

## SOMMAIRE

- Introduction
- Le charbon face aux autres sources d'énergie
  - Origine et nature du charbon
  - Les usages du charbon aujourd'hui
    - La production d'électricité
    - L'usage sidérurgique
    - L'usage industriel et tertiaire
    - L'usage domestique
  - Les atouts du charbon
  - Les désavantages du charbon
- Les méthodes d'exploitation charbonnière
  - Les caractéristiques des gisements
  - Les exploitations par découverte
  - Les exploitations souterraines
    - Les grandes infrastructures
    - L'exploitation
    - Le creusement des galeries
    - Les services
    - Aspect économique
- Géographie de l'exploitation charbonnière
  - Une production de houille en hausse
  - Recul des charbons de moindre qualité

- Principaux pays producteurs charbonniers
  - Chine
  - États-Unis
  - Inde
  - Afrique du Sud
  - Australie
  - Russie
  - Europe occidentale
  
- Le marché international de la houille et son évolution
  - Une demande de houille en hausse, essentiellement dirigée vers la production d'électricité
  - Une grande disponibilité
  - Les principaux pays exportateurs
    - Australie
    - États-Unis
    - Afrique du Sud
    - Indonésie
    - Canada
    - Chine
    - Pologne
    - Colombie
  
  - Un centre de gravité glissant de l'Atlantique vers le Pacifique
  
- Le charbon en France
  - Le contexte énergétique français
  - Le marché charbonnier français
  - La politique charbonnière française

- Quels enjeux environnementaux pour le charbon ?
- Bibliographie
- Classification

# CHARBON

## Industrie charbonnière

### ÉCRIT PAR

**Michel BENECH** : ingénieur principal du service technique et réglementation aux Charbonnages de France, Paris

**Pierre BERTE** : ingénieur, délégué aux affaires européennes

**Jacques BONNET** : ingénieur civil des mines, directeur technique

**Robert PENTEL** : chargé de mission au service environnement et procédés, Bureau de recherches géologiques et minières

---

Après avoir été au cœur de l'histoire du XIX<sup>e</sup> siècle et de la révolution industrielle, l'industrie charbonnière européenne a poursuivi son développement jusque dans les années 1960. Extrayant essentiellement le charbon dans des exploitations souterraines et employant une main-d'œuvre très importante, elle a subi depuis lors la concurrence de nouvelles sources d'énergie (pétrole, gaz naturel, énergie nucléaire) ainsi que celle des charbons importés. Elle s'est alors rationalisée en se modernisant, en mécanisant sa production et en améliorant ses méthodes d'exploitation. Mais, malgré de fortes augmentations de productivité, le ralentissement de la production est inévitable, entraînant la réduction des effectifs des houillères et la reconversion des régions minières. Déjà très avancée dans les pays de l'Europe de l'Ouest (Grande-Bretagne, France, etc.), celle-ci est engagée dans les pays de l'Europe de l'Est (Pologne, République tchèque, Ukraine) qui connaissent les mêmes problèmes de compétitivité face à des charbons importés produits dans des exploitations à ciel ouvert et avec des coûts salariaux souvent inférieurs. En effet, hors de l'Europe, que ce soit en Chine, en Inde ou aux États-Unis, le charbon reste la principale source d'énergie, essentiellement grâce à des coûts de production très bas.

## Le charbon face aux autres sources d'énergie

### Origine et nature du charbon

On appelle charbon des roches sédimentaires d'origine organique contenant au moins 50 p. 100 de carbone. Les origines du charbon remontent à l'époque du Carbonifère, il y a de 250 à 300 millions d'années, lorsque la forêt hercynienne a engendré la concentration de dépôts considérables de débris végétaux qui ont été recouverts de terre

et d'alluvions à la suite d'affaissements du sol ou d'une élévation du niveau des eaux. Ce cycle se perpétue pendant des millions d'années, créant ainsi une alternance de couches de matière organique et de couches stériles. Au fur et à mesure de leur maturation, ces couches de matière organique sont passées, au cours des temps géologiques, par des états successifs : tourbe, lignite, houille puis anthracite (les tourbes sont quaternaires ou contemporaines, les lignites sont secondaires ou tertiaires et les houilles sont généralement primaires, plus spécialement carbonifères). Cette évolution correspond à un appauvrissement en composants organiques volatils et à une concentration en carbone.

Le charbon renferme quatre constituants : du carbone, de l'eau, des composants (soufre, azote, hydrogène...) donnant lieu au dégagement de matières volatiles et des éléments (sodium, calcium, potassium...) qui se transforment en cendres pendant la combustion.

Les trois principaux critères permettant de caractériser un charbon sont :

- l'indice de matières volatiles, qui détermine la rapidité de la combustion ; plus le charbon est riche en composants volatils, plus il a une combustion rapide ;
- le pouvoir calorifique, qui indique la quantité de chaleur dégagée par la combustion d'une masse définie de charbon ; il varie de 3 000 kcal/kg pour certains lignites à 8 000 kcal/kg pour les anthracites ;
- la teneur en cendres, qui est un indice essentiel pour les usages thermiques du charbon, c'est-à-dire essentiellement la production d'électricité.

D'une façon générale, on distingue au niveau international (International Coal Classification of the Economic Commission for Europe) deux principales catégories de charbon :

- Les houilles et les anthracites (*hard coal* en anglais) sont des produits dont le pouvoir calorifique dépasse 23,9 GJ/t. Ce sont les seuls susceptibles d'être transportés en quantité notable loin de leur lieu de production. On distingue les charbons à coke, dits charbons métallurgiques, destinés à la sidérurgie et les charbons vapeur, destinés à être brûlés dans des chaudières pour produire de la vapeur et de l'électricité.
- les charbons bruns (*brown coal*) sont des produits non cokéfiés dont le pouvoir calorifique est inférieur à 23,9 GJ/t. Ils incluent les lignites, dont le pouvoir calorifique est inférieur à 17,4 GJ/t. Ils sont à

plus de 90 p. 100 transformés sur place en électricité.

## Les usages du charbon aujourd'hui

Le charbon a des utilisations variées : il sert de combustible pour la production d'électricité ou de vapeur ainsi que pour le chauffage domestique ; il est également une source de carbone pour l'industrie sidérurgique. Quant à la carbochimie, c'est-à-dire l'ensemble des fabrications chimiques fondées sur la transformation du charbon, son avenir est très limité à court et à moyen terme en raison de coûts de production trop élevés par rapport à ceux de la pétrochimie. Aujourd'hui, la carbochimie ne représente sur le plan pondéral qu'une utilisation extrêmement faible du charbon (moins de 1 p. 100 de son utilisation globale).

## La production d'électricité

Le principe de fonctionnement des centrales thermiques au charbon est simple : le charbon est brûlé dans des chaudières. Il chauffe ainsi l'eau, qui, transformée en vapeur, fait tourner des turbines. Celles-ci sont couplées à des alternateurs produisant de l'électricité.

Les méthodes de combustion du charbon sont nombreuses et variées. Les technologies les plus anciennes, qui sont constamment améliorées, sont la combustion sur grille et la combustion de charbon finement broyé (charbon pulvérisé) injecté en chaudière. Les nouvelles technologies sont la combustion de charbon en lit fluidisé à pression atmosphérique ou sous pression, ainsi que les techniques plus sophistiquées (dites de cycle combiné), qui incluent une phase de gazéification du charbon et à la fois une turbine à gaz et une turbine à vapeur. Ces dernières technologies permettent d'atteindre des rendements énergétiques supérieurs à 45 p. 100.

## L'usage sidérurgique

Pour utiliser le charbon dans l'industrie sidérurgique, il faut d'abord le transformer en coke. Certains charbons, dits charbons à coke, chauffés à l'abri de l'air, ont la propriété de fondre vers 600 °C puis de se solidifier à nouveau en un produit poreux et résistant, constitué essentiellement de carbone, que l'on appelle coke. Cette opération est réalisée dans des fours spéciaux (fours à coke), chauffés à environ 1 200 °C, dans lesquels le charbon séjourne pendant dix-huit à vingt-quatre heures et perd ses matières volatiles. Ces dernières sont récupérées et constituent la base d'une industrie carbochimique (productions de gaz, de goudrons, de dérivés benzolés et naphthaléniques). Le solide restant, ou coke, est utilisé

essentiellement dans les hauts-fourneaux, où il a un triple rôle : il apporte du carbone en tant qu'agent réducteur, il agit comme un combustible pour fondre le minerai de fer et il est le support poreux de la charge de minerai à travers lequel s'échappent les gaz résultant de la réduction du minerai.

La production d'une tonne d'acier exige environ 420 kilogrammes de coke, dont la fabrication demande elle-même un peu plus de 600 kilogrammes de charbon. Aujourd'hui, la tendance est de réduire la quantité de coke dans les hauts-fourneaux et d'en remplacer une partie par une injection directe de charbon. Ce dernier peut être un charbon « vapeur », moins cher qu'un charbon à coke.

