

DES ÉOLIENNES DANS L'URBAIN

CE QU'IL FAUT RETENIR

- ✓ Une filière encore à l'état de recherche-développement.
- ✓ Une application économiquement viable pour les particuliers.
- ✓ Peu de références et de retour d'expériences.
- ✓ Des contraintes techniques et économiques, et des incertitudes réglementaires.

En application de la convention de Rio (1992) et du protocole de Kyoto (1996), la France s'est engagée à favoriser le développement de la production d'électricité d'origine renouvelable. La France s'est ainsi dotée d'un cadre réglementaire et incitatif visant à favoriser le développement de l'éolien de grande puissance qui présente une maturité technique certaine et des prix de production raisonnables. Mais qu'en est-il de l'éolien de petite et moyenne puissance ? En effet, pourquoi ne pas produire au plus près du besoin en évitant les coûts de transports ? L'éolien peut-il s'intégrer en milieu urbain ?

Eolien dans l'urbain : peu de références et de retour d'expérience

L'analyse des installations existantes montre que la présence en milieu urbain d'éoliennes de petite ou de moyenne puissance est extrêmement limitée, que ce soit en Europe ou dans le reste du monde. Cela est particulièrement vrai pour l'usage d'éoliennes sur des toits d'immeubles de grande dimension. Par ailleurs, on dispose de très peu de retour d'expérience (performances techniques et économiques) sur les quelques réalisations identifiées.

En Ile-de-France, on notera l'opération de démonstration de la maison d'accueil de Bobigny (93) réalisée en 2004 dont le



Éoliennes (chacune de 6 kW) de la maison d'accueil de Bobigny (93).

maître d'ouvrage est le Conseil général de Seine-Saint-Denis : trois éoliennes à axe horizontal de 6 kW et de 9 m de hauteur au rotor.

En France, la dernière née des opérations en 2005 est située à Equihen plage (Pas-de-Calais) sur le toit d'un immeuble de logements collectifs (6 kW).

Sollicitée par deux maîtres d'ouvrage franciliens désirant étudier l'implantation d'une éolienne, l'un sur son territoire urbain (commune de Sannois), l'autre sur un bâtiment de logements (Asnières Habitat), l'Arene Ile-de-France a confié au groupement de bureau d'études Énergie du Vent-Abies la

réalisation d'un état des l'art des technologies de l'éolien adaptées à l'urbain ainsi qu'une analyse des modalités techniques, réglementaires, et économiques d'implantation. Ce sont les principaux résultats de cette étude réalisée en 2004 et actualisée en 2006 qui sont présentés dans la présente fiche.



L'éolienne horizontale sur le toit d'un immeuble d'habitation à Equihen-Plage (OPAC du Pas-de-Calais) permet de couvrir les besoins en électricité des parties communes de 40 logements d'une résidence.

Des modalités d'implantation contraignantes

Une analyse systématique met en évidence de nombreuses contraintes pour l'implantation d'éoliennes en milieu urbain.

Des contraintes techniques

- Le gisement éolien en milieu urbain est fortement limité par une "rugosité" aérodynamique importante liée à la présence d'obstacles multiples. Le rendement de toute éolienne qui n'est pas placée à une hauteur importante est donc médiocre.
- Le corollaire est que le seul lieu en milieu urbain où une installation peut bénéficier d'un rendement intéressant est le toit des immeubles de grande taille. Mais ce milieu est très hostile aux



Éolienne à axe vertical.



Les deux rotors longs de 5 m entraînent une génératrice de 6 kW placée au milieu des rotors qui produit 7 à 8 000 kWh/an.

éoliennes : présence de turbulences importantes jusqu'à des hauteurs pouvant atteindre la moitié de la hauteur des bâtiments, flux avec des angles d'incidence forts. Dans ce type de milieu, l'utilisation d'éoliennes à axe horizontal est vivement déconseillée : elles perdent en efficacité sous flux incident et en ambiance turbulente ; et elles sont mécaniquement très sensibles à des ambiances fortement turbulentes. Enfin les éoliennes à axe horizontal de petite ou moyenne puissance tournent à des vitesses très rapides, ce qui engendre un vrai problème de sécurité en cas de rupture de pale.

