



Dossier pédagogique

Une énergie : le charbon de bois

Réalisation d'une charbonnière

A LA MAISON CORNEC - SAINT-RIVOAL

GLAOUEREZH E TI KORNEG - Sant-Riwal

DU 13 AU 31 MAI 2024



Crédit photo : Gilles Pouliquen

Avant-propos

La nuit du 1er au 2 novembre 2023, la tempête Ciarán a violemment frappé la Bretagne laissant derrière elle bon nombre d'arbres à terre. Afin de valoriser ces grandes quantités de bois, l'écomusée réalisera une charbonnière sur le site de la maison Cornec au mois de mai 2024. Une bonne occasion de découvrir les savoir-faire des charbonniers et de comprendre le processus de réalisation et l'intérêt de cette ressource locale.

L'écomusée des Monts d'Arrée accueille vos classes autour de cette charbonnière du 13 au 31 mai 2024. Expérimentations, découvertes, questionnements, rencontres, histoire et savoir-faire seront au rendez-vous de ces journées sur le site de la Maison Cornec à Saint-Rivoal.

Dans la continuité de cette semaine de fabrication, les 25 et 26 mai 2024 se dérouleront deux journées festives autour du charbon de bois et de la forge.

Avec le charbon de bois produit, des forgerons de Bretagne viendront battre le fer à la Maison Cornec et proposeront démonstrations, animations, et réalisations d'objets. Ces deux jours de fête seront également l'occasion de présenter causeries, conférences et spectacles autour des différentes utilisations du charbon de bois.

SOMMAIRE

I-	Qu'est-ce que le charbon de bois ?.....	p.3
	a/ Explication scientifique	
	b/ Le charbon de bois, pour quoi faire ?	
II-	Du charbon partout, tout le temps.....	p.6
	a/ Un peu d'histoire	
	b/ Charbonnières du centre-Bretagne et économie locale	
III-	Les charbonnières en Bretagne.....	p.11
	a/ Les étapes	
	b/ Le vie du charbonnier, un personnage mystérieux	
	Ateliers, visites et rencontres pour les scolaires.....	p.19
	Pour aller plus loin.....	p.22
	Petit lexique d'une charbonnière.....	p.23

I - Qu'est-ce que le charbon de bois ?

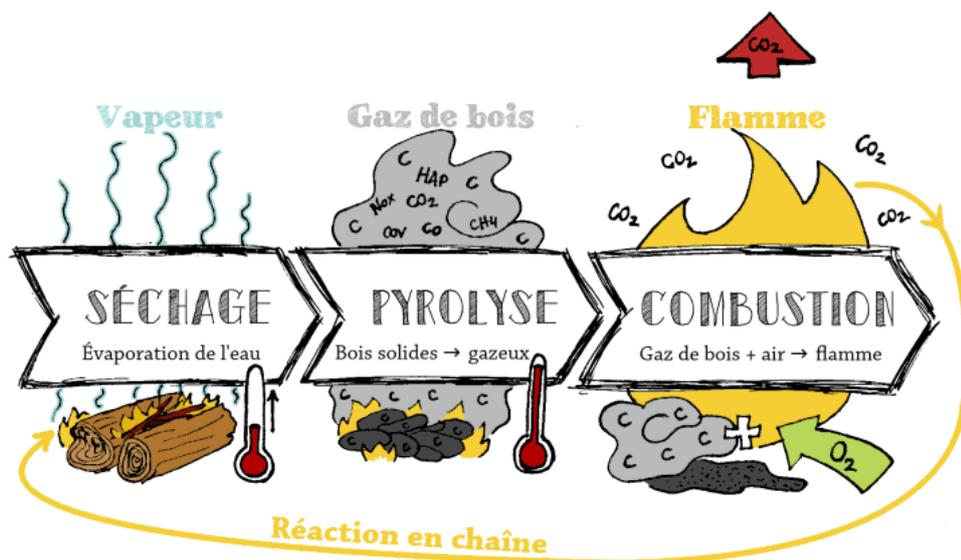
a/ Explication scientifique

Le charbon de bois est un résidu formé de carbone presque pur, il s'obtient par une combustion incomplète du bois. Cette carbonisation du bois se produit sous l'effet de la chaleur et en limitant l'apport en oxygène. La limitation de l'oxygène au moment de la carbonisation évite que le bois ne brûle et finisse en cendre.

