

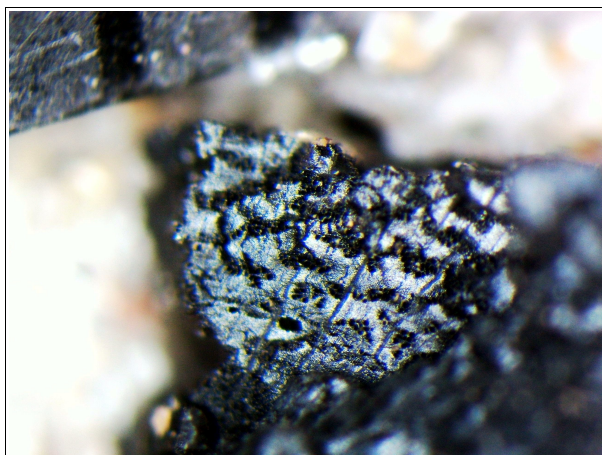


ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES DE PRÉLÈVEMENTS
RÉALISÉS LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE
DU SITE DU « CHEMIN DE MAGNY »,
SUR LA COMMUNE DE SAINT-VIGOR-LE-GRAND (14).**

SITE D'UNE OCCUPATION DU 1^{ER} ET 2^D AGE DU FER.

OPÉRATION : N° 165132



SERVICE DÉPARTEMENTAL D'ARCHÉOLOGIE DU CALVADOS

Mai 2026

Département du Calvados – Service archéologie
36, rue Fred Scamaroni – 14000 CAEN

**Analyses anthracologiques de prélèvements réalisés lors de
l'opération archéologique du site du « Chemin de Magny », sur la
commune de Saint-Vigor-le-Grand (14).**

Opération : n° 165132

Rapport d'étude anthracologique

Loïc GAUDIN

chargé de cours à l'Université de Rennes 1

E-mail : loic.gaudin@arkeomap.com

Site web : arkeomap.com

Illustration de la page de couverture :

*Fragment de Fabacée type genêt (Cytisus scoparius), vue en coupe transversale,
grossissement x35 (l'échelle représente des millimètres). Prélèvement n°ST1.*

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....	5
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION	7
2.1. Équipement d'observation.....	7
2.2. Méthodologie.....	8
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux	14
2.4. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	16
3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION.....	20
3.1. Prélèvements associés au bâtiment sur poteaux (ST39, ST41, ST43, ST44, ST45 et ST46).....	21
a. Résultats	21
b. Interprétations	23
3.2. Prélèvements associés au fossé d'enclos (ST1 et ST42).....	25
a. Résultats	25
b. Interprétations	26
3.3. Prélèvements associés au fossé de parcellaire (ST21 et ST3).....	28
a. Résultats	28
b. Interprétations	28
4. BILAN.....	29
4.1. Informations d'ordre paléo-environnemental.....	29
4.2. Informations d'ordre ethnographique.....	31
5. BIBLIOGRAPHIE.....	33
6. ANNEXE – Photographies.....	35

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats des analyses de restes charbonneux prélevés lors d'une opération d'archéologie préventive menée sur le site du « chemin de Magny », situé sur la commune de Saint-Vigor-le-Grand (14).

Les charbons analysés proviennent des comblements de différentes structures (trous de poteau, fossé d'enclos, fossé de parcellaire) appartenant à une occupation des premier et second Age du Fer. (Fig. 1).

Compte tenu du contexte archéologique et des premières hypothèses d'interprétation du site, l'analyse anthracologique a été menée en suivant trois objectifs principaux :

- Déterminer l'origine des charbons : s'agit-il de résidus de combustibles ou de bois d'œuvre utilisés à la construction de bâtiment (notamment pour ce qui concerne les trous de poteau) ?
- Dans le cas où les charbons proviendraient de combustibles, caractériser la qualité du bois employé : les assemblages révèlent-ils une sélection spécifique des essences et calibres ? Sont-ils représentatifs d'usages domestiques ou relèvent-ils de pratiques artisanales ?
- Caractériser les types de boisements présents dans l'aire de collecte à l'époque, afin de mieux cerner l'environnement végétal exploité.

Cette étude a été commandée par le service archéologique du département du Calvados. La fouille a été dirigée par M. Denis JAN, responsable de l'opération.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Les seize prélèvements analysés sont issus des comblements de trous de poteau d'un fossé d'enclos et d'un fossé de parcellaire. Au total ce sont un peu plus de 350 fragments qui ont été étudiés (Fig 1).

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE				
Commune :		Saint-Vigor-le-Grand (14)		
Nom de l'opération / Lieu-Dit :		"Chemin de Magny"		
Année :		2024		
N° OA :		code opération : 165132		
Resp. d'Op. ; commanditaire		Denis JAN		
Type d'opération :		Fouille préventive		
Période d'analyse pressentie		01/05/26		

Contexte	Structure	US	localisation	Nombre de charbons observés
bâtiment sur poteaux	39	39.1	sondage manuel	65
	41	41.1	sondage manuel – moitié est	22
	43	43.1 Nord	sondage manuel	27
		43.1 Sud		25
	44	44.1	sondage manuel	35
	45	45.1	sondage manuel	30
	46	46.1	sondage manuel	30
				234
Fossé enclos AdFer	1	4e passe	SD4 - 4e passe (-45/-60 cm)	22
	1	5e passe	SD6 - 5e passe (-60/-75 cm)	15
	42	1ère passe	SD1 – 1ère passe (0/-15 cm)	40
	42	3e passe	SD1 - 3e passe (-30/-45 cm)	10
	42	4e passe	SD1- 4e passe (-45/fond)	8
	42	-95 cm	SD10 – 95cm	2
				97
fossé parcellaire AdFer	21	21.1		9
	21	-13 cm	SD28 -13 cm = US 37.2 ?	1
	3	3e passe	SD3 - 3e passe (-30/-45 cm)	31
				41
				372

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

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

Pour le prélèvement le plus diversifié, n°ST41., 5 taxons (y compris une graine) ont été identifiés. La courbe « effort-rendement » montre un seuil situé entre 15 et 25 fragments (Fig. 2).

