

CHAPITRE

7. AIR ET CLIMAT

TABLE DES MATIÈRES

7.	AIR ET CLIMAT	7-1
7.1.	CONTEXTE	7-5
7.1.1.	<i>Politique énergétique</i>	7-5
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>	7-7
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>	7-12
7.2.2.1.	Pollution atmosphérique	7-12
7.2.2.2.	Effets sur la santé.....	7-13
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	7-19
7.3.1.	<i>Effets de la phase de chantier</i>	7-19
7.3.2.	<i>Effets de l'exploitation du parc éolien</i>	7-19
7.3.3.	<i>Bilan énergétique de l'éolienne durant son cycle de vie</i>	7-21
7.3.3.1.	Incidences sur l'air et le climat.....	7-22
7.3.3.1.1.	Modification du régime des vents	7-22
7.3.3.1.2.	Emissions de gaz à effet de serre.....	7-23
7.3.3.1.3.	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 –SAINT-HUBERT (1992-2001) [%].....	7-12
FIGURE 7-3 :	ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS ACIDIFIANTS EN WALLONIE (D'APRÈS LE SERVEUR DE L'ÉTAT DE L'ENVIRONNEMENT WALLON, SPW)	7-16
FIGURE 7-4 :	CARTE DES CONCENTRATIONS MOYENNE EN PM ₁₀ – 2006 (EN µG/M3)	7-17
FIGURE 7-5 :	NOMBRE DE JOURS DE DÉPASSEMENTS DE LA VALEUR LIMITE JOURNALIÈRE EN PM ₁₀ – 2006 (> 50 µG/M3)	7-17
FIGURE 7-6 :	NATURE ET ORIGINE DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE EN WALLONIE (2004)	7-18
FIGURE 7-7 :	PERTE D'ÉNERGIE ÉOLIENNE LIÉE À UNE LISIÈRE FORESTIÈRE	7-21

TABLEAUX

TABLEAU 7-1 : PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ EN WALLONIE EN 2007	7-7
TABLEAU 7-2 : PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ BASÉE SUR LE RENOUELEBLE EN WALLONIE EN 2007-8	
TABLEAU 7-3 : EVOLUTION DE LA QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ ÉOLIENNE PRODUITE EN WALLONIE, ÉCONOMIE DE CO ₂ ET CONTRIBUTION DE L'ÉOLIEN À LA PRODUCTION D'ÉNERGIE RENOUELEBLE EN WALLONIE	7-9
TABLEAU 7-4 : TEMPÉRATURES (°C) – NEUFCHÂTEAU	7-10
TABLEAU 7-5 : PLUVIOSITÉ (L/M ²) – NEUFCHÂTEAU	7-11
TABLEAU 7-6 : INSOLATION (H/AN) – NEUFCHÂTEAU	7-11
TABLEAU 7-7 : VITESSE DES VENTS (M/S) À NEUFCHÂTEAU (10 M DE HAUTEUR)	7-11
TABLEAU 7-8 : ESTIMATION DE LA PRODUCTION DU PARC ÉOLIEN DE FAUVILLERS.....	7-19
TABLEAU 7-9 : DISTANCE ET ORIENTATION ENTRE LES ÉOLIENNES.....	7-23
TABLEAU 7-10 : ÉMISSION ÉVITÉE DE GES DANS L'ATMOSPHÈRE	7-24
TABLEAU 7-11 : ÉMISSION ÉVITÉE DANS L'ATMOSPHÈRE	7-26
TABLEAU 7-12: ÉMISSIONS POLLUANTES LIÉES AU CYCLE DE VIE DES ÉOLIENNES	7-26

ANNEXES

ANNEXE 7-1 : LOCALISATION DES PARCS DE PUISSANCE IMPORTANTE (1MW ET PLUS) EN WALLONIE	
---	--

7.1. CONTEXTE

7.1.1. Politique énergétique

Depuis de nombreuses années, les scientifiques ont 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 (PM 10) et de gaz à effet de serre (GES 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 à réduire ses émissions de gaz à effet de serre sur la période 2008-2012, de 7,5% par rapport au niveau de 1990. Le plafond d'émissions affecté à la Belgique pour les 6 GES et, en moyenne annuelle 2008-2012 de 135.873,736 kt (dont 50.683,318 kt pour la Wallonie)

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...).

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. Selon l'exécutif européen, porter à 20% la part des renouvelables dans la consommation énergétique européenne revient en fait à produire au moins 33% d'électricité à partir d'énergie renouvelable d'ici 2020. L'objectif pour la Belgique est de porter la part des énergies renouvelables dans sa consommation à 13% d'ici 2020. Bien que la négociation qui répartit l'effort à fournir entre les trois régions du pays n'ait pas encore abouti, 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. Ce plan indiquera la part de l'éolien dans la production d'énergie projetée.

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 »

L'organisation de la politique de vérification, de soutien et de traçabilité de la production d'électricité verte est organisée comme suit en région wallonne :

- 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 donnée³.

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, etc...). 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 :

- l'octroi de deux fois plus de certificats verts aux productions reconnues comme innovantes ;
- l'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 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 chaque année se procurer

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 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)).

obligatoirement un nombre de certificats verts calculé sur base de la quantité d'électricité qu'il a vendue, alors qu'il décide librement 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

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 techniques. En effet, les surfaces exploitables pour le photovoltaïque (toitures des bâtiments) sont importantes. Toutefois le coût du MWh éolien reste moins élevé que le coût du MWh photovoltaïque.

