



ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSE DES FRAGMENTS CHARBONNEUX PRÉLEVÉS
LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE
DE LA « ZONE ECOPARC 3 »
À HEUDEBOUVILLE (27).**

OPÉRATION AP-176



Mission Archéologique Départementale de l'Eure

Rapport d'étude anthracologique

Mai 2020

Mission Archéologique Départementale de l'Eure

8, Rue des Thermes

27930 Le Vieil-Evreux

Analyse des fragments charbonneux prélevés lors de l'opération archéologique de « La Zone ECOPARC3 » à Heudebouville (27).

Rapport d'étude anthracologique

Loïc GAUDIN

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

E-mail : loic.gaudin@arkeomap.com

Site web : arkeomap.com

Mai 2020

Illustration de la page de couverture :

Fragment de hêtre (Fagus sylvatica), de forte courbure de cerne. Prélèvement 98 (Structure 2014 - US2041). Coupe transversale sous loupe binoculaire x10 (l'échelle représente des millimètres).

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	6
1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....	7
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION	11
2.1. Équipement d'observation.....	11
2.2. Méthodologie.....	12
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux	17
2.4. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	19
3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRETATION.....	22
3.1. Prélèvements collectés dans la zone 1 : La Tène D.....	22
3.1.1. Prélèvements en provenance d'un four de réduction.....	22
a. Résultats.....	22
Prélèvements de la structure ST1.....	22
b. Interprétations	23
3.1.2. Prélèvements en provenance d'une structure de type « Four », ST551.....	24
a. Résultats.....	24
Prélèvements de la structure ST551.....	24
b. Interprétation	25
3.1.3. Prélèvements en provenance de trous de poteaux.....	26
a. Résultats.....	26
Résultats de l'ensemble fonctionnel des structures ST2, ST4, ST5, ST11, ST30, ST35, ST176.....	26
Prélèvement du trou de poteau ST45.....	27
Résultats pour l'ensemble fonctionnel des structures ST59 et ST63.....	27
Résultats pour l'ensemble fonctionnel des structures ST72 et ST83.....	28
Résultats pour l'ensemble fonctionnel des structures ST148 et ST150.....	28
Prélèvement du trou de poteau ST160.....	28
Résultats pour l'ensemble fonctionnel des structures ST164, ST165 et ST171.....	29
Résultats pour l'ensemble fonctionnel des structures ST185 et ST218.....	29
Prélèvement du trou de poteau ST254.....	29
Prélèvement du trou de poteau ST242.....	30
Prélèvement du trou de poteau ST276.....	30
Prélèvement du trou de poteau ST299.....	30
Prélèvement du trou de poteau ST303.....	31
Résultats pour l'ensemble fonctionnel des structures ST309 et ST302.....	31
Prélèvement du trou de poteau ST310.....	32
Prélèvement du trou de poteau ST320.....	32
Prélèvement du trou de poteau ST390.....	32
Prélèvement du trou de poteau ST448.....	33
Prélèvement du trou de poteau ST548.....	33
b. Interprétation.....	34
3.1.4. Prélèvements en provenance de fossés.....	37
a. Résultats.....	37
Prélèvements du fossé ST243.....	37
Prélèvements du fossé ST271.....	37
Prélèvements du fossé ST280.....	38
Prélèvements du fossé ST295.....	38
b. Interprétation.....	39
3.1.5. Prélèvements en provenance de fosses.....	41
a. Résultats.....	41
Prélèvement de la fosse ST20.....	41
Prélèvement de la fosse ST27.....	41

Prélèvement de la fosse ST88.....	41
Prélèvement de la fosse ST90.....	42
Prélèvement de la fosse ST123.....	42
Prélèvement de la fosse ST210.....	42
Prélèvement de la fosse ST228	42
Prélèvement de la fosse ST387	43
b. Interprétation.....	44
3.2. Prélèvements collectés dans la zone 2 : Période de La Tène B-C.....	45
3.2.1. Prélèvements collectés à l'intérieur de fossés.....	45
a. Résultats.....	45
Prélèvements du fossé ST2033.....	45
Prélèvements du fossé ST2046.....	45
Prélèvements du fossé ST2150.....	45
b. Interprétation.....	46
3.2.2. Prélèvements collectés à l'intérieur de fosses.....	47
a. Résultats.....	47
Prélèvements de la structure ST2011 : Fosse / trou de poteau.....	47
Prélèvements de la fosse ST2083.....	47
b. Interprétation.....	48
3.2.3. Prélèvements collectés à l'intérieur de silos	49
a. Résultats.....	49
Prélèvements du silo ST2127.....	49
b. Interprétation.....	49
3.2.4. Prélèvements collectés à l'intérieur de trous de poteaux.....	50
a. Résultats	50
Prélèvement du trou de poteau ST2053.....	50
Prélèvement du trou de poteau ST2059.....	50
Prélèvement du trou de poteau ST2066.....	50
b. Interprétation.....	51
3.3. Prélèvements collectés dans la zone 2 : Période de La Tène Finale.....	52
3.3.1. Prélèvement collectés à l'intérieur de fossé.....	52
a. Résultats	52
Prélèvement de la fosse ST2010.....	52
b. Interprétation.....	52
3.4. Prélèvements de la période Gallo-Romaine.....	53
3.4.1. Prélèvements collectés à l'intérieur de fossés.....	53
a. Résultats	53
Prélèvement du fossé ST2014.....	53
Prélèvement du fossé ST2020.....	53
Prélèvement du fossé ST2022.....	53
Prélèvement du fossé ST2007.....	53
b. Interprétation.....	54
3.4.2. Prélèvements collectés à l'intérieur de fosses.....	55
a. Résultats	55
Prélèvement de la fosse ST2105.....	55
b. Interprétation.....	55
3.4.3. Prélèvements collectés à l'intérieur de foyers.....	56
a. Résultats	56
Prélèvement du foyer ST2038.....	56
b. Interprétation.....	56
3.4.4. Prélèvements sans attribution chronologique.....	57
a. Résultats	57
Prélèvements du trou de poteau ST2029.....	57
Prélèvements de la zone de démolition ST2000.....	57
b. Interprétation.....	58
Prélèvements du trou de poteau ST2029.....	58

Prélèvements de la zone de démolition ST2000.....	58
4. BILAN.....	59
5. BIBLIOGRAPHIE.....	68
6. ANNEXE – Photographies.....	69

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses de restes charbonneux prélevés lors d'une fouille menée sur la commune de Heudebouville (27). L'opération archéologique « Ecoparc3 » s'étend sur deux zones de fouilles.

Une première zone (zone 1) correspond à un gros établissement gaulois, daté de la Tène finale. La fouille d'une seconde zone (zone 2) a permis de mettre au jour un enclos de la Tène moyenne avec une réoccupation gallo-romaine.

92 prélèvements de charbons ont été analysés dans cette étude.

Les contextes de collecte de charbons varient peu. Les prélèvements proviennent essentiellement de trous de poteaux, fosses et fossés. Quelques lots proviendraient de structures interprétées comme des fours.

Beaucoup des charbons prélevés de façon « éparses » (exemple dans les comblements de fosses et fossés) correspondent vraisemblablement à des rejets de combustions, mais quelques lots associés à des trous de poteaux avec des traces de rubéfaction ou des structures de type « four » pourraient permettre d'aborder des aspects fonctionnels de façon plus détaillée.

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

- Tenter de percevoir l'origine des charbons (est ce des restes de combustible ou de bois d'œuvre?),
- tenter de caractériser la qualité du combustible utilisé sur le site. En déduire si les assemblages ont fait l'objet de pratiques de charbonnage, s'ils sont plutôt caractéristiques d'usages domestiques ou artisanaux,
- caractériser les boisements qui existaient dans l'aire de ramassage.

L'opération archéologique a été réalisée par la Mission Archéologique Départementale de l'Eure sous la direction de M. Dartois. L'étude a été commandée par M. Dartois, responsable d'opération, avec l'accord de son directeur M. Brun.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Les restes anthracologiques proviennent de 92 prélèvements réalisés sur les deux zones. Les prélèvements ainsi que quelques éléments d'interprétation sont listés dans le tableau suivant (Fig. 17).

L'ensemble des lots a été observé. 910 charbons ont été étudiés.

Structures	US	SD	N° de prélèvement	Type	Chronologie	Effectifs étudiés
2014	2041	145	98	Fossé	GR	30
2020	2042	149	92	Fossé	GR	11
2022	2100	163	90	Fossé	GR	11
2007	2016		72	Fossé bordier nord voie	GR	2
2105	2249		40	Fosse	GR	9
2038	2102		96	Foyer ?	GR	13
2010	2061		1	Fossé	La Tène finale ?	1
2033	2083	128	4	Fossé	La Tène B-C	5
		124	5			6
2046	2132	171	91	Fossé	La Tène B-C	11
	2137	168	95			5
2150	2321	316	46	Fossé	La Tène B-C	5
	2315	317	47			6
		315	144			10
2011	2032		41	fosse/ trou de poteau	La Tène B-C	11
2083	2219		84	Fosse	La Tène B-C	25
2127	2275		85	Silo	La Tène B-C	9
	2276		86			8
	2274		87			6
2053	2154		88	Trou de poteau	La Tène B-C	4
2059	2169		100	Trou de poteau	La Tène B-C	9
2066	2202		94	Trou de poteau	La Tène B-C	5
2029	2048		2	Trou de poteau		5
2000	2001 ouest	5	57	zone de démolition		8
	2001 Est		66			7
	2001		69			20
						242

Fig. 1 – Tableau synthétique des prélèvements étudiés, comptages anthracologiques pour la zone 2.

Structure	US	SD	N° de prélèvement	Type	Ensembles fonctionnels (bâtiments?)	Chronologie	Effectifs étudiés	
1	314		51	Four de réduction		La Tène D	5	
	316		63			La Tène D	32	
	315		71			La Tène D	12	
551	895		134	Four		La Tène D	41	
			142			La Tène D	38	
2	21		50	Trou de poteau	Ensemble fonctionnel	La Tène D	6	
4	28		60	Trou de poteau		La Tène D	8	
	30		62			La Tène D	5	
	29		77			La Tène D	9	
5	23		76	Trou de poteau		La Tène D	2	
11	36		56	Trou de poteau		La Tène D	7	
30	81		61	Trou de poteau		La Tène D	11	
35	79		73	Trou de poteau		La Tène D	10	
176	271		64	Trou de poteau		La Tène D	5	
45	88		146	Trou de poteau		Ens. fonc.	La Tène D	5
59	108		45	Trou de poteau		Ens. Fonc.	La Tène D	6
63	127		49	Trou de poteau			La Tène D	6
72	142		82	Trou de poteau		Ens. Fonc.	La Tène D	4
83	152		59	Trou de poteau	La Tène D		6	
148	235		75	Trou de poteau	Ens. Fonc. (à proximité de la fosse ST 229)	La Tène D	3	
150	237		65	Trou de poteau		La Tène D	20	
160	249		81	Trou de poteau	Ens. Fonc.	La Tène D	3	
164	255		55	Trou de poteau	Ens. Fonc.	La Tène D	10	
165	256		74	Trou de poteau		La Tène D	5	
171	266		58	Trou de poteau		La Tène D	10	
185	285		67	Trou de poteau	Ens. Fonc.	La Tène D	14	
218	342		83	Trou de poteau		La Tène D	2	
254	387		38	Trou de poteau	Ens. Fonc.	La Tène D	2	
242	375		39	Trou de poteau	Ens. Fonc.	La Tène D	11	
276	441		114	Trou de poteau	Ens. Fonc.	La Tène D	12	
299	473		186	Trou de poteau	Isolé Poteau Entrée Est	La Tène D	6	
303	481		101	Trou de poteau	Ens. Fonc.	La Tène D	31	
			102			La Tène D	33	
309	497		145	Trou de poteau	à proximité de l'Ens. Fonc. De la structure ST 303	La Tène D	8	
302	479		137	Trou de poteau		La Tène D	40	
310	509		138	Trou de poteau	Ens. Fonc.	La Tène D	32	
320	549		103	Trou de poteau	isolé	La Tène D	14	
390	707		139	Trou de poteau	Ens. Fonc.	La Tène D	10	
448	838		141	Trou de poteau	isolé	La Tène D	10	
548	880		143	Trou de poteau	Ens. Fonc.	La Tène D	10	
243	413	379	109	Fossé		La Tène D	5	
	412	243	183			La Tène D	1	
271	409	383	42	Fossé		La Tène D	5	
		386	178			La Tène D	2	
		386	110			La Tène D	12	
		437	111			La Tène D	8	
		386	112			La Tène D	5	
		421	115			La Tène D	1	
		395	179			La Tène D	2	
		271	160			La Tène D	12	
	410	396	107			La Tène D	5	
		430	159			La Tène D	10	
280	422	401	108	Fossé		La Tène D	6	
		404	185			La Tène D	5	
295	533	506	135	Fossé		La Tène D	5	
	535	499	140			La Tène D	10	
	535	503	187			La Tène D	1	
20	51		80	Fosse	La Tène D	2		
27	76		70	Fosse	La Tène D	5		
88	166		79	Fosse	La Tène D	28		
90	163		48	Fosse	La Tène D	5		
123	206		78	Fosse	La Tène D	8		
210	319		68	Fosse	La Tène D	3		
228	451		113	Fosse	La Tène D	7		
387	671		136	Fosse	La Tène D	10		
							668	

Fig. 2 - Tableau synthétique des prélèvements étudiés, comptages anthracologiques pour la zone 1.

Remarque :

Le tamisage a été effectué par le Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Oise (CRAVO). Ce tamisage a été réalisé par flottation. Des mailles de 2 mm et de 0,5 mm ont été utilisées, en vue notamment de réaliser des études carpologiques. Les quinze prélèvements ont donc été sous-échantillonnés en lots de fragments supérieurs à 2 mm et entre 2 et 0,5 mm. Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes concentrés sur les lots issus des refus de tamis supérieurs à 2 mm, lots qui paraissaient les plus prometteurs en termes d'informations anthracologiques.

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 premières identifications des taxons afin de déterminer des seuils, ou effectifs, au delà desquels l'apport de nouvelles essences ne paraît plus « rentable ».

Cette technique est peu pertinente pour les compositions anthracologiques de faibles diversités, ce qui est globalement le cas des lots étudiés. En effet, pour l'ensemble des lots, on compte au maximum trois à quatre essences.

