



## Les éoliennes

### Les points principaux

- Différents types de technologies existent pour exploiter le vent et produire de l'électricité.
- L'éolien présente des avantages intéressants mais une série d'inconvénients et d'interrogations qui imposent une réflexion, au cas par cas, afin de déterminer la technologie et l'échelle d'intervention les plus opportunes.
- La mutualisation, à l'échelle d'un ou plusieurs îlots (notamment par le biais d'initiatives collectives), est une piste intéressante à investiguer, au cas par cas, en fonction des potentialités de chaque site et de chaque projet.

### Résumé

Cette fiche pratique aborde la question de la production d'électricité grâce aux éoliennes. Les différentes technologies existantes (le parc éolien, les éoliennes de grande taille, les éoliennes individuelles) sont d'abord passées en revue. Les avantages, inconvénients et limites de ce type d'énergie sont présentés. Une méthode de calcul et quelques principes de dimensionnement sont proposés. La fiche se conclut par quelques réflexions plus spécifiques aux questions traitées dans le cadre du projet SOLEN : l'échelle à adopter dans le cadre d'un projet d'éoliennes et l'impact du type de milieu (urbain, périurbain, rural) dans lequel il se développe.



© Photo : stock.xchng - sxc.hu



## Introduction

L'énergie éolienne désigne l'exploitation de l'énergie cinétique du vent. Elle trouve son origine dans l'énergie solaire, responsable des mouvements de l'air à l'échelle planétaire. En effet, le réchauffement inégal de la surface de la Terre par les rayons solaires entraîne des différences de température, de densité et de pression qui engendrent les déplacements de l'air. Ceux-ci sont également influencés par la force de Coriolis résultant de la rotation de la Terre (Ngô, 2004).

L'éolienne, appelée également aérogénérateur, permet la conversion de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, utilisée afin de produire de l'électricité. Il existe plusieurs types d'éoliennes, qui diffèrent selon la puissance produite. La puissance est directement fonction de la hauteur de l'éolienne et de la longueur de ses pales, c'est pourquoi ces différents systèmes correspondent à des tailles différentes.

Les grandes éoliennes de grande puissance, regroupées généralement dans un parc éolien, sont destinées à alimenter les réseaux en électricité. Ces grands projets profitent des sites présentant un potentiel éolien favorable, comme c'est le cas en mer (parc offshore), sur les côtes ou sur des plateaux bien dégagés (parc onshore), où les vents sont forts et constants. Ce type d'éoliennes peut atteindre aujourd'hui, en théorie, des puissances de 10 MW (Lilien, 2009). En pratique, les plus grandes éoliennes atteignent généralement des puissances de 6 à 7 MW, pour un diamètre de pale avoisinant les 150 mètres. Cet ordre de grandeur peut être comparé à la demande en électricité annuelle de la Belgique, qui est de l'ordre de 85 TWh (Lilien, 2009).

En Wallonie, on trouve actuellement des parcs éoliens constitués de 3 à 11 éoliennes pour les plus grands projets, de puissance unitaire comprise entre 0,5 et 2,5 MW et pouvant atteindre plus de 70 mètres de diamètre. Plusieurs projets en cours, au stade de l'étude, comprennent cependant des éoliennes de puissance atteignant 3,5 MW (APERe, 2011a).

Les petites éoliennes couvrent la gamme de puissance inférieure à 100 kW. Selon l'IEC (International Electrotechnical Commission), auteur des normes internationales concernant les aérogénérateurs, la petite éolienne possède une surface de rotor maximale de 200 m<sup>2</sup> (norme IEC 61400). Cela correspond à un diamètre maximal d'environ 16 mètres (APERe, 2011b). Elle convient à la production d'électricité pour un site isolé, pour une ferme, pour une maison, pour un petit ensemble d'habitations ou encore pour de petites ou moyennes entreprises. Selon les besoins en électricité, on peut faire le choix d'installer un micro-éolien (puissance de quelques watts à 1kW), un mini-éolien (1 kW < puissance < 10 kW) ou un midi-éolien (10 kW < puissance < 100 kW) (APERe, 2011b).

