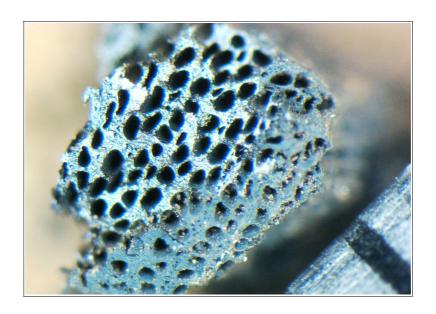


ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES : ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES



Identification de charbons sélectionnés pour des datations radiocarbones prélevés lors d'une opération sur le site de Garnich-Gestaids sur la commune de Grevenmacher (Luxembourg).

OPÉRATION: ANNÉE 2023-2024

INRA

SERVICE D'ARCHÉOLOGIE PROTOHISTORIQUE

Janvier 2024

Institut National de Recherches Archéologiques

Service d'archéologie protohistorique
<u> </u>
Identification de charbons sélectionnés pour des datations radiocarbones prélevés lor d'une opération sur le site de Garnich-Gestaids sur la commune de Grevenmacher (Luxembourg).
Opérations :
Loïc GAUDIN

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

E-mail: loic.gaudin@arkeomap.com

Site web: arkeomap.com

Janvier 2024

<u>Illustration de la page de couverture :</u>

Fragment charbonneux de chêne caducifolié (Quercus sp), observé sous stéréomicroscope, coupe transversale, montrant des cernes très serrés et sans thylles. Prélèvement du sac « Scorie 3 » (fragment du tube $n^{\circ}1$) grossissement x30, l'échelle représente des millimètres.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS	
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEME	
D'INTERPRETATION	
2.1. Équipement d'observation	6
2.2. Méthodologie	
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux	12
2.4. Les principales essences et formations végétales observées, éléments	
d'interprétationd'interprétation	14
3. INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES PRELEVEMENTS	15
4. RESULTATS D'ANALYSES	
4.1. Prélèvements du sac « Scorie 1 »	16
4.2. Prélèvements du sac « Scorie 2 »	18
4.3. Prélèvements du sac « Scorie 3 »	
4.4. Prélèvements du sac « Scorie 4 »	22
5. BIBI TOGRAPHIF	24

INTRODUCTION

Ce document présente un inventaire de fragments charbonneux qui ont été sélectionnés en vue de datations radiocarbones sur le site de Garnich-Gestaids sur la commune de Grevenmacher (Luxembourg).

Les fragments étaient associés à des scories.

L'objectif est d'analyser ces charbons afin principalement d'identifier les essences, mais aussi dans la mesure du possible, d'observer un certain nombre de traits anatomiques en vue d'enrichir l'interprétation archéologique.

Ce rapport fait état des observations anthracologiques effectuées sur des fragments de diverses dimensions, parfois des micro-charbons.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Chacun des prélèvements a fait l'objet d'une observation complète.

INVENTAIRE AN	INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE									
Commune :	Sites de Garnich-Gestaids sur la commune de Remerschen (Luxembourg)									
Nom de l'opération / Lieu-Dit :										
Année :	2024									
N° OA:										
Resp. d'Op. ou commanditaire	Iliya Hadzhipetkov (Commanditaire)									
Type d'opération :										
Période d'analyse pressentie	Mois de janvier 2024									

nº plv	Description / type attendu	Description / type attendu	Fragments observés	Fragments sélectionnés pour datation
Sac "Scorie 1"	charbons associés à des scories	charbons luisants	10	3
Sac "Scorie 2"	charbons associés à des scories	charbons luisants	4	2
Sac "Scorie 3"	charbons associés à des scories	charbons luisants	10	2
Sac "Scorie 4"	charbons associés à des scories	charbons luisants	10	1
			34	8

Fig. 1 – Inventaire des 4 prélèvements et effectifs des fragments analysés.

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. 2 - 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.

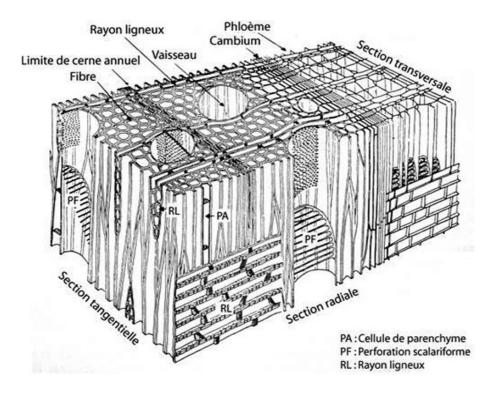


Fig. 3 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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

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

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

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

De plus, toute une série d'espèces a été réunie dans le groupe des Pomoïdées, sous-famille des Rosacées. Les espèces suivantes s'y retrouvent : Amélanchier (Amelanchier ovalis), Cotonéaster (Cotoneaster sp.), Aubépine (Crataegus sp.), Néflier (Mespilus germanica), Poirier-Po mmier (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) (Marquerie, 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.