Pour exemple la courbe « effort-rendement » réalisée pour le prélèvement 69 (structure 2000 – US 2001), lot comprenant quatre taxons pour 20 charbons observés, montre un seuil compris entre 10 et 15 charbons (Fig. 3). Ce seuil a systématiquement été atteint lorsque le nombre de charbons présents à l'intérieur des lots était suffisant.

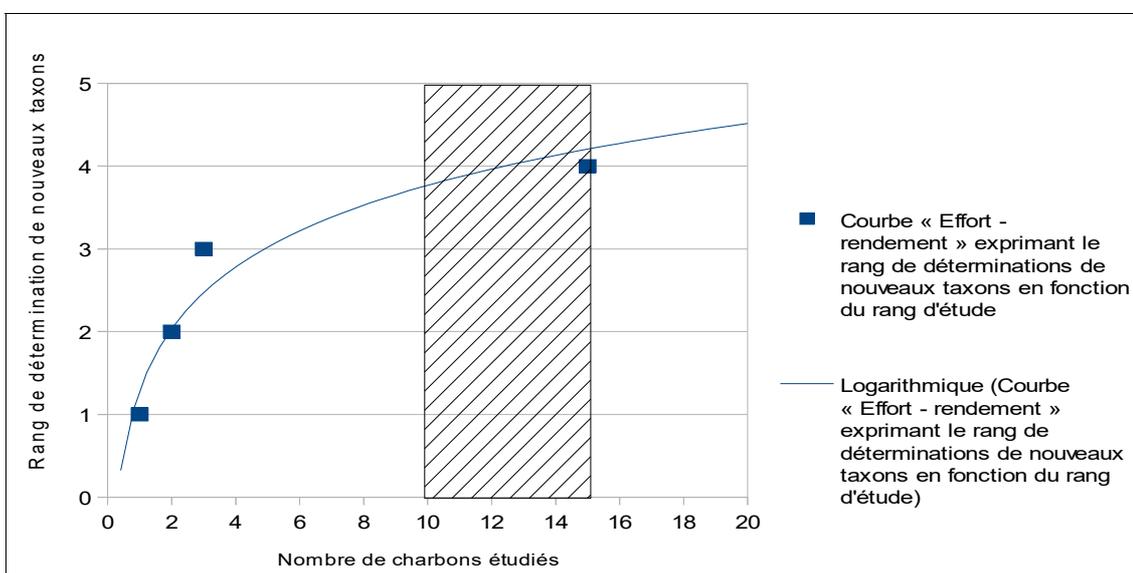


Fig. 3 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement 69. Dans cet exemple, le quatrième taxon (*Quercus sp. / Castanea sp.*) a été observé au rang 15 et le seuil « d'effort - rendement » se situe entre 10 et 15 charbons. 20 fragments ont été observés pour ce lot.

Les indicateurs calculés à partir des courbes « effort-rendement » sont basés sur la diversité taxonomique, or en plus des identifications nous avons aussi procédé à des observations permettant de préciser la nature des ensembles anthracologiques : mesures de largeurs de cerne, 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 lots de façon la plus exhaustive possible en répartissant l'effort de l'étude sur l'ensemble des 92 lots. Ainsi nous avons fait en sorte que le nombre de charbons étudiés tienne aussi compte du nombre de fragments présents dans chacun des lots (Fig. 1 et 2).

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.

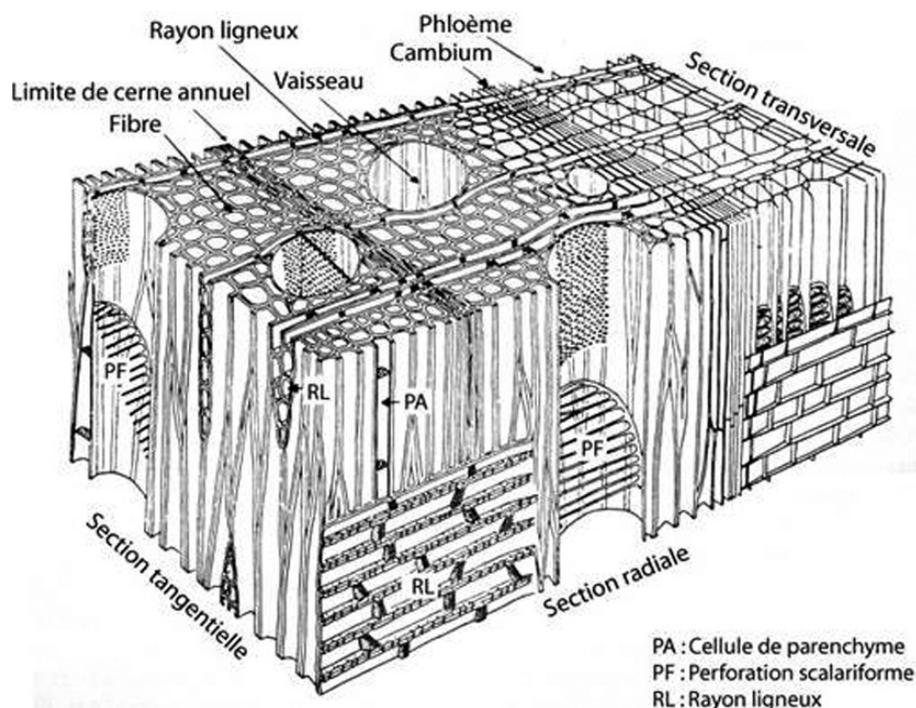


Fig. 5 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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.

De plus, toute une série d'espèces a été réunie dans le groupe des Pomoidées, sous-famille des Rosacées. Les espèces suivantes s'y retrouvent : Amélanquier (*Amelanchier ovalis*), Cotonéaster (*Cotoneaster sp.*), Aubépine (*Crataegus sp.*), Néflier (*Mespilus germanica*), Poirier-Pommier (*Pyrus sp.*) et Sorbier-Cormier-Alisier (*Sorbus sp.*).

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

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

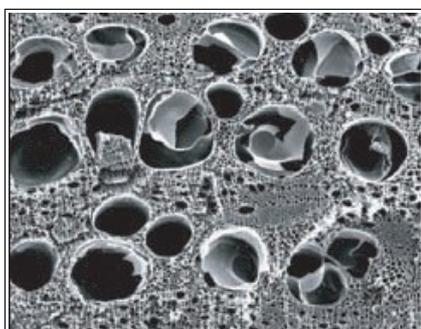
- **l'allure des limites de cernes** (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour estimer la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

- le rythme de croissance

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

- la présence de thylles

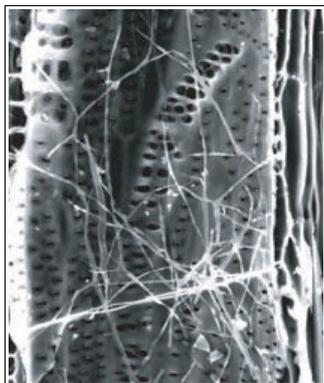
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne entre autres de sécrétions ou dépôts de gommés 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 – Thylles dans du duramen carbonisé de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

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



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

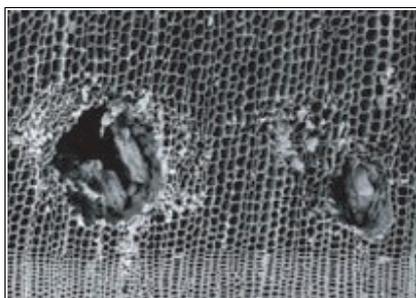
Fig. 7 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

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

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

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

- les traces de galeries laissées par les insectes xylophages.



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

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

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

- la présence de fentes radiales de retrait et vitrification.



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

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

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

La vitrification (ou aspect luisant du charbon) affecte plus souvent des petites pièces de bois (Oilic, 2011). Selon Marguerie *et al.* (2010), elle est la conséquence de conditions spécifiques de combustion ou de taphonomie, voire d'un état particulier du bois avant le passage au feu. Une combustion rapide à haute température peut causer une déformation des tissus, une apparition de fissures et une fusion (Schweingruber, 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.

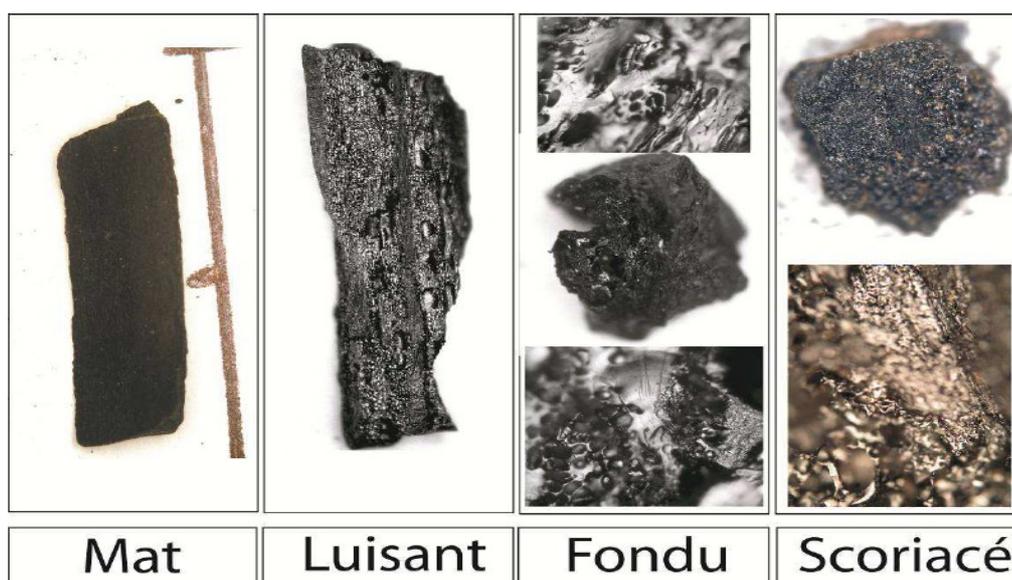
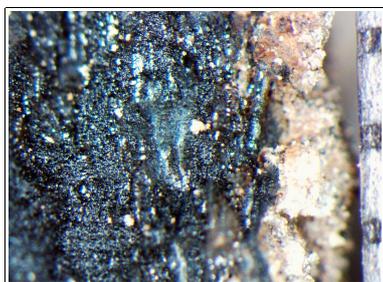


Fig. 10 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les lots anthracologiques (Oilic, 2011).

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



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

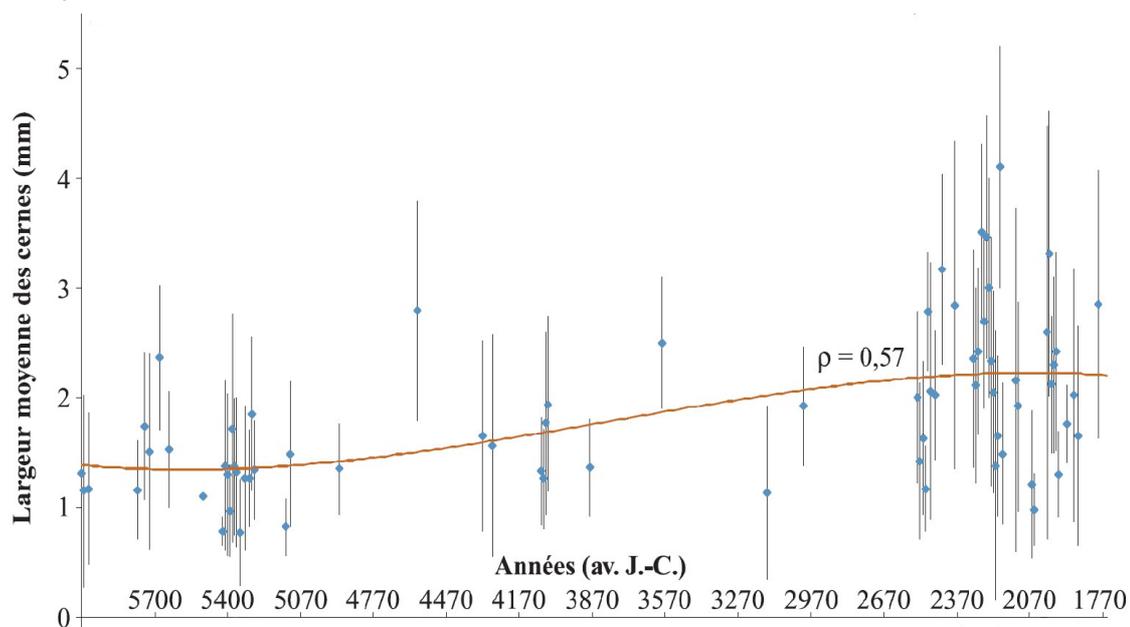


Fig. 12 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie *et al.*, 2010).

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, recherche du diamètre des arbres utilisés : Mesures des calibres

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

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

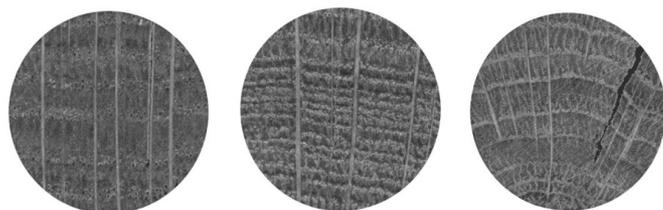


Fig. 13 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

L'étude des 92 prélèvements a permis de déterminer **onze** taxons anthracologiques. Toutefois, une majorité des lots n'est composée que d'un ou deux taxons dont le chêne caducifolié (*Quercus sp.*) est très largement majoritaire.

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

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

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

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

Remarque sur la détection du châtaignier :

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

Le hêtre (*Fagus sp.*) est une espèce de forêt caducifoliée (chênaie - hêtraie) de large amplitude. Il appartient le plus souvent à des forêts fraîches et mûres. C'est une essence d'ombre en climat sec et de lumière en climat humide. Il constitue un excellent bois de chauffage et fournit un charbon très estimé.

L'érable (*Acer sp.*) et plus particulièrement l'érable champêtre 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.

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



Fig. 14 – Représentation du tilleul (*Tilia cordata*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

Le **noisetier** (*Corylus sp.*) 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 terme 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 combustible (flamme longue, claire, sans fumée), il dégage beaucoup de chaleur et une combustion rapide. C'est un excellent bois d'allumage, surtout sous la forme de brindilles.

