



Préserver et accroître l'ensemble des actifs
à la disposition des générations futures.

L'électronucléaire et le développement durable

Un objectif central du développement durable est de préserver ou d'accroître l'ensemble des actifs (naturels, créés par l'homme et humains ou sociaux) à la disposition des générations futures tout en réduisant au minimum la consommation de ressources finies et sans dépasser la capacité de charge des écosystèmes. Le développement de l'électronucléaire élargit la base des ressources naturelles utilisables pour la production d'électricité, accroît le capital humain et le capital créé par l'homme et, réalisé dans des conditions de sûreté, a peu d'incidences sur les écosystèmes.

Aujourd'hui, l'électronucléaire est surtout présent dans les pays industrialisés qui possèdent les ressources technologiques, institutionnelles et financières nécessaires. La grande majorité des pays industrialisés capables et désireux d'utiliser l'électronucléaire sont aussi de gros consommateurs d'énergie. Dans le cas de ces pays, il est particulièrement judicieux de mettre à profit leur technologie de pointe pour utiliser les ressources en uranium à des fins productives et économiser ainsi des ressources finies au profit d'autres pays et des générations à venir. Le fait qu'ils recourent à l'électronucléaire garantit aux générations futures, y compris celles des pays en développement actuels, la possibilité de choisir elles aussi l'option nucléaire.

L'énergie est essentielle aux fins d'un développement durable. Du fait de la croissance continue de la population et de l'économie et des besoins croissants des pays en développement, la demande énergétique ne peut qu'augmenter fortement, même si l'on tient compte des progrès de plus en plus rapides en matière de rendement et d'intensité énergétiques.

La demande d'électricité augmentera encore plus rapidement en raison des tendances à long terme de la consommation finale d'énergie, qui se détourne des combustibles solides et liquides. L'électricité est tout simplement plus propre et d'une utilisation plus souple et plus commode pour les consommateurs. Dans de nombreux secteurs — celui des technologies de l'information par exemple — elle est indispensable.

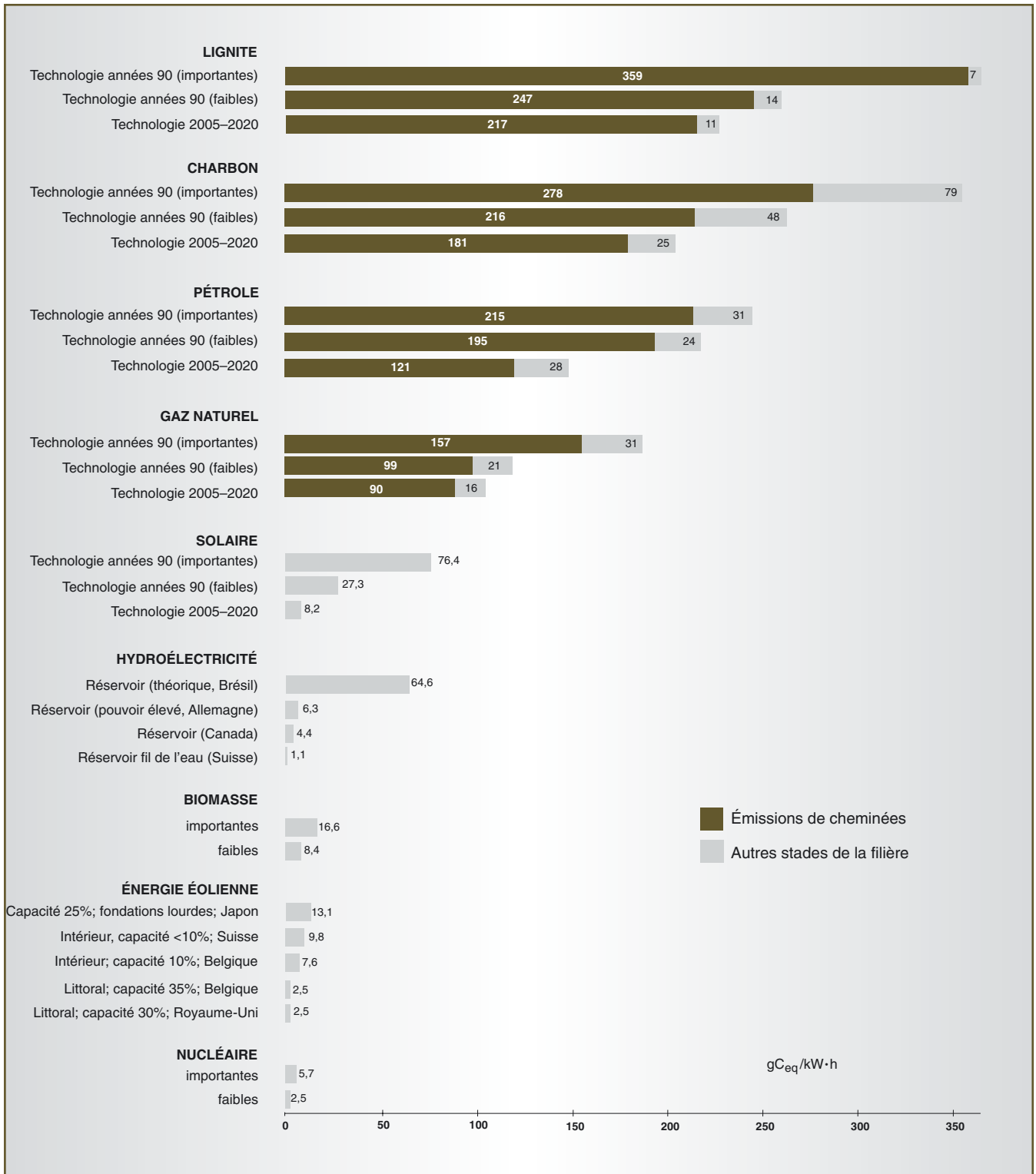
L'électronucléaire représente actuellement 16 % de la production mondiale d'électricité. Il ne produit quasiment pas de dioxyde de soufre, de particules, d'oxydes d'azote, de composés organiques volatils ou de gaz à effet de serre. La filière

