses (carpologie?).

Pour le prélèvement de l'US 1008.4, une part importante des charbons (environ 60%) montraient des aspects luisants. Une combustion chaude et confinée (peu oxygénée) a été suggérée. Il pourrait par exemple s'agir de rejets de combustion de type four (?) voire des combustions de « fond de foyer ».

– Ensembles diversifiés avec des essences de bois « denses » et « tendres »
(US 10013 section 5 et 8, US 1003.3, US 1003.12)

Légende	US 10013 section 5	US 10013 section 8	US 1003.3	US 1003.12
■ Orme (<i>Ulmus</i> sp.) ■ Noisetier (<i>Corylus avellana</i>) ■ Aulne (<i>Alnus</i> sp.) ■ Indéterminé ■ Chêne / Châtaignier (<i>Quercus/Castan</i> ■ Chêne (<i>Quercus</i> sp.) ■ Saule / Peuplier (<i>Salix/Populus</i>) ■ Prunus sp. ■ Pomoiidée				
Nombre de charbons étudiés.	33	33	14	30
Diversité (chêne et chêne-châtaignier, érable, bouleau)	4	4	4	4
Courbures des cernes	Forte :33% Intermédiaire :66% Faible : 0%	Forte : 30% Intermédiaire : 70% Faible : 0%	Forte : 66% Intermédiaire : 33% Faible : 0%	Forte : 42% Intermédiaire : 57% Faible : 0%
Fréquences des charbons d'aspect « luisant »	63 % mais avec de nombreux fragments de « nœuds »	21,00%	21,00%	46,00%
Fréquences des charbons avec fentes de retrait	42,00%	15,00%	14,00%	13,00%
Graphiques de l'indice de concentration de Pareto (chêne et chêne-châtaignier ont été rassemblés dans un même taxon)	Indice de concentration de Pareto : 20/80 Hypothèse de ramassages de « tout venant ».	Indice de concentration de Pareto : 20/80 Hypothèse de ramassages de « tout venant ».	Pas assez de charbons pour réaliser le graphique.	Indice de concentration de Pareto : 20/80 Hypothèse de ramassages de « tout venant ».
Moyennes de largeurs de cerne (mm)		Moy. =2,2 mm (N=3 ; Ec-type = 1,21 mm)		Moy. = 1,14 mm (N=8 ; Ec-type = 0,31 mm)

Fig. 45 – Tableau synthétisant les principales caractéristiques (proportion des différentes essences, diversité, courbures des cernes, aspects luisants, aspects fendus, indices de concentration de Pareto) des quatre compositions anthracologiques diversifiées.

Pour ces quatre ensembles anthracologiques, en plus du chêne et du chêne-châtaigner, toujours majoritaires, d'autres essences de bois plus « tendres » (ex. aulne, saule-peuplier, noisetier, orme) ou présentant naturellement des calibres plus modestes (*Prunus sp.*, Pomoïdée) ont été observées.

Ce sont essentiellement des bois de calibre intermédiaire (grosses et petites branches) qui ont été utilisés.

Le calcul de l'indice de concentration de Pareto a été réalisé sur trois des quatre ensembles anthracologiques (Fig. 45). Le principe du calcul repose sur le fait que dans les communautés végétales en équilibre, 20% des taxons correspondent à environ 80% de la biomasse (Chabal *et al.*, 1999). Même si les effectifs étudiés et les diversités obtenues sont faibles, les rapports d'équilibres constatés sont assez proches de ceux attendus dans la nature. Il est probable que des analyses complémentaires auraient permis de se rapprocher davantage du rapport d'équilibre. Si l'on en croit cet indice, les compositions anthracologiques constatées sont donc probablement issues de ramassages de « tout venant », peu sélectifs, ce qui serait plutôt à rapprocher des usages domestiques (?). L'utilisation d'essences de combustibilité assez médiocre (aulne, saule-peuplier, noisetier) aurait aussi tendance à renforcer cette hypothèse.

