

ANNEXE M

ETUDE DE RISQUE PAR RAPPORT AUX VOIRIES

Objet de la présente note

La société WindVision projette la mise en place de six éoliennes sur le territoire des communes de Gesves et Ohey. Ces six éoliennes sont disposées en une ligne orientée Sud-Ouest/Nord-Est, entre les entités villageoises de Gesves, Sorée et Ohey.

WindVision envisage quatre variantes dans le choix des modèles, qui présenteront une puissance électrique nominale comprise entre 2 et 3,4 MW et une hauteur maximale de 150 m : Enercon E-92, REpower MM100, REpower 3.2 MW et REpower 3.4 MW.

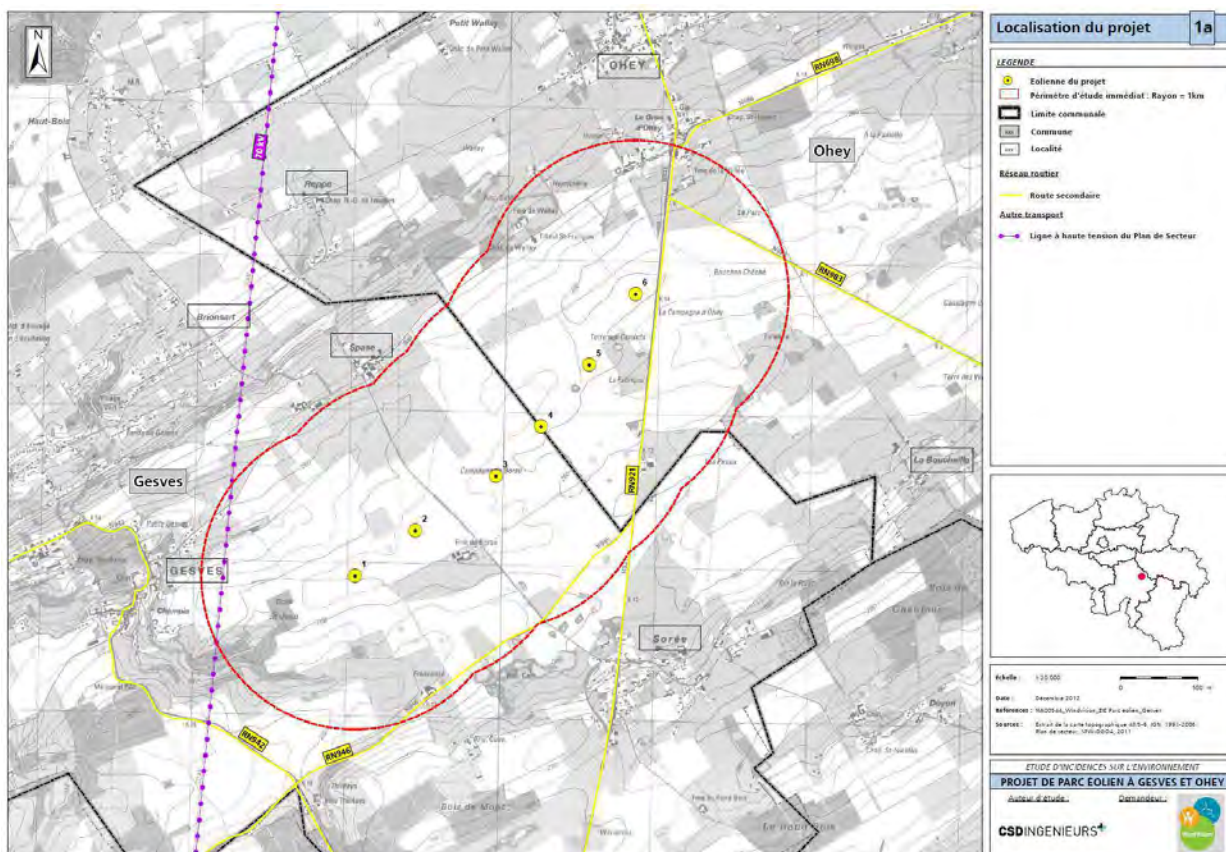


Figure 1 : Carte de localisation du projet éolien de Gesves-Ohey.

Le Cadre de référence de la Région wallonne pour l'implantation des éoliennes de 2002 recommande de façon générale le respect d'une distance minimale entre le pied d'une éolienne et le bord d'une voirie régionale équivalente à la hauteur totale de l'éolienne. Dans la pratique, compte tenu des modèles disponibles sur le marché, cette distance a été fixée à 150 m.

