

# Les gaz à effet de serre et le cycle du combustible nucléaire: le point sur les émissions

*Des études montrent que le nucléaire, comparé à d'autres sources d'électricité, rejette peu de dioxyde de carbone ou de méthane dans notre environnement*

par Martin Taylor

**A** la fin des années 80, lorsqu'on a commencé à se préoccuper davantage de l'effet de serre, celui-ci a vite pris une importance croissante dans le débat public sur les mérites relatifs des différentes sources d'électricité. La chose semblait claire pour le nucléaire: contrairement aux combustibles fossiles, il ne dégageait pas de gaz à effet de serre. Evidemment, on savait que l'énergie utilisée dans les installations du cycle du combustible nucléaire provenait en partie de combustibles fossiles, mais apparemment il allait de soi que cela n'engendrait que des quantités insignifiantes de gaz à effet de serre. Cependant, certains détracteurs de l'industrie nucléaire commencèrent à soutenir l'idée qu'à certains stades du cycle du combustible nucléaire il y avait des émissions importantes de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), lesquelles pouvaient même être comparées par leur ampleur à celles provenant de la combustion de matières fossiles. Bien que cette hypothèse parût insoutenable, elle fut adoptée et propagée dans différents pays par d'autres groupes antinucléaires.

Ainsi, bien que la thèse selon laquelle l'énergie nucléaire produit indirectement des quantités significatives de CO<sub>2</sub> semblât manifestement erronée, l'Institut de l'uranium décida d'examiner ces affirmations et de les réfuter plus en détail. Ce qui suit est un résumé des conclusions de nos recherches.

## **Le cycle du combustible nucléaire et le CO<sub>2</sub>**

L'étude la plus souvent citée affirmant que l'énergie nucléaire rejette indirectement (par le biais du cycle du combustible) des quantités significatives de CO<sub>2</sub> fut présentée par les Amis de la Terre lors d'une enquête publique menée au Royaume-Uni sur le projet

M. Taylor travaille à l'Institut de l'uranium, 12<sup>e</sup> étage, Bowater House, 114 Knightsbridge, Londres, SW1X 7LJ. Cet article est basé sur un rapport qui figure dans le document technique de l'AIEA intitulé «Comparison of Energy Sources in Terms of their Full Energy Chain Emission Factors of Greenhouse Gases» (IAEA-TECDOC-892), publié en juillet 1996. On peut s'adresser à l'auteur pour avoir des références.

de construction du réacteur à eau sous pression de Hinkley Point; l'auteur en était Nigel Mortimer. Plusieurs autres sources se sont référées à ce document pour appuyer leur thèse selon laquelle le nucléaire pouvait produire indirectement de grandes quantités de CO<sub>2</sub>. Leur argumentation repose sur l'hypothèse que, si le recours à l'énergie nucléaire devait s'accroître sensiblement, les ressources en uranium connues seraient rapidement épuisées. Il faudrait alors utiliser des minerais d'uranium moins riches, ce qui produirait davantage d'émissions de CO<sub>2</sub>, car l'extraction de l'uranium à partir de tels minerais exigerait davantage d'énergie fossile. Mortimer prétend que, dans quelques décennies, ces émissions de CO<sub>2</sub> pourraient être aussi importantes que celles imputables aux centrales au charbon.

Ce raisonnement comporte un certain nombre d'erreurs et Donaldson et Betteridge de AEA Technology (Autorité de l'énergie atomique du Royaume-Uni) l'ont réfuté point par point. En particulier, Mortimer part du principe que l'on ne découvrira plus de réserves d'uranium bon marché alors qu'en fait la mise en chantier de nouvelles centrales nucléaires et un redressement de la demande d'uranium donneraient une impulsion à la prospection et permettraient de trouver des ressources supplémentaires. En outre, si le nucléaire connaissait une expansion majeure (postulée par Mortimer), cela se traduirait en l'espace de quelques décennies par un recours accru au recyclage du combustible et par la mise en service industrielle de réacteurs à neutrons rapides. Quoi qu'il en soit, même en supposant un accroissement modéré de la production nucléaire après l'an 2000, on peut compter que les ressources relativement bon marché (c'est-à-dire les minerais à teneur raisonnablement forte) qui sont déjà connues aujourd'hui suffiront jusqu'après 2020.

