

CHAPITRE

7. INCIDENCES SUR L'AIR ET LE CLIMAT

TABLE DES MATIÈRES

7.	INCIDENCES SUR L' AIR ET LE CLIMAT.....	7-1
7.1.	CONTEXTE.....	7-4
7.1.1.	<i>Politique énergétique.....</i>	7-4
7.1.2.	<i>Organisation du marché de l'électricité verte en Région wallonne.....</i>	7-5
7.1.3.	<i>Développement de la filière éolienne.....</i>	7-6
7.2.	ANALYSE DE L'ÉTAT INITIAL DE L'ENVIRONNEMENT.....	7-10
7.2.1.	<i>Météorologie.....</i>	7-10
7.2.1.1.	Introduction.....	7-10
7.2.1.2.	Températures.....	7-10
7.2.1.3.	Précipitations.....	7-10
7.2.1.4.	Insolation.....	7-11
7.2.1.5.	Vents.....	7-11
7.2.2.	<i>Qualité de l'air.....</i>	7-13
7.2.2.1.	Pollution atmosphérique.....	7-13
7.2.2.2.	Effets sur la santé.....	7-14
7.2.2.3.	Pluies acides.....	7-14
7.2.2.4.	Effet de serre.....	7-14
7.2.2.5.	Situation en Wallonie.....	7-15
7.3.	ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET.....	7-20
7.3.1.	<i>Effets de la phase de chantier.....</i>	7-20
7.3.2.	<i>Effets de l'exploitation du parc éolien.....</i>	7-20
7.3.2.1.	Production énergétique.....	7-20
7.3.2.2.	Incidences sur l'air et le climat.....	7-22
7.3.2.2.1.	Modification du régime des vents.....	7-22
7.3.2.2.2.	Assèchement des sols.....	7-22
7.3.2.2.3.	Emissions de gaz à effet de serre.....	7-22
7.3.2.2.4.	Impact sur la qualité de l'air.....	7-25
7.4.	CONCLUSIONS.....	7-27

FIGURES

FIGURE 7-1 :	DIFFÉRENTES ÉNERGIES PRIMAIRES UTILISÉES DANS LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE EN WALLONIE EN 2007.....	7-8
FIGURE 7-2 :	ROSE DES VENTS – STATION DE FLORENNES.....	7-11
FIGURE 7-3 :	EVOLUTION MENSUELLE DE LA VITESSE MOYENNE DE VENT.....	7-12
FIGURE 7-4 :	EVOLUTION DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS ACIDIFIANTS EN WALLONIE (D'APRÈS LE SERVEUR DE L'ÉTAT DE L'ENVIRONNEMENT WALLON, SPW).....	7-16
FIGURE 7-5 :	CARTE DES CONCENTRATIONS MOYENNES EN PM ₁₀ – 2006 (EN µG/M3).....	7-17
FIGURE 7-6 :	NOMBRE DE JOURS DE DÉPASSEMENT DE LA VALEUR LIMITE JOURNALIÈRE EN PM ₁₀ – 2006 (> 50 µG/M3).....	7-17
FIGURE 7-7 :	NATURE ET ORIGINE DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE EN WALLONIE (2004) ...	7-18

TABLEAUX

TABLEAU 7-1 : PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ EN WALLONIE EN 2007	7-7
TABLEAU 7-2 : PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ BASÉE SUR LE RENOUVELABLE ET LES DÉCHETS EN WALLONIE EN 2007	7-7
TABLEAU 7-3 : EVOLUTION DE LA QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ VERTE PRODUITE EN WALLONIE ET ÉCONOMIE DE CO ₂	7-9
TABLEAU 7-4 : TEMPÉRATURES (°C) – CINEY	7-10
TABLEAU 7-5 : PLUVIOSITÉ (L/M ²) – CINEY	7-10
TABLEAU 7-6 : INSOLATION (H/AN) – FLORENNES	7-11
TABLEAU 7-7 : VITESSE DES VENTS (M/S) – FLORENNES	7-12
TABLEAU 7-8 : ESTIMATION DE LA PRODUCTION DU PARC ÉOLIEN D'ASSESE.....	7-21
TABLEAU 7-9 : EMISSION ÉVITÉE DE GES DANS L'ATMOSPHÈRE POUR LES MODÈLES ENERCON E82 ET REPOWER 3.XM.....	7-23
TABLEAU 7-10 : EMISSIONS ÉVITÉES DANS L'ATMOSPHÈRE	7-25
TABLEAU 7-11 : EMISSIONS POLLUANTES LIÉES AU CYCLE DE VIE DES ÉOLIENNES.....	7-26

ANNEXES

ANNEXE 7-1 : CARTE DES PARCS DE PUISSANCE IMPORTANTE (1MW ET PLUS)	
ANNEXE 7-2 : RÉSULTAT DE LA MODÉLISATION DES VENTS POUR LE PARC ÉOLIEN D'ASSESE	

7.1. CONTEXTE

7.1.1. Politique énergétique

Depuis un certain nombre d'années déjà, la communauté scientifique a pris conscience des impacts environnementaux et sanitaires des activités humaines et notamment de la production d'électricité : émission de gaz polluants (CO, NO_x, SO₂, métaux lourds), de particules (PM₁₀) et de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O), production de déchets, rejets d'eaux de refroidissement. Le monde politique et les citoyens ont à leur tour progressivement compris la nécessité d'agir, et différents protocoles internationaux ont vu le jour (Göteborg, Kyoto, Aarhus, ...) ainsi que plusieurs stratégies et directives européennes. Le plus connu du grand public, le protocole de Kyoto, impose des objectifs contraignants en vue de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Dans ce cadre, la Région wallonne s'est engagée, sur la période 2008-2012, à réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 7,5 % par rapport au niveau de 1990.

En termes de politique énergétique, la réduction des émissions de gaz à effet de serre s'articule autour de deux axes : l'utilisation rationnelle de l'énergie (éviter le gaspillage pour réduire la demande en énergie) et l'utilisation de sources d'énergies autres que les combustibles fossiles : les énergies renouvelables (l'énergie solaire, l'éolienne, l'hydro-électricité, la biomasse, la valorisation des déchets, la géothermie, etc.).

En 2003, dans son Plan pour la Maîtrise Durable de l'Energie¹, le Gouvernement wallon s'est également fixé pour objectif, en 2010, d'assurer 8 % de sa consommation totale d'électricité par des énergies renouvelables, contre 2,4 % à l'époque². Cet objectif de 8 % avait à l'époque été réparti entre les différentes filières, et la contribution visée pour les éoliennes à l'intérieur des terres a été évaluée à 1,6 % de la consommation électrique wallonne, soit 370 GWh ou encore 200 MW de puissance installée³.

Par ailleurs, l'objectif fixé par le nouveau plan « énergie-climat » de l'Union européenne est de porter à 20 % la part des énergies renouvelables (éolien, solaire, ...) dans la consommation énergétique d'ici 2020. La contribution du secteur de l'électricité à cet objectif serait d'atteindre une proportion de 33 % d'électricité à partir de sources renouvelables d'ici 2020. L'objectif pour la Belgique est de porter la part des énergies renouvelables dans sa consommation à 13 % d'ici 2020. Par ailleurs, le Plan pour la Maîtrise Durable de l'Energie est en cours d'évaluation et de révision pour donner les orientations de la politique énergétique wallonne à l'horizon 2020.

¹ Le Gouvernement wallon a pris acte du Plan pour la Maîtrise Durable de l'Energie en sa séance du 18 décembre 2003. Ce Plan est indicatif, il n'a pas de force réglementaire, mais indique les lignes directrices de la politique que le Gouvernement wallon a l'intention de mettre en œuvre.

² L'estimation de la proportion d'électricité produite à partir de sources renouvelables dans la consommation électrique wallonne est de 3,6 % en 2005 (estimation extraite du bilan énergétique de la Wallonie 2005, ICEDD, publié en 2006).

³ L'objectif en matière d'énergie éolienne est de 740 GWh, distribué également entre la production off-shore et la production sur la terre ferme. On parle en effet ici de l'électricité consommée en Wallonie et non de l'électricité produite sur le territoire wallon.

7.1.2. Organisation du marché de l'électricité verte en Région wallonne

Pour atteindre ses objectifs, la Région wallonne met en œuvre des politiques visant à rationaliser l'utilisation de l'énergie et à augmenter la production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables. On entend par électricité verte : « *L'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables ou de cogénération de qualité dont la filière de production génère un taux minimum de 10% d'économie de dioxyde de carbone par rapport aux émissions de CO₂ d'une production classique.*¹ »

En Région wallonne, l'organisation de la politique de vérification, de soutien et de traçabilité de la production d'électricité verte est organisée comme suit :

- les Certificats de Garantie d'Origine (CGO) : ils sont octroyés aux producteurs verts par des organismes de contrôle accrédités et permettent d'attester de la conformité des installations de production verte ;
- les Certificats Verts (CV) : ils permettent de faire correspondre les quantités d'électricité verte produites avec les quantités d'électricité verte distribuées aux consommateurs par les fournisseurs. Un certificat vert est un titre transmissible octroyé à un producteur d'électricité verte et attestant que celui-ci a produit une quantité déterminée d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables² ;
- les Labels de Garantie d'Origine (LGO) : ils permettent aux fournisseurs de garantir à leur consommateurs quelles sont les sources d'énergie qui ont été utilisées pour produire l'électricité qui a été vendue pendant une période donnée.