D'après les données les plus récentes dont nous disposons (année 2007), 4,7 % de la production d'électricité en Wallonie est réalisée à partir des énergies renouvelables (hydraulique, biomasse, éolien principalement). La contribution des différentes sources à la production électrique wallonne est représentée dans les tableaux et le graphique ci-dessous.

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	5 973	18,7
Charbon	388	1,2
Autres combustibles fossiles	830	2,4
Renouvelable	1 609	4,7
TOTAL	33 911	100,00%

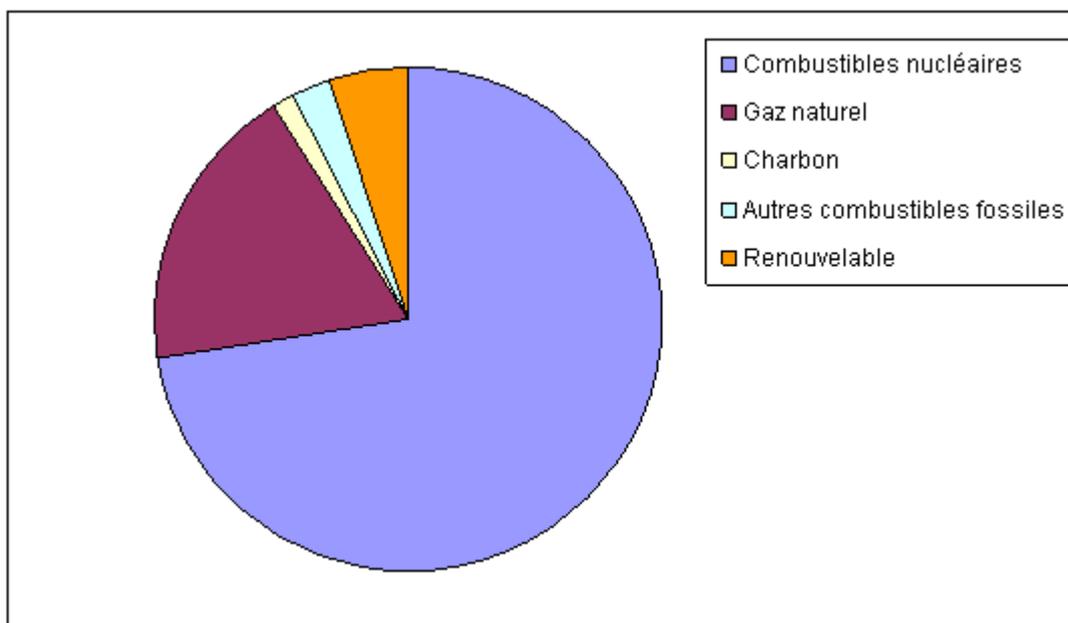
Source: données compilées par l'Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable dans son « Rapport sur le Bilan Energétique de la Région wallonne 2007 », version 2 publiée en décembre 2008

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

Sources d'énergie		(GWh)	Proportion de la production électrique wallonne (%)
Biomasse	Déchets organiques incinérés ¹	34,8	0,102
	Sous-produits végétaux et animaux ²	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		1 609,1	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 »

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

¹ Valorisation énergétique des combustibles de substitution (boues de stations d'épuration, des déchets de cigarettes, des farines et graisses animales, de la mélasse, des sciures, des semences, des marcs de café, etc.) et le bois énergie

² Les sous-produits végétaux comprennent le bois, les déchets de transformation du bois (sciures, copeaux, ...), les déchets forestiers (écorces, ...), les déchets papetiers (liqueur noire, ...) et les produits végétaux solides (paille, céréales, ...). Les « sous-produits animaux » sont des graisses animales ou des déchets d'abattoirs transformés pour produire de l'électricité et/ou de la chaleur par combustion

La production d'électricité sur base de 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 est cependant actuellement en train de connaître un développement très rapide, et les estimations les plus récentes de la production annuelle éolienne installée est de 610,75 GWh, (données de l'APERe au 01/10/09) soit plus du double des chiffres présentés dans le tableau 7-2 , 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 7-3.

Tableau 7-3 : Evolution de la quantité d'électricité éolienne produite en Wallonie, économie de CO₂ et contribution de l'éolien à la production d'énergie renouvelable en Wallonie

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 PCI 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 de Fauvillers est tempéré humide de type océanique. Toutefois, des microclimats plus humides et plus frais sont présents dans les vallées. 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 Neufchâteau à une vingtaine de kilomètres à l'ouest du parc éolien.

En ce qui concerne les données relatives aux directions des vents, il faut se référer à la station la plus proche pourvue des dispositifs de mesures spécifiques, située à Saint-Hubert, soit à une quarantaine de kilomètres au nord-ouest de Fauvillers. Les moyennes ont été calculées durant la période s'étalant de 1992 à 2001.

7.2.1.2. Températures

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

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy annuelle
Min	-2,8	-2,1	-0,3	2,9	5,9	8,9	10,7	10,7	8,2	4,7	1,3	-1,4	4.2
Max	2,1	3,4	6,4	11,0	15,0	18,1	19,8	19,5	17,2	12,0	6,0	2,5	12.9
Moy	-0,3	1,3	3,0	6,9	10,4	13,5	15,2	15,1	15,4	8,35	3,65	0,55	8.6

La température moyenne annuelle est inférieure 10°C. Juillet est le mois le plus chaud (moyenne: 15,1°C) et janvier le plus froid (moyenne: -2,8°C). La première gelée apparaît en moyenne mi-octobre (10/10), la dernière en moyenne fin mai (20/10). En moyenne, il gèle 115 jour par an.

7.2.1.3. Précipitations

La quantité moyenne d'eau recueillie est de 856 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 entre le 10 et le 15 novembre, et la date moyenne des dernières neiges au sol est entre le 15 et le 20 avril.