Ce changement d'état par une très grande chaleur s'opère par la **pyrolyse** : du grec *pur, puros* « feu » et du suffixe *-lyse* « dissolution ».

L'air n'est pas nécessaire dans le processus de pyrolyse et les techniques les plus évoluées de fabrication de charbon de bois ne comportent aucune admission d'air, ce qui améliore le rendement (pas de bois brûlé) et la qualité.

Le processus de pyrolyse ne démarre que lorsque le bois a été porté à une température minimum de 300°C. Une fois amorcé, il se poursuit de lui-même en dégageant une quantité de chaleur considérable. Dans le processus traditionnel de carbonisation (meule ou four), une partie du bois est brûlée pour à la fois sécher le reste de la charge et élever la température jusqu'à l'amorçage de la pyrolyse qui, ensuite, se poursuivra d'elle-même



Les étapes de la combustion du bois

b/ Le charbon de bois, pour quoi faire ?

Le charbon de bois est un excellent combustible léger qui permet d'obtenir des températures plus élevées qu'avec du bois-bûche. Utilisé depuis l'antiquité, le charbon de bois se développe considérablement avec l'industrie de la métallurgie.

Le charbon de bois a un pouvoir calorifique plus élevé que le bois et il se consume plus lentement. La densité calorifique du charbon de bois est de l'ordre de 28 à 33 mégajoules par kilogramme contre 18 MJ/kg pour le bois sec. Le charbon de bois se consume par « incandescence » en émettant peu de flammes.

Composition et rendement pondéral du charbon de bois en fonction de la température atteinte pendant la carbonisation

Température de carbonisation (°C)	Composition du charbon de bois		Rendement charbon/bois à 0%H
	% carbone pur	% matières volatiles	
bois torréfié (200-275°)*	31	68	74
300°	68	31	42
500°	86	13	33
700°	92	7	30

Ses principaux **avantages** sont donc

- Produit à faibles distances, pas de coût de transport de bois (production sur le lieu de découpe).
- Facile à transporter et à stocker
- Contient deux fois plus d'énergie que le bois par kg
- Combustion régulière et possibilité d'atteindre des très hautes températures
- Dégage peu de fumées (mais beaucoup de CO)

Malgré toutes ses qualités, le charbon de bois n'est pas exempt d'**inconvenients**.

On peut notamment évoquer les points suivants :

- La carbonisation dure longtemps
- Carbonisation très irrégulière
- Surveillance constante et importante

En outre, la combustion du bois produit dans les fumées :

- Des suies
- Des poussières fines
- Du benzo(a)pyrène (cancérogène)
- Des composés organiques volatils
- Des hydrocarbures aromatiques polycycliques
- Du monoxyde de carbone (mortel)

II- Du charbon partout, tout le temps

a/ Un peu d'Histoire

- **Pas de charbon sans feu**

La production de charbon de bois remonte à la domestication du feu par l'Homme attestée aux environ de -400 000 avant notre ère dans plusieurs régions du monde et on retrouve une utilisation préhistorique du charbon de bois diverse comme celle des dessins rupestres. Sur le site de Menez Dregan à Plouhinec (Finistère), les fouilles ont révélé de nombreux foyers cerclés de pierre et du charbon de bois. C'est sur ce site que se trouvent se trouvent l'un des plus anciens témoins de connus au monde la maîtrise du feu par l'homme (module ferreux).

- **La métallurgie, moteur de la production de charbon**

c'est à partir du développement de la métallurgie et des bas fourneaux autour de -1200 avant notre ère que se développe une production intensive du charbon de bois, en lien avec la capacité technique de transformation des métaux depuis l'âge du Bronze pour la fusion des alliages de cuivre et d'étain.

