



ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES DE PRÉLÈVEMENTS RÉALISÉS
LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE
DU « PARC D'ACTIVITÉ DES BONNEVEAUX »,
SUR LA COMMUNE DE SAINT-VIVIEN (17).**

**OCCUPATION PROTOHISTORIQUE :
BRONZE ANCIEN - LA TÈNE FINALE.**



**Département de la Charente-Maritime,
Centre d'Études Archéologiques**

Mars 2025

DEPARTEMENT DE LA CHARENTE-MARITIME

Centre d'Etudes Archéologiques

Service d'Archéologie Départementale

Route de la Montée Verte

17770 SAINT-CESAIRE

Analyses anthracologiques de prélèvements réalisés lors de l'opération archéologique du « Parc d'activité des Bonneveaux », sur la commune de Saint-Vivien (17).

Occupation protohistorique : Bronze ancien – La Tène finale.

Rapport d'étude anthracologique

Loïc GAUDIN

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

E-mail : loic.gaudin@arkeomap.com

Site web : arkeomap.com

Mars 2025

Illustration de la page de couverture :

Fragment de chêne sclérophylle (type chêne vert, Quercus ilex), vue en coupe transversale, section entière, grossissement x40 (l'échelle représente des millimètres). Prélèvement n°9.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....	5
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION .8	8
2.1. Équipement d'observation.....	8
2.2. Méthodologie.....	9
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux	15
2.4. Estimation du diamètre minimum des arbres : technique de la « calibration ».....	17
2.5. La sélection de fragments charbonneux favorables à des datations radiocarbone.....	19
2.6. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	20
3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRETATION.....	24
3.1. Période du Bronze ancien	24
a. Résultats	24
- Prélèvements n°80 (St. 1151) et n°81 (St. 1152). Comblement d'un fossé d'enclos funéraire.....	24
b. Interprétations	26
3.2. Période du Bronze final.....	27
a. Résultats	27
- Prélèvements n°75 et n°76 (St. 128). Comblement d'un puisard (sec?).....	27
- Prélèvement n°79 (St. 1134.1). Comblement d'une petite fosse domestique (stockage?).....	27
- Prélèvements n°43 et n°45 (St. 1223). Comblement d'une grande fosse circulaire.....	28
- Prélèvements n°20, n°22 et n°9 (St. 1218). Comblement d'une fosse de stockage (petite cave?)... ..	29
- Prélèvements n°41 et n°42 (St. 1193). Comblement d'une grande fosse circulaire.....	31
b. Interprétations	32
- Interprétation globale des ensembles anthracologiques du Bronze final.....	35
3.3. Période de La Tène finale.....	38
a. Résultats	38
- Prélèvements n°8 (St. 1110.4), n°38 (St. 1110.9) et n°26 (St. 1110.12). Comblement d'une fosse atelier.....	38
- Prélèvements n°54 (St. 1079 Tr6 P2). Rejets domestiques, fossé d'enclos.....	39
b. Interprétations	40
4. BILAN.....	43
4.1. Informations d'ordre paléo-environnemental.....	43
4.2. Informations d'ordre ethnographique.....	45
5. BIBLIOGRAPHIE.....	47
6. ANNEXE – Photographies.....	49
7. ANNEXE – Inventaire des fragments sélectionnés pour datations radiocarbone.....	50
7.1. Prélèvement n°79 (St.1134.1).....	50
7.2. Prélèvement n°80 (St.1151).....	51
7.3. Prélèvement n°81 (St.1152).....	52
7.4. Prélèvement n°41 (St.1193.1).....	53
7.5. Prélèvement n°42 (St.1193.2).....	54

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses de restes charbonneux prélevés lors d'une opération archéologique préventive menée sur le site du « Parc d'activité des Bonneveaux », sur la commune de Saint-Vivien (17).

Le site fouillé concerne des occupations correspondant à quatre périodes distinctes : Le Bronze ancien, Le Bronze final, La Tène finale et l'époque gallo-romaine. Les vestiges charbonneux analysés dans ce rapport recouvrent les trois premières périodes.

Les seize prélèvements anthracologiques étudiés proviennent des comblements de huit structures différentes (Fig. 1).

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. Il s'agit vraisemblablement pour l'ensemble des prélèvements de charbons en position secondaire, probablement des rejets de combustion, mais l'hypothèse reste à confirmer,
- s'il s'agit bien de restes de combustibles, tenter de caractériser la qualité du bois utilisé. En déduire si les assemblages ont fait l'objet de sélections (ex. essences ou calibres particuliers), s'ils sont plutôt caractéristiques d'usages domestiques ou artisanaux, comparer les compositions anthracologiques,
- caractériser les boisements qui existaient dans l'aire de ramassage.

Cette opération a été menée par le service archéologique départemental. L'étude a été commandée Monsieur Pierre Giraud, responsable de l'opération.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Les prélèvements charbonneux ont fait l'objet de tamisages effectués par le laboratoire du Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Oise (mailles de 0,5 et 1,6 mm).

Seize prélèvements sont issus des comblements de huit structures et correspondant à trois périodes différentes. Au total ce sont un peu plus de 700 fragments qui ont été étudiés (Fig 1).

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE							
Commune :		Saint-Vivien (17)					
Nom de l'opération / Lieu-Dit :		" Parc de Bonnevea "					
Année :		2023					
N° OA :							
Resp. d'Op. ; commanditaire		Pierre Giraud					
Type d'opération :		Préventif					
Période d'analyse pressentie		mars 2025					
N° Prélèvement	N° de Structure	Type de structure : nature	Observations	Analyse carpologique (Marie Derreumaux)	Période (estimée)	Volume traité (Volume total disponible en Litres)	Nombre de charbons observés
54	1079 Tr6 P2	rejets domestiques, fossés d'enclos	fossé gaulois	Oui	La Tène finale	10	115
8	1110 .4	fosse atelier	fosse atelier ?	Non		10	30
38	1110 .9		fosse atelier ?	Non		10	27
26	1110.12		fosse atelier ?	Non		10	40
79	1134.1	petite fosse domestique (stockage?)	petite fosse	Non	Bronze final	10	30
41	1193 .1	grande fosse circulaire	fosse circulaire BF	Non		10	54
42	1193 .2		fosse circulaire BF	Non		10	36
9	1218 .2	fosse de stockage (petite cave?)	petite cave Bf	Non		10	51
22	1218 .6		petite cave Bf	Non		10	31
20	1218.7		petite cave Bf	Non		10	15
45	1223 .2	grande fosse circulaire	fosse circulaire BF	Non		10	102
43	1223 .5		fosse circulaire BF	Non		10	80
75	128 .2	puisard (sec)?	puisard ?	Non		10	31
76	128.fond		puisard ?	Non		10	25
80	1151 T8 US1	fossé d'enclos funéraire	enclos fun	Non	Bronze ancien	10	32
81	1152 .1		enclos fun	Non		10	42
						741	

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 les prélèvements n°54 et n°43, ensembles charbonneux les plus diversifiés, sept et cinq taxons ont été identifiés. Les courbes « effort-rendement » montrent des seuils situés entre 30 et 50 fragments (Fig. 2 et Fig. 3).

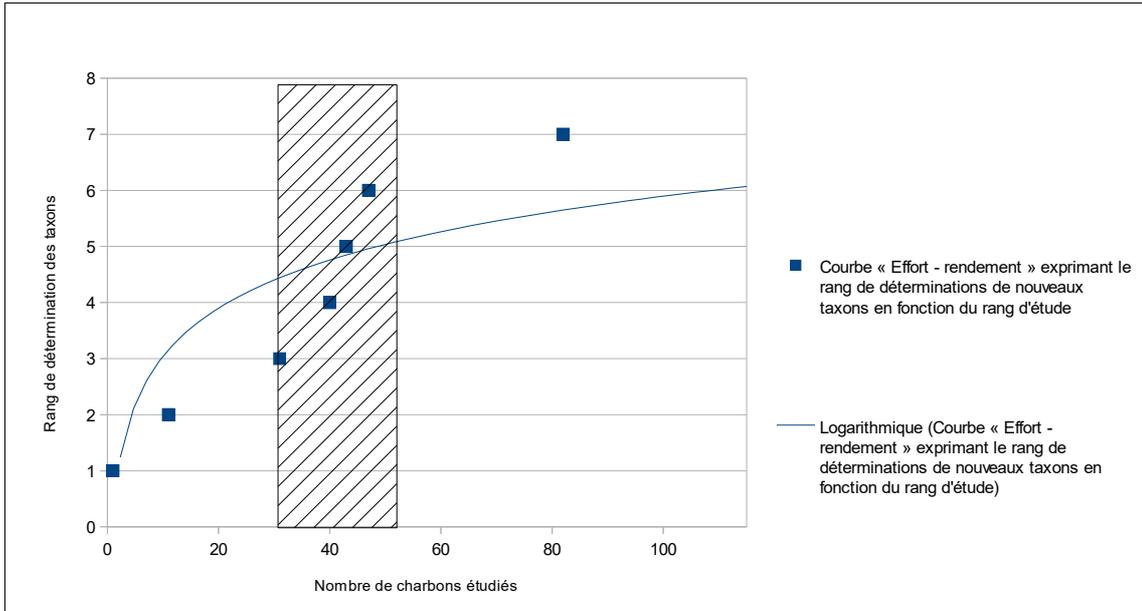


Fig. 2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°54 (St. 1079). Dans cet exemple, le septième taxon identifié (*Ulmus sp.*) a été observé au 83e rang et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 30 et 50 charbons.

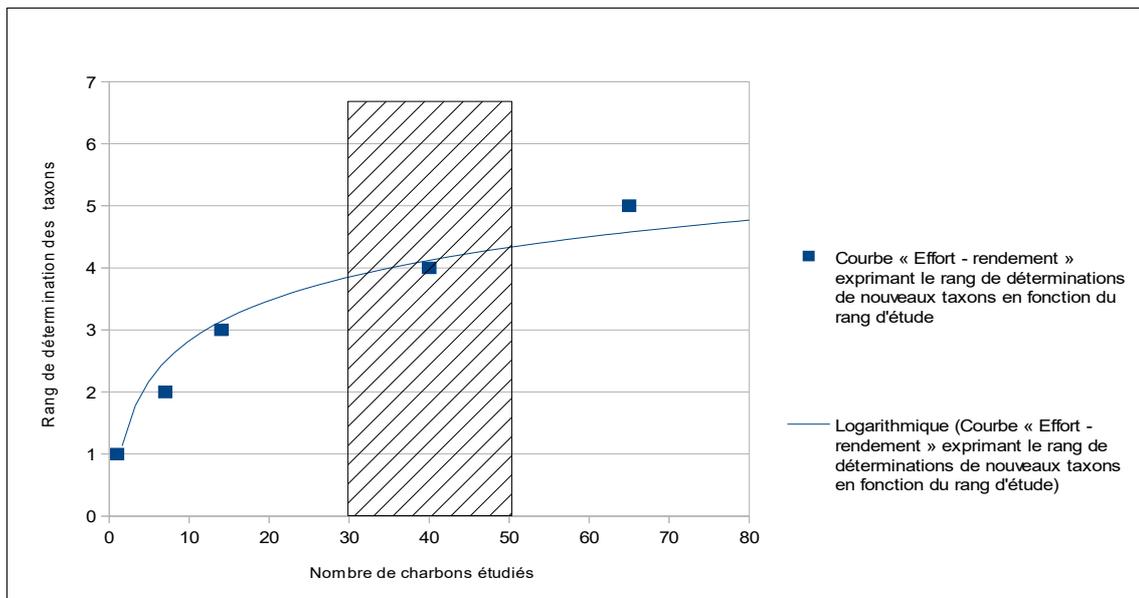


Fig. 3 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°43 (St. 1223.5). Dans cet exemple, le cinquième taxon identifié (*Pomoïdeae*) a été observé au 65e rang et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 30 et 50 charbons.

De façon générale, les prélèvements étudiés montrent assez peu de diversité (sept taxons maximum pour le prélèvement n°54). Or, les indicateurs calculés à partir des courbes « effort-rendement » sont basés sur la diversité taxonomique. En plus des identifications nous avons aussi procédé à des observations permettant de préciser la nature des ensembles anthracologiques : estimations des calibres, types de combustion, traces de découpes, de xylophages, etc... Les courbes « effort-rendement » étant basées sur la diversité taxonomique, nous n'avons donc pas jugé judicieux de nous baser exclusivement sur les seuils obtenus pour établir des effectifs d'échantillonnages représentatifs.

En concertation avec l'archéologue et en fonction de l'enveloppe allouée pour cette étude, nous avons choisi d'étudier les prélèvements de façon la plus exhaustive possible, en effectuant des observations de l'ordre de 30 à 50 charbons par prélèvement et davantage lorsque les concentrations charbonneuses étaient particulièrement importantes.

