

Introduction

La Région de Bruxelles-Capitale (RBC) a fait de l'utilisation rationnelle de l'énergie un objectif essentiel dans son accord de gouvernement et a accordé une position centrale à la construction durable. Dans ce cadre se pose la question si l'énergie éolienne pourrait avoir sa place dans la RBC. Pour répondre à cette question, l'IBGE a établi un cahier de charges concernant la réalisation de mesures du vent ainsi que l'exécution d'études de faisabilité d'implantation de petites éoliennes dans la Région. En effet, l'éolien peut en principe aider à fournir de l'électricité propre aux entreprises et aux particuliers bruxellois, mais l'installation des éoliennes en milieu urbain pose des défis spécifiques. Le comportement du vent à Bruxelles est complexe et peu connu. En outre, le marché du petit éolien – qui se prête mieux à une application urbaine – est un marché nouveau, où la fiabilité et la rentabilité des éoliennes sont rarement établies par un organisme indépendant. Ces éléments font que la faisabilité économique et technique de l'énergie éolienne à Bruxelles n'est pas certaine. La présente étude entend examiner d'une façon systématique cette faisabilité pour ainsi répondre à la question si l'installation d'une éolienne de petite taille ou de taille moyenne peut être un investissement rentable pour les entreprises et particuliers en RBC.

L'étude a été réalisée par la Vrije Universiteit Brussel, 3E et l'Université Libre de Bruxelles et a été coordonnée par le professeur Mark Runacres (VUB). Le présent rapport de synthèse décrit la méthodologie et résume les résultats et les conclusions les plus importants.

Dans le cadre du projet, quatre campagnes de mesure ont été réalisées sur le territoire de la Région Bruxelles-Capitale. Pour ces sites, la production annuelle d'électricité a été estimée pour différents types d'éoliennes, avec des puissances nominales variant de 1 à 100 kilowatts. Pour deux de ces sites la faisabilité de l'installation d'une éolienne petite ou moyenne a été étudiée.

Méthodologie

L'étude comprend les volets suivants :

- l'Identification de 10 sites qui se prêtent à l'exécution d'une campagne de mesure
- La réalisation d'une campagne de mesure sur quatre de ces sites
- La sélection des éoliennes adéquates
- La prévision du gisement éolien à long terme pour les quatres

- Deux études de faisabilité, tenant compte de la faisabilité technique et économique, ainsi que des aspects de sécurité, nuisance sonore, ombre portée, trafic aérien et les conséquences prévues pour la biodiversité.

Pour chacun des ces volets nous donnons ci-dessous un bref aperçu de la méthodologie utilisée.

Identification des sites pour la campagne de mesure

Cette identification a été faite à partir d'une liste de cent sites possibles, liste établie par le donneur d'ordre. Les critères qui ont été utilisés pour la sélection sont : la situation topographique, l'emplacement du site (le but étant d'obtenir une idée du potentiel éolien sur l'ensemble du territoire), la hauteur du bâtiment sur lequel les instruments de mesure seraient installés et l'accès pratique du site. Pour garantir la diversité des sites de mesures, la sélection comprend un site où les mesures se feraient à la hauteur typique d'une petite éolienne installée à même le sol, un site qui pourrait se prêter à l'installation d'une éolienne de taille moyenne et deux sites de mesure sur les toits de deux bâtiments de hauteurs différentes situées dans différentes parties de la RBC. L'accès au site et la faisabilité pratique de l'installation d'un mât de mesure étaient des facteurs déterminants dans la sélection des sites.

Mesure du vent

Les mesures du vent ont été exécutées conformément aux normes IEC 61400. La vitesse ainsi que la direction du vent sont mesurées avec une fréquence de 1 Hz, respectivement avec un anémomètre et une girouette. Toutes les dix minutes, la vitesse moyenne du vent et l'écart type sont enregistrés ainsi que la direction du vent. La densité de l'air est déterminée à base de la pression atmosphérique et la température de l'air. Les données ont été transférées chaque semaine avec un module GPRS.