En 1992, la production nucléaire mondiale était d'environ 323 gigawatts électriques (GWe), et il fallait pour cela environ 55 000 tonnes d'uranium (tU). L'Institut de l'uranium prévoit qu'en l'an 2000 elle atteindra 360 GWe et qu'il faudra environ 64 000 tU par an. En supposant par exemple que la capacité nucléaire augmente de 20 GWe par an entre 2001 et 2010, et de 30 GWe par an entre 2011 et 2020, la pro-

duction nucléaire atteindra au total 560 GWe en 2010 et 860 GWe en 2020. S'il faut 160 tU par an pour produire 1 GWe, le montant cumulé de la demande d'uranium sera d'environ 670 000 tU d'ici à 2010 et de presque 2,5 millions de tonnes d'ici à 2020.

A titre de comparaison, l'Institut de l'uranium estime que les ressources mondiales connues d'uranium à bon marché s'élèvent à plus de trois millions de tonnes. Sur ce total, environ deux millions de tonnes se trouvent dans le «monde occidental» et plus de un million de tonnes dans l'ex-Union soviétique, en Europe centrale et orientale, et en Chine.

L'hypothèse selon laquelle le nucléaire pourrait contribuer aux émissions de CO<sub>2</sub> de manière significative peut donc être considérée comme relevant d'un scénario hautement improbable. Il faudrait pour cela un programme massif de mise en chantier de nouvelles centrales nucléaires qui épuiserait rapidement les ressources connues en uranium et qui se poursuivrait même en l'absence de découvertes majeures de nouvelles ressources en uranium exploitables. Cela supposerait aussi que l'on n'ait pas recours au recyclage et que l'on n'utilise pas de réacteurs à neutrons rapides, même après plusieurs décennies.

### Comparaison avec d'autres sources d'énergie

L'Institut de l'uranium s'est ensuite penché sur les quelques études qui ont été faites afin de déterminer l'importance des émissions de CO<sub>2</sub> effectivement imputables au cycle du combustible nucléaire et de les comparer à celles provenant des combustibles fossiles. Deux études, l'une réalisée en Allemagne et l'autre aux Etats-Unis d'Amérique, semblaient donner des indications exactes sur l'ampleur de ces émissions.

Weis, Kienle et Hortmann de l'Union des centrales électriques allemandes (VDEW) ont fait une étude approfondie pour déterminer les émissions de CO<sub>2</sub> dues au cycle du combustible nucléaire dans l'ex-Allemagne de l'Ouest. Ils ont calculé combien d'énergie est utilisée à chacun des stades du cycle du combustible, établi quelles sources d'énergie sont effectivement utilisées (charbon, nucléaire, énergie hydraulique, etc.), puis ils ont calculé les émissions de CO<sub>2</sub> qui en résultent. Ils ont également mis en évidence le fait que la consommation d'énergie dans le cycle du combustible a considérablement chuté au cours des dernières années, à mesure que le rendement s'améliorait. L'étude conclut que l'énergie utilisée pour fabriquer le combustible destiné aux réacteurs allemands représente 0,7 % de l'énergie électrique que ce combustible produit dans le réacteur. De loin, la plus grande partie de l'énergie consommée l'est sous forme d'électricité dans les usines d'enrichissement, alors que seule une faible proportion de la consommation est imputable à l'extraction de l'uranium. Compte tenu des sources utilisées actuellement par les producteurs allemands d'électricité, les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de cette consommation d'éner-

Emissions de dioxyde de carbone imputables aux différents stades du cycle du combustible nucléaire (Programme allemand)				
Processus du cycle du combustible nucléaire	Consommation spécifique d'énergie (kWh/kg d'Unat)	Consommation d'énergie en % de l'électricité produite	Emissions de CO <sub>2</sub> dues spécifiquement à la consommation d'énergie (kg CO <sub>2</sub> /kg d'Unat)	Emissions annuelles de CO <sub>2</sub> liées à l'exploitation d'un REO normal de 1 300 MWe (tonnes)
Extraction et traitement du minerai	59	0,1	47	9 100
Conversion	7	0,01	<7	<1 400
Enrichissement	310	0,6	140	27 200
Fabrication du combustible	7	0,01	3	600
Total	383	0,7	197	38 300

Source: «Kernenergie und CO<sub>2</sub>: Energie-Aufwand und CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Brennstoffgewinnung», *Elektrizitätswirtschaft Jg 89 (1990)*.

gie représentent environ 0,5 % de celles que produirait une centrale au charbon de même capacité (voir tableau).