## L'usage industriel et tertiaire

Le charbon peut aussi être brûlé dans des chaudières pour produire simplement de la vapeur, qui sera utilisée pour les divers procédés industriels et pour le chauffage.

L'industrie chimique, la sucrerie, la papeterie sont des secteurs qui ont d'importants besoins de vapeur pour leurs activités ; elles utilisent souvent le charbon pour la produire malgré la concurrence sévère des autres combustibles, comme le fioul et surtout le gaz.

Certains industriels, dans des installations appelées « de cogénération », produisent à partir du charbon à la fois de la vapeur et de l'électricité, qu'ils utilisent pour leurs besoins propres et dont ils revendent le surplus au réseau national.

La majorité des cimenteries dans le monde utilise le charbon comme combustible pour produire le clinker.

Le charbon, et plus particulièrement l'anhracite, est aussi la matière de base de la fabrication des électrodes, essentiellement pour l'industrie de l'aluminium. Enfin, dans les secteurs résidentiel et tertiaire, le charbon alimente des réseaux de chauffage urbain.

## L'usage domestique

L'utilisation domestique du charbon, en forte régression dans la plupart des pays de l'Europe de l'Ouest, reste cependant encore importante dans tous les pays de l'Europe centrale ainsi que dans les États issus du démantèlement de l'Union soviétique. Elle concerne essentiellement le chauffage et la cuisson des aliments. Ce sont surtout des charbons maigres (anhracite) ou des briquettes (charbon aggloméré avec un liant puis défumé) qui sont utilisés.

## Les atouts du charbon

D'après l'Agence internationale de l'énergie (A.I.E.), selon un scénario économique moyen, la consommation mondiale d'énergie devrait augmenter d'environ 60 p. 100 d'ici à 2030, les deux tiers de cette augmentation provenant des pays émergents et en développement. La satisfaction de cette demande nouvelle d'énergie nécessite, selon l'A.I.E., des investissements à hauteur de 16 000 milliards de dollars. Selon ce scénario, en 2030, 85 p. 100 du surcroît d'énergie consommée dans le monde devrait encore provenir des trois principales énergies fossiles – le pétrole, le gaz et le charbon.

Aujourd'hui, la source d'énergie dominante reste le pétrole (34,3 p. 100), suivi par le charbon (25,1 p. 100) puis par le gaz (20,09 p. 100), l'ensemble des énergies renouvelables, hydroélectricité comprise (12,2 p. 100), et le nucléaire (6,5 p. 100), selon les statistiques de l'A.I.E. (2004).

En valeur absolue, la tendance mondiale de la demande de houille a été à la hausse depuis le milieu des années 1970. Grâce à de larges ressources bien distribuées, en 2004, 4 620 Mt de houille et 879 Mt de lignite ont été produites au niveau mondial. Par rapport à 2000, où 3 633 Mt de houille avaient été extraites, la forte augmentation de 27 p. 100 est surtout due à la demande chinoise. Ce chiffre à lui seul montre combien cette énergie que certains jugeaient dépassée se porte bien.

Quels sont les atouts du charbon aujourd'hui face aux énergies concurrentes ?

En premier lieu, le charbon est la source d'énergie dont les réserves sont les plus importantes : celles qui existent et qui sont économiquement exploitables dépassent les 800 milliards de tonnes, ce qui correspond, au rythme actuel d'exploitation, à plus de 160 années de production (valeur à comparer aux 40 ans de réserves de pétrole et aux 60 années de réserves de gaz). Ces réserves sont accessibles à faible coût, correspondant à environ 10 dollars par équivalent baril de pétrole, en utilisant des technologies minières courantes et éprouvées. Par définition, elles ne prennent pas en compte les ressources complémentaires que la poursuite de l'exploitation minière apportera ou auxquelles les améliorations des technologies d'extraction permettront d'avoir accès.

Ces réserves sont également, géographiquement et géopolitiquement, bien réparties, rendant faible le risque de tension et de rupture d'approvisionnement. La plupart des nations peuvent utiliser leurs

propres réserves et les pays qui n'en ont pas peuvent compter de façon sûre sur le charbon importé. Cette sécurité des importations est assurée par la compétition entre les nombreux pays fournisseurs et par le fait que le charbon est un produit facilement transportable par voie maritime à des coûts très bas et ne nécessitant pas d'infrastructure spécifique lourde (à la différence du gaz, qui demande des pipelines ou des terminaux spécialisés et des bateaux conçus pour son transport).

Le transport du charbon ne comporte de plus aucun risque majeur d'atteinte à l'environnement car c'est un matériau physiquement stable. Il ne présente pas les problèmes de fuites ou d'écoulements associés aux autres combustibles fossiles. Dans le monde entier, le charbon est transporté par des minéraliers de tailles diverses. Les naufrages de ce type de bateaux sont extrêmement rares et n'entraînent pas de pollution maritime. À terre, le charbon est transporté par rail, par route ou par bande transporteuse, tous moyens de transport sûrs et sans risques environnementaux pour un combustible solide.

Le principal atout du charbon reste cependant son prix. Le charbon est un régulateur du marché de l'énergie. Son prix international est resté stable pendant de longues années, autour de 50 dollars par tonne importée en Europe, pour diminuer légèrement depuis 1997 : le prix moyen de la tonne de charbon vapeur importée dans les pays de la Communauté européenne puis dans les pays de l'Union européenne est passé de 52 dollars en 1977 à environ 48 dollars aujourd'hui. Ces valeurs correspondent à moins de 12 dollars par équivalent baril et laissent donc la production d'énergie à partir du charbon à un niveau très compétitif par rapport aux hydrocarbures. Près de 60 p. 100 du coût du charbon est constitué par des frais de transport (contre 17 p. 100 pour le pétrole) : transport terrestre de la mine au port, frais de chargement puis de déchargement, fret maritime. Toute fluctuation du coût du fret maritime peut avoir beaucoup plus d'influence sur le prix final que les variations de coût de production. Les améliorations ne manquent pas : économies d'échelle sur le transport maritime par augmentation de la taille des minéraliers, amélioration des manutentions portuaires, etc. Grâce à ces mesures, on peut espérer un gain d'environ 30 p. 100 sur le coût total de la logistique (transport et déchargement). Si l'on ajoute les améliorations des techniques d'exploitation minière et la concurrence que se font les nombreux opérateurs charbonniers dans le monde, il y a de fortes probabilités pour que le prix du charbon baisse encore, ce qui fait de ce combustible un acteur majeur de l'approvisionnement énergétique mondial.

## Les désavantages du charbon

Le charbon est depuis de nombreuses années fortement critiqué pour son impact sur l'environnement. De nombreux progrès technologiques ont été maintenant réalisés pour réduire les rejets atmosphériques dus à la combustion du charbon. C'est ainsi que l'on parle de « combustion propre » du charbon, car ses rejets d'oxydes de soufre ou d'oxydes d'azote ont été très fortement réduits et ne dépassent pas ceux des combustibles fossiles concurrents.

Cependant, comme le pétrole et le gaz, le charbon est un combustible fossile qui émet du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), gaz à effet de serre, lors de sa combustion. La contribution la plus importante et la plus rentable à la réduction des émissions de gaz à effet de serre réside dans l'augmentation du rendement de combustion du charbon. Les centrales modernes de dernière génération atteignent des rendements nets supérieurs à 43 p. 100 pour le lignite, voire 48 p. 100 pour la houille. Tout indique que, d'ici à 2020, des rendements supérieurs à 50 p. 100 seront atteints. Aujourd'hui, le rendement moyen des centrales chinoises ou russes ne dépasse guère les 25 p. 100.

Pour limiter les émissions de CO<sub>2</sub>, le piégeage et le stockage géologique du carbone doivent être également pris en considération. L'idée de base est de capter le CO<sub>2</sub> avant qu'il ne soit émis dans l'atmosphère et de l'injecter ensuite profondément sous terre. Elle a été développée pour la première fois vers la fin des années 1970 dans l'industrie pétrolière, pour accroître le taux de récupération des réserves en place. Avec la question des gaz à effet de serre, elle a resurgi parmi les solutions les plus prometteuses pour réduire fortement les émissions de CO<sub>2</sub> (cf. chap. 6, Quels enjeux environnementaux pour le charbon ?).

— *Pierre BERTE*

— *Robert PENTEL*

## Les méthodes d'exploitation charbonnière

Dans tous les pays concernés, l'exploitation des mines de charbon assure un nombre appréciable d'emplois. Les objectifs de chaque exploitation sont ceux de toute entreprise : produire au meilleur coût économique et assurer au personnel les meilleures conditions de travail, d'hygiène et de sécurité. La nature des gisements et les conditions techniques d'exploitation, qui sont intimement liées, influencent fortement les résultats.

