

BÉATRICE MÉTÉNIER



Pourquoi publier un livre consacré aux recherches sur l'énergie au sein de la région Rhône-Alpes ? Les raisons en sont multiples. L'énergie au sens large est aujourd'hui associée à des enjeux sociétaux fondamentaux et de nature diverse : scientifique, technologique, économique, environnementale, politique, etc. La Région Rhône-Alpes en a fait le constat depuis longtemps et a ainsi décidé de dédier aux recherches sur l'énergie l'une des huit communautés de recherche académique (ARC) qu'elle structure et finance. Les ARC, qui ont pour mission l'animation de la recherche dans ces communautés ainsi que la sélection scientifique d'une centaine d'allocations doctorales chaque année au sein de la région (dont une douzaine concernent l'énergie), valorisent tout aussi bien des travaux de recherche fondamentale à visée exploratoire, ou appliquée avec des objectifs plus orientés vers le développement technologique.

Sans prétendre à l'exhaustivité tant les recherches sur ce sujet sont nombreuses (plusieurs milliers de scientifiques travaillent au sein de la région dans ce domaine), la communauté de chercheurs de l'ARC Énergies a souhaité apporter sa contribution au débat aujourd'hui incontournable sur la transition énergétique à travers cet ouvrage. L'idée est d'aborder, dans un langage qui se veut accessible à tous, les enjeux et contenus des recherches actuelles sur les énergies : pourquoi la transition énergétique est-elle nécessaire ?

Quelles sont les innovations technologiques qui peuvent contribuer à cette transition ? En complément de la technologie, quelle est la place des évolutions comportementales pour une plus grande sobriété énergétique ? Quels sont les verrous à lever pour réaliser la transition énergétique ? Quelles sont les perspectives ouvertes par les recherches en cours ?

Deux aspects importants sous-tendent ce projet : la volonté de pédagogie et l'approche multidisciplinaire. L'ouvrage a ainsi pour vocation d'aider le grand public à comprendre le monde de la recherche, en lui permettant de mieux appréhender les modes de travail ou de réflexion des chercheurs, qui peuvent lui sembler parfois obscurs. Puisse la lecture de cet ouvrage susciter des vocations chez les plus jeunes, mais aussi convaincre encore davantage les acteurs politiques de l'utilité de la recherche. En effet, qu'elle soit académique ou appliquée, la recherche contribue d'une part à l'identification des solutions futures au problème de la transition énergétique, et d'autre part à la structuration d'une communauté scientifique qui participe au rayonnement, à l'attractivité et au dynamisme industriel de la région.

Impliqués au quotidien dans leurs laboratoires, leurs enseignements, leurs échanges avec le monde industriel, des chercheurs d'horizons divers livrent dans ces pages leurs témoignages sur les enjeux de leurs recherches. Qu'elles concernent la maîtrise de l'énergie et des ressources, les énergies renouvelables, les



réseaux énergétiques ou les matériaux, les recherches liées à l'énergie recouvrent de nombreux domaines scientifiques et sont souvent, par essence, pluridisciplinaires. Elles concernent notamment la production, le stockage, la distribution et l'utilisation de l'énergie, mais aussi les aspects socio-économiques et les conséquences environnementales de l'approvisionnement et de la consommation de l'énergie. Ainsi, le champ de ces recherches est vaste, les verrous à lever nombreux, et le rôle des chercheurs essentiel, aussi bien dans l'identification de nouvelles avancées scientifiques que dans l'optimisation de procédés connus dont on cherche à améliorer l'efficacité. Impliqués en tant que citoyens, les acteurs du

monde de la recherche font preuve d'une forte motivation à relever un des grands défis des années à venir : celui de la transition énergétique. Ils se proposent à travers ces pages d'offrir des clés de compréhension permettant d'appréhender leur travail et de partager la connaissance des innovations scientifiques et technologiques qui font ou vont faire évoluer nos modes de production et de consommation d'énergie. Étayé de repères pédagogiques et d'exemples concrets, compréhensibles par tous, sans prérequis de connaissance scientifique, cet ouvrage s'articule ainsi autour des grandes questions sur lesquelles travaillent les chercheurs de l'ARC Énergies, avec l'espoir que sa lecture aidera chacun à se forger sa propre opinion.