- les éoliennes à axe vertical sont plus adaptées à une utilisation sur des toits d'immeubles. Leur productible énergétique est moins sensible à l'incidence du flux : des études récentes montrent même que certaines formes d'éoliennes

à axe vertical peuvent tirer profit des survitesses et augmenter leur efficacité dans ce type de milieu. Enfin l'aspect sécurité en cas de rupture de pale est beaucoup moins critique pour ce type d'éoliennes.

- Les éoliennes à axe vertical ont été développées en un nombre d'exemplaires extrêmement restreint, ce qui limite le retour d'expérience sur ce type de matériel et accentue la prise de risque technologique.
- Quel que soit le type d'éolienne utilisé, les niveaux sonores et vibratoires n'ont pas fait l'objet d'études systématiques qui soient publiées. Les éoliennes existantes ne sont donc pas validées pour une utilisation dans un contexte de toit d'immeuble de grande dimension.

Contraintes économiques

- Les éoliennes de petite et moyenne puissance adaptées au milieu urbain présentent des coûts d'investissement ramenés au kW installé entre 2 500 et 11 000 euros/kW. Étant donné un gisement énergétique plutôt faible, le coût de revient du kWh produit est dans le meilleur des cas de 20 centimes d'euro. Ce coût de revient est largement supérieur au meilleur tarif d'achat offert par le gestionnaire du réseau pour des installations d'une puissance inférieure à 36 kVA (10,4 centimes d'euro/kWh HT).
- L'autoconsommation de l'énergie produite n'améliore pas sensiblement le coût de revient du kWh produit.

Des incertitudes réglementaires

- Au-delà de 12 m de hauteur (comptée entre le sol et la partie supérieure de la nacelle), un permis de construire est nécessaire pour implanter une éolienne. L'interprétation restrictive des règles générales d'urbanisme laisse à penser que pour des éoliennes placées sur un bâtiment, la hauteur à prendre en compte inclut la hauteur du bâtiment. Les études nécessaires à la réalisation d'une notice d'impact accompagnant un permis de construire sont coûteuses. Les délais d'instruction et d'obtention d'un permis de construire peuvent être longs. Cette contrainte est donc très désavantageuse pour l'im-



© Arene

L'éolienne du lycée Léonard de Vinci à Calais (62), avec une puissance de 13,2 kW produit 200 000 kWh par an.

plantation d'éoliennes de petite ou moyenne puissance à des hauteurs supérieures à 12 m ou sur des bâtiments de grande taille. Par ailleurs, la loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique du 13 juillet 2005 (dite *loi Pope*) introduit les zones de développement éolien (ZDE). La loi reste floue quant à l'obligation d'EDF de racheter le kWh éolien produit hors des ZDE.

- Dans le cas d'un raccordement au réseau électrique, les procédures administratives de raccordement sont complexes et longues.

- La prochaine adoption de règles de sécurité autour des éoliennes va renforcer les contraintes en milieu urbain présentant par nature une population dense. Si ces règles s'appliquent à la hauteur globale de l'éolienne, sans tenir compte qu'elle puisse être posée sur un toit d'immeuble ou sans distinction entre éoliennes à axe horizontal et éoliennes à axe vertical, l'installation de celles à axe vertical sur des bâtiments de grande taille pourrait devenir impossible.

Des contraintes d'usage

- Par nature le milieu urbain présente une forte densité de population. Les contraintes d'usage de l'espace y sont également denses. Toute implantation d'éolienne devra tenir compte des contraintes et servitudes existantes.



Éolienne dite de Darrieus à axe verticale.



Modélisation des turbulences en toiture d'un bâtiment.

Une filière à l'état de recherche-développement

Malgré un constat globalement négatif, la possibilité de produire de l'électricité à partir du vent en milieu urbain demeure une source de recherche et développement.