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

Quelques éléments de **frêne** (*Fraxinus sp.*) ont été identifiés. Ce genre correspond au frêne commun (*Fraxinus excelsior*) dans la région considérée. C'est un taxon mésophile à mésohygrophile que l'on trouve dans les bois frais, aux bords des eaux, sur les versants ombragés. Il est souvent associé aux forêts ripicoles, chênaies et

hêtraies-chênaies. Le feuillage est un très bon fourrage pour les animaux (Rameau *et al.*, 1989).

Les Pomoïdeae ou Maloïdeae (ex. aubépine, poirier, néflier) sont des essences héliophiles ou de demi-ombre se rencontrant aussi bien dans les **lisières de bois**, dans des **bois clairs**, des **landes** ou en **forêts caducifoliées ouvertes**. Il n'est pas rare de les retrouver associés aux **Genistae (Fabacées)**. Les **Pomoïdées** englobent par exemple les **poiriers-pommiers** mais aussi l'**aubépine**. 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 **Fabacées** ligneuses forment une famille regroupant notamment le **genêt** (*Cytisus sp.*) et les ajoncs (*Ulex sp.*). Ce sont des essences héliophiles voire de demi-ombre se rencontrant surtout dans des landes arbustives (ou « landes fourrés ») et les friches. On peut retrouver aussi ces taxons en lisières de forêts caducifoliées, dans des bois clairs, dans des haies. Les associations de landes arbustives se retrouvent souvent dans des secteurs en cours de recolonisation végétale suite par exemple à une levée de pression des activités humaines (ex. terres cultivées abandonnées, espaces défrichés puis abandonnés...).

3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Les résultats sont présentés par zone d'étude et par type de structure de provenance des lots (fossé, fosse, trou de poteau, four). Pour la zone 2, un découpage par période chronologique a en plus été utilisé.

3.1. Prélèvements collectés dans la zone 1 : La Tène D

3.1.1. Prélèvements en provenance d'un four de réduction

a. Résultats

- Prélèvements de la structure ST1

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	brillant - struct. Inform	granule ux – indét.	
ST1 – US314	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	4	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
ST1 – US315	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	11	1	3	3	4	0	0	5	0	0	0	1	0	
ST1 – US316	Quercus/Castanea	4	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
	Quercus sp.	28	3	17	1	18	1	4	8	2	0	0	0	0	

Fig. 15 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements de la structure ST1.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	2	2	2,65	0,07	2,6	2,7
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	18	29	2,35	0,4	1,56	2,92

Fig. 16 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 63 (US316)

b. Interprétations

Les trois lots étudiés ont permis d'identifier deux taxons le chêne (*Quercus sp.*) et le chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*).

Il s'agit principalement de bois de moyen à gros calibre (les courbures de cerne sont intermédiaires et faibles sur certains fragments). On peut donc supposer l'utilisation de bois de chêne de gros calibre pour alimenter le four.

Une petite proportion (environ un tiers) de charbons présente des aspects « durs-luisants », « fendus-luisants », voire « très brillants ». Ces traits pourraient être la conséquence d'une combustion en milieu réducteur, en cohérence avec l'hypothèse d'une combustion en four ou une préparation du combustible par charbonnage. Néanmoins, la proportion des charbons observés avec de tels aspects est plutôt faible pour une combustion en four de réduction. Le niveau de vitrification ne semble pas très élevé.

Assez peu de fentes de retrait ont été observées ce qui indique l'utilisation de bois sec.

Des mesures de largeurs de cernes ont été effectuées sur quelques fragments de chêne. L'étude a permis de calculer une moyenne de l'ordre de 2,5 mm (calcul sur des fragments de courbure faible à intermédiaire et rythmes de croissance réguliers). Ce qui correspond à des contextes de croissance favorables, par exemple un boisements ouverts ou une haie (Fig. 16).

3.1.2. Prélèvements en provenance d'une structure de type « Four », ST551

a. Résultats

- Prélèvements de la structure ST551

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Thylle	Insecte		
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleux – indet.				
ST 551 – US 895 – PLV 134	Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST 551 – US 895 – PLV 142	Quercus sp.	38	4	29	3	33	2	4	6	0	0	0	0	0	0	0	3	1

Fig. 17 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements de la structure ST551.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	4	11	2,14	0,2	1,93	2,39
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	33	92	1,97	0,28	1,53	2,65

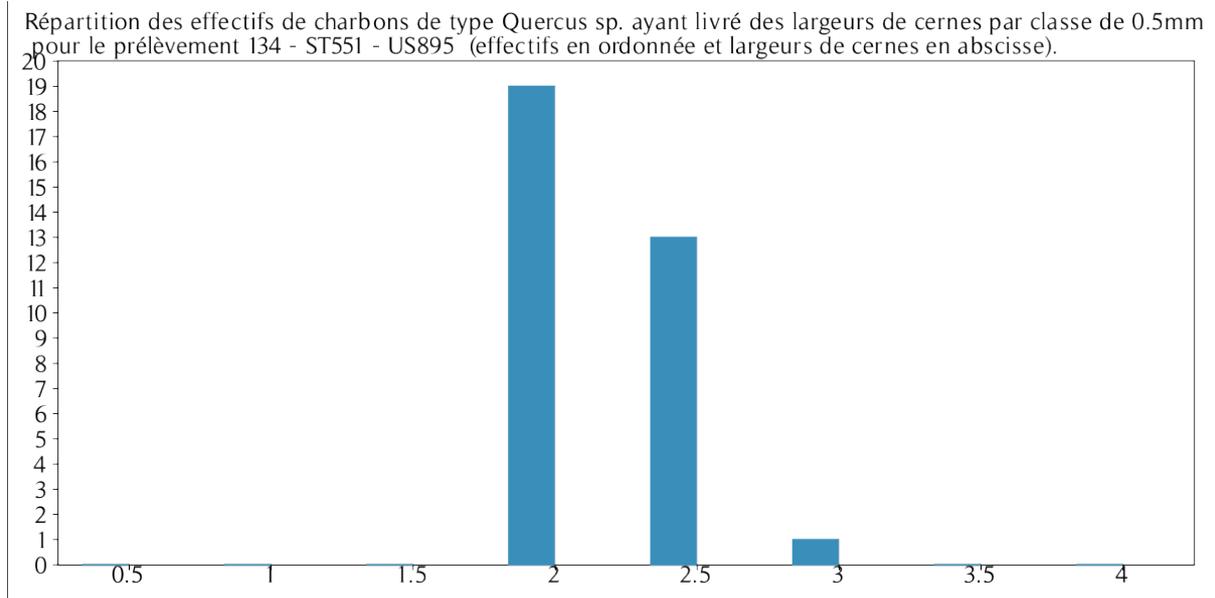


Fig. 18 – Histogramme et tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 134 (US895)

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	13	20	4,17	0,63	3,3	5,38

Fig. 19 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 142 (US895)

b. Interprétation

Deux lots proviennent de la structure ST551, interprétée comme les restes d'un four.

Deux taxons ont été identifiés, le chêne et pour quelques fragments le chêne-châtaignier.

Les fragments montraient pour l'essentiel des courbures de cerne fortes à intermédiaires, c'est donc probablement du bois de moyen calibre (branches) qui a été utilisé dans ce four.

La quasi-totalité des fragments du prélèvement 142 avait des aspects luisants. Même si le constat est moins marqué dans le lot 134, ces observations révèlent des conditions de combustions particulières, probablement en milieu chaud et confiné. L'hypothèse de restes de combustibles en provenance d'un four apparaît cohérente.

Notons qu'une part importante des fragments du lot 142 présentait aussi des fentes de retrait (aspect « fendu » et « fendu-luisant »), ce qui caractérise un bois brûlé à l'état « vert ». Ce constat n'est pas renouvelé pour le lot 134. Au contraire, l'observation de galeries de xylophages indiquerait plutôt l'utilisation de bois mort voire de bois d'œuvre (Fig. 20).



Fig. 20 – Fragment de chêne avec la trace d'une galerie de xylophage. Prélèvement n° 134. Grossissement x10. L'échelle représente des millimètres.

Les deux prélèvements semblent donc correspondre à deux ensembles de combustibles différents.

Des mesures de largeurs de cernes ont été réalisées permettant d'obtenir une moyenne de l'ordre de 2 mm pour le lot 134 et 4,17 mm pour le prélèvement 142. Ces valeurs indiquent des contextes de croissance favorables, voire très favorables comme des boisements ouverts, des lisières forestières ou des haies.

L'histogramme des mesures de largeurs de cernes réalisées sur les fragments du lot 134 montre des valeurs assez bien centrées autour de 2 mm à 2,5 mm (Fig. 18). Ce constat va dans le sens d'une collecte bien circonscrite.

3.1.3. Prélèvements en provenance de trous de poteaux

a. Résultats

- **Résultats de l'ensemble fonctionnel des structures ST2, ST4, ST5, ST11, ST30, ST35, ST176**

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 granuleux – indet.	Thylle		
ST2 – US21 – PLV50	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ST4 – US 28 – PLV60	Quercus sp.	4	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	8	0	5	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST4 – US 30 – PLV62	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	4	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST4 – US 29 – PLV77	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	8	2	5	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ST5 – US 23 – PLV 76	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ST11 – US 36 – PLV 56	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	6	0	6	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
ST30 – US 81 – PLV 61	Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fraxinus sp.	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	9	0	1	4	1	0	0	4	3	0	0	1	0	0	0	
ST35 – US 79 – PLV 73	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	Quercus/Castanea	7	0	0	1	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	
	Quercus sp.	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
ST176 – US 271 – PLV 64	Quercus sp.	5	0	2	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	

Fig. 21 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements provenant de l'ensemble des trous de poteaux ST2, ST4, ST5, ST11, ST30, ST35, ST 176.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	5	17	1,18	0,13	0,98	1,35

Fig. 22 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 60 (ST4, US30)

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	2	14	0,43	0,12	0,35	0,51
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	7	38	0,51	0,18	0,35	0,9

Fig. 23 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 77 (ST4, US29)

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	6	19	1,01	0,06	0,95	1,11

Fig. 24 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 56 (ST11, US36)

- **Prélèvement du trou de poteau ST45**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud
Quercus sp.	5	0	0	2	0	0	1	0	1	0	2

Fig. 25 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements du trou de poteau ST45.

- **Résultats pour l'ensemble fonctionnel des structures ST59 et ST63**

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 granuleux – indet.
ST59 – US 108 - PLV45	Quercus sp.	6	0	3	0	3	0	0	3	2	0	0	0	0
ST63 – US 127 - PLV49	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Quercus sp.	5	0	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 26 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements provenant de l'ensemble des trous de poteaux ST59 et ST63.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	3	8	0,95	0,39	0,7	1,4

Fig. 27 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 45 (ST59, US108)

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	3	8	1,11	0,11	1	1,23

Fig. 28 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 49 (ST63, US127)

- **Résultats pour l'ensemble fonctionnel des structures ST72 et ST83**

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 granuleux – indet.		
ST72 – US 142 - PLV82	Quercus sp.	4	0	3	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
ST83 – US 152 - PLV59	Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Quercus sp.	4	0	2	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	3

Fig. 29 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements provenant de l'ensemble des trous de poteaux ST72 et ST83.

- **Résultats pour l'ensemble fonctionnel des structures ST148 et ST150**

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 granuleux – indet.		
ST148 – US 235 - PLV75	Quercus sp.	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ST150 – US 237 - PLV65	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	19	0	14	3	12	2	0	1	1	0	2	0	0	0	0

Fig. 30 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements provenant de l'ensemble des trous de poteaux ST148 et ST150.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	11	67	0,62	0,07	0,53	0,77

Fig. 31 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 65 (ST150, US237)

- **Prélèvement du trou de poteau ST160**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 32 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du trou de poteau ST160.

- **Résultats pour l'ensemble fonctionnel des structures ST164, ST165 et ST171**

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Aspect granuleux – indet.	
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud		Fondu très brillant - struct. Inform
ST164 – US235 – PLV55	Quercus/Castanea	6	0	0	3	0	0	0	4	0	0	0	1	0
	Salix/Populus Salix sp.	1 3	0 0	0 0	0 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0
ST165 – US256 – PLV74	Quercus/Castanea	3	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	Quercus sp.	2	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
ST171 - US266 - PLV58	Quercus sp.	10	0	4	0	2	1	0	8	0	0	0	0	0

Fig. 33 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements provenant de l'ensemble des trous de poteaux ST64, ST165 et ST171

- **Résultats pour l'ensemble fonctionnel des structures ST185 et ST218**

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 granuleux – indet.
ST185 – US285 – PLV67	Quercus sp.	14	2	10	0	11	0	1	2	0	0	0	0	0	2
ST218 – US342 – PLV83	Quercus sp.	2	0	1	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 34 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements provenant de l'ensemble des trous de poteaux ST185 et ST218.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cerne	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	2	5	2,1	0,07	2,05	2,15
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	10	32	2,09	0,47	1,06	2,95

Fig. 35 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 67 (ST185, US285)

- **Prélèvement du trou de poteau ST254**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	
Quercus sp.	1	0	1	0	1	0	1	0	

Fig. 36 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du trou de poteau ST254 (Prélèvement 38).

- **Prélèvement du trou de poteau ST242**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	10	1	8	0	9	0	0	5	0

Fig. 37 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du trou de poteau ST242 (Prélèvement 39).

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	1	2	2,7	0	2,7	2,7
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	9	20	2,05	0,58	0,85	2,7

Fig. 38 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 39.

- **Prélèvement du trou de poteau ST276**

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

Fig. 39 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du trou de poteau ST276 (Prélèvement 114).