En Bretagne, le site du Rocher d'Abraham à Saint-Pierre-de-Plesguen (Ille-et-Vilaine) constitue un témoin important de l'activité métallurgique gauloise. Les fouilles et recherches récentes révèlent des données importantes sur le mode de fabrication du charbon de bois destiné aux fourneaux et la datation carbone a permis de situer l'activité charbonnière et métallurgique du site entre -349 à - 65 avant notre ère.

Le site de Kermoysan à Quimper (Finistère) est le premier site sidérurgique à avoir bénéficié d'une opération de fouille en Bretagne. Une série de structures charbonneuses a été mise au jour, parmi lesquelles on reconnaît au moins trois bas fourneaux de dimensions importantes.

L'analyse du mobilier céramique découvert et la datation radiocarbone indiquent une période de fonctionnement couvrant la fin de l'indépendance gauloise et le 1^{er} siècle de notre ère.

Plus récemment, les Forges de Paimpont se développent à partir de 1653 en mettant à profit la présence de bon minerai de fer, du réseau hydraulique mis en place par les moines dès le Moyen Age d'un grande ressource en bois via bois la Forêt de Paimpont aussi appelée Brocéliande.

La mise en place d'un haut-fourneau au charbon de bois et d'un atelier d'affinage, participe à cette première révolution industrielle.

Au XVIII^e siècle, les forges participent à la Guerre d'indépendance des Etats-Unis comme de nombreuses forges en France.

En 1819, alors que toutes les forges de France fonctionnent au charbon de bois, le Gouvernement de Louis XVIII décide de moderniser plusieurs forges dont celles de Paimpont pour une transition du charbon de bois vers le coke (charbon obtenu par pyrolyse de la houille).

- **D'autres usages du charbon de bois en Bretagne**

A partir du XVII^e siècle, la consommation de charbon de bois devient très importante dans le centre-ouest de la Bretagne, en particulier autour de Poullaouën et de Pont-de-Buis, en lien avec deux activités économiques différentes.

En ce qui concerne la région de Poullaouën, Huelgoat, Locmaria-Berrien, c'est l'activité en lien avec les mines de plomb argentifère qui nécessite une grande quantité de charbon afin de chauffer à très haute température les différents fourneaux nécessaires à la fonte et à l'affinage des minerais. En 1778, cette consommation s'élève à 160 barriques de charbon de bois par fourneau et par semaine ! En 1880 la production de charbon de bois en forêt de Quénécan, à l'est de Poullaouën, atteint 1400 tonnes par an.

Plus à l'ouest, la poudrerie de Pont-de-Buis créée en 1688 utilise le charbon de bois dans la constitution de la poudre noire. Cette production dure jusqu'en 1887 et diminue rapidement avec l'avènement d'autres types de poudres plus performants.

Autre utilisation tombée en désuétude : l'alimentation des **gazogènes**. Ce système inventé en 1883 par l'Anglais E. Downson est un appareil transformant le charbon de bois en gaz pour alimenter un moteur à explosion. Le principe du gazogène est de provoquer une combustion incomplète du charbon en contrôlant l'alimentation en air du foyer, de manière à produire des gaz combustibles tels que le monoxyde de carbone (CO), le dihydrogène (H₂) et le méthane (CH₄). Le gazogène est réutilisé pendant la 2nde Guerre mondiale pour pallier la pénurie d'essence.



Véhicule équipé d'un gazogène, 1945



34 000 ans avant notre ère.
dessins rupestres au fusain en
charbon de bois de pin, grotte
Chauvet, Ardèche

Second âge du fer vers 450 - 25 avant notre ère,
La sidérurgie se développe véritablement en Europe,
utilisant le charbon de bois pour atteindre les
températures très élevées nécessaires à la fonte du fer



XIXe siècle, le charbon de bois devient une des énergies de la
révolution industrielle et trouve également de nouveaux usages
domestiques (cuisinières à charbon, fers à repasser, etc.)