En général, on ne parle de grandes éoliennes qu'à partir d'une puissance de 500 kW. Entre 100 kW et 500 kW, on parle de moyennes éoliennes (APERe, 2011b). Le principe de fonctionnement reste cependant identique d'une grande à une petite éolienne, seules quelques différences résident dans les composantes mécaniques du système. Les petites éoliennes (puissance < 100 kW) sont adaptées à la production d'électricité sur site, et non de manière décentralisée dans un parc éolien.





Afin d'avoir une idée de ce que cela représente en terme de production d'électricité, on peut se baser sur le bilan des énergies renouvelables en Wallonie de 2009. En fin d'année, la puissance installée atteignait 319,4 MW pour les grandes éoliennes (puissance supérieure à 100 kW) et 0,3 MW pour les petites éoliennes (puissance inférieure à 100 kW). Ces 31 petites et 158 grandes éoliennes ont permis la production nette de 497,5 GWh, dont 0,17 GWh reviennent aux éoliennes de petites dimensions (ICEDD, 2011). En comptant une consommation par an des ménages en électricité de 3500 kWh/ménage, cela revient à alimenter 142 ménages. En fin de l'année 2011, on comptait 246 grandes éoliennes pour une puissance installée de 541 MWh (SPW-DG04, 2013).

## Technologies

Une succession de trois étapes dans l'aérogénérateur assure la capture de l'énergie du vent et la conversion en électricité. La première étape se situe au niveau des pales qui, sous l'action du vent, tournent et entraînent la rotation du rotor auquel elles sont reliées. Il s'agit de la transformation de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique. Ensuite, un multiplicateur de vitesse, constitué de deux arbres tournants (un à rotation lente et un à rotation rapide) et d'une transmission mécanique (des engrenages), permet d'augmenter la vitesse du rotor (de 12 à 15 tours/minute) jusqu'à une vitesse supérieure (environ 1500 tours/minute) afin que le mouvement puisse être utilisé par le générateur et qu'il fonctionne correctement. L'arbre à rotation rapide entraîne le générateur qui, dernière étape, produit du courant continu s'il s'agit d'une dynamo, ou du courant alternatif dans le cas d'un alternateur. Ces deux dernières étapes sont réalisées dans la nacelle qui abrite l'ensemble de ces composants (EWEA 2013; Filloux, 2010).

L'aérogénérateur est équipé également d'un dispositif de régulation et de contrôle qui régule la vitesse de rotation du rotor dans des limites acceptables, afin d'éviter que les pales ou le générateur ne soient endommagés. Il importe donc que le rotor puisse être freiné par ce dispositif de sécurité, ou par un frein d'urgence lorsque l'éolienne doit s'arrêter rapidement (Les Compagnons d'Eole et al., 2012).

On distingue essentiellement deux types de petites éoliennes, selon l'orientation de l'axe de rotation (Les Compagnons d'Eole et al., 2012) :

- L'éolienne à axe horizontal : il s'agit de l'éolienne que l'on rencontre généralement dans les parcs éoliens, constituée de trois pales tournantes. On trouve également des systèmes constitués d'une multitude de pales, bien adaptés aux vents de faible vitesse, mais très fragiles en cas de fortes intempéries, ou constitués uniquement de deux pales qui nécessitent de tourner plus rapidement pour produire la même énergie. Le nombre de trois pales est un compromis avec l'ensemble des contraintes.
- L'éolienne à axe vertical : Ce type d'éolienne, à l'inverse du précédent, ne capte pas l'énergie cinétique du vent provenant d'une direction préférentielle. Ces éoliennes s'adaptent donc mieux aux milieux urbains dont les obstacles multiples créent des turbulences modifiant la trajectoire du vent et le rendant imprévisible, mais produisent tout de même une énergie moindre. Elles sont facilement intégrées au bâti en venant s'installer en toiture du bâtiment, mais cela est parfois déconseillé, car les plus fortes turbulences se situent à cet endroit, et si le bâtiment n'a pas été conçu pour l'accueillir, il risque de subir de graves détériorations (APERe, 2011b).