- **Prélèvement du trou de poteau ST299**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Quercus sp.	6	2	4	0	6	0	0	1	0	1

Fig. 40 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du trou de poteau ST299.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	2	11	1,47	0,27	1,27	1,66
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	6	20	1,82	0,56	1,27	2,67

Fig. 41 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 186 (ST299, US473)

● **Prélèvement du trou de poteau ST303**

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 granuleux - indet.
ST303 - US481 - PLV101	Quercus sp.	31	1	9	7	9	0	5	16	8	0	0	0	0
ST303 - US481 - PLV102	Quercus sp.	33	1	8	1	8	2	0	20	0	0	0	0	0

Fig. 42 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements du trou de poteau ST303.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	1	1	6,47	0	6,47	6,47
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	9	13	5,49	1,19	3,46	6,83

Fig. 43 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 101 (ST303, US481)

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	1	2	2,69	0	2,69	2,69
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	8	17	2,95	0,57	2,01	3,7

Fig. 44 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 102 (ST303, US481)

● **Résultats pour l'ensemble fonctionnel des structures ST309 et ST302**

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 granuleux - indet.	Thylle	
ST309 - US497 - PLV145	Fagus sylvatica	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	7	0	2	4	2	0	0	1	4	0	0	0	0	0	2
ST302 - US479 - PLV137	Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	37	0	6	17	4	4	2	23	5	0	3	0	0	1	

Fig. 45 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements des trous de poteaux ST309 et ST302.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	4	5	4,41	1,11	3,15	5,35

Fig. 46 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 137 (ST302, US479)

- **Prélèvement du trou de poteau ST310**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Quercus sp.	32	0	16	7	16	0	0	26	5

Fig. 47 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements du trou de poteau ST310.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	13	16	4,13	0,92	3,09	5,69

Fig. 48 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 138.

- **Prélèvement du trou de poteau ST320**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Thylle
Quercus sp.	14	0	8	1	8	0	0	6	1	0	1	9

Fig. 49 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements du trou de poteau ST320.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	8	30	0,6	0,08	0,54	0,76

Fig. 50 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 103 (ST320, US549)

- **Prélèvement du trou de poteau ST390**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Insecte
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Quercus sp.	10	0	5	0	5	1	4	1	5	1

Fig. 51 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements du trou de poteau ST390.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	5	16	1,82	0,31	1,5	2,29

Fig. 52 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 139 (ST390, US707)

- **Prélèvement du trou de poteau ST448**

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

Fig. 53 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements du trou de poteau ST448. Prélèvement 141.

- **Prélèvement du trou de poteau ST548**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Quercus sp.	10	0	8	1	8	0	0	2	0	2

Fig. 54 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements du trou de poteau ST548.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	8	25	1,02	0,22	0,79	1,42

Fig. 55 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 143 (ST548, US880)

b. Interprétation

35 prélèvements provenant de 32 structures interprétées comme des trous de poteaux ont été analysés.

L'enregistrement spatial des trous de poteaux permet d'identifier des ensembles fonctionnels, probablement des bâtiments. Dans la mesure du possible nous avons donc tenté de tenir compte de ces ensembles dans l'interprétation des résultats anthracologiques. Les 32 trous de poteaux se répartissent dans 19 « ensembles fonctionnels ».

Même si le nombre de charbons étudiés par lot était assez faible (en général moins de dix fragments), des analyses systématiques sur l'ensemble des trous de poteaux ont permis de noter quelques tendances :

- Les lots prélevés dans des trous de poteaux situés en périphérie des ensembles fonctionnels (bâtiments?) sont composés exclusivement par des charbons de chêne (Exemple : ST242, ST185, ST171, ST150, ST4, ST11, ST303, ST310, ST390, ST276, ST548, ST72, ST83, ST59, ST63). L'essentiel de ces fragments montre des courbures de cernes fortes et intermédiaires, ce sont donc des bois de moyen calibre qui ont été utilisés. Parmi les charbons, on détecte régulièrement des fragments dur-luisants liés probablement à des combustions confinées (exemples ST242, ST303, ST310). Ces fragments correspondent peut-être à des restes de parties passées au feu et « enterrées » des poteaux. Assez peu de fragments présentaient des fentes de retrait, caractéristiques de bois brûlés à l'état « vert ». C'est donc plutôt un bois sec qui a été utilisé. Notons que l'on pouvait s'attendre à observer davantage de traces de galeries de xylophages (insectes) pour des restes de bois d'œuvre. Seul un fragment du trou de poteau ST390 permit d'observer quelques traces de galeries.
- Certains trous de poteaux identifiés à l'intérieur des ensembles fonctionnels ont livré des ensembles charbonneux un peu plus diversifiés : l'étude du trou de poteau ST30 a permis d'identifier des fragments de noisetier, de frêne et de chêne. L'analyse des charbons du trou de poteau ST164 a permis d'observer des fragments de saule, saule / peuplier et de chêne. Des restes de brindilles de chêne (rayon=12,5mm) ont été identifiés dans le trou de poteau ST148. Dans ces cas les fragments provenaient systématiquement de bois de petit calibre. Il s'agit donc vraisemblablement de rejets de combustibles qui sont venus comblés les structures en creux.

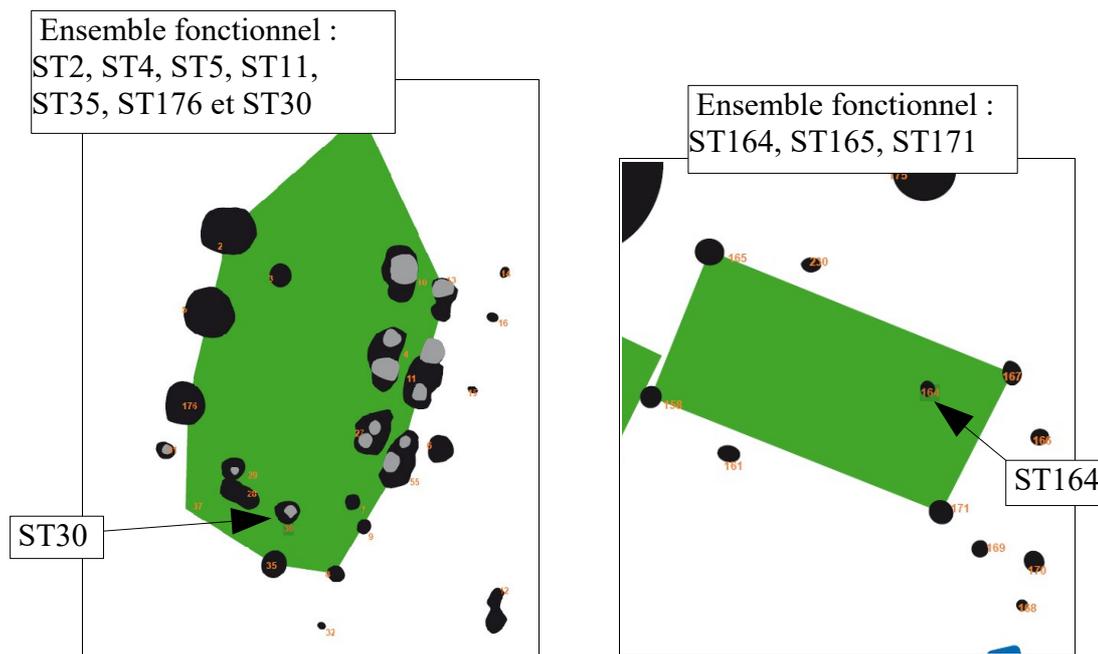


Fig. 56 – Localisation de quelques structures de trous de poteaux pour deux ensembles fonctionnels de la zone 1. Extraits du plan de fouille de la zone 1.

- Pour ce qui concerne les charbons correspondant à des trous de poteaux isolés et situés à l'extérieur des ensembles fonctionnels, plusieurs cas de figures sont observés :

- les trous de poteaux isolés, composés uniquement de fragments de chêne et correspondant à des bois de calibre fort à intermédiaire (fragments de courbures de cerne faibles à intermédiaires en plus de thylles). Il s'agit probablement dans ces cas de restes de poteaux. Quelques fragments luisants sont parfois observés indiquant une combustion en milieu fermé, probablement à la base des poteaux. Exemples : ST320, ST448, ST299.

- les ensembles charbonneux composés de fragments provenant de bois de petits calibres. Exemple : ST309 et ST 302 avec des fragments de hêtre et de chêne. Compte-tenu du petit calibre des bois utilisés, il s'agit vraisemblablement de rejets de combustible. De plus, on note une forte proportion de fragments d'aspect luisant (31 / 40 fragments pour ST302). Il est probable que le phénomène de vitrification ait été favorisé par le petit calibre du bois (Oilic, 2011), mais très certainement aussi par un contexte de combustion réducteur et de hautes températures (Blaizot *et al.*, 2004). Pour expliquer ces aspects, on peut évoquer des contextes de fours, de fourneaux ou des pratiques de charbonnage.

Remarque : Une forte proportion de charbons d'aspect luisant a été observée dans les ensembles charbonneux de trois trous de poteaux assez bien localisés (ST302, ST303, ST309, ST310). Ces ensembles charbonneux correspondent probablement aux rejets d'une combustion particulière de type « four ».

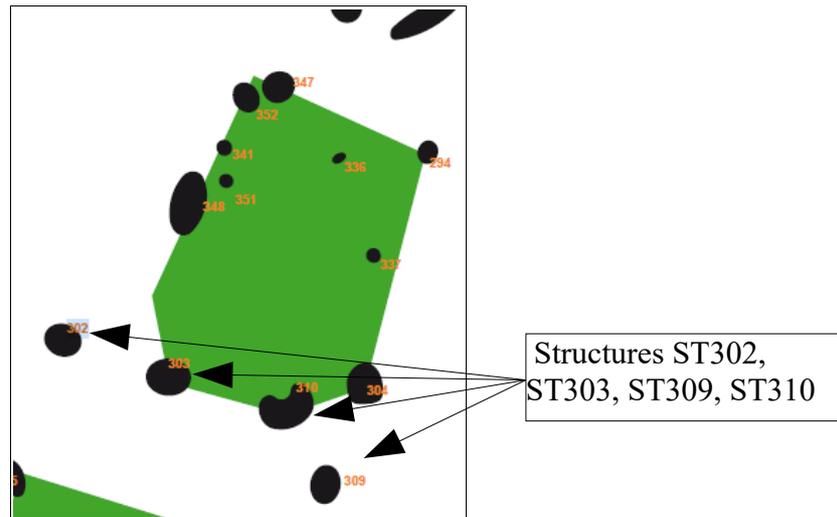


Fig. 57 – Localisation des trous de poteaux contenant des ensembles charbonneux avec une forte proportion de fragments d'aspect luisant. Extrait du plan de fouille de la zone 1.

Des mesures de largeurs de cernes ont été réalisées sur les fragments de chêne de courbure faible à intermédiaire (Fig. 58).

Structures	Nb fragments	Moyennes	Ecart-Type
ST4, US30	5	1,18	0,13
ST4, US29	7	0,51	0,18
ST11, US36	6	1,01	0,06
ST59, US108	3	1,11	0,11
ST150, US237	11	0,62	0,07
ST185, US285	32	2,09	0,47
ST242, US375	9	2,05	0,58
ST299, US473	6	1,82	0,56
ST303,US481, PLV101	9	5,49	1,19
ST303,US481, PLV102	8	2,95	0,57
ST302, US479	4	4,41	1,11
ST310, US509	13	4,13	0,92
ST320, US549	8	0,6	0,08
ST390, US707	5	1,82	0,31
ST548, US880	8	1,02	0,22

Fig. 58 – Tableau synthétique des valeurs moyennes de largeurs de cernes mesurées pour les ensembles charbonneux des trous de poteaux de la zone 1.

Excepté pour les quatre prélèvements des structures ST303, ST302, ST310 qui correspondent vraisemblablement à des restes de combustible (cf. remarque ci-dessus), les valeurs moyennes obtenues sont faibles. On constate des valeurs allant de 0,5 mm à 2,09 mm ce qui caractérise des conditions de croissance des arbres difficiles. On peut émettre l'hypothèse de collectes dans des boisements denses ou dans des secteurs contraignant la croissance des arbres (ex. sols pauvres).

3.1.4. Prélèvements en provenance de fossés

a. Résultats

- **Prélèvements du fossé ST243**

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informé solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleux – indet.
PLV 109 – US 413	Quercus sp.	5	0	2	2	2	2	4	0	1	0	0	0	0
PLV 183 – US 412	Quercus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Fig. 59 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements du fossé ST243.

- **Prélèvements du fossé ST271**

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Thylle	
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informé solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleux – indet.		
ST271 – US409 – PLV42	Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST271 – US409 – PLV178	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	3	0	0	0	1
ST271 – US409 – PLV110	Fabacée type Cytisus	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	Quercus sp.	9	0	1	0	1	0	1	2	2	0	1	0	0	4	0
ST271 – US409 – PLV111	Corylus avellana	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	6	0	3	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ST271 – US409 – PLV112	Fagus sylvatica	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Quercus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST271 – US409 – PLV115	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ST271 – US409 – PLV179	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
ST271 – US409 – PLV160	Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	10	0	6	0	6	0	2	0	6	0	0	0	0	0	0
ST271 – US410 – PLV107	Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	Tilia sp.	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST271 – US410 – PLV159	Quercus/Castanea	9	0	0	5	0	1	0	0	0	0	8	0	0	0	0
	Quercus sp.	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ST271 – US410 – PLV180	Pomoiidée	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 60 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements du fossé ST271.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	3	8	0,89	0,03	0,86	0,91

Fig. 61 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 111 (US409).

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	5	15	1,08	0,42	0,66	1,6

Fig. 62 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 160 (US409).

● **Prélèvements du fossé ST280**

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 – indet.	
ST280 – US422 – PLV108	Tilia sp.	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST280 – US422 – PLV185	Quercus/Castanea	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 63 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements du fossé ST280.

● **Prélèvements du fossé ST295**

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.		
ST295 – US533 – PLV135	Quercus sp.	5	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
	Indéterminé	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	5	0	
ST295 – US535 – PLV140	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
	Quercus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
ST295 – US535 – PLV187	Quercus sp.	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	

Fig. 64 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements du fossé ST295.

b. Interprétation

Les analyses des 18 prélèvements réalisés dans les fossés ont révélé des résultats hétérogènes tant au niveau des essences identifiées que des calibres et des aspects des charbons. Ces premières constatations montrent que les charbons proviennent de divers rejets de combustion et non de bois d'œuvre (types palissades ou charpentes).

Les prélèvements du fossé ST243 sont composés de charbons de chêne de petit et moyen calibre. Il semble que certains bois aient été brûlés à l'état vert (observation de plusieurs fragments présentant des fentes de retrait).

L'étude des lots du fossé ST280 a permis d'identifier le tilleul et le chêne-châtaignier. Les fragments proviennent de bois de petit calibre.

Pour ce qui concerne les prélèvements du fossé ST295, seuls le chêne et chêne-châtaignier ont été identifiés. Il s'agit d'un mélange de fragments aux aspects hétérogènes : fendus, fendus-luisants et granuleux.