Sélection des éoliennes

À partir d'une base de données établie par le coordinateur du projet, 17 éoliennes avec des courbes de puissance certifiées ont été comparées à base de leur prix d'achat et leur production annuelle estimée. Pour ce faire, leur production annuelle a été estimée pour 33 sites en Belgique. Les 17 éoliennes ont été classées selon leur production annuelle estimée sur les 33 sites. Finalement, trois éoliennes ont été retenues, avec les caractéristiques suivantes :

- une éolienne à axe verticale avec une puissance nominale d'un 1 kW
- une éolienne à axe horizontale qui donne le prix de l'électricité le plus bas (avec une puissance nominale de 7.5 kW)
- une éolienne qui donne un bon prix de l'électricité, mais qui est de taille réduite permettant l'installation sur toit (avec une puissance nominale de 3.5 kW)

À la demande de 3E et avec l'accord du donneur d'ordre, deux éoliennes supplémentaires ont été incluses dans la sélection. Il s'agit de deux éoliennes avec une puissance nominale de 100 kW, venant de l'entreprise Xant, dans laquelle 3E est un des partenaires.

Prédictions des conditions de vent à long terme

La méthode MCP (*measure-correlate-predict*) a été utilisée pour transformer les vitesses mesurées en un gisement éolien à long terme. Pour cela, 4 séries de données MERRA ont été utilisées (Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications) pour des sites proches des sites de mesure. Pour un site, la corrélation ne permettait pas d'appliquer la régression MCP standard et la méthode wind index MCP (Thøgersen et al., 2007) a été utilisée.

Étude de faisabilité

La faisabilité économique des 5 éoliennes sélectionnées a été déterminée pour 4 sites en RBC et cela à base des données suivantes :

- les données correctes du marché concernant les coûts de l'investissement et les frais d'installation
- l'inventaire de l'appui financier à l'investissement
- l'inventaire des mesures d'appui pour la production de l'énergie : certificats verts, remboursement du courant (gris) produit (MWh)
- les paramètres opérationnels : production estimée, évolution de la production pendant la durée de vie de l'installation, frais d'entretien et de remplacement

L'analyse économique a été effectuée pour les PME ainsi que pour les particuliers, en tenant compte dans les deux cas de la consommation moyenne et un prix représentatif de l'électricité. On est parti du principe que l'électricité produite sera tout d'abord consommée par le propriétaire de l'installation. Le propriétaire évite ainsi les frais d'électricité. Dans le cas d'une production supplémentaire d'électricité non consommée par le propriétaire, celle-ci sera remise au réseau au prix courant. À base des conditions actuelles, le temps de retour sur investissement, la valeur présente nette et le taux de retour interne sont calculés et évalués.

Pour deux sites, la faisabilité de l'implantation d'une éolienne a été évaluée plus en détail. Cette évaluation tient compte de différents aspects comme la sécurité et la connexion au réseau électrique. L'étude de faisabilité comprend également une évaluation des nuisances sonores et l'ombre portée, ainsi qu'une évaluation des effets à attendre sur la biodiversité et le trafic aérien.

Résultats

Pour la campagne de mesure du vent, quatre sites ont été retenus sur base des critères mentionnés ci-dessus : The Hotel, un site d'Elia, le Campus Solbosch de l'ULB et un site près du Port de Bruxelles (place des Armateurs). La localisation des sites est indiquée sur la figure 2.

Les hauteurs sur lesquelles la vitesse du vent a été mesurée sont

- 7 m au dessus du toit pour The Hotel (bâtiment de 96 m)
- 59 m, 43 m et 24 m au dessus du sol pour le site Elia
- 9 m au-dessus du toit pour le site ULB (bâtiment de 32 m)

- 12 m et 10 m au dessus du sol pour le site près du Port de Bruxelles.

La durée totale des mesures varie de 13 mois pour The Hotel à 7 mois pour le site Elia. Les mesures de la vitesse du vent ont été comparées avec quatre séries de données MERRA long terme. Cela permet d'estimer la vitesse du vent à long terme pour chacun des sites. Ces vitesses sont 5.6 m/s pour The Hotel, 4.4 m/s pour le site Elia, 4.0 m/s pour le site ULB et 3.8 m/s pour le site près du Port de Bruxelles.

