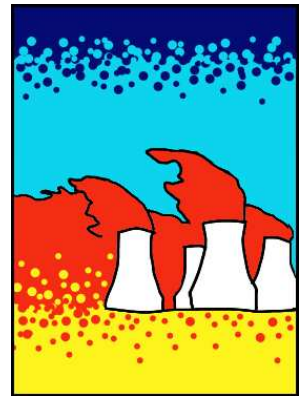


L'énergie durable — Pas que du vent !

*Première partie*

Des chiffres, pas des adjectifs



## 4 Vent

*Le Royaume-Uni possède les plus grandes réserves éoliennes en Europe.*

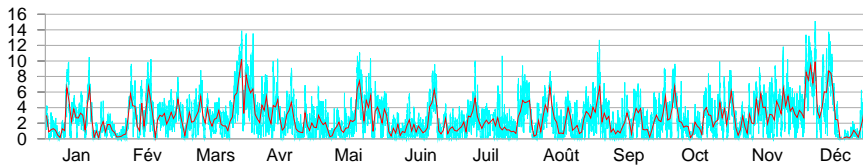
Commission du développement durable

*Les parcs éoliens dévasteront la campagne en vain.*

James Lovelock

En théorie, combien de puissance pourrait-on produire à partir du vent ?

On peut faire une estimation du potentiel éolien *terrestre* du Royaume-Uni en multipliant la puissance moyenne par unité de surface d'un parc éolien par la surface par personne qui vit dans le pays :



puissance par personne =

puissance éolienne par unité de surface  $\times$  surface par personne.

Le chapitre B (page 311) explique comment estimer la puissance par unité de surface d'un parc éolien au Royaume-Uni. Si la vitesse typique du vent est de 6 m/s (22 km/h), la puissance par unité de surface du parc éolien est d'environ  $2 \text{ W/m}^2$ .

Pour de nombreux endroits en Grande-Bretagne, ce chiffre de 6 m/s est probablement surestimé. Par exemple, la figure 4.1 indique la vitesse moyenne quotidienne du vent observée à Cambridge durant l'année 2006. La vitesse moyenne quotidienne n'a atteint 6 m/s qu'une trentaine de jours dans l'année — voir la figure 4.5 pour un histogramme plus détaillé. Mais certains lieux ont effectivement des vitesses de vent supérieures à 6 m/s — par exemple au sommet du Cairngorm en Écosse (figure 4.2).

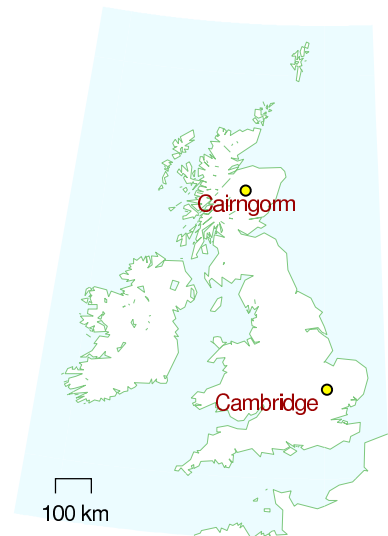
En considérant une densité de la population britannique de 250 personnes par kilomètre carré, soit 4 000 mètres carrés par personne, on constate que l'éolien pourrait générer :

$$2 \text{ W/m}^2 \times 4\,000 \text{ m}^2/\text{personne} = 8\,000 \text{ W par personne,}$$

en supposant qu'un nombre maximum possible d'éoliennes est déployée sur *tout* le territoire, et en supposant que  $2 \text{ W/m}^2$  est une valeur correcte pour la puissance par unité de surface. Si on convertit ce résultat dans notre unité de puissance favorite, cela donne 200 kWh/j par personne.



FIGURE 4.1. Vitesse moyenne du vent à Cambridge en mètres par seconde, par jour (ligne rouge), et par demi-heure (ligne bleue) en 2006. Voir aussi la figure 4.5.