Une certaine quantité de certificats verts doit être présentée par les fournisseurs d'électricité en fonction de la quantité d'électricité qu'ils ont vendue (8 % en 2008, 9 % en 2009, et ainsi de suite). Les fournisseurs qui ne sont pas en mesure de se procurer le nombre de certificats verts requis (soit sur base de leur éventuelle production verte propre, soit par transaction sur le marché des certificats verts) sont tenus de payer une amende par certificat vert manquant. Le but de ce système est de stimuler la production électrique verte.

Dans le but de favoriser le développement de nouvelles filières, diverses mesures complémentaires existent, comme par exemple :

- limitation des certificats verts octroyés à certaines filières pour encourager l'émergence de nouvelles techniques innovantes ;
- octroi d'un nombre supérieur de certificats verts par unité d'énergie électrique produite pour certaines unités de production verte de faible puissance, de manière à encourager les investissements de particuliers (exemple : photovoltaïque domestique).

La mise en place du système des labels de garantie d'origine (LGO) résulte de l'obligation imposée au niveau européen d'informer les consommateurs de la composition du « bouquet » énergétique correspondant à l'électricité fournie. Comme le marché de l'électricité est un marché virtuel (sans lien physique direct entre les producteurs, les fournisseurs et les

¹ Décret wallon du 12/04/2001 (MB 01/05/2001) relatif à l'organisation du marché régional de l'électricité.

² En termes techniques, un certificat vert équivaut à une émission évitée de 456 kg de CO₂ (ce qui correspond à la quantité de CO₂ émise par lors de la production d'un MWh électrique par la filière de production de référence, à savoir la centrale électrique turbine-gaz-vapeur (TGV)).

utilisateurs), un système de labels garantit l'origine de l'électricité produite à partir de sources renouvelables ou de cogénération de qualité. Les LGO sont octroyés aux producteurs par la CWaPE, et ces labels font ensuite l'objet de marché d'achat et de vente entre les producteurs d'électricité et les fournisseurs. Ce système est similaire au marché des certificats verts (CV). La principale différence est que chaque fournisseur doit obligatoirement se procurer chaque année un nombre donné de certificats verts, calculé sur base de la quantité d'électricité qu'il a vendue, alors qu'il décide librement de la quantité de LGO qu'il se procure, pour autant que cela corresponde aux quantités qu'il garantit à sa clientèle. Les motivations des fournisseurs dans le marché des LGO sont essentiellement axées sur le marketing. Le but du système est de permettre aux consommateurs de choisir leur fournisseur en fonction des modes de production électrique auxquels ils ont recours, et d'exercer un contrôle sur l'exactitude de l'information que les fournisseurs apportent à leurs clients en la matière.

7.1.3. Développement de la filière éolienne

Comme déjà signalé dans le chapitre 2, rappelons que, si la production éolienne terrestre a pris un essor important et dépasse aujourd'hui les objectifs fixés pour 2010¹, l'éolien off-shore accuse quant à lui un retard important. Un développement de la filière éolienne terrestre sur le territoire wallon au-delà de 370 GWh par an s'impose donc pour atteindre l'objectif global d'électricité éolienne au niveau de la consommation wallonne à l'horizon 2010.

De plus, l'énergie éolienne est appelée à s'accroître davantage pour assurer une énergie électrique « verte » de 12 % d'ici 2012. En effet, la filière cogénération de qualité à partir de combustibles fossiles se développe peu actuellement pour des raisons économiques, la filière hydroélectrique, déjà bien développée, offre peu de perspectives de croissance et le développement de la filière photovoltaïque reste lent en raison des coûts d'investissement très importants, et ce malgré une politique d'incitation très volontariste pour cette filière en Wallonie, et un potentiel de développement très élevé en termes techniques².

D'après les données les plus récentes dont nous disposons (année 2005), les énergies renouvelables (hydraulique, biomasse, éolien principalement) représentent en Wallonie 2,6 % de la production d'électricité. Si l'on y inclut les déchets, le pourcentage atteint 3,3 %. Au sens de la législation wallonne³, cependant, seule la fraction organique des déchets peut être considérée comme de l'énergie renouvelable.

La contribution des différentes sources à la production électrique wallonne est représentée dans les tableaux et le graphique ci-dessous.

¹ Au 04/05/2009, selon l'APERe, la puissance totale installée de la production des 117 éoliennes belges atteint 205,9 MW. La puissance installée pour l'ensemble des permis octroyés pour l'exploitation de 85 éoliennes non encore en fonction à cette date s'élève à 224 MW. Rappelons que l'objectif fixé pour 2010 fixait la part de l'énergie éolienne dans la consommation électrique totale à 1,6 %, soit 200 MW.

² En effet, les toitures de l'ensemble des bâtiments de Wallonie constituent autant de surfaces exploitables pour le photovoltaïque, bien que les coûts d'investissement restent actuellement un frein important au développement de la filière. La politique de soutien à la production d'électricité verte favorise fortement la filière photovoltaïque, mais le coût du MWh éolien reste de loin moins élevé que le coût du MWh photovoltaïque.

³ Décret wallon du 12/04/2001 (MB 01/05/2001) relatif à l'organisation du marché régional de l'électricité.

Tableau 7-1 : Production d'électricité en Wallonie en 2007

Sources d'énergie	(GWh)	Proportion de la production électrique wallonne (%)
Combustibles nucléaires	23.147	72,5
Gaz naturel	5973	18,7
Charbon	388	1,2
Autres combustibles fossiles	830	2,4
Renouvelable et déchets	1609	4,7
TOTAL	33.911	100,00 %

Source: données compilées par l'Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable dans son « Rapport sur le Bilan Energétique de la Région wallonne 2007 », version 2 publiée en décembre 2008.

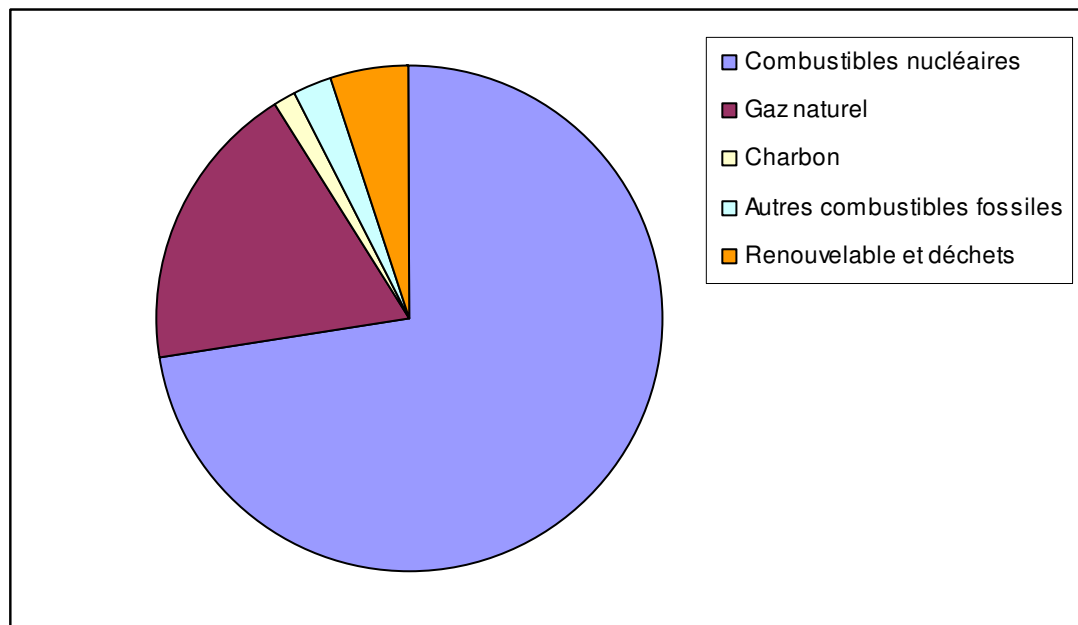
Tableau 7-2 : Production d'électricité basée sur le renouvelable et les déchets en Wallonie en 2007

Sources d'énergie		(GWh)	Proportion de la production électrique wallonne (%)
Biomasse	Déchets organiques incinérés	34,8	0,102
	Sous-produits végétaux et animaux	851,4	2,510
	Biogaz	124,8	0,37
	Autres biocarburants	8,3	0,02
Energie hydraulique		380,6	1,120
Energie éolienne		208,7	0,615
Photovoltaïque		0,4	0,001
TOTAL		1609,1	4,7

Source données compilées par l'Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable dans son « Rapport sur le Bilan Energétique de la Région wallonne 2007 », version 2, publiée en décembre 2008.

Notons que, dans son relevé datant du 04/05/2009, l'APERe présente une production annuelle estimée atteignant 458.550 MWh pour l'ensemble des parcs éoliens en activité à cette date ; soit plus du double de celle présentée au Tableau 7-2.

Figure 7-1 : Différentes énergies primaires utilisées dans la production électrique en Wallonie en 2007



La répartition est calculée en termes d'énergie électrique produite.

Source : données compilées par l'Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable dans son « Rapport sur le Bilan Energétique de la Région wallonne 2007 », version 2, publiée en décembre 2008.