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.

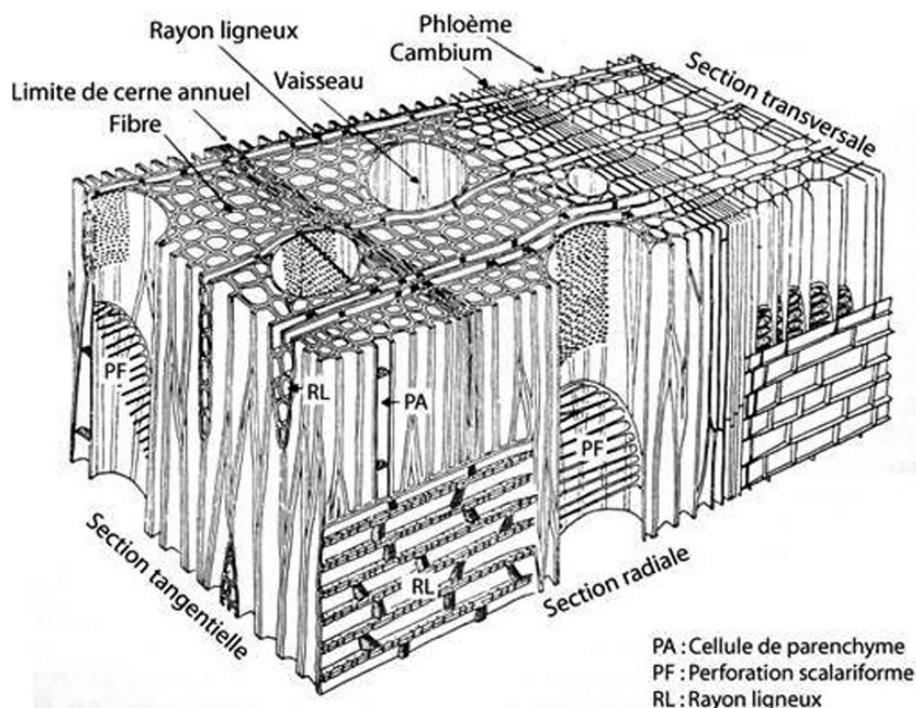


Fig. 5 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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).

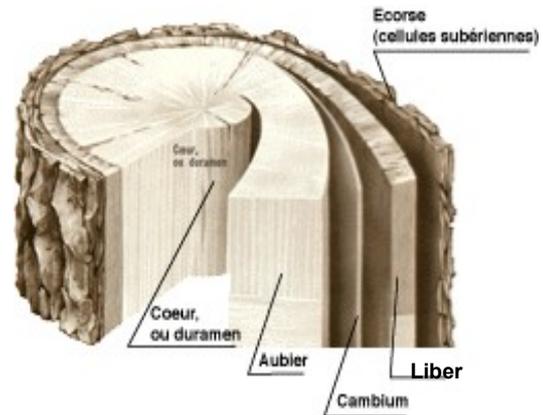
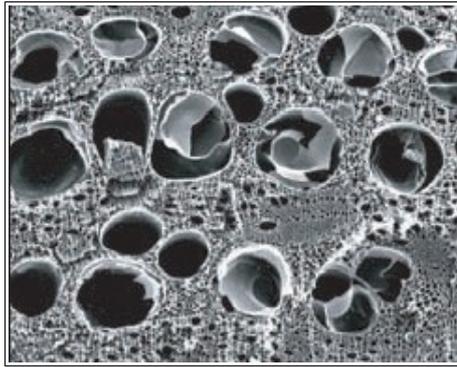
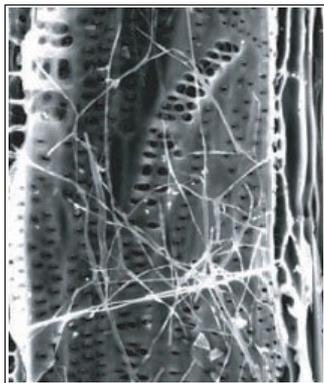


Fig. 6 – A gauche : Photographie prise au microscope électronique de thylles dans les vaisseaux du duramen carbonisé de chêne (Marguerie et al., 2010). A droite, schéma permettant de distinguer les différents tissus composant le bois. Nous distinguons notamment le bois de cœur (ou duramen) associé à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

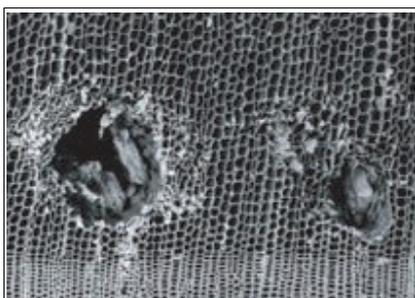
Fig. 7 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

- 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'insecte xylophage 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, 1982). Prior et Alvin y voient la conséquence d'une combustion à très haute température (Prior et Alvin, 1986), néanmoins ce seul critère serait remis en cause par McParland *et al.*, (2010). De fortes variations de températures comme "un refroidissement rapide de surfaces chaudes en conditions anaérobies" (conditions réductrices) pourraient par exemple provoquer ce phénomène de vitrification selon Blaizot *et al.* (2004). Selon H. Seignac (Nicolas *et al.*, 2013), la vitrification demeure un phénomène qui n'a jamais été reproduit en contexte expérimental mais on retrouve des charbons vitrifiés dans deux types de structures : les fours de réduction et les charbonnières. Elle reste un phénomène complexe, dépendant à la fois de la nature du combustible (bois vert ou sec, calibre, essence) et de son contexte de combustion (température, degré d'oxygénation).

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

Il discerne quatre niveaux de vitrification :

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

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

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

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

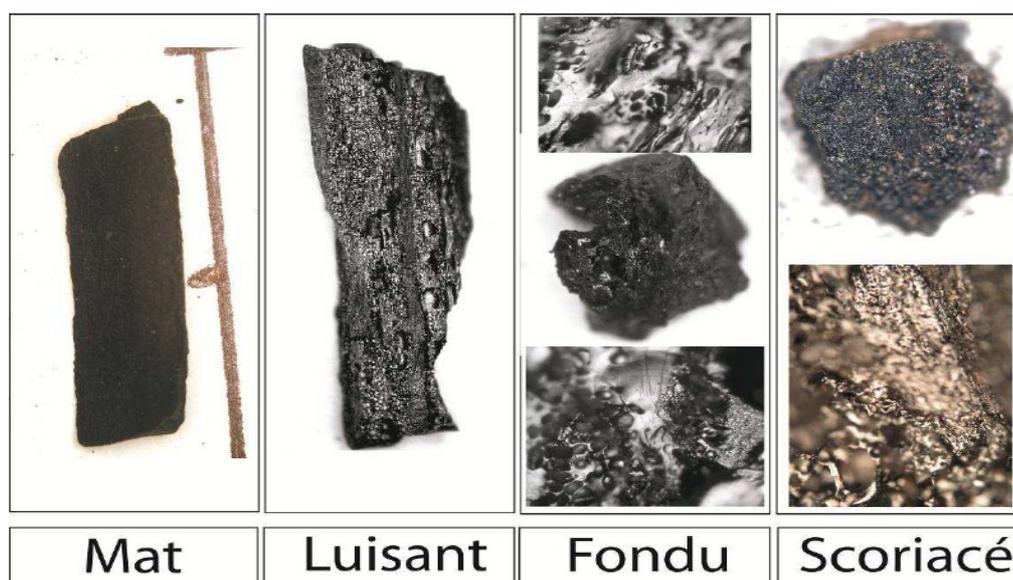
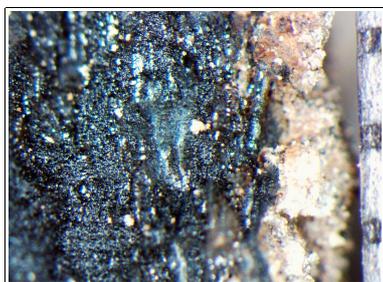


Fig. 10 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements anthracologiques (extrait de Oilic, 2011).

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.

- 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 permis de montrer une évolution des largeurs de cerne en fonction du temps.

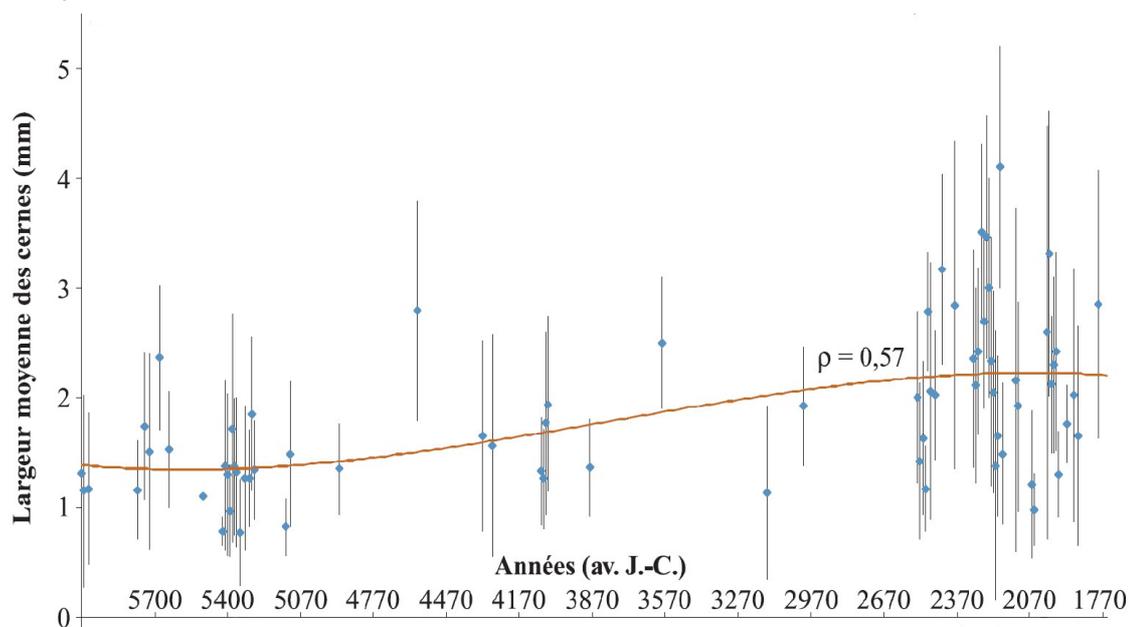


Fig. 12 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie *et al.*, 2010).

Le graphique ci-dessus exprime des largeurs moyennes de cerne entre le Néolithique et l'Antiquité (Fig. 12). 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 cernes renseigne sur l'origine des bois carbonisés.

Trois catégories de courbures sont potentiellement renseignées : faible, intermédiaire, forte (Fig. 13). 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.

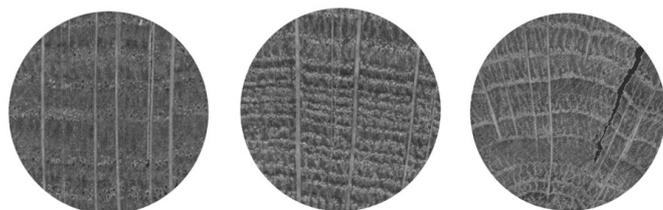


Fig. 13 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

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

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

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

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

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

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

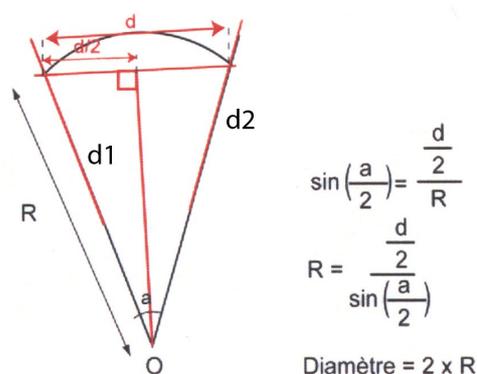


Fig. 14 : calculs trigonométriques pour la détermination des calibres des bois à partir du sinus de l'angle (Paradis S., 2007).

Par la suite, c'est la fréquence des effectifs des rayons obtenus qui va permettre d'estimer le rayon des arbres utilisés. En toute logique, les charbons les plus à l'extérieur (et donc avec les plus fortes positions radiales calculées) sont aussi les plus nombreux. (Cf. Fig. 15, principe des histogrammes de fréquences, selon Dufraisse *et al.*, 2011). Le rayon de l'arbre pourra ainsi être estimé en prenant la classe de diamètre maximale.