## Les caractéristiques des gisements

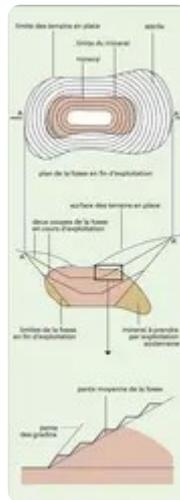
Les facteurs naturels qui caractérisent un gisement sont multiples. Il faut citer, parmi les plus importants :

- la profondeur ;
- le type de gisement (monocouche ou multicouche) ;
- les caractéristiques géométriques des couches de charbon (la puissance ou l'épaisseur, le pendage – pente des couches –, la régularité) ;
- la nature des terrains situés à la partie inférieure de la couche (le mur) et à la partie supérieure (le toit) ;
- les perturbations géologiques (failles, notamment) ;
- les caractéristiques de la couche proprement dite : dureté, concentration en méthane (grisou), susceptibilité à l'auto-oxydation, teneur en matières volatiles, type de charbon...

Tous ces facteurs interviennent dans le choix de la méthode d'exploitation et, par voie de conséquence, dans celui du matériel. Cependant, la profondeur du gisement est déterminante quant au type même d'exploitation : mine à ciel ouvert (découverte) ou mine souterraine.

## Les exploitations par découverte

Lorsque les couches de charbon ou de lignite se trouvent près de la surface, elles sont généralement exploitées par découverte, le personnel travaillant à l'air libre. Cette technique, qui permet d'obtenir des coûts d'exploitation bas et des rendements élevés, a connu un grand développement grâce aux progrès accomplis dans la construction de machines de terrassement géantes. L'exploitation s'apparente à un grand chantier de génie civil.



## Exploitation par découverte

*Encyclopædia Universalis France*



## Exploitation charbonnière à ciel ouvert

*Hans Peter Merten/ The Image Bank/ Getty Images*



## Dragline

*Paul Chesley/ Stockbyte/ Getty Images*

La couche de stériles (morts-terrains) recouvrant le charbon est dégagée

par divers engins : pelles, roues-pelles, draglines, scrapers. En cas de terrain dur, on utilise au préalable le tir à l'explosif pour fragmenter ces terrains. Le charbon est ensuite récupéré par des engins du même type, puis transporté par convoyeur à bande, camion ou rail. Lorsque la couche de charbon est épaisse (elle peut parfois atteindre 100 m) ou la hauteur des morts-terrains réduite (moins de 100 m), des exploitations très mécanisées par excavateurs géants donnent des productions et des productivités élevées, donc des coûts très compétitifs. Des rendements de 10 à 20 tonnes brutes par homme et par heure sont courants, ainsi que des coûts de production de 10 à 20 dollars par tonne. De telles exploitations utilisent des équipements tels que des roues-pelles, dont le débit d'abattage atteint 12 000 mètres cubes par heure, et des draglines, dont chaque godet a un volume pouvant atteindre 90 mètres cubes.

Dans les sites moins favorisés par la géologie, des équipements plus mobiles mais néanmoins performants sont employés : pelles munies d'un godet pouvant contenir jusqu'à 28 mètres cubes, camions d'une capacité pouvant atteindre 300 tonnes.

Le rapport ( $t/c$ ) qui caractérise ce type d'exploitation est le nombre de mètres cubes de morts-terrains déplacés par rapport aux tonnes de charbon extraites. Dans les conditions économiques actuelles, il est considéré comme acceptable lorsque sa valeur ne dépasse pas 8. Ce chiffre peut être dépassé dans le cas d'un charbon de qualité ou de gisements suffisamment importants pour justifier des équipements de grande dimension.

L'exploitation en découverte, si elle est peu importante en Europe occidentale, est très développée dans des pays tels que la Russie, l'Australie, l'Inde, les États-Unis, l'Afrique du Sud ainsi que pour les gisements de lignite.

## Les exploitations souterraines

L'exploitation souterraine est la forme la plus typique de l'extraction minière. Après avoir connu une certaine désaffection, cette technique bénéficie actuellement d'un regain de faveur, souvent pour des raisons de protection de l'environnement.

## Les grandes infrastructures

Les installations de surface d'une mine souterraine sont regroupées sur un vaste espace appelé « carreau » et comprennent :

- la ou les machines d'extraction qui assurent la liaison permanente

entre le fond et le jour ;

- le chevalement du puits de mines, qui a longtemps symbolisé la mine et qui supporte à son faite deux molettes (poulies) dont le but est de renvoyer vers le puits les câbles qui relient la machine aux cages. Dans les mines modernes, ces chevalements peuvent être remplacés par des tours en béton, au sommet desquelles sont situées les machines d'extraction ;
- la recette du jour située à l'orifice du puits, qui comprend l'ensemble des dispositifs nécessaires aux manœuvres d'encagement et aux manœuvres inverses (décagement) ;
- une station électrique ;
- les vestiaires, douches, lampisterie, magasins ;
- un atelier de préparation mécanique des charbons par criblage et lavage avec, si possible à proximité, l'aire de décharge des résidus stériles (le terril).

Dans les puits dont le diamètre peut atteindre 10 mètres circulent les cages ou les *skips*, vastes silos métalliques chargés au fond et vidés au jour grâce à une trappe à ouverture automatique placée à la base. Le charbon peut également être remonté en surface par des convoyeurs à bande installés dans des plans inclinés.

Dans les mines profondes, les infrastructures générales du fond sont souvent constituées par de grandes galeries horizontales partant de chacun des puits. La partie du gisement comprise entre deux plans horizontaux qui passent par ces galeries délimite un étage d'exploitation.

Dans les mines modernes, surtout si elles sont peu profondes, les infrastructures sont simplifiées, avec recours à des plans inclinés creusés depuis la surface. L'accès au gisement devient plus aisé. L'utilisation de puits peut être maintenue, principalement pour le transport de personnel et le retour d'air.

## L'exploitation

La répartition actuelle, en Europe, du personnel dans les différentes activités du fond est de l'ordre de 10 p. 100 dans les chantiers de production, de 25 p. 100 dans les creusements de galeries et de 65 p. 100 dans les services (installations et déséquipements, transport du charbon et du matériel, entretien des ouvrages et du matériel, sécurité et divers).

Des quartiers d'exploitation sont créés par le traçage de voies dans le rocher et dans le charbon à partir de chacun des travers-bancs (galeries perpendiculaires aux couches).

Dans un souci de productivité, de rentabilité et de sécurité, on n'exploite généralement plus que des gisements compatibles avec des méthodes mécanisées. Pour ces raisons, l'exploitation se développe dans les veines peu pentées et les méthodes d'exploitation avec remplissage du vide créé par l'abattage du charbon (remblayage) ne sont plus guère pratiquées.

On distingue deux principaux modes d'exploitation d'une veine : les « chambres et piliers » et la longue taille.

La méthode des chambres et piliers est la plus répandue : elle se pratique aux États-Unis, où elle représente 60 p. 100 de l'extraction du fond, et dans tous les pays possédant des gisements peu profonds (jusqu'à 300 m de profondeur), réguliers et à bonnes conditions de toit, comme l'Afrique du Sud, l'Australie, le Canada... Elle consiste à creuser deux systèmes de galeries parallèles, ou chambres, dans la veine, découpant le massif de charbon en quadrilatères appelés piliers. Une fois les chambres creusées dans un secteur, on conduit l'exploitation en récupérant les piliers. Cette méthode très souple, après avoir utilisé pour les creusements de galeries les techniques conventionnelles par foration et tir, emploie des machines de creusement, combinant abattage et évacuation des produits (mineurs continus), de plus en plus performantes et parfois télécommandées.

On procède généralement à un soutènement des terrains par boulonnage. Pour l'évacuation du charbon, on utilise le plus souvent des tracto-chargeurs. L'emploi d'un réseau mobile de convoyeurs blindés ou convoyeurs à bande articulés, situés en aval de la machine d'abattage, se développe (desserte continue).

Des unités dotées d'un mineur continu, de deux ou trois chargeurs ou d'un train de convoyeurs à bande, éventuellement d'une boulonneuse et d'une purgeuse, sont capables de produire plus de 5 000 tonnes par jour.

La longue taille peut être schématiquement définie comme une galerie en couche, d'une longueur de 150 à 300 mètres, qui se déplace parallèlement à elle-même dans la veine, en étant constamment reliée à deux autres galeries ou « voies » qui lui sont perpendiculaires. Ces voies servent à toutes les communications entre la taille et l'ensemble de l'exploitation : arrivée d'air et du matériel, circulation du personnel,

évacuation du charbon produit.