La production d'électricité basée sur les sources renouvelables est dominée par la biomasse, qui représente 3 %. L'éolien représentait en 2007 environ 0,6 % de la production d'électricité. La filière éolienne connaît cependant actuellement un essor très rapide, et les estimations les plus récentes de la production annuelle éolienne installée sont de 447,75 GWh, (données de l'APERe au 09/02/2009), ce qui porterait la contribution de l'éolien à la production électrique wallonne à 1,32 %. Nous ne disposons cependant pas de données plus récentes que 2007 pour l'ensemble des moyens de production électrique en Wallonie.

La contribution de l'éolien à la production électrique verte en Wallonie est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7-3 : Evolution de la quantité d'électricité verte produite en Wallonie et économie de CO₂

Période ¹	Tonnes de CO ₂ évitées ²	Nombre de MWh verts produits ³	Contribution à la production verte Wallonne ⁴
2003	10.077	22.099	2,84%
2004	14.380	31.536	3,71%
2005	26.464	58.034	5,21%
2006	50.212	110.113	7,27%
2007	93.407	204.840	8,29 %
2008	135.387	296.902	10,25 %

Source : CWaPE, 2009

La part croissante de l'éolien dans la production électrique verte en Wallonie est particulièrement évidente dans ce tableau.

Au niveau de l'électricité consommée en Wallonie, on a le même ordre de grandeur, avec une contribution de l'électricité produite à partir de sources renouvelables de 4,86 % (hors biocarburant), à la consommation électrique régionale, estimée provisoirement à 144,2 TWh en 2007⁵.

¹ C'est la date du relevé des compteurs qui détermine la période à laquelle sont affectés les certificats verts attribués.

² Un certificat vert est octroyé au producteur vert chaque fois que sa production électrique a permis d'éviter 456 kg de CO₂, ce qui correspond à la quantité de CO₂ qui auraient été émise par la filière de référence (centrale turbine gaz-vapeur) pour produire 1 MWh d'électricité.

³ Quantité d'électricité produite donnant droit à des certificats verts.

⁴ Rapport entre la quantité d'électricité verte produite par les éoliennes et l'électricité verte produite par les autres filières en Wallonie.

⁵ Selon la version 2 du « Rapport sur le Bilan Energétique de la Région wallonne 2007 » publiée en décembre 2008.

7.2. ANALYSE DE L'ÉTAT INITIAL DE L'ENVIRONNEMENT

7.2.1. Météorologie

7.2.1.1. Introduction

Le climat de la région d'Assesse est tempéré humide de type océanique. Les principales caractéristiques climatologiques sont données dans les tableaux ci-dessous. Ces données proviennent de l'Institut Royal Météorologique de Belgique (IRM). La station représentative des conditions climatiques locales est implantée à Ciney à environ 7 kilomètres au nord du parc éolien. Les données présentées ci-dessous provenant de cette station concernent les températures et les précipitations.

En ce qui concerne les données relatives aux directions des vents et d'insolation, il faut se référer à la station la plus proche pourvue des dispositifs de mesures spécifiques, située à Florennes, soit à une trentaine de kilomètres à l'est du site. Les données statistiques concernant les vents ont été calculées durant la période s'étalant de 1992 à 2001.

7.2.1.2. Températures

Tableau 7-4 : Températures (°C) – Ciney

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy annuelle
Moy	1,1	1,8	4,2	7,6	11,3	14,6	16,3	15,9	13,3	9	4,8	1,9	8,5

La température moyenne annuelle est légèrement inférieure à 10 °C. Juillet est le mois le plus chaud (moyenne : 16,3 °C) et janvier le plus froid (moyenne : 1,1 °C). La première gelée apparaît en moyenne début octobre (10/10), la dernière en moyenne mi-mai (15/05). Le nombre moyen de jours de gel est de 98.

7.2.1.3. Précipitations

La quantité moyenne d'eau recueillie est de 869 mm par an. Les pluies sont réparties de façon relativement homogène au fil de l'année. La date moyenne d'apparition des premières neiges est le 2 décembre, et la date moyenne des dernières neiges au sol est le 25 mars.

Tableau 7-5 : Pluviosité (l/m²) – Ciney

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot
Moy	77	61	60	60	69	74	79	77	73	78	79	82	869

7.2.1.4. Insolation

Mai, juin et juillet sont les mois les plus ensoleillés. Décembre est le mois le moins ensoleillé. Ces valeurs prennent en compte à la fois les variations de la durée du jour au fil de l'année et la nébulosité qui masque le soleil. Le nombre total d'heures d'ensoleillement (1543 h) peut être comparé au total annuel des durées pendant lesquelles le soleil est levé (soit environ 4500 h).

Tableau 7-6 : Insolation (h/an) – Florennes

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot
Moy	47	74	124	158	202	195	205	171	150	119	59	39	1.543

Source : IRM

7.2.1.5. Vents

La rose des vents, construite à partir de données provenant de la station de mesures de Florennes, est reprise ci-dessous. Elle est caractérisée par des vents dominants en provenance des secteurs sud – sud-ouest à ouest – sud-ouest. En effet, entre 1992 et 2001, le vent provenait pour 11,0 % du temps du secteur sud-ouest, pour 10,2 % du secteur ouest – sud-ouest, pour 9,0 % du temps du secteur sud – sud-ouest et 8,9 % du secteur ouest.

Figure 7-2 : Rose des vents – Station de Florennes



Comme on peut le constater sur base du tableau ci-dessous, la vitesse moyenne des vents à Florennes est de 3,7 m/s, soit 13 km/h. Les vents sont moins puissants au cours de l'été par comparaison à la fin de l'automne et à l'hiver.

Tableau 7-7 : Vitesse des vents (m/s) – Florennes

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
Moy	4,4	4,3	4,1	3,6	3,2	3,1	3,0	2,8	3,4	3,8	3,9	4,5	3,7

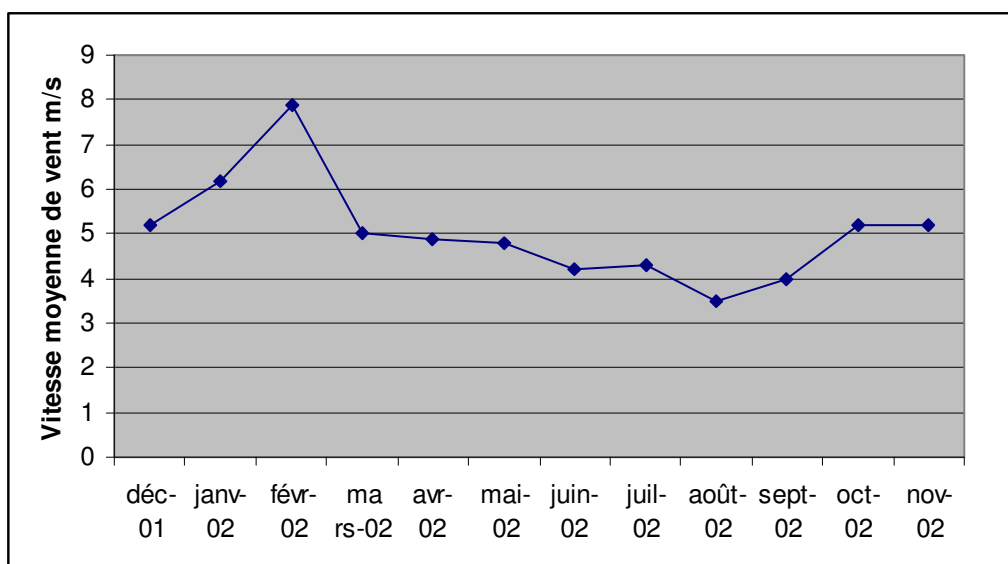
Source : IRM

Notons que, dans sa modélisation de la production du parc éolien, le promoteur a utilisé, outre les données provenant de Florennes, celles des stations de mesure de Saint-Hubert, Melsbroek et Spa, pondérées selon leurs distances par rapport au parc éolien.

Par rapport à la réalisation de mesures sur site via un mât météorologique, la simulation du régime local des vents sur base de différentes stations proches connues présente plusieurs avantages :

- moins onéreux ;
- plus rapide : le mât doit être implanté pendant 6 mois à un an pour avoir des mesures fiables ;
- permet de « tester » une zone plus étendue qu'un mât de mesure et donc d'optimiser l'implantation des éoliennes ;
- permet d'éviter de placer plusieurs mâts de mesure ayant un impact paysager ;
- permet de simuler des vents à des hauteurs plus élevées que celles techniquement possibles par un mât ;
- ne nécessite pas de permis d'urbanisme.

Notons également que des mesures de vents ont été effectuées à proximité du site afin d'en évaluer le potentiel éolien dans le cadre d'un autre projet. D'après les données disponibles sur le site internet de la commune d'Assesse¹, l'évolution de la vitesse moyenne du vent est la suivante :

Figure 7-3 : Evolution mensuelle de la vitesse moyenne de vent

¹ <http://www.nature-partenaire.be>

7.2.2. Qualité de l'air

7.2.2.1. Pollution atmosphérique

La pollution de l'air résulte principalement des gaz et particules rejetés dans l'air par les véhicules à moteur, les installations de chauffage, les centrales thermiques et les installations industrielles. Les principales substances impliquées sont les suivantes :

Le **dioxyde de carbone (CO₂)** est naturellement présent dans l'atmosphère. Il est produit lors de la combustion complète du carbone, la respiration des êtres vivants et de la décomposition de la matière organique. Les émissions liées à la consommation énergétique proviennent de la combustion des énergies fossiles (charbon, gaz de cokerie, gaz de haut fourneau, produits pétroliers et gaz naturel) utilisées en industrie, mais aussi pour le chauffage domestique et le transport routier.