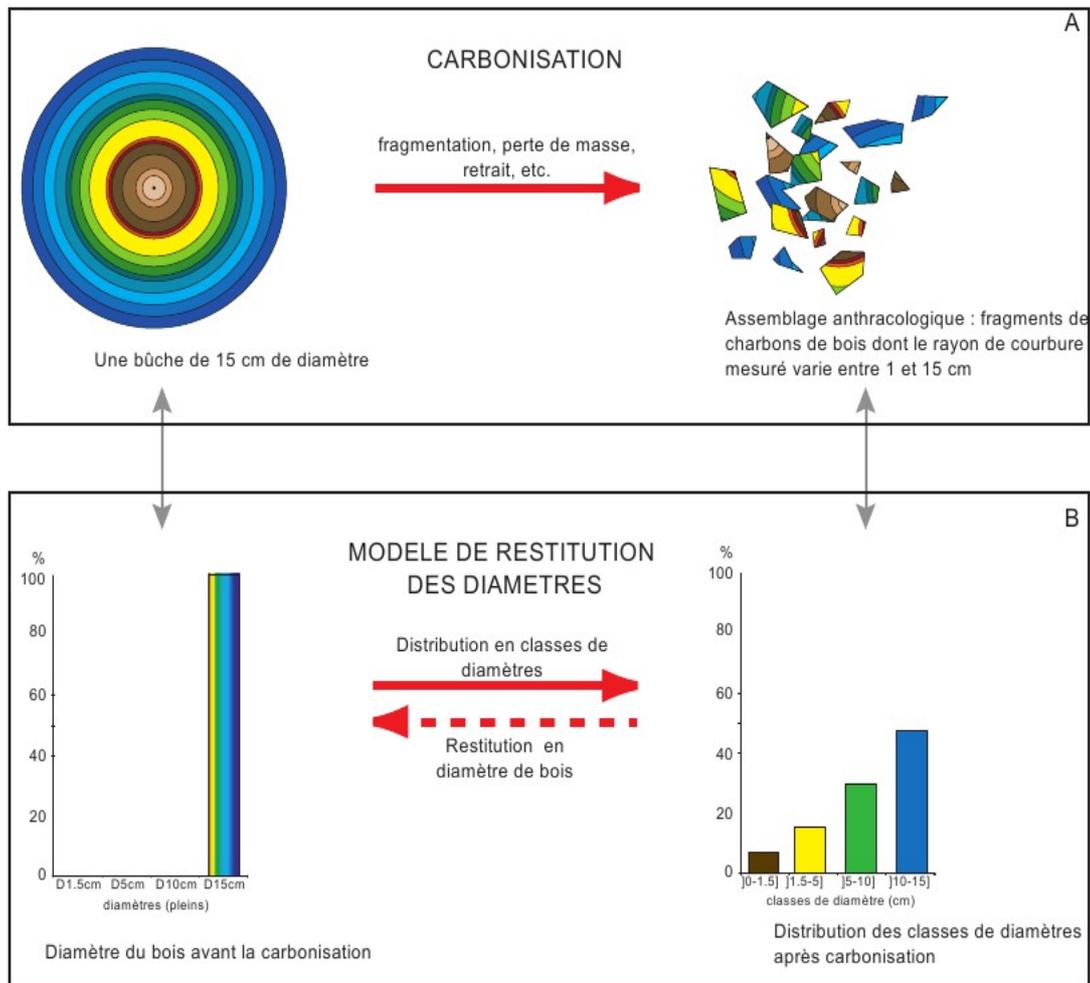


Fig. 15 – Principe du modèle de restitution des diamètres de bois (extrait de Dufraisse *et al.*, 2011).

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

2.5. 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, graine carbonisée), soit des fragments provenant des dernières années de vie de l'arbre (ex. l'aubier). L'indice de priorité est basé sur ce principe.

On sélectionnera de façon prioritaire les fragments :

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

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

0. Non prioritaire,

1. favorable à la datation.

2. très favorable à la datation.

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

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

Les résultats sont présentés sous la forme de tableaux et placés en Annexe (chapitre 7.)

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

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

L'étude a permis de déterminer onze à douze 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) :

Les chênes sclérophylles avec notamment le chêne vert (*Quercus ilex*) et le chêne liège (*Quercus suber*) correspondent à des biotopes de type bois clairs, chênaie littorale. Ils se caractérisent par leurs feuilles résistantes notamment par rapport à l'évaporation en contexte méditerranéen ou par rapport à l'air marin en contexte littoral. Le chêne vert peut se retrouver dans les chênaies méditerranéennes mais dans l'aire considérée c'est aussi une essence que l'on peut retrouver en bord de mer. Ce sont des espèces xérophiles à large amplitude. Ils forment de bons combustibles. Le chêne vert est un bois très dense qui peut aussi être utilisé pour construire des pièces spécifiques (outils, charpentes de second ordre).



Fig. 16 - Photo illustrant les feuilles du chêne vert : Feuilles jeunes (à gauche) et feuille plus âgée (à droite)

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 tous les prélèvements.

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 anthracologique « chêne-châtaignier » (*Quercus sp. / Castanea sp.*).

L'orme (*Ulmus sp.*), probablement l'orme champêtre (*Ulmus minor*) dans l'aire considérée, correspond 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 et permet d'obtenir un charbon léger. Autrefois communes partout en plaine, les populations ont été fortement décimées par la graphiose au début du XXe siècle. Sa présence est toutefois à considérée avec précaution car il n'est représenté que par un seul fragment dans le prélèvement n°54.

L'érable (*Acer sp.*) et plus particulièrement l'érable champêtre (*Acer campestre*) 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. C'est un bon combustible.

Les Prunoïdées dont le genre *Prunus sp.* (ex. merisier, prunier, 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). En plus des prunelliers, les charbons du genre *Prunus sp.* peuvent aussi correspondre aux merisiers et aux cerisiers. Excepté le merisier (*Prunus avium*), ces taxons fournissent de bons combustibles.

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



Fig. 17 – Représentation du noisetier (*Corylus avellana*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

Le **nerprun purgatif** (*Rhamnus catharticus*), de la famille des Rhamnacées, correspond à un arbrisseau. On le retrouve généralement associé à des végétations arbustives (ex. fruticées, manteaux arbustifs, bois clairs, haies) de milieux pauvres et secs.

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

Dans le cadre de cette étude, quelques charbons identifiés dans le prélèvement n°26, correspondraient plutôt à des **bruyères de type « arborescente »** (ex. *Erica arborea*, *Erica multiflora*, *E. scoparia*) (charbon présentant des rayons multisériés). La bruyère à balai (*Erica scoparia*), la plus probable dans l'aire considérée, est un arbrisseau de 1 à 2,5 mètres de hauteur.

Le noyer (*Juglans sp.*) est un taxon de climat assez doux qui reste sensible aux gelées du nord de la France. C'est une espèce héliophile et mésophile à méso-hygrophile. Il serait originaire des Balkans et aurait été planté un peu partout en France depuis l'époque gallo-romaine. Il serait « subsponané » dans les zones alluviales (Rameau *et al.*, 1989). Néanmoins, on le trouve régulièrement dans les études polliniques parfois de façon très ancienne. Il a parfois été cultivé pour ses noix à amandes comestibles. Il fournit un bois de densité moyenne à forte donnant un bon combustible et un charbon estimé. Il est identifié dans le prélèvement n°54.

3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Les ensembles anthracologiques étudiés recouvrent trois périodes d'occupations : le Bronze ancien, le Bronze final et La Tène finale.

La période du Bronze ancien est représentée par l'analyse des deux prélèvements provenant du fossé d'enclos funéraire (St. 1151, 1152).

La période du Bronze final par les ensembles associés aux comblements des structures St.128 (puisard sec?), St.1223, St 1193 (deux grandes fosses circulaires), St. 1218 (fosse de stockage) et St. 1134 (petite fosse domestique).

Enfin deux structures datent de La Tène finale : la structure St.1110 (fosse atelier) et la structure St. 1079 (fossé gaulois).

Nous interpréterons les ensembles anthracologiques par période et par structure.

Après une description des différentes compositions anthracologiques, nous envisageons de comparer les résultats dans le chapitre « Bilan » (chapitre 4), afin de détecter d'éventuelles différences au niveau des aires de collecte de bois, mais aussi en termes de fonctionnement des combustions (ex. bois d'allumage et bois utilisé pour l'entretien de la combustion, qualité du bois employé...) et d'évolution des paysages.

3.1. Période du Bronze ancien

a. Résultats

- Prélèvements n°80 (St. 1151) et n°81 (St. 1152). Comblement d'un fossé d'enclos funéraire.

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion								
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform.	Aspect granule ux – indét.	Thylle	
N°80 (St. 1152)	frag. Coquille? noyau ? Graine? Os	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	13	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0
	Prunus sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	13	0	0	1	0	0	0	5	0	0	0	1	0	1	0
	Quercus sp.	3	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
		32	0	1	2	0	0	7	2	0	0	1	2	2	2	
N°81 (St. 1151)	Indéterminé	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Quercus/Castanea	23	0	0	0	0	0	5	7	0	0	0	0	2	0	
	Quercus ilex - Q. suber - Q. cocc	7	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
	Quercus sp.	7	0	0	1	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	
			42	0	2	1	0	0	9	10	0	0	1	0	2	
		74	0	3	3	0	0	16	12	0	0	2	2	4		

Fig. 18 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements n°80 (St. 1151) et n°81 (St.1152).

Légende	Prélèvements n°80 et n°81 (St n°1152.1 et ST1151) <i>Fossé d'enclos funéraire Bronze Ancien</i>
<ul style="list-style-type: none"> ■ Chêne sclérophylle (Q. ilex - Q. suber - Q.) ■ Chêne / Châtaignier (Quercus/Castanea) ■ Chêne caducifolié (Quercus sp.) ■ Prunus sp. ■ Frag. Indet os ou coquille? ■ Indéterminé 	
Nombre de charbons étudiés.	74 (très petits fragments)
Diversité (nombre de taxons) (dont <i>Quercus/Castanea</i>)	4
Courbures des cernes	Forte : 50% Intermédiaire: 50% Faible : 0%
Fréquences des charbons d'aspect « luisant »	41,00%
Fréquences des charbons avec fentes de retrait	16,00%

Fig. 19 – Tableau synthétisant les principales caractéristiques (proportions des différentes essences, diversités, courbures des cernes, aspects luisants, aspects fendus) pour les prélèvements n°80 (St. 1151) et n°81 (St.1152).

b. Interprétations

Seulement trois à quatre taxons anthracologiques ont été identifiés pour les deux prélèvements provenant du fossé d'enclos funéraire (St. N°1152 et St. N°1151). Ce sont essentiellement des charbons de chêne sclérophylle (type chêne vert) ou de chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sp.*). Toutefois, 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 2.6.). Pour vérification, des fragments de taille inférieure à 1,6 mm ont été observés, mais n'ont pas permis d'identifier d'autres essences (Fig. 18 et 19).

Quelques fragments du genre *Prunus* ont aussi été observés dans le prélèvement n°80.

L'observation des courbures de cerne montre l'emploi de bois de moyen et probablement aussi de petit calibre (branches). En effet, les fragments de courbure « forte » et « intermédiaire » sont en proportion équivalente. (Fig. 19). Notons qu'il n'a pas été possible d'effectuer des mesures de calibration à cause du caractère très fragmenté des charbons (quelques millimètres tout au plus).

Le bois de chêne est un bois dense, générant des braises avec beaucoup d'énergie et dans la durée. C'est un excellent combustible mais il peut être difficile à enflammer, d'où probablement la présence du genre *Prunus* (ex. prunellier) très souvent employé sous la forme de bois de petit calibre comme bois d'allumage.

De façon générale, les charbons montrant des fentes de retrait sont en faibles quantités (environ 16%). Ces observations caractérisent un bois brûlé à l'état sec (non vert). Ce constat implique une sélection du bois lors de la collecte, peut-être aussi un stockage préalable à l'emploi.

La proportion de fragments d'aspect luisant est assez importante avec environ 40% des charbons (Fig. 32).

Les aspects luisants observés sur une partie des charbons peuvent être interprétés comme un premier stade de « phénomènes de vitrification », typiques de conditions de combustions chaudes et réductrices (Blazot *et al.*, 2004). Les charbons semblent donc provenir de combustions globalement aérobies, mais pourraient avoir été soumis à de fortes températures et/ou provenir de contextes anaérobies localisés. On peut par exemple évoquer des combustions de « fond de foyer » ou bien des combustions de « gros volumes de combustibles », potentiellement de bûchers, entraînant de fait des conditions chaudes et anaérobie au cœur des combustions. L'hypothèse de rejets de bûchers, pour ces charbons associés à un contexte funéraire, est probable.

L'emploi presque exclusif de bois de chêne, excellent combustible, laisse penser qu'il y a eu une sélection du bois afin d'obtenir une combustion « de qualité », ce qui tendrait à appuyer une telle hypothèse.

