

# Quel futur pour la production et l'utilisation du charbon de bois en Afrique?

P. Girard

*L'expansion de l'urbanisation force de façon croissante les populations africaines à délaisser le bois de feu et à choisir le charbon de bois pour la cuisson et le chauffage domestiques.*

**L'**urbanisation et le développement économique entraînent des changements dans les habitudes de consommation et une augmentation des revenus des ménages dans les pays en développement, qui sont à l'origine de mutations profondes dans le secteur des énergies domestiques. Le passage rapide du bois de feu au charbon de bois, en particulier en Afrique, a suscité des inquiétudes parmi les écologistes et les responsables du développement et de l'aménagement des forêts.

Le présent article décrit la progression du charbon de bois en Afrique, identifie les problèmes liés à la ressource et met en relief certaines exigences pour le développement durable de ce secteur.

## PASSAGE DU BOIS DE FEU AU CHARBON DE BOIS

D'une manière générale, la consommation d'énergie reste faible en milieu rural en Afrique, et elle concerne presque exclusivement le bois de feu. Toutefois la consommation d'énergie et le type de combustible utilisé par les ménages évoluent au fur et à mesure que les pays se développent. Une enquête réalisée pour le Programme d'assistance pour la gestion du secteur énergétique (ESMAP) de la Banque mondiale, dans 45 villes de 12 pays, entre 1984 et 1993 (Waddams Price, 2000) a montré que l'abandon progressif du charbon de bois au profit de produits pétroliers était à l'évidence lié à une amélioration des revenus, ainsi qu'aux nouveaux programmes et aux nouvelles politiques établis par les gouvernements.

La consommation d'énergie et les types de combustibles sont aussi influencés par les flux migratoires importants et l'accroissement rapide des populations urbaines. Bien que les personnes qui migrent vers les villes conservent leurs habitudes et leurs traditions rurales pendant plusieurs générations, les exigences de la vie urbaine (modernisation de l'habitat, man-

que de temps, etc.) font rapidement basculer de nombreuses villes du bois de feu à d'autres combustibles comme le gaz de pétrole liquéfié (GPL) ou le kéroène. Des femmes urbaines interviewées dans le cadre d'enquêtes sur l'énergie domestique en Ethiopie, au Tchad, à Madagascar, au Mali, au Niger et au Sénégal n'aimaient pas cuisiner au bois car elles trouvaient que ce matériau était difficile à allumer, peu pratique à manipuler, dangereux pour les enfants, salissant et faisait de la fumée (Madon, 2000). Le charbon de bois n'aurait pas ces défauts et aurait un prix plus compétitif que le GPL et le kéroène, qui sont encore trop chers pour beaucoup de gens (Foster, 2000). Une étude réalisée à Dar-es-Salaam, en République-Unie de Tanzanie, par exemple, a mis clairement en évidence que le charbon de bois utilisé en foyer amélioré est le combustible le moins cher par unité d'énergie (Foster, 2000). C'est pourquoi, on l'utilise souvent avant de passer à d'autres combustibles modernes plus coûteux.

Le passage du bois de feu au charbon de bois en milieu urbain, est illustré par le cas de Bamako (Mali) où, en 1990, plus de 85 pour cent des familles utilisaient le bois comme combustible domestique de tous les jours. Aujourd'hui ces familles sont moins de 50 pour cent et en 1997, le charbon de bois, jusque-là réservé à des usages spécifiques (thé, barbecue, etc.) a détrôné le bois, comme premier combustible à Bamako (voir figure). La faiblesse du revenu des ménages est probablement le seul facteur qui freine le passage aux combustibles fossiles, au GPL et au pétrole.

Le fait le plus notable est la progression du charbon de bois dans les villes de moyenne importance, voire parfois en milieu rural. Par exemple, une récente enquête sur la consommation des ménages dans toutes les villes de la province septentrionale de Mahajanga (Madagascar) a révélé que le charbon de bois était

**Philippe Girard** est chef de l'Unité pour l'environnement et l'énergie de la biomasse, Département des forêts, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD-Forêts), Montpellier (France).

le combustible le plus employé (CIRAD, 1999). Les chiffres révèlent une progression de la consommation de charbon de bois par rapport à une enquête de 1992 réalisée pour la Banque mondiale par l'Unité de planification des besoins en énergie domestique du Ministère de l'énergie et des mines (CIRAD, 1992).