Les **oxydes d'azote (NO_x)** sont essentiellement produits par les activités humaines, lors des combustions à haute température et à haute pression, en particulier dans les moteurs thermiques. Ils comprennent le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Un troisième oxyde d'azote, le N₂O, existe également mais il ne fait pas partie des NO_x. Il est très marginal dans les émissions liées aux processus de combustion et aux processus industriels. La principale source d'émission est liée à l'utilisation d'engrais sur les terres agricoles.

Le **dioxyde de soufre (SO₂)** provient de nombreuses sources humaines (chauffage domestique, transports, industrie, métallurgie) mais également naturelles (marécages, océans, volcanisme). Parmi les combustibles fossiles, le charbon est celui dont l'utilisation génère le plus de SO₂. La combustion du gaz naturel cause au contraire les émissions les plus limitées.

Les **composés organiques volatils (COV)** regroupent un grand nombre de composés organiques que l'on peut retrouver dans l'air. Au niveau chimique, on distingue de nombreuses molécules (alcanes, benzène, toluène, xylènes, ...). Les principales sources d'émission atmosphérique sont : l'utilisation de solvants, les processus de combustion (en ce compris les transports routiers et les applications industrielles), qui rejettent des hydrocarbures imbrûlés dans les gaz de combustion. Le méthane (CH₄) est un COV naturellement présent dans l'air ambiant, car lié à la décomposition de la matière organique, mais les activités humaines sont à l'origine de nombreuses émissions supplémentaires. Les activités humaines générant du méthane sont essentiellement l'agriculture (rizières, bétail ruminant), les décharges d'ordures et les rejets imbrûlés des installations utilisant du gaz naturel comme combustible.

Les **particules en suspension (PM₁₀)** sont des poussières de moins de 10 µm de diamètre en suspension dans l'air. Elles comprennent non seulement les particules produites par l'activité humaine, mais aussi les particules d'origine naturelle. Parmi les PM₁₀, on distingue aussi les particules fines (PM_{2,5}) de diamètre inférieur à 2,5 µm.

Les PM₁₀ comprennent principalement les suies résultant de diverses combustions, les particules minérales (notamment les particules de sol emportées par le vent), des fins fragments végétaux (en particulier les pollens) et des particules issues de certains procédés industriels. La composition de ces particules est très variée, en fonction de leur origine. Les particules provenant de combustion peuvent contenir notamment des métaux lourds et des

hydrocarbures. Parmi les combustibles fossiles, le charbon, le diesel et le fioul dégagent plus de particules fines que l'essence et le gaz.

7.2.2.2. Effets sur la santé

Effets directs sur la santé :

Certaines substances présentes dans l'air ont un effet direct sur l'être humain. À court terme, certains polluants atmosphériques (NO_2 , SO_2 , PM_{10} , COV) peuvent causer des difficultés respiratoires, des irritations, de l'asthme ou une sensibilité accrue aux infections respiratoires. À plus long terme, certaines substances (PM_{10} , COV) peuvent induire des problèmes respiratoires chroniques, des maladies cardio-vasculaires et des cancers. Les particules fines ($\text{PM}_{2,5}$) sont particulièrement nocives.

Certains polluants atmosphériques ne sont pas toxiques, du moins aux niveaux de concentration qu'on peut rencontrer dans l'atmosphère. C'est en particulier le cas du NO et du CO_2 .

Effets indirects sur la santé :

L'ozone est un polluant secondaire : il n'est pas émis directement dans l'air mais résulte d'une réaction photochimique impliquant des précurseurs, c'est-à-dire des polluants primaires qui favorisent sa formation. Les précurseurs de l'ozone sont principalement les oxydes d'azote et certains composés organiques volatils. L'ozone dont les plus fortes concentrations en milieu urbain sont typiquement enregistrées en été, présente une toxicité pour l'homme et est à l'origine de difficultés respiratoires.

Le monoxyde d'azote (NO) ne présente aucune toxicité mais, outre son rôle dans la formation de l'ozone, il peut se transformer en dioxyde d'azote NO_2 qui, lui, présente une toxicité (équilibre dynamique entre les deux formes).

7.2.2.3. Pluies acides

Les oxydes d'azote (NO_x) et les oxydes de soufre (SO_2) peuvent, par une réaction chimique avec l'eau, produire des acides. Cette réaction peut se produire dans l'atmosphère et donner lieu à des pluies acides, qui sont notamment responsables d'impact négatif sur certains écosystèmes, et sur la fertilité des sols à long terme. Notons que l'ammoniac (NH_3) participe également à la problématique des pluies acides. L'origine des émissions anthropiques de ce gaz est essentiellement agricole.

Vu les distances qui peuvent être parcourues par les gaz polluants avant que les retombées acides aient lieu, la problématique des pluies acides est considérée comme une problématique transfrontière à longue distance. Les moyens de lutter contre cette pollution sont établis en concertation avec les régions voisines et les pays voisins.

7.2.2.4. Effet de serre

L'effet de serre est un phénomène naturel qu'il faut envisager à l'échelle de la planète entière. Il s'agit d'un piégeage des radiations infrarouges (principale perte de chaleur de la planète)

par certains gaz présents dans l'atmosphère. Sans effet de serre, la température sur Terre serait extrêmement basse (- 17 °C en moyenne au lieu de 15 °C)¹.

Depuis le début de la révolution industrielle (initiée pendant la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle), la concentration de certains gaz qui participent à l'effet de serre a considérablement augmenté. C'est particulièrement le cas du CO₂ (dioxyde de carbone) et, dans une moindre mesure, du CH₄ (méthane) et du N₂O (protoxyde d'azote). L'augmentation de la concentration du CO₂ dans l'atmosphère est principalement due à l'utilisation de combustibles fossiles (charbon, gaz et produits pétroliers). En raison de cette modification dans la composition de l'atmosphère, le bilan thermique de la Terre est modifié et résulte en une augmentation progressive de la température moyenne. Cette augmentation de température moyenne est déjà observable actuellement et de nombreux experts, rassemblés au sein du GIEC², s'accordent à prédire que la poursuite de cette augmentation aura des effets climatiques et environnementaux majeurs au niveau mondial :

- changements dans le régime des précipitations (certaines régions devenant plus sèches, d'autres plus humides), pouvant résulter localement en des phénomènes de désertification ou d'inondations ;
- augmentation de la fréquence de certaines conditions météorologiques extrêmes (tempêtes, sécheresses, ouragans, ...) ;
- élévation du niveau moyen des océans, suite à la fonte progressive des glaciers et des calottes polaires continentales, ainsi qu'à la dilatation des océans.

Ces modifications auront des conséquences importantes sur les populations humaines et sur les écosystèmes.

7.2.2.5. Situation en Wallonie

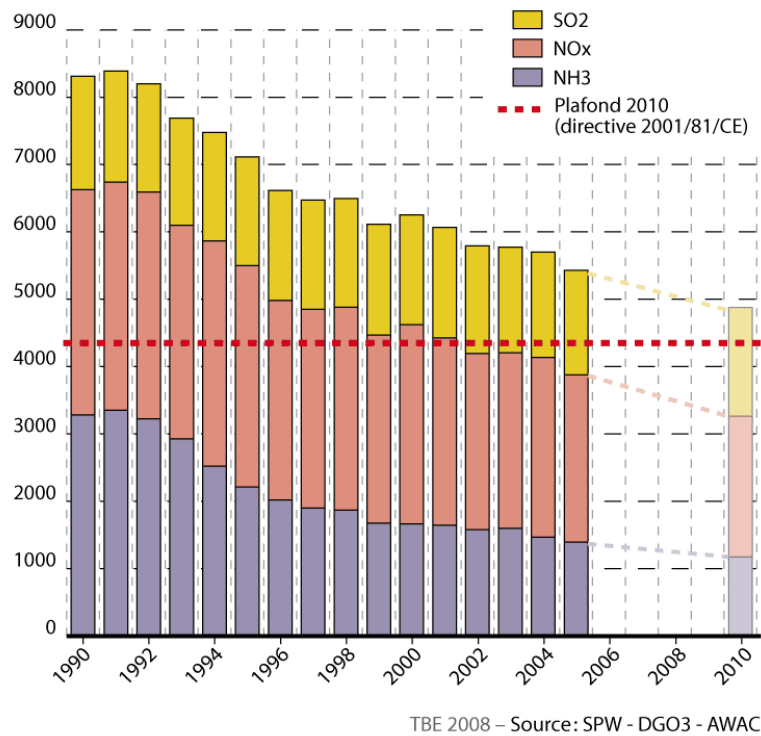
Polluants acidifiants

Depuis 1990, la Région wallonne a fortement réduit ses émissions de SO₂. Les émissions de NO_x n'ont par contre que légèrement diminué durant cette période. Un objectif de réduction des émissions en polluants acidifiants est fixé pour 2010, comme l'illustre le graphique ci-dessous (extrait du tableau de bord 2009 de l'Etat de l'Environnement Wallon).

