

**Michel Gastou**  
Membre de la SAGA

# **Le charbon, matière combustible**



(Mazingarbe, photos et montage M. Gastou)

**Société Amicale des Géologues Amateurs**  
Muséum national d'Histoire naturelle  
43 rue Buffon, CP 48, 75005 Paris

# **Le charbon, matière combustible**

Son histoire scientifique et humaine.

Sommaire page 56

Michel Gastou 29 septembre 2014

## **Le mot du Président**

*Richard Tremblier, Président de la SAGA.*

Michel Gastou, membre de la SAGA depuis de nombreuses années, membre du Conseil d'administration, animateur de nos Tribunes libres, auteur de « Mise en ordre du temps pour les éléments de la Terre » (prix Paul Grenier 2008), vient de se voir attribuer le prix Paul Grenier 2013 pour son nouvel ouvrage intitulé « Le charbon, matière combustible ».

Je tiens tout particulièrement à le féliciter pour avoir su élaborer un travail très original sur un sujet que l'on croit connaître. Mais, en fait, il met en lumière nos ignorances en nous expliquant par le détail la minéralogie et la géologie de tout ce que l'on regroupe sous le vocable de charbon. Notre lien historique avec cette roche est si ancien et si fort que l'on croit savoir tout à son sujet, mais quand Michel Gastou y regarde de plus près et décide de formuler et de synthétiser ce qu'il en sait, à notre attention, le résultat est surprenant. Il a réussi le tour de force d'être à la fois détaillé, documenté, original, synthétique, clair, et agréablement lisible. Nul doute qu'aucun d'entre nous n'avait capitalisé autant d'informations sur un tel sujet. Certes, nous connaissons un peu notre histoire, ainsi que notre littérature classique, nous savons par ailleurs l'importance du sujet dans les préoccupations humaines énergétiques et environnementales actuelles. Mais précisément, il met dans cet ouvrage un très grand nombre d'informations largement ignorées et dans divers domaines qui vont des natures différentes de cette roche ainsi que des différents usages qui en sont faits, des mécanismes de la formation du charbon à travers les temps géologiques, des aspects minéralogiques et paléontologiques, et bien entendu des aspects humains et notamment de l'exploitation qui en a été faite dans différentes régions de France, sans se cantonner au célèbre bassin minier du Nord-Pas-de-Calais.

Ensuite, il a su élaborer un plan équilibré, cohérent pour mettre en forme cette grande quantité d'informations. Il a évité le piège de l'exhaustivité et a réussi à synthétiser pour nous cette histoire dans un ouvrage lisible, bien documenté et illustré et, bien entendu, fort bien écrit. Le risque eût été de se noyer dans un ouvrage colossal et ennuyeux que personne n'aurait lu. Cet exercice est particulièrement difficile à réaliser. Nous savons tous très bien qu'il est souvent bien plus ardu de retransmettre nos connaissances que de les acquérir. Ici, Michel Gastou y parvient remarquablement bien. Il met à notre disposition une somme très importante d'informations diverses sous une forme très accessible, et je salue la prouesse.

En bon géologue amateur, Michel Gastou, à l'image du charbon, nous dispense sa chaleur et sa lumière. Qu'il en soit remercié.

## **Préfaces**

*Daniel Obert, Professeur honoraire de géologie à Jussieu. Vice-président de la SAGA.*

Le charbon, un sujet banal que chacun pense connaître. Manuels et articles ne manquent pas. Vous trouverez ici, non seulement matière à vous rafraîchir la mémoire, mais aussi des

informations souvent méconnues rassemblées de façon claire, didactique. Vous y découvrirez également un éclaircissement concernant un sujet d'actualité : les « gaz de schistes », qui ne sont pas des schistes, et le gaz qui n'en est pas un.

Les chapitres relatant l'histoire de l'exploitation houillère et de l'après-mine rappellent l'existence de quelques mines tombées dans l'oubli, voilà donc un oubli réparé. De même sont évoqués la présence et le rôle des chevaux dans les exploitations, présence qu'on omet trop souvent. Bref, un travail enrichissant dont le texte est rehaussé par une illustration bien choisie et de grande qualité.

Fruit d'un travail de bénédictin, cet ouvrage, le terme n'est pas inapproprié, témoigne d'une passion communicative qui honore Michel Gastou et, à travers lui, la SAGA. Souhaitons qu'il y en ait d'autres et qu'il fasse des émules.

### *JP Roucan Ingénieur géologue au Muséum National d'Histoire Naturelle*

Quand j'ai reçu le manuscrit de MICHEL GASTOU intitulé " Le charbon, matière combustible" j'ai été particulièrement intéressé car il existe que très peu d'ouvrages, souvent déjà anciens, sur le sujet.

Je l'ai donc lu avec une certaine envie et même avidité. J'ai d'abord été conquis par le déroulement du texte qui se compose de quatre chapitres.

Dans un premier chapitre, il s'intéresse au charbon, à sa définition, à sa classification et sa diagenèse.

Puis dans un second chapitre, il aborde la formation du charbon, la notion de carbonification et de ses mécanismes. Il envisage les divers contextes paléogéographiques qui ont abouti à la formation de gisements sans oublier de noter l'importance des flores et secondairement des faunes que l'on y retrouve.

Dans un troisième chapitre, il rapporte l'histoire de la découverte puis de l'exploitation des mines en général et des mines de charbon en particulier. Ces premières exploitations artisanales qui remontent au XIII<sup>ème</sup> et XIV<sup>ème</sup> siècle. Le début d'une exploitation intensive remonte, elle, au XVII<sup>ème</sup>. Enfin c'est avec la révolution industrielle que l'on verra le développement et la généralisation des exploitations de charbon en Europe. Son étude s'intéresse aussi aux petites mines de Normandie, de Vendée ou du Midi.

Enfin dans un quatrième chapitre, il évoquera les témoins actuels de l'exploitation de ce charbon à travers les terrils avec leurs roches, leurs minéraux mais aussi leur écosystème si riche. Afin de protéger la mémoire de ce patrimoine industriel on n'oubliera pas les divers musées des mines qu'il est toujours intéressant de visiter.

En conclusion, je dirai que ce travail constitue une excellente synthèse sur le charbon, bien documentée tout en étant parfaitement abordable à tous. Ecrite de façon agréable à lire, elle comble une lacune dans la documentation sur le sujet. Je suis certain que vous serez nombreux comme moi à apprécier ce travail.

# Le charbon, matière combustible

*Les deux premiers chapitres décriront l'ensemble des éléments et des processus de transformation qui aboutissent à la carbonification, ou houillification, que le charbon subit au cours de son histoire géologique. Les troisième et quatrième chapitres relateront sommairement l'histoire du charbon, des hommes, du cheval et des mines lors de la révolution industrielle du XIX<sup>e</sup> siècle.*

## Préambule

*Un préambule m'a paru utile pour replacer le charbon dans l'ensemble des roches sédimentaires*

La croûte terrestre est essentiellement formée de roches d'essence purement minérale et de roches liées à l'activité biologique.

Les roches d'essence minérale ne seront pas traitées parce que hors de notre sujet, non plus que les roches sédimentaires transformées par métamorphisme ou autre. Parmi les roches sédimentaires résultant de l'activité biologique, on distingue deux grands groupes :

- 1<sup>er</sup> groupe : les bioconstructions (ex. calcaires récifaux) et les roches biodétritiques, souvent carbonatées ;
- 2<sup>e</sup> groupe : les roches carbonées, dont les charbons, au sens large, les schistes bitumineux et les différents types de pétrole.

Toutes ces roches, bien que très différentes, ont en commun d'être produites par des organismes, aussi bien hétérotrophes qu'autotrophes. Ces organismes, par toute une série de transformations biochimiques de l'oxyde de carbone essentiel à leur développement, seront ensuite recyclés en produits dits « utiles ».

### Les organismes hétérotrophes non chlorophylliens

1- Ces organismes peuvent former les tests carbonatés, les exosquelettes... (chez des animaux marins tels que bivalves, gastéropodes, etc.).

2- Après la mort de ces organismes, il y a dissolution d'une partie des articles minéralisés, fragmentation plus ou moins poussée et une partie sédimente pour former des boues, puis enfouissement et transformations diagénétiques qui conduisent à la formation d'une roche, le calcaire.

### Les organismes autotrophes chlorophylliens

1- On peut prendre un premier exemple en milieu marin : croissance de la matière végétale (algue unicellulaire : les coccolithophoridées), par assimilation de l'oxyde de carbone CO<sub>2</sub> (photosynthèse). La cellule s'entoure d'une coque de minuscules particules calcaires, les coccolithes. À la mort de l'algue, la matière organique est en grande partie détruite ; les coccolithes se dispersent et sédimentent pour former une vase qui se transformera en une roche, la craie.

2- Dans le cas des végétaux en milieu continental, le lien entre l'organisme producteur et le produit formé est plus évident : vie, mort du matériel végétal, fossilisation, macération et houillification pour former une roche **carbonée**, le charbon.

## L'oxyde de carbone CO<sub>2</sub>

L'élément énergétique essentiel qui compose les produits combustibles envisagés ici, selon les classifications en vigueur, est le **carbone**.

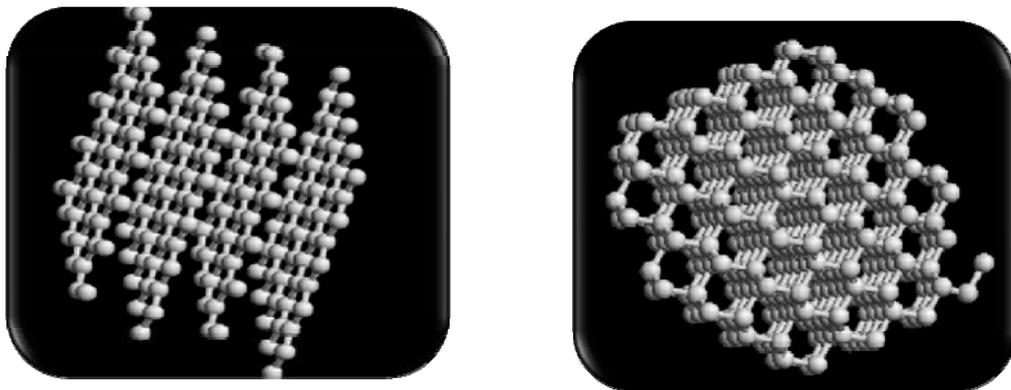
Cet atome est produit en masse par nucléosynthèse dans le cœur des étoiles très massives, genre Soleil, et est présent sur la Terre depuis son accrétion. C'est un élément chimique non métallique, de symbole C et de numéro atomique 6, dans la classification périodique. Il existe dans de nombreux composés naturels : gaz carbonique de l'atmosphère (CO<sub>2</sub>) roches calcaires, combustibles (gaz, pétrole, charbons minéraux). C'est de plus un constituant fondamental de la matière vivante.

Par la photosynthèse, les plantes convertissent le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) de l'air, avec un apport d'eau par les racines, en glucose (sucre), autrefois nommé hydrate de carbone. Le carbone est donc l'élément essentiel des composés organiques.

Les roches contiennent en moyenne moins de 1 % en poids de matière organique et rarement plus de 5 %. Les argiles et les marnes sont en moyenne plus riches que les carbonates ou les grès. C'est cette fraction en poids de la matière organique qui est à l'origine des combustibles fossiles : pétrole, gaz naturel, schistes bitumineux et charbons.

Les géochimistes distinguent dans cette matière organique : une matière soluble nommée **bitume**, qui contient les hydrocarbures, et une matière nommée **kérogène**<sup>1</sup>, insoluble dans les solvants organiques, dont le charbon est un type particulier.

Avant de conclure ce préambule, il faut mentionner qu'il existe d'autres assemblages moléculaires des corps les plus aboutis du carbone. Ce sont le graphite, 100 % de carbone, et le diamant, où chaque atome est fermement lié à quatre voisins proches (figure 1).



*Figure 1. Assemblages moléculaires des corps les plus aboutis du carbone. C'est uniquement le type de liaison moléculaire qui différencie ces deux corps.*

### **Graphite**

*Les atomes de carbone forment des grilles à mailles hexagonales, séparées les unes des autres comme les feuilles d'un livre.*

### **Diamant**

*Ici, chaque atome est fermement lié à quatre voisins proches. L'ensemble ne forme qu'un seul bloc.*

<sup>1</sup> **Kérogène** : dans la couche sédimentaire, en l'absence de dioxygène O<sub>2</sub>, des bactéries anaérobies extraient de la matière organique l'oxygène et l'azote dont elles ont besoin. Le résidu est appelé « kérogène » : c'est un mélange principalement constitué de carbone et d'hydrogène. Cette activité constitue la dernière partie biologique du cycle de transformation.

## •• Chapitre 1 ••

# Le charbon : définition et diagenèse

### 1.1. Le charbon en tant que matière combustible

Le charbon, cette « étrange pierre noire » (Marco Polo, *Voyage en Chine*), nous venons de le voir, est un kérogène<sup>1</sup> qui se présente sous la forme d'une roche stratifiée carbonée solide, non cristallisée, dans le sens des réseaux cristallins du matériel inorganique, et provenant pour l'essentiel :

- de la décomposition, à l'abri de l'air, par l'action de micro-organismes, de débris de végétaux enfouis dans des dépressions et recouverts de sédiments terrigènes ;
- puis d'un long processus de macération appelé selon la durée : tourbification, carbonification, ou houillification.

### 1.2. Classification et description des charbons tant à usage domestique qu'industriel

Il existe de nombreuses classifications, chaque pays producteur ayant créé la sienne. Nous en décrirons trois, qui sont, semble-t-il, les plus significatives.

De façon générale, on classe cette roche en trois lignées principales dont les termes tourbe, lignite, houille et anthracite caractérisent les rangs successifs de combustibles de plus en plus riches en carbone. C'est une classification chronologique :

- la *tourbe* (figure 2), très fibreuse, la plus pauvre en carbone, de 50 à 55 % ;
- la *lignite*, de 55 à 75 % de carbone. ;
- la *houille*, de 75 à 90 % de carbone, dont l'*anthracite* (> à 90 %) est une variété de qualité supérieure.



Figure 2. Récolte de tourbe en Irlande. (Photo s / Guide Irlande.com © I-Stock Photo)

### ***La tourbe***

C'est le produit de la tourbification, ou fossilisation, dans une période de temps relativement court (de l'ordre de 1 000 à 7 000 ans, à raison de cinq centimètres par siècle) de débris végétaux par des micro-organismes (bactéries, arthropodes, champignons, microfaune) dans des milieux humides et pauvres en oxygène que l'on appelle tourbières. La matière organique décomposée ne représente que 10 à 20 % de la masse mais la teneur en carbone peut atteindre 50 % en poids. Le reste de la masse est constitué majoritairement d'eau et de cendre (entre 80 et 90 %). La tourbe séchée est un bon combustible.

On distingue deux types de tourbe qui dépendent des conditions locales, qui facilitent notamment le développement de végétaux d'affinités différentes au pH :

1- la tourbe calcique (végétaux divers), sur substrat calcaire formée dans des bas-fonds constamment saturés d'eau. Le pH est neutre (ou encore légèrement alcalin) avec un rapport C/N (carbone/azote) inférieur à 30 ;

2- la tourbe acide, oligotrophe (sphaignes, Bryophytes) qui se forme dans des cuvettes où circulent des eaux pauvres en calcium (d'origine atmosphérique). Le pH est acide (entre 4 et 5) avec un rapport C/N de l'ordre de 40.

D'un point de vue patrimonial et écologique, les tourbières et autres marécages similaires sont considérés comme sites d'importance nationale et sont donc protégés, notamment en Suisse. Dans ce pays, depuis le début des années 1990, la tourbe n'est plus exploitable.

### ***Le lignite***

C'est un kérogène<sup>1</sup> qui résulte généralement de la diagenèse de substances ligneuses (bois), ou de la maturation de la tourbe, et donc répond à des critères sensiblement les mêmes de formation, à leur durée près.

Le lignite se forme en séries houillères (cyclothèmes), à faible profondeur, de quelques mètres à quelques dizaines de mètres, isolées par des couches sédimentaires de sables et argiles, et il est donc généralement extrait à ciel ouvert. (Fig. 3<sup>ème</sup> de couverture)

Les lignites les plus exploitées sont d'âge récent (Crétacé, (inférieur à 150 Ma), Tertiaire ou Quaternaire, mais il existe quelques gisements plus anciens rencontrés dans certains niveaux du Lias (base du Jurassique). Leur évolution s'est faite sur un temps nettement plus long que pour la tourbe. Ces gisements s'étalent souvent en couches de grande étendue et le minerai extrait est utilisée à plus de 90 % dans les centrales thermiques de forte puissance, notamment en Allemagne.

Le lignite est classé comme charbon de rang inférieur en raison de sa faible maturité organique qui lui laisse une teneur en eau élevée et un pourcentage en carbone limité entre 50 et 60 %. Le lignite est donc un charbon à faible pouvoir calorifique. Sa structure est généralement d'aspect terne et terreux, plus tendre et plus friable que les houilles.

Il faut remarquer qu'il existe une variété de lignite fossile, très riche en carbone (de 70 à 75 %), le jais, d'un beau noir intense, brillant, qui a été considéré un temps comme une pierre fine. Nous décrivons cette particularité dans le 3<sup>e</sup> chapitre, paragraphe 3.2.4 : « Les minéraux des terrils ».

### ***La houille et l'anhracite***

L'appellation courante « charbon » désigne généralement la houille. Ce mot « houille » remonterait au XI<sup>e</sup> siècle et serait l'équivalent francisé du wallon *hoye*. « Hoye » existait avant la découverte de la houille et signifie en wallon liégeois « fragment, éclat, motte ». Ce fut commode pour désigner la houille en morceaux et le mot se répandit, à partir de 1200, à l'ouest et au sud de la Wallonie.

La houille, comme définie plus haut dans cet article, est une roche carbonée sédimentaire correspondant à une qualité spécifique de charbon, intermédiaire entre le lignite et l'anhracite (soit de 80 à 90 % de carbone). De couleur noirâtre, elle provient de la carbonisation d'orga-

nismes végétaux sur de très longues périodes, supérieures ou égales à 250 Ma, et a donc servi, en raison de son enrichissement en carbone, de combustible solide fossile privilégié.

Elle est utilisée depuis le XI<sup>e</sup> siècle et son extraction en grande quantité a été le facteur important de la révolution industrielle du XIX<sup>e</sup> siècle ; la houille a ensuite constitué l'une des principales sources d'énergie des pays industrialisés.

Les schistes bitumineux, les coques et le charbon de bois, décrits ci-après, sont classés à part des combustibles domestiques ; leur usage est surtout industriel, sauf pour le charbon de bois dont les usages sont multiples.

### **Le coke**

Le coke est fabriqué industriellement à partir du charbon, mais il est aussi fabriqué naturellement dans des situations particulières. Industriellement, on cokéfie le charbon :

1) par fusion à l'abri de l'air dans une zone de température de 360 à 410°C et de 450 à 500°C, pour le transformer après refroidissement en un matériau vacuolaire, le semi-coke ;

2) sa transformation en coke s'opèrera après un nouveau chauffage mais à 1 000°C.

Tous les charbons ne sont pas cokéfiabiles. Les meilleurs sont ceux dont le macéral est la vitrinite (les macéraux sont définis au paragraphe 1.2.3 : « Classification macérale », figure 4).

La principale utilisation industrielle du coke est la charge des hauts-fourneaux. Dans la nature, le coke est aussi fabriqué lorsque de la houille entre en contact avec des dykes volcaniques, s'il y a élévation de la température à faible pression.

### **Les schistes bitumineux**

C'est un terme générique qui désigne des roches sédimentaires au grain fin, contenant assez de kérogène<sup>1</sup> qui pourra être converti en pétrole et gaz combustible par le processus chimique de la pyrolyse (teneur en carbone de 77 à 87 %). Si on les chauffe à une température de 450 à 500°C dans une enceinte privée d'air, la vapeur engendrée pourra être distillée en huile de schiste, une forme de pétrole non conventionnel, et en gaz.

Les schistes bitumineux peuvent aussi être brûlés directement comme combustible de basse qualité et être utilisés comme matériau de base dans les industries chimiques et les matériaux de construction. Contrairement à leur dénomination, ces roches ne sont pas des schistes mais plutôt des marnes et des carbonates, qui ne contiennent pas de bitume mais du kérogène<sup>1</sup> et ne doivent donc pas être confondues avec les calcaires ou les sables bitumineux (asphaltiques) qui eux contiennent du bitume.

Nota : Les célèbres "gaz de schistes" ne sont pas abordés ici. Ce terme est en réalité une mauvaise traduction de *shales gaz* ; on devrait plutôt parler de "gaz de roche-mère". En effet, la différence avec les hydrocarbures conventionnels, c'est que dans "les gaz de schistes", les hydrocarbures sont restés intimement liés à la roche-mère et n'ont pas migré (d'où la difficulté à les extraire).

## Le charbon de bois

Le charbon de bois n'est pas une roche mais un combustible fabriqué par l'homme.

Depuis l'Antiquité, l'homme sait qu'il faut chauffer le bois à une certaine température (pas trop élevée), en évitant de l'enflammer car sinon il est réduit en cendres, pour obtenir une matière combustible appelée charbon de bois (figure 3).

On procédait en empilant du bois que l'on recouvrait d'une couche d'argile pour l'isoler de l'air et donc de l'oxygène, puis on enflammait ce tas, ce qui permettait d'extraire l'humidité et toute matière végétale ou organique volatile, afin de ne laisser que le carbone et quelques minéraux.

Par un procédé plus évolué, la pyrolyse industrielle, on obtient, en plus du charbon de bois, divers produits chimiques. La carbonisation de 100 kg de bois permet ainsi d'obtenir : 25 kg de charbon de bois, 0,75 kg d'alcool méthylique, 1 kg d'acide acétique, 4 kg de goudron de bois, 45,95 kg d'eau et 23 kg de gaz combustible.

Le charbon de bois est aussi l'un des trois composants de la poudre à canon, avec le soufre et le salpêtre, qui est l'oxydant, le charbon de bois et le soufre constituant le comburant<sup>2</sup>.

Finement broyé et mélangé avec de l'argile en poudre et un peu de sable, le charbon de bois devient un produit isolant et réfractaire permettant de faire des enduits de grande résistance thermique, en particulier, autrefois, dans la construction de petites forges individuelles.

Le charbon de bois est aussi utilisé pour dessiner et ce depuis la préhistoire. Le fusain est toujours particulièrement apprécié des artistes.

Il faut aussi remarquer, avant de conclure, que l'usage intensif du charbon de bois, avant la découverte du charbon de terre, notamment dans les forges, les verreries, etc. a provoqué de graves déforestations qui ont touché la Chine antique, puis l'Europe romaine, médiévale et contemporaine, avant la diffusion significative du charbon, à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle.

Dès 1339, on note des ordonnances qui limitent son usage intensif pour certaines forges afin de stopper la déforestation puis, par la suite, pour la fabrication industrielle de l'acier. En 1709, la découverte de la possibilité d'utiliser le coke dans les haut-fourneaux a mis fin progressivement à l'usage intensif du charbon de bois par l'industrie sidérurgique.