Avec l'urbanisation, le secteur du charbon de bois a acquis un poids économique considérable. Les travaux menés dans le cadre de l'ESMAP au Niger et au Mali à partir de la fin des années 80 ont montré que ce secteur, largement informel, représente un chiffre d'affaires annuel de plusieurs millions de dollars pour bon nombre de pays africains. En termes d'emploi, sinon en termes financiers, son ordre de grandeur est comparable à celui des cultures de rente (Matly, 2000).

#### PRESSION SUR LES RESSOURCES FORESTIÈRES ET ARBORÉES

Dans l'ensemble, l'utilisation du bois de feu croît au rythme de la population. La croissance de la demande se situe donc entre 3 et 4 pour cent par an suivant les pays (Amous, 2000). Au cours des deux dernières décennies, on a acquis une meilleure compréhension des systèmes de dendroénergie, et l'on s'est aperçu que les sources d'approvisionnement étaient plus diversifiées qu'on ne le supposait auparavant, puisqu'elles comprennent non seulement les zones forestières mais aussi les arbres hors forêt. Ainsi, les prévisions alarmistes des années 70, qui annonçaient une «crise du bois de feu» avec un déficit de l'offre par rapport à la demande, se sont révélées infondées.

Toutefois, dans les zones où les ressources arborées existantes sont soumises à une forte pression, du fait de la consommation élevée de bois de feu et de charbon de bois et de l'insuffisance de la ressource (densité de population élevée, faibles revenus et/ou de conditions climatiques rigoureuses), la déforestation et la destruction du couvert végétal suscitent encore de grandes inquiétudes.

#### FAUT-IL AVOIR PEUR DU CHARBON DE BOIS?

Le passage du bois de feu au charbon de bois, même s'il ne devait durer que quelques décennies, pourrait avoir des conséquences écologiques importantes s'il n'était pas maîtrisé. Toutefois, comme les fours à charbon ont un meilleur rendement que les fours à bois, le bilan énergie

utile/énergie primaire est presque le même qu'avec le bois de feu. Ainsi, s'il est supervisé, géré et soutenu comme il convient, ce passage ne devrait pas se traduire par une augmentation significative de l'utilisation des ressources.

En revanche, ce qui est très inquiétant, c'est que, contrairement au bois utilisé comme combustible, le charbon de bois est très souvent produit à partir de ressources forestières. Ainsi, l'utilisation de la biomasse forestière pour la production de charbon pourrait encore représenter une menace pour les ressources futures au niveau local, en particulier dans certaines situations caractérisées par une forte demande (par exemple à la périphérie de grands centres urbains pauvres en ressources) et par l'absence de pratiques de gestion et de réglementations forestières appropriées.

Si l'on adopte des pratiques d'aménagement forestier, de supervision et de contrôle appropriées, l'utilisation accrue du charbon de bois ne doit pas avoir d'impact significatif sur les zones forestières qui approvisionnent les centres de consommation. Les travaux menés au Niger et au Mali, par exemple, ont indiqué que la maîtrise de la ressource par les populations visant dans les zones de production du charbon de bois, peut favoriser une bonne gestion de la ressource tout en améliorant les revenus des populations locales (CIRAD, documents inédits, 2001).

Malgré quelques exemples réussis de ce type, au cours des deux dernières décennies bon nombre de gouvernements africains, préoccupés par la menace que pouvait représenter la production de charbon pour les ressources forestières, ont lancé des programmes pour encourager la substitution du charbon par d'autres combustibles (en particulier GPL et ké-