complète de production d'électricité nucléaire, de l'extraction des ressources au stockage définitif des déchets, en passant par la construction des réacteurs et des installations, ne rejette que 2 à 6 grammes d'équivalent carbone par kilowattheure (gC_{eq}/kWh). Cette valeur est à peu près similaire à celle des énergies solaire et éolienne, y compris la construction et la fabrication des composants. Pour ces trois sources d'énergie, elle est inférieure de deux ordres de grandeur à celles qui sont enregistrées pour le charbon, le pétrole et le gaz naturel (100–360 gC_{eq}/kWh).

À l'échelle mondiale, l'électronucléaire permet d'éviter des émissions annuelles d'environ 600 millions de tonnes de carbone (MtC), à peu près autant que l'énergie hydroélectrique. Ces 600 MtC représentent 8 % des émissions de gaz à effet de serre actuelles au niveau mondial. Dans les pays de l'OCDE, l'électronucléaire contribue depuis 35 ans à l'essentiel de la réduction de l'intensité de carbone par unité d'énergie fournie.

Les centrales nucléaires actuellement en service, dont les coûts d'investissement initiaux sont en grande partie amortis, représentent souvent le moyen le plus rentable de réduire les émissions de carbone dues à la production d'électricité. En 2000, aux États-Unis, les centrales nucléaires étaient en fait le moyen le plus rentable de produire de l'électricité, indépendamment des émissions de carbone évitées. Dans les autres pays, les avantages des centrales nucléaires existantes sont également de plus en plus reconnus. La prolongation de la durée de fonctionnement des centrales nucléaires suscite un intérêt croissant, et des autorisations de prolongation de la durée de vie allant jusqu'à 60 ans ont déjà été accordées.

Les nouvelles centrales nucléaires sont plus coûteuses à construire que les centrales à combustibles fossiles, en particulier les centrales au gaz. Près de mines de charbon ou lorsque les infrastructures nécessaires à l'exploitation du gaz naturel existent, les centrales nouvelles au charbon ou au gaz ont généralement des coûts de production d'électricité inférieurs à ceux des nouvelles centrales nucléaires. Sur les marchés énergétiques libéralisés, qui mettent l'accent sur la rentabilité à court terme, les dépenses d'investissement élevées des centrales nucléaires et la longueur des périodes d'amortissement constituent un net désavantage par rapport aux centrales



Émissions totales de gaz à effet de serre provenant des chaînes de production d'électricité (Source: Joseph V. Spadaro, Lucille Langlois et Bruce Hamilton, 2000: "Évaluer la différence: émissions de gaz à effet de serre provenant des chaînes de production d'électricité", *Bulletin de l'AIEA*, Vol. 42, n° 2, Vienne, Autriche)

à combustibles fossiles, notamment celles fonctionnant au gaz. Toutefois, les récentes hausses de prix ont réduit l'avantage dont bénéficie le gaz naturel.