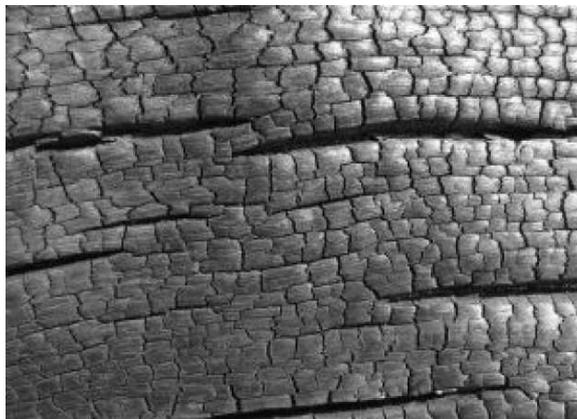


Figure 3. L'aspect très particulier de la texture du charbon de bois. (Photo Wikipedia)

<sup>2</sup> **Comburant** : corps chimique qui se combine avec un combustible, dans une réaction de combustion.

### 1.2.1. Classification européenne

Les classifications des charbons varient suivant les caractères principaux choisis. Le tableau ci-dessous est la classification arrêtée par le groupe de travail « charbon » de la CEE.

CEE	Peat	Lignite	Sub-bitumineux	Bitumineux Haut volatiles	Bitumineux Bas volatiles	Anthracite
USA		Browncoal	Hard coal			
France	Tourbe	Lignite	Flambant sec	Flambant gras	Gras	Anthracite
Rang	Low	Low	Medium	Medium	High	High
Pouvoir calorifique kcal/kg	1 000-1 500	3 500-4 500	4 500-6 500	6 500-7 800	6 500-7 800	7 800-8 500
Humidité	> 50 %	25-50 %	14-25 %	5-10 %	5-10 %	1-6 %
Matières volatiles	> 75 %	50 %	25-50 %	30-40 %	15-25 %	< 10 %
Teneur en cendres	50 %	30-50 %	20-30 %	10-20 %	10-20 %	0-10 %
Réflexion vitrinite (indice)	< 0,30	0,30	0,35-0,45	0,50-1,25	1,5-2	2-5

Cette classification retient, comme paramètre principal, le pouvoir calorifique inférieur du charbon séché à 105°C et, en fonction du rang, classé :

- par son pouvoir calorifique en kcal/kg ;
- sa teneur en matières volatiles (MV) méthane et hydrogène qui, en s'enflammant facilement, accélèrent la combustion (comburant) ;
- sa teneur en eau, en cendres (résidus de la combustion), en soufre, en traces de mercure et de métaux divers.

### 1.2.2. Classement du point de vue des constituants

Comme toutes les roches inorganiques qui peuvent être formées par de nombreux fragments, tant de minéraux que d'autres roches, le tissu des houilles (qui elles sont issues, pour l'essentiel, de matière organique après *houillification*) est formé par l'accumulation d'une énorme quantité de menus débris végétaux, très variés, compressés dans le plan de la stratification. Ces débris baignent dans un fond homogène dont le caractère essentiel réside dans leur petitesse et leur constitution pétrographique.

M. C. Stopes<sup>3</sup> a défini, en 1919, en s'inspirant des observations des pétrographes, quatre constituants visibles à l'œil nu qui existent dans toutes les houilles et qui constituent le tissu ; elle les a nommés « lithotypes ». Ce sont :

<sup>3</sup> Marie Carmichael Stopes (1880-1958) était une paléobotaniste écossaise. En plus de sa contribution à l'étude des premiers angiospermes, son nom est attaché au charbon par sa contribution à la définition de la nature et à la terminologie des lithotypes aujourd'hui redéfinis et appelés macéraux (voir le § 1.2.3).

- le *fusain* : fibreux et pulvérulent (en proportions très variables dans toutes les houilles) ;
- le *durain* : dur et compact, à cassure mate et granuleuse ;
- le *clarain* : compact, à cassure unie légèrement brillante ;
- le *vitrain* : pâte amorphe compacte, homogène, à cassure conchoïdale.

### 1.2.3. La notion de rang et de classification macérale

Cette classification descriptive sommaire des constituants a révélé le rôle génétique que joue la transformation thermique des charbons au cours de leur histoire géologique. Ce rôle est majeur. La *houillification* (voir chapitre 2) correspond à l'ensemble des transformations qui concourent à la formation de la houille. On nomme *rang de houillification* un stade déterminé de cette transformation.

Aujourd'hui, avec les microscopes métallographiques<sup>4</sup> qui permettent d'analyser des lames opaques en lumière réfléchie (LR), cette première classification des tissus houillifiés en lithotypes n'est plus tellement utilisée (sauf peut-être pour le lignite). On préfère maintenant analyser les tissus par paramètres optiques : c'est la technique de réflexion. Le pouvoir réfléchissant (PR) est croissant avec la houillification, de 0,2 à 0,3 % pour les tourbes, de 10 à 16 % des houilles aux graphites.

On est donc passé à une classification d'un ordre plus fin en créant **les macéraux** qui constituent maintenant des lignées évolutives.

L'appellation de macéral a été forgée par les pétrographes du charbon, réunis en Comité international (ICCP), à partir de « macération » des tissus végétaux et de « minéral » pour créer une nomenclature lithologique adaptée à leur mode d'analyse en lumière réfléchie (LR), nommée « *classification macérale* ». Cette classification a été publiée par le CNRS dans les éditions successives (1957, 1963, 1971 et 1975) du « Lexique de nomenclature des charbons ». C'est la nomenclature qui est la plus utilisée en Europe ; elle atteint un haut degré de complexité mais permet d'unifier le langage d'examen des matières charbonneuses.

Les pétrographes ont privilégié les analyses par paramètres optiques, de préférence à l'analyse des propriétés biologiques ou chimiques qui sont plus difficiles à analyser en pratique. Ces propriétés sont donc restées des caractères secondaires pour la pratique.

#### Classification macérale

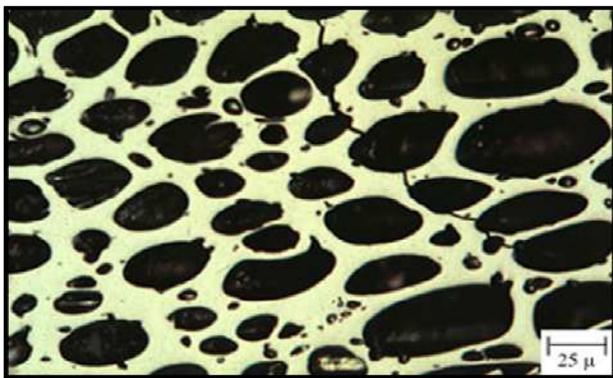


Figure 4a. Groupe de l'inertinite : tissu ligneux aromatisé au cours d'une houillification précoce

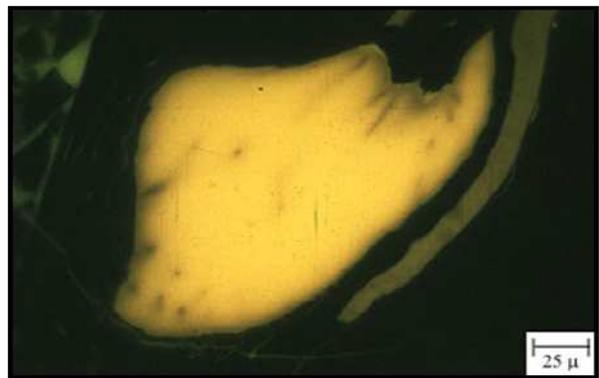


Figure 4c. Groupe de l'exinite : graisse végétale générée par l'écorce, les tiges ou les feuilles

<sup>4</sup> Le **microscope métallographique** optique est conçu pour observer les matériaux par focalisation d'un faisceau optique sur un échantillon plan et réfléchissant. L'observation se fait par l'intermédiaire d'un objectif et d'une source lumineuse focalisée par un condenseur, rendu sensiblement parallèle à l'axe optique du microscope au moyen d'un illuminateur.

Ce type de microscope réfléchissant se différencie donc nettement du microscope polarisant.

On les classe, selon leur PR, dans l'ordre décroissant. (Indice de réflexion).

### 1. Le groupe de l'inertinite (figure 4a, page 12)

(« inertie », en relation avec la fabrication du coke ; les inertinites ne sont pas cokéfiabiles).

Ce groupe, de couleur blanche en LR (lumière réfléchi), se caractérise par son PR plus élevé que les autres macéraux. De composition **ligno-aromatique**, les inertinites constituent la partie la plus condensée des matières macérales avec la densité la plus élevée : de 1,4 à 1,5. Elles rassemblent des éléments de structures cellulaires irrégulières ou vasculaires, bien visibles, de tissus végétaux, de champignons et de mycéliums de champignons homogènes... Ces macéraux sont tous totalement dépourvus de fluorescence.

### 2. Le groupe de la vitrinite (figure 4b, ci-dessous)

Ce groupe, de composition originelle **ligno-cellulosique**, est de couleur grise en lumière réfléchi. Les vitrinites ont un PRV (Pouvoir Réfléchissant de la Vitrinite) intermédiaire entre celui des inertinites et des exinites. Elles sont donc un composant moyen, ce qui leur confère le rôle privilégié d'étalon de comparaison.

**La morphologie de la vitrinite est beaucoup plus liée aux transformations biochimiques au cours de la houillification qu'à son origine biologique végétale. Elle est très caractéristique par rapport aux deux autres groupes de macéraux retenus par le classement.**

**Ses propriétés physico-chimiques à la fois particulières et relativement complexes sont surtout révélatrices du comportement général des charbons à la houillification.**

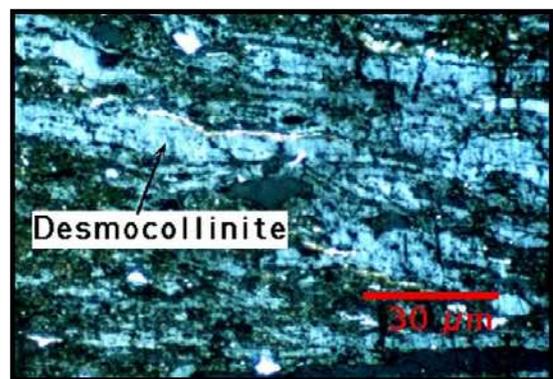
### 3. Le groupe de l'exinite (ou liptinite) (figure 4c, page 12)

Ce groupe est de couleur foncée en lumière réfléchi. Les exinites sont les moins réfléchissantes. Leur pouvoir réfléchissant peut être nul pour certaines variétés dans les faibles rangs. Elles sont constituées par des cutines, des exines de spores et de grains de pollen, des cuticules de feuilles, de la résine des appareils sécréteurs (corps résineux).

Les exinites se distinguent toutefois des autres macéraux par leur fluorescence, mais à des degrés divers, avec des spectres particuliers. Les inertinites ne sont jamais fluorescentes, les vitrinites le sont dans des cas exceptionnels.



Cette structure fait apparaître le maillage cellulaire primaire des tissus ligneux des tiges, branches, feuilles et racines.



La desmocollinite est un agrégat de fines particules riches en cellulose, d'aspect assez homogène en LR.

Figure 4b. Groupe de la vitrinite montrant deux exemples des nombreuses variétés.  
La vitrinite est définie comme composant moyen par ses propriétés optiques en LR

Figures de la classification macérale (<http://www.ucl.ac.uk/~ucfbrxs/Vitrinite/Vitrinite.htm>)

## •• Chapitre 2 ••

### Formation du charbon

*Ce chapitre aborde maintenant le mécanisme de la formation de cette roche non cristalline, d'essence organique, le charbon.*

#### 2.1. Houillification, ou carbonification

Nous venons de voir que le charbon, quel que soit son rang, c'est-à-dire son degré d'houillification, est le résultat d'une longue maturation des constituants végétaux en anaérobie (en l'absence d'oxygène libre) qui, d'un point de vue physico-chimique, se traduit essentiellement par un enrichissement relatif en carbone au détriment de la matière volatile. En même temps, les caractères des macéraux sont modifiés : couleur, pouvoir réflecteur, anisotropie optique, dureté, résistance mécanique, etc.

Il nous est apparu nécessaire, avant de développer le processus de carbonification, de décrire en trois sous-chapitres sur quels éléments la maturation agit pour l'enrichissement en carbone :

- la constitution de la matière organique ;
- la photosynthèse ;
- les bassins houillers et le dépôt par cycle des sédiments végétaux et minéraux.

##### 2.1.1. Constitution de la matière organique

La structure des végétaux et des animaux est constituée par des éléments de base que l'on appelle des cellules. Il faut remarquer que, si les cellules qui sont l'unité structurale de tous les organismes eucaryotes<sup>5</sup> sont du point de vue fonctionnel les mêmes au niveau des mécanismes moléculaires fondamentaux, elles diffèrent toutefois complètement du point de vue de leur forme et de leur structure externe.

Animale, la cellule est sphérique, nue et molle, uniquement limitée par sa membrane (figure 5). Végétale, elle a la forme d'une « boîte » anguleuse rigide, membraneuse, mais entourée d'une paroi squelettique (exosquelette). Cette paroi est faite d'un matériau composite typiquement végétal : cellulose, hémicellulose, lignine, et des pectines. Cette différence entre les deux cellules est fondamentale pour la compréhension de la carbonification.

C'est la paroi, essentiellement composée de carbone, qui fournit la presque totalité de l'élément énergétique du charbon.

La forme de la cellule, ainsi que la paroi (plus la lignine), ont permis aux végétaux de conquérir la troisième dimension, la hauteur, et donc de développer une masse végétale considérable.

---

<sup>5</sup> Les **eucaryotes** correspondent aux organismes uni-ou multicellulaires qui possèdent un vrai noyau : animaux, plantes et champignons, ainsi que les protistes. Le groupe des protistes rassemble toutes les espèces unicellulaires à noyau distinct. On y distingue notamment les Protophytes (végétal unicellulaire), appartenant au règne végétal, possédant des chloroplastes et réalisant la photosynthèse.

## La cellulose

C'est un sucre (polysaccharide), de formule  $C_6H_{10}O_5$  (soit 6 atomes de carbone et 5 molécules d'eau). La cellulose est le principal constituant des végétaux et en particulier de la paroi de leurs cellules, elle peut atteindre 50 % de la masse totale du bois ; elle l'un des nombreux polymères que l'on trouve dans la nature. Le bois, le papier et le coton contiennent de la cellulose. La réunion de plusieurs de ces macromolécules linéaires, parallèles, forme une fibrille, ou micelle, dont la cohésion est assurée par les liaisons hydrogène qui s'établissent d'une macromolécule à une autre. La réunion de ces fibrilles constitue les fibres constitutives de la matière végétale.

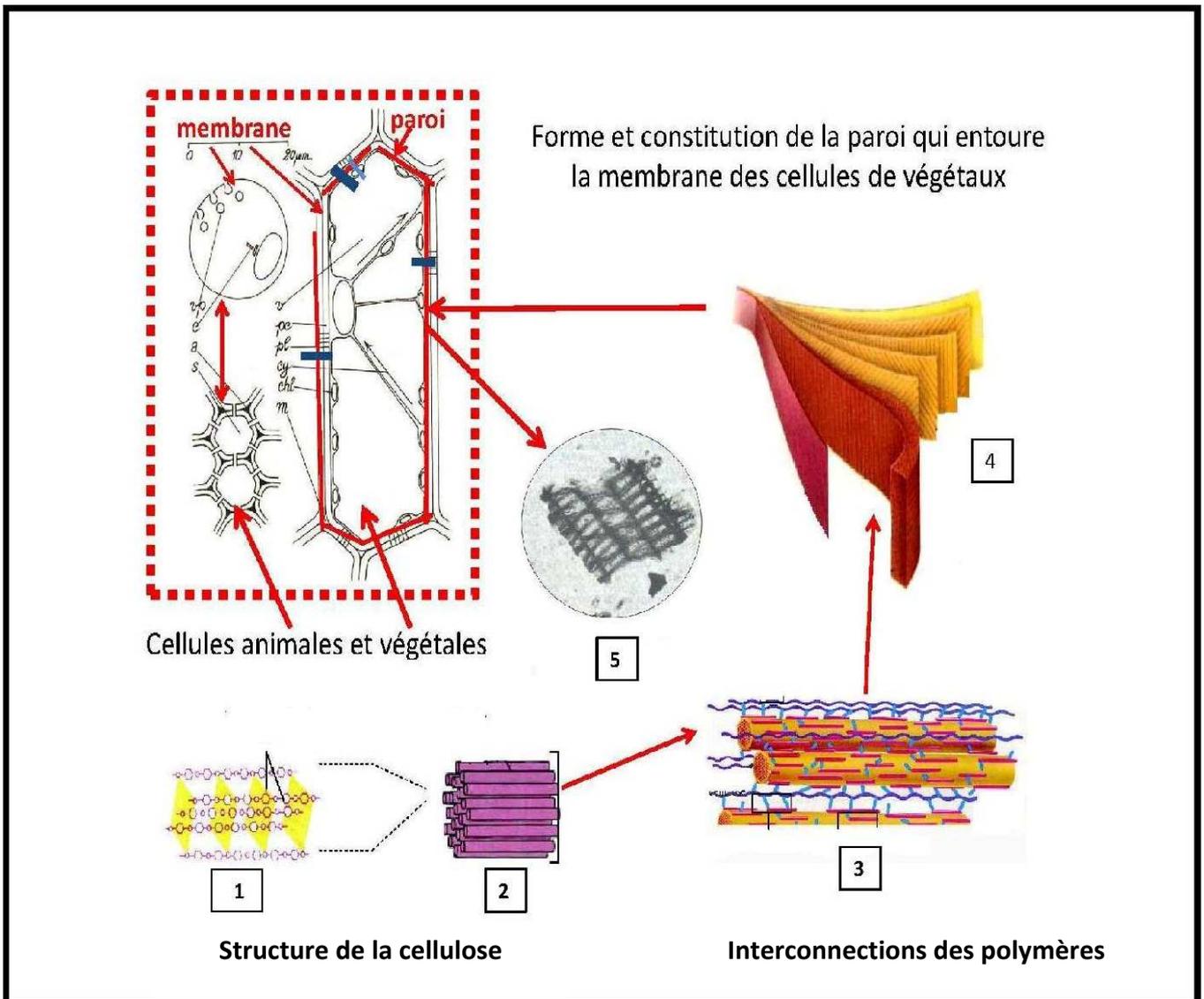


Figure 5. Schéma de l'organisation de la matière organique, montrant la forme et la constitution de la paroi qui entoure la membrane des cellules de végétaux.

- Structure de la cellulose dans la paroi cellulaire des plantes. Plusieurs molécules de cellulose forment des micelles 1, regroupées en microfibrilles 2.

- Structure et interconnections des polymères majoritaires dans la paroi de cellules végétales 3.

- Structure d'une paroi cellulaire végétale 4.

- Type de structure réelle 5

Montage des croquis M. Gastou à partir de F. Hallé et E. Fernandez Ibaniez

### ***L'hémicellulose***

C'est une des composantes du bois. C'est le deuxième composant de la paroi chez les végétaux, après la cellulose (15 à 30% de la masse). Elle a un rôle de pontage entre les fibres de cellulose.

### ***La lignine*** (du latin *lignum*, qui signifie bois)

La lignine (à ne pas confondre avec le lignite) est une des substances principales composant le bois avec la cellulose, l'hémicellulose et les pectines. Elle est la plus abondante des substances organiques. Sa principale fonction est d'apporter de la rigidité, une imperméabilité à l'eau et une grande résistance à la décomposition. Toutes les plantes vasculaires, ligneuses et herbacées, fabriquent de la lignine. La plupart des végétaux fossiles lui doivent leur conservation.

### ***Les pectines***

Elles correspondent à l'un des constituants de la paroi végétale. Elles sont le composé prédominant au sein de la lamelle moyenne. Elles maintiennent ensemble les cellules des tissus végétaux. Les pectines jouent donc un rôle structural.

## ***2.1.2. La photosynthèse***

Le CO<sub>2</sub> est utilisé par les végétaux pour produire de la biomasse.

Ce processus consiste à réduire le dioxyde de carbone par l'eau absorbée par les racines, pour produire notamment du glucose C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> (soit 6 atomes de carbone et 6 molécules d'eau), grâce à l'énergie lumineuse reçue du Soleil et captée par la chlorophylle des feuilles. Les glucides sont donc la matière première de toute la substance vivante : la photosynthèse est la réaction qui fait pénétrer le carbone dans le cycle vital. En exemple : le bois actuel, ce composé organique, contient en moyenne 50% de C (carbone), 43% d'O<sub>2</sub> (dioxygène), 6% d'H (hydrogène) et 1% d'N (azote). Autrement dit : 1t de bois a fixé 0,5 t de C, absorbé 1,6t de CO<sub>2</sub> et émis 1,1t d'O<sub>2</sub>.

La photosynthèse se présente assez exactement comme l'inverse de la respiration : celle-ci détruit des glucides pour en extraire l'énergie chimique et fabriquer du gaz carbonique, elle fait donc sortir le carbone du cycle vital en l'oxydant, tandis que la photosynthèse fabrique des glucides à partir du gaz carbonique et les fait donc entrer en les réduisant.

## ***2.1.3. Le dépôt cyclique des sédiments végétaux et minéraux dans une série houillère***

### **Les différents bassins houillers**

Les bassins houillers sont de vastes dépressions continentales ayant accumulé des débris végétaux suivant un mécanisme rythmique sédimentaire particulier. Ils présentent des caractères différents suivant leur position géographique. On distingue ainsi des bassins paraliques, limniques et de plateformes.

***Les bassins paraliques*** (exemple le bassin franco-westphalien) se sont formés au voisinage de la mer et sensiblement au même niveau. À plusieurs reprises, ces grands bassins ont été submergés par les eaux de la mer proche. Dans les bancs de schistes, on trouve des fossiles marins.

***Les bassins limniques*** (le bassin houiller du Massif central français, par exemple), ne comprennent jamais de couches d'essences marines. Ces bassins se sont formés à des niveaux plus ou moins élevés de la chaîne hercynienne en voie de formation, dans des sortes de lacs de montagne donc hors de portée des invasions de la mer.

**Les bassins de plateformes** sont inconnus en Europe occidentale. Le phénomène de subsidence n'a pas joué un rôle prépondérant, ces bassins s'étaient formés sur des plateformes continentales rigides. Ils ont une épaisseur totale de charbon toujours faible, avec un petit nombre de couches. Un cas type est le bassin de lignite de Moscou dont la superficie équivaut à peu près au quart de la France.

### Les séries houillères

Une série houillère se caractérise par une répétition bien déterminée d'étapes de dépôts, (figures 6 et 7) appelée **cyclothème** (les couches de charbon ne représentent que 3 à 4 % de l'épaisseur du dépôt).