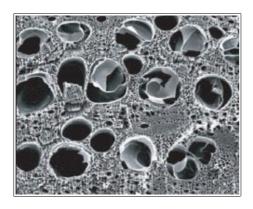
- le rythme de croissance

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 : distinction entre bois de cœur et bois d'aubier

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

Elles sont bien visibles sous un microscope optique car elles sont réfringentes dans les charbons de bois. Elles sont faciles à repérer chez le chêne (Marguerie et al., 2010). Ce critère est utilisé pour écarter des charbons du bois de cœur et sélectionner les fragments d'aubier, plus favorables aux datations radiocarbones. On estime en effet que le bois d'aubier correspond en moyenne, aux trente dernières années de vie de l'arbre.



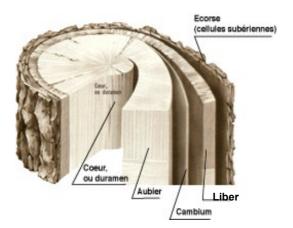


Fig. 4 – A gauche : Photographie prise au microscope électronique de thylles dans les vaisseaux du duramen carbonisé de chêne (Marguerie et al., 2010). A droite, schéma permettant de distinguer les différents tissus composant le bois. Nous distinguons notamment le bois de cœur (ou duramen) associé à la présence de thylles, des autres tissus dont l'aubier (thylles absents).

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



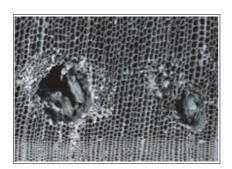
Dans les vaisseaux observés en coupe longitudinale, des filaments blancs sont parfois détectés. Ils correspondent aux hyphes qui envahissent et pénètrent dans le bois mort ou mourant en conditions aérobies à partir des champignons qui se développent à la surface des arbres.

Fig. 5 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marquerie *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 (Marquerie et al., 2010).

Fig. 6 – Galerie d'insectes xylophages dans un charbon de pin sylvestre (*Pinus sylvestris L.*) (Marguerie *et al.*, 2010).

- la présence de fentes radiales de retrait et vitrification.



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

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

Fig. 7 – 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 anaéorobie" (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. Oillic réutilisa une classification du « degré de vitrification » de D. Marguerie et J.-Y. Hunot (2007).

Il discerne quatre niveaux de vitrification :

- <u>1. Aspect mat</u>: 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.
- <u>3. Aspect fondu</u>: 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.

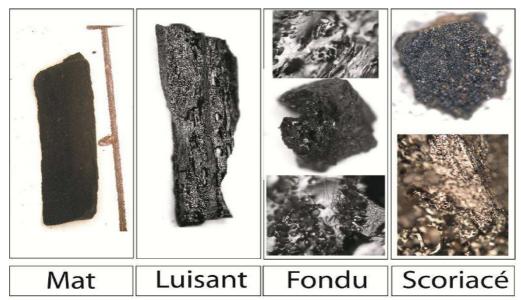
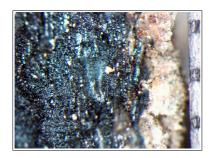


Fig. 8 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les lots anthracologiques (Oilic, 2011).

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 effet avaient aspect en un « 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 cinquième cellulaires. Un aspect « granuleux » (Fig. 9) a donc parfois été utilisé.

Fig. 9 - Exemple de fragments charbonneux avec un aspect « granuleux ».

2.3. Observation macroscopique du plan ligneux

- Observations de caractères dendrologiques :

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

- 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.

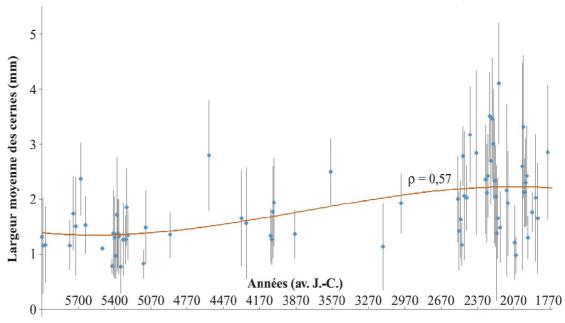


Fig. 10 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie et al., 2010).