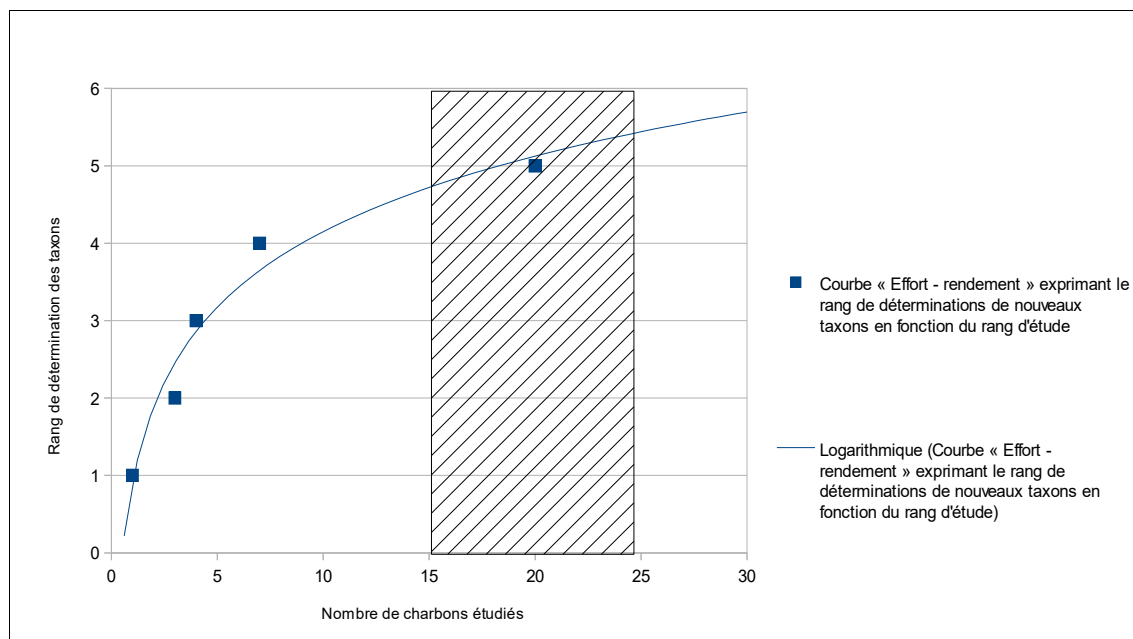


Fig. 2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°ST41.1. Dans cet exemple, le cinquième taxon identifié, une graine de céréale (*Cerealia sp.*), a été observé au 20e rang et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 15 et 25 charbons.

De façon générale, les prélèvements étudiés montrent assez peu de diversité (souvent entre deux et cinq taxons). Or, les indicateurs calculés à partir des courbes « effort-rendement » sont basés sur la diversité taxonomique. En plus des identifications nous avons aussi procédé à des observations permettant de préciser la nature des ensembles anthracologiques : estimations des calibres, types de combustion, traces de découpes, de xylophages, etc... Les courbes « effort-rendement » étant basées sur la diversité taxonomique, nous n'avons donc pas jugé judicieux de nous baser exclusivement sur les seuils obtenus pour établir des effectifs d'échantillonnages représentatifs.

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

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

2.1. Équipement d'observation

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



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

2.2. Méthodologie

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

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

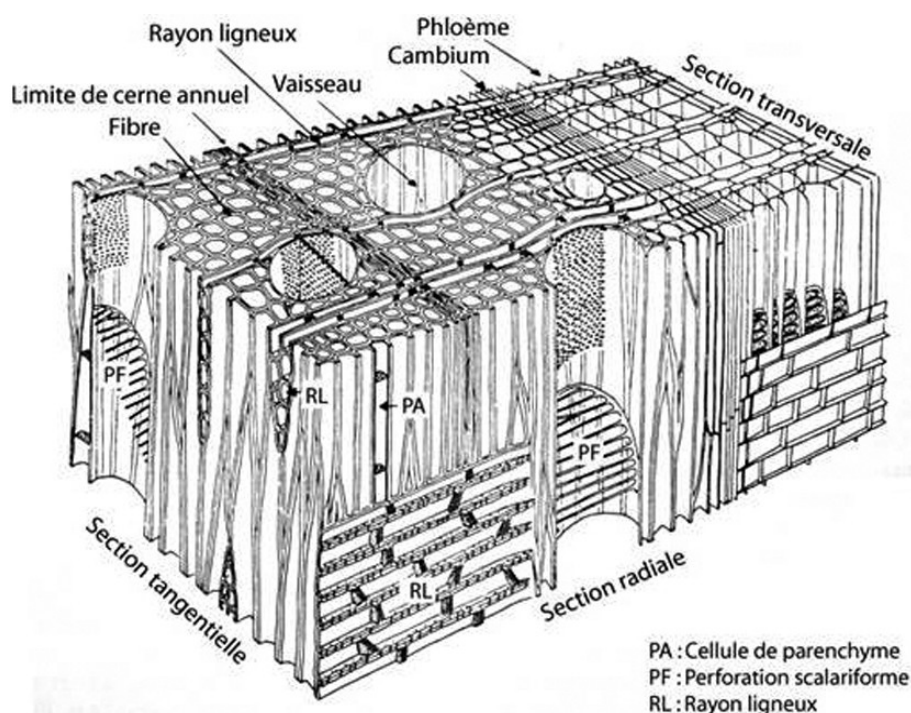


Fig. 4 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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

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

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

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

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

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

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

- **le rythme de croissance**

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

- **la présence de thylles**

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

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

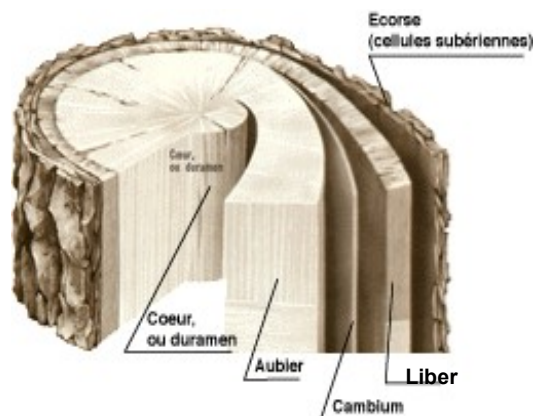
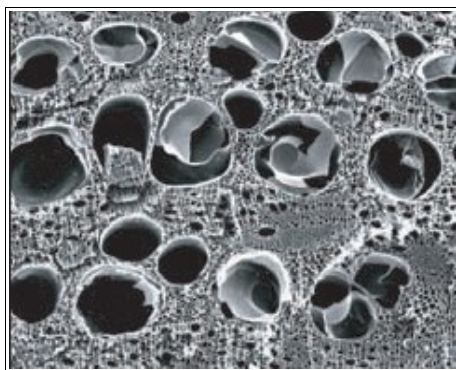
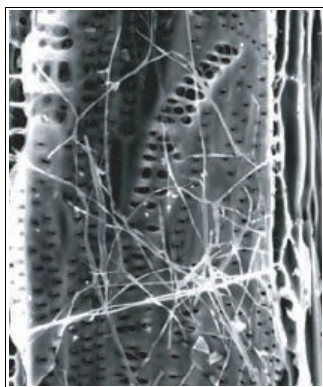


Fig. 5 – A gauche : Photographie prise au microscope électronique de thylles dans les vaisseaux du duramen carbonisé de chêne (Marguerie et al., 2010). A droite, schéma permettant de distinguer les différents tissus composant le bois. Nous distinguons notamment le bois de cœur (ou duramen) associé à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

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



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

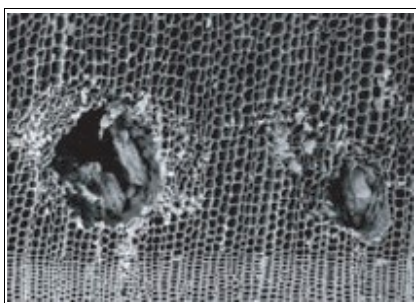
Fig. 6 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

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

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

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

- les traces de galeries laissées par les insectes xylophages.