Si l'éolienne est raccordée au réseau électrique, le courant produit sera soumis préalablement à un dispositif qui ajuste sa fréquence à celle du réseau - la rotation du rotor étant variable en fonction du vent - puis à un transformateur (Filloux, 2010). Le raccordement au réseau de distribution est permis tant qu'il n'a pas d'effet négatif, comme la saturation de celui-ci. Si l'éolienne n'est pas raccordée au réseau, l'électricité produite peut être consommée instantanément sur place, puis stockée (ou perdue). Le stockage de l'électricité sur un site isolé n'est cependant pas encore chose aisée, et surtout est coûteux. Les batteries au plomb, utilisées le plus souvent, ne possèdent qu'un rendement de 50 % et peuvent contenir des substances dangereuses. De plus, elles ont un impact négatif sur l'environnement par leur processus de fabrication. De nouveaux types de stockage plus performants et plus intéressants voient le jour petit à petit, mais coûtent très cher et sont toujours au stade expérimental. Bien souvent, ce type d'éolienne autonome n'est installé que lorsque le raccordement au réseau électrique est impossible (IBGE, 2009).

## Avantages et inconvénients

Si l'éolien est maintenant une filière mature et fiable qui permet de produire de l'électricité sans émissions directes de CO<sub>2</sub> (il existe toutefois des émissions indirectes à comptabiliser, notamment dans un bilan en cycle de vie) liées à l'usage de combustibles fossiles, les interrogations relatives à cette technologie restent nombreuses. On relèvera notamment :

### La variabilité du vent

Elle a pour conséquence que l'éolienne produit une puissance inférieure à sa puissance nominale, la plupart du temps. C'est là le gros défaut de l'éolienne, car non seulement elle ne fonctionne que rarement à pleine puissance, ce qui demande de la surdimensionner, mais elle ne donne pas l'assurance d'avoir une production stable d'électricité. Afin d'assurer l'efficacité du système, on cherche à exploiter un vent dont la vitesse et la régularité seront maximales. Comme on l'a dit précédemment, la vitesse du vent augmente avec la hauteur, c'est pourquoi on valorise un mât le plus haut possible afin d'éviter l'effet de rugosité du sol. De plus, il faudra tenir compte de tout obstacle (comme la végétation ou les bâtiments) susceptible d'entraîner des turbulences de l'écoulement, de le ralentir, de le rendre irrégulier, imprévisible, et inutilisable par l'éolienne. L'effet peut être très important lorsque l'obstacle est un bâtiment, mais est moindre s'il s'agit d'un arbre puisque celui-ci, plus poreux, permet à une fraction de l'écoulement de le traverser. La zone d'influence atteint le double de la hauteur et plus de 20 fois la longueur de l'obstacle. Les pales de l'éolienne doivent impérativement se situer à une hauteur suffisante pour ne pas être dans la zone de turbulence engendrée par l'obstacle (Architecture et climat, 2013). Il est conseillé que les pales se situent à minimum 6 m au-dessus de tout obstacle dans un rayon de 75 m (Les Compagnons d'Eole et al., 2012). Il ne faut pas non plus négliger l'effet du relief sur la vitesse du vent. Il peut avoir un effet bénéfique, en considérant l'effet d'accélération dû au relief lorsque l'éolienne est placée au sommet d'une colline par exemple. À l'inverse, elle peut subir les effets négatifs du relief lorsque celui-ci présente un obstacle à l'écoulement (Les Compagnons d'Eole et al., 2012). Pour toutes ces raisons, le potentiel éolien peut varier très fortement entre deux implantations distinctes de seulement quelques mètres. Enfin, l'installation d'une éolienne devra tenir compte également de



la direction des vents dominants du site. En Belgique, il s'agit de la direction sud-ouest, mais encore une fois, cette direction est soumise à des variations tout au long de l'année, qui a pour conséquence qu'une éolienne ne peut exploiter le vent le plus fort de manière constante.

## Un potentiel parfois insuffisant

Au-delà des nombreux facteurs qui influencent la variabilité du vent, certaines inquiétudes concernent directement le potentiel éolien de base de nos régions. En Belgique, à l'exception du littoral, la vitesse du vent est inférieure à 5,5 m/s, pendant plus de 60 % de l'année (vitesse à 10 m de hauteur) (Architecture et climat, 2013). Alors que les petites éoliennes ne commencent à produire de l'électricité qu'à partir de minimum 4 m/s (2,5 m/s pour les plus performantes), et que la vitesse du vent peut être amoindrie par de nombreux facteurs, la rentabilité du système est parfois discutée.