Guerre 1939-1945 : moteur à gazogène. Inventé en
1883, le gazogène est particulièrement réutilisé
pendant la seconde Guerre mondiale pour pallier
la pénurie d'essence



En 2021 : 63 % des foyers français possèdent un barbecue,
39 % un barbecue à charbon

b/ Le charbon de bois aujourd'hui

- **L'amendement des sols**

Redécouvert et étudié à la fin du XX^e siècle, le principe de la *terra preta* (terre noire) et la *terra mulata* est un système de fertilisation des sols particulièrement présent en Amazonie pendant la période pré-colombienne. La particularité est l'usage important du charbon de bois pour enrichir les sols. On dit de la *terra preta* et de la *terra mulata* qu'ils sont des anthrosols, c'est-à-dire des sols qui ont été formés ou profondément modifiés par les activités humaines. C'est cette même méthode d'amendement des sols qui est utilisée avec le « biochar » (l'abréviation de 'bio-charcoal', du préfixe « bio » qui veut dire origine biologique et du mot « charcoal » qui signifie charbon de bois en anglais). Cette méthode d'amendement des sols connaît un regain de popularité aujourd'hui.

- **Traitement des eaux et filtration**

Une autre propriété du charbon de bois est celle de la filtration de l'eau ou de l'air une fois le charbon activé. Le principe de charbon actif permet une excellente filtration des micropolluants et est utilisé dans les stations d'épuration mais également par des dispositifs de filtration domestique.

- **Chauffage et cuisine**

Enfin, nous utilisons tous du charbon de bois à l'occasion des barbecues estivaux, mais dans de nombreuses régions du monde, le charbon de bois reste, encore aujourd'hui, l'énergie principale utilisée pour le chauffage et la cuisine. Il représente une partie importante de l'économie, comme c'est le cas au Bénin ou au Cambodge par exemple.

III- Les charbonnières en Bretagne

a/ Les étapes

Lors de la mise en place de la charbonnière, il y a plusieurs étapes à respecter :

- La récolte du bois

Le charbonnier utilise principalement du chêne, du hêtre, du châtaignier et du noisetier de faible section qu'on appelle **charbonnette**. 6 kg de bois de chêne donnent environ 1kg de charbon. Il doit choisir de jeunes arbres en faisant attention toutefois à ce qu'ils ne soient pas trop verts, ni trop humides. Traditionnellement les arbres sont coupés à la hache puis plus récemment à la tronçonneuse, et sont ensuite débités en sections d'environ 1m de long qui sont ensuite agencées dans le fourneau, autour de la cheminée.



Edification de la cheminée. Crédit photo : Gilles Pouliquen

- L'édification de la charbonnière

La charbonnière, également appelée **fouée**, doit se trouver sur un terrain plat, à l'abri du vent. Le charbonnier construit une sorte de cheminée autour de laquelle les bûches de bois seront arrangées en forme de cercle concentrique. Ce sont ces mêmes bûches qui, une fois carbonisées, donneront le charbon.

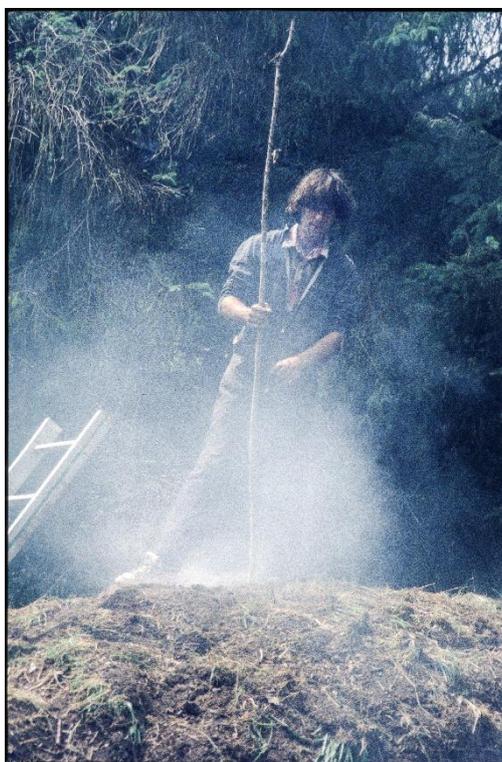
Cette meule terminée, on recouvre le tout de mousse, de feuilles, de mottes d'herbes et enfin de terre afin de rendre la meule hermétique. Pour finir, elle est recouverte de terre, parfois noire, le **foisy**, car déjà brûlée à plusieurs reprises lorsque la charbonnière est édifiée sur le même site. L'édification de la charbonnière terminée, la cheminée et parfois quelques trous d'aération restent seuls découverts.