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

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

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

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



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

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

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

La vitrification (ou aspect luisant du charbon) affecte plus souvent des petites pièces de bois (Oilic, 2011). Selon Marguerie *et al.* (2010), elle est la conséquence de conditions spécifiques de combustion ou de taphonomie, voire d'un état particulier du bois avant le passage au feu. Une combustion rapide à haute température peut causer une déformation des tissus, une apparition de fissures et une fusion (Schweingruber, 1982). Prior et Alvin y voient la conséquence d'une combustion à très haute température (Prior et Alvin, 1986), néanmoins ce seul critère serait remis en cause par McParland *et al.*, (2010). De fortes variations de températures comme "un refroidissement rapide de surfaces chaudes en conditions anaérobies" (conditions réductrices) pourraient par exemple provoquer ce phénomène de vitrification selon Blaizot *et al.* (2004). Des études un peu plus récentes d'A. Henry (*in* Excoffon., 2010), citées aussi par C. Cenzon-Salvayre (2014), tendent à montrer que l'effet de températures particulièrement élevées ne constituent pas un facteur déterminant dans l'apparition du phénomène de vitrification. Celui-ci semble en revanche étroitement lié à la durée de la combustion, tandis que la présence d'un milieu réducteur apparaît comme une condition indispensable. En 2010, A. Henry observe en effet une grande quantité de charbons vitrifiés dans une structure de crémation et émet l'hypothèse que ces charbons correspondent à des résidus qui ont « continué à cuire » sous la masse cendreuse du bûcher. Selon H. Seignac (Nicolas *et al.*, 2013), la vitrification demeure un phénomène qui n'a jamais été reproduit en contexte expérimental mais on retrouve des charbons vitrifiés dans des types de structures tels que les fours de réduction et les charbonnières. Elle reste un phénomène complexe, dépendant à la fois de la nature du combustible (bois vert ou sec, calibre, essence) et de son contexte de combustion (température, durée, degré d'oxygénation).

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

Il discerne quatre niveaux de vitrification :

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

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

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

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

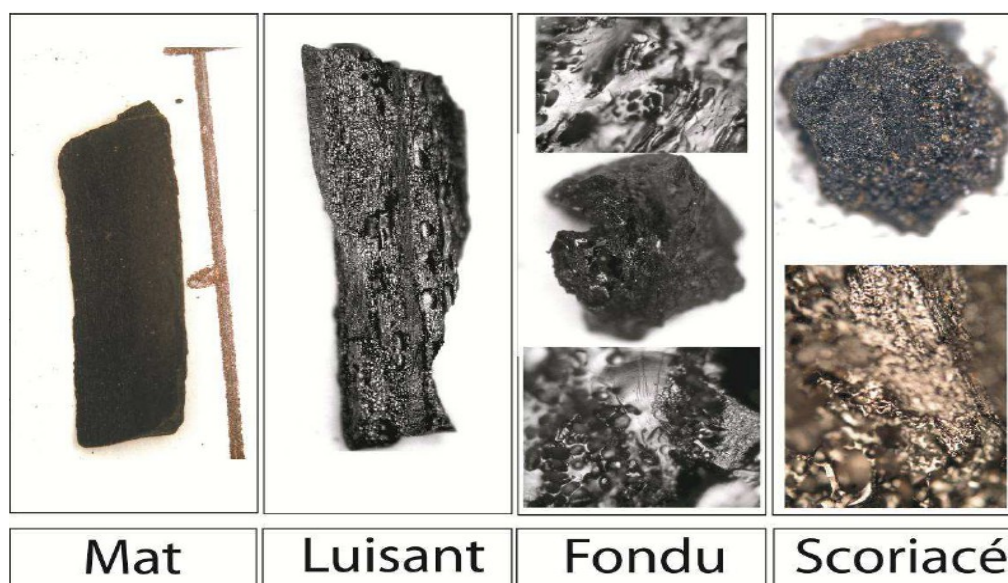
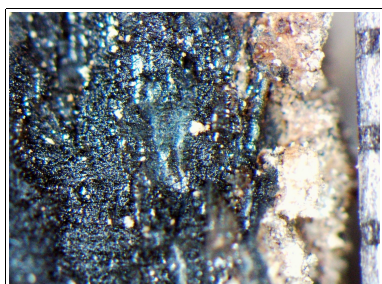


Fig. 9 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements anthracologiques (extrait de Oilic, 2011).

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



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

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

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

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

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

2.3. Observation macroscopique du plan ligneux

- Observations de caractères dendrologiques :

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

- Mesures des largeurs moyennes de cernes ou croissance radiale :

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

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

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

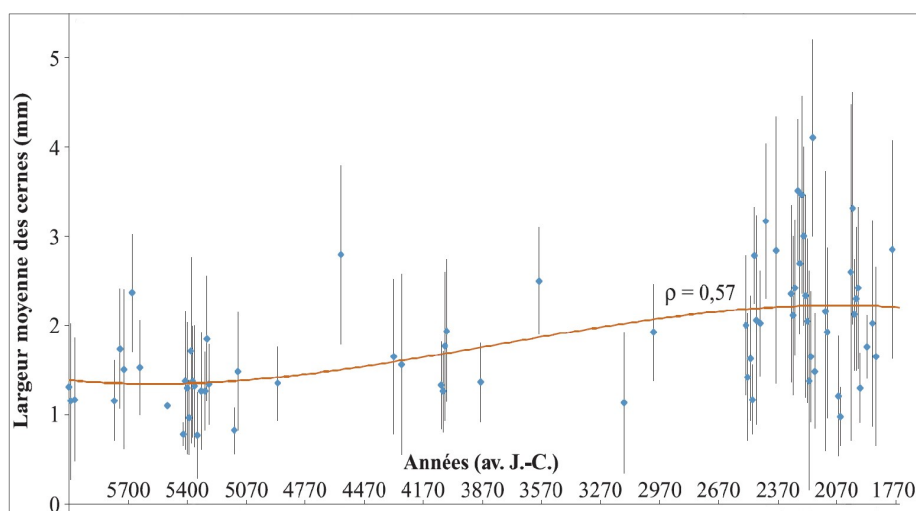


Fig. 11 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie et al., 2010).

Le graphique ci-dessus exprime des largeurs moyennes de cerne entre le Néolithique et l'Antiquité (Fig. 11). On constate des valeurs comprises entre 1 et 2 mm au cours du Néolithique puis une augmentation régulière de ces valeurs au moins jusqu'au début de l'Antiquité. Cette évolution est principalement interprétée par l'effet de l'ouverture du paysage. Les boisements fermés du Néolithique se concrétisent par des croissances difficiles (moyennes des largeurs de cerne

comprises entre 1 et 2 mm) et vont progressivement céder la place à des boisements plus clairs et des formations de types lisières, haies, plus favorables à la croissance des arbres (moyennes comprises entre 4 mm et 1 mm). On note toutefois une hétérogénéité des valeurs durant l'Age du fer indiquant probablement la coexistence de milieux plus ouverts mais aussi de milieux fermés.

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

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

- Estimation du calibre des arbres

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

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

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

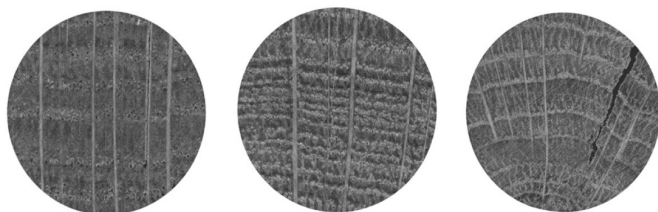


Fig. 12 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

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

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

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

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

Remarque sur la détection du châtaignier :

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

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



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

Fig. 13 – Représentation du hêtre (*Fagus sylvatica*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

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 500 Kg / m³), c'est donc un bois qui possède un bon pouvoir calorifique.

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).