¹ Chiffres cités d'après le rapport sur l'état de l'environnement wallon, 2005

² GIEC, Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évaluation du climat

Figure 7-4 : Evolution des émissions de polluants acidifiants en Wallonie (d'après le serveur de l'état de l'environnement wallon, SPW)



Particules fines

La problématique des particules en suspension (PM_{10}) est régulièrement relayée dans l'actualité ces derniers temps en Belgique, suite à plusieurs dépassements des seuils d'alerte. Un réseau de mesure existe pour la surveillance des concentrations dans l'air. Les concentrations moyennes dans l'air et le nombre de jours de dépassement des normes en Belgique sont représentés sur les cartes ci-dessous.

La Région wallonne établit des inventaires d'émissions primaires de particules en suspension. En 2004, les émissions de particules inférieures à $10\ \mu m$ ont été évaluées à 22.000 tonnes, dont 2/3 sont des particules fines ($<2,5\ \mu m$), d'après les rapports analytiques 2006-2007 de l'Etat de l'Environnement Wallon.

Notons qu'une législation européenne (directive/1999/30/CE) existe et stipule que le PM_{10} moyen ne peut excéder $40\ \mu g/m^3 \cdot an$ et que le nombre de jours dépassant la valeur de $50\ \mu g/m^3 \cdot an$ ne peut être supérieur à 35. Le dépassement des valeurs seuils en Belgique est localisé, comme on peut le voir sur les figures ci-dessous.

Figure 7-5 : Carte des concentrations moyennes en PM₁₀ – 2006 (en µg/m³)

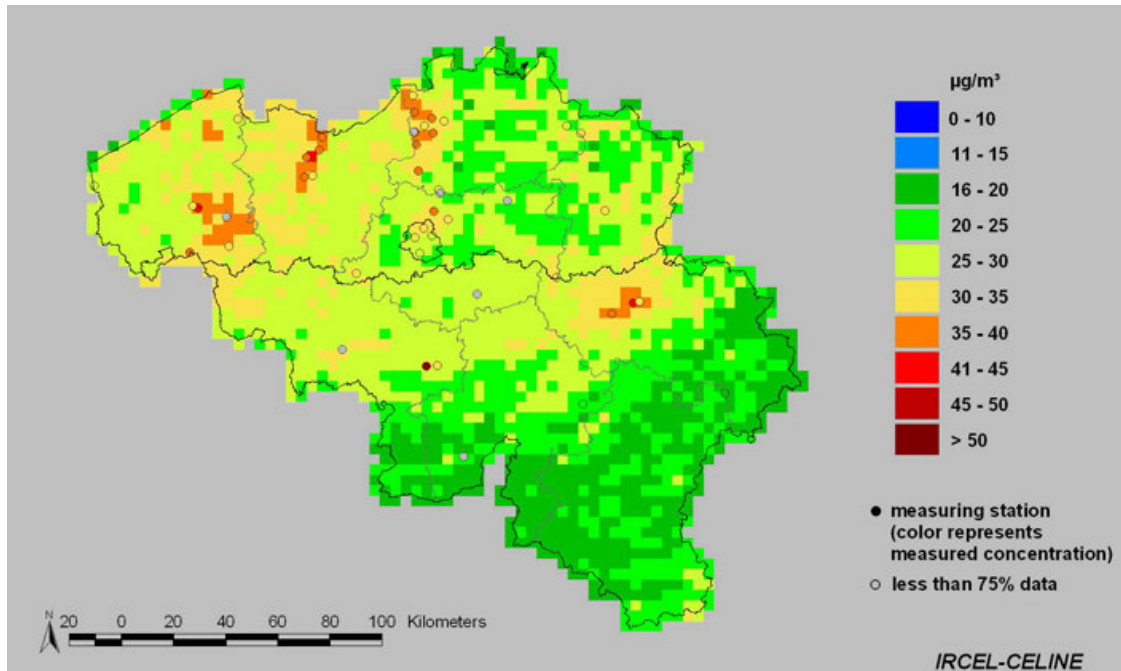
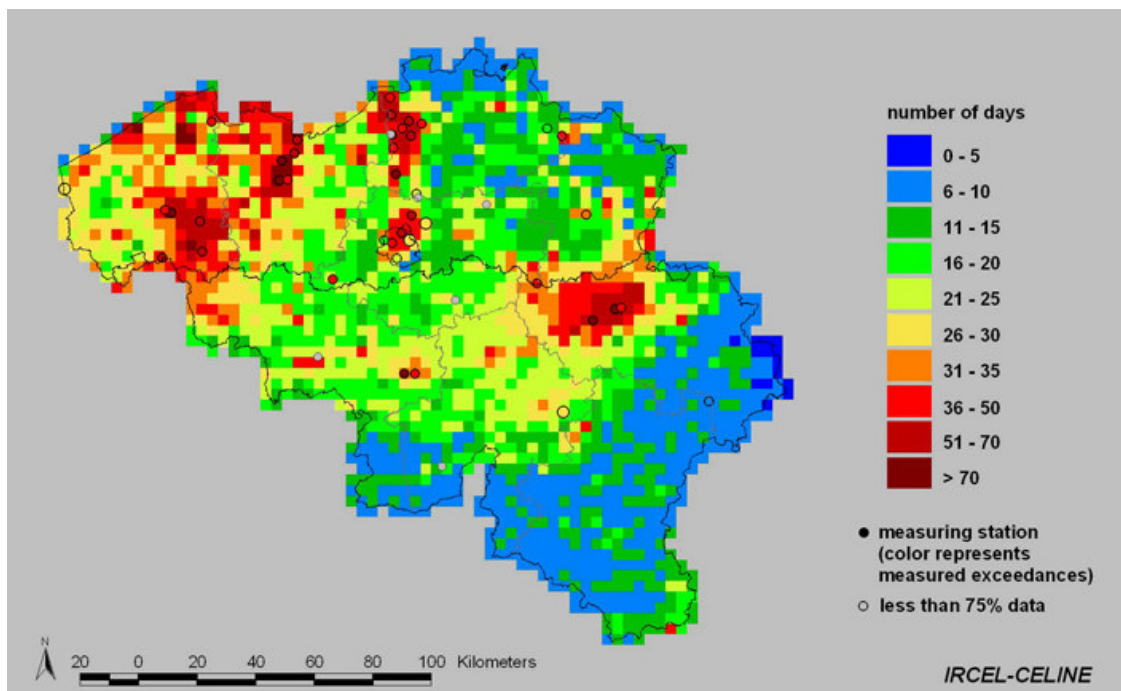


Figure 7-6 : Nombre de jours de dépassement de la valeur limite journalière en PM₁₀ – 2006 (> 50 µg/m³)



Note :

Ces cartes, portées à une résolution spatiale de 4 km, sont réalisées à l'aide de la technique d'interpolation RIO-Corine. Cette technique exploite les données d'occupation de surface disponibles dans la base de données (Corine) pour estimer les concentrations de PM₁₀ aux endroits où aucune mesure n'est disponible.

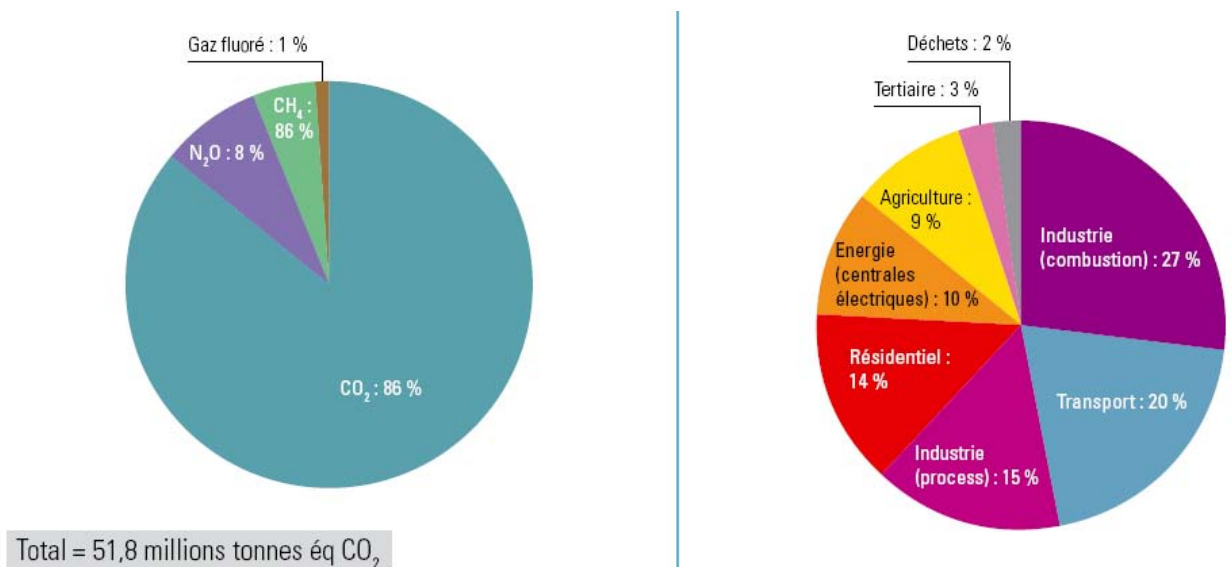
Gaz à effet de serre

Les différents gaz à effet de serre n'ont pas le même potentiel de participation au phénomène de réchauffement. Ainsi, par exemple, une tonne de méthane (CH_4) dans l'atmosphère agit sur l'effet de serre avec la même intensité que 21 tonnes de dioxyde de carbone (CO_2). Pour faciliter l'évaluation des émissions et des concentrations dans l'atmosphère, on a donc introduit la notion d'« équivalent CO_2 » c'est-à-dire la quantité de CO_2 qu'il faudrait pour obtenir le même effet qu'une quantité donnée de gaz à effet de serre. Ainsi, par exemple, 1 tonne de CH_4 représente 21 tonnes d'équivalent CO_2 .