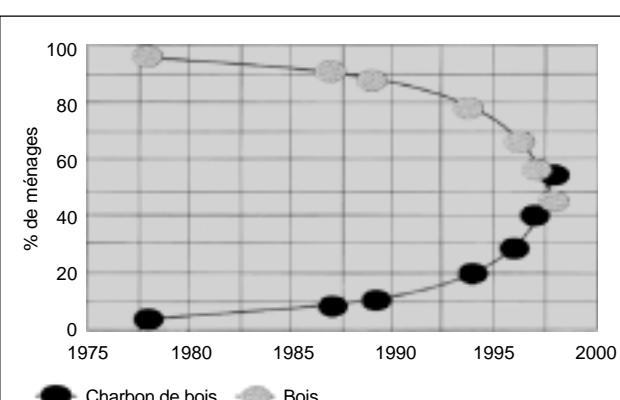
rosène), moyennant des subventions et en fournit l'équipement aux ménages. Bien que du matériel ait effectivement été distribué (à Dakar, au Sénégal, plus de 60 pour cent des familles ont été dotées d'équipements fonctionnant au GPL), ces programmes ont échoué, en partie parce que les villes africaines ne prennent pas facilement des habitudes urbaines (Matly, 2000).

Toutefois, les programmes de substitution ont aussi eu pour effet négatif de créer du chômage dans les zones forestières où la production de charbon de bois a été abandonnée. Le manque d'emploi a entraîné une augmentation des migrations vers les zones urbaines et périurbaines et accentué la demande de bois de feu et, surtout de charbon de bois, ces deux produits étant les principales sources d'énergie à la portée des pauvres.

L'interdiction de la production et/ou de la commercialisation du charbon de bois, comme cela a parfois été fait (par exemple en Mauritanie et au Kenya) s'est révélée contreperformante: en fait les interdictions ne limitent pas la production, elles poussent simplement les producteurs dans la clandestinité, ce qui empêche de contrôler comme il convient les procédés de production (FAO, 1993).

La production et l'utilisation durables du charbon de bois, grâce à une gestion et à une planification appropriées des sources d'approvisionnement, ainsi que des infrastructures de commercialisation rationnelles et utilisées de manière efficace, peuvent aussi avoir un impact positif majeur, en favorisant la conservation de la ressource, une réduction des migrations des zones rurales ou boisées et une augmentation des revenus des populations. Toutefois, les interventions nécessaires pour des solutions à long terme sont difficiles à mettre en œuvre, en particulier

*Utilisation de bois ou de charbon, comme combustible au Mali*



Source: Banque mondiale, 2000.

## Caractéristiques moyennes des charbons traditionnels du Togo comparées aux charbons d'eucalyptus de plantation

Nature des charbons	Matières volatiles (%)	Cendres (%)	Carbone fixe (%)	Pouvoir calorifique supérieur (kJ/kg)	Densité (%)	Friabilité (%)	Reprise d'humidité (%)
Moyenne savane	17,2	5,8	77,0	30 190	0,58	11,1	5,1
Moyenne défriche	23,5	5,1	71,4	29 320	0,49	19,1	6,37
<i>Anogeissus</i> spp.	19,0	9,6	71,4	28 570	0,65	11,7	4,18
<i>Eucalyptus torelliana</i>	19,0	3,8	77,2	30 600	0,36	13,3	—
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	15,7	3,1	81,2	32 480	0,44	18,1	—

Source: Girard, 1987.

dans des pays tropicaux pauvres qui manquent à la fois de moyens financiers, de capacités institutionnelles et de personnel qualifié.

### DES SOLUTIONS POUR UNE UTILISATION DURABLE DU CHARBON DE BOIS

Les charbons de bois traditionnels sont souvent produits à partir d'espèces permettant d'obtenir un charbon dense à combustion lente. Il s'agit d'espèces à croissance lente, qui sont donc particulièrement vulnérables à la surexploitation, d'où la nécessité d'encourager la diversification et l'utilisation d'essences de plantations ou d'espèces produisant un charbon moins dense. Si les propriétés physiques des charbons moins denses sont différentes, il n'en est rien au niveau énergétique (voir tableau). Comme le charbon de bois est commercialisé par unité de volume (tas, sacs, etc.), un produit plus lourd donne au consommateur l'impression d'acheter plus. Bien qu'à volume égal, le charbon dense contienne plus d'énergie, ce n'est pas le cas par unité de poids.