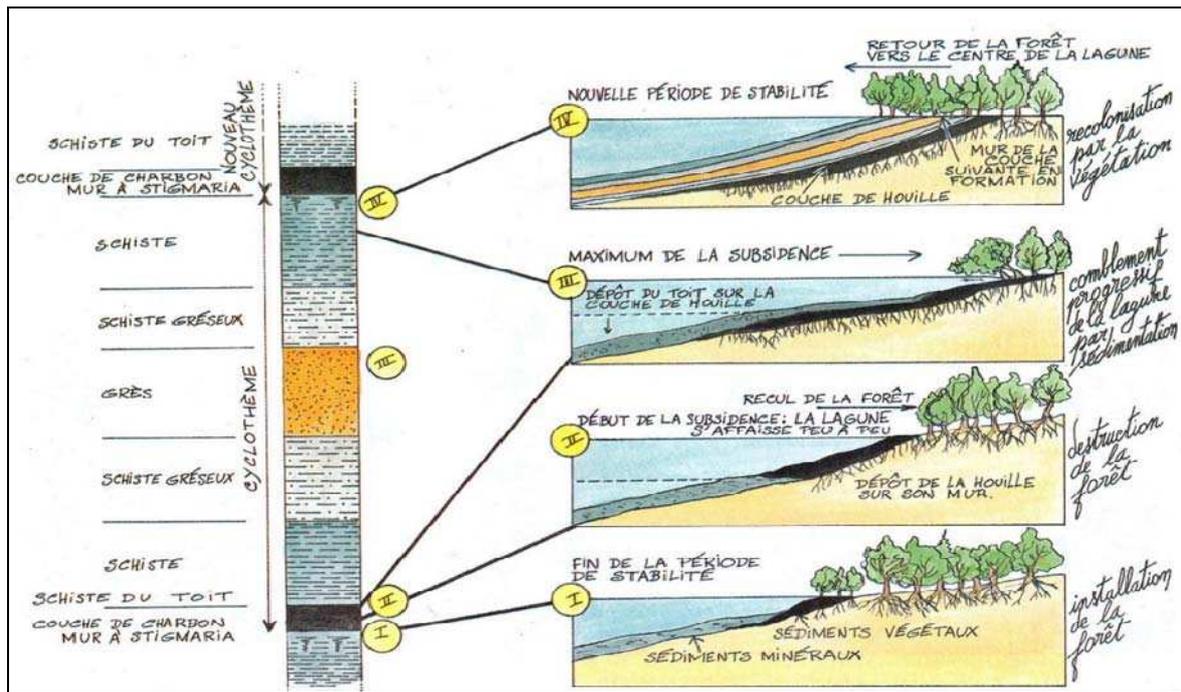


Figure 6. Schéma d'un dépôt cyclique (cyclothème) des sédiments végétaux et minéraux dans une série houillère. (Schéma extrait du Magazine BT n°1110)



Figure 7 Quatre couches de charbon (cyclothème) sont visibles sur ce front de taille qui fait plus de 50 m de hauteur à Graissessac, Hérault. (Photo Association clin d'œil Bernard Henry Graissessac)

Elle est généralement produite par une succession de subsidences affectant des zones souvent couvertes d'une abondante végétation, en milieu côtier ou lagunaire (bassin paralique), ou en milieu lacustre.

Au Paléozoïque, et plus précisément au Carbonifère, principale période de formation de la houille, c'est une forêt luxuriante, aux arbres géants et fougères arborescentes, qui couvrait de vastes étendues. Toutefois ce schéma de forêt luxuriante n'est pas universel et quelquefois (Graissessac, dans l'Hérault, par exemple, qui est un bassin limnique) la série houillère résulte d'un paléoenvironnement complexe ou coexistent à faible distance diverses associations végétales occupant des biotopes différents (figure 11).

Dans le cas le plus général, ces zones sont marécageuses, l'eau abondante stagne. Des affaissements successifs se produisent (subsidence). La pente des cours d'eau augmente légèrement, l'érosion s'amplifie et les sédiments apportés par les rivières ou la mer tendent à recouvrir la forêt et à la faire disparaître. Ces conditions sont favorables au développement du processus d'évolution de la matière organique (développé plus loin dans le texte) qui conduit à la formation des gisements de charbon exploités aujourd'hui.

On constate que ce cycle s'est maintes fois renouvelé au cours de cette longue période de dépôt des sédiments houillers. Par exemple, dans le Nord-Pas-de-Calais (bassin paralique), des séries houillères comportant de nombreuses veines (quelque 400 couches), exploitables ou non, ont pu atteindre 2 500 m d'épaisseur.

Chaque veine représente donc un cycle de formation qui correspond à une succession de quatre étapes que l'on nomme un cyclothème (figures 6 et 7) selon le schéma général suivant :

- **étape 1** : installation de la forêt tropicale luxuriante. D'énormes quantités de végétaux, bois, écorces, feuilles, spores, algues microscopiques s'accumulent ;
- **étape 2** : une subsidence se crée, puis s'amplifie. La forêt est progressivement détruite, par les sédiments terrigènes apportés par les cours d'eau ;
- **étape 3** : comblement de la lagune et assèchement plus ou moins relatif. La couche végétale est ainsi enfouie. Sur ces sédiments alluvionnaires, se reconstitue très vite une nouvelle couche pédologique qui va se végétaliser. Cette nouvelle végétation dépendra des conditions écologiques du moment ;
- **étape 4** : la couche végétale enfouie est isolée de l'air libre. Dans ces conditions anaérobies, commence la fermentation du dépôt (macération aqueuse et thermique). Lentement, les sédiments végétaux s'enrichissent en carbone alors que diminue corrélativement la part des autres substances initialement contenues dans le dépôt.

Au Cénozoïque (Tertiaire), période de formation du lignite, la forêt s'était considérablement diversifiée, depuis le Crétacé, par le développement des angiospermes (plantes à fleur) qui couvraient les terres émergées, mais le processus de répétition des cyclothèmes est globalement identique aux conditions locales près, notamment de subsidence.

## 2.2. Mécanisme de carbonification

Tout le carbone formé dans les végétaux par l'assimilation chlorophyllienne (la photosynthèse) est **contenu dans la paroi de la cellule et en particulier dans la cellulose**. La carbonification, ou houillification, est le processus de diagenèse qui extrait le carbone de la cellulose et le transforme en charbon.

Depuis le XIX<sup>e</sup> siècle, on cherche à comprendre ce mécanisme. En 1873, la loi de Hilt exprime que la superposition, donc notion de houillification verticale des charbons, s'accompagne d'une réduction du taux de matières volatiles (MV) avec la profondeur croissante. Le phénomène de

carbonification n'était donc appréhendé qu'à travers les variations du taux de matières volatiles, c'est-à-dire de la composition chimique du matériau.

De nouvelles études, notamment dans la plupart des bassins houillers et en laboratoire, ont montré (voir échelle de Karwel, figure 8) que la température et le temps long étaient des facteurs déterminants selon les lieux et le degré de thermicité du bassin. Par contre, selon certains travaux, la pression due à l'enfouissement ne semble pas, en règle générale, jouer un rôle important.

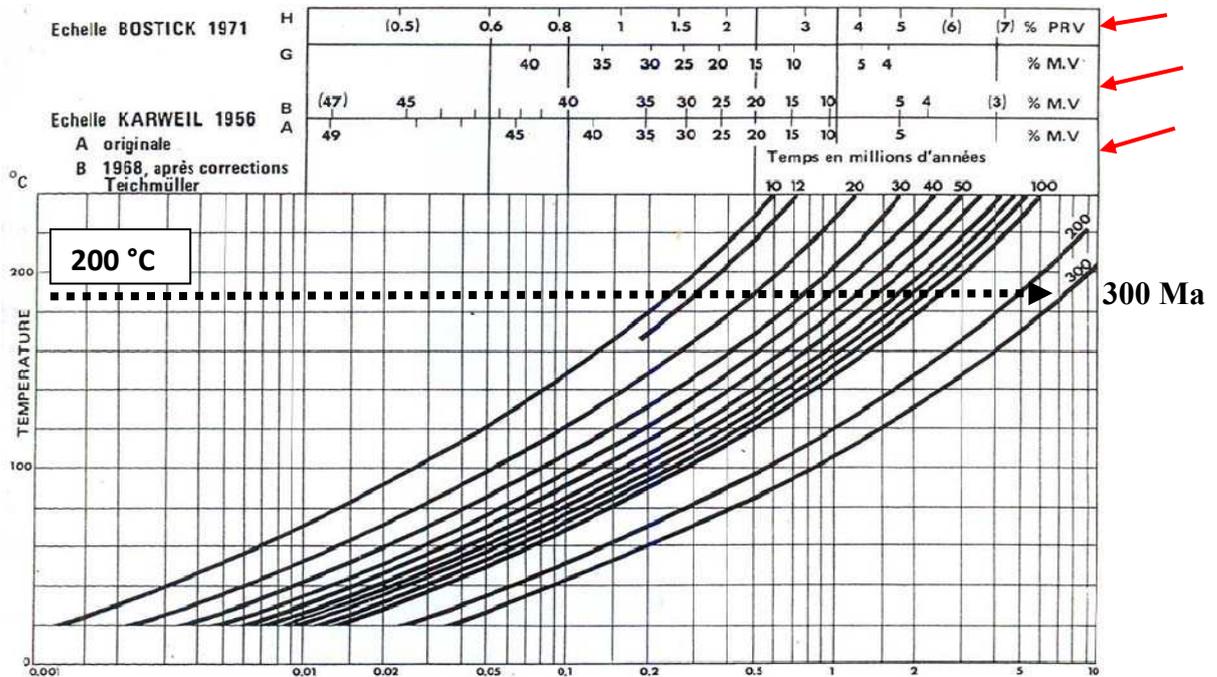


Figure 8. Houillification en fonction de l'âge du charbon. Échelle Z de Karwel (1956)

Cette échelle fournit un équivalent **relatif** de houillification. Elle permet de passer de la température de réaction au rang du charbon. On remarque que le temps long est un des facteurs déterminants. Corrélativement, la **Matière Volatile** diminue et le **Pouvoir Réfléchissant** de la **Vitrinite** augmente. (graphique extrait du Mem.8 P.Robert Pau 1985 Elf-Aquitaine).

La possibilité de faire en laboratoire, et dans l'industrie, de la carbonification en soumettant des végétaux à des conditions de température de plus en plus élevées, a permis de mieux comprendre les processus de récupération du carbone stocké dans les végétaux, et donc la carbonification.

Le mécanisme de conversion de la cellulose de la paroi en carbone, ainsi que la dégradation de l'hémicellulose, de la lignine et des pectines, est le résultat de la décomposition séparée de chacun de ces composants au cours de la diagenèse du charbon. Ce processus a été observé en laboratoire par les chercheurs Tang et Bacon<sup>6</sup> ; il se déroule en quatre grandes étapes de décomposition thermique dans un domaine de températures bien défini :

- 1, la désorption de l'eau adsorbée à partir de 150°C ;
- 2, la perte de l'eau structurale de la cellulose entre 150 et 300°C, ce qui va libérer le carbone ;
- 3, la rupture des chaînes, ou dépolymérisation, et rupture des liaisons C/O et C/C, entre 240 et 400°C ;
- 4, l'aromatisation<sup>7</sup>, à partir de 400°C, aboutit à la formation des couches de type graphitique.

<sup>6</sup> MM. Tang et Roger Bacon: *Carbonization of cellulose fibers*, *Carbon* 2, 211 (1964).

<sup>7</sup> Le terme d'« aromatique » a été donné à ces molécules avant la compréhension du phénomène physique d'aromaticité. Ces molécules ont en général une odeur douce.

Le terme d'aromatisation s'applique à une structure **kérogénique**. Selon la règle de Hückel, dans cette structure, les atomes sont liés par un cycle possédant une alternance de liaisons simple et double, que nous ne définirons pas. Il s'agit donc ici de créer ce type de liaison. À noter que les liaisons de ces deux types sont générales.

Au cours de ce processus en quatre étapes, s'effectue la décomposition chimique de l'hémicellulose entre 200 et 260°C, puis celle de la cellulose entre 240 et 350°C, et finalement la dégradation de la lignine entre 280 et 500°C.

On peut donc avancer que la houillification, ou carbonification, est un processus en partie semblable à celui qui conduit au métamorphisme des minéraux, où le facteur  $\theta$  (température) est prédominant sur le facteur P (pression) mais, pour le rang, le facteur T (temps) joue très probablement un grand rôle. Le lignite en serait la démonstration.

### ***Rappel des principales caractéristiques des trois combustibles classés charbons :***

- la houille et l'antracite (rang le plus élevé) s'extraient en veines successives à des profondeurs pouvant aller à plus de 2.500 m (de l'ordre de 400 veines pour 2.000 m dans le bassin franco-westphalien), d'âge long (Carbonifère, environ de – 360 à – 295 Ma), pour des teneurs en carbone de 75 à plus de 90 % pour l'antracite ;

- le lignite (rang moyen) se forme à relativement faible profondeur à partir de tourbe et d'autres végétaux non tourbifiés (jusqu'à 450m en Allemagne), dans un temps d'âge intermédiaire (du Lias, pour les plus anciens, au Tertiaire), pour une teneur en carbone de 65 à 75 % ;

- la tourbe, combustible de faible rang, se fossilise à faible profondeur (quelques dizaines de mètres maximum), dans un temps court, de 1 000 à 7 000 ans, pour une teneur en carbone de 50 à 65 %.

Avant de clore ce chapitre sur la formation du charbon, un mot sur la combustion des solides riches en carbone. On constate qu'elle se produit essentiellement dans une phase gazeuse, selon deux étapes :

- 1. au moment de l'allumage, gazéification partielle du solide par le comburant<sup>2</sup> ;
- 2. combustion des gaz comburants (méthane et hydrogène) obtenus au contact de l'atmosphère sous forme de flamme de diffusion de la chaleur, puis continuité du processus.

### ***Distillation de la houille***

Bien que ce mémoire soit dédié au charbon en tant que *matière combustible*, il peut être intéressant pour le lecteur de donner quelques informations sur l'obtention (non exhaustive), par distillation de la houille, de sous-produits secondaires, utilisables pour divers usages industriels et domestiques.

La distillation de la houille dégage jusqu'à 20 % de son poids en un mélange complexe de **gaz incondensables** (hydrogène 50/58 %, méthane 25/28 %, oxyde de carbone 8/12% et 2 % d'eau ammoniacale), et un grand nombre de **produits organiques condensables**, dont :

- le benzol brut (dont on extrait le benzène, le toluène, le xylène, le solvant naphtha) ;
- les goudrons classés selon leur température de distillation en : huiles légères, phénoliques, naphthaléniques, huiles lourdes et huile anthracéniques.

Il faut noter que les goudrons sont une source importante de produits organiques de structures cycliques, polycycliques, hétérocycliques, qui ont permis de fonder l'industrie des colorants et des produits pharmaceutiques.

De plus, la saccharine, ou « sucre de houille », a été le premier édulcorant historique de remplacement du sucre.

Les produits de distillation dépendent de l'origine de la houille et, en particulier, de la température de distillation :

- à 500/600 °C, « craquent » : goudrons riches en huiles et produits phénoliques ;
- à 1.000/1.300 °C, « craquent » : molécules organiques lourdes, produits gazeux et benzol.

Il reste le coke. Ce résidu a reçu de nombreuses utilisations et notamment :

- l'utilisation dans l'industrie sidérurgique comme source de carbone pour réduire l'oxyde de fer ;
- la production de *gaz de houille*. Ce gaz a été utilisé pour l'éclairage jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et, plus généralement, comme gaz de ville jusqu'en 1950, époque où il fut remplacé par le gaz naturel.

Le gaz de houille était constitué de 50 % de dihydrogène (H<sub>2</sub>), 32 % de méthane (CH<sub>4</sub>), 8 % monoxyde de carbone (CO) et, pour les 10 % restant, par divers autres gaz mais en faibles proportions. Pour sa commercialisation, ce gaz est ensuite mélangé à une certaine quantité d'air naturel et d'eau lui conférant un pouvoir calorifique variant entre 4 000 et 5 000 calories/m<sup>3</sup> ; épuré, ce gaz est incolore.

### 2.3. Contextes paléogéographique et climatologique

La houille exploitée actuellement s'est formée principalement pendant le Paléozoïque (ère primaire), plus précisément au Carbonifère/Permien, entre – 360 et – 285 Ma, sous des conditions climatiques équatoriales, sans saisons nettement marquées en Laurasie et au Gondwana.

Les cartes de paléogéographie de C.R. Scotese<sup>5</sup> (dont seules les légendes sont reproduites ici) montrent l'évolution des continents Pangée et Gondwana par rapport à l'équateur sur une période de 125 Ma, depuis le début de la colonisation des terres émergées par les végétaux.

Le plein développement de la forêt houillère primitive, composée de diverses associations végétales, généralement luxuriantes selon leur situation (voir figure 11 paléoenvironnement complexe à Graissessac, page 23), favorise le développement d'une flore déjà variée, mais qui pour la plupart n'existe plus aujourd'hui, de fougères géantes arborescentes, prêles, etc. qui donneront le charbon, après enfouissement et transformation (figures 10 et 11, et chapitre 2.4).

La figure 9 situe les principales régions des bassins houillers du Carbonifère qui encadrent l'équateur, ainsi que les régions englacées à cette époque

#### **Traduction, dans l'esprit, des légendes des cartes de Christopher R. Scotese<sup>8</sup>**

« - Au **Dévonien**, les océans du Paléozoïque inférieur se ferment, formant la "pré-Pangée". La forêt équatoriale s'est développée pour la première fois dans les régions qui sont aujourd'hui le Canada Arctique, le Nord du Groenland et la Scandinavie.

- Au début du **Carbonifère**, les océans du Paléozoïque entre l'Euramerica et le Gondwana ont commencé à se fermer, formant les chaînes appalachienne et varisque. Cette fermeture a provoqué l'englacement des terres équatoriales qui sont devenues le Pôle Antarctique. Une calotte de glace recouvrait le Pôle Sud tandis que des Vertébrés tétrapodes évoluaient dans les marécages à charbon près de l'équateur.

- À la fin du **Carbonifère**, les continents qui composent l'Amérique du Nord moderne et l'Europe sont entrés en collision avec les continents du sud du Gondwana pour former la moitié occidentale de la Pangée. La glace a recouvert la plupart de l'hémisphère Sud tandis que le long de l'équateur se formaient les énormes marécages de maturation du charbon. »

---

<sup>8</sup> **Christopher R. Scotese** est professeur de géologie à l'université du Texas, à Arlington. Notre collègue Jacky Rousselle et moi-même avons eu le plaisir de le rencontrer à l'Académie des Sciences, à Paris, lors du colloque de Paléogéographie qui s'y est tenu les 8 et 9 mars 2004.

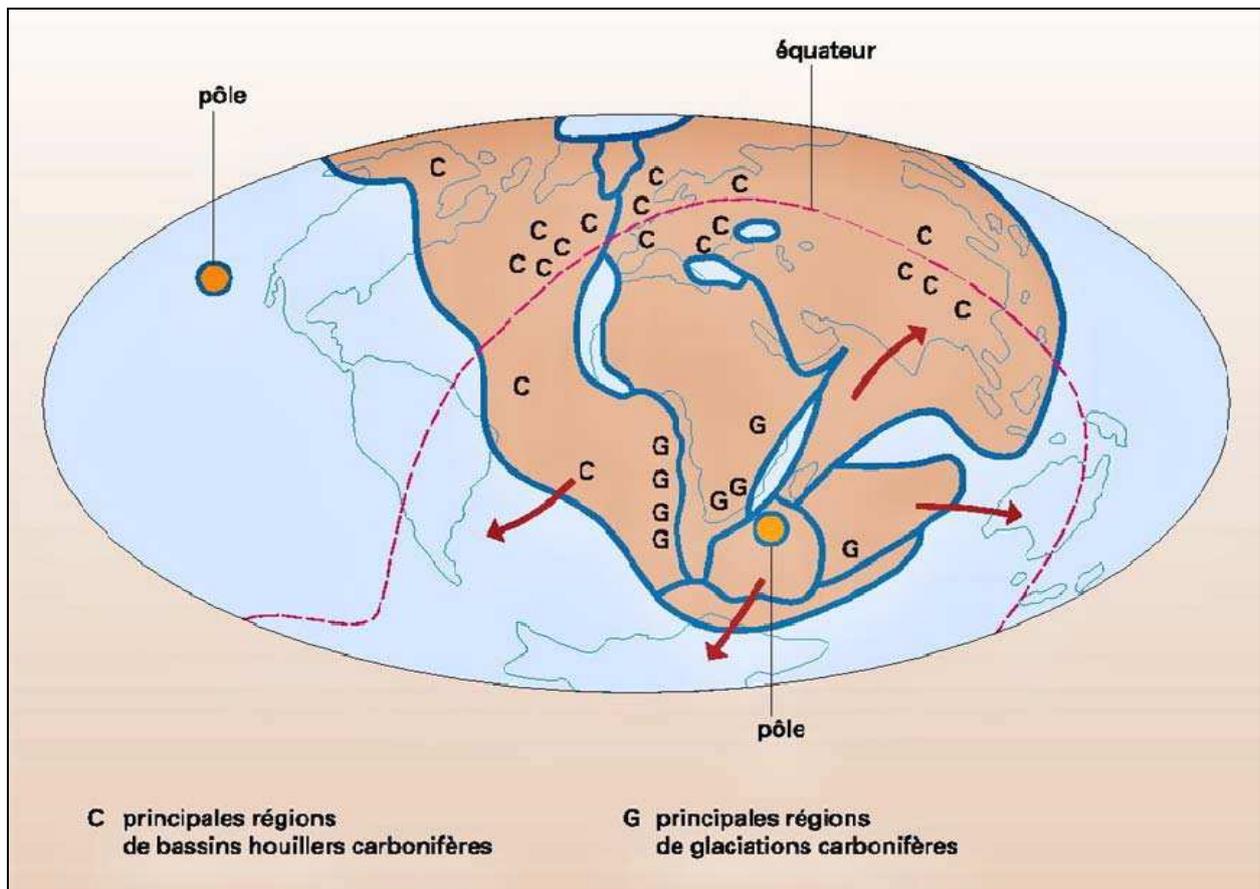


Figure 9 (image google). Cette carte synthétise la position de l'équateur (en tiretés) par rapport au groupement des terres émergées à un moment du Paléozoïque. C'est pendant cette période que s'est formé le charbon actuel matérialisé par C (bassins carbonifères) le long de cette ligne.

En filigrane, la position actuelle des terres émergées.

La répartition de ces bassins n'est pas uniforme à la surface du globe.

On note des concentrations considérables dans des « provinces nommées houillères » :

- provinces houillères de la chaîne hercynienne :

Appalaches, Angleterre, bassin franco-belge, Ruhr, Silésie, Donetz ;

- provinces houillères des formations permiennees :

dans la province du Gondwana en Amérique du Sud,

Afrique du Sud, Inde, Chine, Australie

et sur le continent asiatique la province de l'Angara.

## 2.4. Paléontologie végétale et animale

Au Protérozoïque (avant l'ère primaire), la vie n'était représentée que par des cyanobactéries (responsables notamment de la construction calcaire des stromatolithes), des bactéries et des algues. Entre – 600 et – 540 Ma, se produit une grande diversification des organismes procaryotes et eucaryotes.