En Wallonie, les émissions de gaz à effet de serre par an et par habitant sont en moyenne de 15,9 tonnes d'équivalents CO_2 . Ces émissions sont supérieures à la moyenne européenne qui est de 10,5 tonnes d'équivalents CO_2 par habitant. Cette valeur peut également être comparée aux émissions des Etats-Unis (24,5 tonnes éq. CO_2 /an.hab) ou de l'Inde (1,9 tonnes éq. CO_2 /an.hab).

Les émissions de gaz à effet de serre en Région wallonne (en termes d'équivalent CO_2), de même que la répartition des émissions entre les différentes origines, sont représentées à la figure ci-dessous, pour l'année 2004.

Figure 7-7 : Nature et origine des émissions de gaz à effet de serre en Wallonie (2004)



Extrait de rapport analytique 2006-2007 de l'Etat de l'Environnement Wallon

En Région wallonne, les émissions des gaz à effet de serre ont diminué de 5,4 % durant la période 1990-2004. Par contre, l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre liées aux transports est continue depuis 1990 et ne montre aucune tendance de ralentissement. Dans une moindre mesure, les émissions du secteur tertiaire et les émissions domestiques augmentent également, malgré l'existence d'un important potentiel de réduction, notamment dans l'isolation des bâtiments. L'augmentation des émissions de gaz à effet de serre dans les secteurs des transports, dans le tertiaire et dans les activités domestiques est compensée par une diminution des émissions dans d'autres secteurs (en particulier dans les activités industrielles, notamment sidérurgiques).

Certaines mesures récentes dans le domaine de l'énergie, telles que l'encouragement des énergies renouvelables via les certificats verts ou les incitants financiers à l'isolation des bâtiments, auront un impact significatif sur les émissions dans les prochaines années.

7.3. ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET

7.3.1. Effets de la phase de chantier

Aucun impact sur l'air et le climat n'est à craindre mis à part les rejets de gaz de combustion issus des pots d'échappement des engins de chantier et des camions acheminant les matériaux de construction.

Nous recommandons que les engins qui seront utilisés soient en ordre d'entretien et de contrôle technique afin de limiter ces émanations.

7.3.2. Effets de l'exploitation du parc éolien

7.3.2.1. Production énergétique

Le demandeur a réalisé une simulation du fonctionnement du parc éolien, sur base des données techniques des machines, et sur base de résultats de la simulation informatique du régime local des vents. La simulation des vents au point d'implantation du parc éolien résulte de la moyenne des mesures effectuées dans quatre stations (Saint-Hubert, Florennes, Melsbroek et Spa) pondérée en fonction de leur distance respective avec le site, en tenant compte de l'altitude des stations de mesure et du relief local. Le résultat de cette opération est présenté à l'annexe 7. La hauteur de référence pour ce calcul est de 50 m. Le régime de vent est extrapolé de 50 m à 100 m en tenant compte de la rugosité locale (hauteur moyenne des obstacles qui perturbent le vent : végétation, constructions, ...).

La modélisation du régime local des vents a été réalisée avec le logiciel WASP¹. Le calcul de productivité a été réalisé par le demandeur avec le logiciel Wind Pro.

Les performances des différents modèles d'éoliennes envisagés étant différents, le calcul de productivité a été réalisé pour chacun des modèles envisagés. Les résultats principaux sont résumés dans le tableau ci-dessous. Les chiffres qui y sont présentés tiennent compte de la légère perte d'énergie éolienne due aux perturbations du régime des vents, qui est induite par chaque éolienne sur ses voisines (effet de « sillage »).

Le résultat de la modélisation de la productivité est repris au Tableau 7-8.

¹ WASP : Wind Atlas Analysis and Application Program (application informatique qui permet de modéliser les régimes de vent)

Tableau 7-8 : Estimation de la production du parc éolien d'Assesse

Modèle	Enercon E82	Nordex N100	REpower 3.XM
Puissance nominale/éolienne	2,0 MW	2,5 MW	3,3 MW
Production brute (ensemble du parc éolien)*	28.352 MWh/an	33.698 MWh/an	38.837 MWh/an
Nombre d'éoliennes	6	6	6
Puissance installée totale	12 MW	15 MW	19,8 MW
Facteur capacité net	2.362 heures/an	2.246 heures/an	1.961 heures/an
Facteur de charge net	27 %	25,6 %	22,4 %

À partir de la production annuelle, exprimée en MWh, on peut déduire un « facteur de capacité », représentant le nombre d'heures nécessaire pour atteindre cette production annuelle si les machines tournaient en permanence à plein régime. Il est important de noter que les éoliennes tournent une plus grande partie du temps, ce qui a pour conséquence de mieux répartir la production énergétique et de limiter les ajustements nécessaires sur le réseau de distribution. En rapportant le nombre d'heures du facteur de capacité au nombre total d'heures au cours d'une année, on obtient le « facteur de charge », qui exprime la proportion de la capacité nominale de production qui est effectivement mise en œuvre par le vent pour obtenir la production annuelle.

Le facteur de charge est compris entre 22,4 et 27 % pour la production estimée.

On constate que le facteur de capacité, tout comme le facteur de charge, sont plus importants pour les modèles de plus faible puissance. Cette tendance semble tout à fait normale vu la vitesse de vent, plus élevée, nécessaire pour entraîner la rotation des pales de taille plus importante pour le dernier modèle (3,5 m/s pour la REpower 3.XM contre 3 et 2,5 m/s pour les deux autres modèles).

On note également qu'au contraire, les quantités d'électricité produites sont plus importantes pour les modèles les plus puissants malgré un facteur de charge plus faible.

À titre comparatif, les données les plus récentes¹ font état d'une puissance installée de 205,9 MW pour une production annuelle estimée de 458,55 GWh, soit un facteur de charge moyen de 25,4 % pour l'ensemble du territoire wallon. On constate dès lors que les valeurs avancées pour le parc éolien sont supérieures à cette moyenne pour les modèles d'éoliennes Enercon E82 et Nordex N100 tandis que celles relatives au modèle REpower 3.XM y sont inférieures.

En conséquence, sur base de cette estimation du rendement, le site est favorable au type d'éolienne envisagé.

¹ Calcul réalisé sur base des données les plus récentes de l'APERe (04/05/2009)

7.3.2.2. Incidences sur l'air et le climat

7.3.2.2.1. Modification du régime des vents

Une légère modification des coefficients de transport (échange de chaleur, humidité,...) est possible dans une zone d'environ 500 mètres autour du champ d'éoliennes. Des études ont indiqué qu'au passage de l'air brassé par le rotor de l'éolienne, l'intensité¹ de la turbulence de l'écoulement augmente d'environ 2 à 5 %. Ceci peut conduire à une modification comparable des coefficients de transport.

L'expérience acquise sur des champs d'éoliennes en fonctionnement montre que l'augmentation de la turbulence reste confinée dans une zone, appelée 'le sillage turbulent', d'une longueur équivalant à 5 fois le diamètre du rotor. Le cadre de référence pour l'implantation d'éoliennes en Région wallonne recommande de respecter une distance de sept fois le diamètre du rotor dans le sens des vents dominants et de 4 fois ce diamètre dans la direction perpendiculaire aux vents dominants. Le projet d'Assesse respecte une distance entre machines de 460 – 520 mètres minimum, ce qui répond aux recommandations du cadre de référence quand les machines sont alignées dans le sens opposé aux vents dominants (cas des éoliennes n° 1, n° 2, n° 3 et n° 4). Notons cependant que la distance de 700 m préconisée dans le cas d'éoliennes alignées dans le sens des vents dominants n'est pas tout à fait respectée. En effet, la distance séparant les éoliennes n° 6 et n° 4 est de 620 m tandis que celles séparant les autres éoliennes disposées dans le sens de vents dominants répond parfaitement aux recommandations (respectivement 770 et 1200 m pour la distance entre les éoliennes n° 3 et n° 5 et les éoliennes n° 5 et n° 6).

7.3.2.2.2. Assèchement des sols

Potentiellement, l'augmentation de la turbulence à proximité des éoliennes peut induire une augmentation des échanges thermiques et donc une augmentation théorique de l'évaporation de l'eau contenue dans le sol. En pratique, comme les turbulences au niveau du sol seront faibles, ce phénomène sera négligeable.

7.3.2.2.3. Emissions de gaz à effet de serre

En phase d'exploitation, le parc éolien ne génère aucune émission directe de gaz à effet de serre. Les émissions indirectes en phase d'exploitation sont celles générées par les travaux de maintenance. La construction et le démantèlement final des éoliennes sont également responsables d'émissions de gaz à effet de serre. Ces émissions sont très largement compensées par les émissions évitées tout au long de la période d'exploitation.