Le point de vue du climatologue

Jérôme Chappellaz est directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique (CNRS) et membre du Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement (LGGE) de Grenoble. Il étudie le climat et la composition de l'atmosphère à partir des carottes de glace prélevées en Antarctique et au Groenland. Depuis plusieurs années, il étudie tout particulièrement la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Que nous enseignent les carottes de glace ?

C'est la méthode la plus directe dont on dispose pour obtenir l'information sur la quantité de gaz à effet de serre présente dans l'atmosphère du temps passé. La période la plus ancienne à laquelle nous sommes remontés jusqu'ici est 800 000 ans. Elle recouvre huit cycles glaciaires et interglaciaires, c'est-à-dire huit successions de périodes chaudes et froides. Cela nous a permis notamment de démontrer le lien très fort qui existe entre le climat à l'état naturel et la quantité de gaz carbonique présent dans l'atmosphère : quand il fait chaud, il y en a beaucoup plus que quand il fait froid.

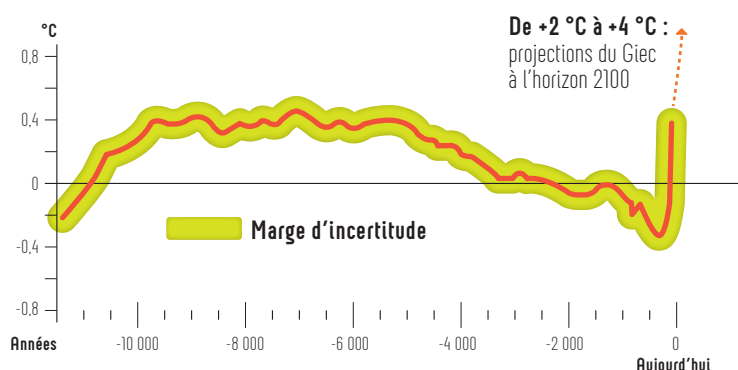
Depuis quand sait-on que les gaz à effet de serre jouent un rôle sur le climat terrestre ?

Grâce aux travaux du scientifique irlandais John Tyndall, on connaît depuis 1861 la propriété qu'ont les gaz à effet de serre d'absorber le rayonnement infrarouge émis par la Terre. C'est en 1896 que Svante Arrhenius a calculé la quantité d'énergie que la Terre conserverait s'il y avait plus ou moins de gaz carbonique dans l'atmosphère. Il s'était trompé dans ses calculs mais, curieusement, son estimation – un réchauffement de 5 °C si on multipliait sa quantité par deux – était proche de la valeur à laquelle on arrive actuellement avec les outils extrêmement sophistiqués dont on dispose ! Le chimiste suédois n'avait cependant pas connaissance de ce qu'on appelle aujourd'hui les phénomènes de rétroaction. Lorsqu'il y a plus de CO₂ dans l'atmosphère, davantage d'énergie est conservée dans le système. Du coup, d'autres phénomènes vont se déclencher. Par exemple : s'il fait plus chaud, il y a moins de neige à la surface de la Terre, donc moins d'énergie réfléchie et davantage d'énergie absorbée, contribuant aussi



Un changement climatique inédit

Au niveau mondial, 2013 a été la quatrième année la plus chaude depuis 1880, date du début des enregistrements annuels. Elle se situe à 0,62 °C au-dessus de la moyenne du ^{xx}e siècle. 2013 est la 37^e année consécutive au-dessus de cette moyenne.



L'écart des températures à la surface de la terre par rapport à la moyenne de la période 1961-1990.

Source : Mieux comprendre le Giec 2013

au réchauffement. C'est justement sur tous ces facteurs induits que se focalise le gros des recherches aujourd'hui.

Quand a-t-on pris réellement conscience de leur impact sur le climat ?

L'audition en juin 1988 de James Hansen, chercheur de la Nasa (National Aeronautics and Space Administration), par le Congrès des États-Unis pour présenter ses prévisions du réchauffement à l'aide d'un modèle climatique a probablement servi de déclencheur. Nos travaux sur les carottes de glace ont également marqué les esprits. Les Nations unies ont mis en place la même année le Groupe d'experts intergouvernemental sur

l'évolution du climat, le Giec, qui a rendu ses premiers travaux en 1990. Il concluait alors que le lien entre le réchauffement moyen du globe et l'augmentation de gaz carbonique dans l'atmosphère était « probable mais pas certain du tout ». Depuis cette date, nous disposons de davantage de suivis des températures, de modèles climatiques de plus en plus performants et d'observations de plus en plus détaillées sur le fonctionnement de la machine climatique. Selon les conclusions remises à l'automne 2013, il existe 95 % de chances que ce lien de cause à effet existe.