Au Paléozoïque (ère primaire), des macro-organismes, Spongiaires, Brachiopodes, Coraux... apparaissent ; puis l'accroissement progressif du taux d'oxygène dans l'atmosphère terrestre entraîne des révolutions biosphériques qui conduiront progressivement aux conditions environnementales de la forêt houillère.

Au début du Silurien, les algues vertes se diversifient et évoluent, ce qui conduira aux premières plantes terrestres dont on connaît des fossiles au Silurien supérieur (Cooksonia).

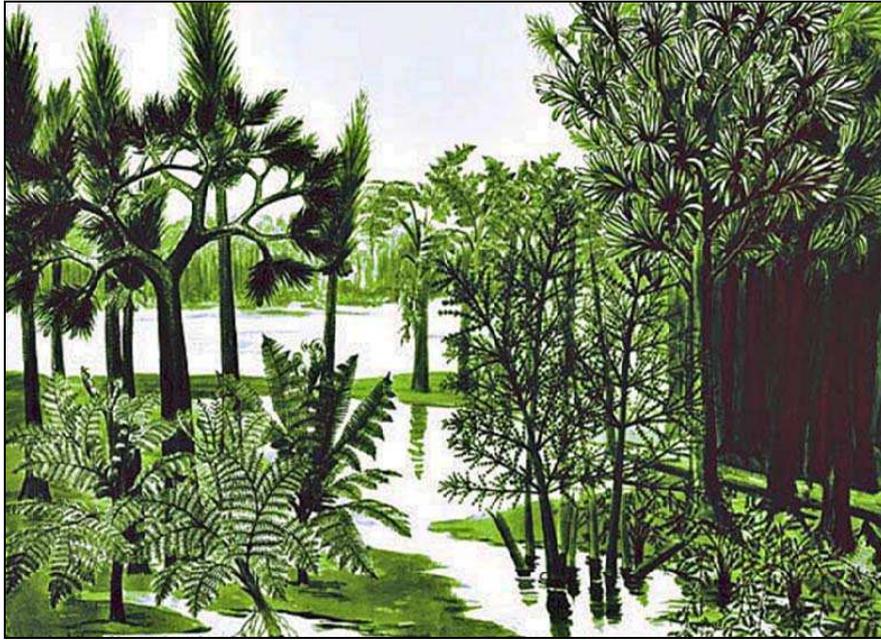


Figure 10. Type de forêt houillère primitive luxuriante, due à la situation d'inondation des plaines côtières qui favorise le développement de fougères géantes arborescentes, de prêles... (Images Google)

La colonisation du milieu terrestre a été rendue possible grâce à des innovations permettant de résister à la dessiccation et grâce à la vascularisation des axes (troncs et branches) assurant la circulation de l'eau et des éléments nutritifs.

C'est pendant le Dévonien et le Carbonifère que le monde végétal subaérien s'est vraiment développé, apparition des feuilles (au Dévonien), des graines (au Carbonifère), mais il faudra attendre la fin du Trias pour que les fleurs et les fruits apparaissent avec les Angiospermes.

La forêt houillère (figures 10 et 11), esquissée au Dévonien supérieur et largement développée surtout au Carbonifère supérieur, dans la zone tropicale de l'époque, couvre une partie importante de la Laurasia et de l'Afrique du Nord.

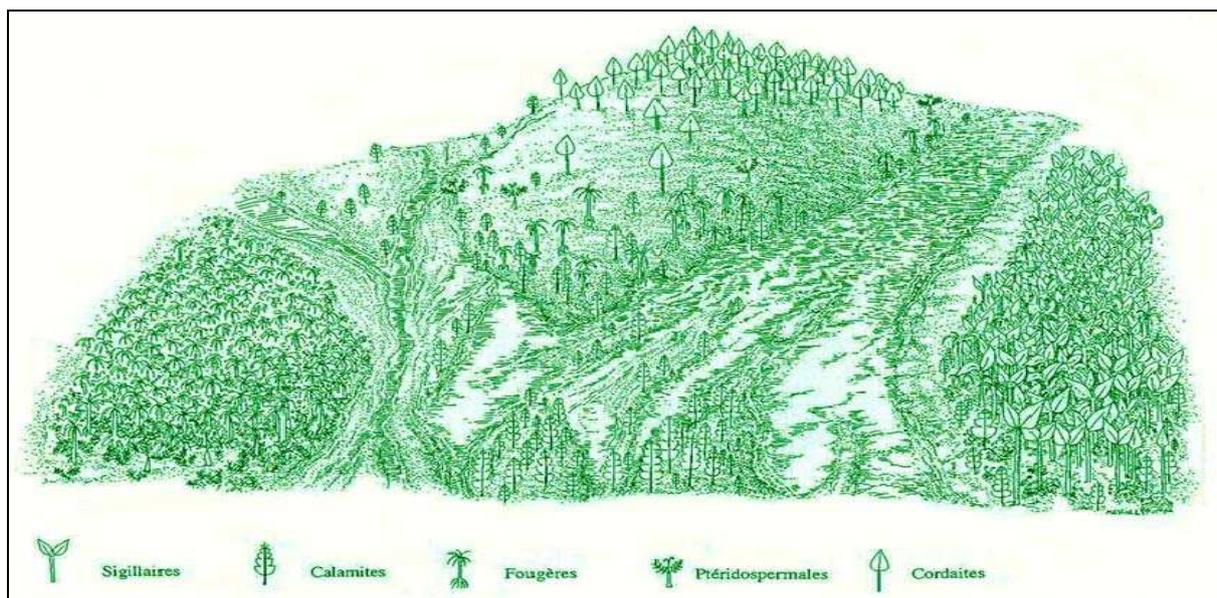


Figure 11. Type d'un paléo-environnement complexe (Graissessac) où coexistent, à faible distance, diverses associations végétales occupant des biotopes différents.

(Source : Galtier J. – Paléoflore carbonifère de Graissessac, 1999).

### 2.4.1. Les plantes fossiles du Carbonifère/Permien

Les empreintes de plantes que l'amateur peut encore trouver<sup>9</sup> sur les roches stériles, dans les veines de charbon, nous renseignent sur la phytosociologie des forêts qui en sont l'origine. On constate qu'il y a des variations des espèces dominantes entre chaque grande région houillère en fonction surtout de leur géomorphologie, collines, marais, etc.

Parmi les nombreuses plantes (figures 12 et 13) qui constituèrent les forêts houillères de l'hémisphère Nord à l'époque du Carbonifère, deux catégories peuvent être distinguées. Le premier groupe de plantes se reproduit par des spores, le second possède des organes reproducteurs plus évolués : les ovules.

Les spores sont des éléments de reproduction primitifs. Actuellement, les prêles, les mousses et sphaignes (tourbe), les algues, les fougères et sélaginelles se reproduisent par l'intermédiaire de spores.

L'ovule est l'élément reproducteur femelle, ou gamète, devenant un œuf après fécondation et se développant pour donner naissance à un nouvel individu.

Les Médullosales sont semblables aux fougères mais s'en distinguent par les ovules. Les Cordaitales Gymnospermes primitifs, étaient aussi dotés d'un élément reproducteur femelle par ovule. Ces deux groupes se sont éteints à la fin de l'ère primaire.

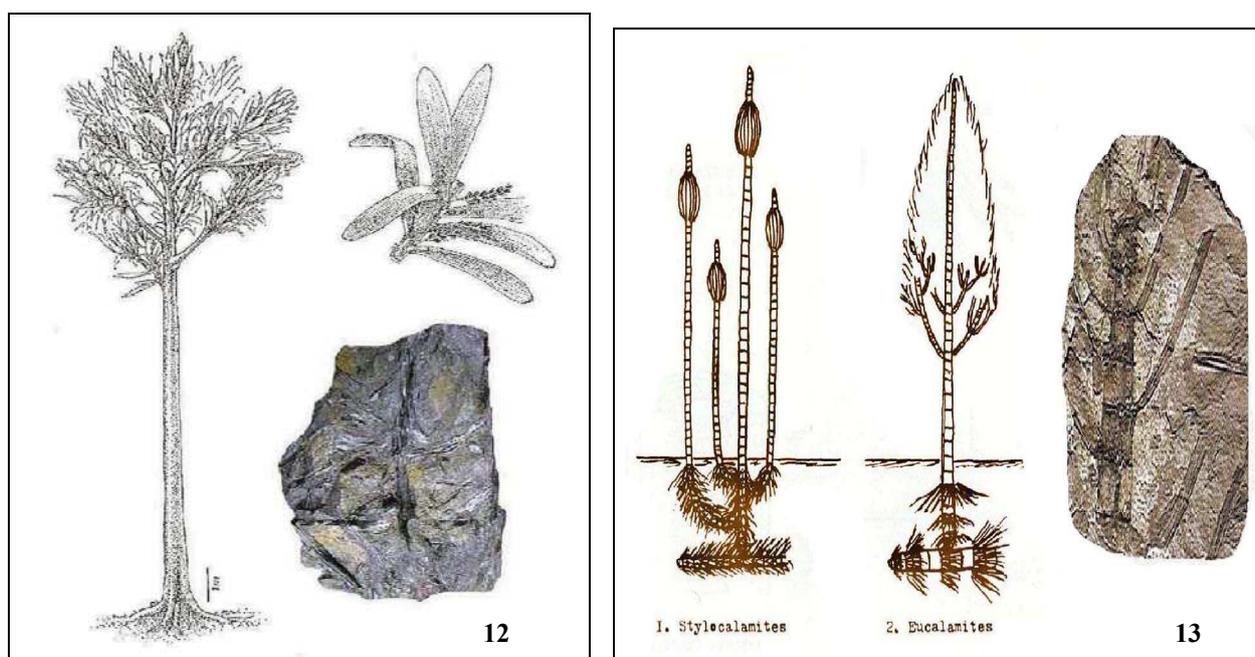


Figure 12. Reconstitution d'une Cordaitale, Graissessac) et empreinte provenant de Ransart (Charleroi, Belgique). Ces végétaux, se reproduisant par ovules, étaient souvent de grande taille, de 30 à 40 m de hauteur (extinction à la fin du Paléozoïque).  
[www.fossiliraptor.be/carboniferesuperieur.htm](http://www.fossiliraptor.be/carboniferesuperieur.htm)

Figure 13. Reconstitution de deux Calamites de ports différents. L'empreinte atteste l'espèce Eucalamite. Ce végétal arborescent formait des arbres d'environ 10 m de hauteur et d'un mètre de diamètre, et vivait dans un biotope marécageux. Il se reproduisait par spores. Nos prêles actuelles sont ses descendantes possibles.

<sup>9</sup> La plupart des empreintes montrées dans les musées proviennent directement des mines. Elles ont été récoltées au moment de l'extraction, ce qui explique les beaux spécimens que l'on peut y voir.

## 2.4.2. Aperçu de la faune du Carbonifère

À la fin du Dévonien, les premiers tétrapodes semi-aquatiques et semi-terrestres apparaissent, mais le plein épanouissement de la faune se fait au Carbonifère, tant sur la terre que dans les eaux.

### La vie marine est très riche

Les premiers tétrapodes aquatiques apparaissent. Les Poissons cuirassés disparaissent (extinction biologique du Dévonien), remplacés par les Ganoïdes et les Sélaciens. Les Foraminifères sont nombreux, Saccamina, Fusulines. Les Polypiers appartiennent aux groupes des Tabulés, des Tétracoralliaires et des Axophyllidés. Les Échinodermes sont des Cystides, Blas-toïdes et de nombreux Oursins. Les Brachiopodes redeviennent abondants, Spirifers et Productus. Les Mollusques abondent, Gastéropodes, Bivalves, Céphalopodes [Nautilés et Ammonitidés (Goniatites)]. Les Crustacés ne consistent plus qu'en quelques genres de Trilobites, qui ont complètement disparu au Permien, et en Décapodes Macroures (à queue développée, homards et écrevisses).

### La vie terrestre

Avec l'extension des forêts, ainsi qu'avec la température tropicale humide, se développent de nombreuses espèces d'Arthropodes dont certains de 1,5 m de long. Parmi les insectes, on trouve des Thysanoures, des Névroptères, dont Meganeura, de 0,70 m d'envergure, des Orthoptères et des Homoptères, des Blattes, des Phasmes et des Sauterelles.

Les tétrapodes aquatiques restent inféodés à l'eau jusqu'à ce que leur œuf, espèce de boule de gelée flottant dans l'eau, soit doté d'une coquille. Il sera alors pondu sur terre permettant à l'animal de quitter le milieu aqueux. Ce sera l'avènement des Reptiles.

Au Permien, juste après le Carbonifère terminal, apparaît un étrange reptile, le *Dimétron*, qui est doté d'une sorte de « voile » de dimensions imposantes, sur son dos (figure 14).

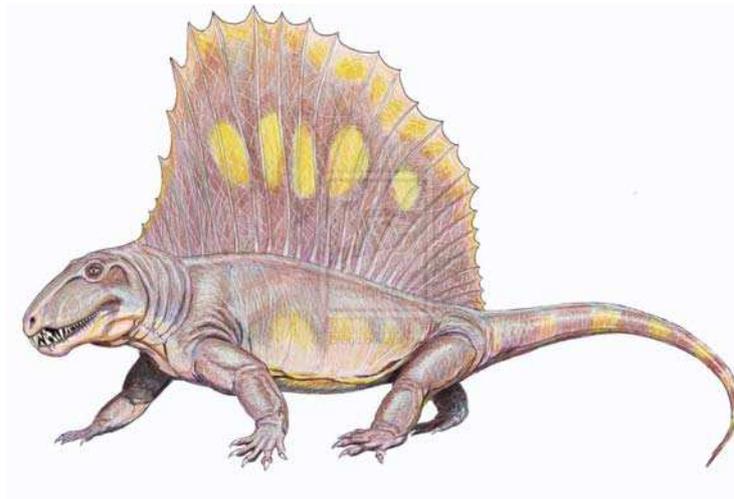


Figure 14. Reconstitution de *Dimetrodon angelensis*, un grand reptile mammalien carnivore du Permien.  
(Dessin : <http://dibgd.art.deviantart.com>).

## •• Chapitre 3 ••

# Histoire de l'exploitation du charbon

### 3.1. Le charbon et son histoire

Parler du charbon sans évoquer aussi son histoire humaine serait faire un oubli regrettable car ce « produit utile » est la base de la révolution industrielle du XIX<sup>e</sup> siècle dont nous sommes issus.

Nous n'avons personnellement aucune qualité de chercheur en histoire, aussi allons-nous reproduire et adapter des extraits en nous inspirant d'ouvrages qui ont été consacrés aux mines et aux mineurs écrits par différents auteurs : écrivains, universitaires, conseillers scientifiques, conservateurs de musées, simples observateurs dans des associations ou historiens de « Charbonnages de France » (établissement aujourd'hui disparu).

#### 3.1.1. Histoire des mines et des mineurs

Il est difficile de situer avec exactitude la date de la découverte et de la première utilisation du charbon. Cependant, il apparaît que son usage à l'échelle de l'histoire de l'humanité est relativement récent.

Dans l'Antiquité, quelques indices tendent à prouver que le charbon affleurant dans certaines régions est déjà utilisé comme combustible. Les Chinois, dans ce domaine comme dans tant d'autres, paraissent avoir innové. Selon certains chroniqueurs, la houille était exploitée dans les monts du Chan-Si, mille ans avant notre ère. Cette exploitation se perpétua au cours des siècles puisque Marco Polo, deux mille ans plus tard, atteste dans ses relations de voyage que le charbon est connu en Chine. Plus près de nous, Théophraste explique que les forgerons l'employaient dès le IV<sup>e</sup> siècle avant notre ère.

À Rome, par contre, les allusions au charbon sont rares. Cependant, Salluste rapporte que les Espagnols, dans les forges de Castra Aelia, employaient une pierre bitumineuse pour remplacer le bois devenu rare et cher. Il faudra attendre les IX<sup>e</sup> et X<sup>e</sup> siècles pour trouver de nouvelles mentions du charbon en Europe Occidentale. Il est vrai que l'usage de l'écriture s'était quelque peu perdu entre-temps.

Une charte anglaise de 853 spécifie qu'une douzaine de charges de charbon de terre seraient remises, comme redevance, aux moines d'un couvent. Son extraction est attestée aux alentours de l'an 1000 en Saxe, en 1049 en Belgique. Au XII<sup>e</sup> siècle, naît à Liège une « Cour des Jurés des Charbonnages », constituée pour régler les litiges entre exploitants, prendre des mesures de conservation publique et assurer l'entretien des galeries.

En France, le charbon apparaît dans les textes officiels au début du XIII<sup>e</sup> siècle. Le 6 avril 1201, Raymond Roger, accordant un château en fief au seigneur de Fougères, en Languedoc, lui assigne son remboursement sur les mines de Villemagne et de Roussagues : le droit d'ouvrir une mine est devenu une prérogative de la féodalité. D'autre part, un reçu de péage pour la traversée du pont d'Albi laisse penser que le charbon est exploité à Carmaux, en 1250.

À la fin du Moyen Âge, les techniques minières sont extrêmement rudimentaires. En effet, l'existence d'un gisement ne peut être décelée qu'aux rares endroits où la couche de charbon dénudée par l'érosion apparaît à la surface du sol, et aucune prospection systématique n'est encore mise en œuvre. On exploite d'abord ces « affleurements », que l'on rencontre en France à Saint-Étienne, au Creusot, à Alès, à Graissessac, à Carmaux, pour ne citer que ces lieux-là, en

s'avançant à peu de distance dans la couche lorsqu'ils sont situés à flanc de coteau, ou bien encore on creuse des puits, simples trous de quelques mètres de profondeur, équipés d'un treuil en bois.

Le XV<sup>e</sup> siècle est marqué par une poussée de l'exploitation, peut-être liée à l'essor économique de la période. Deux secteurs géographiques se distinguent maintenant avec plus de netteté, le centre du Royaume de France et les Pays-Bas, tandis qu'en Angleterre l'extraction prend son essor sous Élisabeth 1<sup>re</sup>. Cependant, se pose un problème de débouchés. Le charbon a en effet du mal à entrer dans les mœurs. Une méfiance certaine l'entoure. On accuse la fumée qu'il dégage de causer les pires maux. Il faudra partout que la pénurie de bois se fasse sentir pour qu'il soit enfin accepté. Et pourtant, déjà des industries se concentrent autour des exploitations. Ainsi, à Saint-Étienne et dans ses environs, des forgerons, des couteliers, des quincailliers, des armuriers viennent s'installer à proximité des mines de charbon. C'est aussi le cas dans l'Hérault, dans le bassin de Graissessac, au pied de l'Espinouse, où plusieurs centaines de cloutiers produisaient près d'un million de clous par jour et ce depuis le XIII<sup>e</sup> siècle.



Figure 15. Gravure de l'ouvrage *De re metallica* de Georgius Agricola, de son vrai nom Georg Pawer, ou George Bauer (1494-1555). Savant allemand du XVI<sup>e</sup> siècle, considéré comme le « père de la minéralogie et de la métallurgie ». Son ouvrage majeur *De re metallica*, accompagné de nombreuses illustrations, constitue le premier ouvrage de référence sur les techniques minières et le travail du métal.

Dans le même temps, des ouvrages scientifiques commencent à s'intéresser au charbon. Le plus typique à cet égard est le livre du naturaliste allemand Agricola « *De re metallica* » (figure 15), véritable somme des connaissances minières de l'époque, publié en 1556.

Les méthodes d'exploitation font peu de progrès. Pour remédier à cette situation, le pouvoir royal essaie de stimuler les exploitants, par le versement d'une subvention et par des menaces de dessaisissement.

En 1601, Henri IV crée une « Grande maîtrise des Mines et minières de France » qui est dorénavant seule habilitée à accorder l'autorisation d'ouvrir une mine. Au XVII<sup>e</sup> siècle, le charbon commence à ne plus être utilisé uniquement autour des lieux de production. C'est ainsi que grâce au canal de Briare, en 1664, le charbon de Brassac, en Auvergne, peut se vendre à Paris. Dans le nord du pays, des mines sont exploitées dans le Boulonnais et le Hainaut. Les conditions archaïques continuent à entraver la production. Dans la plupart des mines, les galeries sont mal déblayées, l'étalement est défectueux. Quand des éboulements se produisent, on abandonne le puits et on reprend l'exploitation en un autre point. Deux dangers principaux menacent les mineurs : l'eau qu'on ne peut épuiser, les incendies qui se prolongent. Devant cet état de chose, la politique du pouvoir royal est pour le moins hésitante.

En 1744, à la suite d'une demande de renseignements sur l'état des mines dans le Languedoc, le subdélégué de Lodève signale qu'il n'y a pas de mines dans son diocèse et que le charbon utilisé vient du diocèse de Béziers, des environs de Lunas, Saint-Martin et Camplong (18 mars 1744). Il semble cependant que l'exploitation de la houille date depuis très longtemps, mais le plus souvent de façon artisanale et précaire.

En 1768, on a confirmation de l'existence de ces mines par le rapport du subdélégué de Béziers relatant la visite qu'il fit aux mines de la Dame de Lunas :

*« J'ai parcouru toute la mine qui est si basse et si serrée qu'à peine suis-je parvenu à son extrémité que ne pouvant presque pas respirer, je fus forcé de m'asseoir sur le sol. Je fis extraire en ma présence le charbon et je sortis couvert de sueur. Je ne saurais vous dire la richesse du filon. Il n'est possible d'entrer dans cette mine qu'avec une ou deux lampes dont le peu de lumière ne permet guère d'apercevoir la bonté ou les défauts du charbon. Elle est si basse et si étroite qu'on ne peut y aller qu'un à un et en se courbant considérablement, en sorte que si l'on y entrait avec un flambeau, on y serait étouffé par la fumée. Je serai toujours à vos ordres, mais je vous supplierai, si j'avais à vérifier des mines de cette espèce et si mal exploitées, de permettre d'y faire entrer à ma place quelqu'un dont je fusse sûr, car j'avance que je ne croyais pas en sortir. Il faut qu'elle soit mal exploitée pour autant que je puisse en juger par la petitesse de l'ouverture faite pour ainsi dire et suivie de plain pied. (23 avril 1768). »*

### **3.1.2. La révolution industrielle du XIX<sup>e</sup> siècle**

Par rapport aux progrès extrêmement lents des siècles précédents, le XVIII<sup>e</sup> siècle se caractérise par un essor considérable. Le charbon devient l'élément moteur de la révolution industrielle du XIX<sup>e</sup> siècle qui bouleversera la Grande-Bretagne, puis la France. Le bois se faisant rare, les pouvoirs se préoccupent en effet de développer un tel produit de substitution et cherchent à faire l'inventaire de l'existant (figure 13).