Le graphique ci-dessus exprime des largeurs moyennes de cerne entre le Néolithique et l'Antiquité (Fig. 8). 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.

<u>- Estimation du calibre des arbres, recherche du diamètre des arbres</u> utilisés : Mesures des calibres

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

Trois catégories de courbures sont potentiellement renseignées : faible, intermédiaire, forte (Fig. 11). Par exemple, une faible courbure de cerne indiquera la provenance d'au moins une pièce de bois de gros calibre : grosse branche ou tronc. Nous parlons alors de calibre des charbons de bois.

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



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

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

L'étude des 4 prélèvements a permis de déterminer uniquement des fragments de **chêne**, voire dans un cas le « chêne-châtaignier ». Les déterminations ont été réalisées à l'aide d'atlas d'anatomie du bois (Schweingruber, 2011) et l'utilisation de référentiels anthracologiques. Toutefois, compte tenu du caractère très fragmentaires des charbons, il n'a pas toujours été possible d'observer l'ensemble des plans et critères anatomiques. Sur certains fragments, la détermination est suggérée dans les commentaires, mais l'ensemble des critères anatomiques observés étaient objectivement insuffisants pour identifier l'essence à coup sûr.

L'autoécologie des taxons identifiés peut apporter quelques éléments d'interprétation (Rameau et al., 1989 ; 2008) :

- Le chêne (Quercus sp.) à feuilles caduques correspond indifféremment, dans le domaine géographique considéré au chêne pubescent (Quercus pubescens), chêne sessile (Quercus petraea) voire au chêne pédonculé (Quercus robur) qui est plus rare dans l'aire méditerranéenne. Le chêne est surtout apprécié comme combustible, bon charbon de bois, il est plutôt difficile à travailler, même s'il peut être occasionnellement utilisé comme bois de charpente.

Le chêne peut parfois vivre jusqu'à 500 ans, voire pour certains individus 1000 ans. En vue de datations radiocarbones, les charbons de chêne sont donc potentiellement très sensibles à « l'effet vieux bois ». D'où l'intérêt de ne sélectionner que des fragments provenant de l'aubier. Les quelques fragments potentiellement intéressants pour des datations proviennent uniquement de l'aubier.

Le châtaignier (Castanea sp.) aurait une distribution naturelle en Corse, sur le pourtour méditerranéen et sans doute dans quelques points des Cévennes, Maures 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 calcaire : 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 (Rameau et al., 1989).

Remarque sur la détection du châtaignier :

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

3. INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES PREI EVEMENTS

Les quatre prélèvements ont livré des charbons.

Lorsque des fragments ont été observés, ils ont systématiquement été extraits et isolés dans des tubes numérotés et placés dans des sachets correspondant à chaque prélèvement (cf. inventaire Fig. 1). En vue d'obtenir des datations les plus précises possible, nous avons fait en sorte d'isoler chaque fragment par tube.

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

Parfois aussi, certains fragments sont restés indéterminés. Toutefois, afin de disposer de « suffisamment » de masse charbonneuse pour les datations, nous avons fait en sorte de conserver tous les fragments.

Les résultats sont présentés sous la forme de tableaux.

- Pour chaque échantillon, nous proposons un tableau de synthèse par taxon, avec différents critères dendrologiques (type de courbure de cerne, rythme de croissance, type de combustion).
- Un autre tableau détaille les caractéristiques pour chaque fragment avec l'identifiant correspondant à chaque tube.

Dans ce type de tableau, la dernière colonne montre un indice de priorité en vue de réaliser une datation C14.

Afin d'éviter « l'effet vieux bois » (certains arbres peuvent potentiellement vivre plusieurs siècles), il faut chercher des fragments correspondant soit à des parties d'arbres ayant eu une durée de vie courte (ex. brindilles, bois de petit calibre, graine carbonisée), soit des fragments provenant des dernières années de vie de l'arbre (ex. l'aubier).

L'indice de priorité est basé sur ce principe.

On sélectionnera de façon prioritaire les fragments :

- avec une forte courbure de cerne, avec si possible présence de la moelle et de l'écorce (cambium),
- appartenant à l'aubier (ex. pour le chêne, les charbons ne présentant pas ou peu de thylles),
- dont les essences n'ont pas une trop grande durée de vie.