Si les prix du gaz continuent à augmenter, l'avantage découlant des coûts faibles et stables des combustibles nucléaires rendra les centrales nucléaires de plus en plus compétitives. De surcroît, indépendamment des perspectives relatives au prix des combustibles fossiles, un certain nombre de pays continuent de

construire ou de prévoir la construction de nouvelles centrales nucléaires. C'est le cas des pays qui ont des ressources en combustibles fossiles limitées (comme le Japon, la République de Corée et plusieurs pays d'Europe orientale), des pays où les combustibles doivent être transportés sur de longues distances (comme l'Inde et la Chine), des pays qui accordent une priorité élevée à la diversité et à la sécurité des approvisionnements énergétiques, au développement des technologies et à la réduction des émissions (comme la Finlande), ou des pays qui

souhaitent exporter notamment du gaz naturel en échange de liquidités (comme la Russie).

À l'avenir, on peut s'attendre que le progrès technologique permette de réduire le coût des centrales nucléaires ainsi que celui des énergies renouvelables et des techniques de pointe appliquées aux combustibles fossiles, chacune de ces sources d'énergie faisant concurrence à l'autre. Le meilleur moyen de garantir une production d'électricité rentable est de poursuivre la libéralisation des marchés de l'électricité et de l'énergie. Une libéralisation des marchés bien conçue favorise les réductions de coûts et permet aux différents marchés de faire appel aux technologies les plus appropriées (davantage d'énergie solaire et d'énergie éolienne dans les régions ensoleillées et ventées, et une plus grande centralisation de la production d'électricité là où les densités énergétiques sont élevées, comme dans les villes et mégapoles).

Des marchés équitables sont aussi le meilleur moyen de garantir des réductions effectives des émissions de gaz à effet de serre. Plus tôt sera créé un marché des réductions de ces émissions qui soit transparent, prévisible et non biaisé (sans aucun préjugé pour ou contre le nucléaire ou toute autre source d'énergie), plus grandes seront les incitations en faveur d'investissements rentables à court terme dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Le développement durable nécessitera un progrès constant de l'internalisation de tous les coûts relatifs à l'environnement et au cycle de vie associés à la production et à la consommation d'énergie. Aujourd'hui, l'électronucléaire internalise déjà les coûts dans une plus large mesure que les autres technologies. Dans la plupart des pays, le coût actuel de l'électricité nucléaire englobe l'ensemble des coûts relatifs à la sûreté tout au long de la chaîne du combustible, les coûts du déclassement final des centrales nucléaires et les coûts de la gestion des déchets, dont celui du stockage définitif des déchets de faible, moyenne ou haute activité.

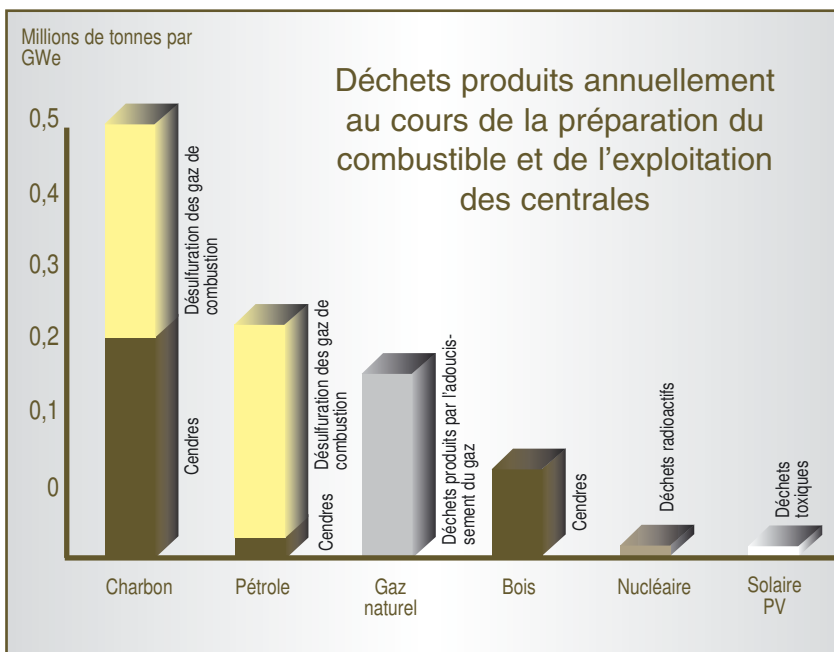
La réduction de la production de déchets au minimum est un principe clé du développement durable. À la différence des déchets solides et toxiques produits par d'autres chaînes du

combustible, les déchets solides produits par les centrales nucléaires sont de faible volume, bien confinés et sous haute surveillance.