Dans ce paragraphe, nous allons montrer quelques aspects du changement fondamental qu'introduisit cette révolution que l'on dit « paléotechnique », sans pour autant entrer à fond dans le sujet. Ne seront pas abordés notamment :

- les aspects financiers qui bouleversèrent ce monde par le transfert du capital du secteur mercantile (commerce lointain) au secteur industriel ;
- les aspects sociaux qui virent l'apparition du « monde ouvrier » et du syndicalisme. L'industrialisation est très vite apparue porteuse d'inégalités nouvelles. Les contemporains ont eu conscience de vivre une ère de mutations d'une violence sans précédent, comme l'exprime bien le terme de « révolution industrielle » (Friedrich Engels l'emploie dès 1845).

## La première révolution industrielle : l'ère du charbon

La première révolution industrielle dite, selon l'expression de Lewis Mumford, « l'ère de la houille », était déterminée par l'invention de la machine à vapeur, « pompe à feu », due à l'Écossais James Watt, à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle. Cette invention supposait le charbon et donc son extraction à grande échelle. Malgré son coût élevé et sa faible fiabilité à ces débuts, la machine à vapeur modifia complètement l'industrie textile, qui se mécanisa, et permit dans les mines de charbon d'exploiter des gisements à une grande profondeur en pompant les eaux d'infiltration.

C'est aussi en début du XVIII<sup>e</sup> siècle qu'Abraham Darby invente la métallurgie au coke en remplacement du charbon de bois.

Par la suite, au cours de la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, la machine à vapeur devait modifier considérablement les coûts des transports maritimes, fluviaux, et terrestres. C'est ainsi que le premier navire à vapeur de l'Américain Robert Fulton (1806) ramenait au quart de ce qu'ils étaient, depuis la fin du Moyen Âge, les coûts des transports transocéaniques. Dans le transport fluvial, "l'invention" du *touage*<sup>\*</sup>, ce mode de traction par chaîne immergée, fait basculer lentement la navigation intérieure d'un âge à un autre en influençant profondément les formes économiques des batelleries. Il permit notamment la diffusion à plus grande échelle du charbon.

Puis le chemin de fer (dû à l'Anglais George Stephenson, en 1825) amorçait la plus grande révolution dans les transports terrestres depuis l'invention de la roue. Il réduisait en un demi-siècle les coûts au sixième de leur valeur durant l'ère de la diligence.

Ces quelques exemples de la première révolution industrielle montrent qu'elle doit être comprise comme un processus ouvert, déclenchant une réaction en chaîne d'innovations de toute nature s'entraînant réciproquement et se diffusant à tous les secteurs, puisqu'elle en a engendré une deuxième (celle de l'électricité et du moteur à explosion) et une troisième (celle du nucléaire, de l'informatique et des biotechnologies) !



*Figure. 16. Le « bougnat », livreur du charbon domestique, est l'artisan du développement de la société urbaine, « rouage » actif de cette révolution (Photo Google)*

\* Le **touage** est une technique de traction pour les péniches sans moteur, mise au point par Eugène Bourdon en 1828. Une chaîne métallique, fixée à ses deux extrémités, est immergée dans le cours d'eau. Le bateau-treuil, le *toueur*, équipé d'un moteur à vapeur, s'agrippe à cette chaîne et peut tracter un train d'une quinzaine de péniches.

Le touage sur la Seine entre Conflans-Sainte-Honorine et Paris fonctionna de 1855 à 1931, puis fut progressivement remplacé par le remorquage.

### ***3.1.3. La nationalisation et la fin de Charbonnages de France***

Une nouvelle géographie des mines s'esquisse donc peu à peu et ce sera la révolution industrielle du XIX<sup>e</sup> siècle qui, avec l'évolution de la recherche et des moyens massifs d'extraction du charbon, améliorera progressivement la sécurité, en donnant un meilleur confort aux mineurs, conjointement avec une concentration des sites d'exploitation par l'élimination naturelle des moins rentables.

Puis, acte final pour la France, 200 ans plus tard, en 1946, nationalisation des houillères avec la création de « Charbonnages de France », pour exploiter les différents bassins miniers qui s'étaient constitués au cours des siècles précédents : Nord-Pas-de-Calais, Lorraine, Loire, Cévennes, Blanzay, Aquitaine, Provence, Languedoc, Auvergne, Dauphiné.

Charbonnages de France était un établissement public à caractère industriel et commercial. Il a été dissout par décret du 21 décembre 2007 en laissant une dette, reprise par l'État, estimée à 2,5 milliards d'euros.

Le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) a repris la gestion de l'après-mine (surveillance), cependant que des filiales de Charbonnages de France, telle que Gazonor (récupération et valorisation de résidus de gaz minier), ont été cédées au Groupe Alpha, à la Sofirem (réindustrialisations), à l'australien *European Gas Limited*.

### ***3.1.4. Les hommes et la mine***

« Avec la fin de Charbonnages de France, le livre de l'histoire de la mine se referme. C'est une grande page d'un gros livre qui se tourne. Un livre qui a commencé en 1720 avec la découverte du charbon dans la région Nord-Pas-de-Calais », nous confie Jacques Fediaczko, guide au Centre historique minier de Lewarde. Cet ancien mineur a vécu la dernière journée au fond du puits d'Oignies. Il nous l'a dit : « je garderai toujours en mémoire cette dernière journée ». On peut le comprendre.

Pourquoi cette fin d'exploitation des mines ? Cet article n'étant pas destiné à faire une analyse fine de cet acte majeur, on s'en tiendra uniquement à la raison économique. Les charbons français n'étaient plus considérés comme compétitifs, en raison notamment de la concurrence des charbons étrangers (150 euros la tonne en 2003, contre 40 euros pour les charbons australiens, transport compris, par exemple). Cet important différentiel aurait rendu les mines françaises non compétitives pour une longue période, elles ont donc été progressivement fermées. Les sites ont depuis été restructurés et dépollués mais...

Cette décision a posé d'énormes problèmes humains à une population qui était pourtant habituée à une vie pleine de risques. À cela se rajoute un lourd héritage pour les régions minières : le sol y est percé comme du gruyère. Dans le bassin du Nord-Pas-de-Calais, 100 000 km de galeries ont été recensés, et probablement plus. Certaines ont été comblées, d'autres noyées. Mais le sol continue de bouger, les affaissements entraînent la dégradation des habitations. L'eau remonte des puits et les zones inondables sont nombreuses... Toutefois, il leur reste les terrils, leurs « montagnes » pour le bassin du Nord, dont nous parlerons au chapitre 4, ainsi que d'autres vestiges ailleurs que nous aborderons aussi.

#### ***Un mot peut-être sur quelques statistiques et sur les ingénieurs et cadres***

En 1947, au plus fort de l'activité, les mines emploient 360 000 personnes. Les mineurs produisent 45,4 millions de tonnes, pour atteindre le record historique de 59 millions de tonnes en 1959. En 1990, c'est l'arrêt de l'extraction dans le Nord-Pas-de-Calais. En 1994, la signature du pacte charbonnier national entre CdF (Charbonnages de France) et les syndicats fixe la fin des

mines en 2005. Il instaure le congé charbonnier de fin de carrière ouvert aux salariés de 45 ans et ayant au moins vingt-cinq ans d'ancienneté, leur assurant 80 % de leur salaire.

Enfin, en 2004, la dernière mine en activité, la Houve, à Creutzwald, en Moselle, ferme et, trois ans plus tard, le 31 décembre 2007, a lieu la dissolution de Charbonnages de France ; Daniel Cadoux en étant le dernier Président. Cet organisme aura vécu 61 ans.

### *Les Écoles des Mines*

La recherche du minerai de charbon et la création de mines a posé le problème de la qualification du personnel d'exploitation. Les relations de textes faites dans ce mémoire montrent qu'une réflexion approfondie s'est imposée pour organiser cette nouvelle activité prometteuse d'avenir.

Pour cela, l'école de Paris fut fondée en 1783 sur ordonnance du roi Louis XVI, dans le but de former des directeurs qualifiés pour les mines du royaume, puis d'autres écoles furent ouvertes :

- l'École de Saint-Étienne, en 1816, par Louis XVIII, dans le but de former des cadres pour l'extraction de la houille ;

- l'École des mines d'Alès, en 1843, sous Louis-Philippe, dans le but de former des maîtres mineurs (familièrement appelés porions) ;

- l'École des Mines de Douai, fondée pour cette même raison, en 1878, sous la Troisième République.

On appelle ces écoles «les historiques » ;

- l'École de Nancy est créée en 1919, sous le nom d'Institut métallurgique et minier, pour répondre aux nécessités de la reconstruction de l'économie après la Première Guerre mondiale ;

- l'École de Nantes et l'École d'Albi-Carmaux, fondées respectivement en 1990 et 1992, ont été créées pour former les futurs cadres et dirigeants du monde des technologies.

Avec la disparition progressive des houillères en France, les écoles historiques ont évolué, au fil du temps, en écoles d'ingénieurs généralistes.

### *Les traditions : la fête de la Sainte-Barbe*

La sainte Barbe est célébrée le 4 décembre lors de la sainte Barbara ; elle est la sainte patronne des mineurs mais également de nombreux autres métiers en rapport avec le feu tels que les artificiers et les pompiers (tradition due au foudroiement de son père après qu'il l'eut décapitée, parce que d'éducation païenne elle fût attirée par le christianisme et le pratiqua malgré les interdictions). La fête de la Sainte-Barbe est un héritage très présent dans les anciens bassins houillers. La sainte Barbe est adorée par les anciens mineurs car c'est elle qui veillait sur eux quand ils étaient au fond des mines.

## **3.2. Les exploitations industrielles**

Nous ne pouvons clore ce chapitre, relatant les débuts de l'exploitation industrielle du charbon, sans évoquer plusieurs épisodes typiques, parmi tant d'autres, de la révolution charbonnière. On nous pardonnera cette sélection qui, comme toute sélection, est forcément arbitraire. Elle n'inclut notamment pas, pour des raisons de contraintes éditoriales, les très grands bassins du Nord-Pas-de-Calais et de Lorraine qui, par ailleurs, servent de modèle et sont très diffusés.

### *3.2.1. La mine de Decazeville*

Nous parlerons d'abord de celui de Decazeville. Cette courte relation sera faite à partir d'un ouvrage, *Le bassin houiller de l'Aveyron illustré*, édité par l'Association de Sauvegarde du Patri-

moine Industriel du Bassin de Decazeville, et rédigé à partir de notes écrites, en 1907, par F. Chirac. Cet auteur s'attache à nous donner une vision d'ensemble du bassin à cette époque.

Nous ne reprendrons qu'une toute petite partie de l'historique de cette ville minière, qui porte le nom de son fondateur, et décrirons sommairement une des particularités de l'exploitation, la « Découverte » (figure 17), car il a existé, en plus de cette exploitation à ciel ouvert, une extraction souterraine du charbon.

*« Decazeville, ville d'environ 9 000 habitants, chef-lieu de canton du département de l'Aveyron, compte à peine trois-quarts de siècle d'existence ; son origine ne remonte qu'à 1830, époque de la création de l'industrie minière et métallurgique dans la région.*

*Avant 1826, la houille était extraite par les propriétaires de la région, aux affleurements des couches, en différents points, et notamment à La Grange et à Firmy.*



Figure 17. La découverte de la mine à ciel ouvert de Decazeville, en 1983.  
(Photo : <http://villeneuve.aveyron.free.fr/Tourisme.htm>)

*La concession de La Grange, d'une superficie de 130hectares, avait été accordée en 1819 à M. Joulia de Lassalle, sous la dénomination de la Salle-Miramont. La houille alors extraite était absorbée par la consommation locale, et il n'existait que quelques pauvres petits hameaux, reliés par de mauvais chemins, dans un pays où l'agriculture offrait de maigres ressources.*

*En 1826, M. le duc Decazes se rendit acquéreur des terrains concédés à M. de Lassalle et de ceux appartenant à M. Fualdès, à Firmy, et s'occupa de la formation d'une société financière pour l'exploitation méthodique de la houille et le traitement des minerais de fer des environs.*

### **Exploitation de la houille**

*Le terrain houiller affleure dans le bassin de Decazeville. Il est constitué par des schistes et des grès gris ou blancs, plus ou moins grossiers. On peut distinguer dans ce bassin trois faisceaux de couches de houille : le système d'Auzits, ou inférieur, le système de Campagnac, ou moyen, le système de Bourran, ou supérieur. C'est à ce dernier qu'appartient la couche puissante*

(50 mètres environ) exploitée à Decazeville, à ciel ouvert, sous la dénomination de la « découverte de Lassalle » (figure 17).

L'exploitation en découverte se fait aux moyens de gradins ou banquettes de 4mètres de hauteur et de 3mètres 50 à 4mètres de largeur. La couche est surmontée de terres qui sont abattues et utilisées en partie dans la mine pour le remblayage.

La découverte de Lassalle comprend :

- 12 gradins au charbon, soit 48 mètres ;
- 18 gradins aux terres soit 72 mètres ;
- elle a donc une hauteur totale de 120mètres.

L'abattage du charbon et des terres à la Découverte s'obtient en forant des trous de mine que l'on fait partir ensemble deux fois par jour. Le premier tir, d'environ 70 coups, est exécuté à 10 heures 45 du matin ; le deuxième, d'environ 40 coups, à 3 heures 45 de l'après-midi. Il est très intéressant d'assister à ces tirs. On aperçoit d'abord un panache de poussière et de fumée puis, quelques secondes après, des projections de pierres et de charbon dans toutes les directions. Les détonations sont parfois bruyantes comme des coups de canon, d'autres fois à peine perceptibles. Le touriste qui aura quelques heures à passer à Decazeville pourra les consacrer agréablement à la visite de la découverte de Lassalle, bien qu'il soit difficile d'obtenir l'autorisation de la visiter en détail. »

### **3.2.2. Le Sillon Houiller du Massif central**

La structure plissée du Massif central a été faillée à la fin du Westphalien (tronçonnement asturien). Ces failles ont provoqué de grands décrochements comme le Sillon Houiller, le décrochement de Villefort ou le décrochement du Forez. Le long de ces dislocations se sont établis, dans tout le massif, des bassins houillers lacustres (Autun, Blanzay, Saint-Étienne, Alès, Commentry, Saint-Éloy, Messeix, Decazeville, Brassac, Ahun, Carmaux, Graissessac...). Les séries houillères qui ont été partout exploitées montrent une alternance de grès grossiers blancs, de schistes noirs à fougères et de couches de houille.

Un ancien membre éminent de la SAGA, Joan Deville, a rédigé pour *Saga* en 1976), une étude à caractère essentiellement minéralogique de cinquante-huit pages, sur cette fracture longue approximativement de 260km, titrée « **Le Sillon Houiller du Massif central** ». (Ce document Hors Série peut être consulté à la bibliothèque de la SAGA : réf. biblio. GG 96).

Le bassin de Decazeville, dont nous venons de parler est, d'après J. Letourneur, le dernier bassin houiller de cette grande faille nord-sud du Massif central, appelée le « Sillon Houiller », le premier étant Souvigny, dans l'Allier. (Charbonnages de France incluent Carmaux et Decazeville dans le bassin Centre-Midi, classement sans caractère géologique).

### **3.2.3. Le bassin houiller de Saint-Étienne**

*Il était difficile de parler du charbon sans évoquer le bassin houiller de la Loire et en particulier la ville de Saint-Étienne.*

#### **Historique**

L'appellation de « bassin houiller de la Loire » est employée pour la première fois dans les travaux cartographiques de l'ingénieur des mines Louis Antoine Beaunier, publiés en 1817. Avant ceux-ci, on distinguait de manière coutumière « *les charbons de terre du Forez* » (gisements de Saint-Étienne, à Firminy) et « *les charbons de terre du Lyonnais* » (exploités dans la vallée du Gier).

Soixante ans plus tard, en 1878, C. Mayer-Eymar, étudiant les fossiles trouvés en grande quantité pendant plus de deux siècles d'histoire minière, a défini l'étage géologique Stéphanien en

référence à la ville de Saint-Étienne. Cet étage, rappelons-le, fait partie de la période géologique du Carbonifère supérieur située entre – 295 et – 285 millions d'années. (Carbonifère du latin *carbo* (*charbon*) et *fère* (*porter*) car ces terrains sont souvent riches en houille.)

Quinze années plus tard, en 1893, dans une note sur la nomenclature des terrains sédimentaires, Munier-Chalmas et A. de Lapparent écrivent : « Le nom de Stéphanien, correspondant à celui d'Ouralien, s'appliquera aux assises renfermant les flores houillères qui se succèdent depuis l'assise de Rive-de-Gier jusqu'à celle du bois d'Avaize inclusivement, de manière à comprendre tous les bassins houillers du Plateau central. » Le stratotype en est le terrain houiller de Saint-Étienne (Loire) : il est caractérisé par une flore abondante en pécoptéridées et en cyathéides, par des odontoptéridés et par la disparition des *Mariopteris*.

L'étage Stéphanien est très épais, près de 3 000 mètres de puissance ; il est divisé en trois assises, de bas en haut : l'assise de Rive-de-Gier, ou Stéphanien A, à *Pecopteris lamurensis* ; l'assise de Saint-Étienne, ou Stéphanien B, à *Cordaïtes lingulatus* ; l'assise d'Avaize, ou Stéphanien C, à *Odontopteris minor*.

Le bassin houiller de la Loire est historiquement l'un des tout premiers à avoir été exploité en France. L'exploitation y est attestée depuis le XIII<sup>e</sup> siècle. Principal site d'extraction du charbon en France après 1815, il a fourni jusqu'à 50 % de la production nationale dans les années 1820-1830, lors de la première révolution industrielle. Il a été définitivement dépassé par le bassin minier du Nord-Pas-de-Calais dans les années 1860. Par la suite, au XX<sup>e</sup> siècle, il resta un bassin de premier ordre, car étant situé loin des frontières il a été relativement épargné par les deux conflits mondiaux. Ainsi, de 150 000 tonnes à la veille de la Révolution française, la production dépassait le million de tonnes en 1836. En 1873, elle atteignait 3,3 millions et fut à son apogée, dans l'entre-deux-guerres, avec plus de 4 millions de tonnes.

C'est à Saint-Étienne que s'était installé le siège des Houillères des Bassins du Centre et du Midi (H.B.C.M).

### **Géologie du bassin de Saint-Étienne**

C'est un grand synclinal qui s'étend sur 22.000 hectares et se présente sous la forme d'une bande discontinue longue d'une cinquantaine de kilomètres pour cinq kilomètres de large en moyenne. Cette bande est orientée selon un axe sud-ouest/nord-est, entre le Rhône et la Loire. Le bassin se prolonge au-delà du Rhône dans le Bas Dauphiné. C'est un bassin houiller de montagne (figure 18), issu d'un ancien bassin limnique situé à l'époque de sa formation au pied de l'ancien Massif hercynien (actuel massif du Pilat).

L'ensemble du secteur présente de nombreuses zones d'affleurements qui ont très probablement favorisé son exploitation dès le Moyen Âge (et peut-être même avant). Les dépôts charbonneux se caractérisent par leur puissance (de 5 à 7 mètres de haut en moyenne, jusqu'à 10 mètres parfois), par leur allure irrégulière et par la présence de nombreuses failles. Ce bassin était reconnu par les mineurs et les ingénieurs comme l'un des plus difficiles ; néanmoins, les charbons exploités étaient relativement tendres (ce qui explique probablement l'arrivée tardive des marteaux-piqueurs vers 1920).

La stratigraphie du bassin de Saint-Étienne est extrêmement complexe en raison du grand nombre de failles qui le découpent et de la difficulté à délimiter les différents étages.

C'est Charles-Emmanuel Gruner qui synthétisa le premier l'ensemble des connaissances en établissant une carte. Schématiquement, le Stéphanien se compose d'une même série se répétant plusieurs fois : grès grossier - grès fin - argilites - houille maigre - houille grasse - houille maigre - argilites, etc. Une telle série témoigne des oscillations courant fort/courant faible (voire stagnant) que l'on retrouve aujourd'hui dans certains cours d'eau, de leur apparition sous la forme de torrents à leur disparition sous la forme de bras morts qui se comblent peu à peu.

## Le charbon et son exploitation

Les qualités de charbon exploitées allaient des charbons gras semi-bitumineux et bitumineux (à Saint-Étienne et Rive-de-Gier) aux charbons maigres de type anthracite (dans le secteur de La Talaudière). Les roches et le charbon pouvaient y être extrêmement friables. Les incendies souterrains provoqués par l'oxydation des gisements y étaient courants. Le secteur de Rive-de-Gier, dite série du Stéphaniens inférieur, est divisé en deux unités principales dont le faisceau le plus important, celui de La Péronnière, comporte cinq couches dénommées *la gentille*, la *bourrue*, la *batarde* et la *grande masse* représentant une puissance totale cumulée de 12 à 15 mètres de haut.

Le secteur de Saint-Étienne (dit Stéphaniens supérieur) comprend trois niveaux principaux : assise de Saint-Étienne, le faisceau des Combes et le couronnement. Les deux premiers furent les plus productifs, avec les faisceaux de Grüner (quinze couches de 30 à 35 mètres), de Beaubrun (quinze couches de 30 à 35 mètres), des Littes (six couches de 10 à 12 mètres) et de Bellevue (huit couches de 10 à 12 mètres).

Finalement, ce qui faisait la particularité du bassin de la Loire ce n'est pas tant ses caractéristiques géologiques qui, nous venons de le voir, sont au contraire désavantageuses car les couches de charbon sont profondes et pas très épaisses, mais sa position géographique. En effet, se localisant loin des frontières, les puits de mines ligériens ont pu être épargnés par les ravages des deux guerres mondiales.

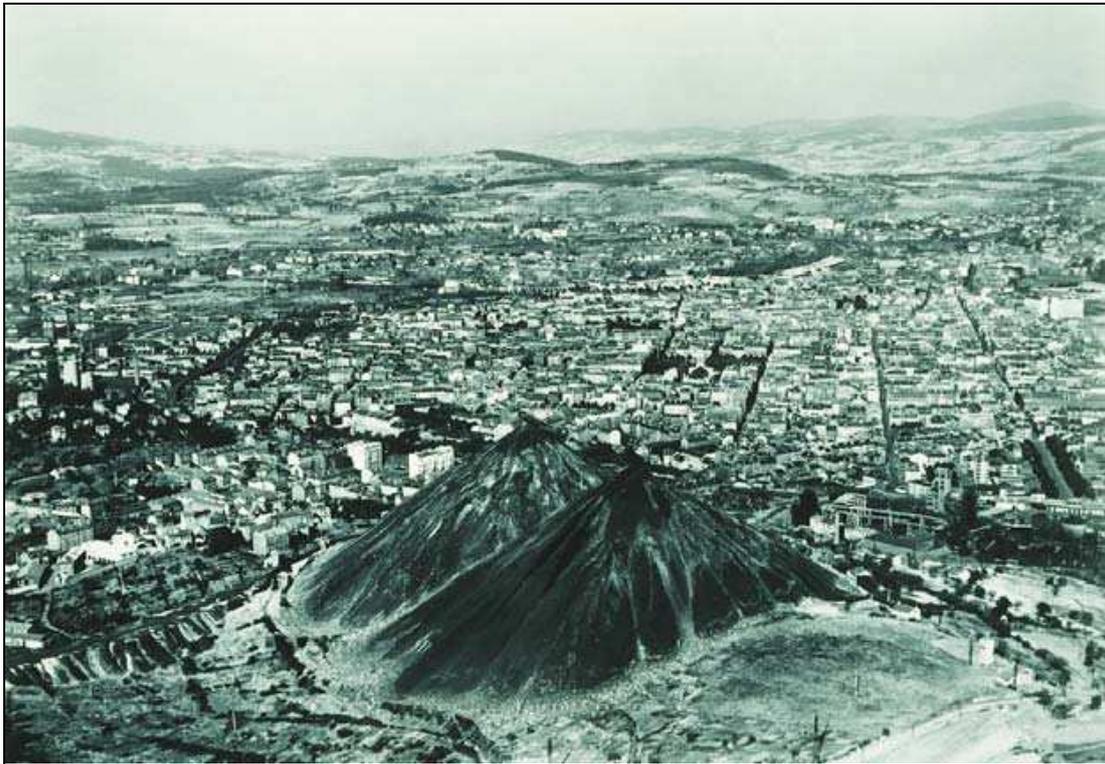


Figure 18. Les deux crassiers dominant la ville de Saint-Étienne.