3.2. Période du Bronze final

a. Résultats

- Prélèvements n°75 et n°76 (St. 128). Comblement d'un puisard (sec?).

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Thylle		
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud		Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granule ux – indet.
PR075 (St. 128.2)	Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	9	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
	Prunus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	7	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
	Quercus ilex - Q. suber - Q. cocc	13	1	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		31	1	3	5	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0
PR076 (St. 128.fond)	Frag. écorce	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus ilex - Q. suber - Q. cocc	21	0	7	7	0	0	0	11	2	0	0	0	0	2
		25	0	7	7	0	0	0	11	2	0	0	0	0	2
		56	1	10	12	0	0	0	16	2	0	0	1	0	2

Fig. 20 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements n°75 et n°76, refus de tamis de maille 1,6 mm.

- Prélèvement n°79 (St. 1134.1). Comblement d'une petite fosse domestique (stockage?).

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	8	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0
Quercus ilex - Q. suber - Q. coc.	17	1	4	6	0	0	0	0	1	0	0	1
Quercus sp.	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	1	4	7	0	0	0	1	3	0	0	1

Fig. 21 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°79, refus de tamis de maille 1,6 mm.

- Prélèvements n°43 et n°45 (St. 1223). Comblement d'une grande fosse circulaire.

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme			Combustion				
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Thylle
PR043 (St. 1223.5)	Acer sp.	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Pomoidée	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus ilex - Q. suber - Q. cocc	70	4	29	26	0	0	2	41	4	0	0	0
	Quercus sp.	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Rhamnaceae	2	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0
		80	5	30	30	1	0	2	41	6	0	0	1
PR 45 (St. 1223.2)	Frag. écorce	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus ilex - Q. suber - Q. cocc	92	3	35	36	0	0	2	35	8	0	5	0
	Quercus sp.	7	0	6	1	4	0	0	0	2	0	0	5
		102	3	41	38	4	0	2	35	10	0	5	5
	182	8	71	68	5	0	4	76	16	0	5	6	

Fig. 22 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements n°43 (St. 1223.5) et n°45 (St. 1223.2), refus de tamis de maille 1,6 mm.

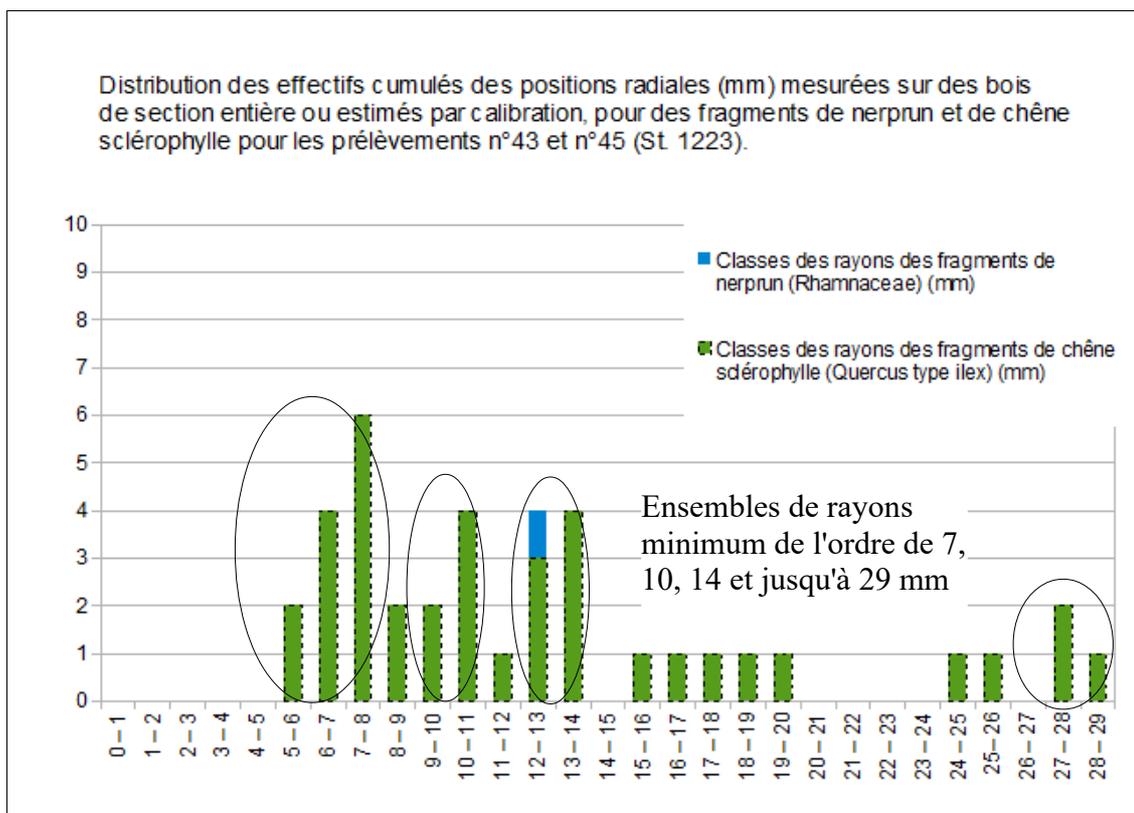


Fig. 23 – Distribution des rayons mesurés ou des positions radiales calculées pour les fragments de chêne et de nerprun par classe de 1 mm, pour les prélèvements n°43 et n°45.

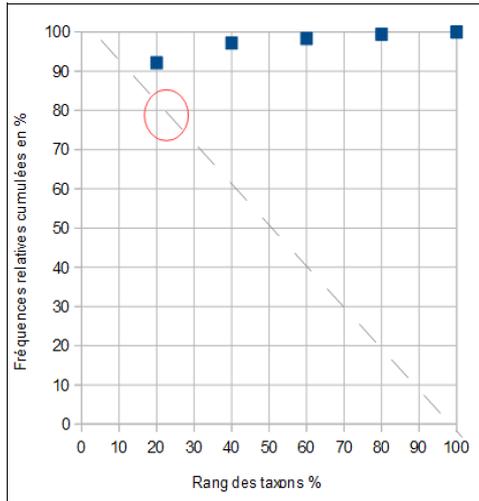


Fig. 24 – Graphiques exprimant l'indice de concentration de Pareto calculé sur la composition anthracologique globale des deux prélèvements n°43 et n°45 de la structure St. 1223, soit 178 charbons pris en compte. Remarque : les charbons de chêne, chêne-châtaignier ont été rassemblés dans un même taxon.

- Prélèvements n°20, n°22 et n°9 (St. 1218). Comblement d'une fosse de stockage (petite cave?).

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Moelle	Thylle
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud		
Pr 9 (St. 1218.2)	Frag. écorce	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	2	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
	Quercus ilex - Q. suber - Q. cocc.	44	3	20	15	0	0	0	20	1	0	0	1	0
		51	3	21	16	0	0	0	21	3	0	1	1	0
Pr 22 (St. 1218.6)	Acer sp.	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Pomoidée	6	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Quercus ilex - Q. suber - Q. cocc.	19	0	8	2	0	0	0	2	0	0	0	0	1
	31	0	8	8	0	0	0	4	0	0	0	1	1	
Pr 20 (St. 1218.7)	Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Quercus ilex - Q. suber - Q. cocc.	9	0	3	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0
	Rhamnacée	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		15	0	3	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	97	3	32	25	0	0	0	30	3	0	1	2	1	

Fig. 25 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements n°20, n°22 et n°9 (St. 1218), refus de tamis de maille 1,6 mm.

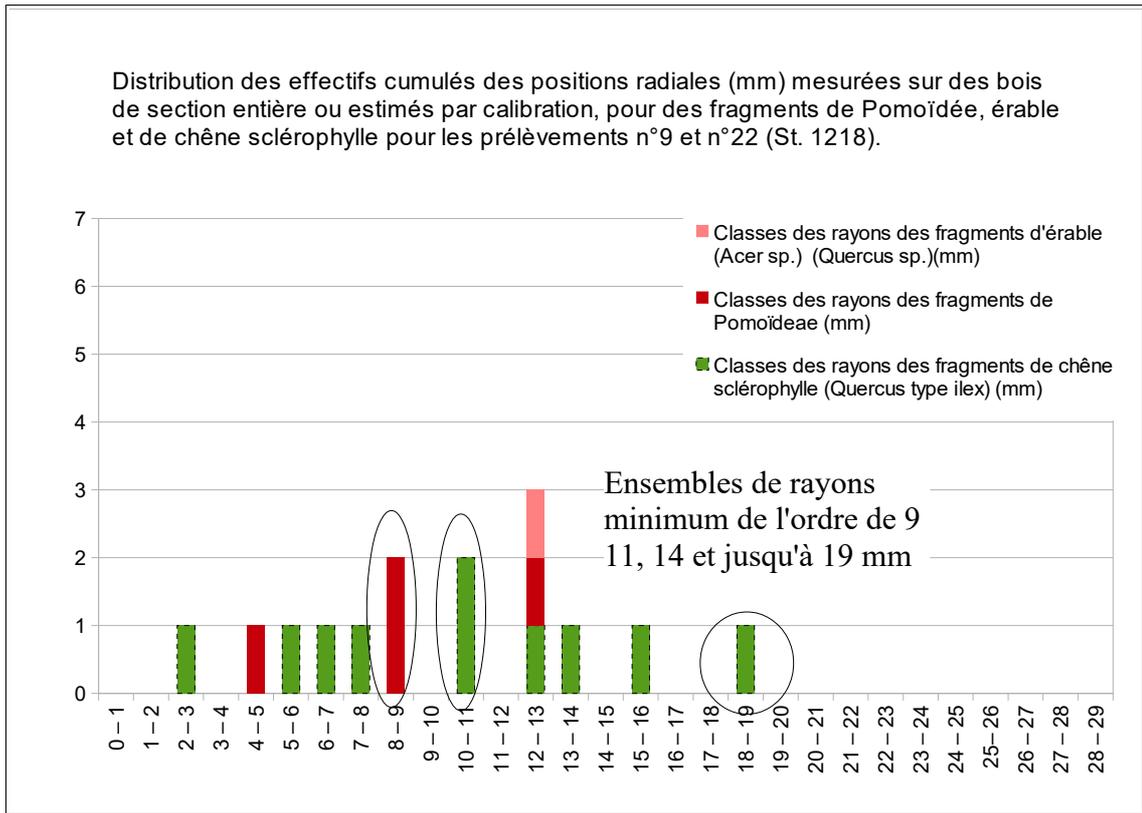


Fig. 26 - Distribution des rayons mesurés ou des positions radiales calculées pour des fragments de chêne sclérophylle, Pomoïdées et d'érable par classe de 1 mm, pour les prélèvements n°9 et n°22.

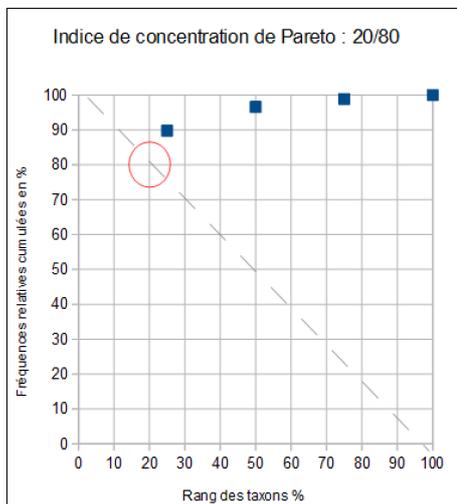


Fig. 27 - Graphiques exprimant l'indice de concentration de Pareto calculé sur la composition anthracologique globale des trois prélèvements n°9, n°22 et n°20 de la structure St. 1218, soit 88 charbons pris en compte. Remarque : les charbons de chêne, chêne-châtaignier ont été rassemblés dans un même taxon.

- Prélèvements n°41 et n°42 (St. 1193). Comblement d'une grande fosse circulaire.

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Thylle	Moelle	
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granule ux – indet.			
N°41 (St. 1193.1)	Acer sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. écorce	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	5	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
	Quercus ilex - Q. suber - Q. cocc	39	3	15	6	0	0	0	14	1	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	3	0	3	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0
		54	3	18	9	3	0	0	17	4	0	1	0	0	4	0	
N°42 (St. 1193.2)	Frag. écorce	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Indéterminé	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
	Quercus ilex - Q. suber - Q. cocc	27	2	15	3	0	0	1	12	1	0	0	1	0	0	1	
	Quercus sp.	5	0	4	1	2	1	0	3	0	0	0	0	0	3	1	
		36	2	19	7	2	1	1	15	1	0	3	1	0	3	2	
	90	5	37	16	5	1	1	32	5	0	4	1	0	7	2		

Fig. 28 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements n°41 et n°42 (St. 1193), refus de tamis de maille 1,6 mm.