En ce qui concerne le fossé ST271, pas moins de onze lots ont été étudiés. La collecte d'un nombre important de prélèvements à l'intérieur de ce fossé rapproche l'échantillonnage à un mode de prélèvements de charbons «systématique», donnant des informations sur une aire de collecte et sur une durée plus larges que pour des échantillonnages de concentrations de charbons (Chabal *et al.*, 1999).

On retrouve une prépondérance des charbons de chêne et chêne-châtaignier dans la plupart des prélèvements. Toutefois, cinq taxons ont en plus été déterminés : le tilleul (*Tilia sp.*), le hêtre (*Fagus sylvatica*), la famille des Pomoidées, le genêt (*Cytisus scoparius*) et le noisetier (*Corylus avellana*). Il s'agit généralement de bois de petit et moyen calibre.

Les aspects des charbons sont apparus assez hétérogènes, parfois « fendus », « durs-luisants », « fendus-luisants ». Ces observations sont probablement le reflet des diverses combustions liées aux usages domestiques et artisanaux du site.

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

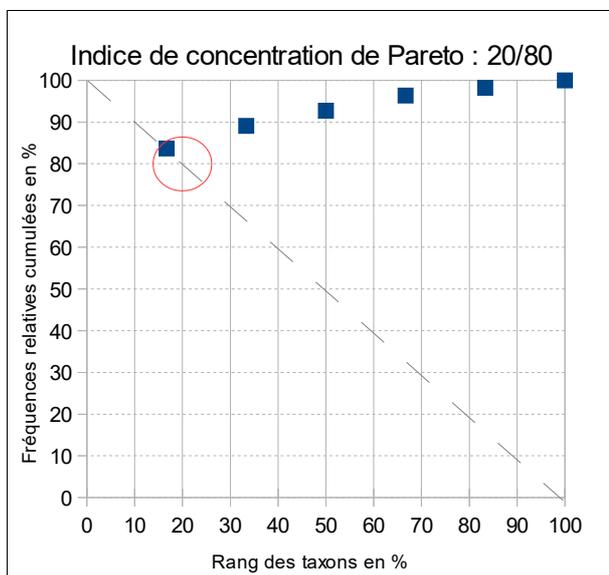


Fig. 65 - Indice de concentration de Pareto pour l'ensemble des charbons du fossé ST271. Les charbons de chêne et chêne-châtaignier ont été rassemblés dans un même ensemble.

Le calcul effectué sur la totalité des charbons étudiés pour le fossé ST271 montre que 20% des taxons représentent environ de 80% des charbons (Fig. 65). Le résultat est donc très proche du rapport d'équilibre théorique entre biomasse et répartition des essences dans un écosystème végétal (Chabal *et al.*, 1999).

La composition anthracologique observée pour l'ensemble du fossé ST271 fournit une image probablement assez fidèle de la végétation qui a été explorée autour du site. A savoir une chênaie dominante avec quelques hêtres et tilleuls, complétée par une végétation de sous-bois et de lisière constituée de genêts, Pomoïdées et noisetiers.

Les mesures de largeurs de cerne ont permis de calculer des moyennes comprises entre de 0,89 mm et 1,08 mm caractéristiques de conditions de croissances difficiles (boisements denses, sols pauvres ?) (Fig. 62).

3.1.5. Prélèvements en provenance de fosses

a. Résultats

- **Prélèvement de la fosse ST20**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomoidée	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 66 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la fosse ST20 (Prélèvement 80).

- **Prélèvement de la fosse ST27**

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

Fig. 67 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la fosse ST27 (Prélèvement 70).

- **Prélèvement de la fosse ST88**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. Inform	Thylle
Quercus/Castanea	4	0	0	1	1	0	0	2	1	0	0	1	0
Quercus sp.	24	0	15	8	18	1	2	5	13	0	1	0	1

Fig. 68 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la fosse ST88 (Prélèvement 79).

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	18	54	1,72	0,69	0,86	2,9

Fig. 69 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 79.

- **Prélèvement de la fosse ST90**

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

Fig. 70 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la fosse ST90 (Prélèvement 48).

- **Prélèvement de la fosse ST123**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	7	1	5	0	6	0	0	2	2

Fig. 71 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la fosse ST123 (Prélèvement 78).

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	1	3	1,75	0	1,75	1,75
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	6	19	1,72	0,3	1,15	1,92

Fig. 72 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 78.

- **Prélèvement de la fosse ST210**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 73 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 68.

- **Prélèvement de la fosse ST228**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Quercus sp.	7	0	2	0	2	0	0	0	0

Fig. 74 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 113.

- **Prélèvement de la fosse ST387**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Pomoidée	3	0	0	2	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	0	1
Quercus sp.	4	0	3	1	3	0	1	0	0

Fig. 75 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la fosse ST387 (Prélèvement 136).

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	3	7	1,46	0,27	1,28	1,77

Fig. 76 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 136.

b. Interprétation

Des prélèvements provenant de huit fosses ont été analysés. Une grande partie des lots n'était composée que de quelques charbons. Seuls les prélèvements des fosses ST387 et ST88 ont permis d'étudier plus d'une dizaine de fragments.

Trois essences ont été identifiées, on constate une prédominance des charbons de chêne et chêne-châtaignier en plus de quelques fragments de Pomoïdées dans les fosses ST20 et ST387.

Relativement peu de charbons présentaient des aspects luisants, ce qui caractérise plutôt des combustions de contextes ouverts. Une grande partie des charbons collectés à l'intérieur des fosses sont donc probablement issus de rejets de foyers ouverts.

Seul le lot de la fosse ST88 montre une proportion importante de charbons « fendus-luisants » et « dur-luisants ». Il pourrait donc s'agir pour cet ensemble d'un rejet d'une combustion en milieu fermé (type four).

La plupart des charbons de chêne proviennent de bois de calibre intermédiaire. En revanche les fragments de Pomoïdée semblent correspondre à des bois de petit calibre. Dans le cadre d'une hypothèse de rejets de combustion ouvertes de type foyers, on peut donc supposer que le bois de chêne a été utilisé pour entretenir les combustions, le bois de Pomoïdée ayant servi lors des phases d'allumage.

Des mesures de largeurs de cernes ont été effectuées sur des charbons des fosses ST88, ST123 et ST387 (Fig. 69, 72 et 73). L'étude a permis de calculer des moyennes comprises entre 1,46 et 1,72 mm (calculs sur des fragments de courbure faible à intermédiaire et de rythme de croissance régulier). Ce qui correspond à des contextes de croissances difficiles, probablement un boisement dense ou un secteur avec des sols pauvres.

3.2. Prélèvements collectés dans la zone 2 : Période de La Tène B-C

3.2.1. Prélèvements collectés à l'intérieur de fossés

a. Résultats

- **Prélèvements du fossé ST2033**

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 – indet.
ST2033– US2083 – PLV4	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	4	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
ST2033– US2083 – PLV5	Quercus/Castanea	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	Quercus sp.	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	

Fig. 77 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements du fossé ST2033.

- **Prélèvements du fossé ST2046**

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 – indet.	Thylle
ST2046– US2132 – PLV91	Cytisus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	Quercus/Castanea	5	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0
	Quercus sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST2046 - US2137 – PLV95	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	4	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1

Fig. 78 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements du fossé ST2046.

- **Prélèvements du fossé ST2150**

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 – indet.	
ST2150 – US2321 – PLV46	Indéterminé	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ST2150 – US2315 – PLV47	Fraxinus sp.	6	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST2150 – US2315 – PLV144	Quercus/Castanea	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
	Quercus sp.	6	0	2	0	2	0	0	2	1	0	0	0	0	

Fig. 79 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements du fossé ST2150.

b. Interprétation

Sept prélèvements répartis dans trois fossés ont été analysés. Ce sont essentiellement des charbons de chêne et chêne-châtaigner qui ont été identifiés. Ils proviennent de bois de petit et moyen calibre.

Les aspects des charbons nous sont apparus assez hétérogènes. Certains fragments montraient des aspects luisants mais dans des proportions mesurées.

Quelques fragments de genêt (*Cytisus scoparius*) et de frêne (*Fraxinus sp.*) correspondant à des bois de petit calibre ont aussi été observés (Fig. 78 et 79).

On peut donc penser que de petites branches de genêt et de frêne ont été utilisées lors de phases d'allumage, le bois de chêne ayant servi lors de l'entretien de combustions. Ces observations vont dans le sens de rejets de combustions de type « foyer ».

3.2.2. Prélèvements collectés à l'intérieur de fosses

a. Résultats

- **Prélèvements de la structure ST2011 : Fosse / trou de poteau**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Quercus sp.	11	0	9	0	7	0	0	1	0

Fig. 80 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure ST2011 (Prélèvement 41).

- **Prélèvements de la fosse ST2083**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Insecte
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Quercus sp.	25	5	18	0	20	3	0	5	0	1

Fig. 81 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure ST2083 (Prélèvement 84).

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	5	16	2,6	0,38	2,23	3,24
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	20	59	2,36	0,33	1,71	3,24

Fig. 82 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 84.

b. Interprétation

L'analyse des deux prélèvements permet d'identifier uniquement des fragments de chêne. L'observation des courbures de cernes montre l'utilisation de bois de moyen calibre pour la structure ST2011 et de moyen à gros calibre pour la structure ST2083.

Quelques charbons avaient des aspects luisants mais dans des proportions modestes.

Notons quelques traces de galeries de xylophages sur un fragment de la structure ST2083. C'est là un indice de bois mort et/ou de bois d'œuvre. Aucune fente de retrait n'a été observée indiquant l'utilisation de bois sec.

Au regard de ces résultats, les compositions anthracologiques correspondent probablement à des restes de bois d'œuvre, peut-être des poteaux.

Des mesures de largeurs de cerne ont été réalisées sur des fragments de chêne de courbure faible à intermédiaire. Les valeurs moyennes obtenues (2,36 mm) montrent des conditions de croissance intermédiaires (Fig. 82). Peut-être des boisements semi-ouverts.

3.2.3. Prélèvements collectés à l'intérieur de silos

a. Résultats

- **Prélèvements du silo ST2127**

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.		
ST2127 – US2275 – PLV85	Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	6	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ST2127 – US2276 – PLV86	Quercus/Castanea	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	7	0	2	0	2	0	1	2	1	0	1	0	0	0	0
ST2127 - US2274 – PLV87	Indéterminé	1	0	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	0
	Quercus sp.	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 83 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure ST2127 (Prélèvements 85, 86, 87).

b. Interprétation

L'analyse des trois prélèvements réalisés à l'intérieur du silo ST2127 a révélé des charbons de chêne et de chêne-châtaigner. Les fragments correspondent à des bois de moyen calibre.

L'observation des aspects des charbons n'a pas permis d'identifier de tendance particulière.

Il s'agit peut-être de restes de bois d'œuvre.

3.2.4. Prélèvements collectés à l'intérieur de trous de poteaux

a. Résultats

- **Prélèvement du trou de poteau ST2053**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Pomoidée	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	1	0	0	0	0	0	0	1	0

Fig. 84 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure ST2053 (Prélèvement 88).

- **Prélèvement du trou de poteau ST2059**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Quercus/Castanea	4	0	0	0	0	0	0	2	0
Quercus sp.	5	0	2	0	3	0	0	1	0

Fig. 85 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure ST2059 (Prélèvement 100).

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	3	8	1,01	0,16	0,9	1,19

Fig. 86 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 100.

- **Prélèvement du trou de poteau ST2066**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Indéterminé	5	0	0	1	0	0	0	0	0

Fig. 87 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure ST2066 (Prélèvement 94).

b. Interprétation

L'analyse des trois prélèvements collectés à l'intérieur des trous de poteaux a permis d'identifier des charbons de chêne, chêne-châtaigner et de Pomoïdée.

Les lots ont fourni des petites quantités de charbons, il n'est donc pas facile d'interpréter les mesures de calibre ou d'aspect de façon fiable.

Toutefois, la détection à la fois de fragments de Pomoïdée, de chêne, chêne-châtaigner dans le trou de poteau ST2053 pourrait rapprocher cette composition d'un rejet de combustion.

Quelques mesures de largeurs de cerne ont été réalisées sur trois fragments de chêne. Elles ont permis de calculer une moyenne de 1,01 mm ce qui caractériserait une croissance en milieu contraignant (boisements fermés et/ou sols pauvres).

3.3. Prélèvements collectés dans la zone 2 : Période de La Tène Finale

3.3.1. Prélèvement collectés à l'intérieur de fossé

a. Résultats

- Prélèvement de la fosse ST2010

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Quercus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Fig. 88 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure ST2010 (Prélèvement 1, à l'intérieur d'un fossé).

b. Interprétation

Un seul fragment a été étudié dans ce lot, il s'agit d'un charbon de chêne d'aspect fendu-luisant.

3.4. Prélèvements de la période Gallo-Romaine

3.4.1. Prélèvements collectés à l'intérieur de fossés

a. Résultats

- **Prélèvement du fossé ST2014**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Insecte	Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant		
Fagus sylvatica	28	1	4	11	0	0	0	12	0	6	1
Fraxinus sp.	2	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0

Fig. 89 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure ST2014 (Prélèvement 98).

- **Prélèvement du fossé ST2020**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleux - indet.
Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3
Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Quercus sp.	4	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	1	0

Fig. 90 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure ST2020 (Prélèvement 92).

- **Prélèvement du fossé ST2022**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Quercus sp.	11	0	9	0	8	1	1	5	1	

Fig. 91 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure ST2022 (Prélèvement 90).

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	8	22	1,11	0,09	1,02	1,27

Fig. 92 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement 90.

- **Prélèvement du fossé ST2007**

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
Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

Fig. 93 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure ST2007 (Prélèvement 72).

b. Interprétation

Quatre prélèvements ont été effectués à l'intérieur des fossés attribués à la période gallo-romaine.

Les analyses ont permis d'identifier uniquement le chêne et le chêne-châtaigner pour trois des quatre lots (ST2020, ST2022, ST2007). En revanche, le prélèvement du fossé ST2014 a livré des charbons de frêne et surtout de hêtre.

L'estimation du calibre par l'observation des courbures de cerne montre l'utilisation de bois de petit calibre pour les lots des fossés ST2014, ST2020 et de bois de calibre intermédiaire pour le lot ST2022.