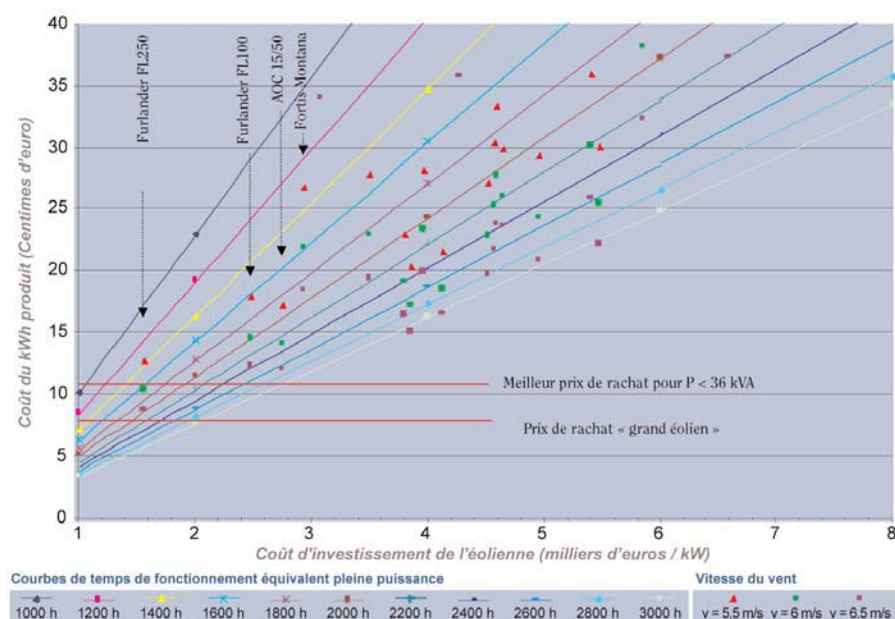
La voie la plus explorée est celle de l'équipement des toits d'immeubles de grande dimension, là où se trouve le gisement. Cette filière ne pourra être viable qu'après développement de produits spécifiques (éoliennes à axe vertical) dans des conditions économiques raisonnables.

Ces produits devront avoir été validés pour un fonctionnement sur le long terme dans des ambiances sévères. Des programmes sont actuellement engagés, notamment aux États-Unis et aux Pays-Bas, pour aboutir à ce résultat à l'échéance de 2006-2007.

Éoliennes pour les particuliers : une application économiquement viable

Enfin, au-delà de l'usage urbain, l'utilisation de petites éoliennes peut-être viable pour des particuliers qui bénéficient d'un site avec un gisement supérieur à 2 200 heures annuelles (avec une vitesse moyenne de vent supérieure à 5,5 m/s) à hauteur de moyeu, grâce au crédit d'impôt que la nouvelle loi sur l'énergie institue pour 2006 : 50 % du coût en matériel de l'installation. Cette viabilité concerne de petites installations (hauteur de moyeu inférieure à 12 m) qui évitent les coûts liés au dépôt d'un permis de construire.

Prix de revient du kWh produit en fonction du coût d'investissement par kW



Le bruit et les éoliennes

Les nombreux efforts des fabricants d'éoliennes, en matière de capitonnage des nacelles, de profilé des extrémités des pâles... au fil des années (les premières ont plus de 20 ans) ont permis d'en réduire sensiblement le bruit. Un parc éolien n'est donc pas un équipement bruyant. Les éoliennes de petite dimension sont cependant réputées moins performantes en la matière.

Une éolienne de 1,3 MW est équivalente à une puissance sonore de 104 dB(A) – cela signifie que les niveaux sonores sont de 104 dB(A) dans la nacelle – mais au pied de l'éolienne, le niveau sonore n'est plus que de 60 dB(A) et il est de 38 dB(A) à 500 mètres.

La sensation auditive à 40 dB(A) est dite "calme" (ambiance sonore d'un bureau dans un secteur calme) et à 70 dB(A) elle est "bruyante mais supportable" (restaurant bruyant) – source : *échelle des bruits de Jean Laroche, Code permanent environnement et nuisances*.