« On n'est pas d'un pays mais on est d'une ville

Où la rue artérielle limite le décor.

Les cheminées d'usine hululent à la mort.

La lampe du gardien rigole de mon style.

La misère écrasant son mégot sur mon cœur

A laissé dans mon sang sa trace indélébile

Qui a le même son et la même couleur

Que la suie des crassiers, du charbon inutile. »

(Poème de Bernard Lavilliers. Illustration : [www.mine-saint-etienne.123.fr](http://www.mine-saint-etienne.123.fr))

### **3.2.4. Le charbon en Languedoc–Roussillon**

Nous donnons la plume à Jean-Pierre Rolley qui fut pendant trente ans enseignant à l'École des Mines d'Alès, pour clore, il le faut bien, ce long chapitre sur l'exploitation industrielle du charbon en France. Par sa connaissance de cette région, l'auteur a rédigé un ouvrage « **Le charbon en Languedoc-Roussillon** » qui fait la relation de tous les sites exploités et, en particulier, il attire l'attention sur le lignite, car de nombreuses petites exploitations de ce charbon sont réparties à travers le territoire.

Voici quelques extraits de cet ouvrage.

*« Le Languedoc-Roussillon est une région particulièrement riche en "charbon". Le Service des Mines a répertorié plus de cent concessions dans ce domaine. On doit cependant souligner que seul un tiers de ces concessions concerne des terrains du Carbonifère. Les deux autres tiers sont des concessions pour lignites, dans des formations allant du Lias au Tertiaire.*

*On a donc, en Languedoc-Roussillon, deux grands ensembles de sites charbonniers :*

*- des sites ayant exploité de la "houille", dans des formations géologiques datant du Carbonifère, parmi lesquels on dénombre deux bassins d'importance nationale, le bassin de Graissac et celui d'Alès-Bessèges ;*

*- des sites ayant exploité du "lignite" (dans des formations postérieures au Carbonifère). Ces sites, généralement d'une importance réduite, sont souvent méconnus bien que quelques-uns n'aient fermé que dans la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Certaines de ces exploitations sont très anciennes mais, portant sur des couches minces et pauvres, elles ne sont parfois signalées que dans les ouvrages anciens (lignites de Saint-Jean-de-Cuculles, par exemple).*

#### **Les bassins houillers**

##### **Le bassin d'Alès-Bessèges**

*Le bassin d'Alès-Bessèges (Houillères du Bassin des Cévennes) renferme à lui seul plus de 70 % des concessions accordées dans les terrains houillers du Languedoc-Roussillon. C'est le bassin le plus important de notre région, et c'est donc tout naturellement autour de lui que les exploitations seront organisées lors de la nationalisation des houillères en 1946.*

*C'est par les écrits de l'abbé de Cendras que l'on sait que l'exploitation de "Terres noires" était effective dès 1230 dans notre région. Les seigneurs de Portes, de Lafare, de Trouillas, etc. font aussi exploiter le "charbon de terre" grâce à de petits puits équipés de tourniquets à chevaux appelés "baumes". Mais ce n'est qu'au XVIII<sup>e</sup> siècle que l'exploitation prendra une certaine ampleur, avec l'utilisation en métallurgie, et le développement du transport ferroviaire. En 1760, on compte plus de 80 exploitations de charbon. Mais c'est sous l'impulsion de François-Pierre Tubeuf, entre 1773 et 1786, que les travaux d'exploitations acquièrent une certaine technicité. La mine commence à se professionnaliser mais il y a encore beaucoup de très petites mines.*

*La guerre de 1914-1918 entraîne un fort développement de l'activité minière. La Compagnie des mines de la Grand-Combe produisait 900 000 tonnes de charbon en 1914 et 1.300.000 tonnes en 1918. Peu à peu, le matériel se modernise, les méthodes de production se rationalisent et l'exploitation de la houille s'étend et s'enfonce. C'est par exemple à partir de 1938, que débute le creusement du puits Destival de plus de 800m de profondeur.*

*La guerre 1939-1945 donne un nouvel élan à la production. En 1942, la première exploitation "en découverte" est entreprise à Mercoirol. La nationalisation en 1946 va s'accompagner d'un important développement. Les Houillères du Bassin du Centre et du Midi sont dissoutes par arrêt ministériel du 24 février 2004.*

*L'histoire industrielle du charbon n'aura en fait duré en Cévennes qu'un peu plus d'un siècle mais elle aura très fortement et très durablement marqué la région.*

## **Le bassin de Graissessac**

*Le bassin de Graissessac a, lui aussi, une longue histoire charbonnière ; il se présente comme un long synclinal très étroit (22km sur 2km), orienté est-ouest, à l'extrémité orientale de la Montagne Noire. Les premiers travaux connus ont probablement débuté au XIII<sup>e</sup> siècle par des grattages sur des affleurements à flanc de coteaux.*

*Depuis le milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, diverses concessions vont voir le jour. Elles seront peu à peu abandonnées ou regroupées, après redéfinition de leurs limites (généralement une réduction de la surface), en cinq grandes concessions : Boussargues, Le Devois-de-Graissessac, Ruffas, Saint-Gervais et Plaisance.*

*En 1946, les concessions du bassin de Graissessac seront nationalisées puis regroupées au sein des Houillères du Bassin des Cévennes puis rattachées, en 1968, aux Houillères du Bassin du Centre et du Midi. Ces cinq concessions feront l'objet d'arrêté "d'arrêt définitif des travaux" entre 2003 et 2006.*

## **Les exploitations de lignites**

*Le Languedoc-Roussillon est particulièrement riche en gisements de lignites parfois asphaltiques<sup>7</sup>. Le nombre très important de lieux et de niveaux qui ont fait l'objet d'exploitations ne permet pas de faire, ici, une description complète de cet aspect du charbon dans notre région.*

*Les gisements, très divers, vont se rencontrer aussi bien dans certains niveaux du Lias des Causses, que dans le Crétacé supérieur ou dans diverses formations du Tertiaire.*

*Ces gisements sont souvent de taille réduite et le lignite de qualité médiocre, mais ils ont joué un rôle très important au début de la révolution industrielle en fournissant de l'énergie aux industries locales (magnaneries, forges, etc.). Leur développement est toutefois généralement limité par le manque de voies de communication et donc de marchés. Mais, lorsque les voies de communication se développent, la houille leur fera une concurrence souvent fatale. Pourtant deux bassins, celui de la bordure rhodanienne et celui du Minervois, arriveront à survivre jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle. »*

Nous ne reproduirons pas ici l'énumération faite dans l'ouvrage.

## **3.3. Les mines artisanales**

Nous continuerons cette évocation par la relation de trois autres exploitations, au sens large, qui ne furent pas nationalisées mais qui ont eu un impact certain dans leur région.

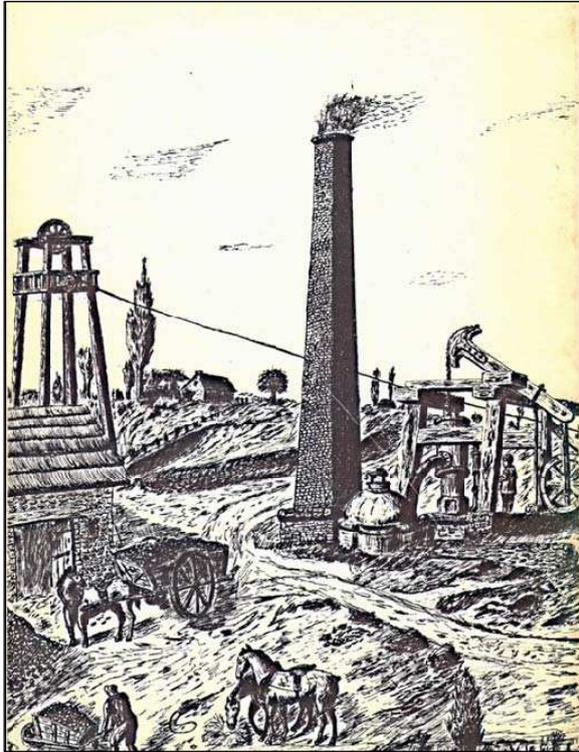
Notre premier regard se portera vers l'ouest de la France où deux sites significatifs ont perduré, dont un en particulier qui a marqué durablement le paysage.

### **3.3.1. Les mines normandes**

Cette première relation est extraite de l'ouvrage : **Ces mineurs de Littry, pionniers de l'Ouest**, rédigé par Claude Pézeril, en 1981, petit-fils de mineur, maire du Molay-Littry pendant vingt-quatre ans et membre de la Société des Écrivains Normands.

(La ville du Molay-Littry se trouve dans le Bessin, Calvados).

La première mine a été ouverte en 1743 et fermée en 1880 (figure 19). En 1943, tentative de réouverture, sous la pression de l'occupant allemand et fermeture définitive en 1950 alors que la mine commençait à produire un bon charbon.



*Figure 19. Site de la mine de Littry vers 1800. Gravure probablement extraite du Mémoire de Héricart de Thury.*

*Louis Étienne François Héricart de Thury (1776-1854), ingénieur des mines et membre du conseil d'administration de la Compagnie des mines de Littry, entra à l'École des Mines de Paris en 1795 où il rédigea un mémoire sur la mine de Littry.*

#### **« Avant-propos de l'ouvrage »**

*Tout sujet n'a de valeur que replacé dans son vrai contexte, sur la trame même de l'Histoire. La mine de charbon de Littry n'a guère été vue jusqu'ici, semble-t-il, que sous sa forme de phénomène géologique curieusement isolé dans l'ouest de la France. Or, sur trois siècles, et dans les temps les plus difficiles, ce furent le courage, l'ingéniosité, les peines et aussi les excès des hommes qui primèrent sur la matière, là comme dans toute entreprise...*

#### **Chapitre VIII. Retombées inattendues de la mine**

Dès avant de naître, la mine de Littry avait une vocation bien déterminée qui était d'alimenter les forges. Or, il se trouve que, de par la nature de son charbon, à cause aussi du minerai qui se faisait rare à son tour... cette vocation devint secondaire ; une application autrement plus profitable et étendue des possibilités de ce gisement était apparue, grâce aux besoins cruciaux comme aux connaissances nouvelles acquises en agronomie.

Tout alentour, le Bessin et le Sud Cotentin n'étaient que landes, terres acides, terres à joncs et à ajoncs (que nous appelons « vignots »), terres à fougères, froides, argileuses, compactes, ne donnant en pâturages et en récoltes que des résultats dérisoires.

L'utilisation massive de carbonate calcaire, ou pierre à chaux, si abondant à la lisière des schistes qui affleurent partout chez nous, devait changer tout cela en trois ou quatre décennies... Des coupes de puits et des coupes de sondages, prises au hasard de l'ouvrage de l'ingénieur Vieillard, mentionnent par exemple à 85,89 m de profondeur :

- schiste houiller... 0,30 m, charbon à chaux... 0,04 m, charbon à chaux... 0,10 m ;
- schiste houiller... 0,66 m, houille maréchale... 0,50 m.

Remarquons au passage l'expression « houille maréchale » qui traduit l'idée de matière noble, alors que celle de « charbon à chaux » a un petit accent de dédain. C'est cependant ce charbon-là qui, dans la balance des mérites et de la production, l'emportera haut la main, moins en raison de son pourcentage que de sa facilité d'écoulement dans un faible rayon. Nous en voulons pour preuve deux documents datant du premier tiers du XIX<sup>e</sup> siècle et qui se recourent parfaitement :

« [...] Quand à la houille de deuxième qualité, il serait aussi nuisible pour l'agriculture d'en augmenter le prix. Cette houille est employée à cuire la chaux qui sert à remplacer la marne pour ameublir et fertiliser les terres argileuses qui sans cela ne seroient d'aucun produit et l'on voit que ce secours est devenu tellement nécessaire dans la province que l'an dernier il en a été extrait de la mine plus de 470 mille quintaux uniquement pour cuire la chaux destinée à répandre sur les terres...

[...] L'heureuse influence de cette mine sur la prospérité de ce pays, nous dit notre guide, devrait être un motif d'émulation bien puissant pour exciter sur d'autres points de la France à des recherches géologiques analogues. Il faut avoir été témoin de la métamorphose que ce pays a éprouvée depuis 1741, époque de la découverte de la houillère de Littry, pour se faire une idée de tous les avantages qui en découlent. »

..Quand on parcourt ce pays, on ne tarde pas à s'apercevoir que c'est à la mine de Littry qu'il doit sa prospérité agricole. En effet, le bon marché de la houille a permis d'établir à dix lieues à la ronde une grande quantité de fours à chaux dont les produits, employés comme engrais, fertilisent plus de 150.000 arpents de terre. De nombreux ouvriers travaillent à l'exploitation de ces fours, tandis que d'autres extraient la pierre calcaire ou sont occupés à son transport.

Il est encore des vieillards qui se rappellent avoir vu ce pays, riche aujourd'hui d'une population laborieuse, d'abondantes moissons, d'habitations commodes, et de tout le matériel nécessaire à son industrie et à sa culture, parsemé seulement d'un petit nombre de huttes habitées par quelques malheureux qui avaient peine à arracher à des terres argileuses et froides le gage d'une chétive existence. La découverte et l'exploitation d'une mine de charbon ont tout changé, c'est ainsi que l'industrie participe à la puissance suprême et créatrice dont elle est une émanation. »

Ce bref chapitre, hommage rendu au charbon qui fit la fertilité, constitue une parenthèse. Il était malaisé de situer cette métamorphose qui s'opéra en trente ou quarante ans. Mais on peut dire que si la terre doit beaucoup à la mine et à son charbon chauffournier, la mine elle, dut sa survie aux paysans qui lui permirent de se maintenir.

### **3.3.2. Les mines oubliées de Vendée**

Notre seconde excursion nous conduira dans les mines de Faymoreau, en Vendée, à travers le regard de Claude Ligny, membre d'honneur de la SAGA, dans un long article paru dans *Saga Information* d'avril 2005 (n° 246) titré : « **Les mines oubliées de Vendée** ». Claude Ligny est Conseiller scientifique au Muséum de la Rochelle.

« La dernière mine de charbon de Lorraine, après celles du Nord et d'ailleurs, a extrait ses ultimes tonnages. La presse et tous les médias ont à plusieurs reprises relaté cet événement avec éclat et nous ont largement diffusé les images de la dernière berline sur l'air de « nous n'irons plus au fond [...] La fin des gueules noires est une grande page de l'histoire industrielle de la France qui se tourne, la mondialisation impitoyable faisant la « tonne rendue » sans concurrence.

Ces grands mouvements médiatiques concernaient surtout les gros complexes du Nord-Pas-de-Calais, de la Lorraine et du Centre... Mais parlez autour de vous, même dans les départements proches de ces mines de Faymoreau, au fin fond de la Vendée : pratiquement personne n'en a jamais ouïes ! Les guides géologiques sont muets et les cartes sont d'une grande discrétion sur ce charbon, bien qu'il affleure par endroit. »



Figure 20. Mine de charbon de Faymoreau, en Vendée. Puits de la Centrale, vers 1910.  
(Photo Mauville, site : [en.wikoko.org](http://en.wikoko.org)).

### ***Des mines de charbon surprenantes***

Totalement imprévue dans le bocage vendéen, la floraison au fil des ans de treize puits, des grands et beaucoup de petits, avec tout ce que cela implique sur le plan humain (une population de 5 000 mineurs et leur famille, au long des 130 années d'exploitation) et sur celui des installations techniques et de leur emprise sur le site (figure 20), semble ici presque incongrue dans ce paysage purement rural.

L'éloignement des autres centres français n'a pas permis d'osmose technique, d'autant moins que leur statut de mines privées ne favorisait pas une dynamique globale...

La production totale du bassin est pratiquement impossible à chiffrer du fait de l'éparpillement des propriétaires et des actes de service, et aussi de la durée de vie variable des puits.

Depuis les débuts en 1827, les différents propriétaires et les directions successives ont engendré des exploitations hasardeuses, dangereuses, voire archaïques. La mauvaise qualité du charbon, en général, et sa répartition géographique problématique n'ont rien arrangé... L'entrée d'EDF dans le capital des derniers puits a sensiblement infléchi l'évolution. L'agonie se terminera en 1958. Il n'en reste pas moins que 5.000 personnes au total, avec leur famille, leurs implantations, leurs ethnies ont momentanément marqué ce site maintenant voué à l'oubli ; heureusement, le souvenir en est remarquablement entretenu par d'anciens mineurs et par les pouvoirs locaux...

### ***Une production pleine de risques***

Les concessions de 2 à 10 km<sup>2</sup> sont étalées le long du sillon houiller, tantôt à ciel ouvert mais de courte durée, tantôt devant s'approfondir jusqu'à - 200m, puis plus tard à - 525m, vers la fin de l'exploitation. Du fait de l'hétérogénéité du sillon, des incompétences, du sous-équipement, des faibles débouchés, des rivalités (batailles de mineurs sous terre, à la limite des concessions), les faillites, les abandons et les reprises s'enchaîneront pendant 130 ans...

L'insuffisance des moyens financiers, et donc techniques, n'a pas permis de tirer le maximum des puits les plus productifs. Le puits Bernard, avec ceux d'Épagne, de Saint-Michel et de Saint-Laur, ont été les seuls vraiment modernes. Le redressement de la majorité des couches, jusqu'à 45°, n'a pas non plus facilité le travail des hommes, ni la productivité.

Quelle a été la vraie raison du maintien de Faymoreau, en activité ? Elle fut politique : la Grande-Bretagne était le fournisseur de charbon de la façade atlantique et, en cas de conflit, tout était bon à prendre...

### ***Un charbon médiocre***

De la découverte faite par un sabotier, en 1827, qui, comme beaucoup d'autres, allait gratter son charbon quotidien dans de petites poches superficielles (appelées les *stots*), jusqu'au puits Bernard à – 525 m, l'étude géologique fut chaotique et conduisit à des surestimations des réserves du gisement, voire à des « inventions géologiques », les gisements en « coque de bateau » par exemple ! Mais comme les exploitations étaient toutes privées...

Le charbon, de qualité médiocre, délivre de 10 à 20 % de cendres alors que la norme est de 3 à 6 % maximum ; il est classé houille grasse, avec de 20 à 30 % de matières volatiles, ce qui en fait un charbon peu intéressant. Vers la fin, la production atteignait 60 000 tonnes par an, trois hommes produisant un total de 3 à 4 tonnes/jour, soit 200 tonnes/jour pour un puits.

### ***Des conditions d'exploitation très difficiles***

Que dire encore sur cette aventure minière peu commune, un cas unique en France ?

Que les conditions de travail étaient évidemment extrêmement difficiles et pénibles. Les puits, plus ou moins profonds, où l'hygiène était déplorable ; les galeries, longues et très basses, juste assez hautes pour permettre le passage des chevaux ; l'obligation de marcher couramment sur un kilomètre pour rejoindre le front de taille, avec une température d'au moins 30 °C et une ventilation d'un autre âge... du tout manuel au marteau pneumatique (30kg), jusqu'en 1950, la haveuse n'apparaîtra que deux ans plus tard... le tri du charbon effectué manuellement par des enfants et des femmes, pendant très longtemps !

Mauvais produit, isolement, archaïsme, concurrence écrasante et rivalités privées ont fait de ce bassin celui d'un rêve fou ! Les effondrements financiers et l'agonie de 1958 étaient inéluctables.

### ***Géologie du site***

Seuls quelques puits furent réellement bien étudiés, comme le Bernard, le plus important, qui a permis de dresser les coupes géologiques. Le site est situé à l'extrémité du sillon houiller dévonien breton auquel tous ces puits appartiennent sur 120km de long, du lac de Grand-Lieu à Chantonay. Les charbons de surface ou de profondeur sont des dépôts au pied des reliefs hercyniens, base du bocage vendéen, issus d'une forêt équatoriale largement établie, ayant dégénéré dans un bassin paralique (bassin houiller côtier, avec subsidence). L'ultime mise en place hercynienne en renversera les couches, avec des pendages pouvant atteindre 70°, ramenant ces dépôts à une bande de direction armoricaine de quelques décimètres à trois kilomètres, dans une faille nord-est. Les contacts structuraux se font par faille avec les schistes et le Cambrien.

Les nombreuses failles occasionnent autant de venues d'eau, ce qui n'a pas non plus facilité l'exploitation, qui a connu par ailleurs plusieurs coups de grisou et des éboulements mortels. Tout concourait dans le sens négatif sur ces carreaux !

Aujourd'hui, seul un chevalement en béton demeure, les corons réhabilités sont coquets et un hôtel-restaurant de l'époque "Les Mines" est d'une excellente prestation.

Bien entendu, incontournable : le Musée du centre minier, 85240 Faymoreau. 02 51 00 48 48. »

### 3.3.3. Les mines du Soleil

Notre troisième excursion nous conduira vers « **Les mines du Soleil** », dans les Hautes-Alpes, à travers des extraits de la plaquette réalisée par la Société Géologique et Minière du Briançonnais (février 1992) rédigée par Thierry Veyron, Conservateur du Musée de la Mine de Saint-Étienne.

« Briançon, ville minière... impossible ! La mine est pour nous associée aux grands bassins houillers du Nord et de l'Est, aux pays plats et aux ciels lourds à la Vlamincq. À peine songe-t-on aux bassins du Centre, à Saint-Étienne, à Montceau-les-Mines, à Saint-Eloy.

Briançon est une ville de montagne et de soleil pur, une ville haute, l'antithèse d'un coron. Les montagnes briançonnaises sont pourtant criblées de galeries, parsemées de déblais, traversées de goulottes et de câbles transporteurs. Les charbonnages du Sud-Est, quel paradoxe !

Au fond des mines paysannes conservées par un terrain houiller dur et sain, l'historien ou l'archéologue questionnent leur savoir... Les mines briançonnaises sont d'authentiques fossiles techniques explicables par l'existence d'une micro-économie dont il faudra explorer les structures.