Le recours à l'énergie éolienne permet donc de réduire les émissions de gaz à effet de serre par rapport à une production égale d'électricité par les filières classiques. L'économie de ces émissions est présentée au tableau ci-dessous. Le calcul est basé sur le rapport annuel d'Electrabel 2005 concernant l'ensemble de ses moyens de production en Belgique. Nous ne disposons à ce jour d'aucune statistique récente et précise provenant d'une source fiable en

¹ intensité = RMS des fluctuations de vitesse/ vitesse moyenne.

ce qui concerne la valeur moyenne des émissions spécifiques de gaz à effet de serre en Belgique. Cette valeur est probablement comprise entre 300 et 350 g CO₂ / kWh électrique.

Nous calculons également les émissions de CO₂ évitées sur base des émissions spécifiques de la filière de référence utilisée par la CWaPE (centrale TGV). Afin de tenir compte de la disparité due à l'utilisation des différents modèles d'éoliennes, nous prendrons en compte les deux extrêmes : l'Enercon E82 et la REpower 3.XM. Notons également que, pour disposer d'une marge de sécurité par rapport à la production énergétique, nous avons tenu compte de la seconde valeur, présentée au Tableau 7-8, à savoir celle pour laquelle 10 % ont été soustraits.

Tableau 7-9 : Emission évitée de GES dans l'atmosphère pour les modèles Enercon E82 et REpower 3.XM

Référence	GES	Emissions spécifiques		Enercon E82	REpower 3.XM
		Valeurs brutes	Equivalent CO ₂	Emission annuelle évitée pour 28,35 GWh éolien (en équivalent CO ₂)	Emission annuelle évitée pour 38,85 GWh éolien (en équivalent CO ₂)
Production belge d'Electrabel en 2005*	CO ₂	248 g/kWh	248 g/kWh	7046 tonnes éq CO ₂ / an	9655 tonnes éq CO ₂ / an
	CH ₄	3,73 mg/kWh	0,078 g/kWh		
	N ₂ O	1,43 mg/kWh	0,444 g/kWh		
Centrale TGV (CWAPE)**	CO ₂	456 g/kWh	456 g/kWh	12.976 tonnes éq CO ₂ / an	17.716 tonnes éq CO ₂ / an

* : Production d'électricité de l'ensemble du parc d'ELECTRABEL en Belgique en 2005 (centrales classiques, centrales nucléaires et énergies renouvelables)

** : les centrales électriques classiques les plus performantes en termes de faible émission de CO₂ sont les centrales TGV (456 g/kWh). Cette émission de CO₂ est la référence utilisée par la CWaPE pour le calcul des certificats verts.

Soulignons que les centrales thermiques sont également responsables d'émissions de très faibles quantités de N₂O et de CH₄ qui sont également des gaz à effet de serre. En termes d'équivalent CO₂, ces émissions ne sont pas significatives par rapport aux émissions de CO₂ liées à la production électrique, comme on peut le constater dans le tableau ci-dessus.

Au niveau de la CWaPE¹, le coefficient d'émission de CO₂ de sources d'énergie primaires considéré pour la production d'électricité à partir d'une éolienne est de 0 kg de CO₂/MWh. Ce chiffre ne prend pas en compte les émissions de CO₂ liées à la fabrication des machines, leur transport jusqu'au site, aux travaux sur le site et à la maintenance.

Il est cependant possible de réaliser un bilan de CO₂ plus détaillé du cycle de vie d'une éolienne. La construction d'une éolienne génère des émissions de CO₂ : travaux en usine, énergie consommée pour le travail de conception, transport, chantier, maintenance et démantèlement. Notons que le recyclage de certains matériaux en fin de vie est également intégré dans l'analyse du cycle de vie. Une étude d'évaluation du cycle de vie réalisée par

¹ CWaPE : Commission Wallonne Pour l'Energie

Vestas Wind Systems A/S en 2006¹ sur base du modèle V90 3MW révèle que, durant son cycle de vie, une éolienne on-shore de 3 MW produit 732,2 tonnes de CO₂.

Si on considère l'économie d'émission de CO₂ de 456 g de CO₂ par kWh produit (filière de référence de la CWaPE), et en tenant compte des chiffres de production estimée d'une éolienne (4725 MWh/an dans le cas du modèle Enercon E82² et 6475 MWh/an pour le modèle 3.XM³), on constate que chacune des éoliennes permet une économie de 2154,6 et 2952,6 tonnes de CO₂ par an. En conséquence, il faudra entre 3 (REpower) et 4 (Enercon) mois suivant les modèles pour que le CO₂ émis pour la fabrication, la mise en place, la maintenance et le démantèlement de la machine soit compensé par les émissions évitées en phase d'exploitation. Notons que ce résultat est corroboré par une étude réalisée par l'Union européenne⁴ citant le chiffre de 190 tonnes de CO₂ émis pour la construction et l'implantation d'une éolienne de 400 kW.

Signalons également qu'il est bien établi que la production d'électricité par les éoliennes doit être conjuguée à d'autres moyens de production de manière à ce que l'ensemble de la production électrique comble la demande, aussi bien pendant les périodes venteuses, durant lesquelles les éoliennes fonctionnent, que pendant les périodes sans vent. La production électrique par le nucléaire n'est pas d'une souplesse suffisante pour ajuster la production de cette manière, la complémentarité est essentiellement assurée par les centrales thermiques utilisant généralement du combustible fossile et plus marginalement par les centrales thermiques utilisant de la biomasse. De par leur souplesse d'utilisation, les centrales électriques au gaz, de type TGV sont typiquement les mieux à même de compenser ces variations. Des émissions de CO₂ sont donc générées par les moyens de production complémentaires.

Certains détracteurs de l'éolien déduisent de cette nécessité d'ajustement que la production électrique par les éoliennes est la cause d'importantes émissions de CO₂ (puisque ce sont des centrales thermiques qui prennent le relais quand les éoliennes ne fonctionnent pas). En réalité, il faut considérer le problème dans l'autre sens : quand les éoliennes fonctionnent, elles permettent de réduire le régime de fonctionnement de centrales thermiques existantes. Des émissions des CO₂ sont donc évitées lorsque les éoliennes fonctionnent. Sans les éoliennes, ces centrales thermiques devraient fonctionner en permanence à un régime de production plus important pour répondre à la demande.

Notons cependant que l'adaptation du niveau de production de ces centrales thermiques en fonction du niveau de production des éoliennes nécessite de faire varier le taux de charge des centrales thermiques. Ces modifications du régime de la centrale thermique entraînent une consommation supérieure de combustible par rapport à un régime stationnaire.

Il est toutefois important de bien comprendre que l'équilibre entre la production et la demande sur le réseau électrique n'est jamais établi de façon stable, indépendamment de la problématique propre à l'éolien. En effet, d'une part, la consommation des ménages et des industries est fortement variable selon les saisons, les jours et les heures. D'autre part, les autres sources de production d'électricité sont aussi sujettes à des variations, dues par

¹ Life cycle assessment of offshore and onshore sited wind power plants based on Vestas V90-3.0MW turbines, 2006.

² 28.350 / 6

³ 38.850 / 6

⁴ Citée d'après : <http://energie.wallonie.be>

exemple à l'arrêt et à la mise en marche des turbines (pannes, maintenance, ...), à l'influence de la température des eaux de refroidissement sur le rendement des centrales thermiques et nucléaires, à l'influence du débit des cours d'eau sur l'électricité produite par les turbines installées au niveau de certains barrages, ... Des ajustements entre l'offre et la demande doivent donc de toutes manières être recherchés en permanence, qu'il y ait ou non des éoliennes sur le réseau. La complémentarité entre les différents modes de production d'électricité est nécessaire pour maintenir cet équilibre.

Afin de prédire effectivement la production de CO₂ liée aux ajustements entre les différents moyens de production, il est nécessaire de connaître non seulement l'ensemble de ces différents moyens de production mais également les variations du taux de charge des différentes installations, la variation de la consommation, le comportement de acteurs économiques intervenant dans la production et la façon dont ils répartissent à tout moment la production entre les différents moyens à leur disposition (avec et sans éoliennes). Ces relations très complexes concernent le fonctionnement de l'ensemble du parc de production belge (et même européen puisque les réseaux électriques sont de plus en plus intégrés au niveau international).

Il est bien entendu plus commode, pour gérer l'offre et la demande au niveau du réseau, de pouvoir compter globalement sur une production électrique éolienne la plus stable possible. À cet égard, la construction de nombreux parcs en Wallonie est intéressante car les variations locales de la vitesse du vent se compensent en partie mutuellement : lorsqu'il fait peu venteux au niveau d'un parc, il peut y avoir plus de vent au niveau d'un autre parc. Les modèles de prédiction du rendement des éoliennes permettent de planifier plus précisément l'utilisation des autres moyens de production. Notons également que l'intégration européenne des réseaux électriques permettra à l'avenir que les régimes intermittents des éoliennes des différents pays se compensent mutuellement pour tendre vers un niveau plus stable et plus facile à intégrer pour les gestionnaires de réseau (projet EWIS European Wind Integration).

7.3.2.2.4. Impact sur la qualité de l'air

L'exploitation des éoliennes ne générera aucune émission atmosphérique de CO₂, SO₂, NO_x, CH₄, COV, ni de particules en suspension au niveau du parc éolien d'Assesse.

