

## Les énergies bas carbone, qu'est-ce-que c'est ?

Dans le vocabulaire de l'énergie, on parle d'énergies « décarbonées » et d'énergies « bas-carbone ». Quelle est la différence ?

Une source d'énergie peut apparaître décarbonée au moment de son exploitation. Une centrale nucléaire, un parc éolien ou une centrale solaire ne consomment a priori pas de combustible fossile. Elles n'émettent donc pas de dioxyde de carbone gazeux (CO<sub>2</sub>), qui est le gaz à effet de serre le plus rejeté dans l'atmosphère par les activités humaines.

En réalité, cette affirmation n'est qu'une approximation. En l'absence de vent et par vent très faible (moins de 10km/h) un parc éolien ne tourne pas. Mais ses auxiliaires doivent continuer à fonctionner et le système consomme de l'énergie. La même remarque s'applique aux centrales nucléaires qui doivent être mises à l'arrêt durant les périodes d'entretien et se trouvent alors consommatrices d'énergie. Or actuellement et dans la plupart des pays, cette électricité consommée a été produite avec une grande part de combustibles fossiles (la France faisant exception, en raison de la part essentielle du nucléaire et de l'hydraulique). Indirectement, les moyens de production dits « décarbonés » sont donc émetteurs de dioxyde de carbone.

De plus, la construction des équipements et des machines des systèmes « décarbonés » a consommé de l'énergie. Celle-ci a pu provenir très majoritairement de combustibles fossiles.

Et surtout, tous les moyens de production sont victimes d'une certaine « intermittence ». Ils ne peuvent pas produire tout le temps et quand ils le peuvent c'est sans toujours être en mesure de fonctionner à 100% de leur capacité. Durant ces périodes, les besoins en énergie ne s'arrêtent pas et le déficit de production des uns doit être compensé par la production des autres. Et selon que ces autres moyens consomment ou non de combustibles fossiles, l'énergie ne sera pas vraiment décarbonée ou le sera presque.

Des 3 phénomènes qui viennent d'être cités: la consommation d'énergie durant les périodes d'arrêt, le contenu carbone des investissements et le besoin d'énergie de substitution liée à l'intermittence de la production, c'est ce dernier qui amène le plus les énergies dites « décarbonées » à rejeter du dioxyde de carbone, pour peu qu'on prenne en compte les rejets « hors murs ». Voilà pourquoi il semble plus juste de parler d'énergies « bas-carbone » que d'énergies « décarbonées ».

Toute la question est d'évaluer le potentiel « bas-carbone » de chaque filière. On vient de voir qu'il est compliqué de le faire sans considérer son intégration l'ensemble des filières qui constituent le parc de production. Et puisque c'est l'intermittence qui joue le plus grand rôle, la question peut s'exprimer ainsi : quelle est son degré d'intermittence et par quelles autres filières assure-t-on la substitution ?

## Les enjeux de l'ÉNERGIE



Une centrale nucléaire doit effectuer des arrêts programmés, notamment pour recharger le combustible et effectuer des tâches de maintenance obligatoires. La durée de ces arrêts s'élève en moyenne à 10 à 11% d'une année. A cela s'ajoute des arrêts non programmés, sur incidents ou avaries. Au total et en moyenne sur l'ensemble du parc, l'indisponibilité annuelle d'une centrale nucléaire est de 20 à 25%, ce qui est synonyme d'un taux de disponibilité de 75 à 80%. Il faut toutefois noter que l'exploitant évite de programmer les opérations de maintenance durant les périodes de pointe (en France, elles sont concentrées sur les périodes creuses d'été). Ainsi, durant la pointe d'hiver, la disponibilité du parc nucléaire dépasse fréquemment 90%.