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

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot
Moy	108	86	80	70	76	81	89	90	88	97	103	112	1080

7.2.1.4. Insolation

Mai 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 (1.604 h) peut être comparé au total annuel des durées pendant lesquels le soleil est « levé » (soit environ 4.500 h).

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

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot
Moy	47	77	132	165	202	210	222	178	158	124	53	36	1604

Source : IRM

7.2.1.5. Vents

Comme on peut le constater à la vue du tableau ci-dessous, la vitesse moyenne des vents à Neufchâteau est de 4,48 m/s, soit 14 km/h. Les vents sont moins puissants au cours de l'été comparés à la fin de l'automne et à l'hiver.

Tableau 7-7 : Vitesse des vents (m/s) à Neufchâteau (10 m de hauteur)

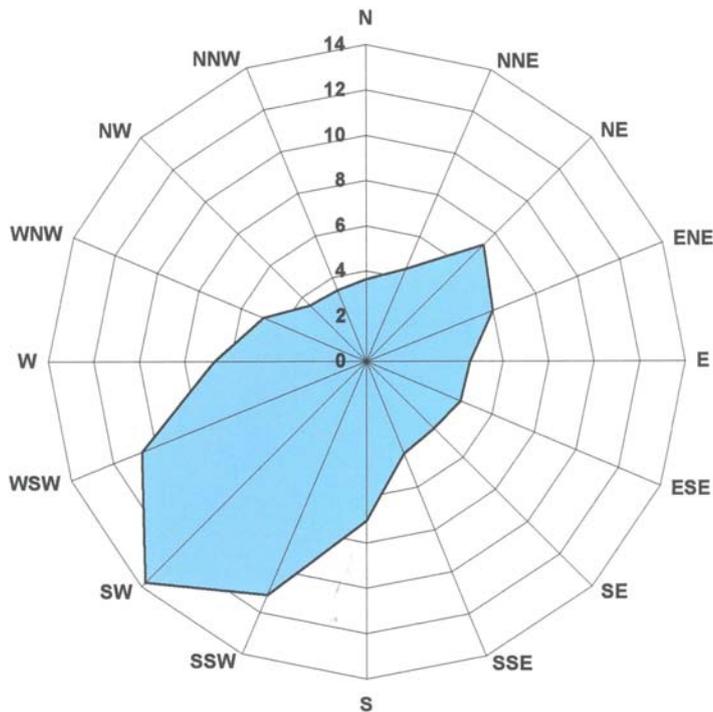
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
Moy	5,4	5,0	4,7	4,4	4,1	3,9	3,8	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	4,48

Source : IRM

La rose des vents, construite à partir de données provenant du service de climatologie situé à Saint-Hubert, 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 13 % du temps du secteur sud-ouest, pour 10.9% du temps du secteur sud-sud ouest et 10,4 % du secteur ouest-sud ouest.

Sur cette rose des vents, on peut également observer que la seconde direction majeure des vents est le nord-est. .

Figure 7-2 : Rose des vents –Saint-Hubert (1992-2001) [%]



Dans le cadre de l'évaluation de productivité du parc éolien en projet, des données de vent disponibles pour la station de Sainte-Ode à environ 20 km au nord-ouest du site d'implantation du projet ont été exploitées. Ces données de mesures s'étalent sur plusieurs années (1995-2000) et ont été mesurées à 30 m de hauteur¹. A cette hauteur, la vitesse moyenne du vent est de 5,6 m/s. Le bureau d'études 3^{E2} a estimé³ la vitesse de vent moyenne à la hauteur du moyeu (100 m) à 6,36 m/s.

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

¹ Cette campagne de mesure a été réalisée par l'ISSeP¹ dans le cadre du développement de leur réseau de mesures.

² 3^E nv, Calcul du productible Quickscan, 20/08/2009

³ A l'aide du logiciel WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program (application informatique qui permet de modéliser les régimes de vent) et sur base des données météo de la station de Saint-Ode

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 particuliers 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. A court terme, certains polluants atmosphériques (NO₂, SO₂, PM₁₀, COV) peuvent causer des difficultés respiratoires, des irritations, de l'asthme ou une sensibilité accrue aux infections respiratoires.

A plus long terme, certaines substances (PM₁₀, COV) peuvent induire des problèmes respiratoires chroniques, des maladies cardio-vasculaires et des cancers. Les particules fines (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 CO₂.

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 NO₂ 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 (SO₂) 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 (NH₃) 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). A cause de cette modification dans la composition de

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

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 GIEC¹, 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.