Au cours du déplacement de la taille, le charbon est abattu par une machine (rabot ou haveuse) puis évacué vers la voie de desserte grâce à un convoyeur à raclettes ; un soutènement mobile protège l'espace ouvert contre les chutes de blocs.

La taille est donc un chantier complexe, siège de trois opérations :

- L'abattage du charbon. Cette opération est réalisée soit par un rabot, soit, le plus souvent, par une haveuse à tambour.
- Le transport du charbon dans le chantier. Dès qu'il est abattu, le charbon doit quitter la taille, généralement poussé par les raclettes d'un convoyeur blindé vers la voie de desserte. Ce convoyeur doit, par ailleurs, servir de guidage au rabot ou de support à la machine d'abattage, tout en assurant des débits instantanés pouvant atteindre 5 000 t/h. Les têtes motrices transmettent des puissances allant jusqu'à 1 000 kW pour un convoyeur.
- Le traitement du toit. Pour protéger l'espace nécessaire au travail dans le chantier, on effectue un soutènement du toit. Jadis réalisé en bois, puis par des éléments mécaniques, ce soutènement est maintenant construit à partir d'éléments de soutènement marchant (ou piles), ensembles mécano-hydrauliques dans lesquels de puissants vérins, travaillant à des pressions comprises entre 30 et 40 Mpa, assurent le contrôle du toit et le déplacement des piles pour suivre l'avancement de la taille. Le type de soutènement le plus répandu est la pile « bouclier » à lemniscate (qui permet de maintenir constante, quelle que soit l'ouverture, la surface de toit non soutenue).

Le foudroyage a lieu après le passage de la taille : les morts-terrains viennent occuper les vides créés par l'extraction du charbon et la progression du soutènement. De tels chantiers peuvent atteindre des productions unitaires importantes avec des épaisseurs de veine généralement comprises entre 2 et 4 mètres. Aux États-Unis et en Australie, les productions annuelles peuvent aller jusqu'à 4 millions de tonnes (Mt) avec un record mensuel de 815 000 tonnes aux États-Unis.

Dans les chantiers très profonds, caractéristiques des exploitations européennes, de l'ordre de 1 000 mètres, les performances sont inférieures, mais restent appréciables : une taille du siège La Houve, dans les houillères du bassin de Lorraine, a produit 1,47 million de tonnes sur une période de douze mois en 1992-1993.

## Le creusement des galeries

En ce qui concerne les galeries au charbon, les engins utilisés sont du même type que ceux qui sont employés en chambres et piliers, le soutènement pouvant être plus complexe, avec recours à des cadres métalliques, associés ou non à un boulonnage.

En ce qui concerne les galeries au rocher, l'abattage est le plus souvent réalisé à l'explosif. Une machine mobile, le jumbo de foration, fore les trous destinés à recevoir les explosifs. Après le tir, les produits abattus sont évacués à l'aide de tracto-chargeurs sur pneus ou sur chenilles. La technique des « tunneliers », employée pour les travaux publics, n'est utilisée dans les mines de charbon que lorsque les élongations des ouvrages sont suffisantes pour amortir le coût d'installation.

## Les services

Il faut citer, dans ce domaine qui comprend les opérations s'effectuant hors des fronts de taille ou des creusements :

- le transport du charbon, qui est assuré le plus souvent d'abord par convoyeur à bande pouvant atteindre des débits de 5 000 t/h, et quelquefois par berlines ;
- le transport du matériel, qui revêt de multiples aspects (soit par rail, soit par locotracteurs Diesel suspendus sous monorail, soit par engins sur pneus...) ;
- le transport du personnel, qui est très varié (monorail, télésièges, remonte-pentes, trains, camions...) ;
- l'entretien des ouvrages et du matériel ;
- les actions de sécurité ou d'hygiène, qui incluent, entre autres, la lutte contre les poussières nocives et inflammables par arrosage, infusion d'eau, schistification ; la lutte contre les dégagements de grisou grâce à des installations de détection (grisoumétrie) et de captage, souvent gérées par ordinateur ; on doit aussi traiter les problèmes climatiques liés à l'approfondissement et à l'accroissement de la production et des puissances installées ; les problèmes des feux et échauffements du charbon.

Pour les exploitations par découverte, il faut aussi régler les problèmes d'environnement : la reconstitution et le respect de certains sites imposent parfois des contraintes sévères.

Dans la plupart des exploitations, qu'elles soient à ciel ouvert ou souterraines, il est fait de plus en plus appel aux techniques informatiques pour la planification, l'étude des infrastructures, les découpages et la stratégie d'exploitation, le télécontrôle et la télécommande des installations et des équipements du fond. Citons, comme exemple spectaculaire, des engins de chargement et de transport sans chauffeur sur certains sites.

## Aspect économique

La conduite d'une exploitation exige la prise en compte, sur le plan économique, de nombreux facteurs : les prix de revient et d'écoulement du charbon ; l'importance des investissements, aussi bien pour l'achat des équipements que pour la réalisation des ouvrages miniers ; le temps de retour des investissements, qui est parfois important, l'accès au gisement et la préparation des quartiers (zones) d'exploitation pouvant demander entre un et trois ans ; les frais d'entretien des équipements et des ouvrages miniers. Il faut également tenir compte de la variation dans le temps de certains de ces facteurs, comme le prix de vente, les conditions géologiques, souvent complexes, parfois imprévues, et les aspects sociaux.

— *Michel BENECH*

— *Jacques BONNET*

# Géographie de l'exploitation charbonnière

## Une production de houille en hausse

La production mondiale de houille marque une progression annuelle moyenne de 2 p. 100 entre 1980 et 2004. En 2004, elle a atteint 5 560 millions de tonnes. Cette production est réalisée pour environ 50 p. 100 en mines souterraines et 50 p. 100 en mines à ciel ouvert. La part de ces dernières est en forte progression. Cette situation résulte du fait que le charbon extrait des mines à ciel ouvert coûte en moyenne deux à trois fois moins cher que celui des mines souterraines.

La Chine reste le premier producteur de la planète (1 960 Mt en 2004), avec une croissance annuelle de 3,5 p. 100 depuis 1990. Le complément est assuré par l'Amérique du Nord (1 085 Mt en 2004), l'Union européenne (597 Mt), l'ex-U.R.S.S. (260 Mt) et enfin l'Océanie (220 Mt). La forte croissance de la Chine et des États-Unis fait plus que compenser la baisse enregistrée dans les pays d'Europe occidentale au cours de ces

dernières années.

## Recul des charbons de moindre qualité

Pour le lignite et les charbons sous-bitumineux (charbons bruns), essentiellement exploités à ciel ouvert, la production mondiale est en régression depuis 1989 : elle est passée de 1 250 Mt à cette date à 876 Mt en 2002. Non économiquement transportables à cause de leur faible pouvoir calorifique, ces charbons constituent cependant un apport énergétique significatif pour les pays qui les produisent (Allemagne : 182 Mt ; ex-U.R.S.S. : 90 Mt ; États-Unis : 75 Mt ; Pologne : 58 Mt).

## Principaux pays producteurs charbonniers

### Chine

À la fin de 2004, les gisements de charbon connus en Chine étaient estimés à plusieurs centaines de milliards de tonnes. Quatre provinces (Shaanxi, Shanxi, Mongolie-Intérieure et Xinjiang) détiennent les trois quarts des gisements connus dans ce pays. Sept millions de Chinois travaillent dans les 80 000 mines ; ils ont produit 1 960 Mt de houille en 2004, ce qui fait de la Chine à la fois le plus grand producteur et le plus grand consommateur de charbon du monde. La concentration des mines dans les régions reculées du nord et du nord-ouest du pays pose d'importants problèmes de transport interne du charbon, ce qui limite son utilisation par les provinces plus économiquement développées du Sud ainsi que son exportation.

Un effort important devrait être exercé dans les années à venir pour porter de 20 p. 100 à un tiers de la production totale le taux de charbon lavé, et contribuer ainsi à l'amélioration des problèmes environnementaux.

Les actions déjà engagées devraient se poursuivre, à savoir essentiellement une meilleure prise en compte de l'aspect environnemental par la modernisation des exploitations, du lavage, du transport et des centrales électriques ; toutes ces opérations devraient être facilitées par la libéralisation des investissements étrangers et le développement des producteurs « privés ».