## Les contraintes urbanistiques

L'installation d'une éolienne nécessite un règlement, de façon à être compatible avec toutes les autres affectations de l'espace environnant. Ce règlement est repris dans les contraintes urbanistiques, qui diffèrent si l'on est en présence d'une éolienne de petite puissance (<100 kW), ou une éolienne de grande puissance (> 500 kW) (APERe, 2010). Pour cette dernière catégorie, l'ensemble des obligations à respecter en Wallonie pour leur installation est repris dans le "cadre de référence", récemment mis à jour. Ce cadre reprend par exemple les distances minimales à respecter entre deux parcs éoliens, ou les distances minimales à respecter entre une éolienne et les habitations (trois fois la hauteur des mâts). C'est également lui qui renseigne les zones où l'éolienne est exclue, et les zones pour lesquelles le potentiel venteux est favorable. Ces données sont résumées sous forme cartographique. Cette carte montre que seulement 3,5 % du territoire wallon est considéré comme une zone favorable à l'installation d'une (ou plusieurs) grande(s) éolienne(s) (Henry, 2013).

Ce cadre de référence est par ailleurs trop restrictif pour l'implantation des petites éoliennes, pour lesquelles la législation est parfois lacunaire. En règle générale, une éolienne de puissance inférieure à 100 kW sera toujours soumise à l'obtention d'un permis d'urbanisme, en vertu du Code wallon de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, du patrimoine et de l'énergie (CWATUPE – Art. 84, §1, 1°) (APERe, 2010). De plus, en vertu des activités, actes et travaux admis dans chacune des zones des 23 plans de secteur de la Région wallonne, définis par le CWATUPE (Art. 24 à 41), certaines zones excluent l'installation d'une petite éolienne. Il s'agit des zones forestières, d'espaces verts, naturels, et de parc. En principe, les zones agricoles l'excluent également, mais une dérogation peut être accordée si l'éolienne alimente l'exploitation ou le logement des exploitants dont l'agriculture est la profession (article 35 du CWATUPE (alinéa 2)). D'une manière générale, l'installation est autorisée dans les zones d'activité économique, et peut l'être sous dérogation dans les zones d'habitat et d'habitat à caractère rural lorsqu'il y a compatibilité avec le voisinage (APERe, 2010). L'élaboration du permis d'urbanisme requiert, entre autres, une notice d'évaluation



des incidences sur l'environnement, pour permettre de vérifier la compatibilité de l'installation avec le voisinage, notamment en ce qui concerne le bruit généré par l'aérogénérateur. Les niveaux de bruit maximum à l'émission admis en zones d'habitat et d'habitat à caractère rural sont de 50 dB(A) en journée et de 40 dB(A) la nuit. Cependant, ces niveaux de bruit maximum ne sont, d'un point de vue de la législation, qu'affectés aux éoliennes d'une puissance de 100 à 500 kW. Les plus petites éoliennes sont soumises aujourd'hui à une législation lacunaire en ce qui concerne l'impact sur l'environnement (APERe, 2010).

## Les impacts sur la biodiversité, la santé et le paysage

Au niveau des impacts sur la biodiversité et particulièrement sur les oiseaux, l'influence des grandes éoliennes est connue, mais pas celle des petites éoliennes. Cela peut être maîtrisé par une réflexion pertinente au niveau de l'implantation. Les impacts sur la santé des riverains (notamment en raison des nuisances sonores) ne sont pas encore maîtrisés. Il faut prendre également en considération les ombres portées par l'éolienne sur le bâti environnant. Quant à l'impact visuel, il reste assez subjectif.

## Les coûts

Le coût d'une éolienne dépend du rotor installé, du type de fondation ou encore du choix du raccord au réseau ou non. Malgré les certificats verts accordés par tranche de 1 MWh et les différentes aides financières, l'éolienne reste une installation très coûteuse. Il est difficile d'obtenir un prix précis, mais celui-ci va de l'ordre de 15 000 euros pour les éoliennes domestiques, jusqu'à 130 000 euros pour les plus grandes puissances (IBGE, 2009).