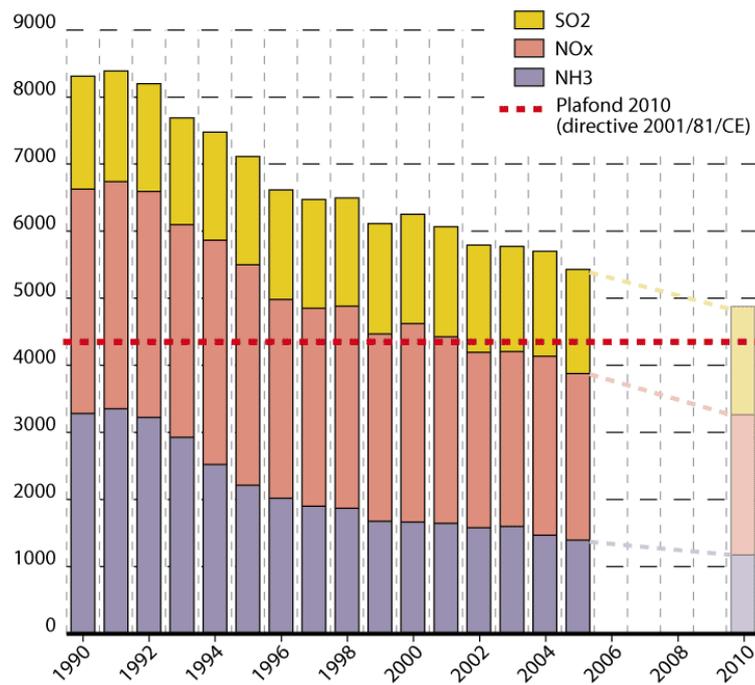
7.2.2.5. Situation en Wallonie

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 pendant ces années. Un objectif de réduction des émissions en polluants acidifiants est fixé pour 2010, comme l'illustre le graphique 7-3 (extrait du tableau de bord 2008 de l'état de l'environnement wallon).

¹ GIEC, Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évaluation du climat

Figure 7-3 : Evolution des émissions de polluants acidifiants en Wallonie (d'après le serveur de l'état de l'environnement wallon, SPW)



TBE 2008 – Source: SPW - DGO3 - AWAC

Particules fines

La problématique des particules en suspension (PM_{10}) est régulièrement relayée dans l'actualité ces dernières années en Belgique, suite à plusieurs dépassements des seuils d'alerte lors de la période de hautes pressions observée d'ailleurs l'hiver dernier. 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 représentées 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 $10\ \mu m$ (PM_{10}) ont été évaluées à 22 000 tonnes, dont 2/3 sont des particules fines ($<2,5\ \mu m$ ou $PM_{2,5}$), 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 sont localisés, comme on peut le voir sur les figures ci-dessous.

Figure 7-4 : Carte des concentrations moyenne en PM₁₀ – 2006 (en µg/m³)

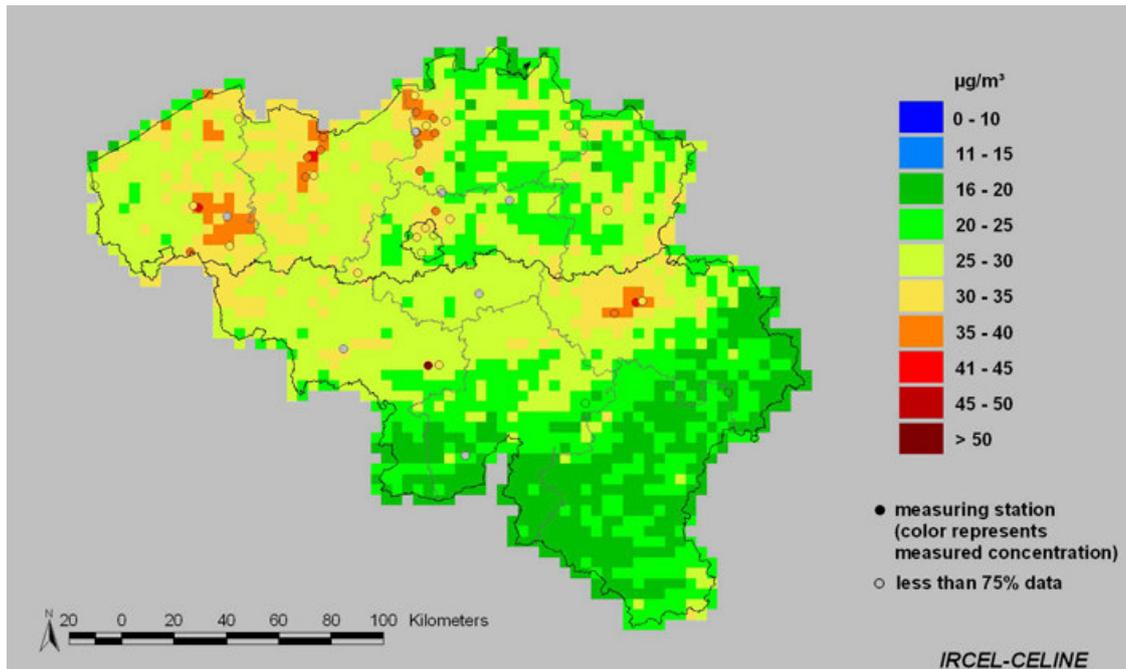
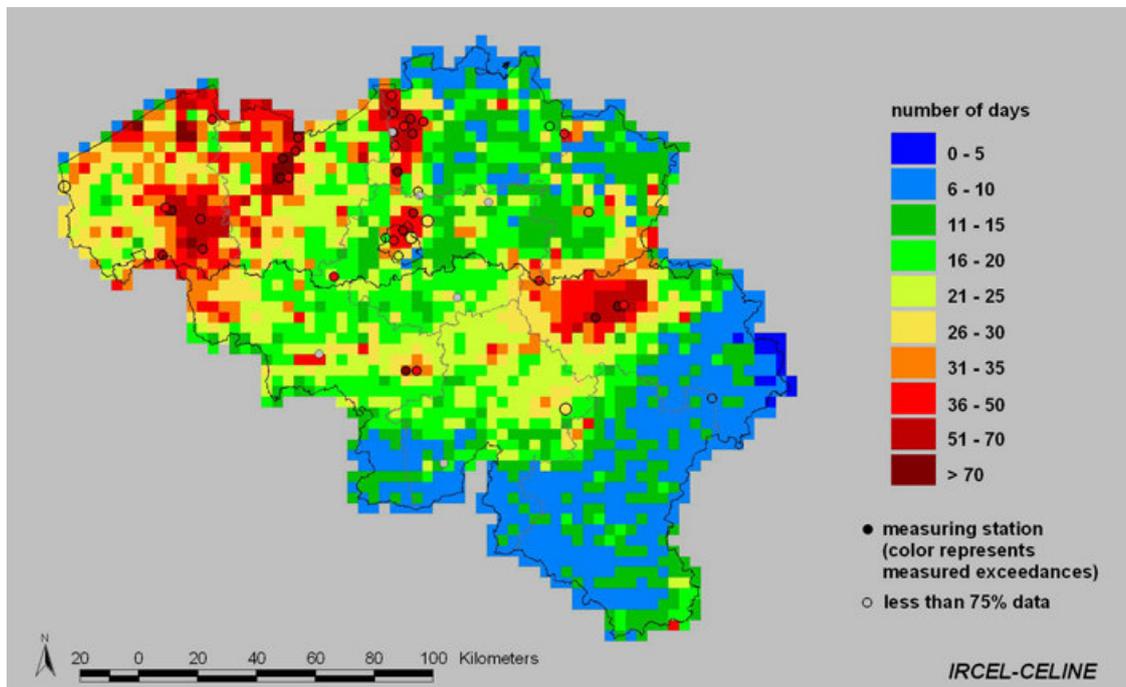