Pour chacun des sites la production annuelle d'énergie a été estimée pour un nombre d'éoliennes avec une courbe de puissance certifiée. La production des différentes éoliennes sur les différents sites a été comparée avec les coûts, en tenant compte des mesures d'appui à l'achat ainsi que pour la production d'électricité. Les tarifs de l'électricité pour les grandes entreprises sont plus favorables, ce qui fait que les petites éoliennes présentent moins d'intérêt pour les grandes entreprises. Pour cette raison, l'analyse économique est limitée aux PME et aux particuliers.

Des quatre sites étudiés, The Hotel offre les meilleures conditions de vent. Surtout pour les PME, le rendement attendu est bon. Si l'installation sans grue est possible, le temps dynamique de retour à l'investissement est de 7 ans pour les deux meilleures éoliennes de la sélection. Le taux de rendement interne est plus que 17.6 %. Cela veut dire qu'une petite éolienne à ce site est un bon investissement. Pour un particulier, la rentabilité est moindre (temps de retour à l'investissement de 11 ans et taux de rendement interne de 5.6 % pour les meilleures éoliennes). Pourtant, une légère baisse des prix d'une éolienne où une augmentation des mesures d'appui pourraient rendre l'investissement intéressant même pour les particuliers.

Pour le site Elia les temps de retour à l'investissement pour une éolienne à 24 m au dessus du sol (hauteur de mesure la plus basse) sont supérieurs à vingt ans. Cela veut

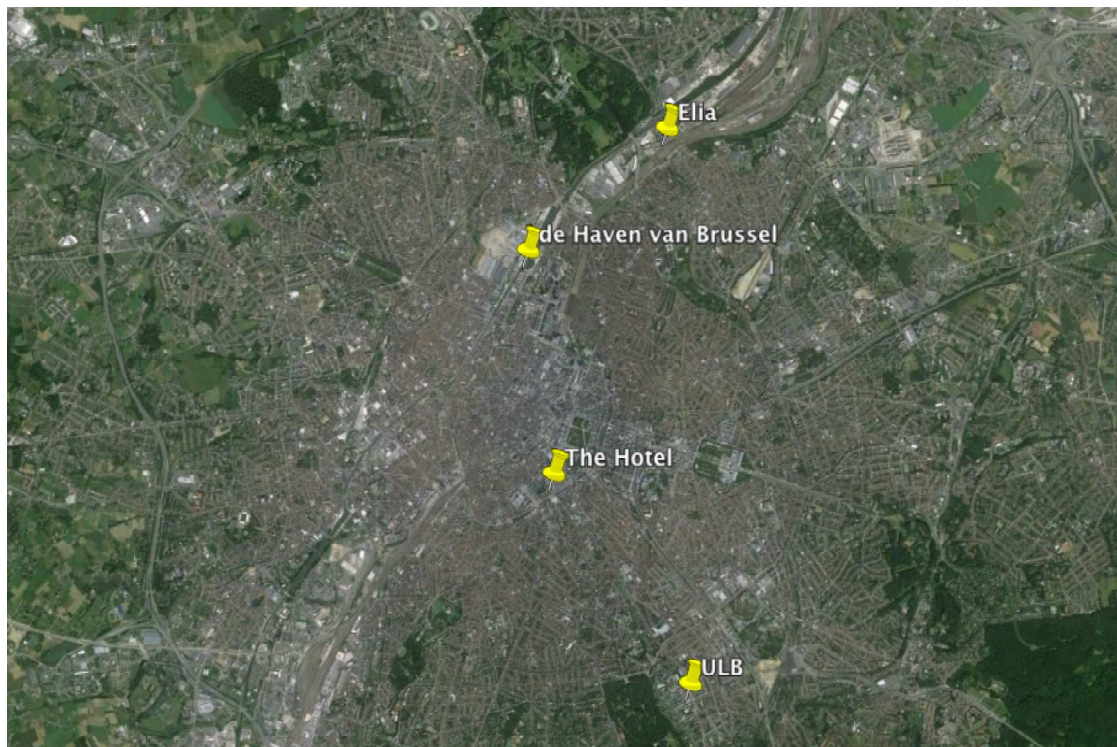


FIGURE 2: Localisation des quatre sites de mesure dans la Région Bruxelles Capitale

dire qu'il n'est pas recommandable d'investir dans une petite éolienne à cet endroit et à cette hauteur, ni pour les particuliers, ni pour les PME. La vitesse du vent est nettement meilleure à des hauteurs plus élevées où une éolienne de taille moyenne peut être un bon investissement. Avec une hauteur d'axe d'environ 40 m (vitesse moyenne de 4.0 m/s) le temps statique de retour à l'investissement est de 11 ans pour l'éolienne Xant-23. Le temps dynamique de retour à l'investissement est de 18 ans.