Edification de la meule. Crédit photo : Gilles Pouliquen

- L'allumage et l'entretien de la charbonnière

Le charbonnier introduit alors une pelletée de braises par la cheminée centrale. Le feu se propage à tout le bois et l'humidité contenue dans les bûches forme de grosses gouttes sur la carapace de terre. La charbonnière cuit son bois durant deux à six jours, selon l'importance de la meule. On réalise des trous dans la charbonnière pour donner au feu de l'oxygène et pour pouvoir contrôler la "cuisson" du charbon. Pendant tout ce temps, le charbonnier doit rester vigilant : il rajoute de la terre si le feu se propage, ou à l'inverse, élargit les ouvertures si la cuisson est trop lente. Si le vent souffle trop, il construit des pans de genêt qu'il dispose autour du fourneau. Lorsque la fumée qui s'échappe par les trous devient bleue, c'est que le bois est prêt. Au fil du temps, la fumée s'amenuise. Le charbonnier bouche tous les événements et recouvre la charbonnière de terre fine. Il attend encore deux jours puis la cuisson est terminée. La meule ne sera ouverte qu'un peu plus tard, une fois que le charbon aura refroidi.



Crédit photo : Gilles Pouliquen

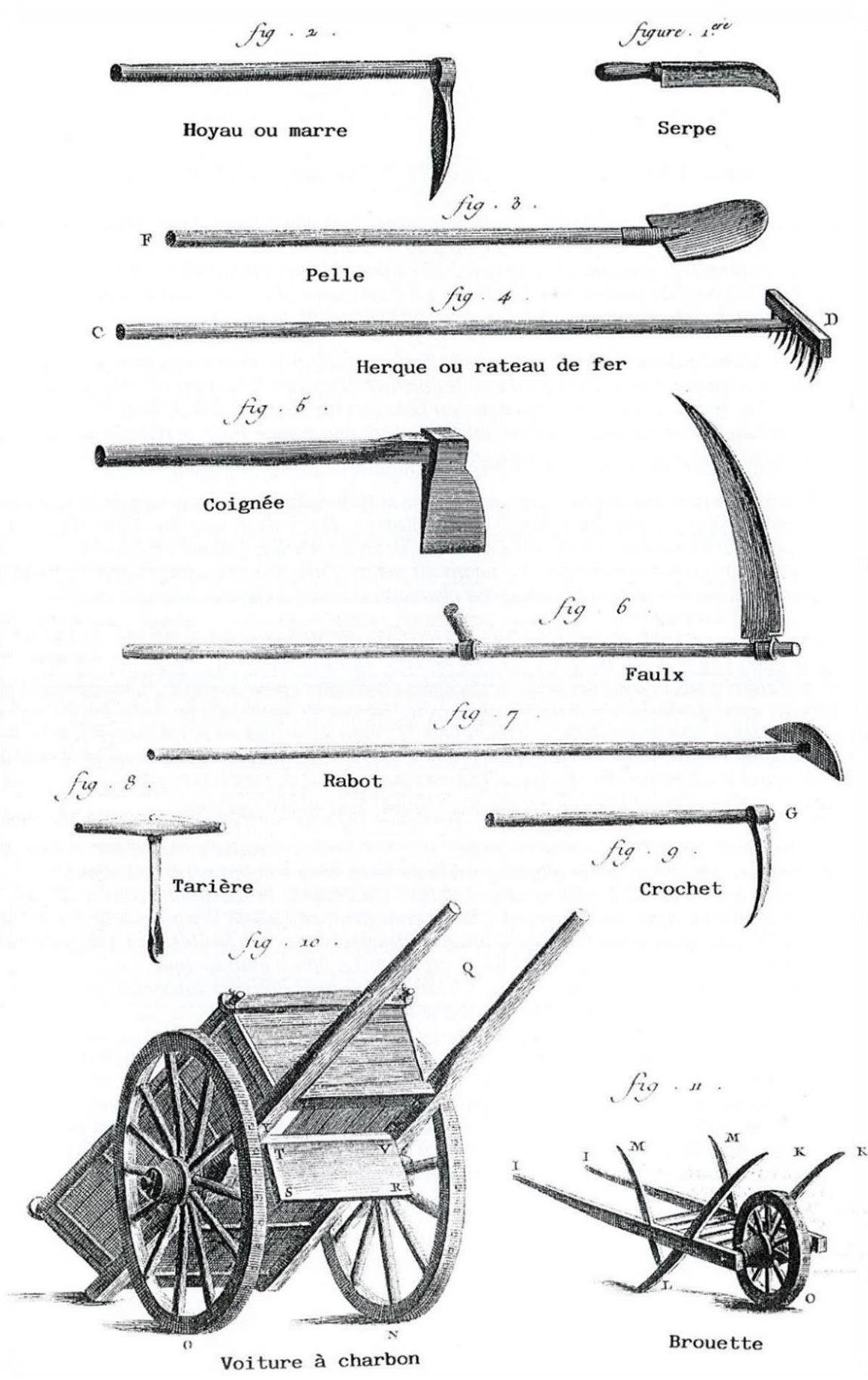


Arrosage pour stopper la carbonisation. Crédit photo : Gilles Pouliquen

- La récolte du charbon