Là où l'on encourage l'utilisation d'autres essences pour la production de charbon, il est indispensable de réévaluer les procédés entrant en jeu dans la chaîne

de production et d'utilisation du charbon de bois. Il conviendrait en particulier de revoir la conception des foyers améliorés à charbon, car la plupart de ceux que l'on utilise aujourd'hui ne conviennent pas bien aux charbon de bois d'essences légères, qui y brûlent trop rapidement et avec une trop forte intensité, non conformes aux attentes des consommateurs.

Lorsque le charbon de bois passe au stade de combustible pour la cuisson dans un pays donné, l'introduction rapide de procédures encourageant l'utilisation de charbons légers (vente au poids, prix variant en fonction de la qualité, contrôle des essences exploitées, etc.) permettrait de limiter la surexploitation et de favoriser la production à partir d'essences de plantation pour le plus grand bénéfice de l'environnement et des consommateurs. Une formation professionnelle et des mesures de supervision devraient aussi permettre de réduire la pression actuelle sur les essences à charbon dense.

### UNE APPROCHE PAR LE BESOIN EST INDISPENSABLE

Dans les pays industrialisés, un grand nombre de solutions techniques plus performantes sont mises au point pour conformer les procédés de carbonisation aux normes environnementales et

énergétiques et améliorer leurs rendements, du fait de la hausse des prix du bois. L'objectif essentiel est de produire plus de charbon avec moins de bois.

Les solutions sont nombreuses – fours-cornues discontinus où le bois est carbonisé par une source de chaleur externe; fours ouverts métalliques avec incinérateurs de fumée, et fours continus type Lambiotte dans lesquels le bois est introduit dans la partie haute du four, alors que le charbon est extrait dans la partie basse, les vapeurs étant brûlées pour fournir la chaleur nécessaire à la carbonisation. Toutes ces solutions nécessitent des investissements importants et sont habituellement trop chères pour les artisans charbonniers des pays tropicaux.

La plupart des techniques de carbonisation traditionnelles ou traditionnelles améliorées donnent de bons rendements pour un investissement relativement faible, si elles sont bien utilisées. Toutefois, elles demandent beaucoup de main-d'œuvre.

Nombre de projets «charbon de bois» n'ont pas donné les résultats escomptés car ils n'ont considéré que l'aspect énergétique du procédé technique, sans intégrer la dimension sociale et économique. Cependant, des économies considérables peuvent être réalisées dans le secteur (voir encadré).

De nombreuses scieries produisent des volumes importants de déchets qui sont souvent brûlés en pure perte ou carbonisés de façon très rudimentaire. La mise en œuvre de solutions semi-industrielles, avec incinération des gaz de pyrolyse et récupération de chaleur, pourrait être une solution satisfaisante pour valoriser les sous-produits des scieries, puisque celles-ci ont les moyens techniques et humains nécessaires (FAO, 1985). Il existe quelques exemples de ce type en zone tropicale humide (Côte d'Ivoire, Brésil).

Le choix d'une technologie doit toujours être déterminé par une analyse du contexte socioéconomique. Il ne faut surtout pas chercher à appliquer une «recette», même si elle a donné d'excellents résultats dans un autre contexte.

Si, au niveau mondial, on peut s'attendre à une diminution de la consommation de charbon de bois dans le futur proche, au niveau local ou dans des pays spécifiques (développés et en développement), la consommation pourrait encore augmenter compte tenu des nouvelles opportunités de marché de «l'énergie verte» indus-



**Tas de charbon de bois traditionnel en Afrique de l'Ouest (Guinée)**



P. GIRARD

*Ce four en métal du type "Subri-fosse" semi-permanent et bon marché à Madagascar a été conçu pour carboniser les chutes provenant des scieries*

*Les fours en métal dotés d'incinérateurs à vapeur (ici, en France) peuvent réduire la pression sur l'environnement en augmentant le rendement du charbon de bois; ils tendent toutefois à être trop coûteux dans les pays en développement*



P. GIRARD

trielle qui sont en train de s'ouvrir. Les services des forêts et les agences de l'énergie devraient donc accorder une attention particulière au charbon de bois et à sa production et à son utilisation durables. Voici quelques mesures qui pourraient être efficaces:

- établir des programmes d'aménagement forestier pour éviter la déforestation, due à la surexploitation des essences à charbon;
- professionnaliser le secteur, au moyen de politiques et de programmes de formation appropriés, en faisant en sorte que la production de charbon soit l'activité principale des charbonniers, et en décourageant la production occasionnelle par des amateurs;
- mettre à la disposition des charbonniers un ensemble de procédés techniques appropriés permettant un choix, au lieu de leur présenter une seule solution technique, considérée comme la «meilleure»; et
- promouvoir la production de charbon à partir de résidus et d'essences de plantation, grâce à des politiques et à des prix appropriés.