Cette étude montre également que les émissions de CO<sub>2</sub> dues au nucléaire diminueront à l'avenir (en ce qui concerne l'Allemagne), parce que l'on aura plus recours à l'ultracentrifugation gazeuse qu'à la diffusion gazeuse pour l'enrichissement et que l'on ouvrira des mines d'uranium plus riches (au Canada par exemple). Les auteurs soulignent toutefois que, comme l'extraction et le traitement de l'uranium ne contribuent que pour environ 15 % à la consommation totale d'énergie imputable au cycle du combustible nucléaire, même si d'importants changements se produisent à ce niveau, les effets se feront peu sentir dans l'ensemble.

L'autre étude a été réalisée par Science Concepts pour le United States Council for Energy Awareness (maintenant appelé l'Institut de l'énergie nucléaire). Les émissions de CO<sub>2</sub> imputables aux centrales nucléaires aux Etats-Unis ont été calculées en partant de l'hypothèse que seule l'énergie nécessaire à l'enrichissement y contribuait de manière significative (les autres étapes du cycle du combustible n'ont pas été prises en compte). L'étude part de l'hypothèse que la capacité nucléaire totale des Etats-Unis, qui est d'environ 100 GWe, nécessite à peu près 12 millions d'UTS par an, et que pour chaque UTS on a besoin de 2 500 kWh d'électricité (avec le procédé par diffusion gazeuse). La quantité totale d'électricité requise chaque année pour l'enrichissement est donc d'environ 30 milliards de kWh. Dans la région où l'uranium est enrichi, 65 % de l'électricité est produite à partir du charbon, 6 % à partir du gaz naturel et 29 % par des centrales nucléaires et hydrauliques. Ainsi, l'étude conclut que les émissions engendrées par l'électronucléaire représentent environ 4 % de celles dues à une production équivalente à partir du charbon.

La différence entre les chiffres allemands et américains est due principalement au fait qu'aux Etats-Unis pratiquement tout l'enrichissement se fait par diffusion gazeuse alors qu'en Allemagne seulement 17 % de l'enrichissement est réalisé dans des usines utilisant ce procédé. C'est parce que les centrifugeuses consomment moins d'énergie que les émissions

de CO<sub>2</sub> sont moins importantes. L'introduction des techniques d'enrichissement par laser, actuellement en cours de développement, se traduira par une consommation d'énergie encore plus faible.

### **Les émissions de méthane et l'extraction de l'uranium**

L'Institut de l'uranium a également étudié la possibilité que l'extraction de l'uranium engendre des émissions de méthane. Là encore, il semblait évident que ces émissions étaient insignifiantes comparées à celles des combustibles fossiles, mais on décida d'examiner les indices dont on disposait.

Le méthane provient en général de la décomposition de matières organiques. Lorsque celles-ci sont retenues sous la surface de la Terre, le méthane lui-même se trouve souvent emprisonné dans de petits interstices de la roche. Lorsque des activités extractives sont menées dans de tels endroits, cela permet au méthane de s'échapper et, si celui-ci n'est pas recueilli, il se diffuse dans l'atmosphère. Les gisements de charbon contiennent inévitablement de grandes quantités de méthane. Dans certains cas, on peut le recueillir dans la mine et l'utiliser comme combustible; dans d'autres mines, le système de ventilation le rejette dans l'atmosphère. Le méthane peut aussi être libéré par l'extraction d'autres types de minerais si la roche est associée à des matières organiques. Il est donc possible que du méthane soit libéré lors de l'extraction de l'uranium dans certaines régions. Toutefois, ces émissions sont très rares et cela explique qu'il y ait peu d'études à ce sujet. Le présent rapport s'appuie sur des informations concernant l'Australie, le Canada et les Etats-Unis d'Amérique, qui assurent environ 40 % de la production mondiale d'uranium.