Le charbon est alors retiré petit à petit à l'aide d'un long râteau appelé **herque**. Pour chaque portion, le charbonnier découvre le charbon, le tire le plus rapidement possible hors de la meule et recouvre ce qui n'a pas encore été extrait pour éviter que le charbon ne s'enflamme de nouveau.

Si le charbonnier reconstruit une nouvelle meule au même endroit, il peut alors tamiser la terre qu'il a utilisée sur la charbonnière précédente pour pouvoir la réutiliser sur les fouées suivantes. Une fois le charbon extrait, il est parfois arrosé pour éteindre toutes les braises et stocké dans des sacs, prêt à être utilisé ou vendu.

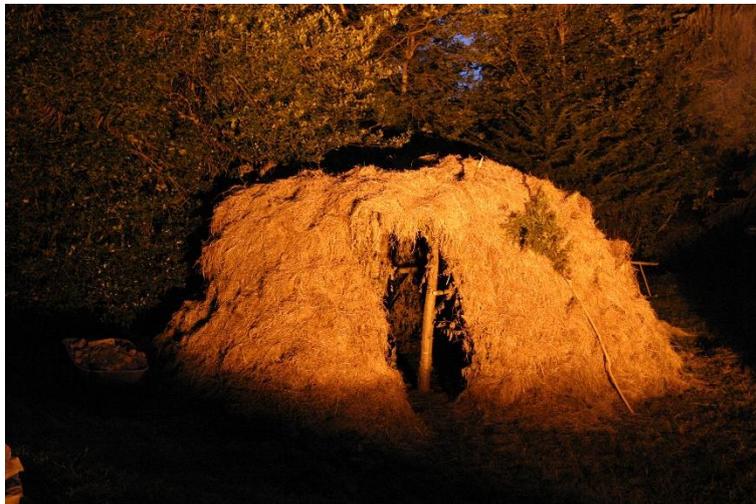


b/ La vie du charbonnier, un personnage mystérieux

Il existe peu de documents sur les charbonniers et les témoignages sont relativement rares, mais nombreuses sont les légendes et les a priori contribuant à forger leur mauvaise réputation, partiellement basée sur leur apparence et sur un mode de vie en marge de la société, à l'instar d'autres métiers forestiers. On retrouve en ce sens beaucoup de points communs avec les croyances autour des sabotiers. Dans son ouvrage *Légendes et curiosités des métiers*, Paul Sébillot écrit

En Basse-Bretagne, les lutins et le diable prennent parfois, pour jouer des tours aux chrétiens, l'apparence de charbonniers.