De façon générale, une proportion importante des charbons montre des aspects luisants voire très brillants. Il est probable que le phénomène de vitrification ait été favorisé par le petit calibre du bois (Oilic, 2011), mais très certainement aussi par des contextes de combustion réducteurs et de hautes températures (Blaizot *et al.*, 2004). Quelques fragments aux aspects « fondus - très brillants » ont été observés dans les prélèvements des fossés ST2020 et ST2007 (Fig. 92). Ils correspondent à des degrés de vitrification plus poussés. Pour expliquer ces aspects, on peut évoquer des contextes de fours, de fourneaux ou des pratiques de charbonnage (Oilic, 2011).

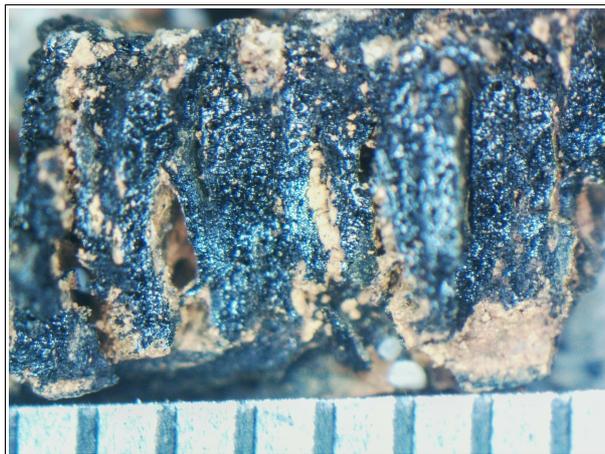


Fig. 94 – Fragment de chêne d'aspect « fondu, très brillant ». Prélèvement n° 92 (ST2020). Grossissement x14. L'échelle représente des millimètres.

Le prélèvement du fossé ST2014, composé de fragments de hêtre et de frêne est atypique pour le site. L'utilisation de ces deux essences, excellents combustibles, est à noter. Tout comme le chêne, le hêtre et le frêne sont des feuillus durs et dégagent de ce fait plus de chaleur, leurs braises durent longtemps et rayonnent davantage. Elles ont donc peut-être été choisies pour alimenter un système technique particulier. Notons l'observation de plusieurs galeries de xylophages à l'intérieur des fragments de hêtre. Il pourrait donc s'agir de bois mort, voire de restes de bois d'œuvre utilisés comme combustible dans un second temps.

Enfin quelques mesures de largeurs de cerne ont été réalisées sur des fragments de chêne de courbure faible à intermédiaire. La valeur moyenne obtenue (1,11 mm) indique des conditions de croissance des arbres difficiles (Fig. 92).

3.4.2. Prélèvements collectés à l'intérieur de fosses

a. Résultats

- **Prélèvement de la fosse ST2105**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	8	0	0	5	0	2	0	6	0

Fig. 95 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure ST2105 (Prélèvement 40).

b. Interprétation

L'étude du prélèvement de la fosse ST2105 a permis d'identifier des charbons de chêne et chêne-châtaigner, provenant de bois de petit calibre. La plupart des charbons avait un aspect dur-luisant, significatif de conditions de combustion chaudes et fermées. Notons que le phénomène serait aussi favorisé pour les fragments de petites dimensions ce qui a pu être le cas ici (Oilic, 2011).

3.4.3. Prélèvements collectés à l'intérieur de foyers

a. Résultats

- **Prélèvement du foyer ST2038**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Insecte
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Fagus sylvatica	13	0	0	11	0	0	1	3	1	1

Fig. 96 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure ST2038 (Prélèvement 96).

b. Interprétation

Le lot collecté dans le foyer ST2038 est composé exclusivement de charbons de hêtre provenant de bois de petit calibre. Quelques fragments avaient un aspect luisant, mais ce n'est pas l'aspect majoritaire de l'ensemble.

Quelques traces de galeries de xylophages ont été observées, caractérisant un bois mort, voire un bois d'œuvre utilisé comme combustible dans un second temps.

Cet ensemble charbonneux ressemble à la composition du lot du fossé ST2014, notamment par la qualité des charbons de hêtre (charbons provenant de bois de petit calibre avec des traces de galeries de xylophages).

3.4.4. Prélèvements sans attribution chronologique

a. Résultats

- **Prélèvements du trou de poteau ST2029**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Fagus sylvatica	5	0	1	1	0	0	0	1	0

Fig. 97 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure ST2029 (Prélèvement 2).

- **Prélèvements de la zone de démolition ST2000**

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 granuleux - indet.
ST2000 – US2001 – PLV57	Pomoidée	8	0	1	6	0	0	0	7	0	0	0	0	0
ST2000 – US2001 – PLV66	Fraxinus sp.	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Pomoidée	2	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
ST2000 – US2001 – PLV69	Quercus sp.	2	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	Acer sp.	6	0	3	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0
	Frag. de brindille indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Fraxinus sp.	5	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0
	Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	4	0	1	1	0	1	0	3	0	0	0	1	0	

Fig. 98 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure ST2000 (Prélèvements 57, 66, 69).

b. Interprétation

● Prélèvements du trou de poteau ST2029

Le prélèvement est composé de charbons de hêtre provenant de bois de petit à moyen calibre. Il pourrait être rapproché des compositions anthracologiques observées pour les structures gallo-romaines ST2014 et ST2038.

● Prélèvements de la zone de démolition ST2000

Trois prélèvements ont été réalisés dans cette structure. L'analyse a permis d'identifier des charbons de chêne, de chêne-châtaigner, de frêne, de Pomoïdée et d'érable.

L'érable, le frêne et le chêne sont des bois durs et denses. Ils sont donc plus énergétiques à la combustion, leurs braises durent plus longtemps et rayonnent davantage. Ils sont connus pour être d'excellents combustibles (Rameau *et al.*, 1989).

Pour les trois lots, ce sont en majorité des fragments provenant de bois de petit calibre, probablement des bois d'allumage.

Une majorité des fragments avait un aspect luisant voire très brillant. Le petit calibre du bois utilisé a probablement favorisé le phénomène de vitrification (Oilic, 2011), mais il faut aussi évoquer des contextes de combustion réducteurs et de hautes températures pour expliquer ces aspects (Blaizot *et al.*, 2004). Les hypothèses de contextes de fours, de fourneaux ou des pratiques de charbonnage sont plausibles.



Fig. 99 – Fragment de frêne de forte courbure de cerne, d'aspect « dur-luisant ». Prélèvement 66 (ST2000). Grossissement x20. L'échelle représente des millimètres.

4. BILAN

Cette étude vient apporter des éléments d'interprétation sous l'angle des vestiges ligneux. Plus de 900 fragments ont été observés pour l'ensemble des 92 prélèvements.

Tableaux récapitulatifs :

N° inventaire et complements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<p>Zone 1 : Four de réduction (ST1)</p> <p>1 lot étudié.</p>	<p>Chêne (<i>Quercus sp.</i>), Chêne/châtaignier (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>)</p>	<p>Restes carbonneux associés à un four de réduction (?)</p> <p>Il s'agit principalement de bois de moyen à gros calibre. Une petite proportion (environ un tiers) de charbons présente des aspects « durs-luisants », « fendus-luisants », voire « très brillants ». Ces traits pourraient être la conséquence d'une combustion en milieu réducteur, en cohérence avec l'hypothèse d'une combustion en four ou une préparation du combustible par charbonnage. <u>Néanmoins, la proportion des charbons observés avec de tels aspects est plutôt faible pour une combustion en four de réduction.</u> Le niveau de vitrification ne semble pas très élevé.</p>	<p>Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp. Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i></p> <p>Mesures sur fragments de chêne de faible et moyenne courbure :</p> <p>Lot ST1 : Moy. = 2,35 mm (N=18 ; Ec-type = 0,4 mm)</p> <p>Contexte de croissance favorable (bois clairs).</p>
<p>Zone 1 : Structure de type « Four » (ST551)</p> <p>2 lots étudiés.</p>	<p>Chêne (<i>Quercus sp.</i>), Chêne/châtaignier (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>)</p>	<p>Rejets de combustion d'un four</p> <p>Une forte proportion des charbons avait des aspects luisants. Ces observations révèlent des conditions de combustions particulières, probablement en milieu chaud et confiné. L'hypothèse de restes de combustibles en provenance d'un four apparaît cohérente.</p> <p>Les fragments montraient pour l'essentiel des courbures de cerne fortes à intermédiaires, c'est dont probablement du bois de moyen calibre (branches) qui a été utilisé dans ce four.</p> <p>Une part importante des fragments du lot 142 présentait aussi des fentes de retrait ce qui caractérise un bois brûlé à l'état « vert ». Ce constat n'est pas renouvelé pour le lot 134. Au contraire, l'observation de galeries de xylophages indiquerait plutôt l'utilisation de bois mort voire de bois d'œuvre.</p>	<p>Boisement de type chênaie</p> <p><i>Quercus sp. Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i></p> <p>Mesures sur fragments de chêne de courbure moyenne :</p> <p>Moy. = 4,17 mm (N=13 ; Ec-type = 0,63 mm)</p> <p>Contextes de croissance favorables (boisements ouverts, lisières ou haies).</p>

Fig. 100 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour les prélèvements associés à des structures de types « fours » de la zone 1, période de La Tène D.

N° inventaire et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<p>Zone 1 : Structures de type « trous de poteaux »</p> <p>35 lots étudiés pour 32 trous de poteaux répartis dans 19 « ensembles fonctionnels » :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ST2, ST4, ST5, ST11, ST30, ST35, ST176, - ST45, - ST59, ST63, - ST72, ST83, - ST148, ST150 - ST160, - ST164, ST165, ST171, - ST185, ST218 - ST254, - ST242, - ST276, - ST299, - ST303, - ST309, ST302 - ST310, - ST320, - ST390, - ST448, - ST545 	<p>Chêne (<i>Quercus sp.</i>), Chêne/châtaignier (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>), noisetier (<i>Corylus avellana</i>), frêne (<i>Fraxinus excelsior</i>), saule (<i>Salix sp.</i>), saule-peuplier (<i>Salix sp.</i> - <i>Populus sp.</i>), tilleul (<i>Tilia sp.</i>), hêtre (<i>Fagus sylvatica</i>), genêt (<i>Cytisus scoparius</i>)</p>	<p>Charbons retrouvés à l'intérieur de trous de poteaux : restes de poteaux et rejets de combustions indéterminées</p> <p>Même si le nombre de charbons étudiés par lot était assez faible (en général moins de dix fragments), des analyses systématiques sur l'ensemble des trous de poteaux ont permis de noter quelques tendances :</p> <p><u>1. Les lots prélevés dans des trous de poteaux situés en périphérie des ensembles fonctionnels (bâtiments?)</u> sont composés exclusivement par des charbons de chêne. L'essentiel de ces fragments montre des courbures de cernes fortes et intermédiaires, ce sont donc des bois de moyen calibre qui ont été utilisés. Parmi les charbons, on détecte régulièrement des fragments dur-luisants liés probablement à des combustions confinées. Ces fragments correspondent peut-être à des restes de parties passées au feu et « enterrées » des poteaux. Assez peu de fragments présentaient des fentes de retrait, c'est donc plutôt un bois sec qui a été utilisé. Notons que l'on pouvait s'attendre à observer davantage de traces de galeries de xylophages (insectes) pour des restes de bois d'œuvre. Seul un fragment du trou de poteau ST390 permet d'observer quelques traces de galeries.</p> <p><u>2. Les trous de poteaux identifiés à l'intérieur des ensembles fonctionnels</u> ont livré des ensembles charbonneux un peu plus diversifiés : l'étude du trou de poteau ST30 a permis d'identifier des fragments de noisetier, de frêne et de chêne. L'analyse des charbons du trou de poteau ST164 a permis d'observer des fragments de saule, saule / peuplier et de chêne. Des restes de brindilles de chêne ont été identifiés dans le trou de poteau ST148. Dans ces cas les fragments provenaient systématiquement de bois de petit calibre. Il s'agit donc vraisemblablement de rejets de combustibles qui sont venus comblés les structures en creux.</p> <p><u>3. Pour les trous de poteaux isolés et situés à l'extérieur des ensembles fonctionnels</u>, plusieurs cas de figures sont observés :</p> <p>- <u>les trous de poteaux isolés, composés uniquement de fragments de chêne et correspondant à des bois de calibre fort à intermédiaire</u> (fragments de courbures de cerne faibles à intermédiaires en plus de thyllés). Il s'agit probablement dans ces cas de restes de poteaux. Quelques fragments luisants sont parfois observés indiquant une combustion en milieu fermé, probablement à la base des poteaux. Exemples : ST320, ST448, ST299.</p> <p>- <u>les ensembles charbonneux composés de fragments provenant de bois de petits calibres</u>. Exemple : ST309 et ST 302 avec des fragments de hêtre et de chêne. Compte-tenu du petit calibre des bois utilisés, il s'agit vraisemblablement de <u>rejets de combustible</u>. De plus, on note une forte proportion de fragments d'aspect luisant (31 / 40 fragments pour ST302). Il est probable que le phénomène de vitrification ait été favorisé par le petit calibre du bois (Oilic, 2011), mais très certainement aussi par un contexte de combustion réducteur et de hautes températures (Blaizot <i>et al.</i>, 2004). Pour expliquer ces aspects, on peut évoquer des contextes de fours, de fourneaux ou des pratiques de charbonnage.</p>	<p>Boisement de type chênaie - hêtraie et chênaie mixte : <i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>, <i>Fagus sylvatica</i>, <i>Tilia sp.</i></p> <p>Boisements ouverts, lisières, landes : <i>Cytisus scoparius</i>, <i>Corylus avellana</i></p> <p>Boisements humides : <i>Salix sp.</i>, <i>Salix sp.</i> - <i>Populus sp.</i>, <i>Fraxinus excelsior</i></p> <p>Mesures sur fragments de chêne de faible et moyenne courbure :</p> <p>Des mesures ont été réalisées sur 15 lots.</p> <p>Excepté pour quatre prélèvements, les valeurs moyennes obtenues sont faibles. On constate des valeurs allant de 0,5 mm à 2,09 mm ce qui caractérise des conditions de croissance des arbres difficiles. On peut émettre l'hypothèse de collecte dans des boisements denses ou dans des secteurs contraignant la croissance des arbres (ex. sols pauvres).</p> <p>Les moyennes calculées pour les lots attribués à des restes de combustibles (ST303, ST 302 et ST310) sont de l'ordre de 3 à 5,5 mm ce qui correspond à des contextes de croissance très favorables : par exemple des boisements ouverts, des haies ou des arbres isolés.</p>

Fig. 101 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour les prélèvements associés à des structures de type « trous de poteaux » de la zone 1, période de La Tène D.