L'augmentation de la température peut-elle être liée au cycle du Soleil ?

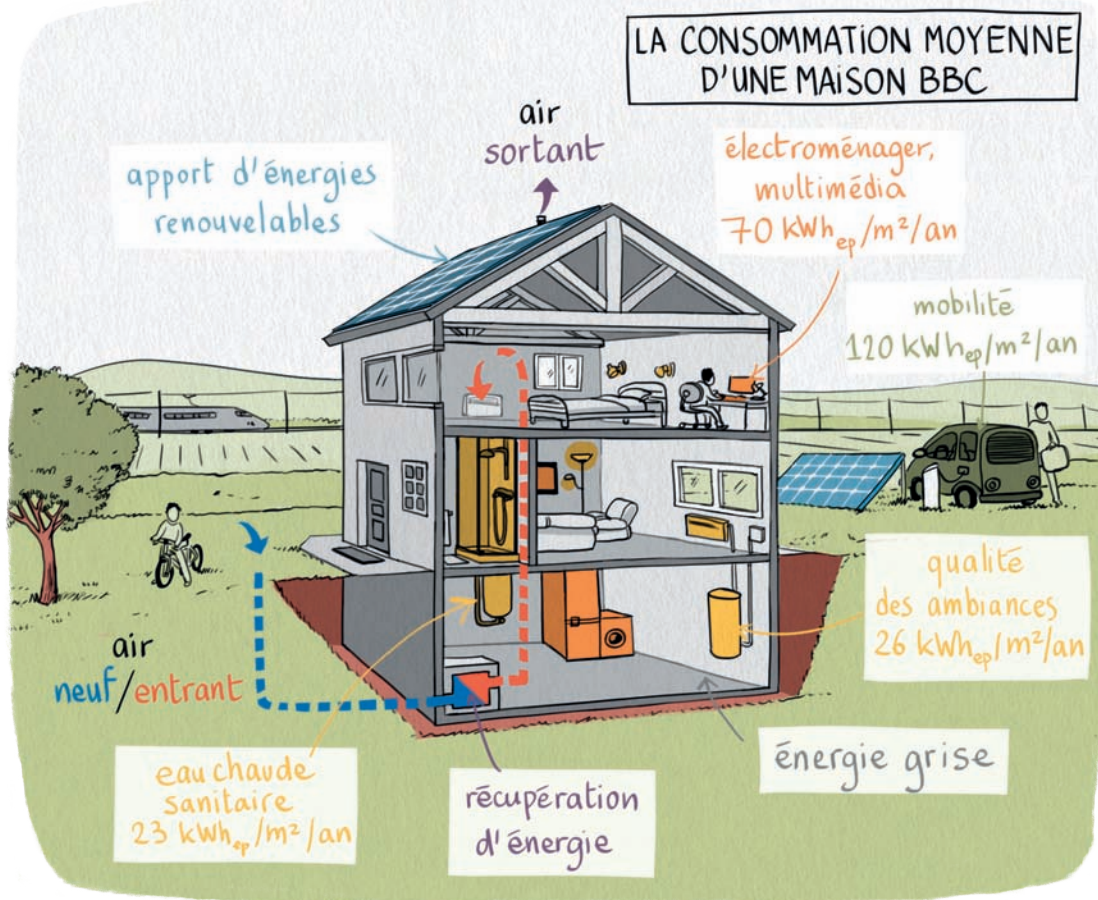
Il y a effectivement eu une période où l'on a observé une certaine corrélation entre l'activité solaire et l'évolution des températures, mais ce n'est clairement plus le cas. Le dernier cycle solaire s'est terminé avec des valeurs d'irradiance aussi faibles qu'au début du dernier siècle, pour autant on est dans la décennie la plus chaude depuis le début des observations météorologiques.

Peut-on pour autant être certain de l'origine anthropique de l'accroissement des émissions de CO₂ ?