### États-Unis

Aux États-Unis, la production s'est accrue ces dernières années, (1 085 Mt de houille en 2004), après avoir enregistré une baisse en 1993 liée à des conflits sociaux. Trois États contribuent à la production de plus de la moitié du charbon extrait : le Wyoming, dans l'Ouest, avec 239 Mt,

la Virginie-Occidentale, dans les Appalaches, avec 148 Mt, et le Kentucky (Appalaches et Centre), avec 137 Mt. D'une manière générale, le centre de gravité des exploitations se déplace vers l'ouest :

- À l'est, dans les Appalaches (Virginie-Occidentale, Pennsylvanie, etc.), la production est en légère diminution, avec des fermetures de mines ou des baisses de production. Celle des charbons de Pennsylvanie, relativement riches en soufre, régresse globalement ;
- Au centre (Illinois, ouest du Kentucky), les charbons à forte teneur en soufre subissent une disgrâce par suite de l'accroissement de la sévérité des normes environnementales américaines (Clean Air Act) ;
- À l'ouest, dans les Rocheuses (Montana, Wyoming), toutes les mines accroissent leur capacité de production, exploitant, à ciel ouvert et à des coûts très bas (5 dollars la tonne sortie de mine), des charbons de qualité moyenne mais à basse teneur en soufre.

Cette production charbonnière est aux mains de plusieurs grands groupes miniers, avec une poursuite du processus de concentration, de nombreuses sociétés restant à vendre. Les principales sociétés charbonnières américaines sont : Peabody (215 Mt en 2006), Consol (70 Mt en 2005), Arch Coal (130 Mt en 2006).

## Inde

Le charbon est un support essentiel de l'économie indienne ; il couvre 78 p. 100 des besoins électriques du pays. Près de 250 Mt de houille sont destinées à la production d'électricité, qui reste cependant très insuffisante pour répondre à la forte demande de la consommation. Un ambitieux plan de développement de centrales électriques au charbon a été lancé en 1995 par le gouvernement, mais il ne se réalise qu'avec un accroissement sensible de la production locale et des importations de houille.

Le gouvernement indien, par l'intermédiaire de la compagnie nationale Coal India Ltd, contrôle 85 p. 100 de l'industrie charbonnière de ce pays ; cependant, depuis 1996, les sociétés étrangères sont invitées à investir dans l'exploitation minière locale. Les mines de charbon se situent principalement dans le nord-est du pays, dans les États de Bihar, d'Orissa, du Madhya Pradesh, du Bengale-Occidental et de l'Assam ; elles ont produit 355 Mt de houille en 2002.

La production locale souffre cependant d'une qualité de charbon intrinsèquement faible ainsi que d'importants problèmes de transport

liés à une concentration des mines dans des zones éloignées des lieux de consommation. L'Inde fait donc appel à l'importation pour répondre à la demande croissante qui ne peut être satisfaite localement. C'est ainsi qu'elle a importé 25 Mt en 2002, soit 78 p. 100 de plus qu'en 1997. L'Australie, avec 14 Mt, est le fournisseur privilégié de charbon à coke destiné à la sidérurgie.

## Afrique du Sud

L'ensemble des charbons sud-africains (268 Mt de houille en 2004) provient des bassins houillers situés au nord-est de Johannesburg et au Natal. Le plus important gisement est celui du Witbank, qui à lui seul assure 125 Mt de production ; les autres gisements importants sont ceux du Highveld, du Waterberg et du Vereeniging-Sasolburg. Le charbon est du type bitumineux et est exploité à 53 p. 100 à ciel ouvert.

La production d'électricité est le premier secteur de consommation (100 Mt), suivi par l'industrie carbochimique : les usines Sasol convertissent plus de 50 Mt de charbon en combustibles de synthèse (essences, pétroles, kérosènes), en produits chimiques et en gaz, assurant ainsi 32 p. 100 des besoins pétroliers du pays.

## Australie

Plus de 95 p. 100 de la production annuelle et 90 p. 100 des réserves sont localisés dans les provinces du Queensland et de la Nouvelle-Galles-du-Sud. Celles-ci ont de nombreux projets d'accroissement de leur capacité de production qui devraient permettre d'augmenter encore la production dans les prochaines années.

L'Australie consomme environ 60 Mt, dont 80 p. 100 sont utilisés pour produire de l'électricité et 11 p. 100 pour les besoins de l'industrie sidérurgique. Le reste de la production, environ 330 Mt, est exporté.

## Russie

L'U.R.S.S. était en 1980 le troisième producteur mondial de houille, avec près de 570 Mt dont 245 Mt pour la seule Russie. Sa production est restée à peu près stable jusqu'à la fin des années 1980. À partir de 1989, elle s'est effondrée. En 1997, la Russie a produit 156 Mt de houille, à comparer aux 273,5 Mt de 1988. Cette baisse de la production est la conséquence de la conjonction de phénomènes d'ordre structurel et conjoncturel. En effet, l'ensemble du secteur charbonnier russe est aujourd'hui obsolète et nécessite d'importants financements, ainsi qu'une réorganisation complète de la production. En outre, la baisse de la demande locale, la libéralisation des prix, le non-paiement du

combustible par certaines centrales et le non-paiement des salaires ont accéléré cette régression de la production, conduisant à la fermeture de nombreuses mines et à la mise au chômage de plus de 100 000 mineurs. On constate toutefois aujourd'hui un redémarrage de l'activité charbonnière puisque la production a été de 308 Mt dont 217 Mt de hard coal en 2004.

Les exportations, qui ont atteint près de 45 Mt en 2002, sont plutôt en hausse, essentiellement dirigées vers les pays à monnaie forte.

## Europe occidentale

En Europe occidentale, l'exploitation charbonnière est très ancienne. En 1865, le Royaume-Uni extrayait près de 100 millions de tonnes et était le plus gros producteur mondial (20 Mt alors en Allemagne) ; en 1900, il en produisait 229 Mt, sur un total mondial de 696 Mt, ayant été dépassé par les États-Unis dès 1897. En 1913, sa production (292 Mt) représentait encore un quart de celle du monde : ce fut un record. Puis, la production a décliné de façon très irrégulière jusqu'en 1946, année où le National Coal Board prit la tête des charbonnages nationalisés. L'extraction passe ensuite de 200 Mt en 1947 à 227 Mt en 1957. Depuis cette date, la production s'amenuise d'année en année : 100 Mt en 1974 (le niveau de 1865), 49 Mt en 1994, 27 Mt en 2004.

À la fin de 1994, la privatisation des charbonnages entraîne une restructuration de l'industrie minière et a pour conséquence principale d'accroître la productivité des exploitations les plus rentables. Les effectifs passent de 171 000 en 1984 à 11 000 en 1995. Les mines les moins rentables ferment et les autres sont reprises par des sociétés privées dont la principale est R.J.B. Mining. Après un léger accroissement en 1995, la production continue de baisser (50,8 Mt en 1996). La production souterraine (actuellement 25 p. 100 du total) devrait continuer de se réduire dans les prochaines années en l'absence d'investissements importants ; l'augmentation de la production des mines à ciel ouvert est sujette aux autorisations d'exploitation de nouveaux sites. Enfin, la dérégulation du marché de l'électricité ne peut que rendre difficile la vente du charbon britannique aux producteurs locaux d'électricité. Celui-ci est exposé à une concurrence sévère de la part du gaz et du charbon importé.

Cette restructuration charbonnière (hors lignite) a lieu dans toute l'Europe mais à des dates légèrement différentes. La Belgique, avec 23,5 Mt en 1900 et 30,4 Mt en 1952 (année record), a arrêté sa production dès 1990. Aux Pays-Bas, où l'exploitation débuta dans le

Limbourg vers 1913, l'État, propriétaire des mines, a cessé toute exploitation depuis 1975. L'Allemagne de l'Ouest fut affectée, en commençant par ses charbonnages sarrois dont l'activité culmina en 1955 (17,3 Mt). Elle extrayait 73 Mt en 1900 (dans le cadre des frontières de l'ancienne république fédérale d'Allemagne), 132 Mt en 1913 et 151 Mt en 1956. Depuis lors, la production décroît malgré une extraction fortement subventionnée : 118 Mt en 1971, 94 Mt en 1980 et 52 Mt en 1997. Les subventions à l'extraction, qui ont atteint près de 9 milliards de deutsche Mark en 1997, ont été progressivement réduites au cours des dernières années. La production en 2005 a été de 29 Mt, et il est prévu une fermeture complète de toutes les mines de charbon souterraines en 2017.

La situation en Espagne et en France est similaire à celle de l'Allemagne, quoique les productions charbonnières soient moins massivement subventionnées. L'Espagne a encore produit 9,3 Mt en 2004, et une décroissance lente est prévue au cours des prochaines années. La production française (6,8 Mt de houille en 1997) a cessé complètement en 2004 (cf. Chap. 5, *Le charbon en France*).

Pourquoi ce déclin de la production européenne ? Trois raisons essentielles et plus ou moins liées en sont à l'origine :

- la géologie tourmentée des gisements de l'Ouest européen (essentiellement des mines profondes, jusqu'à plus de 1 000 mètres) détermine des coûts de production qui disqualifient la plupart des productions européennes vis-à-vis des énergies importées, charbon ou hydrocarbures. Cette situation n'est pas susceptible d'être remise en cause par les évolutions de prix prévisibles sur le marché international de la houille ;
- la concurrence des charbons importés des pays tiers, à faible coût de main-d'œuvre ou à productivité très élevée (exploitations en découverte) ;
- la concurrence des autres énergies : le pétrole (pour les années 1960-1974), l'énergie nucléaire et, surtout aujourd'hui, le gaz naturel.