Figure 7-5 : Nombre de jours de dépassements de la valeur limite journalière en PM₁₀ – 2006 (> 50 µg/m³)



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.

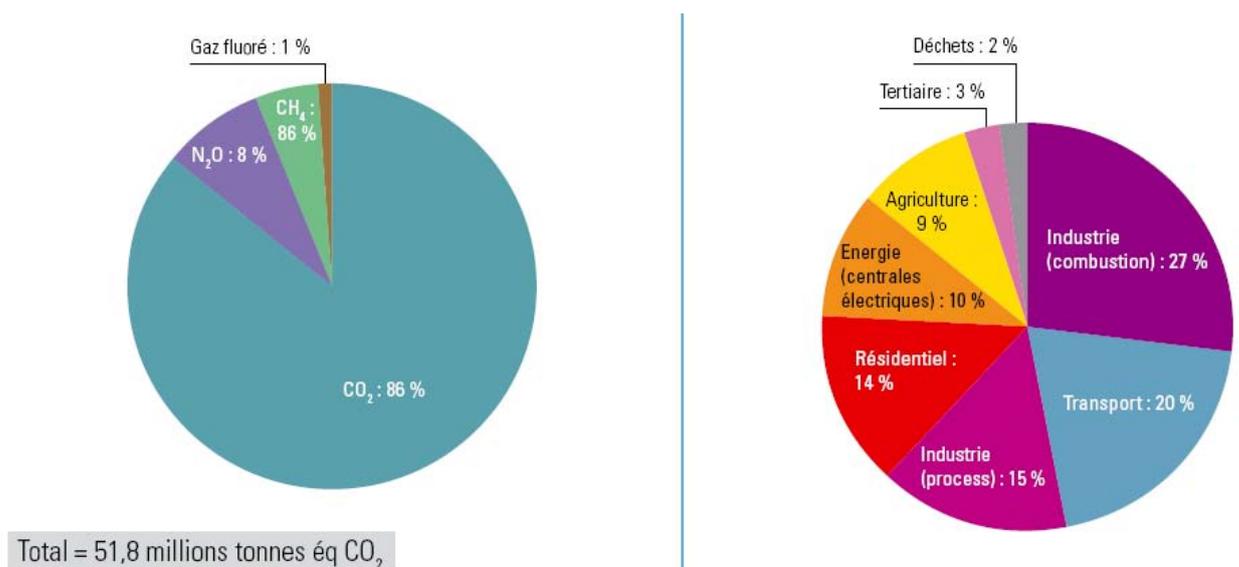
Gaz à effet de serre

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 (CH₄) dans l'atmosphère agit sur l'effet de serre avec la même intensité que 21 tonnes de dioxyde de carbone (CO₂). Pour faciliter l'évaluation des émissions et des concentrations dans l'atmosphère, on a donc introduit la notion d'« équivalent CO₂ » c'est-à-dire la quantité de CO₂ qu'il faudrait pour obtenir le même effet qu'un gaz à effet de serre donné.

En Wallonie, les émissions de CO₂ par an et par habitant sont en moyenne de 15,9 tonnes d'équivalents CO₂. Ces émissions sont supérieures à la moyenne européenne qui est de 10,5 tonnes d'équivalents CO₂ par habitant. Cette valeur peut également être comparée aux émissions des Etats-Unis (24,5 tonnes éq. CO₂/an.hab) ou de l'Inde (1,9 tonnes éq. CO₂/an.hab).

Les émissions de gaz à effet de serre en Région Wallonne (en équivalent CO₂), de même que la répartition des émissions entre les différentes origines, sont représentées à la figure ci-dessous, pour l'année 2004.

Figure 7-6 : 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 au transport routier est continue depuis 1990 et ne montre aucune tendance à se ralentir. 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.

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 soient en ordre d'entretien et de contrôle technique afin de limiter ces émanations.