5. BIBLIOGRAPHIE

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

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

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

ETCHART-SALAS M., GAUDIN L., BRUN O., 2020 - *Le charbonnage en fosse à La Tène et à l'époque gallo-romaine dans les Ardennes : Le site de « Mohimont » à Douzy*. Bulletin de la société archéologique Champenoise, t.113, 2020 n°4.

ETCHART-SALAS M., WECH P., BRUN O., GAUDIN L., 2024 - La production de charbon de bois dans le nord de la Gaule, de l'âge du Fer à l'Antiquité : les charbonnières en fosse de Douzy « Mohimont » (Ardennes) et du Neubourg « L'Escalier » (Eure), in : BRKOJEWITSCH G. (éd.), *Une exploration des campagnes de Gaule romaine, Actes des journées d'actualité de la recherche AGER XIV (Charleville-Mézières, 5-8 oct. 2021) et AGER XV (Saverne - Sarrebourg, 28 sept. -1^{er} oct. 2022)*, AVAGE, Strasbourg, 2024,XX-XX (Mémoires d'Archéologie du Grand Est 10).

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.

GAUDIN L., 2024 - Analyses palynologiques de cinq échantillons prélevés en stratigraphie à l'intérieur des comblements de structures de type « fossé », « fosse-puisard » et couches sédimentaires protohistoriques. Opération du site « Les Raymonds » sur la commune de Neuvy (03). Opération : 2022 - 1. Août 2024. 28p. (Destinataire public : Service d'Archéologie Préventive du Département de l'Allier. RO. M. A. Michel).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

SCHWEINGRUBER F. H., 2016 – *Microscopic Wood Anatomy*. 3rd Edition 1990. Verlag Kessel. 226p.

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

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

6. ANNEXE – Photographies



Fig. 46 – Fragment de Pomoïdée de forte courbure de cerne. Coupe transversale. Grossissement x45. Prélèvement sac n°139 , US 1003.12 L'échelle représente des millimètres.



Fig. 47 – Fragment d'aulne (*Alnus sp.*) de courbure de cerne intermédiaire. Coupe transversale. Prélèvement sac n°137, US1003.3. Grossissement x56. L'échelle représente des millimètres.

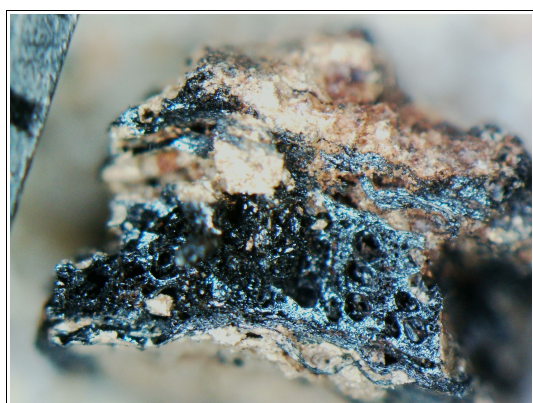


Fig. 48 – Fragment de chêne (*Quercus sp.*) d'aspect « fendu-luisant ». Coupe transversale. Prélèvement sac n°147, US1008.4. Grossissement x25. L'échelle représente des millimètres.

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

7.1. Prélèvement SAC 134 « F1018 – US 1018.3 »

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Fra. Écorce probable	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	1 (à choisir)
2	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	1
3	Prunus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0

Fig. 49 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « Sac 134 – F1018 ».

● Description

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

Sélection de charbons pour datation :

Tube 1 : Probable fragment d'écorce, indéterminé. Favorable.

Tube 2 : Fragment de chêne. Absence de thylles sur les parois des vaisseaux, potentiel fragment d'aubier...

Tube 3 : genre *Prunus*, essence de longévité comprise entre 50 et 100 ans. Pas particulièrement favorable...

Charbons à sélectionner pour datation : Choisir de préférence le fragment du tube n°1 car il correspond probablement à un fragment d'écorce, donc aux années précédant l'abattage du bois. Choisir le tube n°2 en second choix.

7.2. Prélèvement « Sac 136 - F2006 »

- **Résultats**

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Betula sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	1

Fig. 50 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « Sac 136 - F2006 ».