Enfin, les charbonniers alpins sont de vrais mineurs, rudes, simples et fraternels. Reçus à Saint-Étienne, ils ont su, tout de suite, reconnaître leurs frères.

Des mines paysannes aux mines d'altitude, en passant par les exploitations industrielles, des centaines d'hommes, au statut précaire de « mineurs-paysans », ou « maçons-mineurs », saisonniers avant la lettre, y ont laissé parfois leur vie et souvent leur santé. De cette histoire dramatique qui, à bien des égards, ressemble à une épopée, il reste de nombreux vestiges, abandonnés sans précautions particulières depuis des années (figure 21). Il était urgent d'intervenir.

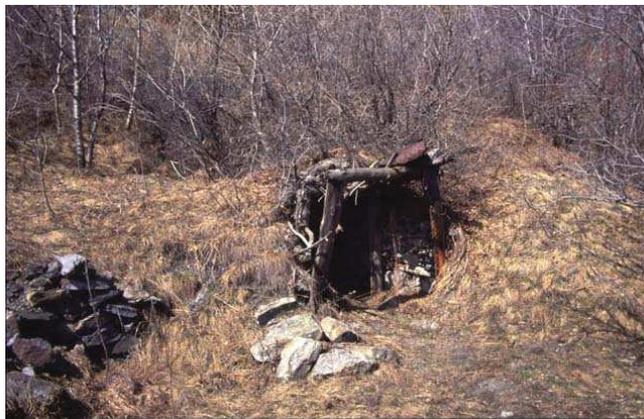


Figure 21. Entrée de galerie d'une mine de charbon paysanne sur la commune de Puy-Saint-Pierre.  
(Photo site : [eyditem.univ-savoie.fr](http://eyditem.univ-savoie.fr))

Les mineurs des mines paysannes travaillaient pour leur propre compte. Un gérant élu par eux assurait les rapports avec les Pouvoirs Publics. Ces « charbonnières » se comptent par centaines, fait unique en France, car le Briançonnais a échappé aux nationalisations. La plupart sont situées dans le secteur de Villard-Saint-Pancrace. Dans ce village, la majeure partie des habitants a, d'une manière ou d'une autre, été confrontée au problème de la mine. Une galerie y était encore en exploitation en décembre 1988. Nous en avons filmé les derniers instants.

L'exploitation se faisait en hiver, car la belle saison était consacrée aux travaux des champs. L'insuffisance des moyens techniques, l'absence de formation et surtout le caractère individuel de l'extraction, les rendaient peu rentables. Dans la plupart des cas, elles n'apportaient qu'un revenu d'appoint.

Les mineurs ne disposaient le plus souvent que d'un pic, d'une masse et d'un burin avec lequel ils creusaient des trous dans lesquels était logée la dynamite. Les techniques d'exploitation variaient selon la disposition des veines, buttes et échafaudages dans les veines subverticales, chambres d'exploitation dans les veines subhorizontales.

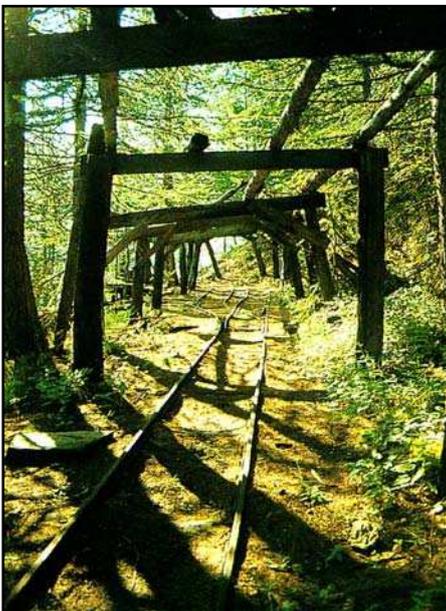
À l'intérieur des galeries, les moyens utilisés pour le transport du charbon étaient très rudimentaires : des paniers d'osier, des sacs en jute, des brouettes (mine du Chardonnet). Les mieux pourvus disposaient de wagonnets en bois. À Villard-Saint-Pancrace, ceux-ci s'ouvraient sur le côté pour permettre une évacuation du charbon à l'extrémité des appontements. Quelques rares installations disposaient d'un transport par câble (Villard-Saint-Pancrace) ou d'un bac de stockage (trémie de Martin de Saint-Martin-de-Queyrières). Ces wagonnets roulaient sur des rails taillés dans du mélèze et recouverts d'une feuille de métal : la maillette (puy Richard).

Des systèmes de transport ingénieux étaient utilisés : les « ramasses », sorte de traineaux pouvant transporter jusqu'à 600 kg de charbon sur la neige. Dans le secteur du Lauzet, près de Monétier-les-Bains, des goulottes d'une longueur exceptionnelle de trois kilomètres utilisaient un système de chasse d'eau pour évacuer le charbon depuis les sites d'altitude, jusqu'à la route nationale. Ces goulottes, creusées en cascade sur des pentes, ont avantageusement remplacé la « ramasse » que l'on montait à dos d'homme jusqu'au site d'extraction. Les particules de charbon devaient se répartir dans les différents bassins en fonction de leur taille et donc de leur masse. Les plus gros dans le bassin 1, les plus petits dans le bassin 3 ; l'eau résiduelle devait s'évaporer ou s'infiltrer. »

On ne peut clore cette excursion charbonnière en Briançonnais sans rappeler aussi l'existence de mines métalliques qui renferment de très belles galeries, notamment la mine de fer de Banchet, dans la vallée Étroite, près de Névache, qui a appartenu à l'Italie jusqu'en 1945.

L'Association Géologique et Minière du Briançonnais (SGMB), créée en 1989, a entrepris, avec l'aide du groupement spéléologique de Briançon, la recherche sur le terrain des traces visibles du patrimoine minier mais aussi la collecte des témoignages des derniers mineurs et mineurs-paysans. La même année, elle a ouvert un musée, au cœur de l'ancienne poudrière de la citadelle Vauban, à Briançon, qui présente les mines paysannes et les mines industrielles encore en activité jusque dans les années 1960. Des visites sont proposées sur le terrain, autour de l'ancienne concession de la Combarine, sur le territoire de la commune de Puy-Saint-Pierre, qui permettent de découvrir la géologie des terrains houillers ainsi que les vestiges de l'exploitation de l'anthracite.

Les travaux de mise en sécurité effectués entre 1996 et 2000 ont concerné une vingtaine des quarante-huit concessions historiques. Au cours de la saison estivale, il est encore possible de visiter les mines paysannes de Villard-Saint-Pancrace.



*Figure 22. Sur l'un des trois sites de la vallée de la Guisane, cheminement encore en place des wagonnets de la mine quasi industrielle des Éduits. (Source : « Les mines du Soleil »).*

## •• Chapitre IV ••

# Les témoins de l'exploitation du charbon : les marques extérieures

### 4.1. Les terrils

Terrils, ou terri, ou crassiers : selon la région, ces accumulations de terres stériles sont nommées crassiers en Lorraine ou terrils dans le Nord-Pas-de-Calais. Il semblerait que terril ait remplacé le mot local de terri après la catastrophe de Courrières, en 1906, qui provoqua une des plus grandes catastrophes dues à un coup de grisou, faisant plus de 1.100 morts.



Figure 23. Image significative (Nord-Pas-de-Calais), non universelle pour les valeurs du rapport stériles/charbon, mais néanmoins suggestive. (Image extraite du Magazine BT n°1110)

Il existe au moins trois types de ces accumulations, ou terrils, dans le Nord-Pas-de-Calais « ces montagnes du Nord » ; on en dénombre plus de 260 dans cette région, soit plus de 700 millions de tonnes (figure 23) de matières s'étirant sur plus de 120 km. Ce sont :

- **les plates**

Elles mesurent de 10 à 20m de haut pour un volume d'environ un million de tonnes. Les plus anciennes datent du XIX<sup>e</sup> siècle. À cette époque, les wagonnets (berlines) étaient tirés par des chevaux ou poussés par des hommes, ce qui excluait une pente trop raide ;

- **les coniques**

Leur hauteur est de l'ordre de 100m, pour un volume de trois millions de tonnes en moyenne. C'est l'arrivée de la mécanisation qui a permis, avec l'aide de wagonnets ou de tapis roulants, de conquérir une relative altitude en déversant les stériles en haut de l'accumulation (figure 24). Ces terrils se remarquent de très loin dans la plaine du Nord-Pas-de-Calais, et sont devenus un des

symboles du pays minier. En raison de l'augmentation de la production, ils ont permis de gagner de l'espace au sol ;



Figure 24. Chevalement et terril « conique » sur la concession de Bruay-la-Buissière (Pas-de-Calais).  
(photo <http://fr.wikipedia.org/wiki/Bruay-la-Buissiere>)

#### • les allongés

Ce sont les plus récents, ils sont dus à de nouvelles méthodes de traitement des charbons dans des lavoirs, après leur extraction. Cela permet de traiter d'énormes quantités de matières premières, venues de différentes fosses, en séparant mécaniquement le charbon des schistes stériles. Les stériles (déchets) sont ensuite acheminés et montés par des téléphériques et tapis roulants sur les terrils redevenus de forme allongée. Ces terrils en plateaux sont gigantesques mais cependant plus discrets et mieux intégrés dans le paysage. Ils sont plats.

#### 4.1.1. Les roches des terrils

Un terril est le lieu idéal pour récolter de belles empreintes<sup>9</sup> de fougères et autres végétaux fossiles, et aussi d'animaux, sur les roches stériles, schistes et grès, qui constituent essentiellement ces accumulations. On y trouve encore des morceaux de charbon mais ils sont rares et de petite taille.

**Les grès houillers** sont généralement des grès de composition et structure classique à base de sable quartzueux cimentés par de la silice. Ils peuvent renfermer de petites paillettes à reflet argenté de mica blanc. Leur teinte est plus claire que celle des schistes.

**Les schistes houillers** sont issus de boues argileuses et se débitent en plaquettes comme tous les schistes. Leur teinte varie du grisâtre au noirâtre en fonction de leur composition.

#### 4.1.2. La combustion des terrils

Avant les années cinquante, les terrils contenaient encore une certaine proportion de charbon, ce qui les rendait inflammables. La combustion des terrils houillers résulte le plus souvent de l'oxydation d'un sulfure de fer, la pyrite, qui se trouve, quelquefois en abondance, dans le charbon et dans les schistes houillers. Mais la pratique ultérieure du triage avec la liqueur dense (tri par densité) a conduit à des terrils pauvres en charbon qui ont donc peu de chances de brûler.

Autre conséquence de cette combustion : le pyrométamorphisme des roches situées alentours, schistes et pélites, cuites par la chaleur dégagée par la combustion souterraine du charbon, et qui donnent des porcelanites rougeâtres, très dures, souvent rubanées, comme celles que l'on trouvait en abondance dans les déblais des houillères embrasées de Decazeville.

Il est à noter qu'un terril ne s'enflamme pas épisodiquement : en général, il est en combustion lente depuis son origine. Ce sont les vapeurs issues de cette combustion qui déposent les chlorures et autres minéralisations néogènes aux événements (figure 25). L'eau de pluie, entrant en contact avec des zones chaudes, émet des fumerolles de vapeur d'eau et, par temps froid, cette vapeur est encore plus visible. La composition chimique des gaz émis par la roche s'échauffant varie significativement selon les sites, de même que la composition des efflorescences apparaissant sur le substrat. On peut dire qu'un terril en combustion se comporte comme un véritable réacteur chimique capable de synthétiser des composés complexes, et pour certains toxiques ! À sa surface, la température est d'environ 60°C, au centre elle peut être de l'ordre de 600, voire 1 000°C !

Un exemple en a été donné par notre collègue Suzanne Davril de Lalonde, dans *Saga Information* n° 229, de septembre 2003 : la « Montagne qui brûle », *Lou Pech que Ard* (en occitan), près de Cransac, dans l'Aveyron, non loin de Decazeville. Elle brûlerait depuis plus de 2 000 ans !



Figure 25. Le mont Ricarto, à Rochebelle, terril embrasé sur le bassin minier d'Alès (Gard), couvert de fumerolles (vapeur d'eau) par temps de pluie.

(Photo : [www.geoderis.fr/missions/aleas-miniers](http://www.geoderis.fr/missions/aleas-miniers))

Il est évident que ce phénomène de combustion en profondeur (que se soit d'ailleurs dans les terrils ou dans les mines désaffectées) pose un gros problème écologique. En effet, qui dit combustion, dit émission de CO<sub>2</sub>. Or, il est estimé qu'à l'échelle mondiale, entre 100 et 200 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> seraient ainsi libérées dans l'atmosphère ! Cependant, le faible impact de ces incendies sur l'environnement immédiat, la santé publique des riverains et le coût élevé d'une extinction conduit généralement à attendre leur extinction naturelle, ce qui peut nécessiter plusieurs décennies.

Un exemple encore, connu et alarmant : la Chine est sans doute le pays le plus affecté par ce problème, de grands territoires y brûlent en profondeur, les mines de charbon se consomment, les pertes sont énormes. On estime à quelque vingt millions de tonnes par an la quantité de charbon qui part ainsi en fumée. Et des milliers de gisements de charbon sont en feu de par le monde... Rien qu'aux États-Unis, on compte des centaines de ces feux, notamment dans l'État de

Pennsylvanie. À Jharia, en Inde orientale, 400 000 personnes vivent au-dessus d'une mine en combustion depuis près d'un siècle. Mais le record de longévité est sans conteste détenu par Burning Mountain, en Australie (New South Wales) : le charbon y brûle depuis 6 000 ans !

#### 4.1.3. Les minéraux des terrils

Le danger, pour les chercheurs de minéraux (et il y en a aussi sur les terrils !), vient des vides laissés par la combustion du terril, d'où les risques de chute dans un trou invisible en surface, synonyme de graves brûlures !

De nombreuses espèces minérales, se forment en effet sur les terrils en se sublimant généralement au niveau des fumerolles ; ce sont essentiellement le soufre natif, jaune, de loin le minéral le plus fréquent, mais aussi le plus fragile, le salmiac ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) incolore, le réalgar rouge ( $\text{AsS}$ ) et l'orpiment jaune-orange ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ), résultats de la sublimation de vapeurs d'arsenic (figure 26), l'arsénolite ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ), etc. On en récoltait des échantillons très spectaculaires sur les terrils embrasés des houillères autour de Saint-Étienne, à La Ricamarie, par exemple.



Figure 26. Cristallisations de néoformation de réalgar rouge et d'orpiment jaune-orange, deux sulfures d'arsenic, récoltées sur le terril embrasé de La Ricamarie, bassin houiller de Saint-Étienne (Loire). (Source : forez-info.com)

Dans certaines régions, notamment dans le bassin houiller du Nord-Pas-de-Calais, les mineurs craignaient ce qu'ils nommaient les « clayates », localisées au toit des veines de charbon : ce sont des concrétions sidéritiques (figure 27), de forme ovoïde, de dimensions très variables (certaines pouvant atteindre plus de cinquante centimètres de long), très compactes et extrêmement dures, et pas faciles à ouvrir. Leur origine, probablement partiellement pédogénétique, reste encore mal connue.

De teinte gris-noir à rougeâtre selon la concentration en fer et en carbone, ce sont les roches les plus intéressantes pour la recherche des minéraux car, telles des septarias, on y trouve souvent (à ceux qui savent les ouvrir !) des fentes de dessiccation interne généralement tapissées de cristaux : quartz, sidérite (figure 28), ankérite, calcite, pyrite, dolomite, ainsi que des espèces plus rares, comme l'hématite, la marcassite, avec macles en « crête de coq », la millérite ( $\text{NiS}$ ), en touffes d'aiguilles dorées, ou la rare nacrite [ $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ], en fines lamelles pseudo-hexagonales transparentes.

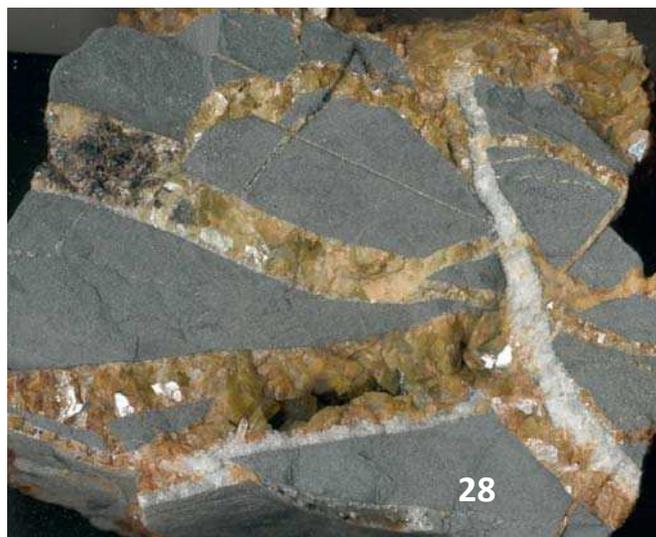


Figure 27. Intérieur d'une « clayate », avec remplissage des fentes par des cristallisations de quartz.

Figure 28. Bloc de grès du stérile, dont les fractures sont minéralisées en sidérite, un carbonate de fer. (photos wikipédia)

On trouve aussi un phosphate, la vivianite  $[\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$ . Alfred Lacroix signale : « Les plus beaux cristaux que j'ai vus proviennent de Cransac et de Lavaysse-en-Aubin (Aveyron). Ils se trouvent dans les vacuoles des roches felspathiques souvent riches en cordiérite ». Les roches dont il parle doivent correspondre à ces porcelanites résultant de la fusion de poudingues ou d'arkoses, fréquentes dans les couches détritiques des assises du bassin.

En ce qui concerne le quartz, les « clayates » offrent de remarquables petits cristaux souvent limpides, de formes très diverses et nombreuses, mais toujours infra-centimétriques : cristaux « sceptres », « anti-sceptres », tabulaires, à sommets multiples... et quelquefois avec plusieurs de ces formes en association !

Plus généralement, il faut bien reconnaître que la détermination précise de nombreuses espèces minérales de ces terrils est difficile et affaire de spécialistes, leur identification par le minéralogiste amateur étant d'autant plus malaisée qu'elles se présentent dans des dimensions submillimétriques, voire microscopiques. Les conditions très particulières de la formation de ces espèces font encore l'objet d'études, et les produits ainsi formés peuvent présenter des compositions relativement complexes, pour donner autant d'espèces différentes.

### **Le jais (synonyme : jayet)**

C'est une variété de lignite fossile, très riche en carbone (de 70 à 75 %), donc combustible ; il a un aspect compact, d'un beau noir intense et brillant. Du fait de sa forte homogénéité, cette matière, considérée un temps comme une pierre fine, était taillée à facettes et polie, servant notamment à la confection de bijoux, de parures de deuil, de garnitures de passementerie, d'ouvrages de tableterie, etc. De nombreux gisements étaient exploités, aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, dans les Pyrénées orientales (Ariège) par exemple, pour fournir cette industrie.

Matériau amorphe, relativement léger, avec une dureté de 3 à 4, le jais a une densité d'environ 1,3 ; son éclat est cireux à vitreux ; son trait est brun, ce qui peut le distinguer de ses imitations.

#### ***4.1.4. Le terril, un écosystème particulier***

Au moment de leur génération, les terrils ou crassiers sont la fin de l'amplitude d'une sinusoïde. Ils sont situés au point de basculement du cycle et leur évolution par la création d'un nouvel écosystème nous renvoie à l'image du début (cyclotème).

## La flore des terrils

La colonisation d'un terril par les végétaux peut évoquer, toute réserve faite, le début de la vie sur la Terre. En effet, cet amas de « cailloux » est un site primitif parce que sans sol, au sens pédologique de terme. Sa structure formée de pentes très mobiles et naturellement sèches en surface (car l'eau ruisselle et s'infiltré facilement) et sa couleur sombre, favorisant l'échauffement aux premiers rayons du soleil et donc l'évaporation, créent un lieu naturellement stérile pour la végétation.

Pour qu'une végétation diversifiée s'installe, il faut qu'en premier lieu un sol (la couverture pédologique) se forme et pour cela il faut du temps. Fort heureusement, il existe des plantes pionnières dites lithophytes (« plantes des pierres ») qui, en colonisant ces premiers espaces, contribuent à la formation des sols.

On a observé plusieurs types de colonisation qui dépendent de la composition du terril et de la région considérée.

Dans le Nord-Pas-de-Calais, par exemple, certaines espèces pionnières sont des espèces nouvelles pour cette région, notamment l'oseille ronde (*Rumex scutatus*), connue dans les massifs montagneux, ou le centranthe rouge (*Centranthus ruber*), commun sur les éboulis, les roches fissurées ou les vieux murs des régions plus méridionales.

Le réséda jaune (*Reseda lutea*), la roquette sauvage (*Diplotaxis tenuifolia*) font partie de la flore de cette région et la colonisation des terrils a été l'occasion d'élargir leurs milieux de vie.

Cette vie pionnière va favoriser et donc accélérer la formation de sols sur lesquels vont se mettre en place des friches prairiales composées notamment de fromental (*Arrhenatherum elatius*), de la carotte sauvage, du panais commun, qui seront peu à peu remplacées par une pelouse rase à épervière piloselle (*Hieracium pilosella*) et pâturin comprimé (*Poa compressa*).



Figure 29. Terril de la Mare à Goriaux, dans le Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut (Nord), colonisé par des bouleaux, arbres pionniers, et tapis de mousse à leurs pieds. Ces éléments végétaux préparent la formation du sol au sens pédologique du terme. (Photo. M. Gastou)

« Le coup est parti » et des fourrés à épineux avec l'aubépine (*Crataegus monogyna*) ou le prunellier (*Prunus spinosa*) vont s'installer progressivement et permettre à la forêt décidue (feuilles caduques) de coloniser ce substrat qui est proche de la neutralité (pH = 7). Les espèces pionnières sont essentiellement représentées par le bouleau blanc (*Betula pendula*) et les chênes pédonculé et sessile (*Quercus robur* et *Q. petraea*).

Les racines de ces arbres pionniers vont contribuer à la fixation des pentes et au développement des mousses (figure 29). Les mousses fixent la litière des feuilles qui en se décomposant fertilisent les sols. Puis apparaîtront successivement deux graminées, le calamagrostis commun (*Calamagrostis epigeios*) et le fromental (*Arrhenatherum elatius*), avant l'installation de la forêt diversifiée.

Toute cette longue évolution des terrils peut être remise en cause par sa combustion, comme évoqué plus haut dans le texte, et paragraphe 3.2.3. L'ensemble des plantes dépérissent et meurent. Il peut alors se développer des espèces thermophiles, tolérant des températures extrêmes, d'origine méditerranéenne ou au moins méridionale.

### **La faune des terrils**

Tous ces ensembles s'avèrent être d'une grande richesse écologique. Plusieurs facteurs interagissent : la situation géographique, la superficie, l'orientation, la pente, l'action de l'homme, etc. Un terril implanté près d'une agglomération ne sera pas occupé par les mêmes espèces qu'un autre situé à proximité d'un bois. Plus la superficie d'un terril est grande, plus celui-ci offrira de milieux différents (pelouse, friche, boisement...), chacun de ces milieux constituant un habitat favorable à telle ou telle espèce animale.