N° de prélèvement	Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
PR n°41	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	2	2	1,54	0,37	1,28	1,8
PR n°42	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	2	10	1,05	0,73	0,53	1,57

Fig. 29 – Tableau des moyennes de mesures de largeurs de cerne (mm) réalisées sur les charbons de chêne de type caducifolié, présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°41 et n°42.

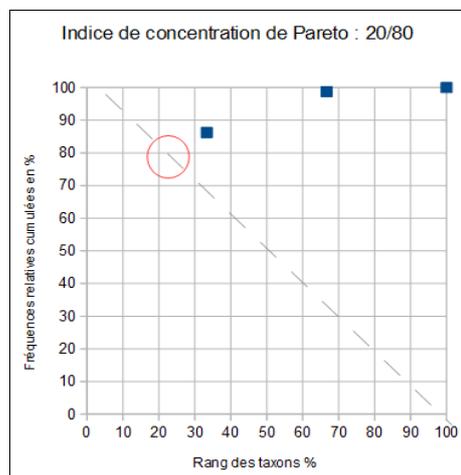


Fig. 30 – Graphiques exprimant l'indice de concentration de Pareto calculé sur la composition anthracologique globale des deux prélèvements n°41 et n°42 de la structure St. 1193, soit 80 charbons pris en compte. Remarque : les charbons de chêne, chêne-chataignier ont été rassemblés dans un même taxon.

b. Interprétations

- Prélèvements n°75 et n°76 (St. 128). Comblement d'un puisard (sec?).

56 charbons ont été observés pour les deux prélèvements de la structure St.128 (Puisard) (Fig. 20). Les analyses révélèrent un ensemble assez homogène composé principalement par des charbons de chêne sclérophylle (*Quercus type ilex*). Un seul charbon de *Prunus* a été identifié dans le prélèvement n°75.

L'observation des courbures de cerne montre l'emploi surtout de bois de calibre intermédiaire et de petites branches. En effet, les fragments de courbure « forte » et « intermédiaire » sont dans des proportions équivalentes (Fig. 31).

La proportion de fragments d'aspect luisant reste plutôt faible mais non négligeable avec un peu plus d'un tiers (34%) des charbons (Fig. 31). Les aspects luisants observés peuvent être interprétés comme un premier stade de « phénomènes de vitrification », typiques de conditions de combustions chaudes et réductrices localisées (Blaizot *et al.*, 2004). Les charbons semblent donc provenir de combustions globalement aérobies, mais pourraient avoir été soumis à de fortes températures et/ou provenir de contextes anaérobies localisés, tels que des combustions de « fond de foyer » ou de « cœur de combustions ».

Les charbons montrant des fentes de retrait sont rares (3%). Ces observations sont caractéristiques d'un bois brûlé à l'état sec (non vert).

- Prélèvements n°79 (St. 1134.1). Comblement d'une petite fosse domestique (stockage?).

Seulement 30 fragments ont été observés dans ce prélèvement, ne permettant d'identifier que deux à trois taxons anthracologiques. Il s'agit majoritairement de chêne de type sclérophylle (*Quercus type ilex*), du taxon anthracologique « chêne-châtaignier » (*Quercus sp. / Castanea sp.*) et de quelques charbons de chêne de type caducifolié (*Quercus sp.*) (Fig. 21).

L'observation des courbures de cerne montre principalement l'emploi de bois de petit et de moyen calibre. En effet, les fragments de forte courbure représentent environ les deux tiers des charbons mesurés (58%) (Fig. 31). Au regard des faibles effectifs étudiés, il faut considérer ces résultats avec précaution.

Les charbons n'ont pas montré d'aspects particulièrement luisants, ni fendus. On peut donc supposer que les fragments sont plutôt issus de bois secs (non verts) et de combustions de type « foyer ouvert » (conditions aérobies).

- Prélèvements n°43 et n°45 (St. 1223). Comblement d'une grande fosse circulaire.

183 fragments ont été observés pour les deux prélèvements provenant du comblement de la fosse circulaire St. 1223 (Fig. 22).

Une majorité de charbons correspond à du chêne sclérophylle (*Quercus type ilex*) (environ 90%). On constate ensuite par ordre d'importance des fragments de chêne caducifolié (*Quercus sp.*), chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sp.*), de Pomoïdée, ainsi que quelques occurrences d'érable (*Acer sp.*) et de nerprun (*Rhamnus sp.*) (Fig. 22 et 31).

L'observation des courbures de cerne montre essentiellement des fragments de courbure forte et intermédiaire en proportion équivalente (46% et 48%). Cela traduit l'emploi de bois de moyen calibre (type branche de quelques cm de rayon) et dans une moindre mesure de bois de petit calibre (brindilles). Malgré la petite taille des charbons, une trentaine de fragments ont pu faire l'objet de calculs de calibration. Les mesures ont permis d'estimer l'utilisation de petites branches avec des rayons minimum de l'ordre de 7, 10 et 14 mm. Des fragments montrèrent des positions radiales pouvant aller jusqu'à 29 mm (Fig. 23).

La proportion de charbons d'aspects luisants est importante puisqu'un peu plus de la moitié des charbons est affectée par le phénomène. Ces aspects peuvent être interprétés comme un premier stade de « vitrification », typique de conditions de combustions chaudes et réductrices (Blaizot *et al.*, 2004). Au regard de la forte proportion de charbons luisants on peut par exemple évoquer des contextes de combustion de « type four ouvert ».

- Prélèvements n°20, n°22 et n°9 (St. 1218). Comblement d'une fosse de stockage (petite cave?).

Les trois prélèvements analysés proviennent du comblement d'une fosse de stockage (St. 1218). 97 fragments ont été analysés donnant lieu à la détermination de cinq à six taxons anthracologiques. Les charbons de chêne sclérophylle (*Q. type ilex*) correspondent à l'essence majoritairement employée avec près de 75% des charbons (Fig. 25 et 31). On constate dans une moindre mesure des charbons de chêne-châtaigner, de Pomoïdée, d'érable et de nerprun (Fig. 25 et 31).

L'observation des courbures de cerne montre essentiellement des fragments de courbure intermédiaire et forte dans des proportions sensiblement équivalentes (42% de fragments de courbure forte et 53% de courbure intermédiaire). Cela décrit l'utilisation de bois de branches de quelques cm de rayon, et probablement aussi des bois de petit calibre.

Une quinzaine de mesures de calibration ont été réalisées sur les plus « gros » charbons de chêne, Pomoïdée et d'érable des prélèvements n°9 et n°22. Les calculs montrent des rayons minimum de l'ordre de 9, 11 à 19 mm environ (Fig. 30). Notons toutefois que le caractère très fragmenté des charbons (quelques millimètres) n'a pas toujours permis de procéder à des mesures d'angles nécessaires aux calculs de calibration. Ces résultats sont donc à considérer avec précaution.

La proportion de fragments d'aspect luisant reste faible mais non négligeable avec environ un tiers des charbons (Fig. 25). Les charbons semblent donc provenir de combustions plutôt aérobies avec des températures modérées. Les aspects luisants observés peuvent être liés à des conditions de combustions chaudes et réductrices localisées, des « fonds de foyer » par exemple.

- Prélèvements n°41 et n°42 (St. 1193). Comblement d'une grande fosse circulaire.

90 fragments ont été observés pour ces deux prélèvements. Seulement trois à quatre taxons anthracologiques ont été déterminés. Par ordre d'importance on constate du chêne sclérophylle (environ 75%), du chêne caducifolié dont du chêne-châtaigner et un charbon d'érable (Fig. 28 et 31).

Ce sont en majorité (63%) des charbons montrant une courbure intermédiaire (63%). C'est donc principalement du bois de moyen calibre, des branches de quelques centimètres de rayon, qui ont été utilisées.

La proportion des charbons d'aspect luisant est importante (46%), ce qui traduit des conditions de combustions chaudes et anaérobies. On peut émettre l'hypothèse de combustions de type « four ouvert ».

En revanche, les charbons montrant des fentes de retrait sont en faibles quantités (environ 11%). Ces observations caractérisent un bois brûlé à l'état sec (non vert).

Quelques rares mesures de largeurs de cernes ont été réalisées sur des charbons de chêne caducifolié permettant de calculer des moyennes de l'ordre de 1 mm / an à 1,5 mm / an (Fig. 29). Ces moyennes sont caractéristiques de contextes de croissance difficiles, peut-être des environnements contraignants (sols pauvres, mal exposés) ou des milieux soumis à des compétitions inter- ou intraspécifiques vis-à-vis des ressources naturelles (ex. un boisement dense). Compte tenu des faibles effectifs mesurés, il faut considérer ces résultats avec prudence.

- Interprétation globale des ensembles anthracologiques du Bronze final.

Les analyses des cinq ensembles anthracologiques montrèrent de nombreuses similitudes dans leurs compositions, tant par les essences que par les proportions des calibres de bois employés ou les types de combustion (aspects) dont sont issus les charbons (Fig. 31).

Le chêne sclérophylle (type chêne « vert », *Quercus ilex*) apparaît comme étant l'essence majoritairement employée dans les cinq ensembles. Il est systématiquement détecté avec le taxon chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*) (cf. note à ce sujet chapitre 2.6.). On constate ensuite régulièrement l'utilisation du chêne de type caducifolié (*Quercus sp.*) (structures St. 1223, St. 1193, St. 1134), de l'érable (*Acer sp.*) (Structures St. 1218, St. 1223, St. 1193), puis plus ponctuellement d'essences qui ont été employées sous la forme de bois de petit calibre, tels que le bois de Pomoïdée (ex. aubépine), du genre *Prunus* (ex. prunellier) ou de nerprun (Rhamnacée).

Les compositions anthracologiques associées aux structures St. 1218 et St. 1223 sont particulièrement semblables avec cinq des six essences communes (Fig. 31).

Les bois « denses » tels que le chêne sclérophylle, chêne caducifolié et érable ont dû être utilisés pour alimenter les combustions. Ces bois denses sont considérés comme de bons combustibles car ils génèrent des braises livrant beaucoup d'énergie dans la durée. Toutefois, ils peuvent être difficiles à allumer, d'où probablement la présence de bois de petits calibres de Pomoïdée, *Prunus* ou nerprun pour faciliter l'allumage.

L'observation des courbures de cerne montre principalement l'emploi de bois de moyen calibre (branches de quelques centimètres de rayon). En effet, ce sont des fragments de courbure « intermédiaire » qui sont le plus souvent observés en (Fig. 32). Les fragments de faibles courbures, synonymes de bois de gros calibre sont en très faibles proportions (4 % à 8%). Le caractère très fragmenté des charbons (quelques millimètres tout au plus) a rendu très compliqué les mesures d'angles nécessaires aux calculs de calibration (chapitre 2.4.). Toutefois, quelques dizaines de charbons des prélèvements n°43, n°45 (St. 1223) et n°9 et n°22 (St. 1218) ont pu faire l'objet de mesures. Les calculs ont permis d'estimer l'utilisation de bois d'environ 10 à 30 mm de rayon minimum (Fig. 23 et 26). Au regard des faibles effectifs étudiés, il faut considérer ces résultats avec précaution. De plus, le caractère très fragmenté avantage les mesures des bois de petit calibre.

En ce qui concerne l'aspect des charbons, exception faite des charbons associés à la structure St. 1134, les proportions observées sont généralement non négligeables, voire importantes (entre 34% et 51%). Les aspects luisants sont issus de phénomènes de combustion complexes (« vitrifications incomplètes »), le plus souvent associés à des conditions de combustions chaudes et peu oxygénées (chapitre 2.2.). Ces premiers niveaux de « vitrifications » n'ayant affecté qu'une partie des charbons, on peut évoquer des phénomènes localisés. Il pourrait s'agir par exemple de combustion de « fonds de foyer », des combustions ouvertes mais de volume important (le phénomène se produisant alors au cœur des foyers, ex. bûchers), ou bien des combustions en fours « plus ou moins ouverts ».

De façon générale, les charbons montrant des fentes de retrait sont rares (environ 3 % à 14%). Ces observations sont caractéristiques de bois brûlé à l'état sec (non vert) et possiblement stocké préalablement à son utilisation.