7.3.2. Effets de l'exploitation du parc éolien

Le demandeur a fait réaliser une simulation du fonctionnement du parc éolien, sur base des données techniques des machines, des mesures de vents à 30 m de hauteur à la station météo de Sainte-Ode et sur base de résultats de la simulation informatique du régime local des vents par le bureau d'étude 3^E (comme déjà abordé au point 7.2.1.5). Les résultats principaux sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7-8 : Estimation de la production du parc éolien de Fauvillers

Modèle	GE 2,5	N100/2500	REpower 3.3M
Constructeur	General Electric	Nordex	Repower
Puissance nominale/éolienne	2,5 MW	2,5 MW	3,3 MW
Production brute ¹ (ensemble du parc éolien)	131.490 MWh/an	131.490 MWh/an	173.566 MWh/an
Production nette ²	32.905 MWh/an	33.685 MWh/an	38.977 MWh/an
Nombre d'éoliennes	6	6	6
Puissance installée totale	15 MW	15 MW	19,8 MW
Facteur de capacité net	2.194 h	2.246 h	1.969 h
Facteur de charge net	24,6 %	25,3 %	22,3 %

Les chiffres donnés pour la production nette tiennent compte des périodes d'arrêt de fonctionnement pour les travaux d'entretien, ainsi que des pertes électriques au niveau des transformateurs. Ils considèrent également 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 »).

A partir de la production annuelle, exprimée en MWh, on peut déduire un « facteur de capacité » qui est le nombre d'heures qui serait nécessaire pour atteindre cette production annuelle si les machines tournaient en permanence à plein régime. Ce chiffre atteint 1.969 à 2.246 heures selon le type de machine. En rapportant ce nombre d'heures au nombre total d'heures dans une année, on trouve le « facteur de charge », qui exprime la proportion de la

¹ La production brute représente l'énergie potentielle théorique si les machines fonctionnaient à leur puissance nominale durant toute l'année (soit par exemple 2,5 MW * 8766,25h * 6 machines)

² En tenant compte des pertes de sillage et d'exploitation (environ 5% soit 3% dus à l'indisponibilité des éoliennes et 2% dus aux pertes dans les transformateurs et les câbles)

capacité nominale de production qui est effectivement mise en œuvre par le vent, pour obtenir la production annuelle.

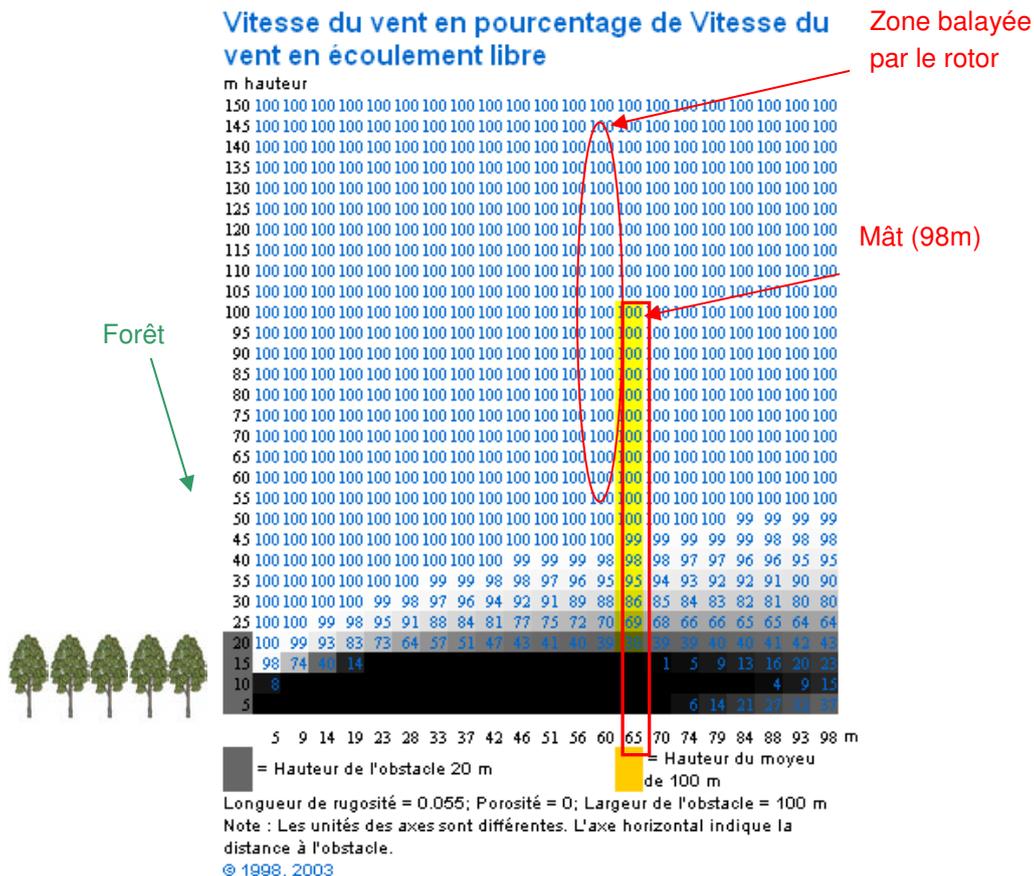
Le facteur de charge est estimé entre 24,6 et 25,3 %. A titre comparatif¹, la puissance installée des éoliennes de grande dimension en Wallonie est actuellement de 271,9 MW pour une production annuelle estimée à 610 750 MWh, ce qui revient à un facteur de charge moyen en Wallonie de l'ordre de 25,6 %. Le modèle Nordex appliqué au parc éolien de Fauvillers a le facteur de charge le plus élevé et similaire à la moyenne wallonne. Le modèle Général Electric montre un facteur de charge légèrement inférieur tandis que le modèle REpower développe une capacité nominale pour obtenir la production annuelle nettement plus basse. Cela peut s'expliquer par une vitesse de vent minimale pour que l'éolienne produise relativement élevée (4 m/s).