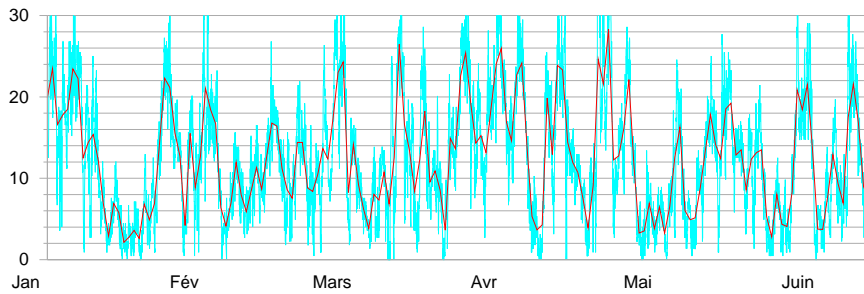


FIGURE 4.2. Vitesse du vent moyenne à Cairngorm en mètres par seconde, durant six mois en 2006.

Soyons réalistes. Quelle fraction du territoire pourrait-on vraiment imaginer couvrir de « moulins à vent » ? 10 %, peut-être ? Si on couvrait les 10 % du territoire les plus venteux de parcs éoliens (produisant  $2 \text{ W/m}^2$ ), on serait capable de fournir  $20 \text{ kWh/j}$  par personne, c'est-à-dire la moitié de la puissance que consomme une voiture moyenne qui fait 50 km par jour en brûlant des combustibles fossiles.

Les ressources éoliennes terrestres de Grande-Bretagne sont peut-être « énormes ». Mais clairement, elles ne sont pas aussi énormes que notre énorme consommation. Nous parlerons de l'éolien en mer un peu plus loin.

Je tiens à préciser à quel point l'hypothèse que je fais ici est optimiste. Comparons cette estimation du potentiel éolien en Grande-Bretagne à la puissance éolienne actuellement installée dans le monde. La quantité d'éoliennes qu'il faudrait construire pour alimenter le Royaume-Uni avec  $20 \text{ kWh/j}$  par personne correspond à 50 fois le parc éolien installé au Danemark ; à 7 fois celui installé en Allemagne, et au double du parc éolien mondial.

Ceci étant dit, ne vous méprenez pas. Est-ce que j'ai dit qu'il faut mettre l'éolien aux oubliettes et ne plus construire du tout d'éolienne ? Absolument pas. J'essaie simplement de souligner une vérité factuelle, à savoir que si on veut que l'éolien fasse véritablement la différence, les parcs éoliens devront couvrir une surface vraiment très grande du territoire.

Cette conclusion — le fait que l'apport maximum de l'éolien terrestre a beau être « énorme », il l'est beaucoup moins que notre consommation — est importante. Comparons notre chiffre-clé, la puissance supposée par unité de surface de parc éolien ( $2 \text{ W/m}^2$ ) à la valeur observée pour un véritable parc éolien au Royaume-Uni.

Le parc éolien de Whitelee, construit près de Glasgow en Écosse, est constitué de 140 turbines d'une capacité totale *en crête* de 322 MW, et couvre une surface de  $55 \text{ km}^2$ . Ce qui fait moins de  $6 \text{ W/m}^2$  *en crête*. La puissance moyenne produite est plus faible que la puissance-crête, parce que les pales des éoliennes ne tournent pas tout le temps à leur régime de pointe. Le ratio puissance moyenne sur puissance-crête est appelé « facteur de charge » ou « facteur de capacité » ; il varie d'un site à l'autre, suivant

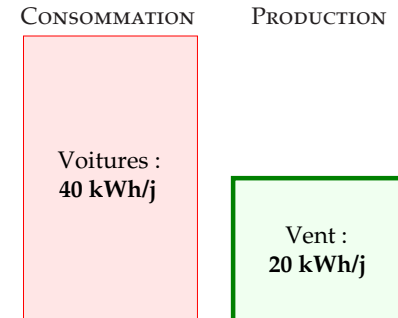


FIGURE 4.3. La conclusion du chapitre 4 : la production maximale théorique des éoliennes terrestres au Royaume-Uni est de  $20 \text{ kWh}$  par jour et par personne.

PUISSANCE PAR UNITÉ DE SURFACE	
Parcs éoliens (vitesse 6 m/s)	$2 \text{ W/m}^2$

TABLEAU 4.4. Rappelons les faits : les parcs éoliens.