## Principes de dimensionnement – Méthode de calcul

La puissance fournie par l'éolienne est l'énergie cinétique du vent récupérée par seconde au travers de sa surface. La formule ci-dessous permet d'évaluer cette puissance (Lilien, 2009):

$$\text{Puissance} = 0,5 * m_{\text{air}} * V^2 = 0,5 * \rho * S * V^3$$

Dans cette équation, V est la vitesse du vent (m/s) et m<sub>air</sub> représente la masse d'air qui passe au travers des pales de l'éolienne par seconde (kg/s). Cette équation correspond donc à la récupération de l'énergie cinétique du vent de vitesse V (m/s) et de masse volumique ρ (kg/m<sup>3</sup>), passant au travers d'une éolienne de section S (m<sup>2</sup>).

On observe donc que plus le vent est important, plus la puissance du vent disponible sera grande, proportionnellement au cube



de celui-ci. Cependant, comme une vitesse trop importante est dommageable, on considère généralement une plage de vitesse entre 4 m/s, en dessous de laquelle l'éolienne n'est pas capable de produire de l'énergie, et 25 m/s, au-delà de laquelle le rotor doit être freiné (EWEA, 2013). La vitesse du vent augmente avec la hauteur par rapport au sol. Le profil de vitesse en fonction de la hauteur varie selon la nature du sol, c'est-à-dire sa rugosité, ou sa capacité à freiner l'écoulement du fluide. Plus le vent est capturé à une hauteur élevée, plus il possède une vitesse importante, moins influencée par la surface du sol. Pour les petites éoliennes, la hauteur minimale, en dessous de laquelle le rendement est médiocre, est de 10 m (Architecture et climat, 2013). On constate également que la puissance augmente avec la section de l'éolienne, qui dépend directement du rayon des pales qui la constituent. Lorsque celui-ci est doublé, la puissance est quatre fois plus grande.

La puissance du vent telle que calculée ci-dessus doit cependant être minorée par plusieurs facteurs, pour tenir compte des rendements propres aux trois étapes de la conversion de l'énergie cinétique en électricité, énoncées plus haut (Architecture et climat, 2013):

- Le rendement aérodynamique du rotor (conversion de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique)
- Le rendement d'accouplement mécanique de la transmission (transmission de l'énergie mécanique au générateur)
- Le rendement électrique du générateur (conversion de l'énergie mécanique en électricité)

Le rendement aérodynamique sera toujours inférieur à la limitation de Betz. Cette loi, proposée par Betz en 1926, exprime le fait que la capacité de récupération de l'énergie cinétique du vent par l'éolienne est limitée à 16/27 (environ 60%) de la puissance du vent disponible. En ce qui concerne le rendement électromécanique, on considère que les petites éoliennes parviennent à récupérer 50 % de la limite de Betz (pour des vitesses de vent de 10 à 12 m/s) (Les Compagnons d'Eole et al., 2012). L'évaluation de la puissance fournie par l'éolienne devient alors:

$$\text{Puissance} = \eta_{\text{aéro}} * \eta_{\text{trans}} * \eta_{\text{élec}} * 0,5 * \rho * S * v^3$$

Comme il est difficile cependant de connaître de manière précise chaque rendement, c'est en général le rendement global de l'éolienne qui est donné, exprimé comme le rapport entre la puissance électrique produite et la puissance du vent à disposition à un moment précis. Lorsque l'on regarde ce rendement global sur une plus longue période de temps, on parle de rendement global moyen. Il se situe aux environs de 20 % pour les petites éoliennes (35 % pour les grandes) (Architecture et climat, 2013).

L'équation de la puissance ci-dessus permet de connaître la puissance électrique débitée par l'éolienne pour une vitesse du vent donnée, à un instant précis. L'intégration de toutes ces puissances sur l'année, afin de connaître l'énergie annuelle produite par l'éolienne (kWh), possède une grande faiblesse liée à la difficulté de connaître le profil exact des vitesses du vent sur l'année, qui peut varier sur une très courte période de temps et change d'année en année. De ce fait, les mesures seront toujours insuffisantes et incertaines, et le recours à des modèles mathématiques est obligatoire, avec les approximations que cela comporte (Les Compagnons d'Eole et al., 2012).