L'éolienne 2 est placée à environ 65 mètres d'une lisière forestière. On peut ainsi se demander si le rendement énergétique de ces éoliennes ne sera pas diminué par la présence de cet obstacle naturel. Pour répondre à cette question, une simulation de la modification de rendement énergétique de l'éolienne en présence d'un obstacle a été réalisée grâce à un modèle mis à disposition par l'Association Danoise de l'Industrie Eolienne (Danish Wind Industry Association).

Ce modèle est basé sur la rugosité du sol, la hauteur du rotor, la distance entre la turbine et l'obstacle, la hauteur de l'obstacle, sa largeur et sa porosité.

¹Calcul établi sur base sur les données les plus récentes de l'APERe (14/12/2007).

Figure 7-7 : Perte d'énergie éolienne liée à une lisière forestière



Hypothèses : mât = 98 mètres, distance entre l'éolienne et la lisière = 65mètres,
Le niveau 100 est fixé comme étant le niveau d'énergie éolienne en l'absence d'obstacle.

Selon le résultat de la modélisation, on constate qu'il n'y a pas de baisse de l'énergie éolienne dans la zone balayée par le rotor. L'altitude jusqu'à laquelle les turbulences (et donc la perte d'énergie) sont observées augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'obstacle.

7.3.3. Bilan énergétique de l'éolienne durant son cycle de vie

Une certaine quantité d'énergie est nécessaire à la réalisation de l'entièreté du cycle de vie de l'éolienne (conception, chantier, exploitation, démantèlement et recyclage éventuel). Comparons la production d'énergie éolienne durant son exploitation avec la consommation d'énergie nécessaire au cycle de vie. Un bilan énergétique d'une éolienne type sur base de l'évaluation de son cycle de vie a été réalisé par Vestas sur base du modèle V90-3.0 MW¹.

Sur base des données disponibles pour le modèle V90 3MW on shore, la quantité d'énergie consommée par une éolienne s'élève à 27,3 Wh/kWh soit 4 304 222 kWh durant sa période d'exploitation.

La consommation énergétique d'une éolienne au cours de son cycle de vie divisé par la production totale de cette même éolienne durant la même période établit le temps d'exploitation nécessaire pour récupérer l'énergie consommée pour la fabrication, le transport, l'implantation et le démantèlement de la machine. D'après ce rapport d'évaluation du cycle de vie, pour une turbine 3.0 MW, l'énergie consommée pour la production des éoliennes est compensée par la production d'énergie durant 6,6 mois².

7.3.3.1. Incidences sur l'air et le climat

7.3.3.1.1. 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'intensité³ 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 équivalente 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 7 x le diamètre du rotor dans le sens des vents dominants et de 4 x ce diamètre dans les autres directions. Le respect de cette recommandation permet d'optimiser l'utilisation du potentiel éolien du site, en évitant que le fonctionnement de certaines machines soit perturbé par d'autres.

Les distances entre éoliennes pour le projet du parc éolien de Fauvillers sont présentées dans le tableau 7-9.

¹ "Life cycle assessment of offshore and onshore sited wind power plants based on Vestas V90-3.0MW turbines", 21-06-2006.

²Le temps de retour est calculé comme suit : $4\,303\,222 \text{ [kWh/turbine]} / 7\,890\,000 \text{ [kWh/turbine an]} = 0,55$ an

³ intensité = RMS des fluctuations de vitesse/ vitesse moyenne

Tableau 7-9 : Distance et orientation¹ entre les éoliennes

	E1	E2	E3	E4	E5
E2	490 SSE				
E3	920 SSE	437 SSE			
E4	2020 SSW	1550 SSW	1170 SSW		
E5	2555 SSE	2070 SSE	1650 SSE	700 SSE	
E6	3290 SSW	2800 SSW	2380 SSW	1576 SSE	870 SSE

On constate que les distances entre machines sont largement suffisantes par rapport au cadre de référence. En effet, le rotor a 100 mètres (pour les modèles GE 2,5 et N 100) et 105 mètres de diamètre pour le modèle RE 3.3M; l'écartement entre machines doit donc être de 700 à 735 mètres dans le sens des vents dominants (axe sud-ouest à nord-est) et de 400 à 420 mètres dans le sens perpendiculaire aux vents dominants. Toutes les distances entre machines respectent les distances recommandées dans le cadre de référence.

7.3.3.1.2. 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 productions en Belgique. Nous ne disposons à ce jour d'aucune statistique récente et précise provenant d'une source fiable en 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).

¹ Les orientations sont données pour les éoliennes de la première colonne en fonction des éoliennes de la première ligne

Tableau 7-10 : Emission évitée de GES dans l'atmosphère

Référence	GES	Emissions spécifiques		Emission annuelle évitée pour 32,9 GWh ¹ éolien (en équivalent CO ₂)
		Valeurs brutes	Equivalent CO ₂	
Production belge d'Electrabel en 2005*	CO ₂	248 g/kWh	248 g/kWh	8 159 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	15 002 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 d'émission faible de CO₂ sont les centrales TGV (456 g/kWh). Cette émission de CO₂ est la référence utilisée par la CWaPE dans le cadre du calcul des certificats verts.

Soulignons que les centrales thermiques sont aussi 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.

Au niveau de la CWaPE², 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, à la maintenance et au démantèlement.