[...] La rudesse d'allures et de langage que les charbonniers devaient à leur existence constamment solitaire, leur visage tout hérissé d'une barbe inculte, barbouillé de noir et où les yeux luisaient comme des charbons ardents, leur accoutrement sordide, bruni par la fumée, leur donnaient un aspect quelque peu diabolique, et l'on comprend que les mères aient songé à en faire une sorte d'épouvantail pour les enfants.¹



Loge du charbonnier, crédit photo Gilles Pouliquen

¹ Paul Sébillot, *Légendes et curiosités des métiers*, Flammarion, Paris, 1894



Léon Le Goasbe de Bellée, *En forêt, le givre*, 1879, Musée des beaux-arts de Vannes, huile sur toile

Parmi les éléments qui contribuent à mystifier l'image du charbonnier, la singularité de son habitat a une part prépondérante. Les photographies de la fin du XIX^e et du début du XX^e siècle montrent une grande diversité dans les types d'abris sommaires utilisés par les charbonniers. Il s'agit la plupart du temps de bâtisses nomades. Le charbonnier s'installait avec sa famille à proximité directe des forêts et du lieu de charbonnière le temps de la période de coupe du bois et de production du charbon. Une fois l'emplacement choisi, le charbonnier érigeait son habitation sommaire qu'on appelle « loge », en utilisant les ressources alentours. En Bretagne, les photos d'archives représentent souvent des loges couvertes de genêts, de fagots, de gerbes de végétaux divers, fixés sur des charpentes grossières de rondins.

Plus rudimentaire encore, dans les Monts d'Arrée, les charbonniers isolés confectionnaient des abris « trou d'homme ». Dans ce cas, l'abri servait essentiellement aux hommes le temps de la cuisson du charbon de bois.

La loge familiale, sans ouverture, mis à part la porte fixée sur un dormant et un trou pour la fumée, présente une hauteur sous toit plus confortable, ainsi qu'une surface plus importante permettant d'accueillir femme et enfants qui y résident le temps du contrat du charbonnier. Une fois cette période achevée, le charbonnier et sa famille déménagent, abandonnant l'habitat précaire à pourrir sur place dans le temps.

Comme tous les métiers forestiers, le corps de métier des charbonniers intrigue, fascine, inquiète mais il est aussi fondamental dans le développement de nombreux autres secteurs économiques et contribue à façonner le territoire dans lequel il exerce.

Ateliers, visites et rencontres pour les scolaires

L'occasion unique de visiter une charbonnière et de découvrir l'histoire et le fonctionnement du charbon de bois. Programme possible à la journée.

Durée de chaque atelier : 1h30, 6€ par élève

Cycle 2 et 3

➤ Il était une fouée

Objectifs :

- Comprendre le processus scientifique conduisant au charbon de bois
- Découvrir le mode de vie d'un corps de métier forestier via l'usage de quelques objets et techniques traditionnelles, identifier leur domaine et leurs fonctions.
- Mettre en évidence quelques répercussions positives et négatives des actions humaines sur l'environnement proche
- Lecture de paysage et identification des éléments favorables aux activités
- Explorer l'univers du charbonnier, de son activité, de son mode de vie et de son habitat.

Balade découverte sur le métier de charbonnier, **les élèves découvrent ce qu'est le charbon de bois, sa composition et les processus scientifiques menant à sa réalisation**, les essences d'arbres utilisées, le fonctionnement de la meule, les outils traditionnels (réalisation et utilisation), les **modes de vie traditionnels** qui accompagnaient la production du charbon de bois en Centre-Bretagne ainsi que toutes ses propriétés. L'occasion d'aborder les **savoir-faire traditionnels et l'économie locale**, mais aussi de sensibiliser aux impacts environnementaux et aux utilisations diverses de ressources locales dans le cadre du projet d'éducation globale.