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

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

La longévité des Pomoïdées est hétérogène, potentiellement très longue pour l'aubépine (*Crataegus monogyna* jusqu'à 500 ans), plusieurs siècles pour le poirier (*Pyrus pyrausta*) et plus court pour les cotonéaster (jusqu'à 30 ans) (Rameau et al., 1989).

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.

La longévité du noisetier est de l'ordre de 20 à 30 ans (Rameau et *al.*, 2008). C'est donc un bon candidat pour des datations radiocarbone.



Fig. 14 – Représentation du noisetier (*Corylus avellana*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

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

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

Les bruyères telles que la callune (*Calluna vulgaris*), la bruyère cendrée (*Erica cinerea*), ou la bruyère ciliée (*E. ciliaris*), (...) participent fortement à ces

formations ouvertes : landes rases et boisements clairs, landes-fourrés mais aussi tourbières, lisières forestières (chênaies et hêtraies), pelouses. Les bruyères constituent un bois dur se travaillant et se polissant bien. C'est aussi un bon bois de chauffage, il peut fournir un excellent charbon de bois (Rameau *et al.*, 2008).

L'**aulne** (*Alnus sp.*) est une essence vivant dans des contextes humides tels que les bordures de rivières, les berges des lacs et zones alluviales. C'est un bois utilisé en vannerie. En revanche c'est un bois de feu assez médiocre, charbon léger (Rameau *et al.*, 1989). C'est une essence à forte croissance pouvant assurer un bon allumage du feu, mais sa combustion dure peu dans la durée.

Remarque : L'aulne et le noisetier présentent des similitudes anatomiques marquées, ce qui justifie l'utilisation du taxon anthracologique « noisetier / aulne » lorsque le critère différenciateur, en l'occurrence, le nombre de barreaux scalariformes, n'a pas pu être observé.

3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

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

Le premier comprend six prélèvements issus des comblements de trous de poteaux associés à un bâtiment sur poteaux (ST39, ST41, ST43, ST44, ST45 et ST46).

Le deuxième ensemble regroupe six prélèvements provenant de deux structures de comblement (ST1 et ST42) d'un fossé d'enclos.

Enfin, trois prélèvements ont été collectés au sein d'un fossé parcellaire (ST21 et ST3).

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

3.1. Prélèvements associés au bâtiment sur poteaux (ST39, ST41, ST43, ST44, ST45 et ST46)

a. Résultats

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Courbure				Rythme		Combustion							Thylle
		Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleu x	
ST 39 (US 39.1)	Corylus avellana	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	Quercus/Castanea	13	0	2	1	0	0	0	4	1	0	0	0	0	4
	Quercus sp.	47	0	10	10	0	3	4	5	9	0	1	0	0	13
SOMME		65	0	12	12	0	3	5	9	10	0	2	0	1	17
ST41 (US 41.1)	Betula sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. écorce	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Graine (type Céréale)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0
	Prunus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	6	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	1
	Quercus sp.	6	0	1	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	1
SOMME		22	0	2	2	0	0	1	7	2	0	0	5	1	2
ST43 (US 43.1) (partie nord)	Alnus/Corylus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. de racine	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Quercus/Castanea	13	0	0	0	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	9	0	3	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	2
ST43 (US 43.1) (partie sud)	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	8	0	3	1	0	0	1	1	4	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	16	0	6	4	1	0	1	6	7	0	1	0	0	5
SOMME		52	0	12	5	3	0	7	8	14	0	1	0	1	7
ST44 (US 44.1)	Corylus avellana	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Graine (type Céréale)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0
	Quercus/Castanea	7	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	22	0	0	2	0	0	1	3	8	0	0	1	0	1
SOMME		35	0	1	2	0	0	1	7	8	0	0	1	2	1
ST45 (US 45.1)	Alnus sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. écorce	5	0	1	2	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0
	Indéterminé	5	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0
	Quercus/Castanea	8	0	0	0	0	0	1	4	2	0	0	0	0	0
ST45 (US 45.1)	Quercus sp.	8	0	0	0	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0
	SOMME	30	0	2	2	0	0	1	16	5	0	0	0	1	0
ST46 (US 46.1)	Betula sp.	4	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	Corylus avellana	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0
	Quercus/Castanea	14	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	6	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
SOMME		30	0	1	1	0	0	0	8	2	0	1	1	0	0
SOMME GLOBALE		234	0	30	24	3	3	15	55	41	0	4	7	6	27

Fig. 15 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements n° ST39, ST41, ST43, ST44, ST45 et ST46.

Légende	ST 39 (US 39.1)	ST41 (US 41.1)	ST43 (US 43.1)	ST44 (US 44.1)	ST45 (US 45.1)	ST46 (US 46.1)
- Hêtre (Fagus sylvatica) - Chêne / Châtaignier (Quercus/Cas) - Chêne (Quercus sp.) - Aulne (Alnus sp.) - Aulne / noisetier (Alnus/Corylus) - Bouleau (Betula sp.) - Noisetier (Corylus avellana) - Prunus sp. - Frag. écorce - Indéterminé - Graine type céréale - Frag. os - dent						
Nombre de charbons étudiés.	65	22	52	35	30	30
Diversité (nb de taxons)	3	5	3	3	4	4
Courbures des cernes	Forte : 50% Interm. : 50% Faible : 0%	Forte : 50% Interm. : 50% Faible : 0%	Forte : 30% Interm. : 70% Faible : 0%	Forte : 66% Interm. : 33% Faible : 0%	Forte : 50% Interm. : 50% Faible : 0%	Forte : 50% Interm. : 50% Faible : 0%
Fréquences des charbons d'aspect « luisant »	32,00%	64,00%	44,00%	46,00%	73,00%	40,00%
Fréquences des charbons avec fentes de retrait	23,00%	14,00%	40,00%	25,00%	20,00%	7,00%
Moyennes de largeurs de cerne (mm)			Moyenne (ST43.1 nord) = 0,55 mm (N=2 ; Ec-type = 0,07 mm) Moyenne (ST43.1 sud) = 1,18 mm (N=1)			

Fig. 16 – Tableau synthétisant les principales caractéristiques (proportions des différentes essences, diversité, courbures des cernes, aspects luisants, aspects fendus) des compositions anthracologiques correspondant aux six trous de poteau (prélèvements n°ST39, ST41, ST43, ST44, ST45 et ST46).

b. Interprétations

234 charbons ont été observés pour ces six prélèvements.

Pour les six prélèvements étudiés, la majorité des charbons observés (entre 50 % et 90 %) correspond au chêne (*Quercus* sp.) ou à des fragments indéterminés entre chêne et châtaignier (*Quercus* sp. / *Castanea sativa*) (Fig. 15). Le noisetier (*Corylus avellana*) constitue la seconde essence la plus représentée. Il est identifié dans cinq des six ensembles analysés. Plus ponctuellement, des fragments de bouleau (*Betula* sp.), d'aulne (*Alnus* sp.) et de hêtre (*Fagus sylvatica*) ont également été reconnus.

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 2.4.).

L'observation de la courbure des cernes révèle des proportions sensiblement équivalentes de fragments à courbure intermédiaire (55 %) et à forte courbure (45 %). Ces caractéristiques indiquent une exploitation majoritaire de bois de petit à moyen calibre, probablement sous forme de branches. Aucun fragment attribuable à du bois de gros calibre (faible courbure des cernes) n'a pu être identifié. Il convient toutefois de préciser qu'un nombre important de fragments, en raison de leur très petite taille, n'a pas permis une estimation fiable de la courbure des cernes.