La performance de l'éolienne sera donnée, par le constructeur, sous forme de sa courbe de puissance électrique en fonction de la vitesse du vent. Bien que celle-ci soit relativement fiable dans le cas des grandes éoliennes, soumises à des normes et essais standardisés, il faut rester très prudent quant aux données relatives aux petites éoliennes dont le marché n'est pas aussi développé. Cette courbe permet, en outre, de prédire la production électrique de l'éolienne sur l'année si on connaît, de manière suffisamment précise, la distribution statistique des vitesses du vent sur cette période de temps. Elle permet, surtout, de mettre en évidence la vitesse minimale et maximale de l'éolienne, ainsi que sa puissance électrique maximale (puissance nominale) pour une certaine vitesse de vent donnée (Les Compagnons d'Eole et al., 2012).

Au vu de la variabilité du vent, on comprend aisément que l'éolienne fonctionnera en deçà de sa puissance nominale pendant une partie de l'année. En Wallonie, on estime que l'énergie électrique produite par une petite éolienne sur une année correspond typiquement à entre 10 et 12% de l'énergie électrique qu'elle aurait pu produire en fonctionnant à puissance nominale toute l'année (Les Compagnons d'Eole et al., 2012). Pour tenir compte de ce point faible, on utilise un équivalent d'heures de fonctionnement à puissance nominale afin de dimensionner correctement l'engin. Par exemple, si le rapport est de 12%, la production de l'éolienne correspond à  $0,12 * 8670 = 1051$  heures de fonctionnement à puissance maximale. Cela représente la productivité de l'éolienne sur toute l'année (= un certain nombre d'heures à puissance nominale). Pour une grande éolienne, on peut compter en Wallonie sur un équivalent de 1800 h à 2200 h de fonctionnement à puissance nominale (3 300 heures à la mer) (IBGE, 2009).

## L'échelle d'intervention : individuelle ou collective ?

L'échelle couramment utilisée pour l'exploitation du potentiel éolien est la celle du parc éolien. Les petites éoliennes, de quelques kW, sont quant à elles plutôt destinées à l'échelle domestique. L'échelle intermédiaire d'un îlot d'habitation est peu exploitée aujourd'hui, mais semble pourtant avoir plusieurs avantages, notamment financiers. En effet, le prix non négligeable fait de l'éolienne une technique plus intéressante avec une mutualisation des besoins au sein d'un groupement d'habitations (on voit d'ailleurs se développer de plus en plus de coopérative citoyenne qui rassemblent plusieurs ménages autour d'un projet commun). Elle permet également un avantage en terme d'occupation du sol, vu les distances minimales à respecter entre l'éolienne et les habitations, autant pour laisser un écoulement du vent libre de tout obstacle que pour assurer un niveau de bruit confortable. Cependant, qui dit mutualisation des besoins, dit forcément augmentation de la puissance nécessaire, et donc de la taille de l'éolienne. Alors qu'une grande éolienne permettrait de subvenir aux besoins de tout un îlot d'habitation, et même plus, elle n'est cependant pas envisageable à cette échelle, d'un point de vue de son intégration. Un rapide calcul montre qu'une éolienne de puissance supérieure à 500 kW aurait une production bien supérieure aux besoins d'un îlot d'une cinquantaine d'habitations. On se situe donc plus du côté des éoliennes de plus faible puissance.

## Le type de quartier : en milieu urbain, périurbain ou rural ?

Avant d'envisager l'implantation d'une éolienne, deux choses primordiales doivent être vérifiées:







- Consulter des cartes du plan de secteur afin de visualiser les zones, en fonction des contraintes et réglementations d'aménagement du territoire
- Evaluer le potentiel éolien du site (vitesse moyenne du vent, les endroits les plus favorables, la topographie, la direction du vent, les obstacles, etc.)

Seules les zones pour lesquelles le potentiel et la réglementation sont à la fois favorables seront susceptibles d'accueillir une éolienne. Vu ce qui a été dit précédemment, on peut faire les conclusions suivantes.

En milieu urbain, les éoliennes à axe horizontal ne peuvent pas être utilisées. Outre la densité qui ne permet pas l'espace suffisant, le vent ne sera jamais assez régulier et les turbulences auront un effet très négatif sur la production. L'alternative que sont les éoliennes à axe vertical permet d'installer une éolienne sur la seule surface libre des parcelles à savoir le toit, bien que cela soit dangereux si le bâtiment n'est pas prévu à la base pour la soutenir (les éoliennes nécessitent une fondation!). Elles n'ont pas encore fait leur preuve en termes de production d'électricité et sont toujours au stade de recherche et de développement. Ce type d'installation est, à ce jour, déconseillé.