Il est cependant possible de réaliser un bilan de CO₂ plus détaillé au cours du cycle de vie d'une éolienne. Il faut pour cela prendre en compte la construction de l'éolienne, générant des émissions de CO₂ : travaux en usine, énergie consommée pour le travail de conception, transport, chantier, ainsi que la maintenance et le 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 Vestas Wind Systems A/S en 2006³ sur base du modèle V90 3MW révèle que durant son cycle de vie, une éolienne on shore de 3MW produit 4,64 g CO₂/kWh. Si on applique ces chiffres à la production estimée du projet éolien de Fauvillers (32,9 GWh/an⁴), on voit que le parc éolien produit 152 tonnes CO₂/an. Si l'on considère l'économie d'émission de CO₂ de 456 g de CO₂ par kWh produit (filière de référence de la CWaPE), on constate que le parc éolien de Fauvillers permet une économie d'environ 15 000 tonnes de CO₂ par an. En conséquence, il faudra environ 3 mois 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 Européenne⁵ citant le chiffre de 190 tonnes de CO₂ émis pour la construction et l'implantation d'une éolienne de 400 kW.

¹ Nous nous basons sur les chiffres de production les moins élevés (worst case) du modèle GE 2,5

² CWaPE : Commission Wallonne Pour l'Energie

³ Life cycle assessment of offshore and onshore sited wind power plants based on Vestas V90-3.0MW turbines, 2006

⁴ La production estimée se base sur les chiffres minimum de production (soit 32,9 GWh pour la GE 2,5)

⁵ Citée d'après : <http://energie.wallonie.be>

Signalons également qu'il est bien établi que la production d'électricité éolienne doit être accompagnée d'autres moyens de production de manière à ce que l'ensemble de la production électrique satisfasse la demande, aussi bien pendant les périodes venteuses, durant lesquelles les éoliennes fonctionnent, que pendant les périodes sans vent. Comme la production électrique par le nucléaire n'a pas 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 des centrales thermiques. Des émissions de 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.

Il faut bien se rendre compte 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 fort 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 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 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.

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. A cet égard, la multiplication des parcs en Wallonie est intéressante car les variations locales de la vitesse du vent se compensent partiellement mutuellement : lorsqu'il fait peu venteux au niveau d'un parc, il peut y avoir plus de vent au niveau d'un autre parc.

7.3.3.1.3. 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.

Ce projet induit donc 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 pour les chiffres de production minimum et maximum estimés (avec les chiffres de 2005, à défaut de données plus récentes).

Tableau 7-11 : Emission évitée dans l'atmosphère

Paramètres	Emissions pour l'année 2005*	Emissions spécifiques*	Economie annuelle pour 32,9 GWh éolien Ge 2,5	Economie annuelle Pour 39 GWh éolien Re3,3
SO ₂	28 536 t	405 mg/kWh	13,3 tonnes	15,7 tonnes
NO _x	24 942 t	354 mg/kWh	11,6 tonnes	13,8 tonnes
Poussières	2 353 t	33 mg/kWh	1,0 tonne	1,2 tonne

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

Lors de la construction, de la 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 gaz polluants produits lors du cycle de vie du parc éolien basé sur l'analyse du cycle de vie de 20 ans d'un modèle V 90, 3.0 MW on shore¹.

Tableau 7-12: Emissions polluantes liées au cycle de vie des éoliennes

Paramètres	Emissions spécifiques*	Emissions pour l'ensemble du parc ² Ge 2,5	Emissions pour l'ensemble du parc ³ Re 3,3
SO ₂	21,8 mg/kWh	14,3 tonnes	17,0 tonnes
NO _x	17,7 mg/kWh	11,6 tonnes	13,7 tonnes
CO	3,13 mg/kWh	2,0 tonnes	2,43 tonnes

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

² Basé sur une estimation de production annuelle du parc éolien de Fauvillers de 32,9 GWh (Ge 2,5) et une durée de vie de 20 ans

³ Basé sur une estimation de production annuelle du parc éolien de Fauvillers de 38,9 GWh (Re 3,3) et une durée de vie de 20 ans

7.4. CONCLUSIONS

La production énergétique du parc éolien en projet a été modélisée en fonction du régime local des vents, du relief, de la rugosité et des obstacles pour les trois modèles envisagés. La production électrique annuelle des six éoliennes peut être évaluée à 32,9 GWh (en prenant en compte le modèle le moins productif, Ge 2,5) et de 39,9 GWh pour le modèle le plus productif (REpower 3,3M). Le facteur de charge moyen pour cette période est de l'ordre de 24 %. Cette estimation prend en compte la perturbation locale du régime des vents induite par chaque éolienne sur ses voisines (effet de « sillage ») ainsi que les pertes d'exploitation (indisponibilité et pertes électriques).

La disposition des futures éoliennes respecte bien les distances entre machines prescrites par le cadre de référence afin de minimiser la perturbation locale du régime des vents, qui est induite par chaque éolienne sur ses voisines (effet de « sillage »). La proximité de certaines lisières forestières ne causera pas de turbulences significatives dans la zone balayée par le rotor

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 un peu plus de 6 mois. L'économie d'émission de gaz à effet de serre qui sera assurée grâce à la réalisation du parc éolien de Fauvillers est estimée comme suit :

- 8 159 tonnes d'équivalent CO₂ par an si on se réfère au parc de production belge d'Electrabel ;
- 15 002 tonnes d'équivalent CO₂ par an si on se réfère à une centrale turbine-gaz-vapeur.

Les fournisseurs d'électricité sont tenus chaque année de justifier 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.

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

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 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 sont à l'arrêt ou ne produisent pas à la 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. Une complémentarité entre différents modes de production électrique est toujours nécessaire pour assurer la sécurité de l'approvisionnement électrique. 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 d'utilisation de combustibles fossiles.

ANNEXE 7-1

LOCALISATION DES PARCS DE PUISSANCE IMPORTANTE (1MW ET PLUS) EN WALLONIE