Les essences telles que le hêtre et le chêne sont des bois denses, générant des braises avec beaucoup d'énergie et dans la durée. Ces bois peuvent être qualifiés d'« excellents » combustibles. En revanche, ils peuvent être difficiles à enflammer, d'où la nécessité d'emploi de bois d'allumage, typiquement des essences de bois « tendres » telles que le noisetier, le bouleau et l'aulne ou des bois de petit calibre. La détection de ces trois essences s'explique très probablement par un choix technique, pour les phases d'allumages des foyers.

De manière générale, les charbons présentant des fentes de retrait sont peu nombreux, avec des proportions comprises entre 7 % et 25 %, à l'exception du prélèvement issu de la structure ST43, pour lequel 40 % des fragments en sont pourvus. Ces observations traduisent majoritairement l'utilisation de bois à l'état sec, plutôt que de bois vert. Ce constat suggère une sélection des bois lors de la collecte et, possiblement, l'existence d'un stockage préalable avant leur utilisation. Il convient toutefois de nuancer cette interprétation, certaines branches ne semblant pas avoir été totalement « sèches » au moment de leur combustion, ce qui pourrait indiquer, pour une partie des assemblages, un emploi relativement rapide après la coupe. De plus, notons qu'aucune trace de galeries de xylophages, généralement associées à des bois stockés sur une durée prolongée, n'a été observée.

La proportion de fragments présentant un aspect luisant est relativement élevée, puisque 32 % à 73 % des charbons observés montrent ce type de surface (Fig. 16). Le phénomène de « vitrification » des charbons est complexe. Il semble résulter de la combinaison d'une durée de combustion relativement longue et d'un milieu réducteur, c'est-à-dire pauvre en oxygène (cf. chapitre 2.2.). On peut par exemple évoquer des contextes de fours, fourneaux ou de fonds de foyers.

Le contexte des trous de poteau conduit à s'interroger sur l'origine des bois mis au jour, qu'il s'agisse de restes de poteaux ou de rejets de combustible. Toutefois, plusieurs éléments convergent en faveur de l'hypothèse de résidus de combustion : la prédominance de bois de petit à moyen calibre, correspondant majoritairement à

des branches, l'absence de galeries de xylophages, l'absence de traces de rubéfaction sur les parois des trous de poteau, la diversité des essences identifiées, la variabilité des aspects des charbons (luisants ou non), ainsi que la présence ponctuelle de fragments de graines et d'ossements. L'ensemble de ces observations tend donc à privilégier l'hypothèse de restes de rejets de combustibles plutôt que de restes de poteaux en place.

Afin de caractériser le type de ramassage, un calcul de l'indice de concentration de Pareto a été réalisé sur l'ensemble des charbons déterminés à l'intérieur des six trous de poteau. Six taxons anthracologiques (chêne et chêne-châtaignier ont été rassemblés dans un même taxon) correspondant à 200 fragments ont été retenus pour effectuer le calcul (Fig. 17).

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).

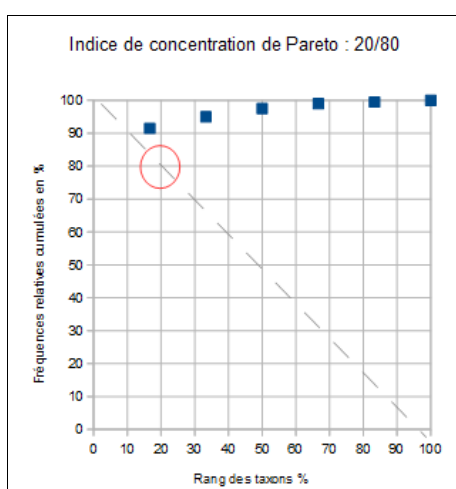


Fig. 17 – Indice de concentration de Pareto pour l'ensemble des charbons identifiés à l'intérieur des six trous de poteau. Le calcul a été effectué sur les effectifs de six taxons anthracologiques déterminés (chêne, noisetier, bouleau, hêtre, prunus, aulne). Les fragments de chêne et de chêne-châtaignier, ont été rassemblés. 200 charbons ont été retenus pour le calcul.

Or, le graphique montre que les proportions des taxons anthracologiques constatées ne reflètent pas les mêmes proportions que celles observées dans les communautés végétales naturelles en équilibre.

Cet écart pourrait certes s'expliquer en partie par des limites de représentativité de l'échantillon analysé (200 charbons et seulement six taxons pris en compte pour le calcul). Toutefois, il semble plus probablement traduire des pratiques de ramassage sélectif, orientées principalement vers le bois de chêne (Fig. 17). Une telle sélection est généralement caractéristique d'activités de type artisanal ou, plus largement, de systèmes techniques impliquant des choix précis et maîtrisés en matière de combustible.

Au regard de la découverte de quelques graines retrouvées dans les trous de poteau, mais aussi de la forte proportion de charbons d'aspect luisant, on peut par exemple émettre l'hypothèse d'activités de traitement des graines, telles que le grillage ou le séchage.

Enfin, quelques mesures de largeurs de cernes ont été effectuées sur des fragments de chêne de moyen calibre du prélèvement de l'US 43.1 (Fig. 16). Les moyennes obtenues indiquent une dynamique de croissance plutôt difficile avec des valeurs de l'ordre de 0,55 mm/an et 1,18mm/an. Ces résultats suggèrent un approvisionnement en bois provenant de peuplements soumis à des conditions de croissance défavorables, tels que des boisements denses ou mal exposés, sur des sols pauvres. Cette interprétation doit toutefois être considérée avec prudence, dans la mesure où elle repose sur un nombre très limité de mesures.

3.2. Prélèvements associés au fossé d'enclos (ST1 et ST42)

a. Résultats

			Courbure				Rythme		Combustion								
Identifiants – prélèvements	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 granuleu x	Moelle	Thylle	
ST1 – 4e passe	Fabacée type Cytisus	22	0	2	14	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	
ST1 – 5e passe	Fabacée type Cytisus	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Quercus sp.	3	0	2	0	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0	2	
SOMME		37	0	4	15	2	0	0	3	3	0	0	0	0	1	2	
ST42 1ère passe	Erica type cinerea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Indéterminé	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
	Pomoidée	34	0	8	14	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	
ST42 3e passe	Acer sp.	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Fabacée type Cytisus	6	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
	Pomoidée	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Prunus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ST42 4e passe	Corylus avellana	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Fabacée type Cytisus	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pomoidée	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
ST42 95cm	Quercus sp.	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
SOMME		60	0	10	23	0	0	1	3	2	0	5	0	0	0	0	
SOMME GLOBALE		97	0	14	38	2	0	1	6	5	0	5	0	0	1	2	

Fig. 18 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements du fossé d'enclos (structures ST1 et ST42).