N° inventaire et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<p>Zone 1 : Prélèvements de fossés</p> <p>18 lots étudiés.</p> <p>Fossés ST243, ST271, ST280, ST295</p>	<p>Chêne (<i>Quercus sp.</i>), Chêne/châtaignier (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>), genêt (<i>Cytisus scoparius</i>), hêtre (<i>Fagus sylvatica</i>), tilleul (<i>Tilia sp.</i>), Pomoïdées (Pomoïdeae)</p>	<p>Rejets de combustion d'origine indéterminée (domestique ?)</p> <p>Il s'agit généralement de bois de petit et moyen calibre. Il y a quelques fragments provenant de moyen calibre, très rarement de gros calibre. L'hypothèse d'une utilisation de bois de petit calibre pour l'allumage puis de moyen calibre pour la phase d'entretien est plausible.</p> <p>Les aspects des charbons sont apparus assez hétérogènes, parfois « fendus », « durs-luisants », « fendus-luisants ». Ces observations sont probablement le reflet des diverses combustions liées aux usages domestiques et artisanaux du site.</p> <p>Le calcul de l'indice de concentration de Pareto effectué sur la totalité des charbons étudiés pour le fossé ST271 montre que 20% des taxons représentent environ de 80% des charbons. Le résultat est donc très proche du rapport d'équilibre connu entre biomasse et répartition des essences dans un écosystème végétal.</p> <p>La composition anthracologique observée pour l'ensemble du fossé ST271 fournit une image probablement assez fidèle de la végétation qui a été explorée autour du site. A savoir une chênaie dominante avec quelques hêtres et tilleuls, complétée par une végétation de sous-bois et de lisière constituée de genêts, Pomoïdées et noisetiers.</p>	<p>Boisement de type chênaie - hêtraie et chênaie mixte: <i>Quercus sp.</i>, <i>Fagus sylvatica</i>, <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>, <i>Tilia sp.</i></p> <p>Boisement ouvert, lisière, haie : Pomoïdeae, <i>Cytisus scoparius</i></p> <p>Mesures sur fragments de chêne de faible et moyenne courbure :</p> <p>Lot 111 (ST271) : Moy. = 0,89 mm (N=3 ; Ec-type = 0,03 mm)</p> <p>Lot 160 (ST271) : Moy. = 1,08 mm (N=3 ; Ec-type = 0,42 mm)</p> <p>Contextes de croissance difficiles.</p>
<p>Zone 1 : Prélèvements de fosses</p> <p>8 lots étudiés.</p> <p>Fosses ST20, ST27, ST88, ST90, ST123, ST210, ST228, ST387</p>	<p>Chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne/châtaignier (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>), Pomoïdées (Pomoïdeae)</p>	<p>Restes charbonneux issus de rejets de combustions ouvertes (foyers ?, excepté pour ST88)</p> <p>Une grande partie des lots n'était composée que de quelques charbons. Seuls les prélèvements des fosses ST387 et ST88 ont permis d'étudier plus d'une dizaine de fragments.</p> <p>Excepté le lot de la fosse ST88, peu de charbons présentaient des aspects luisants, ce qui caractérise plutôt des combustions de contextes ouverts (foyers?).</p> <p>La plupart des charbons de chêne proviennent de bois de calibre intermédiaire. En revanche les fragments de Pomoïdées semblent correspondre à des bois de petit calibre. Dans le cadre d'une hypothèse de rejets de combustions ouvertes de type foyers, on peut donc supposer que le bois de chêne a été utilisé pour entretenir les combustions, le bois de Pomoïdées ayant servi lors des phases d'allumage.</p>	<p>Boisement de type chênaie mixte <i>(Quercus sp.</i> , <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.)</i></p> <p>Boisement ouvert, lisière, haie : Pomoïdeae</p>

Fig. 102 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour les prélèvements associés à des structures de types fosses et fossés de la zone 1, période de La Tène D.

N° d'inventaire et complements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<p>Zone 2 : Période de La Tène B-C.</p> <p>Prélèvements de fossés</p> <p>7 lots étudiés.</p> <p>Fosses ST2033, ST2046, ST2150</p>	<p>Chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne-châtaigner (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>), frêne (<i>Fraxinus excelsior</i>), genêt (<i>Cytisus scoparius</i>)</p>	<p>Rejet de combustion de type « foyer »</p> <p>Ce sont essentiellement des charbons de chêne et chêne-châtaigner qui ont été identifiés. Ils proviennent de bois de petit et moyen calibre.</p> <p>Les aspects des charbons nous sont apparus assez hétérogènes. Certains fragments montraient des aspects luisants mais dans des proportions mesurées.</p> <p>Quelques fragments de genêt (<i>Cytisus scoparius</i>) et de frêne (<i>Fraxinus sp.</i>) correspondant à des bois de petit calibre ont aussi été observés.</p> <p>On peut donc penser que de petites branches de genêt et de frêne ont été utilisées lors de phases d'allumage, le bois de chêne ayant servi lors de l'entretien de combustions. Ces observations vont dans le sens de rejets de combustions de type « foyer ».</p>	<p>Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i> <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i></p> <p>Boisement ouvert, lisière, haie : <i>Pomoïdeae</i>, <i>Fraxinus excelsior</i></p> <p>Boisements humides : <i>Fraxinus excelsior</i></p>
<p>Zone 2 : Période de La Tène B-C.</p> <p>Prélèvements de fosses</p> <p>2 lots étudiés.</p> <p>Fosses ST2011, ST2083</p>	<p>Chêne (<i>Quercus sp.</i>),</p>	<p>Rejets de bois d'œuvre (?)</p> <p>L'observation des courbures de cernes montre l'utilisation de bois de moyen calibre pour la structure ST2011 et de moyen à gros calibre pour la structure ST2083.</p> <p>Quelques charbons avaient des aspects luisants mais dans des proportions modestes.</p> <p>Notons quelques traces de galeries de xylophages sur un fragment de la structure ST2083. C'est là un indice de bois mort et/ou de bois d'œuvre. Aucune fente de retrait n'a été observée indiquant l'utilisation de bois sec.</p> <p>Au regard de ces résultats, les compositions anthracologiques correspondent probablement à des restes de bois d'œuvre, peut-être des poteaux.</p>	<p>Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i></p> <p>Mesures sur fragments de chêne de faible et moyenne courbure :</p> <p>Lot 84 (ST2083) : Moy. = 2,36 mm (N=20 ; Ec-type = 0,33 mm)</p> <p>Contextes de croissance intermédiaires.</p>
<p>Zone 2 : Période de La Tène B-C.</p> <p>Prélèvements de silo</p> <p>3 lots étudiés.</p> <p>Silo ST2127</p>	<p>Chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne / châtaigner (<i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i>),</p>	<p>Rejets de bois d'œuvre (?)</p> <p>Les fragments correspondent à des bois de moyen calibre.</p> <p>L'observation des aspects des charbons n'a pas permis d'identifier de tendance particulière.</p> <p>Il s'agit peut-être de restes de bois d'œuvre.</p>	<p>Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i></p>
<p>Zone 2 : Période de La Tène B-C.</p> <p>Prélèvements de trous de poteaux</p> <p>3 lots étudiés.</p> <p>Trous de poteaux ST2053, ST2059, ST2066</p>	<p>Chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne / châtaigner (<i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i>), Pomoïdeae</p>	<p>Rejets de combustion (?).</p> <p>Les lots ont fourni des petites quantités de charbons, il n'est donc pas facile d'interpréter les mesures de calibre ou d'aspect de façon fiable.</p> <p>Toutefois, la détection à la fois de fragments de Pomoïdeae, de chêne, chêne-châtaigner dans le trou de poteau ST2053 pourrait rapprocher cette composition d'un rejet de combustion.</p>	<p>Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i> <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i></p> <p>Boisement ouvert, lisière, haie : <i>Pomoïdeae</i></p> <p>Mesures sur fragments de chêne de faible et moyenne courbure :</p> <p>Lot 100, Moy. = 1,01 mm (N=3 ; Ec-type = 0,16 mm)</p> <p>Contextes de croissance très difficiles.</p>

Fig. 103 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour les prélèvements associés à des structures de types fosses et fossés de la zone 2, période de La Tène B-C.

N° inventaire et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
Zone 2 : Période de La Tène finale Prélèvements de fossés 1 lot étudié. Fossé ST2010	Chêne (<i>Quercus sp.</i>)	Rejet de combustion d'origine indéterminée Un seul fragment a été étudié dans ce lot, il s'agit d'un charbon de chêne d'aspect fendu-luisant.	Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i>

Fig. 104 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour les prélèvements associés à des structures de types fossés et fossés de la zone 2, période de La Tène Finale.

N° inventaire et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
Zone 2 : Période gallo-romaine Prélèvements de fossés (ST2014, ST2020, ST2022) 4 lots étudiés.	Chêne (<i>Quercus sp.</i>), Chêne/châtaignier (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>), Hêtre (<i>Fagus sylvatica</i>), Frêne (<i>Fraxinus excelsior</i>),	Rejet de combustion confinée (fours ? Charbonnage ?, parties de poteaux enterrées ?), restes de bois d'oeuvre ? L'estimation du calibre par l'observation des courbures de cerne montre l'utilisation de bois de petit calibre pour les lots des fossés ST2014, ST2020 et de bois de calibre intermédiaire pour le lot ST2022. Une proportion importante des charbons montre des aspects luisants voire très brillants. Il est probable que le phénomène de vitrification ait été favorisé par le petit calibre du bois, mais très certainement aussi par des contextes de combustion réducteurs et de hautes températures. Quelques fragments aux aspects « fondus - très brillants » ont été observés dans les prélèvements des fossés ST2020 et ST2007. Ils correspondent à des degrés de vitrification plus poussés. Pour expliquer ces aspects, on peut évoquer des contextes de fours, de fourneaux ou des pratiques de charbonnage. Notons l'utilisation de bois de hêtre et de frêne dans le lot du fossé ST2014 et l'observation de plusieurs galeries de xylophages dans des fragments de hêtre. Il pourrait donc s'agir de bois mort, voire de restes de bois d'oeuvre utilisés comme combustible dans un second temps.	Boisement de type chênaie - hêtraie : <i>Quercus sp.</i> <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i> <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> Boisements humides : <i>Fraxinus excelsior</i> Mesures sur fragments de chêne de faible et moyenne courbure : Lot 90 (ST2022) : Moy. = 1,11 mm (N=8 ; Ec-type = 0,09 mm) Contexte de croissance difficile (bois dense ?).
Zone 2 : Période gallo-romaine Prélèvement de fosse ST2105, 1 lot étudié	Chêne (<i>Quercus sp.</i>), Chêne/châtaignier (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>)	Rejet de combustion confinée L'étude du prélèvement de la fosse ST2105 a permis d'identifier des charbons de chêne et chêne-châtaignier provenant de bois de petit calibre. La plupart des charbons avait un aspect dur-luisant, significatif de conditions de combustion chaudes et fermées. Notons que le phénomène serait aussi favorisé pour les fragments de petites dimensions ce qui a pu être le cas ici.	Boisement de type chênaie <i>Quercus sp.</i> , <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>
Zone 2 : Période gallo-romaine Prélèvement de foyer ST2038, 1 lot étudié	Hêtre (<i>Fagus sylvatica</i>),	Rejet de combustion de type foyer Le lot collecté dans le foyer ST2038 est composé exclusivement de charbons de hêtre provenant de bois de petit calibre. Quelques fragments avaient un aspect luisant, mais ce n'est pas l'aspect majoritaire de l'ensemble. Quelques traces de galeries de xylophages ont été observées, caractérisant un bois mort, voire un bois d'oeuvre utilisé comme combustible dans un second temps.	Boisement de type chênaie - hêtraie : <i>Fagus sylvatica</i> ,

Fig. 105 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour les prélèvements associés à des structures de la zone 2, période gallo-romaine.

N° inventaire et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<p>Zone 2 : Sans attribution chronologique</p> <p>Trou de poteau ST2029</p> <p>1 lot étudié</p>	<p>Hêtre (<i>Fagus sylvatica</i>)</p>	<p>Le prélèvement est composé de charbons de hêtre provenant de bois de petit à moyen calibre. Il pourrait être rapproché des compositions anthracologiques observées pour les structures gallo-romaines ST2014 et ST2038.</p>	<p>Boisement de type chênaie - hêtraie : <i>Fagus sylvatica</i></p>
<p>Zone 2 : Sans attribution chronologique</p> <p>Zone de démolition ST2000</p> <p>3 lots étudiés</p>	<p>Chêne (<i>Quercus sp.</i>), Chêne/châtaignier (<i>Quercus sp. - Castanea sp.</i>), Frêne (<i>Fraxinus excelsior</i>), Pomoïdée (Pomoïdeae), Erable (<i>Acer sp.</i>)</p>	<p>Rejet de combustion indéterminée</p> <p>L'érable, le frêne et le chêne sont des bois durs et denses. Ils sont donc plus énergétiques à la combustion, leurs braises durent plus longtemps et rayonnent davantage. Ils sont connus pour être d'excellents combustibles (Rameau <i>et al.</i>, 1989).</p> <p>Pour les trois lots ce sont en majorité des fragments provenant de bois de petit calibre, probablement des bois d'allumage.</p> <p>Une majorité des fragments avait un aspect luisant voire très brillant. Le petit calibre du bois utilisé a probablement favorisé le phénomène de vitrification, mais il faut aussi évoquer des contextes de combustion réducteurs et de hautes températures pour expliquer ces aspects. Les hypothèses de contextes de fours, de fourneaux ou des pratiques de charbonnage sont plausibles.</p>	<p>Boisement de type chênaie - hêtraie : <i>Quercus sp. Quercus sp. - Castanea sp. Fagus sylvatica, Fraxinus excelsior, Acer sp.</i></p> <p>Boisement ouvert, lisière, haie : <i>Pomoïdeae, Fraxinus excelsior</i></p> <p>Boisements humides : <i>Fraxinus excelsior</i></p>

Fig. 106 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour les prélèvements associés à des structures de la zone 2, sans attribution chronologique.