Des dépôts définitifs de déchets de faible activité produits par les centrales nucléaires ou résultant des applications en médecine et dans la recherche, par exemple, ont été autorisés et sont déjà exploités dans de nombreux pays. Dans le cas des déchets de haute activité, la question est plus controversée. Les milieux scientifiques et techniques sont certes généralement d'accord sur le fait que les déchets de haute activité peuvent aujourd'hui être stockés en toute sûreté dans des formations géologiques stables, mais on a aussi le temps de rechercher des solutions largement acceptables garantissant une pleine participation du public. Le combustible usé des centrales nucléaires est, depuis des décennies, entreposé de manière sûre sur le site de réacteurs et sur des sites d'entreposage provisoire. Légèrement modifiés, ceux-ci peuvent servir de lieux d'entreposage pendant de nombreuses années si nécessaire, ce qui laisse le temps d'étudier de manière approfondie des solutions à long terme qui puissent être acceptées par le public.

C'est en Finlande, en Suède et aux États-Unis que le processus d'implantation d'une installation de stockage définitif de déchets de haute activité est le plus avancé. En Finlande, le Gouvernement a approuvé, et le Parlement a ratifié, une décision « de principe » concernant un dépôt définitif de combustible nucléaire usé dans une cavité proche des centrales nucléaires d'Olkiluoto. Des autorisations distinctes devront être délivrées par le Gouvernement pour sa construction et son exploitation. Sa construction débuterait en 2011 et son exploitation une dizaine d'années après. En Suède, deux des six communes qui étaient candidates à l'origine ont été retenues, avec leur accord, pour faire l'objet d'études géologiques approfondies. Ces études devraient prendre cinq ou six ans. SKB, la société suédoise de gestion du combustible et des déchets nucléaires, espère présenter une proposition finale concernant le site vers 2007. Aux États-Unis, l'installation pilote d'isolement de déchets a commencé à accueillir des déchets transuraniens d'origine militaire en vue de leur stockage définitif en 1999. Dans le cas des déchets provenant des centrales nucléaires, le Département de l'énergie des États-Unis a déterminé, en mai 2001, que le site de stockage définitif proposé à Yucca Mountain satisfaisait aux nouvelles normes fixées en matière de rayonnements par l'Agence de protection de l'environnement. En février 2002, la Maison-Blanche a approuvé la poursuite du projet de Yucca Mountains. En mai et en juillet, les deux chambres du Congrès ont donné leur approbation.

Tout compte fait, le bilan de sûreté de l'électronucléaire est sans équivalent, et la philosophie actuelle est celle d'une amélioration constante. D'importantes améliorations dans les domaines technique et institutionnel ont été introduites dans l'ensemble du secteur à la suite des deux accidents majeurs qu'a connus l'industrie nucléaire, celui de Three Mile Island en 1979 et celui de Tchernobyl en 1986. Les niveaux de sûreté actuels des réacteurs sont largement acceptables comme en témoigne l'approbation dont ils bénéficient dans la pratique: aux États-Unis, une centaine de centrales nucléaires fournissent depuis les années 80 environ 20 % de



l'électricité; en Europe occidentale, quelque 150 centrales nucléaires en fournissent environ 30 %; en France, 59 centrales nucléaires en fournissent 77 %.

Des garanties efficaces contre la prolifération des armes nucléaires et le terrorisme nucléaire restent indispensables aussi longtemps que les technologies nucléaires produisent, ou peuvent être utilisées pour produire, des matières fissiles de qualité militaire, que ces matières soient utilisées dans des centrales nucléaires, en médecine, dans l'agriculture ou dans d'autres applications pacifiques. Le Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP), prorogé indéfiniment en 1995, est au cœur du régime international de non-prolifération. Les autres éléments en sont la Convention sur la protection physique des matières nucléaires et les zones exemptes d'armes nucléaires créées dans diverses régions du monde. Les adhésions de plus en plus nombreuses aux protocoles additionnels, qui reposent sur le TNP et sur d'autres accords de garanties, viennent renforcer encore ce régime. Ces accords sont essentiels quel que soit l'avenir du nucléaire civil, et les efforts déployés pour les renforcer feront progresser la cause de la non-prolifération bien plus sûrement que des restrictions concernant l'électronucléaire.