Pour maintenir une production locale, et surtout éviter un problème social trop important, tous les pays européens ont subventionné ou continuent de subventionner leur charbon national. Ces aides ont pour but d'éviter des réductions massives d'emploi dans les mines européennes et dans l'ensemble des industries de l'équipement minier. Aujourd'hui, dans l'Union européenne, seule la production du Royaume-

Uni n'est plus subventionnée depuis 1994.

Mais, si l'extraction charbonnière en Europe occidentale décroît, l'utilisation des combustibles minéraux solides n'a pas connu la même tendance, et les pays producteurs sont devenus, au fil des ans, de gros importateurs. Ainsi l'Europe occidentale a-t-elle importé plus de 207 Mt de houille en 2002, c'est-à-dire un peu plus que sa propre production (190 Mt), les principaux pays importateurs étant, en 2002, l'Allemagne (30 Mt), l'Italie (19 Mt), les Pays-Bas (21 Mt), le Royaume-Uni (29 Mt), le Danemark (6 Mt) et la France (18 Mt). Ces importations devraient continuer de croître, en même temps que baisseront les productions nationales.

## **Le marché international de la houille et son évolution**

### **Une demande de houille en hausse, essentiellement dirigée vers la production d'électricité**

Globalement, la demande d'énergie primaire croît dans le monde à un taux annuel moyen de l'ordre de 1,6 p. 100. La part des combustibles fossiles (houille, gaz et pétrole) ne pourra que croître pour satisfaire cette demande, et on prévoit qu'elle atteindra 85 p. 100 de la demande totale en énergie primaire en 2030. L'énergie primaire est l'énergie puisée dans la nature (houille, pétrole brut, gaz naturel, géothermie...) avant toute transformation. Pour la houille, la production primaire est définie comme la production nette sortie de mine après élimination des déchets de production. Enfin, une modification structurelle de la répartition mondiale de la demande énergétique prendra place dans les prochaines années, avec une baisse de la part des pays de l'O.C.D.E. au profit du reste du monde. C'est dans ce reste du monde que les combustibles solides connaîtront leur plus forte croissance, avec essentiellement le développement des centrales électriques au charbon. La consommation de charbon pour la production d'électricité dans les pays hors O.C.D.E. devrait croître à un rythme annuel de 6 p. 100. En 2010, ces pays consommeront près de 60 p. 100 des combustibles solides dans le monde.

La production d'électricité est devenue l'utilisation essentielle du charbon (41 p. 100 de l'électricité mondiale est produite à partir de combustibles), au détriment des usages tels que le chauffage ou la cuisson des aliments. L'usage sidérurgique reste évidemment important

(12 p. 100 de l'utilisation mondiale du charbon), mais n'a pas un taux de croissance important. La production d'électricité mondiale devrait croître de 25 à 30 p. 100 entre 1995 et 2010, suivant les scénarios considérés. Cette croissance sera beaucoup plus importante dans la zone hors O.C.D.E., laquelle devrait atteindre 35 p. 100 de la capacité électrique mondiale en 2010 (contre 25 p. 100 aujourd'hui).

Aux États-Unis, le gaz devrait alimenter une part significative des nouvelles capacités de production d'électricité. En Amérique du Sud, l'hydroélectricité est prédominante mais une augmentation de l'utilisation des combustibles solides est probable, compte tenu des disponibilités locales. Au Japon, les unités au charbon augmenteront plus vite que celles au gaz, vu le coût relatif plus important de ce dernier combustible dans ce pays. En Europe, de nouvelles unités seront construites et alimentées par du charbon importé, mais le gaz fera une percée plus importante dans plusieurs pays. En Chine et dans l'Asie du Sud-Est, la production électrique est dominée par le charbon et continuera de l'être, la seule limite étant la capacité de ces pays à financer leurs importants besoins d'énergie électrique. Enfin, l'Afrique du Sud continuera d'utiliser massivement le charbon.

## Une grande disponibilité

Le marché des échanges internationaux du charbon poursuit sa lente progression, tiré par la demande en charbon vapeur de l'Asie du Sud-Est et des pays émergents voisins : il s'est élevé à 619 Mt en 2004, à comparer aux 251 Mt de 1980. Dans la zone Asie-Pacifique, les importations ont atteint 310 Mt en 2005. Ce marché des échanges reste cependant faible (13 p. 100) s'il est comparé à la production mondiale de houille (4 620 Mt) mais son potentiel de croissance est élevé, compte tenu à la fois de l'importante demande de charbon vapeur et des disponibilités de nombreux pays.

## Les principaux pays exportateurs

### Australie

C'est le principal exportateur mondial, avec 183 millions de tonnes de houille en 2002, ce qui correspond à 4 p. 100 d'augmentation par an en moyenne depuis 1997, la plus grande part de l'augmentation venant des charbons vapeur, qui sont exportés essentiellement vers l'Asie (80 p. 100 des exportations de charbon vapeur de l'Australie en l'an 2000). Les exportations de charbon vapeur sont passées de 74 Mt en 1996 à 80 Mt en 2002, tandis que celles de charbon à coke (de 83 Mt en 1997 à 100 Mt en 2002) devraient se stabiliser.

Cette augmentation des exportations de charbon à coke est due à la forte demande de la Chine, dont les taux de croissance annuels sont de l'ordre de 10 p. 100 dans les années 2000.

## États-Unis

Les États-Unis ont vu leurs exportations de houille se réduire très sensiblement entre 1997 et 2002, passant de 76 Mt à 33 Mt. Les exportations ne représentent que 3 p. 100 de la production totale du pays ; les capacités d'exportation restent donc fortement liées à la croissance du marché intérieur. Cependant, vu leur importante production nationale assurée par des milliers de mines, les États-Unis peuvent accroître leurs exportations dans des délais très courts. Leurs capacités actuelles d'exportation dépassent les 120 Mt.

L'augmentation des exportations américaines se fera vraisemblablement vers le marché européen, où les États-Unis jouissent d'un avantage de coût de transport par rapport à l'Australie ou l'Indonésie. Déjà 45 p. 100 des exportations des États-Unis sont destinées à l'Europe, et seulement 18 p. 100 à l'Asie.

## Afrique du Sud

L'Afrique du Sud (70 Mt d'exportation de houille en 2002) exporte essentiellement du charbon vapeur (plus de 90 p. 100 de ses exportations de houille) ; son principal client est l'Europe, avec 43 Mt en 2002. La quasi-totalité des exportations se fait par le terminal charbonnier géant de Richards Bay. L'Afrique du Sud restera le principal fournisseur de l'Europe grâce à sa compétitivité à la fois sur les coûts de production et de transport. Elle est aussi bien placée pour accroître ses exportations vers l'Asie.

## Indonésie

L'Indonésie est un nouveau pays charbonnier, produisant essentiellement pour l'exportation. Ces exportations sont en croissance régulière : elles n'étaient que de 4,2 Mt en 1990 et elles ont atteint près de 73 Mt en 2002, pour une production totale cette même année de 113 Mt. La consommation locale est cependant appelée à croître dans les prochaines années.

Les charbons indonésiens, quoique de forte humidité et de faible pouvoir calorifique, présentent l'avantage d'avoir une très faible teneur en soufre. Ils sont essentiellement exportés vers les pays voisins. Par ordre d'importance en volume d'achat, les tonnages exportés sont dirigés vers les pays suivants : Japon, Taiwan, Hong Kong, Corée du Sud.

## Canada

Le Canada, avec 26 Mt d'exportation de houille en 2002, est un pays qui exporte à plus de 80 p. 100 du charbon à coke, à destination de l'Asie (Japon, Corée du Sud). La production étant uniquement assurée par les provinces d'Alberta et de Colombie-Britannique, toutes les exportations se font par la côte Pacifique et les ports de Roberts Bank et Neptune Terminal près de Vancouver. La croissance des exportations devrait rester faible dans les années à venir. Il faut toutefois noter une production importante de lignite, s'élevant à 37 Mt en 2002.

## Chine

Les exportations chinoises (85 Mt de houille en 2002) ne représentent que 0,05 p. 100 de la production nationale. Elles ne devraient que faiblement augmenter au cours des prochaines années, vu à la fois l'importance des besoins locaux et les difficultés de transport rencontrées à l'intérieur de ce pays. Le Japon, la Corée du Sud et Taïwan sont les principaux clients de la Chine en raison de leur proximité et de la garantie d'un taux de fret toujours très compétitif.