Le gaz carbonique est présent sur terre dans trois réservoirs : l'atmosphère, la biosphère continentale (c'est-à-dire l'ensemble de la végétation et des sols) et, le plus important, l'océan. Ce dernier en contient plusieurs dizaines de fois plus que l'atmosphère. L'homme a introduit un

Avec la Réglementation thermique 2012,

la localisation du bâtiment et le mode de vie des occupants deviennent prépondérants. Pour la première fois dans le neuf, les postes de consommation mobilière (électroménager et multimédia) et la mobilité (voiture personnelle) dépassent, en énergie primaire, les cinq postes pris en compte par la Réglementation thermique pour définir la qualité des ambiances (chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, ventilation, éclairage, soit $50 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2/\text{an}$ maximum). ■



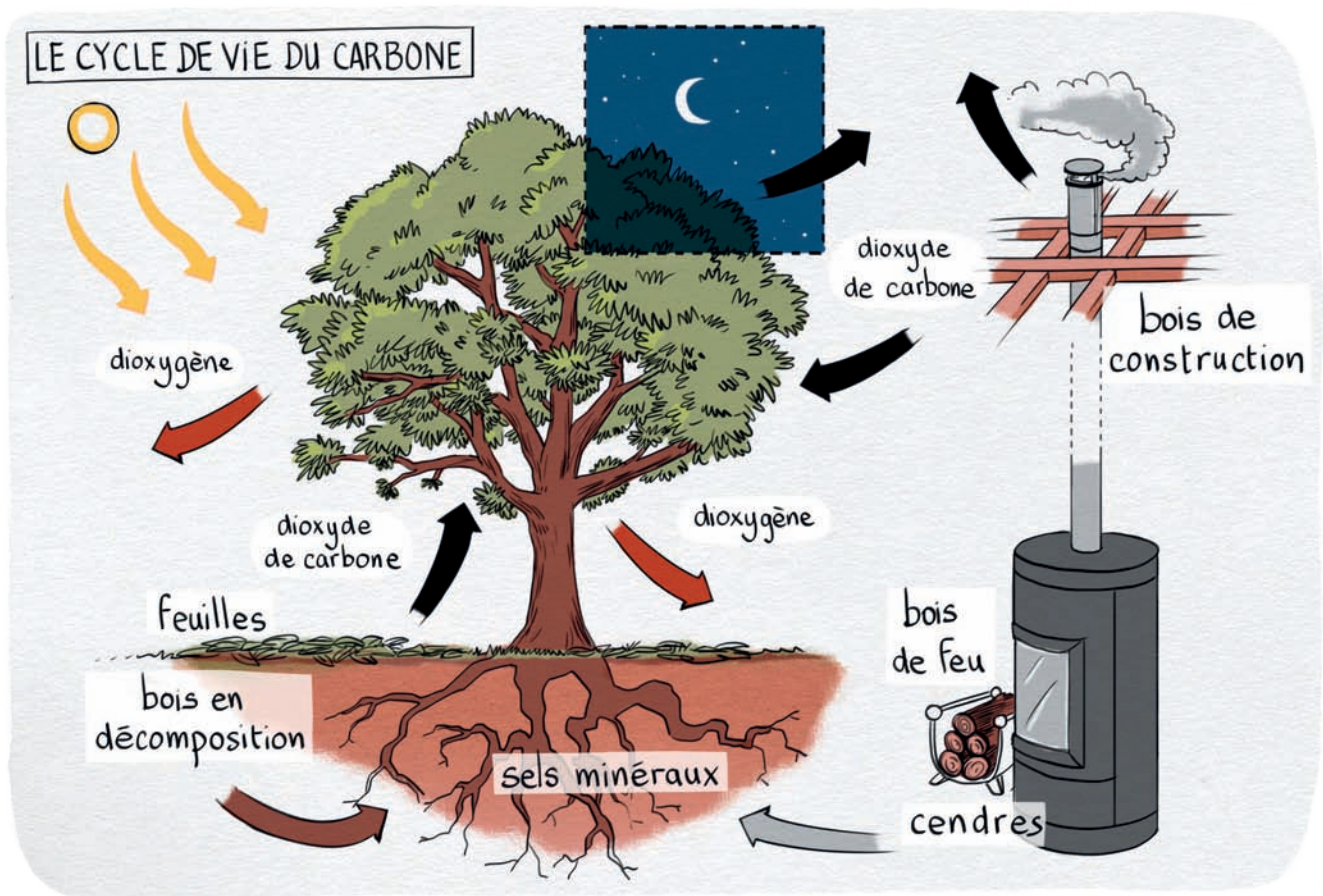
Comment sera selon vous la maison idéale du futur ?

