



## LES EOLIENNES (ER 11)

*Utiliser le vent pour produire de l'électricité et lutter contre l'effet de serre.*

### 1 INTRODUCTION

L'utilisation du vent à des fins énergétiques n'est pas nouvelle. Les voiles ont permis à l'homme de se déplacer et les moulins à vent d'effectuer de nombreux travaux mécaniques. Les éoliennes actuelles sont les héritières directes des anciens moulins à vent. Le principe est identique, mais aujourd'hui, elles sont incomparablement plus performantes et elles sont principalement dédiées à la production d'électricité.

Utiliser le vent pour produire de l'électricité est un moyen pour lutter contre l'effet de serre. En effet, l'électricité produite ainsi est autant d'électricité qui ne doit pas être produite par les centrales électriques thermiques classiques et donc autant de CO<sub>2</sub> évités.

Les parcs éoliens se développent quasi exclusivement dans des environnements dégagés bien ventés comme les hauts plateaux, les sommets, les cotes maritimes et plus récemment en mer. Des systèmes éoliens alternatifs sont aussi étudiés pour permettre leur utilisation en milieu urbain. Plusieurs projets pilotes ont été lancés dans d'autres pays européens, mais la fiabilité sur le long terme de ces technologies n'a pas encore été prouvée.

### 2 LE VENT COMME SOURCE

#### 2.1 UNE REPARTITION INEGALE

Le vent est une énergie d'origine solaire. Le rayonnement du soleil réchauffe inégalement le sol et crée ainsi des zones de température, de densité et de pressions différentes. Les vents sont les déplacements d'air entre ces différentes zones. A certains endroits comme en mer, près des côtes ou encore sur des plateaux bien dégagés, les vents sont forts et constants et conviennent à un projet éolien. La quantité d'électricité produite par une éolienne dépend principalement de la vitesse du vent et de la surface qu'elle exploite.

#### 2.2 LE POTENTIEL EOLIEN D'UN SITE

Pour calculer l'énergie disponible sur un site, la vitesse du vent doit être connue tout au long de l'année. Des mesures in situ permettent de caractériser le potentiel énergétique éolien. La production électrique d'une éolienne peut être estimée par simulation en utilisant les caractéristiques du vent et de l'éolienne.

La « stabilité du vent » joue également un rôle essentiel dans tout projet éolien. Les turbulences sont néfastes pour les pales des éoliennes et elles diminuent la performance de l'éolienne dans la mesure où elles ne sont pas exploitables. C'est une des raisons pour lesquelles l'éolien urbain peine à se développer : le vent dans le centre des villes est très inégal.



## 3 LE FONCTIONNEMENT DE L'ÉOLIEN

### 3.1 LES SYSTEMES EOLIENS

#### Le principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'une éolienne est similaire à celui d'un moulin à vent. Le vent fait tourner les pales reliées à un axe. A l'aide d'un système de démultiplication, il entraîne le rotor d'une génératrice qui produit de l'électricité. Ce rotor est semblable à la dynamo qui, entraînée par la roue d'un vélo, alimente son phare.

#### La hauteur des éoliennes

Divers facteurs expliquent la hauteur des éoliennes :

- La puissance d'une éolienne est proportionnelle à la surface traversée par le vent, c'est-à-dire le disque dont les pales constituent les rayons. Plus les pales sont longues, plus la surface est grande et plus le rotor de l'éolienne est puissant.
- Plus on s'éloigne du sol, plus la vitesse du vent est grande, mais surtout plus le vent est régulier : son écoulement n'est pas perturbé par les obstacles présents au sol. Plus cet écoulement est régulier, meilleur est le rendement d'une éolienne.

Selon la taille et la puissance des éoliennes, on les classe en deux catégories :

- Les éoliennes pour des besoins individuels ou pour des sites isolés. Elles sont généralement de faible puissance.
- Les éoliennes de puissance raccordées au réseau électrique. En Belgique, elles ont des diamètres de plus de 70 mètres.