Légende	Prélèvements n°75 et n°76 (St 128) <i>Puisard (Sec)</i>	Prélèvement n°79 (St. 1134.1) <i>Petite fosse domestique</i>	Prélèvements n°43 et n°45 (St 1223) <i>Grande fosse circulaire</i>	Prélèvements n°22, n°20, n°9 (St. 1218) <i>Fosse de stockage (cave?)</i>	Prélèvements n°41 et n°42 (St 1193) <i>Grande fosse circulaire</i>
<ul style="list-style-type: none"> ■ Chêne sclérophylle (Q. ilex - Q. s.) ■ Chêne / Châtaignier (Quercus/C) ■ Chêne caducifolié (Quercus sp.) ■ Erable (Acer sp.) ■ Pomoïdée ■ Frag. Indet os ou coquille? ■ Frag. écorce ■ Indéterminé ■ Nerprun (Rhamnaceae) ■ Prunus sp. 					
Nombre de charbons étudiés.	56	30	182	97	90
Diversité (nb de taxons) (dont chêne-châtaignier)	3	3	6	5	4
Courbures des cernes	Forte : 48% Intermédiaire: 48% Faible : 4%	Forte : 58 % Intermédiaire:34 % Faible : 8%	Forte : 46 % Intermédiaire: 48 % Faible : 5%	Forte : 42% Intermédiaire: 53% Faible : 5%	Forte : 28 % Intermédiaire: 63 % Faible : 9%
Fréquences des charbons d'aspect « luisant »	34,00%	13,00%	51,00%	35,00%	46,00%
Fréquences des charbons avec fentes de retrait	3,50%	10,00%	14,00%	4,00%	11,00%
Indices de concentration de Pareto :	 Chêne et chêne-châtaignier réunis. Indéterminés et brindilles exclues. 44 charbons, 2 taxons.	 Chêne et chêne-châtaignier réunis. Indéterminés et brindilles exclues. 28 charbons, 2 taxons.	 Chêne et chêne-châtaignier réunis. Indéterminés et brindilles exclues. 178 charbons, 5 taxons.	 Chêne et chêne-châtaignier réunis. Indéterminés et brindilles exclues. 88 charbons, 4 taxons.	 Chêne et chêne-châtaignier réunis. Indéterminés et brindilles exclues. 80 charbons, 3 taxons.
<p>Les diversités anthracologiques sont assez faibles (2 et 5 taxons). Les graphiques des structures St.1223, St.1218 et St.1193 montrent que les rapports d'équilibre sont assez proches de ceux attendus en théorie dans la nature (20% des essences correspondant à 80% de la biomasse). Pour ces trois ensembles, cela pourrait caractériser des ramassages de « tout venant ».</p>					

Fig. 31 – Tableau synthétisant les principales caractéristiques (proportions des différentes essences, diversité, courbures des cernes, aspects luisants, aspects fendus) des cinq compositions anthracologiques (St. 1218, St. 128, St. 1223, St.1193 et St. 1134) correspondant à l'Age du bronze final.

Afin de caractériser les types de ramassage, sélectifs ou non, des calculs de l'indice de concentration de Pareto ont été effectués sur les cinq compositions anthracologiques. (Fig. 31). Le principe du calcul repose sur le fait que dans les communautés végétales en équilibre, 20% des taxons correspondent à environ 80% de la biomasse (Chabal *et al.*, 1999). De nombreux travaux ont montré que l'exploitation du combustible ligneux, notamment en contexte domestique est, en moyenne, peu sinon pas sélective (Chabal, 1994, 1997, Théry, 1998). Dans ces cas, l'indice de concentration de Pareto tend à se rapprocher du rapport d'équilibre constaté en théorie dans la nature.

Dans le cadre de ces analyses, même si les diversités anthracologiques sont assez faibles (deux à cinq taxons), les graphiques réalisés sur les ensembles des structures St.1223 (Fig. 24), St.1218 (Fig. 27) et St.1193 (Fig. 30) montrent que les rapports d'équilibre sont assez proches de ceux attendus en théorie dans la nature (20% des taxons correspondent à environ 80% de la biomasse) (Fig. 31). Si l'on en croit cet indice, les ensembles charbonneux de ces trois structures seraient donc issus de ramassages de « tout venant », peu sélectifs et plutôt associés à des usages domestiques. La détection de quelques essences (nerprun, coquille, racines, os...) et des fragments de brindilles, combustibles médiocres, tendraient aussi à renforcer cette hypothèse.

3.3. Période de La Tène finale

a. Résultats

- Prélèvements n°8 (St. 1110.4), n°38 (St. 1110.9) et n°26 (St. 1110.12).
Comblement d'une fosse atelier.

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Courbure				Rythme			Combustion									
		Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granule ux – indét.	Thylle	Insecte	Moelle	
N°8 (St. 1110.4)	Frag. de racine	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. os - dent	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	12	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	10	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	4	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus ilex - Q. suber - Q. cocc	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	5	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2	0	0	0
	Rhamnacée	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	30	0	1	5	0	0	0	1	4	0	0	4	11	2	0	0	0	
N°38 (St. 1110.9)	Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Frag. écorce	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. os - dent	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus ilex - Q. suber - Q. cocc	8	0	4	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		27	0	4	1	0	0	0	3	2	0	1	2	1	1	0	0	0
N°26 (St. 1110.12)	Corylus avellana	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Erica type "arborea" (scoparia)	5	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ericacée	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. écorce	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	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	0	0	0
	Pomoldée	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Prunus sp.	11	0	0	9	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	Quercus/Castanea	4	0	1	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
	Quercus ilex - Q. suber - Q. cocc	3	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	6	0	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	40	0	4	24	1	0	4	4	2	0	1	0	2	1	1	2	2	
	97	0	9	30	1	0	4	8	8	0	2	6	14	4	1	2	2	

Fig. 32 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements n°8 (St 1110.4), n°38 (St.1110.9) et n°26 (St. 1110.12), refus de tamis de maille 1,6 mm.

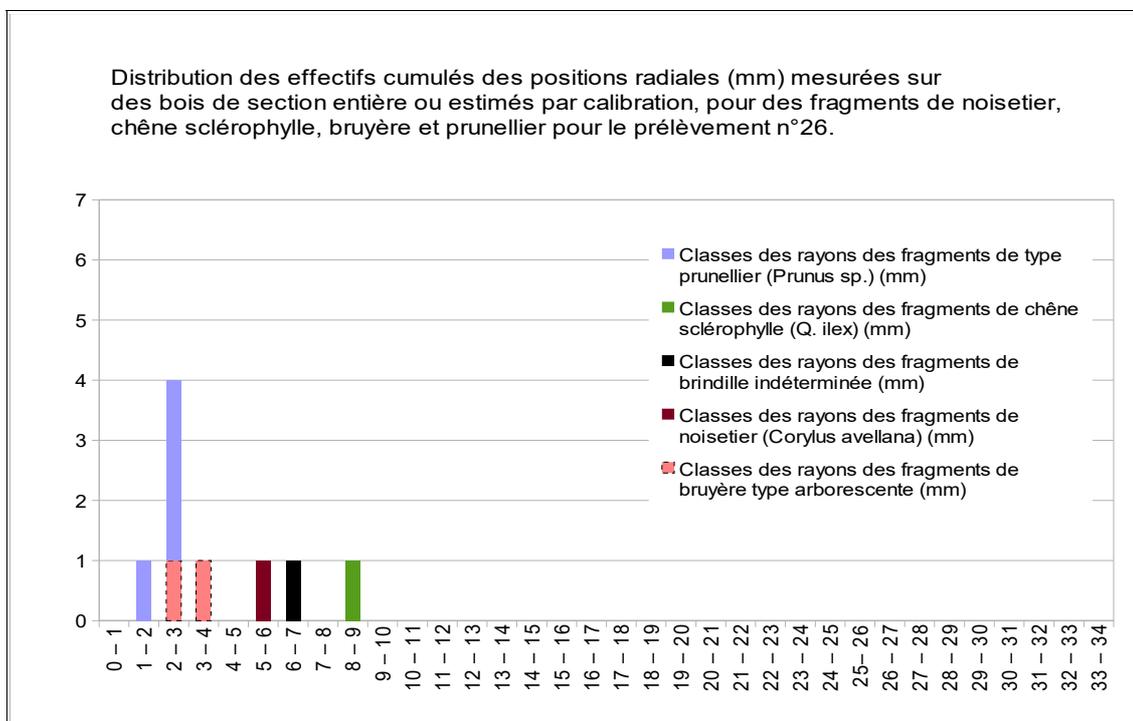


Fig. 33 – Distribution des rayons mesurés ou des positions radiales calculées pour les fragments de chêne sclérophylle, Prunus, noisetier, bruyère et brindille indéterminée par classe de 1 mm, pour le prélèvement n°26.

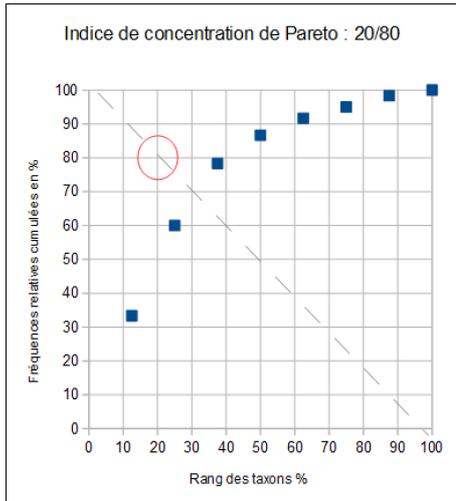


Fig. 34 – Graphiques exprimant l'indice de concentration de Pareto calculé sur la composition anthracologique globale des trois prélèvements n°8, n°38 et n°26 de la structure St. 1110, soit 60 charbons pris en compte. Remarque : les charbons de chêne, chêne-châtaignier ont été rassemblés dans un même taxon.

- Prélèvements n°54 (St. 1079 Tr6 P2). Rejets domestiques, fossé d'enclos.

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Thylle	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granule ux - indét.		
Acer sp.	5	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Ericacée	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. de brindille indéterminé	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Frag. écorce	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fragment de noyau ou pépin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. os - dent	5	0	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	0
Indéterminé	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1
Juglans sp.	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomoidée	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prunus sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	5	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	3
Quercus ilex - Q. suber - Q. cocc	71	0	16	3	0	0	0	18	4	0	1	1	0	16	0
Ulmus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	115	0	17	12	0	0	0	22	5	0	1	2	4	20	0

Fig. 35 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°54 (St 1079), refus de tamis de maille 1,6 mm.

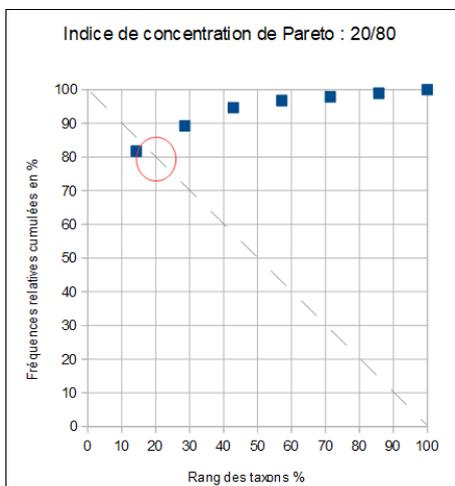


Fig. 36 – Graphiques exprimant l'indice de concentration de Pareto calculé sur la composition anthracologique du prélèvement n°54 de la structure St. 1079, soit 93 charbons pris en compte pour sept taxons. Remarque : les charbons de chêne, chêne-châtaignier ont été rassemblés dans un même taxon.

b. Interprétations

Les analyses associées à la période de La Tène finale correspondent aux ensembles charbonneux des structures St. 1079 (rejets domestiques, fossés d'enclos) et St. 1110 (fosse atelier).

Même si le taxon dominant, le chêne sclérophylle, est bien représenté à la fois dans les deux ensembles, on constate des différences assez nettes en termes de proportions, de calibre de bois, mais aussi d'essences identifiées entre les deux compositions anthracologiques (Fig. 37).

Le noyer (*Juglans sp.*), l'érable (*Acer sp.*), l'orme (*Ulmus sp.*) sont identifiés dans la structure St.1079 (fossé d'enclos), alors que le noisetier (*Corylus avellana*), le chêne de type caducifolié (*Quercus sp.*), une bruyère de type arborescente (*Erica type scoparia* ?) ne sont présents que dans les prélèvements de la structure St. 1110 (fosse atelier).

Ces différences découlent potentiellement de choix en combustibles mais aussi d'aires de collectes distinctes.

La composition anthracologique de la structure St.1110 montre davantage d'hétérogénéité, 9 à 10 taxons pour cette structure contre 8 à 9 pour l'ensemble de la structure St. 1079. La proportion du chêne sclérophylle apparaît aussi très dominante dans l'ensemble de la structure St.1079 (environ les deux tiers) alors qu'il ne représente qu'environ un quart des charbons pour les prélèvements de la structure St. 1110.