Elle sera différente selon sa situation géographique. Une maison idéale en Bretagne, ce n'est pas la même qu'en Savoie. Elle va dépendre de la bonne exposition, du bon emplacement, d'une isolation et d'un éclairage adaptés. Grâce à une bonne étanchéité, isolation et ventilation, son besoin en chauffage sera limité sur une durée limitée. La maison du futur aura soit des capteurs solaires thermiques qui produiront de l'eau chaude, soit une installation photovoltaïque associée à une pompe à chaleur.

À mon avis, il sera difficile de parvenir à une consommation de 100 % d'énergies renouvelables. Je pense qu'on va aller vers du 80 % solaire et 20 % fossile. Enfin, la maison idéale sera celle où l'on adaptera sa consommation à la production d'énergie. L'objectif est en effet de concevoir des systèmes astucieux pour consommer lorsqu'on a de l'énergie disponible et lorsqu'on en a besoin. C'est le sens des recherches sur la gestion active du bâtiment : des détecteurs de présence, des capteurs d'ensoleillement, des prévisions météorologiques devront gérer les données pour adapter les bâtiments aux modes de vie de leurs occupants.

Page de droite : situé à 3 835 mètres d'altitude sur le chemin du mont Blanc, le refuge du Goûter (architectes : Deca-Laage, Groupe H) utilise de nombreuses technologies énergétiques afin d'assurer sa quasi-autonomie : panneaux solaires, groupe de cogénération, récupération de la chaleur dégagée par les occupants pour chauffer l'eau froide, etc. L'isolation est primordiale dans les conditions climatiques de haute montagne.





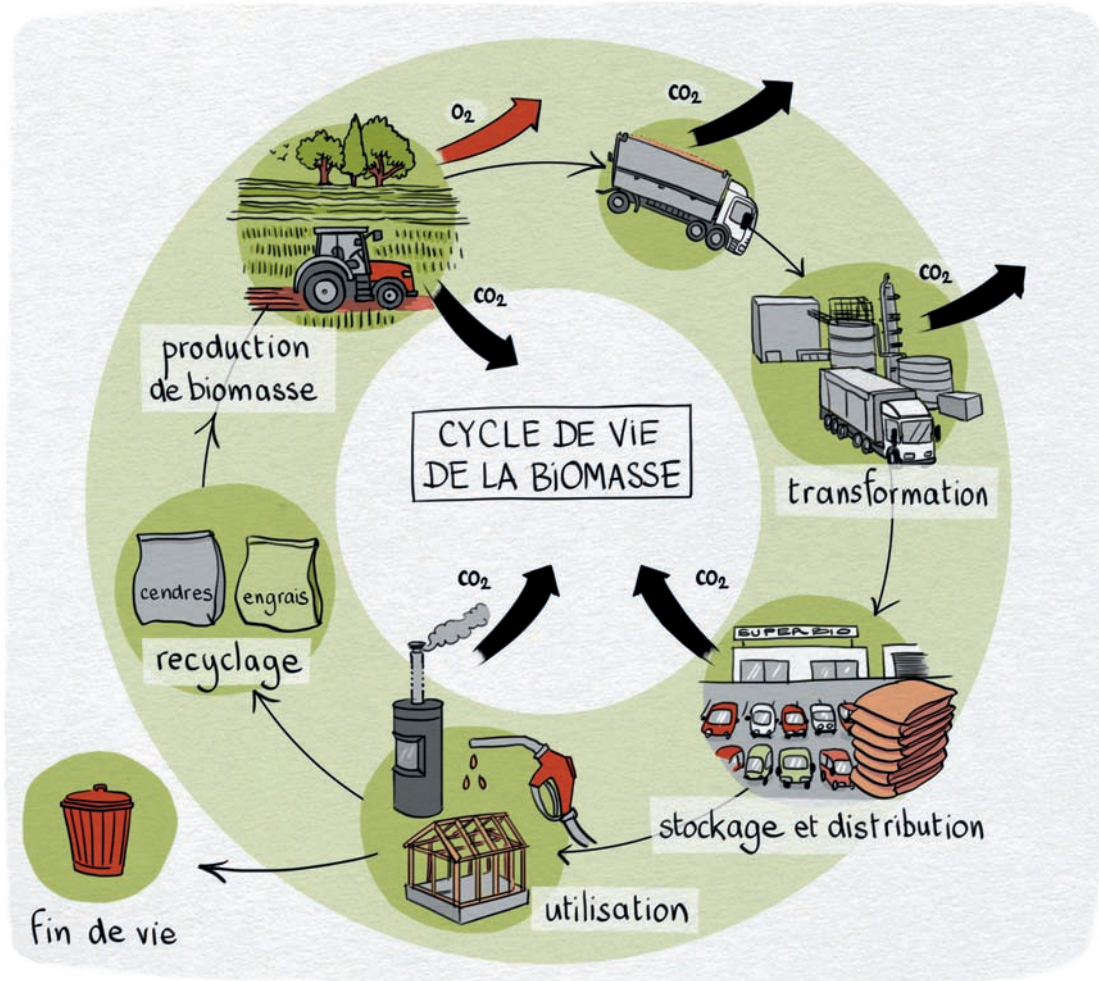
les biomasses exploitées ne le sont pas forcément de manière durable ou renouvelable.