## Pologne



### **Charbonnages polonais**

*Steven Weinberg/ Stockbyte/ Getty Images*

Les exportations polonaises (22,5 Mt de houille en 2002) sont stables depuis quelques années mais inférieures aux valeurs du début des années 1980. Les pays acheteurs ont peu varié et demeurent essentiellement européens : Finlande, Allemagne, Danemark. Cependant, comme la production (114 Mt), les exportations devraient sensiblement diminuer après la mise en place par les autorités polonaises d'un vaste plan de restructuration du secteur charbonnier destiné à réduire les importantes pertes financières de ce secteur. Ce plan devrait conduire à

la fermeture des mines non rentables et au développement des exploitations les plus prometteuses.

## Colombie

Comme l'Indonésie, la Colombie est un nouveau pays charbonnier, dont les exportations croissent régulièrement (34 Mt de houille en 2002) mais dont la consommation locale est faible. La Colombie possède d'importantes réserves de charbon à basses teneurs en cendres et en soufre, avec un coût de production bas, et à de faibles distances maritimes des marchés américain et européen. Le développement des infrastructures portuaires et de transport doit permettre l'augmentation régulière des exportations dans les prochaines années. En 2002, elles ont été essentiellement dirigées vers l'Allemagne (6,9 Mt), les Pays-Bas (6,8 Mt), les États-Unis (6,7 Mt) et l'Italie (2,2 Mt).

## Un centre de gravité glissant de l'Atlantique vers le Pacifique

La croissance économique des nouveaux pays industrialisés d'Asie (Chine, Taïwan, Corée du Sud, etc.) implique une forte augmentation de la demande d'électricité, laquelle détermine la vigueur de la demande de charbon. Le nucléaire et le gaz bénéficient aussi de brillantes perspectives dans cette zone, mais ils ne pourront suffire à satisfaire la demande d'électricité, face à laquelle le charbon jouera un rôle crucial.

En 1980, les importations de houille de l'Europe (à l'exception de l'U.R.S.S.) se sont élevées à 139 Mt, alors que celles de l'Asie étaient de 85 Mt. En 1997, les pays de l'Union européenne ont importé 149,7 Mt (+ 8 p. 100) et l'Asie 250 Mt, soit une croissance de près de 200 p. 100. Pour les années 2010-2015, les prévisions 2006 de l'Agence internationale de l'énergie sont de 230 Mt pour l'Europe et de 430 Mt pour l'Asie.

En une vingtaine d'années, le centre de gravité du marché mondial du charbon s'est donc déplacé de la zone européenne vers la zone Asie-Pacifique. Les besoins de la zone Asie-Pacifique sont, pour l'essentiel, en mesure d'être satisfaits par les ressources de cette partie du monde, principalement par l'Australie, mais aussi par l'Indonésie et la Chine. L'Afrique du Sud déplacera progressivement ses débouchés du marché Atlantique (Europe) vers les marchés de la zone Asie-Pacifique. Quant aux États-Unis, ils ont depuis les années 1970, grâce à la réactivité de leur offre à l'exportation, joué le rôle de producteur poumon sur le marché international du charbon vapeur. Ils disposent en effet de nombreux atouts : une infrastructure de transport intérieure permettant une hausse

importante de trafic, des exportations marginales par rapport à leur marché intérieur et une façade pacifique permettant des débouchés vers l'Asie de leurs charbons de l'Ouest. Ces atouts devraient continuer de leur permettre de réagir rapidement à des besoins supplémentaires dans le monde, à l'Est comme à l'Ouest.

## Le charbon en France

### Le contexte énergétique français

La consommation d'énergie primaire en France a connu une légère progression ces dernières années, passant de 334 millions de tonnes équivalent charbon (1 T.E.C. = 0,7 T.E.P., tonne équivalent pétrole) en 1996 à 394 millions de T.E.C. en 2005, soit une croissance annuelle moyenne de 2 p. 100. L'équilibre entre les énergies évolue : aujourd'hui, le charbon ne représente plus en France que 5 p. 100 de la consommation totale d'énergie primaire, tandis que la part du nucléaire s'élève à près de 35 p. 100. Cette faible part de l'utilisation du charbon est une conséquence du développement important de l'énergie nucléaire et fait de la France un cas atypique dans la répartition entre les différentes énergies. La moyenne mondiale pour le charbon est en effet d'environ 25 p. 100. La part du gaz naturel ne cesse de croître depuis 1970.

Le marché de l'énergie en France se caractérise aussi par la place prise par l'électricité dans l'ensemble de la consommation d'énergie. Cette part atteint aujourd'hui 42 p. 100 de la consommation d'énergie du pays et s'explique par la forte hausse de la production nucléaire depuis la fin des années 1970. L'électricité française est essentiellement produite à partir de l'énergie nucléaire (78 p. 100 en 2005), de l'énergie hydraulique (10 p. 100) et du thermique classique dont le charbon (5 p. 100). En 1980, la répartition était de 25 p. 100 pour le charbon, 24 p. 100 pour les hydrocarbures, 27 p. 100 pour l'hydraulique et 24 p. 100 pour le nucléaire.

### Le marché charbonnier français

Le marché charbonnier français ne correspond plus qu'aux importations de houille.

Elles sont stabilisées depuis quelques années aux environs de 20 millions de tonnes (21,5 Mt en 2005). Ces importations concernent du charbon vapeur (65 p. 100), destiné à la production d'électricité, et du charbon à coke (35 p. 100), utilisé pour la sidérurgie. Les cinq principaux pays d'origine sont l'Australie (5,3 Mt), l'Afrique du Sud (4,2 Mt), la Colombie

(2,5 Mt), les États-Unis (1,9 Mt) suivis de la Pologne (1,5 Mt).

Quelles sont les utilisations du charbon en France ? Sur une disponibilité de plus de 19 millions de tonnes en 2005, 6,3 Mt, soit 33 p. 100 ont été utilisés pour la production de coke, destiné à la fonderie ou à la sidérurgie. La demande de cette dernière a d'ailleurs beaucoup chuté depuis sa restructuration (la sidérurgie consommait 13 Mt de coke en 1978).

La principale utilisation du charbon reste aujourd'hui la génération d'électricité, en particulier par les deux producteurs principaux : E.D.F. et S.N.E.T. (Société nationale d'électricité et de thermique) ex-filiale de Charbonnages de France (C.D.F.), devenu en 2007 ENDESA-France. Le charbon est l'élément de bouclage dans la production d'électricité française, et son utilisation varie en fonction des conditions climatiques ou des aléas de la production nucléaire et hydraulique. En 2005, 10,4 Mt (soit 54 p. 100 des disponibilités) ont été utilisées à la génération d'électricité, en légère augmentation par rapport aux années antérieures.

Une autre utilisation du charbon en France est la production d'électricité et de vapeur dans l'industrie (environ 12 p. 100 des disponibilités, soit 2,3 Mt). Le volume utilisé est stable depuis plusieurs années.

Enfin, environ moins d'un Mt sont encore à usage domestique, pour le chauffage ou la cuisson des aliments, essentiellement dans les régions à tradition charbonnière comme le Nord - Pas-de-Calais ou la Lorraine. Cette utilisation décroît de 10 p. 100 tous les ans.

## La politique charbonnière française

Comme toute l'Europe, la France a été confrontée au déclin de sa production charbonnière et à la fermeture progressive de ses sites de production, pour les raisons précédemment évoquées d'épuisement des gisements et de concurrence des charbons internationaux, produits à bas coût dans des exploitations à ciel ouvert.

Depuis les années 1970, Charbonnages de France a dû régulièrement mettre en place des plans de restructuration qui lui ont permis de s'adapter à la diminution du marché, à un coût supportable pour l'entreprise, ses hommes et la collectivité nationale. Pendant de nombreuses années sa politique a été axée sur une meilleure maîtrise des coûts de l'entreprise, qui a conduit à la fermeture des sites définitivement hors compétitivité et à l'amélioration de la productivité des exploitations disposant encore d'un potentiel de progrès.

En même temps, l'entreprise a mené une action d'industrialisation de ses régions d'implantation, avec un programme de conversion professionnelle du personnel de l'entreprise, qui a permis d'éviter tout licenciement et d'offrir à chaque mineur un nouvel emploi dans un nouveau métier. C'est ainsi que les effectifs des C.D.F. sont passés de 217 000 personnes en 1960, pour une production nationale de 58 Mt, à 61 000 personnes en 1980 (production 21 Mt), à 12 100 personnes à la fin de l'année 1997 et à moins de 2000 personnes en 2004, année de la fermeture de la dernière mine de charbon en France (mine de La Houve en Lorraine).