### 3.2 LES DIFFERENTS TYPES D'ÉOLIENNES

#### Les éoliennes à axe horizontal

Pourvues de deux ou trois pales, les éoliennes à axe horizontal sont les éoliennes les plus utilisées pour la production d'électricité en sites isolés ou pour alimenter le réseau électrique. En forme d'hélice, elle utilise, comme les avions pour voler, la force de portance du vent. La hauteur de la nacelle permet de profiter de vents plus forts et plus constants.

Il existe également des turbines multipales. Celles-ci sont bien adaptées aux vents de faible vitesse (entre 3 et 7 m/s), et servent surtout pour fournir de l'énergie mécanique et alimenter des machines relativement lentes. Aujourd'hui, on les utilise pour le pompage.



Source : [www.urbanwind.org](http://www.urbanwind.org)

#### Les éoliennes à axe vertical

Ce type d'éoliennes ne nécessite pas de dispositif d'orientation et s'adapte à plusieurs types de vents. Deux d'entre elles sont particulièrement remarquables. On les doit aux inventeurs Savonius et Darrieus.

**L'éolienne Savonius** comporte un minimum de deux demi-cylindres dont les axes sont décalés l'un par rapport à l'autre.

- Elle est n'a pas de contrainte sur la direction du vent.
- Elle démarre avec des vitesses de vent de l'ordre de 2 m/s.



Source : [www.urbanwind.org](http://www.urbanwind.org)

**L'éolienne Darrieus** est un rotor dont la forme la plus courante rappelle vaguement un fouet à battre les œufs.



Source : [www.urbanwind.org](http://www.urbanwind.org)

### 3.3 LA QUANTITE D'ELECTRICITE PRODUITE

En Belgique, c'est principalement le relief qui détermine le potentiel éolien d'un site. Les sites qui présentent le meilleur potentiel sont les points élevés et les sites dégagés tels les hauts plateaux : l'horizon est dégagé et donc le vent plus régulier et plus rapide.

Compte tenu de notre climat, la production d'énergie d'une éolienne de puissance est de l'ordre 1.800 à 2.300 heures de fonctionnement par an à sa puissance nominale. En mer, il peut même atteindre 3.300 heures.

#### Exemple :

Une éolienne de 2 MW produit  $2 \text{ MW} \times 2.200 \text{ heures} = 4.400 \text{ MWh}$  électriques par an, ce qui correspond à la consommation électrique de plus de 1.300 ménages (3.500 kWh/ménage).

### 3.4 LE SYSTEME AUTONOME

Les systèmes autonomes sont installés aux endroits bien ventés où le raccordement au réseau électrique est impossible, difficile à réaliser ou trop cher. Ces petites éoliennes sont généralement associées à des groupes électrogènes et/ou des systèmes de stockage.

Le système de stockage le plus utilisé pour l'instant est constitué d'une série de batteries au plomb prévues spécialement pour ce type d'application. Ces batteries ont un rendement de 50% environ, et doivent être remplacées tous les 5 à 10 ans. Elles contiennent des substances dangereuses pour l'utilisateur (acide sulfurique) et pour l'environnement (plomb). Leur fabrication -qui nécessite une forte consommation d'énergie-, leur retraitement et leur élimination entraînent donc des risques environnementaux importants : leur écobilan est plutôt négatif.

Dès lors, elles ne se justifient qu'en site isolé, où le raccordement au réseau entraînerait des frais largement supérieurs à l'installation d'un système autonome. Cependant, de nouveaux types de batterie apparaissent sur le marché. Ils sont plus intéressants mais plus chers : c'est le cas notamment d'un modèle au Lithium, sûr et puissant. Les batteries Ni-Cd (Nickel-Cadmium) ne sont pas conseillées, leur rendement étant nul à faible charge.

Ce type de système est donc déconseillé en Belgique vu la qualité et la densité de notre réseau électrique.

### 3.5 LE SYSTEME RACCORDE AU RESEAU

La meilleure solution chez nous consiste donc à raccorder son installation au réseau électrique. Une installation raccordée au réseau doit répondre à certaines **conditions techniques de compatibilité et de sécurité**.

Afin de garantir l'écoulement de l'électricité produite sur le réseau, le porteur de projet doit conclure quatre conventions différentes :

- un contrat de raccordement ;
- un contrat d'accès ;
- un contrat d'achat ;
- un contrat de fourniture de l'électricité.