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

- 0. Non prioritaire,
- 1. favorable à la datation.
- 2. très favorable à la datation.

4. RESULTATS D'ANALYSES

4.1. Prélèvements du sac « Scorie 1 »

• Résultats

			Courbure		Ryt	hme			Combi	ustion			
												Fondu	
										Scoriacé -		très	
										magma	Fendu /	brillant -	
									Fendu /	informe	Luisant /	struct.	
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Luisant	solidifié	noeud	Inform	Thylle
Quercus sp.	10	1	7	1	5	0	0	4	2	0	0	2	7

Fig. 12 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de « Scorie 1»

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Quercus sp.	Intermédiaire	Fendu/Luisant	Absence	Absence	Absence	1
2	Quercus sp.	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	2
3	Quercus sp.	Intermédiaire	Dur/Luisant	Absence	Absence	Absence	1

Fig. 13 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de « Scorie 1 »

ı	Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
	Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	5	14	0,94	0,13	0,76	1,06

Fig. 14 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement de « Scorie 1 »

Description

Une dizaine de charbons, tous du chêne, a été observée pour ce prélèvement. Les charbons avaient globalement un aspect luisant. Cela est probablement lié au contexte de combustion anaérobie d'un bas-fourneau et/ou à la préparation du combustible (carbonisation) associée à des pratiques de charbonnages. Quelques fragments sont « perminéralisés ».

L'utilisation de bois de chêne en contexte d'une activité de « paléométallurgie » (bas-fourneau?), n'est pas surprenante. En effet, le chêne est considéré comme un excellent combustible, c'est un bois dense donnant des braises générant beaucoup de chaleur et durant longtemps.

Quelques mesures de largeurs de cernes (Fig. 14) montrent des moyennes de l'ordre de 1mm / an (0,94 mm), ce qui est typique de contextes de croissances difficiles. L'aire de collecte correspond probablement à un boisement dense (soumis à une forte compétition).

L'observation globale n'a pas permis d'observer de brindilles ni de graines. En revanche, quelques fragments provenant de l'aubier ont été sélectionnés.

<u>Sélection de charbons pour datation :</u>

Tube 1 : Fragment de chêne (Quercus sp.) de faible courbure de cerne, absence de thylles. Aspect fendu-luisant. Probable bois vert. Le fragment provient potentiellement de l'aubier.

Tube 2 : Fragment de chêne de forte courbure de cerne. De nombreux cernes ont été observés avec des pores sans thylles. <u>La probabilité d'avoir un fragments</u> d'aubier est plus importante que le fragment du tube n°1.

Tube 3 : fragment de chêne de courbure de cerne intermédiaire, absence de thylles. Fragment est donc assez favorable car il provient probablement d'une partie d'aubier.

Charbons à sélectionner pour datation : Choisir de préférence le fragment du tube n°2 si nécessaire.

4.2. Prélèvements du sac « Scorie 2 »

• Résultats

			Courbure		Ryt	hme			Combi	ıstion			
												Fondu	
	1					1				Scoriacé -		très	í I
						1				magma	Fendu /	brillant -	1 1
	1					1			Fendu /	informe	Luisant /	struct.	í I
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Luisant	solidifié	noeud	Inform	Thylle
Quercus sp.	4	0	2	0	1	1	0	2	0	0	0	1	3

Fig. 15 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de « Scorie 2»

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Quercus sp.	Intermédiaire	Dur/Luisant	Absence	Présence	Absence	1
2	Quercus sp.	Intermédiaire	Dur/Luisant	Absence	Absence	Absence	1 (à choisr)

Fig. 16 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de « Scorie 2 »

Description

De nouveau, l'ensemble des charbons observés correspond uniquement à des fragments de chêne.

Les charbons avaient un aspect luisant associé à un contexte de combustion fermé, probablement un bas-fourneau (restes de scories) ou lié à la préparation du combustible (charbonnage?).

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

Sélection de charbons pour datation :

Les charbons sélectionnés correspondent à de possibles restes d'aubier.

Tube 1 : fragment de chêne dur-luisant. Quelque rares thylles, probable début d'aubier.

Tube 2 : Fragment de chêne dur-luisant. Absence de thylles sur de nombreux pores, très probablement de l'aubier. Le fragment de ce tube semble plus favorable pour une datation que le tube n°1;

Charbons à sélectionner pour datation : Pour ce prélèvement, <u>choisir le fragment du tube n°2</u> si nécessaire.