- **Description**

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

Tube 1 : fragment de bouleau. Fragment plutôt favorable pour une datation, car essence de faible longévité (60 ans maximum).

7.3. Prélèvement « Sac 151 - F2013 »

- **Résultats**

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Frag. brindille, aulne/bouleau	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	2
2	Frag. Brindille avec écorce	Forte	Mat	Présence	Absence	Absence	2

Fig. 51 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « Sac 151 - F2013».

- **Description**

Il y a beaucoup de fragments apparentés à des racines, mais probablement aussi des fragments de brindilles. A noter que beaucoup des restes de racines ne sont pas carbonisés et sont probablement assez récents.

- Sac de maille 4 mm :

Tube 1 : à priori fragment de brindille d'aulne ou de bouleau (au regard de l'ornementation des parois des vaisseaux ce serait plutôt de l'aulne). Quelques barreaux scalariformes ont été observés dans les vaisseaux.

- Sac de maille 2 mm :

Tube 2 : Fragment de brindille avec écorce : favorable. L'observation des traits anatomiques montre des ponctuations de Bétulacées, type bouleau/aulne voire charme. Mais il n'a pas été possible d'observer de barreaux scalariformes d'où l'indétermination. L'observation d'une brindille de section entière le rend très favorable.

Charbons à sélectionner pour datation : Les deux fragments sont favorables. Choisir en fonction de la masse du fragment ?

7.4. Prélèvement « US 10013 - S1-P017 - section 8 »

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Frag. brindille indet.	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	2
2	Corylus avellana	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	2 (à choisir)

Fig. 52 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « US 10013 - S1-P017 - section 8 ».

● Description

L'observation globale n'a pas permis d'identifier des graines.

- Sac de maille 2 mm :

Tube 1 : Fragment de brindille indéterminée avec l'écorce. Très favorable. Potentiellement un monocotylédone, type Joncacées, Liliacée (*Ruscus sp.*) ?

- Sac de maille 0,5 mm :

Tube 2 : Fragment de noisetier, très favorable car de faible longévité (20-30 ans) et de plus semble correspondre à une petite branche, brindille? à choisir si besoin.

Charbons à sélectionner pour datation : Les deux sont favorables. Choisir de préférence le fragment du tube n°2, fragment de noisetier.

7.5. Prélèvement n°3003 « US 10013 - S1-P017 - section 5 »

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Priorité
1	Prunus sp.	Indéterminé	Mat	Présence	Absence	1 (à choisir)
2	Prunus sp.	Indéterminé	Mat	Présence	Absence	1

Fig. 53 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « US 10013 - S1-P017 - section 5 ».

● Description

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

- Sac de maille 2 mm :

Tube 1 : Fragment de *Prunus*, longévité plutôt faible (50ans maximum). Plutôt favorable. A choisir car écorce pressentie.

- Sac de maille 4 mm :

Tube 2 : Fragment de *Prunus*, longévité plutôt faible (50ans maximum). Plutôt favorable.

Charbons à sélectionner pour datation : Choisir de préférence le fragment du tube n°1 car l'écorce est pressentie.

7.6. Prélèvement « Sac 137 - F1003 »

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Priorité
1	Alnus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	1
2	Salix sp. / Populus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	1 (à choisir)
3	Alnus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	1
4	Alnus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	1

Fig. 54 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « Sac 137 - F1003».

● Description

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

- Sac de maille 2 mm :

Tube 1 : fragment d'aulne. Longévité plutôt faible (60 – 80 ans maximum) donc plutôt favorable.

Tube 2 : Fragment de saule / peuplier. Un peu plus favorable que l'aulne (longévité de l'ordre de 50 ans pour le saule). A choisir.

Tube 3 : Fragment d'aulne.

Tube 4 : Fragment d'aulne un peu plus gros.

Charbons à sélectionner pour datation : Le fragment de saule du tube n°2 serait un peu plus favorable à cause de sa longévité globalement un peu plus faible que l'aulne. Choisir le fragment d'aulne du tube n°4 (un peu plus gros) en second choix...