En Australie et au Canada, bien que les mines souterraines fassent l'objet d'une surveillance régulière pour détecter des gaz explosifs (y compris le méthane), il semble que l'on n'en ait pas trouvé dans les mines d'uranium. Dans ces pays, les mines d'uranium se trouvent dans des formations rocheuses très anciennes qui ne contiennent pratiquement pas de matières organiques. Aux Etats-Unis, il existe des données sur une mine d'uranium souterraine dans laquelle on a trouvé du méthane. Fermée en septembre 1988, elle est apparemment le seul exemple récent de mine d'uranium produisant du méthane aux Etats-Unis. Il s'agit de la Lisbon Mine à La Sal, dans l'Utah, qui était exploitée par la Rio Algom Corporation. En 1973, elle a été classée «gazeuse» par l'Administration de la sûreté et de la santé dans les mines du Département du travail (MSHA) après qu'un incendie se fut produit et que du méthane eut ensuite été détecté. D'autres incidents ayant donné lieu à des éruptions de méthane se sont produits en 1979. Après avoir mené une enquête en décembre 1978 sur la situation dans cette mine, la MSHA a indiqué que le volume total de méthane libéré était de 2 600 m<sup>3</sup>/jour. Un document établi par le personnel de la MSHA donne des estimations du taux d'émis-

sion de méthane par tonne de minerai extrait. Ce taux est d'environ 3 m<sup>3</sup>/tonne pour la Lisbon Mine.

L'Institut de l'uranium n'a trouvé aucune autre information concernant d'autres mines d'uranium dans quelque pays que ce soit où le méthane aurait posé des problèmes analogues, pas plus qu'il n'a trouvé de document publié mentionnant des émissions de méthane provenant de l'extraction de l'uranium. Cela n'exclut évidemment pas qu'il ait pu y avoir d'autres cas de production de méthane, mais il est peu probable qu'ils aient été nombreux.

Il convient de souligner à cet égard que l'on dispose de peu d'informations sur les activités d'extraction de l'uranium effectuées dans le passé dans l'ex-Union soviétique et dans quelques autres pays. Il est donc peu probable que l'Institut de l'uranium ait eu connaissance des émissions de méthane dues à l'extraction d'uranium qui auraient pu se produire dans ces pays.

*Les émissions de méthane potentielles.* L'information ci-dessus concerne uniquement les mines d'uranium existantes (fermées et en exploitation), et non les gisements d'uranium qui n'ont pas encore été exploités. On trouve de tels gisements dans toutes sortes de formations géologiques, notamment dans les roches carbonifères, mais leur teneur est souvent trop faible pour qu'ils soient exploitables. Des études ont été réalisées dans le passé sur la rentabilité de l'extraction de l'uranium à partir de charbons maigres. En fait, entre 1963 et 1967, plusieurs petites mines dans la région du bassin de Williston dans le Dakota du Nord, le Dakota du Sud et le Montana, aux Etats-Unis, ont produit de l'uranium à partir d'un minerai associé à du lignite qui contenait peut-être du méthane. Toutefois, ces gisements ne représentent pas une part importante des réserves totales d'uranium et, en tout état de cause, il est peu probable qu'ils soient exploitables dans un avenir proche.

### **En conclusion**

Des études sur les émissions de CO<sub>2</sub> provenant du cycle du combustible nucléaire dans les conditions propres à deux pays différents montrent que ces émissions se situent entre 0,5 et 4 % de celles imputables à une centrale au charbon de capacité équivalente. Les affirmations selon lesquelles l'énergie nucléaire pourrait produire indirectement d'importantes quantités de CO<sub>2</sub> reposent sur un scénario hautement improbable. Pour ce qui est du méthane, les informations disponibles indiquent que, pour l'essentiel, la production d'uranium entraîne des émissions de méthane très faibles, voire nulles. Dans certains cas isolés, l'extraction de l'uranium et les minerais uranifères peuvent être associés à du méthane. Mais, compte tenu du fait que la production mondiale d'uranium nécessite l'extraction de moins de dix millions de tonnes de minerai par an, alors que la production annuelle de charbon s'élève à quelque 4,5 milliards de tonnes, on peut dire que la production de méthane résultant de l'extraction de l'uranium est négligeable.