En milieux périurbain et rural peu denses, on ne peut pas être aussi catégorique. Les grandes plaines permettent, par exemple, d'avoir accès à un vent fort et constant. Dans le cas de l'îlot périurbain, il se peut que les critères liés à l'implantation de la petite éolienne soient validés, les îlots étant de grandes dimensions, peu denses avec des hauteurs de bâtiment relativement faibles. Au vu de la rugosité qui influence fortement la vitesse du vent, il faudra éviter les terrains avec trop de végétation, ou une densité de bâti trop élevée. Il importe toutefois de réaliser une étude précise, au cas par cas, du gisement éolien afin de prendre une décision.

## Références

- APERe, 2010. Prescriptions urbanistiques pour l'implantation d'une petite éolienne. Portail de l'énergie en Wallonie, Région wallonne : <http://energie-wallonie.be>, consulté en février 2013
- APERe, 2011a. Situation de l'éolien en Région wallonne au 31/12/11. Portail de l'énergie en Wallonie, Région wallonne : <http://energie-wallonie.be>, consulté en février 2013
- APERe, 2011b. Une petite éolienne chez moi ! C'est possible ? Portail de l'énergie en Wallonie, Région wallonne : <http://energie-wallonie.be>, consulté en février 2013
- Architecture et Climat, 2013. Energie +, SPW – DGO4 : <http://energieplus-lesite.be>, consulté en mars 2013.
- EWEA, 2013. The European Wind Energy Association : <http://ewea.org>, consulté en février 2013.
- Filloux A., 2010. Intégrer les énergies renouvelables. CSTB, Nancy, 127p.





- Henry P., 2013. Ministre de l'Environnement, de l'Aménagement du territoire et de la Mobilité : <http://www.henry.wallonie.be/> Eolien, consulté en mai 2013.
- IBGE (Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement), 2009. Infos fiches-énergie. Les éoliennes. Utiliser le vent pour produire de l'électricité et lutter contre l'effet de serre. Bruxelles environnement – IBGE, Bruxelles, 5p.
- ICEDD, 2011. Bilan énergétique de la Wallonie en 2009. Bilan de production et transformation. Service public de Wallonie, Jambes, 132 pages.
- Les Compagnons d'Eole, APERe, Vents d'Houyet, E.R.B.E., 2012. Vade Mecum pour l'implantation des éoliennes de faible puissance en Wallonie. SPW-DGO4, Jambes, 76p.
- Lilien, 2009. Cours d'installations électriques dans les bâtiments. Cours 5 – Micro-cogénération, cellules photovoltaïques et éolien. Université de Liège.
- Ngô C., 2004. L'Énergie. Ressources, technologies et environnement. Dunod, Paris, 148p.
- SPW-DGO4 (Service Public de Wallonie – Direction générale opérationnelle : Aménagement du Territoire, Logement, Patrimoine et Énergie), 2013. Portail de l'énergie en Wallonie, Région wallonne : <http://energie-wallonie.be>, consulté en mars 2013.



## Pour aller plus loin

### Autres fiches

Découvrez nos autres fiches pratiques sur [www.solen-energie.be/](http://www.solen-energie.be/)

### Liens utiles

- Notre site : [www.solen-energie.be](http://www.solen-energie.be)
- Département de l'énergie et du bâtiment durable : [mrw.wallonie.be/dgatp](http://mrw.wallonie.be/dgatp)
- LEMA : [www.lema.ulg.ac.be](http://www.lema.ulg.ac.be)
- Architecture et Climat : [www-climat.arch.ucl.ac.be](http://www-climat.arch.ucl.ac.be)



SOlutions for Low Energy Neighbourhoods



Chercheurs, grand public



Logement, quartier, énergies  
renouvelables



SOLEN.ER04



## Auteurs de la fiche

### LEMA

M Penders, AF Marique et Prof. S Reiter

Chemin des Chevreuils, 1 B52/3

4000 Liège

Afmarique [at] ulg.ac.be

+32 4 366 93 67