Les houillères du bassin du Nord et du Pas-de-Calais, qui produisaient 29 Mt en 1960, sont fermées depuis 1990. L'exploitation a également cessé aux houillères de la Loire en 1993. En 1994, la signature du pacte charbonnier a avalisé l'arrêt total de l'extraction du charbon national en 2005, assurant en même temps des garanties sur les acquis sociaux du personnel employé par C.D.F.

La fin de la production nationale ne signifie pas la fin de l'utilisation du charbon en France. Comme dans les autres pays européens qui ont déjà arrêté toute production nationale (Belgique, Pays-Bas, Italie), le charbon importé continuera d'alimenter les centrales électriques, d'être transformé en coke pour produire l'acier de la sidérurgie française ou de produire de la vapeur sur les sites industriels ou tertiaires.

— *Pierre BERTE*

— *Robert PENTEL*

## **Quels enjeux environnementaux pour le charbon ?**

On ne reviendra pas sur les impacts associés à l'extraction, au transport et au stockage. En ce qui concerne les centrales thermoélectriques, les émissions acides ( $\text{SO}_x$  et  $\text{NO}_x$ ) des années 1980 ont été bien réglées, même si le parc mondial présente des disparités notables entre les centrales à émissions extrêmement réduites dans les pays de l'O.C.D.E. et des centrales émettrices de quantités encore trop importantes dans les pays en transition et en développement. Les centrales de l'avenir affichent des objectifs ambitieux en termes de réductions de ces émissions, plus de 99 p. 100 pour le  $\text{SO}_2$ , les  $\text{NO}_x$  et les particules, 95 p. 100 pour le mercure.

La situation est nettement plus compliquée pour les émissions de  $\text{CO}_2$ , gaz à effet de serre générateur du phénomène de changement

climatique actuellement constaté.

Au sein de l'éventail de mesures spécifiques envisagées figurent, en bonne place, le captage du CO<sub>2</sub> suivi de son stockage géologique. Ces technologies visent à capturer le CO<sub>2</sub> produit par des sources fixes comme les grandes installations de combustion, les centrales électriques ou les installations industrielles, et à le stocker à grande profondeur (supérieure à 800 m), de sorte que le CO<sub>2</sub> prenne son état le plus dense (le CO<sub>2</sub> supercritique a une densité comprise entre 0,5 et 0,8). Deux types principaux de milieux récepteurs sont envisagés : les aquifères profonds et les gisements d'hydrocarbures en voie d'épuisement. Dans ce dernier cas, les capacités de stockage sont faibles dans beaucoup de pays, mais les bénéfiques (récupération assistée des hydrocarbures) couvrent en partie les dépenses de séparation et d'injection du CO<sub>2</sub>.

Bien entendu, l'option du stockage ne sera mise en œuvre que lorsque l'une ou l'autre des technologies de captage aura émergé en réduisant suffisamment ses coûts, énergétiques en particulier. Mais avant de pouvoir être généralisé, le stockage géologique de CO<sub>2</sub> doit en tout état de cause faire la preuve qu'il n'apporterait pas en lui-même de risques pour l'être humain et pour l'environnement qui dépasseraient les bénéfices apportés par la réduction des risques climatiques.

On retiendra essentiellement que des fuites progressives de CO<sub>2</sub> ne constitueraient pas un danger direct pour l'homme mais qu'elles pourraient modifier la qualité des nappes d'eau potable, provoquant leur acidification et modifiant leur équilibre chimique.

L'ordre de grandeur des durées des phénomènes physiques, chimiques, thermiques et mécaniques impliqués est un élément important pour la prévision des évolutions. Les questions posées correspondent en fait ici à des échelles de temps sensiblement plus courtes que ce que l'on examine habituellement en géologie. D'une part, l'injection du CO<sub>2</sub> dans le sous-sol s'échelonne essentiellement sur la durée de l'utilisation du pétrole, du gaz et du charbon, c'est-à-dire un ou deux siècles. D'autre part, selon les divers scénarios d'évolution climatique, l'importance d'éviter le retour du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère concerne essentiellement le présent millénaire. Dans cette optique, il a été suggéré en 2005, par le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (G.I.E.C.), qu'un taux de fuite annuel qui ne dépasserait pas 1 p. 1 000 du volume total stocké serait acceptable. Les études des conditions spécifiques de chaque stockage devront toutefois confirmer que cet ordre de grandeur assure également la protection de l'être humain et de l'environnement sur le site lui-même. Des simulations ou l'observation de divers

analogues naturels éclaireront la question.

À l'heure actuelle, le stockage géologique du CO<sub>2</sub> fait l'objet de recherches importantes, notamment pour préciser les règles de sécurité à respecter. Les études s'appuient en particulier sur quelques pilotes d'injection. En mer du Nord, à Sleipner (Norvège), une plate-forme d'exploitation de gaz naturel réinjecte depuis 1996 dans un aquifère le CO<sub>2</sub> extrait avec le méthane, au rythme d'environ un million de tonnes par an. À titre de comparaison, les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> s'élèvent actuellement à 30 Gt par an. Sur l'ensemble des continents, la capacité de stockage en aquifère profond est estimée par le G.I.E.C. entre 1 000 et 10 000 Gt de CO<sub>2</sub>. En prenant en compte les facteurs économiques, le potentiel de stockage au cours du XXI<sup>e</sup> siècle est évalué entre 220 et 2 200 Gt de CO<sub>2</sub> (G.I.E.C., 2005). L'incertitude économique essentielle concerne les coûts de captage de CO<sub>2</sub> dans les installations industrielles qui utiliseront dans l'avenir des combustibles fossiles.

En conclusion, l'avenir du charbon pour la production d'électricité semble assuré, mais les futures centrales devront progresser tant dans le domaine des rendements que dans celui du captage et du stockage du CO<sub>2</sub>. Cette double évolution est bien engagée. La simple mise en pratique des gains des rendements peut permettre une réduction des émissions de 10 p. 100 par rapport aux technologies d'aujourd'hui. Les technologies de captage et de stockage du CO<sub>2</sub>, dont on espère le déploiement généralisé autour de 2020, pourront réduire les émissions de 80 à 95 p. 100 au détriment d'une baisse de rendement de 5 points. C'est cependant le prix à payer pour tirer parti des ressources considérables de charbon qui pourraient assurer pendant un siècle un pont vers le déploiement d'autres énergies, plus performantes qu'aujourd'hui.

— **Robert PENTEL**

## Bibliographie

*Bilan énergétique de l'année 2005 en France*, Direction générale de l'énergie et des matières premières du ministère de l'Économie et des Finances (<http://www.industrie.gouv.fr/energie/statistique/pdf/bilan2005.pdf>)

*Charbon propre : mythe ou réalité ?*, Groupe de travail sur le charbon du Délégué interministériel au développement durable, juillet 2006 (<http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/Charbonpropre22082006.pdf>)

*Le Charbon, une histoire d'hommes*, *Historia*, hors-série, n° 9610,

oct. 1996

*Coal information 2003*, International Energy Agency

*The Coal Resource : a comprehensive overview of coal*, World Coal Institute, mai 2005 ([http://www.worldcoal.org/assets cm/files /PDF/thecoalresource.pdf](http://www.worldcoal.org/assets/cm/files/PDF/thecoalresource.pdf))

*SME Mining Engineering Handbook*, 2<sup>e</sup> éd., Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Littleton (Colo.), 1992

J. C. SORE, « Expansion mondiale du charbon et agonie des productions européennes », in *Revue de l'énergie*, Paris, déc. 1990

*Sustainable Global Energy Development : the Case of Coal*, World Energy council, Londres, juillet 2004

P. VESSERON, « Le Charbon, énergie d'avenir, à quelles conditions ? », présentation au séminaire de prospective énergétique de la revue *Passages*, 15 mars 2007

V. VIDAL, *Exploitation des mines*, t. I, II, III, Dunod, Paris, 1961.

## **CLASSIFICATION**

Techniques

Énergie

Combustibles fossiles

Charbon

Géographie

Géographie humaine et économique

Géographie industrielle

Économie et gestion

Secteurs d'activité économique

Secteur de l'énergie

Techniques

Énergie

Combustibles fossiles

Charbon

Charbon et production d'énergie

Techniques

Exploitation du sous-sol

Exploitation des mines et carrières

Exploitation des gisements de charbon

Techniques

Exploitation du sous-sol

Géologie et prospection des gisements du sous-sol

Géologie et prospection minière

Gisements de charbon

Techniques

Énergie

Combustibles fossiles

Combustibles fossiles et environnement

Michel BENECH, Pierre BERTE, Jacques BONNET, Robert PENTEL,  
« **CHARBON** - Industrie charbonnière », *Encyclopædia Universalis*  
[en ligne], consulté le 23 septembre 2023. URL :  
<https://www-universalis-edu-com.ezproxy.normandie-univ.fr/encyclopedie/charbon-industrie-charbonniere/>