Les calibres des bois utilisés apparaissent aussi très différents. En effet, 77% des fragments de l'ensemble de la structure St. 1110 montrent de fortes courbures de cernes. Quelques mesures de calibration réalisées sur des charbons du prélèvement n°26 ont permis de calculer des rayons minimum de l'ordre de 5 à 10 mm (Fig. 33). Notons qu'un tel combustible (type fagot) génère des combustions vives mais brèves... Alors que ce sont majoritairement (59%) des fragments de courbure intermédiaire (ex. branches de quelques centimètres de rayon) qui sont constatés pour la structure St. 1079.

La proportion de fragments d'aspect luisant est assez faible dans les deux cas, avec seulement un quart des charbons (Fig. 32). Les charbons semblent donc provenir de combustions plutôt aérobies avec des températures modérées. Les aspects luisants observés peuvent être interprétés comme des combustions chaudes et réductrices localisées (ex. fond de foyer). Les charbons montrant des fentes de retrait sont aussi en faibles quantités (environ 15 à 5%). Ces observations caractérisent un bois brûlé à l'état sec (non vert).

Les calculs de l'indice de concentration de Pareto ont été effectués sur les deux compositions anthracologiques. (Fig. 34, 36 et 37). Les diversités anthracologiques prises en compte sont respectivement de huit taxons pour l'ensemble St.1110 et de sept taxon pour l'ensemble St.1079.

Pour l'ensemble St. 1079 le graphique montre que le rapport d'équilibre est assez proche de celui attendu en théorie dans la nature (20% des taxons correspondent à environ 80% de la biomasse) (Fig. 36). Si l'on en croit cet indice, l'ensemble charbonneux associé à la structure St.1079 serait donc plutôt caractéristique de ramassages de « tout venant », peu sélectifs et généralement associé à des usages domestiques. La détection de quelques essences (nerprun, bruyère, graines carbonisées) et des fragments de brindilles, combustibles médiocres, mais aussi les très nombreux os observés au sein de ces prélèvements, tendraient aussi à renforcer cette hypothèse.

En revanche, pour l'ensemble St. 1110, le graphique (Fig. 34) montre que les proportions des taxons anthracologiques constatées ne reflètent pas les mêmes proportions que dans les communautés végétales naturelles. Dans le cas ci-présent, les ramassages semblent avoir été orientés tout particulièrement vers des bois de petit calibre. Cette tendance est généralement caractéristique d'activités nécessitant des choix en combustibles bien définis, le plus souvent ce sont des activités de « type artisanale ». Cette hypothèse serait cohérente avec l'interprétation d'une « fosse atelier » indiquée pour cette structure.

Notons toutefois que la sélection de bois de petit calibre a aussi pu être contrainte par la disponibilité du combustible, notamment la difficulté à se procurer des bois de gros calibre dans l'environnement proche et ce d'autant plus dans un environnement végétal apparaissant dégradé (présence de landes avec les bruyères, cf. interprétation paléoenvironnementale, chapitre 4.1.).

En conclusion, les résultats montrent l'emploi de bois de petit calibre d'essences variées pour les charbons de la structure St. 1110 (fosse atelier) alors que c'est principalement du bois de chêne de moyen calibre qui a été utilisé pour l'ensemble charbonneux de la structure St. 1079. Dans les deux cas, il s'agit de rejets de combustions plutôt ouvertes (de type foyer) et de températures modérées.

Les calculs de l'indice de Pareto, permettent d'avancer l'hypothèse de ramassages de type « tout venant », peu sélectifs, pour l'ensemble de la structure St. 1079, ce qui est plutôt associé à des usages domestiques. En revanche, pour l'ensemble de la structure St. 1110, la collecte de bois semble s'être orientée avant tout vers du bois de petit calibre, soit pour des raisons techniques (recherche de combustions vives) soit à cause du manque de disponibilité de combustibles de plus gros calibre dans l'environnement local.

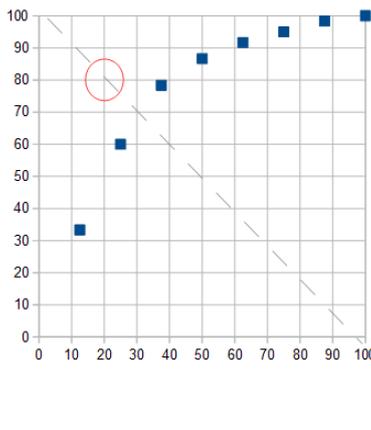
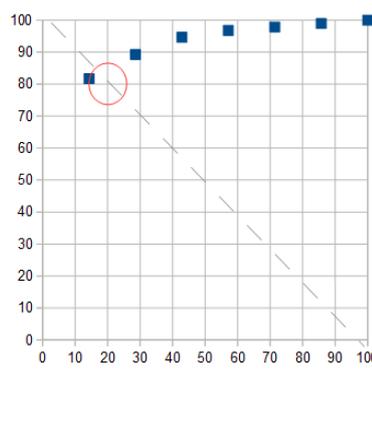
Légende	Prélèvements n°8, n°38 et n°26 (St n°1110) <i>Fosse atelier</i>	Prélèvement n°54 (St. 1079, Tr6 P2) <i>Comblement de fossé d'enclos, probables rejets domestiques</i>
<ul style="list-style-type: none"> ■ Chêne sclérophylle (Q. ilex - Q. suber - Q. cocc) ■ Chêne / Châtaignier (Quercus/Castanea) ■ Chêne caducifolié (Quercus sp.) ■ Erable (Acer sp.) ■ Pomoidée ■ Noisetier (Corylus avellana) ■ Prunus sp. ■ Ericacée ■ Ericacée type arborescente ■ Frag. Indet os ■ Frag. écorce ■ Indéterminé ■ Frag. Brindille indet. ■ Nerprun (Rhamnaceae) ■ Orme (Ulmus sp.) ■ Noyer (Juglans sp.) ■ Graine (type céréale) 		
Nombre de charbons étudiés.	97	115
Diversité (nb de taxons) (dont Quercus/Castanea)	9	8
Courbures des cernes	Forte : 77% Intermédiaire: 23% Faible : 0%	Forte : 41% Intermédiaire: 59% Faible : 0%
Fréquences des charbons d'aspect « luisant »	25,00%	26,00%
Fréquences des charbons avec fentes de retrait	14,40%	5,20%
Indices de concentration de Pareto	 <p data-bbox="608 1783 979 1921">Le graphique montre un écart avec le rapport d'équilibre attendu en théorie dans la nature. Cette différence pourrait s'expliquer par des ramassages sélectifs (orienté vers du bois de petit calibre) ou à cause du manque de bois de plus gros calibre disponible localement.</p>	 <p data-bbox="1011 1783 1383 1921">Le graphique montre que le rapport d'équilibre est assez proche de celui attendu en théorie dans la nature. Cela serait plutôt caractéristique de ramassages de « tout venant », typique d'une activité domestique.</p>

Fig. 37 – Tableau synthétisant les principales caractéristiques (proportions des différentes essences, diversité, courbures des cernes, aspects luisants, aspects fendus) des deux ensembles anthracologiques (St. 1110 et St. 1079) correspondant à La Tène finale.

4. BILAN

Cette étude vient apporter des éléments d'interprétation sous l'angle des vestiges ligneux. Un peu plus de 700 fragments ont été observés pour les seize prélèvements (Fig. 1).

Ces seize prélèvements proviennent des comblements de huit structures différentes recouvrant trois périodes d'occupation.

Nous avons choisi d'interpréter les résultats par période et par structure.

4.1. Informations d'ordre paléo-environnemental

Onze 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 ramassage mais aussi aux usages du combustible. Dans le cadre de cette étude, des choix techniques en rapport avec la qualité de combustibilité du chêne de type sclérophylle et caducifolié ou bien des choix orientés vers des bois de petit calibre sont probables.

L'identification des taxons ligneux permet toutefois de proposer différentes associations écologiques (Rameau *et al.*, 1989) (Fig. 38) :

- **Le groupement forestier de la chênaie littorale** avec le chêne sclérophylle de type chêne vert (« chêne-châtaignier »),
- **Les groupement forestier de la chênaie diversifiée** avec le chêne de type caducifolié, (« chêne-châtaignier »), l'érable, l'orme,
- **les boisements clairs, lisières forestières et haies** : avec la détection de charbons du genre *Prunus* (ex. Prunellier), de la famille des Pomoïdées (ex. aubépine), de l'érable, du noisetier, du nerprun,
- **les boisements humides** (zone alluviales) avec l'orme, voire le noisetier.
Rq. La présence de l'orme est à considérer avec précaution car un seul fragment est détecté.
- **les formations de friches, fruticées, landes, fourrés** peuvent être suggérées par la détection des bruyères, dont un type de bruyère « arborescente » (bruyère à balais ?), du genre *Prunus*, du nerprun, voire du noisetier.
- **des plantations potentielles de noyer**, même si des formes subspontanées dans certaines forêts ripicoles (ex. en zone alluviale) sont possibles.

Remarque : Le noisetier est une essence pionnière 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.

	Bronze ancien	Bronze final	La Tène finale
Groupes forestiers de la chênaie « littorale »			
Groupes forestiers de la chênaie diversifiée			
Boisements clairs, haies, lisières			
Boisements humides (frais, zones alluviales)			
Les formations de friches, fruticées, landes, fourrés			
Noyer (<i>Juglans sp.</i>)			
Diversité taxonomique (nb de taxons anthracologiques)	4	7	12

Fig. 38 – Tableau montrant les différents types de boisements explorés en fonction des différentes périodes.

- Pour la période du Bronze ancien, les collectes se sont essentiellement orientées à la fois vers les chênaies littorales et diversifiées, avec l'emploi dominant de bois de chêne sclérophylle et caduc. Quelques fragments de *Prunus* (ex. prunelliers), probablement du bois d'allumage, montrent des ramassages ponctuels vers des boisements clairs ou de lisières. Le nombre de taxons identifiés (quatre) est restreint.

- Pour la période du Bronze final, l'aire de ramassage recoupe les mêmes grands traits paysagers, avec toutefois une proportion moindre de fragments de chêne caduc (chêne diversifiée) (Fig. 38). La collecte semble donc s'être davantage orientée vers la chênaie littorale (chêne sclérophylle) mais aussi vers des boisements plus clairs, de type « haies » ou des lisières forestières. Cela témoigne probablement d'un début de dégradation de la chênaie diversifiée favorisant le développement des boisements plus clairs (ex. végétations de type prunellier, aubépine, nerprun). L'émergence de ces boisements plus clairs explique aussi l'augmentation du nombre d'essences détectées (sept taxons).

- Les compositions charbonneuses observées pour la période de La Tène finale sont différentes. Le chêne (chêne-châtaignier) reste l'essence de prédilection pour alimenter les combustions car c'est un excellent combustible. Toutefois, cette continuité dans l'utilisation du bois de chêne, probablement pour des raisons

techniques, ne doit pas masquer des transformations paysagères sans doute assez marquées qui sont perçues lors de La Tène finale.

En effet, les essences de boisements clairs sont désormais davantage employées notamment le genre *Prunus* (ex. Prunellier), la famille des Pomoidées, l'érable, le nerprun, le noisetier. D'autres types de formations végétales sont aussi explorées telles que des formations de landes (landes-fourrés) avec la détection de bruyères et probablement des boisements humides (orme, noisetier) (Fig. 38).

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 suivis de sur-exploitations 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.

La détermination du noyer est à noter. Sa détection à partir de la période de La Tène finale est cohérente. Il a potentiellement été planté pour ses noix.

La nette augmentation du nombre de taxons anthracologiques identifiés (treize) par rapport aux périodes précédentes témoignent d'une diversification (anthropisation...) de la mosaïque paysagères autour du site.

4.2. Informations d'ordre ethnographique

Les ensembles charbonneux analysés correspondent à des restes de combustibles, aucun reste de bois d'œuvre n'a pu être interprété. Le chêne sclérophylle et le chêne caduc sont les deux principaux taxons. Ils ont systématiquement été employés probablement pour leur disponibilité dans l'environnement et pour leur qualité de combustibilité.

Diverses mesures dendrologiques (courbures, aspects) ainsi que l'analyse statistique des compositions anthracologiques (Indice de Pareto) permettent d'apporter des hypothèses d'interprétation quant aux types de collectes et usages du combustible.

- Les ensembles charbonneux du Bronze ancien sont essentiellement constitués de fragments de chêne sclérophylle et caduc. Le chêne est un bois dense générant beaucoup d'énergie. La détection de quelques charbons de *Prunus*, s'explique probablement pour faciliter l'allumage des combustions.

Les courbures de cerne ont montré l'emploi de bois de branches, probablement de quelques centimètres de rayon.

La proportion assez importante de charbons d'aspect luisant (41%) est un fait marquant. L'hypothèse de rejets d'une combustion de type bûcher a été évoquée en liaison avec le contexte de fossé d'enclos funéraire.