➤ Les apprentis charbonniers

Objectif :

- Comprendre le phénomène de pyrolyse qui conduit au charbon de bois
- Expérimenter le processus de carbonisation du bois en charbon de bois et les différentes méthodes traditionnelles
- Mettre en œuvre une approche sensible du paysage
- Découvrir l'histoire et le fonctionnement de la production d'une énergie locale
- Réflexion sur l'énergie

A travers plusieurs ateliers d'**expérimentations**, les élèves appréhendent le charbon de bois. Au programme, **découverte naturaliste des essences d'arbre** du site, écorçage des morceaux de bois qui serviront à faire nos fusains et mise sur le feu. Le temps de surveillance et d'observation de l'évolution de la cuisson et des fumées est mis à profit pour expliquer et **expérimenter le processus scientifique de pyrolyse**. Ce sera également l'occasion de présenter les outils du charbonnier et de **questionner l'utilisation traditionnelle et contemporaine du charbon de bois** (cuisine, filtration de l'eau, amendement des sols, etc...). L'atelier se termine par **un temps de dessin** avec les fusains réalisés par les élèves.

Cycle 4 et 5

➤ Au charbon !

Objectif :

- Comprendre le phénomène de pyrolyse qui conduit au charbon de bois
- Expérimenter le processus de carbonisation du bois en charbon de bois et produire du charbon de bois
- Questionner la notion d'énergie et la provenance des sources d'énergie
- Découvrir l'histoire et le fonctionnement de la production d'une énergie locale
- Comprendre les propriétés du charbon de bois avec une expérimentation de forge pédagogique
- Lecture de paysage et identification des éléments favorables aux activités
- Réflexion sur l'énergie s'inscrivant dans le dispositif d'éducation à l'environnement et au développement durable

À quoi sert l'énergie au quotidien ? D'où vient l'énergie que nous utilisons ? Comment transforme-on le bois en charbon de bois et pourquoi ? Alliant la théorie à la pratique, cet atelier amène les élèves à se **questionner sur les énergies et expérimenter le processus de fabrication du charbon de bois** à travers la réalisation d'un four à braisette. Nous expérimenterons également les propriétés du charbon de bois avec une **démonstration de chauffe en forge** et nous terminerons par un temps de **réflexion et d'échanges sur l'utilisation traditionnelle et contemporaine du charbon de bois** en prenant en compte les interactions existantes entre l'environnement, la société, l'économie et la culture.

Pour aller plus loin

Bibliographie :

Association des Amis de l'écomusée des Monts d'Arrée, *Le métier de charbonnier dans la montagne d'Arrée*, Mouezh ar menez n° 15, Commana

G. Rossier, Waclaw Micuta, *Le charbon de bois est-il un combustible satisfaisant ?* Institut pour le Développement des Énergies Renouvelables, Genève, 1991

Dominique Louppe, *La carbonisation, fabrication du charbon de bois*, CIRAD, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, 2014

Récits et folklores :

Jacques Cambry, *Voyage dans le Finistère*, Slatkine France, Collection Ressources, Paris, 1794

Paul Sébillot, *Légendes et curiosités des métiers*, Flammarion, Paris, 1894

Vidéos en ligne :

Le charbon de bois, durée 9 min

Documentaire par Alain le Garrec

<https://www.ina.fr/ina-eclaire-actu/video/caf93053153/le-charbon-de-bois>

Du charbon et des hommes, durée 1h20

Documentaire écrit et réalisé par Victor-Alexis Ferrand

<https://www.youtube.com/watch?v=V6TtcgrD9TM>

LEXIQUE D'UNE CHARBONNIERE

Charbon de bois : résidu formé de carbone presque pur, il s'obtient par une combustion incomplète du bois.

Charbonnette : bois de chêne, de hêtre, de châtaignier et de noisetier de faible section utilisé pour la charbonnière.

Foisy : terre déjà brûlée à l'occasion d'une précédente charbonnière et réutilisée.

Fouée : autre nom de la meule de charbon.

Gazogène : appareil transformant le charbon de bois en gaz combustible

Herque : la herque est une espèce de râteau avec lequel le charbonnier écarte son charbon sur la place, lorsqu'il est cuit.

Loge : habitation sommaire et éphémère du charbonnier.

Meule : édifice méthodologiquement construit avec lequel se réalise le charbon de bois.

Pyrolyse : décomposition chimique d'une substance obtenue par chauffage intense en absence d'oxygène.

Plus d'informations/réservation

Courriel : contact@ecomusee-monts-arree.fr

Téléphone : 02 98 68 87 76