Pour le site ULB aucun temps dynamique de retour à l'investissement est inférieur à 20 ans. Le placement d'une petite éolienne n'est pas un bon investissement à cet endroit, quoiqu'une baisse de prix du petit éolien ou une amélioration des mesures de support pourraient changer cet avis négatif.

Aussi pour le site près du Port de Bruxelles le placement d'une petite éolienne ne peut être recommandé avec les prix du marché et les mesures de support actuels. Pour une PME avec une consommation annuelle de plus de 50 000 kWh/an une éolienne de taille moyenne pourrait être un bon investissement. Pour les conditions de vent mesurées à une hauteur de 12 m, le temps dynamique de retour à l'investissement est de 16 ans. Pour une hauteur d'axe typique de 40 m, où les conditions seront sans doute meilleures, le temps de retour sera moindre. Les mesures de la présente étude ne permettent pas de prévisions plus précises.

En ce qui concerne la connexion au réseau, le raccordement direct au réseau de distribution est la solution la moins onéreuse et la plus efficace ce qui ne devrait pas poser de problème pratique, et cela pour les différents sites étudiés. Une forme de télécommande est à envisager pour le contrôle et la surveillance. La nuisance sonore occasionnée par une petite éolienne est négligeable pour les sites étudiés, quoique l'effet des vibrations et le son qu'elle pourrait entraîner mérite d'être étudié. Cet effet n'est pas inclus dans la présente étude. Les effets sur la biodiversité sont négligeables pour un placement hors des zones Natura 2000. On notera que pour aucun des sites, des problèmes au niveau de sécurité, d'homme ou au niveau du trafic aérien ne sont à attendre à condition que les normes Européennes de placement soient respectées.

Conclusions

Des quatre sites étudiés, seul The Hotel offre un endroit propice à l'emplacement d'une petite éolienne rentable tenu compte des conditions actuelles. Bien que la présente étude a utilisé des éoliennes spécifique pour les prévisions de la rentabilité, les résultats sont représentatifs pour les meilleures petites éoliennes modernes. Les conditions du vent varient selon la position sur le toit, et l'endroit où l'éolienne sera installée doit donc être choisi soigneusement. Le site The Hotel ne présente pas d'inconvénients fondamentaux au niveau de la faisabilité technique, ni au niveau de la nuisance sonore, ni au niveau du trafic aérien. Aucun effet nuisible important sur la biodiversité n'est à prévoir. Dans une étude antérieure de la tour Manhattan, des vitesses de vent comparables ont été mesurées, ce qui démontre que sur les tours, qui ne manquent pas à Bruxelles, le potentiel pour le petit éolien est très bon (comparable à celui de la côte belge à une dizaine de mètres au-dessus du sol). La présente étude démontre que pour les bâtiments très élevés, l'investissement dans une ou plusieurs petites éoliennes est rentable. Il est donc à recommander de réaliser des projets pilotes sur des bâtiments de ce type.

Pour les autres sites, les conditions de vent ne sont pas suffisamment bonnes pour motiver l'emplacement d'une petite éolienne. Il n'est pas exclu que cette recommandation pourrait varier si les conditions financières changeaient. L'emplacement d'une éolienne de taille moyenne peut être recommandé pour certains sites comme Elia ou le Port

de Bruxelles, quoique le rendement prévu y est plutôt bas tenu compte des conditions actuelles.

Pour les quatre sites, se sont les vitesses du vent et les conditions financières qui déterminent la faisabilité d'une petite éolienne et beaucoup moins les autres paramètres étant la connexion au réseau, la nuisance sonore, l'ombre portée ou l'effet sur la biodiversité. Il est probable que ce soit le cas pour la majeure partie des sites à Bruxelles. Évidemment, il y aura des exceptions et chaque site mérite une étude de faisabilité. La présente étude pourra être utilisée comme orientation pour la méthodologie à utiliser.