4.3. Prélèvements du sac « Scorie 3 »

Résultats

Courbure				Ryt	Rythme Combustion								
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Págulior	Particuliar	Fondu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Thylle
	Lifectii	1 albie	Intermediale	1 Oile	rteguliei	1 articulier	i endu	Dui/Luisant	Luisant	Soliulie	Hoedd	IIIIOIIII	Titylie
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Quercus sp.	8	0	6	1	6	0	0	2	2	0	0	4	4

Fig. 17 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de « Scorie 3»

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Quercus sp.	Intermédiaire	Dur/Luisant	Absence	Absence	Absence	1 (à choisr)
2	Quercus sp.	Forte	Dur/Luisant	Absence	Absence	Absence	1

Fig. 18 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de « Scorie 3 »

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
	Faible et							
Quercus sp.	intermediaire	Régulier	6	15	0,58	0,21	0,35	0,93

Fig. 19 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement de « Scorie 3 »

Description

L'ensemble charbonneux est très "dur-luisant", voire parfois fondu. L'ensemble a paru davantage "perminéralisé" ("métallisé") que les autres prélèvements.

Une dizaine de charbons, tous du chêne, a été observée pour ce prélèvement. Les charbons proviennent surtout de bois de branche (courbure de cerne intermédiaire) et avaient globalement un aspect luisant lié à la combustion en contexte chaud et anaérobie (four).

Quelques mesures de largeurs de cernes (Fig. 19) montrent des moyennes <u>très faibles</u> de l'ordre de 0,58 mm / an. Ces faibles croissances sont caractéristiques de conditions de croissance très difficiles, probablement un boisement dense et des conditions abiotiques difficiles (ex. sol, mauvaise exposition...).

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

Sélection de charbons pour datation :

Tube 1 : Fragment de chêne avec des cernes très serrés. L'absence de thylles sur ce charbon indique probablement un fragment d'aubier. Favorable à la datation.

Tube 2 : Fragment de chêne de forte courbure de cerne, avec des cernes très serrés. Absence de thylles, donc probablement un fragment d'aubier. Favorable à la datation.

Charbons à sélectionner pour datation : <u>Choisir plutôt le fragment du tube n°1</u>, car la courbure de cerne « intermédiaire » indique un fragment provenant potentiellement d'une partie un peu plus « extérieure » que le fragment du tube n°2.

4.4. Prélèvements du sac « Scorie 4 »

Résultats

			Courbure		Rythme		Combustion							
ſ													Fondu	
- 1							1				Scoriacé -		très	1
- 1							1				magma	Fendu /	brillant -	1
- 1							1			Fendu /	informe	Luisant /	struct.	1
ı	Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Luisant	solidifié	noeud	Inform	Thylle
ſ	Quercus sp.	10	2	7	0	8	0	0	7	0	0	0	1	9

Fig. 20 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de « Scorie 4»

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

Fig. 21 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de « Scorie 4 »

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum	
	Faible et								
Quercus sp.	intermediaire	Régulier	8	33	0,51	0,2	0,31	0,92	

Fig. 22 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement de « Scorie 4 »

Description

Une dizaine de charbons a été observée pour ce prélèvement. De nouveau, l'ensemble des fragments observés correspond à du chêne. Les courbures de cerne indiquent une provenance de bois de branches (courbures de cerne intermédiaires). La plupart des charbons ont un aspect luisant lié à la combustion en contexte chaud et anaérobie (four).

Des mesures de largeurs de cernes ont été réalisées sur huit charbons (Fig. 22). Elles ont permis de calculer une moyenne <u>très faible</u> de l'ordre de 0,51 mm / an. Ces faibles croissances sont caractéristiques de conditions de croissance très difficiles, probablement un boisement dense et/ou des conditions abiotiques difficiles (ex. sol, mauvaise exposition...).

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

Sélection de charbons pour datation :

Tube 1 : Petit fragment avec de nombreux cernes serrés. Les pores des vaisseaux ne montrent pas de thylles, il s'agit donc vraisemblablement d'un fragment d'aubier, plutôt favorable à la datation.

Charbons à sélectionner pour datation : Fragment du tube n°1.

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.

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 nortn-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.

RAMEAU J.C., MANSION D., DUME G. et GAUBERVILLE C., 2008 - Flore forestière française, guide écologique illustré. T.3, Région méditerranéenne, Institut pour le développement forestier, Paris, 2426 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'acti vité métallurgique protohistorique et antique. Rapport de fouille, Cesson Sévigné, Inrap, Grand ouest, 2013, 364 p.