#### 4 L'IMPACT DE L'ÉOLIEN

Les éoliennes sont visibles dans le paysage. L'appréciation esthétique de la structure est subjective mais l'impact sonore, l'impact sur les oiseaux et l'impact des ombres portées peuvent être maîtrisés par une implantation bien réfléchiée et de bonnes conditions d'exploitation.

Les progrès techniques ont quasiment supprimé le bruit produit par les éoliennes. A 150 mètres d'un appareil on ne peut déjà plus identifier son bruit par rapport à celui du milieu ambiant. Les oiseaux ne craignent pas les éoliennes. Le risque d'accidents est faible même en période de migration. L'ombre portée d'une éolienne crée, dans certains cas, une gêne causée par l'effet stroboscopique des pales traversant la lumière. Cet inconvénient peut être mesuré et, le cas échéant, l'éolienne est munie d'un système d'arrêt automatique qui se déclenche lorsque les pales sont orientées de manière gênante.

#### 5 LE COUT DE L'ENERGIE EOLIENNE

Le prix des éoliennes varie fortement en fonction de leur puissance nominale ainsi qu'en fonction des facteurs suivants :

- Le type et la taille de la turbine : une turbine avec un rotor de diamètre plus important et mieux adaptée aux zones à vent plus faible est plus chère qu'une éolienne adaptée au vent fort (diamètre de rotor plus faible).
- Le type de fondation.
- Le type et la capacité des batteries ou la longueur du câble à tirer pour se relier au réseau.

Un système de quelques centaines de watts coûte environ 3.000 €

Un système de quelques kW qui permet de produire quelques milliers de kWh par an coûte entre 15.000 € et 130.000 €. Le coût d'installation d'une centrale éolienne de production commerciale est évalué à 1.100 €/kW. Il s'agit d'un investissement qui nécessite une organisation solide et un engagement de longue haleine.

#### 6 EN REGION DE BRUXELLES-CAPITALE

Les éoliennes sont performantes, silencieuses et bien adaptées à la production d'électricité à grande échelle, mais elles ne sont pas adaptées à une utilisation en milieu urbain. Les recherches actuelles visent à développer des systèmes adaptés aux vents turbulents des villes.

Mais aujourd'hui, aucune technique n'a suffisamment fait ses preuves tant au niveau de la stabilité que du rendement pour pouvoir être installée en ville. Il convient donc d'être prudent et de se renseigner avant de se lancer dans l'aventure de l'éolien en Région bruxelloise. Une étude de faisabilité semble en tous les cas nécessaire.

Notez que, de toute façon, l'électricité produite par des parcs éoliens dans d'autres régions et pays peut être consommée en Région bruxelloise. Optez pour des fournitures en électricité verte.

#### 7 CONCLUSIONS

- ☺ Autonomie de la production d'électricité
- ☺ Économies financières et stabilité du prix de l'électricité produite
- ☺ Réduction de la pollution
- ☺ Création d'emplois locaux
- ☺ Mécanisme des certificats verts
  
- ⊗ Investissement de départ élevé
- ⊗ Contraintes de placement des éoliennes qui les rendent difficiles à installer en Région de Bruxelles-Capitale
- ⊗ Nécessitent des vents stables
- ⊗ Impact visuel discutable



## 8 PLUS D'INFOS

**Bruxelles Environnement - IBGE**  
**Service Info Environnement**  
[www.bruxellesenvironnement.be](http://www.bruxellesenvironnement.be)  
Tél. : 02/ 775 75 75

**APERe Asbl**  
**Point information « Energie**  
**Renouvelable »**  
[www.bruxelles-renouvelable.be](http://www.bruxelles-renouvelable.be)  
Tél. : 02/ 218 78 99  
[bruinfo@apere.org](mailto:bruinfo@apere.org)

**L'ABEA – L'agence**  
**bruxelloise de l'énergie**  
[www.curbain.be](http://www.curbain.be)  
Tél. : 02/ 512 86 19

**Service public fédéral des**  
**Finances**  
[www.energie.mineco.fgov.be](http://www.energie.mineco.fgov.be)  
Tél.: 02/ 201.26.64