7.7. Prélèvement « Sac 147 - F1008 »

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Priorité
1	Quercus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	1
2	Acer sp.	Forte	Mat	Absence	Absence	1 (à choisir)

Fig. 55 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « Sac 147 – F1008 ».

● Description

- Sac de maille 2 mm :

Tube 1 : fragment de chêne avec des pores sans thylls (probable morceau d'aubier). Plutôt favorable.

Tube 2 : fragment d'érable de forte courbure de cerne. Longévité de l'ordre de 150 ans. Plutôt favorable.

Charbons à sélectionner pour datation : Choisir le fragment d'érable du tube n°2. La longévité de l'érable est potentiellement plus faible que le chêne.

7.8. Prélèvement « Sac 130 – US 10029 »

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Priorité
1	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	1
2	Quercus sp.	Faible	Mat	Absence	Absence	1
3	Indéterminé, brindille probable	Forte	Mat	Indéterminé	Absence	1
4	Graine de type céréale	Indéterminé	Mat	Indéterminé	Indéterminé	2 (à choisir)

Fig. 56 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « Sac 130 – US 10029 ».

● Description

- Sac de maille 4 mm :

Tube 1 : fragment de chêne de courbure intermédiaire, absence de thylles, aubier probable donc plutôt favorable.

Tube 2 : fragment de chêne de courbure faible, absence de thylles, aubier probable. A choisir car courbure la faible courbure de cerne montre une position plus extérieure que le charbon du tube n°1. A choisir.

Tube 3 : fragment de brindille ou de petite branche. Mais l'absence de l'écorce empêche d'être certain du petit calibre. Le fragment pourrait donc correspondre aussi au cœur d'une branche. Reste favorable.

- Sac de maille 2 mm :

Tube 4 : graine de céréale carbonisée : très favorable.

Charbons à sélectionner pour datation : Choisir en priorité la graine du tube n°4. Choisir le fragment du tube 1 en second choix...

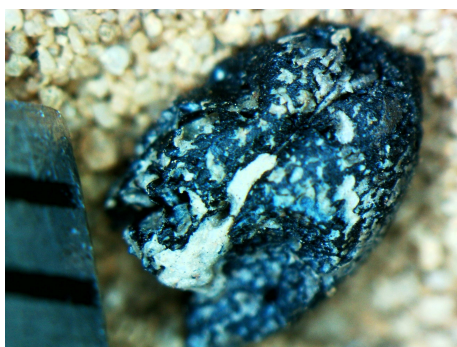


Fig. 57 – Fragment de graine carbonisée de type céréale. Tube n°4. Grossissement x25. Prélèvement US 10029 (sac de refus de tamis de maille 2mm). L'échelle représente des millimètres.

8. ANNEXE – Observations complémentaires des prélèvements : P016(US2013.3-US2013.5), P017(US2013.5) et P040 (US10029)

8.1. Prélèvement P016, F2013, quart S-O, interface entre les US.2013.3 et US 2013.5

• Description

La plupart des charbons étaient encore mêlés au sédiment. Ils sont apparus très fragmentés. Quelques charbons ont pu être isolés. Il s'agit du même type de fragment de petit calibre, déjà identifié dans cette structure (cf. chapitre 3.7.). Une section de 2 à 3 mm de rayon a pu être estimée sur certains fragments.

L'observation de la coupe transversale montre des pores peu organisés couvrant la surface de la section. Le diamètre des pores est particulièrement important. Les cernes ne sont pas discernables ce qui rend impossible l'identification du type de porosité. Des structures « de type rayon », assez larges, semblent se dégager. L'hypothèse de racines est probable, (voir aussi photographie Fig. 58 et description ci-dessous chapitre 8.2.).

A noter l'aspect « dur-luisant », voire « fondu » des charbons, à mettre en relation avec des conditions de combustions particulières, probablement chaudes et anaérobies.



Fig. 58 – Fragment du prélèvement P016. Coupe transversale. Observation des pores « peu organisés » (cernes indistincts) et de diamètres importants. Grossissement x20. L'échelle représente des millimètres.