Les améliorations apportées en matière de pratiques d'exploitation, d'appui technique, de gestion stratégique, d'approvisionnement en combustible et de stockage définitif du combustible usé — en partie du fait de la libéralisation croissante des marchés de l'électricité — ont réduit les coûts, amélioré la sûreté et entraîné une augmentation continue des facteurs de disponibilité des centrales nucléaires. Leurs effets cumulés ont été considérables — depuis 1990, l'accroissement des facteurs de disponibilité a représenté l'équivalent de 33 GWe de nouvelles capacités installées, ce qui correspond à 33 centrales nouvelles de 1000 MWe chacune.

La performance des centrales nucléaires et des installations du cycle du combustible nucléaire continuera de s'améliorer progressivement, comme dans le cas de toutes les technologies. Toutefois, s'agissant de l'expansion à long terme de la contribution du nucléaire à la satisfaction des besoins énergétiques croissants de la planète, il sera important de concevoir des centrales nucléaires et des cycles du combustible innovants, caractérisés par une économie sensiblement améliorée, une meilleure utilisation des ressources, une réduction de la production de déchets radioactifs au minimum, la promotion des objectifs de non-prolifération (faire en sorte que les matières nucléaires ne puissent pas être facilement détournées à des fins non pacifiques) et l'amélioration de la sûreté grâce à des procédés techniques et à des barrières ouvragées. Pour accélérer l'innovation, l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) a mis sur pied un nouveau projet international sur les réacteurs

nucléaires et les cycles du combustible nucléaire innovants (INPRO). Ce projet complète et prolonge d'autres initiatives nationales et internationales en matière de modèles innovants en vue d'améliorer la compétitivité économique, la sûreté, la gestion des déchets et la résistance à la prolifération.

Aujourd'hui, c'est à la production d'électricité que l'énergie nucléaire, tout comme les énergies hydraulique, éolienne et solaire, se prête le mieux. Toutefois, il est probable que le progrès technologique permettra à terme de produire, à partir de toutes ces sources, des combustibles chimiques, dont l'hydrogène, et ce de manière rentable. Ces sources d'énergie pourraient ainsi contribuer à satisfaire les besoins en énergie utilisée pour les transports, qui sont actuellement couverts en grande partie par le pétrole. Les centrales nucléaires, dont l'avantage comparatif est la production d'électricité en charge de base 24 heures sur 24, conviendraient bien, lorsque les villes dorment, à la production du carburant à l'hydrogène destiné à être utilisé pour les transports le lendemain.

Enfin, l'énergie nucléaire pourrait aussi être largement utilisée à l'avenir pour le dessalement de l'eau de mer, contribuant ainsi à relever un autre défi pressant du développement durable, à savoir l'approvisionnement abondant, sûr et garanti en eau propre d'une population mondiale croissante.

Le choix des technologies susceptibles de favoriser le développement durable d'un pays donné est un choix souverain, et chaque pays devra recourir au panachage de technologies qui réponde à sa situation et à ses besoins. Du fait des avantages de l'électronucléaire en ce qui concerne la réalisation des objectifs de développement durable, il devrait, dans bon nombre de pays, occuper une place importante dans ce panachage. L'essence de la définition du développement durable donnée par le rapport Brundtland est qu'il importe d'accroître les possibilités et de garder ouvertes les options — de ne pas les exclure des choix s'offrant aux générations futures. Conformément au principe du programme Action 21 concernant la différenciation des responsabilités des pays, ceux d'entre eux qui en ont la capacité et la volonté ont un rôle particulièrement important à jouer pour ce qui est de garder ouverte l'option nucléaire, d'élargir la base des ressources, de réduire les émissions nocives, d'accroître l'approvisionnement en électricité et d'enrichir le capital technique et humain de la planète.

Pour de plus amples renseignements, on pourra consulter sur le site WorldAtom de l'AIEA, à l'adresse:

<http://www.iaea.org/worldatom/Programmes/Energy/pess/pessindex.shtml>

Pour de plus amples informations, contacter:

M. Alan McDonald
Section de la planification et des études économiques
Département de l'énergie nucléaire
Agence internationale de l'énergie atomique
Wagramer Strasse 5, B. P. 100
A-1400 Vienne (Autriche)
Tél.: +43-1-2600-22650
Télécopie: +43-1-2600-29598
Courriel: A.McDonald@iaea.org

Agence internationale de l'énergie atomique
Collection Information
Division de l'information
02-01575 / FS Series 3/01/F/Rev.1