



Produire une énergie décarbonée : les énergies renouvelables (EnR) et l'énergie nucléaire

Les centrales nucléaires: principe, coût et émissions de CO₂

[Laurent Audouin] Je suis Laurent Audouin, chercheur au laboratoire de physique des 2 Infinies Irène Joliot-Curie et je vais vous parler d'une autre source d'énergie décarbonée qui a ses avantages mais aussi ses limites et à laquelle les médias se font largement écho.

Le terme « énergie nucléaire » est utilisé pour décrire la production d'électricité par le biais de réaction nucléaire dite de « fission ». S'il est en théorie possible d'utiliser d'autres actions nucléaires notamment la fusion, la source d'énergie des étoiles ou encore la radioactivité, il n'existe aucune mise en application industrielle de ces processus pour des raisons de complexité technologique ou de simple faisabilité à grande échelle, seule la fission est exploitée. La fission est une réaction nucléaire dans laquelle un noyau se fragmente en deux autres noyaux.

Ce processus est fortement libérateur de l'énergie, de l'ordre de 200 méga-électrovolts, soit environ un million de fois plus qu'une réaction chimique individuelle. La fission s'accompagne d'une émission de plusieurs neutrons.

Or, quelques noyaux ont une très forte probabilité de fissionner lorsqu'ils interagissent avec un neutron. On les qualifie de « fissiles ». On peut ainsi créer une réaction en chaîne : les fissions libèrent des neutrons qui entraînent d'autres fissions etc. La clé de la conception d'un réacteur nucléaire est de parvenir à provoquer, mais aussi stabiliser cette réaction en chaîne, le nombre de noyaux fissionnants doit être constant dans le temps, c'est l'inverse d'une bombe nucléaire où il s'agit de provoquer le maximum de réactions dans un temps très bref.

L'énergie libérée par les fissions se retrouvent immédiatement sous forme de chaleur, laquelle est extraite du cœur du réacteur via un fluide, de l'eau le plus souvent mais des gaz ou des métaux liquides peuvent être utilisés. Cette chaleur est ensuite convertie en électricité à l'image de ce qui est pratiqué dans une centrale à gaz ou à charbon. Pour des raisons de complexité et de rentabilité, l'utilisation directe de la chaleur du réacteur pour des usages classiques, le chauffage, n'est pas possible directement.

Bien qu'il soit techniquement possible de faire des réacteurs nucléaires de toutes dimensions, en pratique, les réacteurs électrogènes civils sont des dispositifs de grande puissance, 300 et jusqu'à 1650 mégawatts électriques.

Quelques dizaines de réacteurs sont donc suffisants pour produire la quantité d'électricité consommée par un pays de taille moyenne comme la France. Ces réacteurs peuvent seulement être construits à proximité d'un grand fleuve ou de la mer qui vont jouer un rôle de source froide pour le cycle thermodynamique utilisé pour la production d'électricité.

Un réacteur nucléaire est une source dite « pilotable », au même titre que les réacteurs thermiques, il est possible de faire varier la puissance produite en fonction des besoins jusqu'à plus ou moins 5% par minute. Cette caractéristique est intéressante, à la fois pour suivre les variations de consommation au fil du temps, mais aussi pour accompagner l'insertion dans le mix de production de ressources non pilotables, notamment l'éolien ou le solaire.

Lors de son fonctionnement, un réacteur n'émet pas de gaz à effet de serre. En revanche des GES sont émis lors de la construction, notamment du fait des larges quantités de béton et d'acier utilisées. De plus l'extraction et le raffinage du minerai et la fabrication du combustible sont coûteuses énergétiquement.

Les estimations du contenu carbone de l'énergie nucléaire sont très variables en fonction du mode de calcul et du mix énergétique du pays utilisé. Les rapports du GIEC retiennent une valeur moyenne internationale de 12 grammes équivalent CO₂ par kW/h. Le nucléaire se range donc dans la catégorie des énergies très peu émettrices de CO₂.

L'énergie nucléaire est basée sur l'utilisation de minerais présents sur Terre, ce n'est pas une énergie renouvelable. L'uranium est présent en quantité finie avec des stocks exploitables estimés à environ 150 ans, au rythme actuel de consommation. Les réserves sont très inégalement réparties, elles sont principalement en Asie centrale, en Afrique centrale, au Canada ou en Australie, ce qui pourrait en faire un enjeu stratégique.

La structure de coût de l'énergie nucléaire est assez comparable à celle des énergies renouvelables, un très lourd investissement initial qui est modélisé en France à environ 35% du coût de l'électricité et des frais d'investissements

opérationnels conséquents, de l'ordre de 55%. Le combustible nucléaire ne représente qu'environ 9% du coût d'électricité et les 10 derniers pourcents correspondent au provisionnement pour la gestion du combustible usagé et pour le démantèlement des installations à la fin de leur exploitation.

L'équation économique de l'électricité nucléaire évolue rapidement ces dernières années avec des investissements de sûreté qui croissent, des coûts de construction de centrales mal maîtrisés, des incertitudes fortes sur les sommes réelles qui seront nécessaires pour une gestion sûre du combustible usagé sur des très longues périodes, bien supérieures à la vie des réacteurs.

Historiquement le nucléaire était particulièrement compétitif avec des prix estimés à 33 euros par MWh. On se situe aujourd'hui au-delà de 110 euros par MWh pour les réacteurs en construction.