- Les ensembles attribués au Bronze final proviennent des comblements de cinq structures. Les cinq compositions anthracologiques montrèrent de nombreuses similitudes, tant au niveau des essences employées (chêne sclérophylle essentiellement accompagné de chêne caduc et d'érable) que par le calibre des bois utilisés (branches de quelques centimètres de rayon).

Une partie non négligeable, voire importante des charbons montre des aspects luisants (entre 34% et 51%). Une partie seulement des charbons étant affectée, il ne s'agit probablement pas de combustion de type « four fermé ». Des hypothèses de combustions particulièrement chaudes et anaérobie de « fond de foyer » ou « au cœur de combustions importantes » (type « bûcher » ou « four ouvert ») ont été évoquées.

Afin de caractériser les types de ramassages, des graphiques exprimant l'indice de concentration de Pareto ont systématiquement été réalisés. Les graphiques réalisés sur les charbons des structures St. 1223, St. 1218, St. 1193 (Fig. 31) montrèrent que les rapports des différentes essences étaient proches de ceux attendus en théorie dans la nature. Autrement dit, les ensembles charbonneux seraient issus de ramassages de « tout venant », peu sélectifs. Ce type de collecte serait plutôt caractéristique des usages domestiques. La détection de fragments de combustibilité médiocre (nerprun, coquilles(?), racines, brindilles, os...) tendraient aussi à renforcer cette hypothèse.

- En ce qui concerne les deux ensembles anthracologiques associés à des structures de La Tène finale, le chêne est toujours le taxon dominant. Toutefois les compositions anthracologiques montrent davantage d'hétérogénéité tant au niveau de la diversité qu'au niveau des calibres des bois utilisés. Cette hétérogénéité est probablement liée une diversification (dégradation) de l'environnement boisé suite à plusieurs décennies d'exploitation des environs du site (défrichements, prélèvements de bois de construction, de combustibles, développement et sur-exploitations agricoles, cf. chapitre 4.1.). Ces activités ont ainsi favorisé le développement des formations ligneuses plus ouvertes (landes, haies, fourrés, boisements clairs).

La proportion des fragments d'aspects luisants est apparue assez faible dans les deux cas, laissant entrevoir des rejets de combustions de type aérobie (ex. foyer ouvert).

Enfin, des analyses statistiques des deux compositions anthracologiques (Indice de Pareto) permirent là aussi d'avancer des hypothèses quant aux types collectes des bois. Un ramassage de type « tout venant », peu sélectif, a été interprété pour l'ensemble de la structure St. 1079. Pour cet ensemble, l'hypothèse de rejets de combustion d'origine domestique est très probable. En revanche, l'ensemble charbonneux de la structure St. 1110 montra un rapport d'équilibre différent vis-à-vis de ce qui est observé en théorie dans la nature. Cela serait plutôt caractéristique de ramassages sélectifs. En effet, la collecte de bois semble avoir été orientée surtout vers du bois de petit calibre. Deux hypothèses ont été évoquées pour expliquer cet effet, soit des raisons techniques : recherche de bois de petit calibre afin d'obtenir des combustions vives, soit des contraintes environnementales, notamment de disponibilité du combustible de plus gros calibre dans un environnement dégradé.

5. BIBLIOGRAPHIE

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

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

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

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

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

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

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

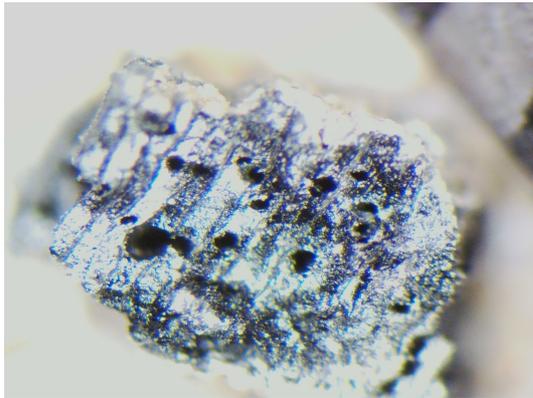


Fig. 39 – Fragment de noyer (*Juglans sp.*) de courbure intermédiaire. Coupe transversale. Grossissement x43. Prélèvement n°54. L'échelle représente des millimètres.



Fig. 40 – Fragment d'érable (*Acer sp.*) de courbure intermédiaire à faible. Coupe transversale. Grossissement x40. Prélèvement n°43. L'échelle représente des millimètres.

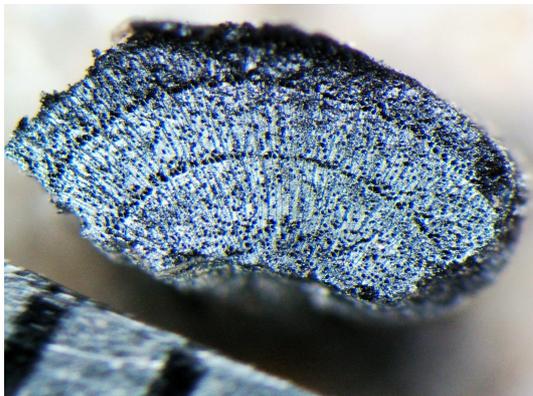


Fig. 41 – Fragment du genre *Prunus sp.* de forte courbure. Coupe transversale. Grossissement x39. Prélèvement n°26. L'échelle représente des millimètres.



Fig. 42 – Fragment de chêne (*Quercus sp.*) de forte courbure de cerne. Coupe transversale. A noter que le dernier cerne est complet, indiquant une coupe durant l'automne-hiver. (écorce visible en surface externe). Grossissement x32. Prélèvement n°45. L'échelle représente des millimètres.

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

7.1. Prélèvement n°79 (St.1134.1)

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Quercus ilex type	Forte	Mat	Absence	Absence	Présence	1
2	Quercus ilex type	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	1
3	Quercus ilex type	Forte	Mat	Absence	Absence	Présence	1
4	Quercus ilex type	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	1
5	Os (fragment)	Indéterminé	Indéterminé	Absence	Absence	Absence	0 ?
6	Quercus ilex type	Faible	Mat	Absence	Absence	Absence	1 (à choisir)
7	Os (fragment)	Indéterminé	Indéterminé	Absence	Absence	Absence	0 ?

Fig. 43 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°79 (St. 1134.1).

● Description

Tube 1 : gros fragment de chêne type sclérophylle. (chêne vert?). Forte courbure de cerne avec moelle. Probable brindille mais écorce non visible... (Indice favorable : 1).

Tube 2 : gros fragment de chêne type sclérophylle. Courbure intermédiaire. Peut-être situé plus à l'extérieur que le charbon du tube 1 et 3. (Indice favorable : 1).

Tube 3 : gros fragment de chêne type sclérophylle. (chêne vert?). Forte courbure de cerne avec moelle. Probable brindille mais écorce non visible... (Indice favorable : 1).

Tube 4 : gros fragment de chêne type sclérophylle. Courbure intermédiaire. Peut être plus à l'extérieur que les fragments des tube 1 et 3. (Indice favorable : 1).

tube 5 : fragment d'os / dent ? Peut-être est ce intéressant pour datation? A discuter avec laboratoire de datation ?

Tube 6 : fragment de chêne type sclérophylle. Courbure intermédiaire à faible. Le fragment semble être plus à l'extérieur que les autres tubes 1, 3 et 4. Indice favorable : 1. Le charbon serait à choisir en priorité compte tenu de sa position qui semble être plus à l'extérieur (plus en périphérie et donc plus proche de la date d'abatage).

tube 7 : petit fragment d'os / dent ? avec coté extérieur arrondi.

Charbons à sélectionner pour datation : Les fragments montrant une courbure intermédiaire à faible sont situés le plus en périphérie et donc plus proche de la date d'abatage du bois. Par ordre de priorité le fragment du tube n°6 serait le plus favorable, suivi du fragment du tube n°2 et enfin du tube n°1 si besoin.

7.2. Prélèvement n°80 (St.1151)

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Frag. Coquille ou os?	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	2 (premier choix)
2	Prunus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	1
3	Frag. Graine ou brindille/noeud	Indéterminé	Mat	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé	2 (second choix)
4	Prunus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	1

Fig. 44 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°80 (St. 1151).

● Description

Tube 1 : Essence indéterminée. probable petit fragment de coquille (partie extérieure) voire d'os. Le fragment est probablement un charbon (très petit fragment) avec un aspect dur/luisant et une structure anatomique poreuse(?) (très petits pores). Indice potentiellement (très) favorable dans le cas d'une coquille (type noisette?).

Tube 2 : Prunus. Plutôt favorable car longévité plutôt faible. Indice 1.

Tube 3 : fragment de graine (structure anatomique) ou de brindille/nœud. Indice 1 à 2.

Tube 4 : Prunus. Plutôt favorable car longévité plutôt faible. Indice 1.

Charbons à sélectionner pour datation : Le fragment du tube n°1 semble correspondre à une partie anatomique d'une coquille de type noisette(?) (très petit fragment?). Le fragment du tube n°3 serait potentiellement favorable aussi, la structure anatomique, alvéolée, rappelle celle de l'intérieur d'une graine (à choisir en second choix). Les fragments des tubes 2 et 4 correspondent au genre *Prunus* ont une longévité de l'ordre de 50ans.

7.3. Prélèvement n°81 (St.1152)

- **Résultats**

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Quercus sp.	Indéterminé	Fendu-luisant	Absence	Absence	Absence	0
2	Quercus / Castanea	Intermediaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0
3	Quercus ilex type	Faible	Mat	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé	1
4	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0

Fig. 45 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°81 (St. 1152).

- **Description**

Tube 1 : gros fragment, probablement chêne (probable). Fendu luisant. Pas particulièrement favorable. Id. 0

Tube 2 : Petit fragment de chêne-châtaignier (identification certaine). courbure faible à intermédiaire donc plutôt à l'extérieur. Plus favorable que le tube 1 car identifié. Favorable.

Tube 3 : fragment de chêne probablement de type sclérophylle. Courbure faible à intermédiaire donc probablement situé plus en périphérie que le fragment du tube n°2. Plus favorable que les fragments des tube 1 et 2 car identifié. Forte longévité tout de même (200 à 500 ans). Pas très favorable mais à choisir par défaut.

Tube 4 : fragment indéterminé. La structure anatomique se rapprocherait de celle d'une graine mais très dégradée donc reste très incertain.

Charbons à sélectionner pour datation : Aucun charbon n'a été sélectionné comme étant très favorable. Le fragment du tube n°3 serait le « plus » favorable. Il correspond à un fragment de chêne de type sclérophylle et se situerait plutôt en périphérie du bois (courbure de cerne faible à intermédiaire).

7.4. Prélèvement n°41 (St.1193.1)

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Quercus ilex type	Intermediaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0
2	Frag. Écorce probable	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	2 (premier choix)
3	Quercus ilex type	Faible	Mat	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé	1 (3e choix)
4	Acer sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0
5	Frag. Écorce probable	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	2 (2d choix)

Fig. 46 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°41 (St. 1193.1).

● Description

Tube 1 : Fragment de chêne de type sclérophylle. Courbure intermédiaire. Pas particulièrement favorable.

Tube 2 : Fragment d'écorce probable. Très favorable. (à choisir par rapport au fragment du tube n°5 car un peu plus gros)

Tube 3 : Fragment de chêne type sclérophylle. Courbure intermédiaire à faible. Semble plus à l'extérieur que tube n°1. Pas particulièrement favorable, un peu plus que le tube n°1. 3e choix si besoin.

Tube 4 : fragment probable (charbon très petit) d'érable. Forte longévité (500). Pas particulièrement favorable.

Tube 5 : Probable fragment d'écorce probable. Très favorable, en second choix par rapport au fragment du tube n°2.

Charbons à sélectionner pour datation : Les deux fragments d'écorce sont très favorables. Le fragment du tube n°2 semble un peu plus gros, à choisir en premier choix, suivi du fragment du tube n°5.

7.5. Prélèvement n°42 (St.1193.2)

- **Résultats**

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Frag. Écorce probable	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	2 (premier choix)
2	Quercus sp.	Forte	Mat	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé	0
3	Quercus sp.	Forte	Mat	Absence?	Absence	Absence	1 (2e choix)

Fig. 47 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°42 (St. 1193.2).

- **Description**

Tube 1 : Probable fragment d'écorce. Très favorable.

Tube 2 : Probable fragment de brindille de chêne. L'écorce n'est pas bien perçue, il n'est donc pas particulièrement favorable.

Tube 3 : Brindille de chêne, l'écorce semble perceptible. Brindille probable dur-luisant. Fragment favorable. (second choix).

Charbons à sélectionner pour datation : Le fragment d'écorce (tube n°1) serait le plus favorable. Le fragment de brindille de chêne du tube n°3, serait un second choix car l'écorce est perceptible.