Légende	ST 1 (prélèvements des 4e et 5e passe réunis)	ST42 (prélèvements des 1ère, 3e, 4e, 95cm réunis)
- Erable (Acer sp.) - Chêne (Quercus sp.) - Noisetier (Corylus avellana) - Pomoidée - Prunus sp. - Erica type cinerea - Fabacée type Cytisus - Indéterminé		
Nombre de charbons étudiés.	37	60
Diversité (nb de taxons)	3	7
Courbures des cerne	Forte : 79% Intermédiaire : 21% Faible : 0%	Forte : 70% Intermédiaire : 30% Faible : 0%
Fréquences des charbons d'aspect « luisant »	16,00%	17,00%
Fréquences des charbons avec fentes de retrait	8,00%	5,00%

Fig. 19 – Tableau synthétique montrant les principaux résultats d'analyses des prélèvements provenant du comblement du fossé d'enclos (ST1 et ST42).

b. Interprétations

Une centaine de charbons ont été observés pour les six prélèvements provenant des comblements du fossé d'enclos (ST1 et ST42).

Les deux ensembles ST1 et ST42 montrent des compositions différentes. Sept taxons anthracologiques ont été identifiés pour les deux ensembles.

Le genêt (*Cytisus* sp.) et le chêne (*Quercus* sp.) sont communs aux deux ensembles. Le genêt domine largement la composition anthracologique des prélèvements de ST1. En revanche, les prélèvements de ST42 se caractérisent par une forte proportion de charbons de Pomoïdées, (pour le prélèvement de la 1ère passe notamment), associée à la présence plus ponctuelle de fragments d'érable (*Acer* sp.), de *Prunus* et de bruyère (*Erica* type *cinerea*). Le genêt y occupe également une place non négligeable (environ 15 %), constituant ainsi un point commun avec l'ensemble ST1.

L'observation des courbures de cernes indique une exploitation majoritaire de bois de très petit calibre, essentiellement des petites branches. Les fragments à forte courbure représentent en effet près des trois quarts des charbons mesurés (respectivement 79 % pour ST1 et 70 % pour ST42) (fig. 19).

Concernant l'aspect des charbons, les fragments luisants sont très faiblement représentés (entre 16 % et 17 %), ce qui limite la probabilité d'une combustion de longue durée et anaérobie (cf. chapitre 2.2.). L'hypothèse la plus plausible reste celle d'une combustion en milieu ouvert. Les rares aspects luisants identifiés sur certains fragments pourraient résulter de phénomènes localisés, possiblement en fond de foyer. Par ailleurs, le calibre réduit des bois pourrait également avoir favorisé le phénomène sur certains charbons (Oilic, 2011).

De manière générale, les charbons présentant des fentes de retrait sont peu nombreux, ce qui suggère l'utilisation de bois sec (non vert) au moment de la combustion.

Le genêt, les Pomoïdées, les bruyères et le noisetier constituent l'essentiel du combustible identifié dans le comblement du fossé. Ces essences sont caractéristiques de milieux ouverts, tels que les boisements clairs, les haies ou les formations de type landes-fourrés.

Ces essences correspondent à des bois tendres (noisetier, genêt) ou de petits calibres, susceptibles d'avoir produit des combustions vives et de courte durée.

Afin de caractériser le mode de ramassage du bois, un calcul de l'indice de concentration de Pareto a été réalisé à partir de la composition anthracologique de l'ensemble des prélèvements de ST42 (Fig. 20).

Remarque : Le calcul n'avait pas de sens sur la composition anthracologique de ST1, car seulement deux essences y sont identifiées.

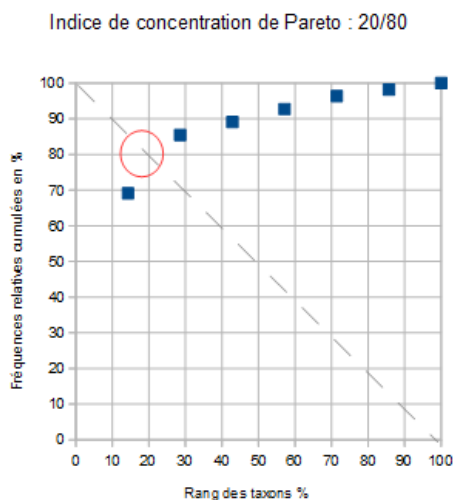


Fig. 20 – Indice de concentration de Pareto pour l'ensemble anthracologique de la structure ST42. Le calcul a été effectué sur les effectifs des quatre passes, soit sept taxons anthracologiques déterminés (bruyère, Pomoidée, érable, genêt, noisetier, Prunus, et chêne). 60 charbons ont été retenus pour le calcul.

Même si le nombre de charbons et la diversité anthracologiques retenus pour le calcul sont assez faibles, le rapport d'équilibre est assez proche de celui attendu en théorie dans la nature, à savoir une situation où environ 20 % des taxons représentent près de 80 % de la biomasse (Chabal *et al.*, 1999). Il est par ailleurs probable que des analyses complémentaires auraient permis de se rapprocher davantage encore de ce rapport d'équilibre.

Sur la base de cet indice, les compositions anthracologiques observées peuvent être interprétées comme le résultat de ramassages peu sélectifs, de type « tout venant ». Aucun critère de sélection à caractère spécifiquement « technique » ne semble, a priori, avoir guidé le choix de cet assemblage de combustible.

Ce mode de collecte « opportuniste », associé à l'utilisation d'essences de combustibilité relativement médiocre (noisetier, genêt, bruyère, voire *Prunus* et Pomoidées), le petit calibre des bois utilisés et une aire de collecte recoupant des formations végétales de type haies, boisements clairs ou landes à fourrés, s'accorderaient pour évoquer l'hypothèse d'une combustion ayant, par exemple, contribué au débroussaillage des abords de l'enclos.

3.3. Prélèvements associés au fossé de parcellaire (ST21 et ST3)

a. Résultats

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Courbure				Rythme		Combustion							Thylle
		Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform.	Aspect granuleu x	
ST21 – US21.1	Acer sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	8	0	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	8
ST21 -13cm	Quercus sp.	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
SOMME		10	0	6	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	9
ST3 – 3e passe	Corylus avellana	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. écorce	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pomoïdée	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Prunus sp.	17	0	1	9	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0
SOMME		31	0	2	12	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0
SOMME GLOBALE		41	0	8	12	3	1	2	0	0	0	1	0	0	9

Fig. 18 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements du fossé de parcellaire (structures ST21 et ST3).

b. Interprétations

Deux ensembles de prélèvements, ST21 et ST3, ont été réalisés au sein du comblement d'un fossé parcellaire. Leurs analyses anthracologiques ont livré des résultats assez différents :

- L'ensemble ST21 a livré une dizaine de charbons, majoritairement attribués au chêne (*Quercus* sp.), auxquels s'ajoute un fragment d'érable (*Acer* sp.). L'observation des courbures de cernes indique un bois issu de grosses branches, caractérisé par une courbure intermédiaire à forte. Aucun charbon d'aspect luisant n'a été observé.

Le chêne et l'érable sont des bois « lourds » que l'on peut interpréter comme de bons combustibles. Il pourrait donc s'agir de rejets de combustions de type « foyer ouvert ».

- Les prélèvements de ST3 ont, quant à eux, fourni une trentaine de charbons correspondant à des bois de petit calibre et à des brindilles. Les essences identifiées relèvent principalement du genre *Prunus* (par exemple le prunellier), du noisetier (*Corylus avellana*) et des Pomoïdées (par exemple l'aubépine). L'association de ces taxons est caractéristique de formations végétales ouvertes, telles que des boisements clairs, des haies ou des fourrés arbustifs.