- **Informations d'ordre environnemental**

Onze taxons anthracologiques ont été identifiés dans cette étude. Le taxon dominant correspond au chêne, détecté dans pratiquement l'ensemble des structures. On constate ensuite par ordre d'importance le hêtre, la famille des Pomoïdées, le frêne, le genêt, le tilleul, le noisetier, l'érable, le saule et saule-peuplier.

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

- les groupements forestiers de la **chênaie diversifiée** avec le chêne (*Quercus sp.*), le chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*), le tilleul (*Tilia sp.*) et de la **chênaie-hêtraie** avec le chêne (*Quercus sp.*), le hêtre (*Fagus sp.*), voire le frêne (*Fraxinus excelsior*) et l'érable (*Acer sp.*). Notons que le groupement de la chênaie-hêtraie correspond au groupement forestier caractéristique de la période climatique du Subatlantique, largement détecté par la palynologie et majoritaire dans le nord-ouest de la France (Gaudin, 2004).
- **les lisières forestières, haies, associations héliophiles de sous-bois** : avec la détection des Pomoïdées (*Pomoideae*), du frêne (*Fraxinus excelsior*), du noisetier (*Corylus avellana*) et de l'érable (*Acer sp.*). Le genêt (*Cytisus scoparius*) est caractéristique de **landes-fourrés, de haies**. Ces essences attestent l'existence d'espaces ouverts ou clairsemés dans l'aire de ramassage.
- **les boisements hygrophiles** sont perçus avec le saule et saule / peuplier (*Salix sp., Salix sp. / Populus sp.*) et peut-être le frêne (*Fraxinus excelsior*). Ces boisements pourraient provenir d'une zone humide, de bord de cours d'eau ou depuis une zone alluviale.

La rareté des essences pionnières (un seul fragment de noisetier a été détecté) indique une aire de collecte orientée vers des boisements « mûres » (forêts denses ?).

Le calcul de l'indice de concentration de Pareto effectué sur la totalité des charbons étudiés pour le fossé ST271 montre que 20% des taxons représentent environ de 80% des charbons (Fig. 65). Le résultat est donc très proche du rapport d'équilibre théorique entre biomasse et répartition des essences dans un écosystème végétal (Chabal *et al.*, 1999). La composition anthracologique observée pour l'ensemble de ce fossé fournit donc une image probablement assez fidèle de la végétation qui a été explorée autour du site au cours de La Tène D. A savoir une chênaie dominante avec quelques hêtres et tilleuls, complétée par une végétation de sous-bois et de lisière constituée de genêts, Pomoïdées et noisetiers.

Les mesures de largeurs de cernes réalisées sur les fragments de chêne de gros et moyen calibre ont permis de calculer des moyennes pour 22 prélèvements. Nous constatons pour 15 des 22 prélèvements des valeurs moyennes inférieures à 2 mm. Ces valeurs correspondent à des croissances difficiles, en liaison avec des contextes abiotiques (ex. sols pauvres, météorologie,...) et/ou biotiques contraignants (compétition vis à vis des ressources, ex. chênaie dense). Seuls quelques lots ont permis d'obtenir des moyennes importantes, parfois largement supérieures à 2 mm (exemples les lots ST303, ST302, ST310, ST551). Même si les collectes de bois se sont donc principalement orientées vers les forêts mûres, ces valeurs montrent la coexistence de haies, et d'espaces ouverts formant des contextes de croissance favorables et qui ont pu être ponctuellement explorés pour ramasser du bois.

Nous ne percevons pas de tendance nette dans l'évolution des moyennes des largeurs de cernes à travers les différentes périodes. Ce constat montre une stabilité dans la structure des boisements explorés autour des sites entre La Tène moyenne et la période gallo-romaine.

En ce qui concerne le calibre du bois utilisé, nous constatons pour l'ensemble des prélèvements une majorité de fragments montrant des courbures de cerne fortes et intermédiaires. Les fragments montrant des courbures de cerne faibles sont assez rares (ex. lot ST1, ST2083), ils correspondent systématiquement à du chêne. C'est donc avant tout du bois de branches, voire de brindilles (pour l'allumage) qui a globalement été utilisé. Seuls quelques charbons de chêne pourraient provenir de bois de gros calibre (grosses branches) mais qui n'ont dû être utilisés que ponctuellement.

- Informations d'ordre technique :

Les lots anthracologiques étudiés proviennent de différents types de structures et montrent des compositions anthracologiques différentes :

- les cavités de type « trou de poteau » situées en périphérie des « zones fonctionnelles » correspondent systématiquement à des bois de chêne de moyen calibre. Les charbons proviennent probablement des restes de poteaux des bâtiments.
- les cavités de type « trou de poteau » situées à l'intérieur des « zones fonctionnelles » montrent des compositions anthracologiques plus diversifiées tant au niveau des calibres que des essences. Il est probable que les charbons recueillis dans ce type de structure proviennent pour une partie des rejets de foyers issus des activités domestiques, voire artisanales.
- pour les trous de poteaux « isolés », on constate à la fois des charbons provenant parfois de bois de chêne de moyen à gros calibre, probablement des poteaux et parfois des charbons issus de rejets de combustions.
- Les structures de types « fosses » et « fossés » ont probablement recueilli des charbons issus des diverses combustions du site. On ne constate pas de compositions anthracologiques spécifiques. Le calcul de l'indice de concentration de Pareto sur la totalité des charbons analysés dans le fossé ST271 montre que les proportions des charbons est très proche des rapports de la biomasse constatés dans un environnement naturel. Ce résultat s'explique vraisemblablement par les multiples combustions qui se sont déroulées durant toute l'occupation du site, donnant l'image d'un ramassage exhaustif de l'environnement autour du site.
- Les structures identifiées comme des fours (ST551) et fours de réduction (ST1) ont montré des charbons luisants en des proportions plus ou moins importantes. Ces aspects sont généralement le résultat de combustions en milieu confiné ce qui est cohérent avec ces types de structures. On pouvait néanmoins s'attendre à observer davantage de charbons « durs-luisants » pour le four de réduction (ST1).

L'aspect « luisant » est un caractère détecté sur la plupart des ensembles anthracologiques analysés.

Le phénomène à l'origine de ces aspects n'est pas encore parfaitement compris. Il semble néanmoins que des contextes de combustion anaérobies et de hautes températures soient favorables au processus de « vitrification » (exemple : bas fourneaux, fours, pratiques de charbonnage selon Blaizot *et al.*, 2004 ; Oilic, 2011).

Si le phénomène peut assez aisément être rapproché des contextes de « fours » évoqués précédemment (ST1 et ST551), pour certains charbons interprétés comme des restes de poteaux on peut aussi évoquer des combustions en contextes confinés liées à la combustions des poteaux sur place ou des « passages au feu » afin d'assainir les poteaux avant leurs implantations.

Les pratiques de charbonnages pourraient aussi expliquer l'aspect de certains charbons. La nature des compositions taxonomiques semble corroborer cette hypothèse. En effet, le chêne, le hêtre, l'érable, les Pomoïdées voire le châtaignier correspondent à des bois durs et denses. Ils se consomment lentement et dégagent davantage de chaleur que les bois tendres (ex. bouleau, saule) à condition qu'ils soient bien secs, ce qui est globalement le cas. Ce sont donc de bons combustibles se prêtant potentiellement bien au charbonnage.

5. BIBLIOGRAPHIE

- BLAIZOT F., FABRE L., WATTEZ J., VITAL J., COMBES P., 2004 - *Un système énigmatique de combustion au Bronze moyen sur le plateau d'Espalem (canton de Blesle, Haute-Loire)* In: Bulletin de la Société préhistorique française. tome 101, N. 2. pp. 325-344.
- CHABAL L., 1997 - *Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive) L'anthracologie, méthode et paléoécologie*. Documents d'Archéologie Française. Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 63, p. 18-61.
- CHABAL L., FABRE L., TERRAL J.-F. and THERY-PARISOT I., 1999 - *L'anthracologie*. In BROCHIER J.E., BOURQUIN-MIGNOT C., CHABAL L., CROZAT S., FABRE L., GUIBAL F., MARINVAL P., RICHARD H., TERRAL J.-F., THERY I. (éds.), Errance (Collection "Archéologiques"). La Botanique, Paris, 207 p.
- 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.
- MARGUERIE D., BERNARD V., BEGIN Y., TERRAL J.-F., 2010 - Dendroanthracologie p. 311-347 in PAYETTE S., FILION L., *La Dendroécologie : Principes, méthodes et applications*. Presses de l'Université Laval, Québec
- MARGUERIE D., HUNOT J.-Y. 2007 - *Charcoal analysis and dendrology : data from archaeological sites in north-western France*. Journal of Archaeological Science. p. 1417-1433
- MARGUERIE D., 1992a - *Évolution de la végétation sous l'impact humain en Armorique du Néolithique aux périodes historiques*. Travaux du Laboratoire d'Anthropologie Rennes, 40, 262 p.
- MARGUERIE D., 1992b - Charbons de bois et paléoenvironnement atlantique. *Dossier A.G.O.R.A. Les bois archéologiques*, n°2, p. 15-20.
- OILIC J.-C., 2011 - *Végétation, peuplement, métallurgie en Brocéliande : étude interdisciplinaire de la forêt de Paimpont (Bretagne, France) depuis le Tardiglaciaire*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 320 p.
- PRIOR J., ALVIN K. L., 1986 - *Structural changes on charring woods of Dichrostachys and Salix from southern Africa : The effect of moisture content*. International Association of Wood Anatomists. Bulletin (Special issue), 7, p. 243 - 249.
- RAMEAU J.C., MANSION D. et DUME G., 1989 - *Flore forestière française, guide écologique illustré*. T.1, plaines et collines, Institut pour le développement forestier, Paris, 1785 pages.
- SCHWEINGRUBER F. H., 1982 - *Microscopic Wood Anatomy*. Flück-Wirth, Teufen.
- SCHWEINGRUBER F. H., 2011 - *Anatomie europäischer Hölzer - Anatomy of European Woods*. Verlag Kessel , 800 p.
- MCPARLAND L.C., COLLINSON M.E., SCOTT A.C., CAMPBELL G., VEAL R., 2010 - Is vitrification in charcoal a result of high temperature burning of wood? *Journal of Archaeological Science*, doi: 10.1016/j.jas.
- NICOLAS E., BLANCHET A., BRISOTO V., CHEREL A.-F., DAOULAS G., GUITTON V., HENAFF A., HINGUANT S., JOUANET N., LABAUNE-JEAN F., LE FORESTIER S., SEIGNAC K., 2013 - *Châteaulin (29). Penn ar Roz : un site d'activité métallurgique protohistorique et antique*. Rapport de fouille, Cesson Sévigné, Inrap, Grand ouest, 2013, 364 p.

6. ANNEXE – Photographies

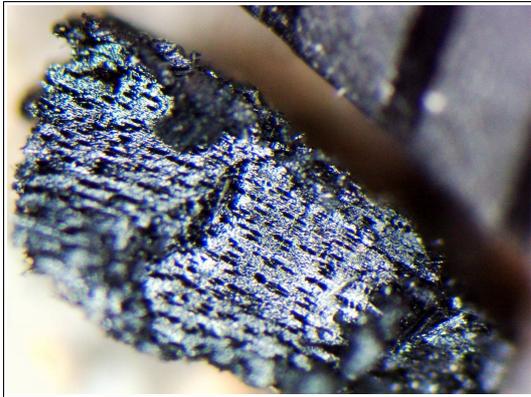


Fig. 107 – Fragment de tilleul (*Tilia sp.*). Prélèvement 108 (ST280 - US422). Grossissement x40. L'échelle représente des millimètres.

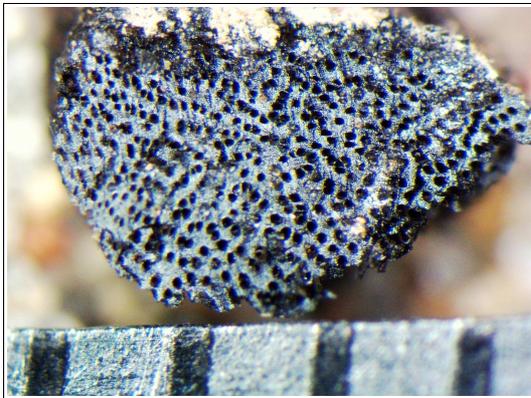


Fig. 108 – Fragment de saule (*Salix sp.*). Prélèvement 55 (ST164). Grossissement x35. L'échelle représente des millimètres.

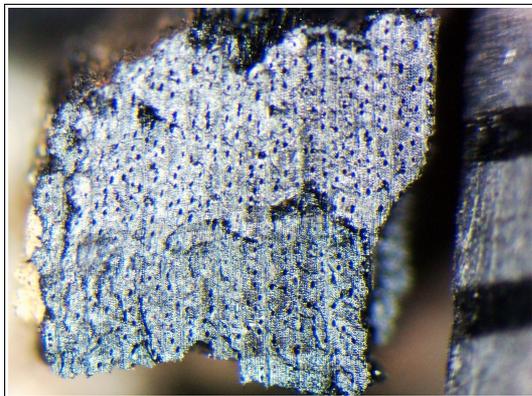


Fig. 109 – Fragment d'érable (*Acer sp.*). Prélèvement 69 (ST2001). Grossissement x40. L'échelle représente des millimètres.

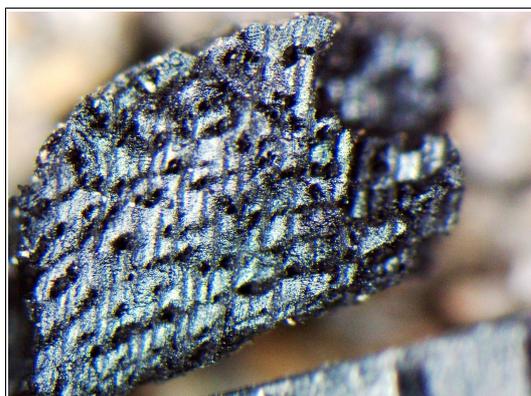


Fig. 110 – Fragment de fabacée ligneuse type genêt (*Cytisus scoparius*). Prélèvement 110 (ST271). Grossissement x33. L'échelle représente des millimètres.