Si la production de charbon est considérée comme une source de revenus complémentaires ou comme un travail féminin, il est probable que l'on investira moins dans la formation et que l'on privilégiera les solutions qui demandent moins de

main-d'œuvre – mais qui sont aussi les moins productives – ce qui limitera les améliorations possibles. L'éducation et la formation de planificateurs forestiers, de vulgarisateurs et de charbonniers, et la mise en œuvre de technologies de carbonisation plus durables, peuvent contribuer de manière décisive à améliorer les conditions de travail du secteur, ainsi que les impacts environnementaux et le rendement énergétique.

### **Les enjeux économiques et environnementaux en quelques chiffres**

**Les rendements massiques d'une meule casamancaise et d'une meule traditionnelle bien maîtrisée sont de l'ordre de 25 pour cent. C'est à dire qu'avec 1 tonne de bois, on produit 250 kg de charbon. Avec des techniques plus rudimentaires, les rendements ne dépassent cependant généralement pas 15 à 20 pour cent, soit 150 à 200 kg pour 1 tonne de bois. Beaucoup de charbonniers utilisent par exemple du bois vert et, comme l'énergie nécessaire au séchage du bois est fournie par une partie de la charge, le rendement est réduit à 15 pour cent.**

**La teneur en carbone du bois et du charbon étant respectivement de 50 et 90 pour cent, l'équivalent carbone est donc le suivant:**

- 1 000 kg de bois → 500 kg de carbone;

- 250 kg de charbon → 225 kg de carbone;
- 150 kg de charbon → 135 kg de carbone.

**Lorsque l'on carbonise 1 tonne de bois, on libère dans l'atmosphère respectivement avec une technique mal maîtrisée et une meule améliorée, 365 kg et 275 kg de carbone. La technique améliorée permet ainsi d'éviter l'émission de 90 kg de carbone par tonne de bois carbonisée, ce qui représente 300 kg de carbone soit 1,1 tonne de CO<sub>2</sub> par tonne de charbon consommé.**

**Pour la ville d'Abidjan qui consomme environ 300 000 tonnes de charbon par an, l'économie annuelle représente :**

- 330 000 tonnes d'émission de CO<sub>2</sub> évitées;
- 800 000 tonnes de bois non consommé par suite du gain de rendement.

Le charbon fait partie d'un ensemble de combustibles à usage domestique que l'on doit impérativement intégrer dans tout programme de rationalisation de l'utilisation des ressources énergétiques dans les pays tropicaux. Plutôt que d'en faire l'ennemi public du forestier, une bonne compréhension des problèmes et la mise en œuvre de solutions appropriées devraient permettre au planificateur de tirer le meilleur parti du charbon de bois. ♦



## Bibliographie

**Amous, S.** 2000. *Review of wood energy reports from ACP African countries*. EC-FAO Partnership Programme working document. Rome.