Un versant exposé au sud reçoit un maximum d'ensoleillement et est donc relativement sec, son faible développement de la végétation profite au lézard des murailles (*Podarcis muralis*), peu répandu dans le nord de la France.

Au contraire, le versant nord capte un maximum d'humidité qui, en favorisant un fort développement de la végétation, attire les oiseaux comme la mésange bleue et la charbonnière (*Parus caeruleus*, *Parus major*).

Sur les pentes dénudées niche, sous un bloc de schiste ou de grès, le traquet motteux (*Enanthe ananthe*), alors qu'en contrebas l'amoncellement des blocs favorise la présence du crapaud calamite (*Alytes obstetricans*). Il faut aussi souligner que des oiseaux en migration s'arrêtent sur les terrils. C'est le cas du merle à plastron (*Turdus torquatus*) qui, lors de sa migration de remontée vers les montagnes écossaises, s'y arrête en grand nombre.

Ces quelques énumérations ne rendent pas entièrement compte de toute la diversité floristique et faunistique que ces importantes accumulations artificielles recèlent en plus des richesses offertes aux chasseurs de fossiles et empreintes et, si elles représentent parfois des sources de matériaux utilisés soit comme combustibles, soit comme remblais, elles ne sont pas vouées à l'abandon.

Les terrils offrent en effet de grandes possibilités de loisirs : promenade, parcours sauvage de motocross, piste de ski, chasse... mais ces activités provoquent un certain nombre de perturbations qui peuvent nuire sérieusement à l'établissement et au maintien de leur grande diversité biologique. L'exemple du terril de Pinchonvalles, à Avion, dans le Pas-de-Calais, qui bénéficie depuis 1992 d'un arrêté préfectoral de protection de biotope, démontre que ces friches sont tout aussi importantes pour la biodiversité qu'une pelouse calcicole ou qu'une tourbière.

Les terrils, comme l'ensemble du patrimoine minier, font donc maintenant l'objet d'un nouvel intérêt. Ce patrimoine matériel et immatériel du bassin minier du nord fait l'objet de plusieurs démarches : reconnaissance internationale, par une inscription en tant que patrimoine mondial de l'humanité par l'Unesco, classement au titre du patrimoine historique, pittoresque, paysager ou naturel de certains de ses éléments par l'État.

## 4.2. Les musées des mines en France

La visite des Musées consacrés à la mine en France atteste sans équivoque l'attachement que les mineurs avaient pour leur métier et pourtant c'était un métier difficile, fatigant et plein de risques très graves. Ce n'est pas seulement parce que c'était leur gagne pain... c'est un peu comme la nostalgie des cheminots conducteurs de machines à vapeur. Dans un autre domaine, c'est comparable à l'attachement à leur territoire qu'ont les populations vivant au pied des volcans ou autres régions fortement « telluriques ».

Il faudrait consacrer un chapitre à cette psychologie, ce qui bien sûr ne peut être fait ici.

Il existe de nombreux musées de la mine en France (figures 30 et 31), au moins une douzaine. Pour l'essentiel, ils ont été créés et installés sur le carreau de la mine et dans d'anciens bâtiments industriels par les Houillères, mais aussi et surtout par d'anciens mineurs soutenus par les communes. Ces musées sont les témoins de l'histoire humaine et industrielle de leur région et ont pour les concepteurs une grande valeur sentimentale et heuristique. Ils retracent l'histoire du charbon et la vie des mineurs : le fond, avec de nombreux types de galeries, le carreau, avec souvent des chevalements, la vie, par le casse-croûte, les douches, les drames, les loisirs, etc.



*Figure 30. Le Centre historique minier de Lewarde (Nord-Pas-de-Calais) est le plus important Musée de la mine en France ; il a été établi dans le site de la fosse Delloye dont l'exploitation s'est arrêtée en 1971. C'est à cette époque que la direction des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais (HBNPC) a souhaité la création d'un centre historique minier pour témoigner des trois siècles d'activité.*

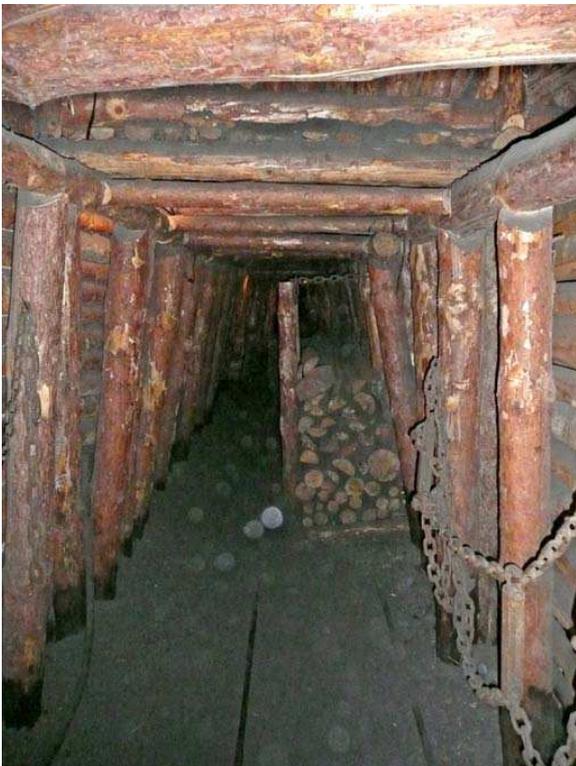
*Figure 31. Le petit musée de la mine Bayard, à Brassac-les-Mines (Puy-de-Dôme) qui fait partie des bassins houillers d'Auvergne ; il a été installé dans l'ancienne salle des machines. Exploitées depuis le XVII<sup>e</sup> siècle, les mines de charbon de Brassac ont fermé définitivement, le 28 juillet 1978, au puits Bayard. (Photos 30 et 31 M. Gastou)*

Les objets, les photographies, les collections de minéraux, de fossiles, d'empreintes de végétaux et des maquettes sont présentés dans des galeries d'exposition. Ont aussi été reconstitués : les bureaux des ingénieurs et des directeurs, les salles des plans, des archives, de l'administration, « des pendus » (salle de déshabillage : les vêtements étant placés dans des paniers hissés au plafond), un habitat ouvrier, etc. Des machines de toutes sortes sont également exposées.

Périodiquement, il peut y avoir des animations et expositions temporaires.

Dans tous, il y a « la lampisterie », un bâtiment, ou un local, où étaient entreposées les lampes des mineurs. L'éclairage dans les galeries souterraines était essentiel mais présentait un redoutable danger d'inflammation des gaz ambiants : le grisou. On présente généralement la collection des lampes dans l'ordre de recherche de la sécurité, depuis la première lampe à feu nu, les lampes à huile du XVIII<sup>e</sup> siècle, la lampe à tamis de toile métallique type Davy de 1830, puis la lampe à benzine de 1905, la première lampe électrique de 1930 et, enfin, la lampe-chapeau de 1947.

C'est au moment de la fermeture des derniers puits que de nombreux mineurs ont voulu garder la mémoire de leur métier en créant ces lieux de souvenirs éducatifs et pédagogiques, mais aussi très émouvants, en nous faisant partager les dures conditions de leur travail, celui des femmes, en tant qu'épouses et maîtresses de maison, des enfants, des animaux. Ces espaces uniques sont souvent animés par des guides qui sont d'anciens mineurs et fils d'anciens. Ils peuvent ainsi décrire les savoir-faire utilisés pour extraire le charbon, les techniques de soutènement, la sécurité, les conditions de travail.



*Figure 32. Galerie boisée. Le soutènement de la galerie est en bois de sapin parce qu'il « parle », c'est-à-dire qu'il émet des bruits caractéristiques lorsqu'il craque et informe donc du danger en cours.*

*Figure 33. Étayage des galeries avec des ogives métalliques. Le cheval est le compagnon de l'homme.  
(Photos Musée de Lewarde)*

Presque tous ces musées proposent des « descentes » dans la mine et des visites de galeries. Ces descentes se font souvent dans des conditions très réalistes mais, en fait, on ne descend pas dans un vrai puits et on ne visite pas de vraies galeries, probablement pour des raisons de sécurité. Les reconstitutions sont très remarquables et d'une grande vérité. Cependant, il y manque le bruit dans certains et, dans presque tous, la poussière, l'humidité, la chaleur, les courants d'air et surtout les conditions de visibilité qu'avaient les mineurs. Ce sont des musées.

Ces galeries souterraines permettent d'appréhender l'évolution des techniques d'extraction du charbon entre le XIX<sup>e</sup> siècle et le XX<sup>e</sup> siècle, les conditions difficiles de travail des mineurs et tous les dangers du travail au fond.

Le charbon est exploité en couches organisées en étages. Jusque dans les années 1950, le soutènement de la galerie est en bois (figure 32) : du sapin parce qu'il « parle », c'est-à-dire qu'il émet des bruits caractéristiques lorsqu'il craque et informe donc du danger en cours, et de forme trapézoïdale. L'étayage de la galerie s'effectue en posant les bois au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation de la couche. Souvent, selon les régions, à la fin de l'exploitation de la veine, on laisse l'étayage en bois en place et on rebouche la galerie avec des stériles d'origines diverses. Après les années 1950, les principales galeries sont étayées par des poutrelles (figure 33) d'acier de formes cintrées ou en ogives.

### 4.3. Le cheval dans la mine

On ne peut pas parler de l'extraction du charbon dans les mines sans évoquer le cheval. Ce « mineur », si nous pouvons le nommer ainsi sans faire de l'anthropomorphisme, a occupé une place importante dans la vie de la mine (figure 32). Il était le moteur des trains de berlines pour sortir le charbon et autres transports, avant l'usage des locotracteurs, mais il était surtout un compagnon pour l'homme.

Les mineurs avaient pour lui une grande vénération mais sa vie à souvent été très difficile tant que les puits de descente ne permettaient pas de le transporter commodément. Ils étaient condamnés à ne ressortir que morts.

On descendait des animaux d'un âge de l'ordre de cinq ans. Au fond, les plus âgés avaient douze ans en moyenne. On pouvait contrôler leur âge par leur nom. Tous les animaux achetés la même année avaient un nom qui commençait par la même lettre et comportait un nombre de caractères égal à leur âge. On cite en exemple l'année 1926 avec la lettre T. Ainsi le cheval Turca (nom composé de cinq lettres), acheté cette année-là, avait six ans en 1927.

Les guides des musées, souvent d'anciens mineurs, racontent que les chevaux savent compter ! Ils ont observé qu'ils refusaient d'avancer si le train de berlines, qu'ils étaient chargés de remorquer, était composé de treize berlines alors que le convoi en comporte normalement douze. On suppose qu'ils enregistraient le choc à l'arrivée de chaque berline, donc ils comptaient et devaient partir à la douzième.

On cite, dans la brochure d'un musée que, dans les années 1930, le nombre de chevaux au fond, pour l'ensemble de la Compagnie des Mines de Marles, était de quatre cents environ.

Pour terminer ce travail rétrospectif, non exhaustif bien sûr, je pense qu'un extrait du magnifique roman d'Emile Zola, *Germinal*, publié en 1885, relatant la descente d'un cheval dans la mine, décrira mieux que je ne puis le faire le début de l'aventure, non recherchée, des chevaux « mineurs ».

Nota : en 1885, on n'avait pas encore adopté les mesures de protection et « d'état civil » que je viens de décrire concernant « La Plus Noble Conquête de l'Homme » (définition de Georges-Louis Leclerc, comte de Buffon, dans le tome quatrième de *Histoire naturelle*, publié en 1753).

*Germinal*. « Cependant, les manœuvres continuaient dans le puits, le marteau des signaux avait tapé quatre coups, on descendait le cheval et c'était toujours une émotion, car il arrivait parfois que la bête, saisie d'une telle épouvante, débarquait morte. En haut, lié dans un filet, il se débattait éperdument puis, dès qu'il sentait le sol manquer sous lui, il restait comme pétrifié, il disparaissait sans un frémissement de la peau, l'œil agrandi et fixe. Celui-ci étant trop gros pour passer entre les guides, on avait dû, en l'accrochant au-dessous de la cage, lui rabattre et lui attacher la tête sur le flanc. La descente dura près de trois minutes, on ralentissait la machine

*par précaution. Aussi, en bas, l'émotion grandissait-elle. Quoi donc ? Est-ce qu'on allait le laisser en route, pendu dans le noir ? Enfin, il parut, avec une immobilité de pierre, son œil fixe, dilaté de terreur. C'était le cheval bai, de trois ans à peine, nommé Trompette.*

*Attention ! criait le père Mouque, chargé de le recevoir. Amenez-le, ne le détachez pas encore. Bientôt, Trompette fut couché sur les dalles de fonte, comme une masse. Il ne bougeait toujours pas, il semblait dans le cauchemar de ce trou obscur, infini, de cette salle profonde, retentissante de vacarme. On commençait à le délier, lorsque Bataille, dételé depuis un instant, s'approcha, allongea le cou pour flairer ce compagnon, qui tombait ainsi de la terre. Les ouvriers élargirent le cercle en plaisantant. Eh bien ! Quelle bonne odeur lui trouvait-il ? Mais Bataille s'animait, sourd aux moqueries. Il lui trouvait sans doute la bonne odeur du grand air, l'odeur oubliée du soleil dans les herbes. Et il éclata tout à coup d'un hennissement sonore, d'une musique d'allégresse, où il semblait y avoir l'attendrissement d'un sanglot. C'était la bienvenue, la joie de ces choses anciennes dont une bouffée lui arrivait, la mélancolie de ce prisonnier de plus qui ne remonterait que mort. »*

## Conclusion

Ce travail sur le charbon, en tant que matière combustible, ne prétend pas être exhaustif de tous les aspects et précisions que cette roche, liée à l'activité biologique, peut fournir pour la rédaction d'un mémoire.

La figure 9 montre la répartition des bassins houillers sur la Terre et donc leurs grandes diversités locales. Il faut en outre tenir compte du fait que la longue durée d'incubation des matériaux de base et les multiples transformations contextuelles, dues à l'évolution géographique des sites au cours des 350 Ma, ont généré une multiplicité de produits qui ont été isolés et ont engendré autant d'études publiées par les spécialistes.

Il a donc fallu fixer des limites, avec évidemment leurs corollaires, et prendre des positions personnelles orientées par mes propres déductions et l'influence des contextes français et européen.

Voilà l'objet de ce travail.

## Remerciements

Je voudrais, en terminant ce travail, remercier : Paulette Gastou, mon épouse, pour ses relectures, français, orthographe, typographie et pour m'avoir supporté pendant ces trois années passées sur ce sujet qui a commencé par des visites, des conférences et enfin cette rédaction ; Annie Cornée ingénieur géologue au MNHN pour sa précieuse aide documentaire, ses relectures, corrections et remarques ; Philippe Berger-Sabatel, rédacteur en chef de *Saga Information*, pour la confiance qu'il m'a accordée en me demandant d'écrire un article qui finalement est devenu ce mémoire, également pour son aide documentaire, ses relectures, corrections, remarques et rajouts ; Jean-Pierre Malfay pour ses relectures et suggestions ; Pierre Bérard, (Montpellier) ingénieur hydrogéologue, ancien élève de l'École des Mines d'Alès, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail sur le charbon et sa proposition que j'aie le présenter aux élèves de cette école « historique »

Remerciements particuliers à Richard Tremblier, Président de la SAGA, Daniel Obert, Vice-président et professeur honoraire de géologie à Jussieu, Jean-Pierre Roucan, ingénieur géologue au MNHN pour leur soutien constant et la rédaction des préfaces.

## Bibliographie

- ARCHIVES DES CHARBONNAGES DE FRANCE.
- BECKARY S. (1999) – *Les secrets des terrils*. Bibliothèque du Travail n° 1110, 48 pages.
- CHIRAC F. (1907) – *Le Bassin Houiller de l'Aveyron*. Réédité par l'Association du patrimoine industriel de Decazeville (2002).
- De FRANCESCHI D. (2000) UMR 8569 MNHN Paris. *La végétation au cours des temps géologiques*. <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosevol/decouv/articles/chap3/deFranceschi.html#1>
- DÉRAMAUX J. (1988) – *12 au charbon (Mémoire de la mine d'Auchel)*. Musée de la mine d'Auchel. Rééd. 2009, 120 pages.
- DEVILLE J. (1976) – *le Sillon houiller du Massif central. Gites fossilifères et minéraux*. Hors série de *Saga* réf. biblio. GG 96.
- DEYSON G. (1978) – *Organisation et Classification des Plantes Vasculaires*. SEDES.
- DUBUISSON J.-Y., RACHEBŒUF P., JANVIER P. (2003) - Du Silurien au Dévonien : les sorties des eaux. In Dossier scientifique du CNRS « Evolution » : <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosevol> , consultation 2013.
- DUDZIAK J.-P. (1985) – *Paléontologie Minéralogie sur les Terrils du Valenciennois*. Club archéo-paléo MJC de Saint-Saulve, 70 pages.
- DURAND B.-M. (1987) – *Du kérogène au pétrole et au charbon : les voies et mécanismes des transformations des matières organiques au cours de l'enfouissement*. Mém. Soc. Géol. France, n°151, p. 77-95.
- FERNANDEZ IBANIEZ E. (2002) – *Étude de la carbonification*. Thèse d'université, Neuchâtel (CH).
- FEYS R. (1965) – *Le charbon*. Universalis, géologie.
- FOUCAULT A., RAOULT J.-F. (2010) – *Dictionnaire de géologie*. Masson. 7<sup>e</sup> édit.
- GALTIER J. (1999) – *Paléoflore carbonifère de Graissessac*. Bulletin de la Sté Botanique du Centre-Ouest, tome 30, p.299-314.
- GARGAUD M., DESPOIS D., PARISOT J.-P. (2005) - *L'environnement de la Terre Primitive*. Presses Univ. Bordeaux, 2<sup>ème</sup> éd., 653 pages.
- HALLE F. (2004) – *Éloge de la Plante*. Seuil.
- LE SUEUR B. (1995) *le Touage*. Les Cahiers du Musée de la Batellerie AAMB n° 34
- LES MINES du SOLEIL St GEOLOGIQUE et minière du BRIANCONNAIS (1992)
- LIGNY C. (2005) – *Les mines oubliées de Vendée*. In *Saga Information*, 246, P. 11-16.
- PÉZERIL C. (1978) – *Ces mineurs de Littry, pionniers de l'Ouest*. Autoédition, 165 pages.
- RÉFRÉGIER G. (2012) – *La cellulose, un acier végétal*. Pour la Science, Dossier Les végétaux insolites, n°77, oct.-déc. 2012, p. 12-21.
- REISSE J. (2007) – *La longue histoire de la matière*. Puf.
- ROBERT P. (1985)- *Histoire géothermique et diagenèse organique*. Bull. Centre Rech. Expl.-Prod. Elf-Aquitaine, mém. 8, 346 pages.
- ROLLEY J.-P. (2011) – *Le charbon en Languedoc-Roussillon*. Autoédition, 54 pages. [contact@rolley.fr](mailto:contact@rolley.fr)
- ROSSIER D. (2010) – *Entretiens sur le métamorphisme*. Ed. SAGA.
- SOCIETE GEOLOGIQUE ET MINIERE DU BRIANÇONNAIS (1992) – *Les mines du Soleil*. 38 pages
- TUFFOU J.-R.(1981)-*Les Mineurs de Graissessac*. Annales du Milieu Rural, n°2. Ed. Fédération des Foyers ruraux, 72 pages.
- VAN BELLINGEN L. – *Le Carbonifère supérieur*. Site Internet : <http://www.fossiliraptor.be/carboniferesuperieur.htm> consultation 2013

# Sommaire

<b><i>Le mot du Président de la SAGA</i></b>	page 3
<b><i>Préfaces</i></b>	page 4
<b><i>Préambule</i></b>	page 5
<b><i>Chapitre 1 – Le charbon : définition et diagenèse</i></b>	
1/1. Le charbon en tant que matière combustible	page 7
1/2. Classification et description des charbons	page 7
1.2.1. Classification européenne	page 11
1.2.2. Classement du point de vue des constituants	page 11
1.2.3. La notion de rang et de classification macérale	page 12
<b><i>Chapitre 2 – La formation du charbon</i></b>	
2.1. Houillification, ou carbonification	page 14
2.1.1. Constitution de la matière organique	page 14
2.1.2. La photosynthèse	page 16
2.1.3. Le dépôt cyclique de sédiments végétaux et minéraux	page 16
2.2. Mécanisme de carbonification	page 18
2.3. Contextes paléogéographique et climatologique	page 21
2.4. Paléontologie végétale et animale	page 22
2.4.1. Les plantes fossiles du Carbonifère/Permien	page 24
2.4.2. Aperçu de la faune du Carbonifère	page 25
<b><i>Chapitre 3 – Histoire de l'exploitation du charbon</i></b>	
3.1. Le charbon et son histoire	page 26
3.1.1. Histoire des mines et des mineurs	page 26
3.1.2. La révolution industrielle du XIX <sup>e</sup> siècle	page 28
3.1.3. La nationalisation et la fin de Charbonnages de France	page 29
3.1.4. Les hommes et la mine	page 30
3.2. Les exploitations industrielles	page 31
3.2.1. La mine de Decazeville	page 31
3.2.2. Le Sillon Houiller du Massif central	page 33
3.2.3. Le bassin houiller de Saint-Étienne	page 33
3.2.4. Le charbon en Languedoc-Roussillon	page 35
3.3. Les mines artisanales	page 37
3.3.1. Ces mineurs de Littry, pionniers de l'Ouest	page 37
3.3.2. Les mines oubliées de Vendée	page 37
3.3.3. Les mines du Soleil	page 41
<b><i>Chapitre 4 – Les témoins de l'exploitation du charbon</i></b>	
4.1. Les terrils	page 44
4.1.1. Les roches des terrils	page 45
4.1.2. La combustion des terrils	page 45
4.1.3. Les minéraux des terrils	page 47
4.1.4. Le terril, un écosystème particulier	page 48
4.2. Les musées des mines en France	page 51
4.3. Le cheval dans la mine	page 53
<b><i>Conclusion</i></b>	page 54
<b><i>Remerciements</i></b>	page 54
<b><i>Bibliographie</i></b>	page 55



*La fosse n° 9 de la Compagnie des mines de l'Escarpelle est un ancien charbonnage du Bassin minier du Nord-Pas-de-Calais, situé à Roost-Warendin, France. (Photo extraite du Magazine BT n°1110)*

PARIS  
**Saga**

**Société Amicale  
des Géologues Amateurs**  
Muséum national d'Histoire naturelle  
**43 rue Buffon, CP 48, 75005 Paris**

**Société Amicale des Géologues Amateurs.** Association loi de 1901. Agréée par la Ministère de la Jeunesse et des Sports. Muséum national d'Histoire naturelle. 43 rue Buffon. CP 48. 75005 Paris.

**Numéro spécial Saga.** Directeur de la publication : Philippe Berger-Sabatel. Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction, par tous procédés, réservés pour tous pays. Dépôt légal : 4<sup>e</sup> trimestre 2014.