L'aspect des charbons ne présente pas de surface particulièrement luisante, ce qui suggère une combustion plutôt rapide en milieu aérobie. Les essences concernées ne constituent pas un combustible de haute qualité. Il pourrait s'agir de résidus de combustion issus d'un foyer ouvert. Toutefois, compte tenu de la nature relativement médiocre du combustible et de son faible calibre, l'hypothèse de rejets liés à une opération de débroussaillage du fossé parcellaire peut également être envisagée. Les combustions de ces bois ont vraisemblablement été vives mais brèves.

4. BILAN

Cette étude apporte des éléments d'interprétation fondés sur l'analyse des vestiges ligneux. Un total de 370 fragments a été observé à partir de seize prélèvements (Fig. 1).

Ces prélèvements proviennent de trois ensembles de structures distincts :

- des trous de poteau appartenant à un bâtiment sur poteaux (ST39, ST41, ST43, ST44, ST45 et ST46),
- les comblements d'un même fossé d'enclos (ST1 et ST42),
- les comblements d'un fossé parcellaire (ST21 et ST3).

Les résultats obtenus diffèrent sensiblement d'un ensemble à l'autre. Ces variations s'expliquent vraisemblablement par une combinaison de facteurs, incluant des différences chronologiques et spatiales dans les formations végétales explorées, mais aussi des pratiques distinctes dans les modalités et les finalités des combustions mises en œuvre.

4.1. Informations d'ordre paléo-environnemental

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

Il est bien sûr difficile d'interpréter directement les compositions anthracologiques en termes de paléo-paysages, car les proportions de chaque essence sont avant tout liées aux aléas des aires de ramassages mais aussi aux usages du combustible. Dans le cadre de cette étude, des choix techniques en rapport avec la qualité de combustibilité du chêne, du hêtre, voire de l'érable ou bien des choix orientés vers des bois de petit calibre plus « légers », noisetier, bouleau, aulne sont probables.

L'identification des taxons ligneux permet de proposer différentes associations écologiques (Rameau *et al.*, 1989) (Fig. 21) :

- **les groupements de la chênaie-hêtraie et de la chênaie diversifiée** avec le chêne, (chêne-châtaignier), le hêtre, l'érable.
- **les boisements clairs, lisières forestières et haies** : avec la détection de la famille des Pomoïdées, du genre *Prunus*, du noisetier, du bouleau, voire de l'érable.

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

- **les boisements hygrophiles ou frais** sont identifiés avec l'aulne et potentiellement le noisetier et le bouleau.

Ces boisements hygrophiles, surtout caractérisés par la présence de l'aulne, étaient probablement situés dans une zone alluviale ou à l'intérieur d'une zone humide.

- **les formations de friches, landes, fourrés** sont suggérées par l'association de ligneux de la famille des Fabacées comme le genêt (*Cytisus scoparius*) ou l'ajonc (*Ulex sp.*), les bruyères telle que la bruyère cendrée (*Ericacées type Erica cinerea*) et potentiellement l'aubépine (*Crataegus sp.* de la famille des Pomoidées), le genre *Prunus* (ex. le prunellier) ainsi que le noisetier et le bouleau.

Remarque sur les formation de landes : Ces végétations de friches et de landes sont interprétées dans les deux prélèvements associés au remplissage du comblement du fossé d'enclos ST1 et surtout ST42.

L'identification d'espèces de landes, landes-fourrés (fruticées) est à souligner. Suivant une dynamique végétale bien connue dans le nord-ouest de la France, (Marguerie, 1992a ; Gaudin 2004), l'apparition puis le développement des végétations de landes sont la conséquence de défrichements précoces, au moins dès la Protohistoire dans le nord-ouest, suivis de surexploitations agricoles (pastoralisme, cultures...) entraînant une dégradation générale des sols. Les déprises agricoles qui s'en suivirent ont probablement donné lieu à des recolonisations végétales sous forme de formations de landes et landes-fourrés dans les environs du site. Ces formations de landes sont caractéristiques de la Protohistoire du nord-ouest de la France. Elles devaient être omniprésentes dans les paysages.

Remarque sur l'écologie du noisetier et du bouleau : Le noisetier et le bouleau sont des essences pionnières que l'on va retrouver à la fois dans les boisements clairs, en lisières forestières, dans les haies, mais potentiellement aussi dans les espaces en déprise agricole, dans les fourrés arbustifs. Ce sont des essences ubiquistes pouvant aussi s'accommoder de conditions humides.

	Bâtiment sur poteaux						Fossé d'enclos		Fossé de parcellaire	
	ST39	ST41	ST43	ST44	ST45	ST46	ST1	ST42	ST21	ST3
Groupes forestiers de la chênaie-hêtraie et chênaie diversifiée										
										
Boisements clairs, haies, lisières										
Boisements frais (humides)										
Formations de landes et fourrés										
										
Graines (céréales)										

Fig. 21 – Tableau montrant les différents types de boisements explorés en fonction des différents contextes de prélèvement.

Très peu de mesures de largeur de cernes ont pu être réalisées en raison de la petite taille des fragments observés. Les rares mesures effectuées sur des fragments de chêne provenant du prélèvement ST43 ont néanmoins permis de calculer des largeurs de cernes moyennes d'environ 0,55 mm et 1,18 mm par an (Fig. 16).

Ces valeurs traduisent des conditions de croissance contraignantes, pouvant être liées à des facteurs abiotiques (sols pauvres ou hydromorphes, mauvaise exposition, pentes marquées, etc.) et/ou à des contraintes biotiques, telles qu'une forte compétition pour les ressources, par exemple au sein d'une chênaie dense. Toutefois, ces moyennes reposant sur un nombre très limité de fragments, elles doivent être interprétées avec prudence.

4.2. Informations d'ordre ethnographique

- Prélèvements associés au bâtiment sur poteaux (ST39, ST41, ST43, ST44, ST45 et ST46)

234 charbons ont été analysés pour les six trous de poteau. Les ensembles sont dominés très largement par le chêne, accompagné plus secondairement du noisetier, et ponctuellement du bouleau, de l'aulne et du hêtre. Quelques fragments de graines carbonisées sont à noter.

Les courbures de cernes indiquent une exploitation majoritaire de bois de petit à moyen calibre, essentiellement des branches. L'usage de bois de gros calibre n'a pu être reconnue à cause de la petite taille des fragments ne permettant pas l'estimation des courbures de cerne.

L'association d'essences de bois denses (chêne, hêtre), excellents combustibles, avec des bois plus tendres (noisetier, bouleau, aulne) s'explique probablement par des raisons techniques sur la façon de mener les combustions. En effet, l'utilisation de bois denses (ou « lourds ») permet des combustions livrant des braises avec beaucoup d'énergie et durables, alors que les bois tendres générant de combustions vives mais plus courtes, ont probablement servi lors de phases d'allumage.

La fréquence élevée de charbons d'aspect luisant renvoie à des combustions longues en milieu confiné, potentiellement des installations de type « four » ou des « fonds de foyer ».

Plusieurs indices (diversité taxonomique, estimation de bois de petits calibres, absence de traces de galerie de xylophages, absence de rubéfaction sur les parois de trous de poteaux, présence de graines et d'ossements) plaident en faveur de rejets de combustibles plutôt que de restes de poteaux incendiés.