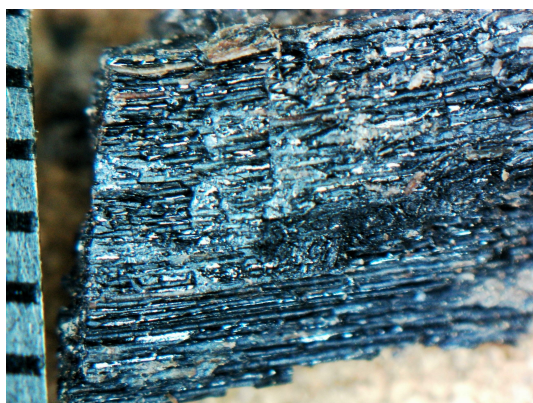


Fig. 59 – Fragment du prélèvement P016. Vue en coupe radiale. L'aspect « dur-luisant » est à noter. Grossissement x15. L'échelle représente des millimètres.

8.2. Prélèvement P017, F2013, quart S-O, US.2013.5

• Description

Les trois fragments de petit calibre, ressemblant à des « brindilles », correspondent visiblement à une même essence (?). Le rayon peut être estimé entre 2 et 3 mm.

En vue transversale (Fig. 60) les cernes sont indiscernables, ce qui rend impossible l'identification du type de porosité. Des structures ressemblant à des rayons (?) semblent se dégager. Le diamètre des pores des vaisseaux sont particulièrement importants.

L'observation macroscopique des brindilles semble montrer des « nœuds » ou des départs d'embranchements en surface ?

Remarque : Les pores sont très grands par rapport aux vaisseaux des ligneux. Trop grands pour correspondre à une Ericacée ou à un lierre (*Hedera helix*) par exemple.

L'hypothèse de lianes, type clématite (*Clematis sp.*) n'est pas à exclure, car c'est une essence présentant aussi des vaisseaux de grands diamètres. Toutefois il manque de nombreux critères (notamment le type de porosité) pour pouvoir avancer une détermination. L'hypothèse de fragments de racine reste plausible. En effet, la disparition du caractère de « zone poreuse » ainsi qu'une hétérogénéité dans la distribution des pores sont caractéristiques des structures anatomiques des racines (Schweingruber, 2016).

L'aspect de ces brindilles est particulièrement « dur - luisant », « cassant ». Cela pourrait avoir été provoqué par une combustion en contexte confiné. Impliquant peut-être un début de calcination ? (Cf. aussi l'hypothèse de contextes de combustions chaudes et anaérobies, description chapitre 3.7.).

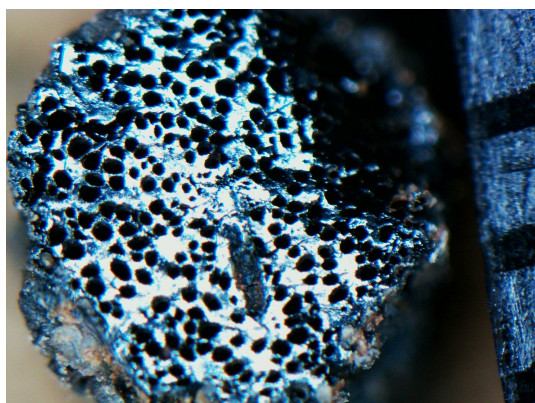


Fig. 60 – Fragment du prélèvement P017. Coupe transversale. Le plan est couvert de pores « peu organisés » (cernes indistincts) et de diamètres importants. Quelques structures « de types rayons » sont à noter. Grossissement x21. L'échelle représente des millimètres.

8.3. Prélèvement P040, US.10029

- **Description**

Les charbons étaient encore mêlés à leur gangue sédimentaire. Une dizaine de fragments de chêne, voire de "chêne-châtaignier" pour les petits fragments, ont été identifiés.

Ces fragments proviennent plutôt de bois de petit calibre (courbures des cernes « fortes à intermédiaires »).

Ils ne montrent pas d'aspect particulièrement luisant.

Ces résultats sont cohérents avec les précédentes observations (cf. chapitre 3.8.).