- Banque mondiale.** 2000. ESMAP Household Energy Strategy. (brochure)
- CIRAD.** 1992. *Approvisionnement en combustible ligneux d'Antananarivo et Mahajanga*. Project report, Ministère de l'énergie et des mines/UPED, Madagascar.
- CIRAD.** 1999. *Programme pilote intégré d'approvisionnement durable en bois-énergie de la région de Mahajanga*. Project report, Mahajanga Integrated Pilot Program (PPIM).
- FAO.** 1985. *Industrial charcoal making*. Document FAO: Forêts n° 63. Rome.
- FAO.** 1993. *A decade of wood energy activities within the Nairobi Programme of Action*. Document FAO: Forêts n° 108. Rome.
- Foster, V.** 2000. Measuring the impact of energy reform – practical option. Dans *Energy services for the world's poor*. Energy and Development Report 2000, p. 34-42. Banque mondiale, Washington, Etats-Unis.
- Girard, P.** 1987. *Compte rendu de mission d'appui en carbonisation au volet reboisements industriels*. Office national de développement et d'exploitation des ressources forestières, Tsevié, République du Togo.
- Madon, G.** 2000. *An assessment of tropical dry-land forest management in Africa: what are its lessons*. Presented at the World Bank seminar Communication for Village Power 2000, Empowering People and Transforming Markets, Washington, Etats-Unis, 4-8 décembre 2000.
- Matly, M.** 2000. La mort annoncée du bois-énergie à usage domestique. *Bois et Forêts des Tropiques*, 266(4): 43-55.
- Waddams Price, C.** 2000. Better energy services, better energy sectors and links with the poor. Dans *Energy services for the world's poor*. Energy and Development Report 2000, p. 26-32. Banque mondiale, Washington, Etats-Unis. ♦

## Faits nouveaux concernant la technologie de production du charbon de bois

*H.E. Stassen*

Les êtres humains ont produit et utilisé le charbon de bois comme combustible pour la cuisson et les grillades depuis l'âge de la pierre et pour la fabrication d'ustensiles en métal depuis l'âge du bronze. Dans les pays en développement, le charbon de bois est encore largement consommé par les populations urbaines et rurales comme combustible domestique servant à cuire et griller les mets sans production de fumée et avec un pouvoir calorique élevé. Dans les pays développés, la demande de charbon de bois comme combustible pour les barbecues va en s'accroissant. De grandes quantités de charbon de bois sont utilisées dans la production de cuivre et de zinc ainsi que de métaux précieux.

Le chauffage du bois dans un milieu dépourvu d'air donne lieu à la production de charbon de bois, de goudrons volatils et d'un mélange de gaz. Les quantités relatives de ces trois types de produits dépendent du matériel utilisé et des caractéristiques du bois originel. La teneur en humidité est un paramètre particulièrement important. Le bois sec produit davantage de charbon de bois que le bois humide.

Dans les applications domestiques ou les barbecues, la teneur en goudron résiduel (ou volatil) est importante. Plus la teneur en carbone fixé est élevée, moins il y aura de goudron et de fumée pendant la combustion. En métallurgie, la teneur en cendres et la taille et la résistance à l'écrasement du charbon de bois revêtent également de l'importance.

### Production traditionnelle de charbon de bois

Jusqu'au début du XX<sup>e</sup> siècle, la quasi-totalité du charbon de bois était produite par des méthodes traditionnelles. Le bois était déposé dans des fosses creusées dans le sol, allumé et recouvert de terre. La combustion d'une partie du bois produisait suffisamment de chaleur pour carboniser le reste. Dans d'autres cas, des piles de bois étaient recouvertes de terre et de mottes de gazon, et on allumait le feu à travers des événements pratiqués dans la couverture en terre (meules). Ces événements pouvaient être selon les besoins ouverts ou fermés, et de nouveaux événements pouvaient être percés pour contrôler la circulation de l'air. Cette méthode permettait d'exercer davantage de contrôle sur la combustion et la carbonisation que la méthode des fosses. Ces deux techniques subsistent à ce jour dans de nombreux pays en développement, notamment en raison de la faiblesse de leur coût. Cependant, elles donnent souvent de faibles rendements (normalement 1 kg de charbon de bois avec 8 à 12 kg ou plus de bois), leur qualité est inégale (car il est difficile de maintenir une carbonisation uniforme), et elles polluent l'atmosphère par la libération de goudrons et de gaz toxiques.