Les éoliennes ne produisent pas de sons particulièrement graves ou aigus. Les infrasons, de fréquence inférieure à 30 Hz, ne sont pas audibles ou perceptibles et sont perçus comme des vibrations. Une éolienne peut produire des infrasons quand les pales passent devant la tour.

Les éléments qui entrent en jeu dans le niveau sonore d'une éolienne perceptible par un riverain sont :

- l'éloignement : l'atténuation est comprise entre 2 et 4 dB(A) par centaine de mètres au-delà de 200 mètres,

- l'émission sonore des éoliennes : elle varie selon les modèles de 95 à 110 dB(A),
- le nombre d'éoliennes et l'éloignement respectif de chaque éolienne ; l'addition de deux bruits de valeur égale entraîne une augmentation de 3 dB car se sont des nombres logarithmiques : $35 \text{ dB(A)} + 35 \text{ dB(A)} = 38 \text{ dB(A)}$,
- le niveau de bruit ambiant sans les éoliennes,
- la position au vent ou sous le vent des éoliennes.

Le vent doit souffler pour que l'éolienne puisse fonctionner, et le bruit qu'il produit (dans les feuillages, avec les obstacles, etc.) masque, pour partie, le bruit de la machine. Le bruit émis par une éolienne varie faiblement en fonction de la vitesse du vent : augmentation de 0,2 à 1 dB(A) par m/s.

La Circulaire du 27 février 1996 prise en application de la loi sur le bruit du 31 décembre 1992 régit les **bruits de voisinage**, qui concernent les éoliennes qui ne sont pas des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

Le bruit des éoliennes chez les riverains ne peut pas dépasser le niveau environnant initial de plus de 5 dB(A) le jour (de 7 à 22 h) et de plus de 3 dB(A) la nuit (de 22 à 7 h). Le dépassement est appelé émergence. Le respect de cette réglementation se traduit généralement par un éloignement des éoliennes de grande puissance d'au moins 500 m des habitations.

CONTACTS

Agence régionale de l'environnement et des nouvelles énergies (ARENE)

94 bis, avenue de Suffren
75015 Paris
Philippe Salvi
p.salvi@areneidf.org
Tél. : 01 53 85 61 75

ADEME

Délégation régionale Ile-de-France

6 / 8, rue Jean Jaurès
92807 Puteaux Cedex
Tél. : 01 49 01 45 47

Conseil régional Ile-de-France

35, boulevard des Invalides
75007 Paris
Paul Cassin
paul.cassin@iledefrance.fr
Tél. : 01 53 85 56 26

Sites Internet

ARENE Ile-de-France

www.arenidf.org

ADEME Ile-de-France

www.ademe.fr/ile-de-france

Conseil régional Ile-de-France

www.iledefrance.fr

L'université de l'éolien

www.gefer.univ-artois.fr

Espace éolien développement

www.espace-eolien.fr
www.h2-developpement.fr

Comité de liaison des énergies renouvelables

www.cler.org

Observ'ER

www.energies-renouvelables.org

POUR EN SAVOIR PLUS

Des ouvrages grand public

- "Une énergie dans l'air du temps, les éoliennes" : un guide didactique et pédagogique, qui répond aux questions courantes et récurrentes, ADEME.
- "50 questions-réponses sur l'éolien", ADEME/Obsev'ER.
- "Les bruits de l'éolien : rumeurs, cancans, mensonges et petites histoires", éditions systèmes solaires, ADEME/Obsev'ER.

- "L'éolien dans l'urbain – état de l'art", 128 pages, ARENE (téléchargeable sur www.arenidf.org).

Des films

- "L'énergie au fil du vent" et "Le vent une énergie dans l'air", ce dernier est une version courte pouvant être projetée au cours de réunions, ADEME.
- "Les énergies renouvelables en Ile-de-France, ça marche", ARENE.

Rédaction :

Énergie du vent-Abies (T. Grignoux, R. Gibert, P. Neau, C. Buthéon) et Philippe Salvi (Arene).

Coordination éditoriale : Muriel Labrousse assistée de Pascale Gorges (Arene).