Ce cycle de vie est par conséquent un élément important ?

Il est important de faire ce qu'on appelle des analyses de cycle de vie, car s'il est assez facile de quantifier les émissions de CO_2 , nous manquons de données notamment sur les émissions

gazeuses en champs (méthane, NO_x), sur la partie biologique de la production. Or le méthane, émis par exemple lors de l'épandage de lisier de porc, a un impact climatique bien supérieur : si on émet 1 kg de méthane dans l'atmosphère, c'est l'équivalent de 21 kg de CO_2 ! Parallèlement, il est nécessaire de quantifier la ressource disponible pour l'utilisation de la biomasse pour l'énergie : quelle quantité de résidus végétaux faut-il par exemple laisser sur le champ ou en forêt pour assurer un bon renouvellement de la terre pour son amendement naturel ? Y aurait-il plutôt intérêt à l'amender d'une autre manière ? Les réponses sont différentes en fonction du lieu, de la qualité du sol, de son historique au cours des cinquante dernières années... Il est nécessaire de continuer à rassembler cette connaissance agromatique au niveau régional pour envisager de

“ Le potentiel de biomasse végétale mobilisable en France pour la production de bioénergies est estimé à environ 10 % de la consommation d'énergie primaire de notre pays. ”



La biomasse est une ressource énergétique importante en volume, qui présente l'avantage d'être renouvelable, stockable, et qui pourrait remplacer par exemple les combustibles fossiles. Toutefois, son exploitation soulève des questions économiques (complexité d'exploitation), écologiques (maintien de la biodiversité) et sociétales (concurrence avec d'autres utilisations, conflits d'usage des sols, etc.) qu'il ne faut pas négliger. ■

construire des unités de production d'électricité et de chaleur sans avoir à transporter la biomasse sur de grandes distances. Ce facteur est important dans l'analyse du cycle de vie, car le carbone émis lors de la production de la biomasse est renouvelable, mais pas forcément celui du camion qui transporte cette biomasse !

Ces recherches sont-elles nécessaires pour développer plus massivement la biomasse dans le mix énergétique ?

Beaucoup de travaux sont menés aujourd'hui en France sur ces questions, notamment au sein de l'Institut national de la recherche agro-nomique (Inra) concernant la connaissance des

plantes, et au sein de l'Ifpen sur les procédés. Ces connaissances seront nécessaires pour une exploitation massive de la biomasse et une contribution conséquente au mix énergétique. Le potentiel de biomasse végétale mobilisable en France pour la production de bioénergies est estimé à environ 10 % de la consommation d'énergie primaire de notre pays.

Comment exploite-t-on la biomasse, sous quelles formes ?

La manière la plus simple d'exploiter la biomasse est sa combustion pour générer de la chaleur. L'usage le plus simple du bois, c'est la production de chaleur directement utilisée pour le chauffage ou transformée en électricité dans