### Méthodes traditionnelles améliorées

Dans les années 70 et 80, beaucoup d'efforts ont été déployés pour améliorer la carbonisation traditionnelle en équipant les meules de cheminées fabriquées à l'aide de barils de pétrole (four

**Hubert E.** Stassen est consultant auprès de la Stassen Consultants, Enschede (Pays-Bas).



P. GIRARD



M.A. TROSSERO



M.A. TROSSERO

**Production améliorée de charbon de bois grâce à un four en métal, Sénégal**

**La production industrialisée moderne de charbon de bois aux Pays-Bas respecte de strictes normes sur les émissions**

de la Casamance) et en introduisant de petits fours en acier ou en brique. Ces méthodes se fondent toutes sur la combustion partielle du bois qui fournit la chaleur nécessaire à la carbonisation; c'est pourquoi les rendements dépendent dans une large mesure de la teneur en humidité du bois. Avec de bonnes pratiques, on peut obtenir des rendements de 1 kg de charbon avec seuls 4 ou 5 kg de bois sec à l'air. Des rendements de 1 kg avec 6 à 8 kg de bois sont plus communs. L'avantage des processus utilisant une couverture solide (métal, brique ou béton) vient de la fermeture hermétique ainsi obtenue, qui réduit au minimum les effets nocifs d'une mauvaise surveillance et donne des résultats plus réguliers. Les fours en acier ou en brique sont moins exigeants en main-d'œuvre que les meules (améliorées). Toutefois, ils pourraient se révéler moins abordables pour les petits producteurs de charbon de bois traditionnels en raison de leur coût plus élevé. Les méthodes traditionnelles améliorées devraient être encouragées dans la plupart des cas.

#### **Techniques de production industrielles**

La demande industrielle de charbon de bois au XX<sup>e</sup> siècle a exigé la mise au point de nouvelles technologies à grande échelle visant en particulier l'amélioration du rendement et de la qualité. Différents types de fours en brique ou en métal à opération discontinue ou de cornues à opération continue ont été conçus. Ils ont accru considérablement les rendements (normalement 1 kg de charbon de bois avec 5 à 7 kg de bois) et produit du charbon beaucoup plus uniforme avec une teneur plus élevée en carbone fixé. De nombreuses usines de ce type sont encore en opération aujourd'hui en Europe, ainsi qu'en Amérique du Nord et du Sud. Toutefois, le problème de la pollution persiste. Les usines de charbon de bois émettent de grandes quantités de fumée, suie et particules goudronnées et produisent une odeur désagréable; en outre, il est estimé qu'elles sont dangereuses pour la santé.

#### **Nouveaux systèmes à haut rendement et faibles émissions**

Les systèmes actuels de production de charbon de bois visent à améliorer les effets du matériel sur l'environnement tout en maintenant et/ou améliorant le rendement et la qualité du charbon de bois. Des récipients ou cornues en acier sont remplis de bois préséché et déposés dans des fours en céramique revêtus de brique chauffés jusqu'à 900 °C. Les goudrons et les gaz produits à mesure que le bois chauffe sont acheminés vers une chambre de combustion à haute température séparée. Ces gaz de fumée de servent à chauffer le four de carbonisation, et la chaleur résiduelle du four sert au préséchage du bois. La très bonne gestion de la chaleur de ces fours permet de produire 1 kg de charbon de bois avec seuls 3 ou 4 kg de bois. Vu la très haute température de la chambre de combustion, les particules, les goudrons et les gaz sont entièrement brûlés. Aux Pays-Bas, le matériel de ce type a été certifié pour respecter les normes d'émission strictes s'appliquant aux installations de combustion. La production de goudrons, d'oxyde de carbone et d'oxyde d'azote, ainsi que les composantes de l'odeur, est bien en dessous des limites légales. Les nouvelles usines à haut rendement et faibles émissions ont des coûts d'investissement supérieurs à ceux des anciens fours ou cornues en acier ou en brique. Dans de nombreux cas, le rendement accru compense largement le plus haut coût de l'investissement, si bien que l'amélioration des émissions est un avantage gratuit. De ce fait, cette technologie relativement nouvelle s'est répandue dans les deux dernières années, non seulement dans les pays respectueux de l'environnement de l'Union européenne (France, Pays-Bas) mais aussi dans ceux de l'Europe de l'Est (Estonie) et dans les pays en développement (Chine, Ghana, Afrique du Sud). Une usine de carbonisation est en cours de construction à Singapour pour la production de charbon de bois à partir des déchets municipaux de bois.