Le calcul de l'indice de concentration de Pareto met en évidence une collecte sélective, principalement orientée vers le chêne. Ce constat est généralement plutôt caractéristique de pratiques techniques maîtrisées, possiblement liées à des activités artisanales. Les quelques graines carbonisées constatées amènent à suggérer l'hypothèse d'activités liées au traitement de graines, par exemple des activités de grillage ou de torréfaction.

– Prélèvements associés au fossé d'enclos (ST1 et ST42)

Une centaine de charbons ont été analysés pour les prélèvements provenant du comblements du fossé d'enclos (ST1 et ST42).

La composition charbonneuse de ST1 est largement dominée par le genêt, tandis que l'ensemble charbonneux de ST42 se caractérise par une plus grande diversité, avec une forte représentation des Pomoïdées, associées à l'érable, au *Prunus*, à la bruyère, au chêne et au genêt.

Les courbures de cernes indiquent une exploitation quasi exclusive de bois de très petit calibre, principalement des brindilles et petites branches. Les charbons présentent majoritairement un aspect non luisant et très peu de fentes de retrait, suggérant l'utilisation de bois sec et des combustions brèves, menées en milieu ouvert.

Les essences identifiées, genêt, Pomoïdées, bruyère, noisetier sont typiques de milieux ouverts (haies, boisements clairs, landes à fourrés) et correspondent à des bois tendres ou de faible calibre, de qualité combustible médiocre. Le calcul de l'indice de concentration de Pareto pour ST42 indique une composition proche de l'équilibre naturel des formations végétales, traduisant un ramassage peu sélectif, de type « tout venant ».

L'ensemble de ces éléments plaide en faveur d'une collecte opportuniste du combustible, sans objectif technique particulier, compatible avec des opérations de débroussaillage ou d'entretien des abords de l'enclos.

– Prélèvements associés au fossé de parcellaire (ST21 et ST3)

Les analyses des prélèvements du comblement du fossé parcellaire ont livré deux ensembles anthracologiques avec des compositions différentes.

L'ensemble ST21, peu fourni, est dominé par des fragments de chêne, accompagnés d'un fragment d'érable, issus de branches de calibre relativement important. Ces essences, de bonne qualité combustible, et l'absence de charbons luisants suggèrent des rejets de combustions de type « foyer ouvert ».

L'ensemble ST3 se distingue par un assemblage plus abondant de bois de très petit calibre, composé de noisetier, de *Prunus* et de Pomoïdées, caractéristiques de formations végétales ouvertes de type « haies ou fourrés ». La faible qualité du combustible, le petit calibre des bois et l'aspect non luisant des charbons indiquent des combustions rapides en milieu aérobie. Ces éléments pourraient correspondre à des rejets de foyers ouverts, mais également à des résidus issus d'opérations de débroussaillage des environs immédiats, voire à l'intérieur même du fossé parcellaire, impliquant des feux vifs et de courtes durées.

5. BIBLIOGRAPHIE

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

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

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

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

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

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

DUFRAISSE A., GARCIA MARTINEZ M.-S., 2011 - Mesurer les diamètres du bois de feu en anthracologie. Outils dendrométriques et interprétation des données. *ANTHROPOBOTANICA*, 2, 16p.

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

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

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

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

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

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

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

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

NICOLAS E., BLANCHET A., BRISOTO V., CHEREL A.-F., DAOULAS G., GUITTON V., HENAFF A., HINGUANT S., JOUANET N., LABAUNE-JEAN F., LE FORESTIER S., SEIGNAC K., 2013 -

Châteaulin (29). *Penn ar Roz : un site d'activité métallurgique protohistorique et antique*. Rapport de fouille, Cesson Sévigné, Inrap, Grand ouest, 2013, 364 p.

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

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

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

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

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

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

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

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

6. ANNEXE – Photographies

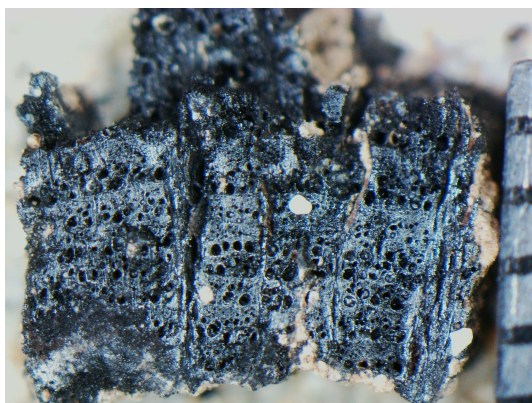


Fig. 22 – Fragment de chêne (*Quercus sp.*) de courbure de cerne forte à intermédiaire. A noter des irrégularités de croissance. Coupe transversale. Grossissement x16. Prélèvement n°ST21. L'échelle représente des millimètres.

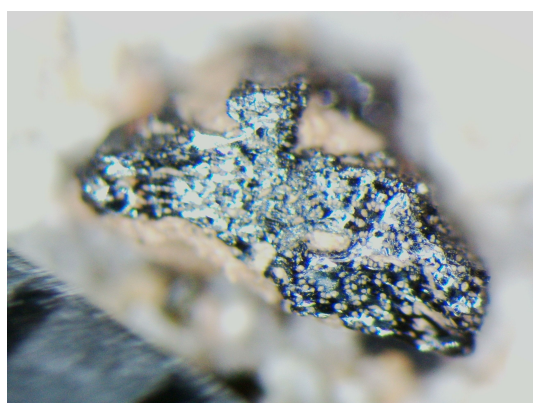


Fig. 23 – Fragment de bouleau (*Betula sp.*) d'aspect luisant, de courbure intermédiaire. Coupe transversale. Grossissement x4. Prélèvement n°ST41. L'échelle représente des millimètres.

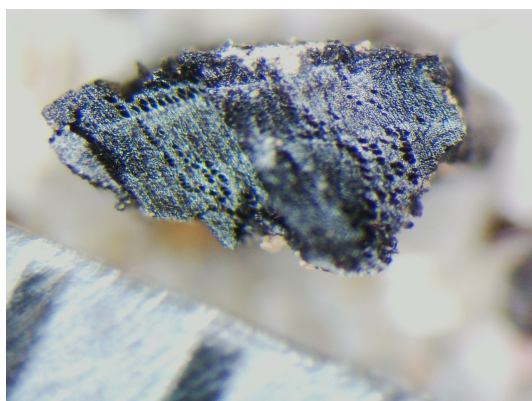


Fig. 24 – Fragment de noisetier (*Corylus avellana*) de forte courbure de cerne. Coupe transversale. Grossissement x43. Prélèvement n°ST41. L'échelle représente des millimètres.

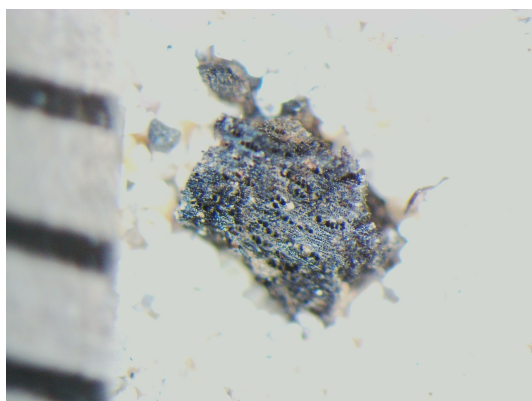


Fig. 25 – Fragment d'aulne (*Alnus sp.*). Coupe transversale. Grossissement x32. Prélèvement n°ST43. L'échelle représente des millimètres.