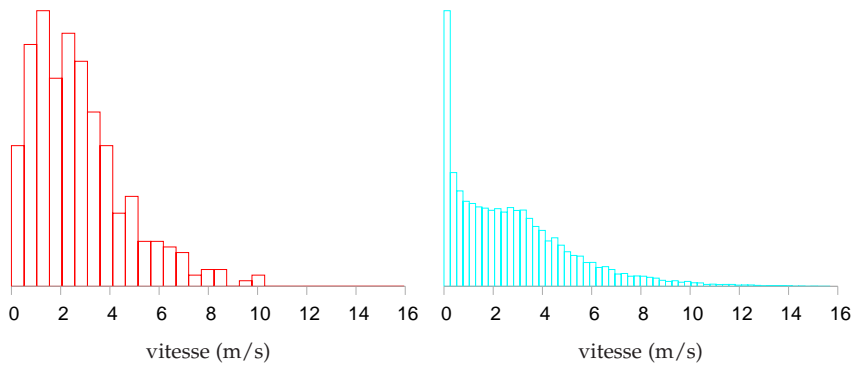


FIGURE 4.5. Histogramme de la vitesse moyenne du vent à Cambridge en mètres par seconde : des moyennes journalières (à gauche), et des moyennes par demi-heure (à droite).

les conditions de vent locales et aussi les choix technologiques faits pour l'éolienne. Pour un bon site disposant de turbines modernes, un facteur de charge typique tourne autour de 30 %. En supposant que le facteur de charge de Whitelee soit de 33 %, alors la puissance moyenne produite par unité de surface couverte est de  $2 \text{ W/m}^2$  — exactement la densité de puissance que nous avons trouvée plus haut.

## Interrogations

*Les pales des éoliennes ne cessent de grandir. Si elles étaient encore plus grandes, est-ce que cela changerait la conclusion de ce chapitre ?*

Le chapitre B en donne une explication. Plus elles sont grandes, plus les éoliennes permettent de réaliser des économies d'échelle sur le plan financier. Mais cela n'augmente pas considérablement la puissance totale produite par unité de surface, parce que plus les éoliennes sont grandes, plus il faut les éloigner les unes des autres. En pratique, avec des éoliennes deux fois plus grandes, un parc fournit en gros 30 % de puissance en plus.

*La puissance du vent change sans arrêt. Cela réduit pas mal son utilité, non ?*

Peut-être. Nous reviendrons sur cette question au chapitre 26, quand nous parlerons de l'intermittence du vent et de diverses solutions pour remédier à ce problème, y compris le stockage d'énergie et la gestion de la demande.

## Notes et bibliographie

Page n°

- 38 *Figure 4.1 et figure 4.5.* Les données de vent de Cambridge sont issues du Groupe Digital Technology, du Computer Laboratory de Cambridge [vxhhj]. La station météo est située sur le toit de l'immeuble Gates, à environ 10 mètres de haut. Normalement, la vitesse du vent à une hauteur de 50 mètres est environ 25 % plus importante. Les données concernant Cairngorm (*figure 4.2*) proviennent du département de physique de l'Université Heriot-Watt [tdvm1].

DENSITÉ DE POPULATION EN GRANDE-BRETAGNE
250 par $\text{km}^2 \leftrightarrow 4\,000 \text{ m}^2$ par personne

TABLEAU 4.6. Rappelons les faits : la densité de population. Voir page 397 pour d'autres densités de population.

- 39 *La quantité d'éoliennes qu'il faudrait construire pour alimenter le Royaume-Uni avec 20 kWh/j par personne correspond à 50 fois le parc éolien installé au Danemark.* En supposant un facteur de charge de 33 %, une puissance moyenne de 20 kWh/j par personne exige une capacité de production installée de 150 GW. Fin 2006, le Danemark possédait une capacité installée de 3,1 GW, l'Allemagne de 20,6 GW, et le monde entier de 74 GW ([wwindea.org](http://wwindea.org)). Soit dit en passant, le facteur de charge du parc éolien danois était de 22 % en 2006, et la puissance moyenne délivrée était de 3 kWh/j par personne.