La disponibilité d'un parc éolien est bien inférieure. Typiquement, une éolienne ne produit rien tant que le vent n'atteint pas la « petite brise » de 3 Beaufort, soit 11 km/h ou 3m/s. Elle fournit sa pleine puissance lorsque le vent est « frais » à 6 Beaufort (40 à 45km/h ou 11 à 12 m/s). Ainsi la disponibilité d'un parc éolien ne se mesure pas toujours en tout ou rien. Elle est nulle lorsque le vent est faible, totale lorsqu'il est fort et partielle lorsqu'il est intermédiaire. C'est pourquoi on caractérise un parc éolien par son « facteur de charge » : c'est la quantité d'énergie annuelle qu'il peut produire divisée par la l'énergie qu'il produirait s'il fonctionnait toute l'année à pleine puissance. Typiquement, ce facteur de charge est de 15 à 25% pour l'éolien terrestre, selon la qualité de vent des sites. Il est de 30 à 40% pour l'éolien en mer (dit « offshore »). Point important à relever, l'indisponibilité de l'éolien peut être prévue, mais ne peut pas être programmée à la demande afin d'être reportée sur une période creuse<sup>1</sup> : la météo prévoit le temps mais ne le fait pas !

Ainsi, l'intermittence de la production éolienne induit des indisponibilités dont le taux peut atteindre 60 à 80%, y compris durant les périodes de forte demande. Certes ce taux peut être réduit si l'on considère le parc éolien d'un pays ou d'une vaste zone, permettant de bénéficier d'un effet de « foisonnement » : à tout moment une région faiblement ventée peut être compensée par une région qui l'est plus. Les expériences espagnole et allemande montrent toutefois que la variabilité du vent peut toucher un pays tout entier : les dépressions ont des dimensions à l'échelle de ces pays, voire plus.

La question de la substitution se pose donc avec une acuité inégalée par rapport aux modes de production classiques. Si le système électrique assure cette substitution par des moyens de production à base de combustible fossile, il serait un peu trompeur de qualifier cet éolien de filière « bas-carbone ». C'est un débat qui agite l'Allemagne en ce moment : le développement de la production éolienne associée à l'arrêt du nucléaire conduit, non à la réduction, mais à

---

<sup>1</sup> Dans le discours médiatique, on image souvent la production d'une installation renouvelable par la consommation d'électricité d'une ville de tant d'habitants. Cette expression est à la fois exacte et inexacte : exacte s'il s'agit de comparer une production globale d'énergie à une consommation globale. Mais inexacte si on considère la production et la consommation réelles, chacune ayant ses propres fluctuations. A certains moments il y aura déficit de production, à d'autres excédent.

## Les enjeux de l'ÉNERGIE



l'accroissement du recours au charbon et au gaz naturel durant les périodes d'indisponibilité<sup>2</sup>. Le système électrique émet donc plus de gaz à effet de serre.

Le développement de l'éolien en France peut être quant à lui plus facilement qualifié de bas-carbone, les moyens de substitution en cas d'indisponibilité étant l'hydro-électricité, très modulable à la demande, et l'électro-nucléaire (légèrement modulable). Cette conclusion vaudra tant que la place éolienne dans le système national de production n'atteindra pas le seuil où la variabilité météorologique de sa production excédera le potentiel de variabilité à la demande de l'hydraulique et du nucléaire réunis. Beaucoup estiment aujourd'hui ce seuil à 20 % de l'énergie électrique produite.

Les remarques portant pour l'énergie éolienne valent encore plus pour le solaire, dont le caractère intermittent est encore plus prononcé. La nuit, par définition, il n'y a pas de soleil. Dans un ciel sans nuage, la production débute vers 8h du matin (heure solaire) culmine à midi et s'arrête vers 18h – c'est variable selon les saisons. Le mauvais temps peut naturellement perturber ce cycle d'ensoleillement.

---

<sup>2</sup> Durant les épisodes fortement ventés se pose symétriquement la question de l'évacuation de l'énergie en surplus : il est arrivé que des déversements non voulus se soient produits vers les pays voisins (République Tchèque, Autriche) qui ont depuis décidé d'installer des dispositifs de protection...