Ce projet induit par contre une économie d'émissions de ces polluants dans l'atmosphère par rapport à une production identique d'électricité dans les différents types de centrales classiques du parc wallon ; ceci est présenté au tableau ci-dessous (toujours avec les chiffres de 2005, à défaut de données plus récentes).

Tableau 7-10 : Emissions évitées dans l'atmosphère

Paramètres	Emissions pour l'année 2005*	Emissions spécifiques*	Economie annuelle pour 28,35 GWh éolien (Enercon E82)	Economie annuelle pour 38,85 GWh éolien (REpower 3.XM)
SO ₂	28.536 t	405 mg/kWh	11,5 tonnes	15,7 tonnes
NO _x	24.942 t	354 mg/kWh	10 tonnes	13,8 tonnes
Poussières	2353 t	33 mg/kWh	0,9 tonne	1,3 tonnes

* : Production d'électricité de l'ensemble du parc d'ELECTRABEL en Belgique en 2005 (centrales classiques, centrales nucléaires et énergies renouvelables)

Lors de sa construction, de sa maintenance et de son démantèlement, un projet éolien produit des gaz polluants en quantité infime. Toutefois, nous donnons ci-après une estimation de la quantité de polluants produite lors du cycle de vie d'une éolienne basée sur l'analyse du cycle de vie d'un modèle Vestas V90, 3.0 MW on-shore¹.

Tableau 7-11 : Emissions polluantes liées au cycle de vie des éoliennes

Paramètres	Emissions spécifiques*	Emissions pour l'ensemble du parc - Enercon E82.	Emissions pour l'ensemble du parc – Repower 3.XM
SO ₂	21,8 mg/kWh	618 kg	847 kg
NO _x	17,7 mg/kWh	502 kg	688 kg
CO	3,13 mg/kWh	89 kg	122 kg

¹ Life cycle assessment of offshore and onshore sited wind power plants based on Vestas V90-3.0MW turbines, 2006.

7.4. CONCLUSIONS

D'après la modélisation du fonctionnement des éoliennes, le site proposé par le demandeur pour l'installation d'éoliennes présente un potentiel éolien adéquat. La production annuelle de l'ensemble du parc éolien est estimée respectivement à 28,4, 33,7 et 38,8 GWh pour les modèles d'éoliennes Enercon E82, Nordex N100 et REpower 3.XM. Le facteur de charge estimé est respectivement de 27, 25,6 et 22,4% alors que la moyenne du parc existant en Wallonie est de 25,4 %. On peut donc s'attendre à ce que la production électrique soit efficiente. Cette estimation prend en compte les perturbations locales du régime des vents, qui est induite par chaque éolienne sur ses voisines (effet de « sillage ») ainsi que des différentes périodes d'arrêt pour les travaux d'entretien et de maintenance.

La fabrication des éoliennes, leur transport, leur construction, leur démantèlement et, dans une moindre mesure, les travaux de maintenance, sont responsables d'émissions de gaz à effet de serre. Les quantités émises sont cependant rapidement compensées par les émissions évitées de gaz à effet de serre par le parc éolien. Une étude réalisée à ce sujet estime que la compensation est réalisée en 3 à 4 mois. L'économie d'émission de gaz à effet de serre qui sera assurée grâce au parc éolien d'Assesse est estimée comme suit, selon les différents modèles :

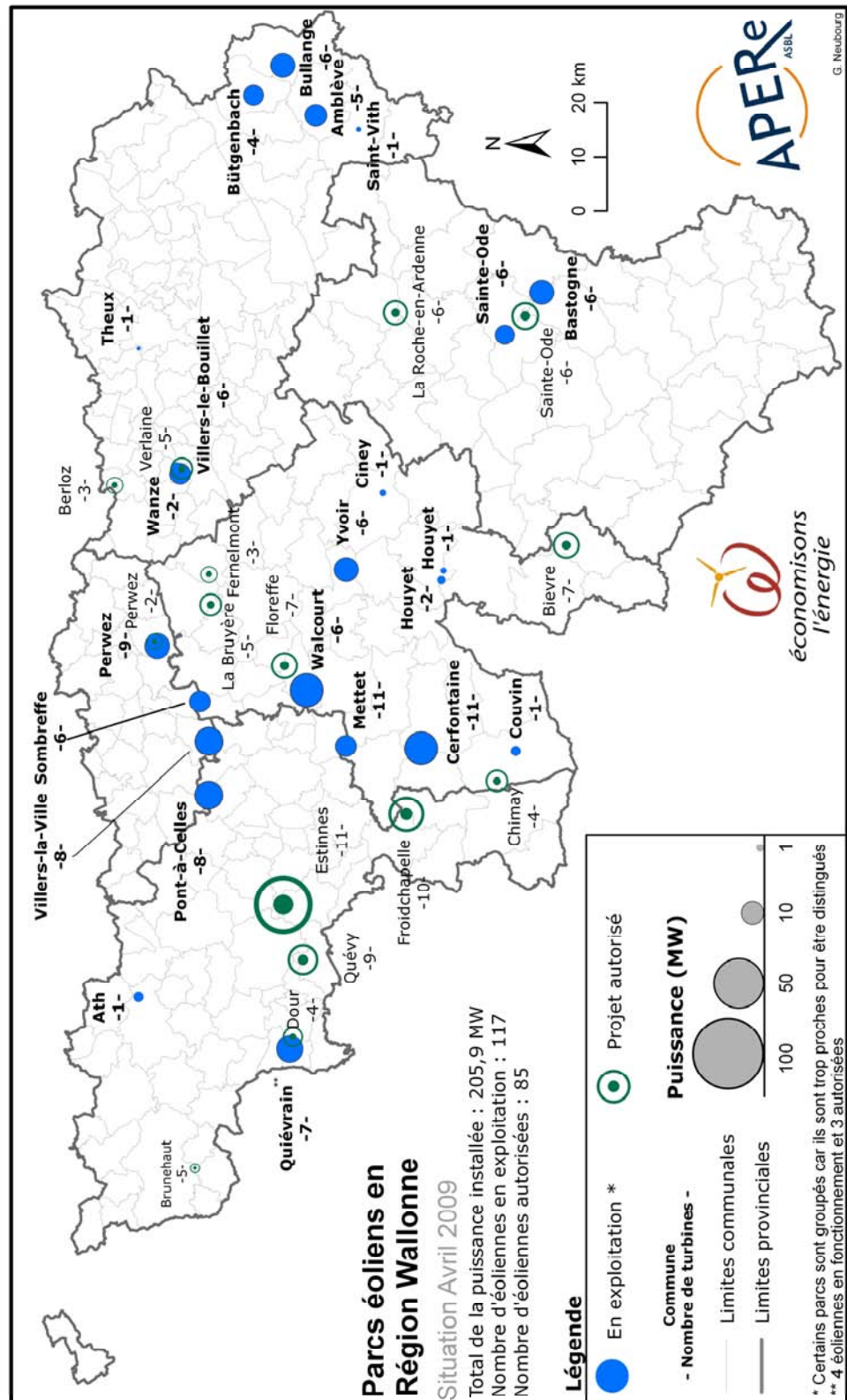
- entre 7046 et 9655 tonnes d'équivalent CO₂ par an si on se réfère au parc de production belge d'Electrabel ;
- entre 12.976 et 17.716 tonnes d'équivalent CO₂ par an si on se réfère à une centrale turbine-gaz-vapeur.

Les fournisseurs d'électricité sont tenus de justifier chaque année un pourcentage de l'électricité vendue avec des certificats verts (8 % en 2008, 12 % en 2012). Des certificats verts (CV) et des labels de garantie d'origine (LGO) sont octroyés aux producteurs d'électricité verte. Pour le calcul des certificats verts, la CWaPE considère un coefficient d'émission de l'énergie éolienne égal à 0 kg CO₂ / MWh.

Les impacts du parc éolien en fonctionnement sur la qualité de l'air sont positifs. En effet, outre la réduction des émissions de gaz à effet de serre, les éoliennes permettront d'éviter notamment des émissions de d'oxydes d'azote (NO_x), de dioxyde de soufre (SO₂) et de poussières. Ces polluants atmosphériques sont en effet générés par le fonctionnement des centrales thermiques, mais pas par les éoliennes.

Lorsque les éoliennes fonctionnent, elles permettent de réduire le régime de fonctionnement d'autres moyens de production, en particulier les centrales thermiques responsables d'émissions polluantes et l'utilisation de combustibles fossiles. Lorsque les éoliennes sont à l'arrêt ou ne produisent pas à leur capacité maximale, des centrales thermiques doivent prendre le relais pour compenser l'électricité non produite. Ces centrales, de par l'utilisation de combustibles fossiles, émettent des gaz à effet de serre et du CO₂. La consommation d'électricité n'étant pas stable, une complémentarité entre différents modes de production électrique est toujours nécessaire pour assurer la sécurité de l'approvisionnement électrique et ce, aussi bien si le parc de production comprend des sources éoliennes que s'il n'en comprend pas.

ANNEXE 7-1
CARTE DES PARCS DE PUISSANCE
IMPORTANTE (1MW ET PLUS)



ANNEXE 7-2
RÉSULTAT DE LA MODÉLISATION DES VENTS
POUR LE PARC ÉOLIEN D'ASSESE