Entre 2002 et 2011, la DGO1 (anciennement dénommé le MET) avait introduit une distinction selon l'importance des voiries. Ainsi, pour les routes régionales de moindre catégorie, il était considéré qu'une distance minimale équivalente à 1,5 fois la longueur des pâles était suffisante. A nouveau, dans la pratique, compte tenu des modèles disponibles sur le marché, cette distance était considérée égale à 75 m.

Depuis la publication le 04/10/2011 du Code de la voirie, la DGO1 demande de respecter une distance minimale équivalente à la hauteur de l'éolienne entre les turbines et le bord de toutes les routes régionales, soit une distance de 150 mètres dans le cas du présent projet.

- Voir le Code de la voirie annexé au présent rapport

Dans le cas du présent projet, l'éolienne n°6 se situe à 137 mètres de la route N921 (selon le plan de l'architecte exécuté sur base du relevé de terrain du géomètre). Bien que cette route soit gérée par la Province sur son tronçon entre Andenne et la N4, WindVision a demandé au bureau CSD d'effectuer une étude de risque étant donné que l'éolienne n°6 est prévue à une distance inférieure à la hauteur totale de l'éolienne (150 mètres selon les modèles envisagés par le promoteur).

Notons que dans l'avant-projet présenté par WindVision à la réunion d'information du public, l'éolienne n°6 était plus proche d'une trentaine de mètres de la route N921. Suite à ce constat, le promoteur a éloigné cette éolienne vers l'ouest, tout en maintenant son point d'implantation et son surplomb sur la même parcelle cadastrale.

Les cinq autres éoliennes du projet se situent à plus de 390 m de la route N921.

Concernant les voiries de plus petit gabarit, le chemin n°21 à l'Atlas des chemins vicinaux sera surplombé par les pales d'une éolienne. En effet, le point d'implantation de l'éolienne n°1 est prévu à 15 m (selon le plan de l'architecte) de ce chemin à usage agricole, également fréquenté par des promeneurs (tracé de promenades balisées, dont le GR). La présente étude analyse donc également le risque associé à cette proximité.

1. Cadre réglementaire et normatif

1.1 Normes internationales de la CEI

Les ouvrages projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) relatives à la sécurité des éoliennes, et notamment aux normes suivantes :

- IEC 61 400-1 : Sécurité et conception des éoliennes
- IEC 61 400-22 : Homologation des éoliennes
- IEC 61 400-23 : Essais de résistance des pales

Ces normes ont été élaborées par la Commission Electrotechnique Internationale (CEI), l'organisation internationale de normalisation compétente dans le domaine de l'électricité. Elles visent à établir les exigences de conception à respecter pour fournir « *un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie de l'éolienne* ». Les exigences portent sur la conception, la fabrication, l'installation, les manuels pour l'exploitation et la maintenance ainsi que sur les procédures associées d'assurance de la qualité afin d'obtenir la sécurité de la structure, des équipements mécaniques et électriques et du système de contrôle de l'éolienne.

1.2 Etude de risque en Wallonie

Il n'existe pas à ce jour en Wallonie de législation fédérale ou régionale spécifique à l'analyse du risque induit par des installations industrielles en général et des installations éoliennes en particulier. Si la législation relative aux sites Seveso fixe certains principes en la matière, force est de constater qu'aucune méthodologie d'analyse précise n'est définie.

Ainsi, en l'absence de cadre réglementaire, l'approche méthodologique suivie dans la présente étude se base sur la littérature scientifique disponible. Trois ouvrages de référence sont particulièrement pris en compte :

- Le *Rapport sur la sécurité des installations éoliennes*¹, édité par le Conseil général des Mines (France). Ce document fait le bilan des connaissances actuelles en matière de sécurité des installations éoliennes.
- Le *Handboek Risicozonering Windturbines*², édité par l'administration hollandaise. Il s'agit de l'ouvrage de référence en matière d'évaluation des risques associés aux installations éoliennes. Il définit les principaux scénarii d'accident et une méthode de calcul précise pour l'évaluation des risques associés aux éoliennes.
- La *Studie Windturbines en veiligheid*³ ('Etude sur la sécurité des turbines éoliennes'), réalisée par le bureau SGS à la demande du Gouvernement flamand. L'objectif de l'étude était d'adapter les méthodes d'évaluation et les critères de risque préconisés par le *Handboek Risicozonering Windturbines* au contexte belge et flamand. Dans ce cadre, SGS a développé un logiciel baptisé '*Windturbines en Veiligheid*' (version 6.3) qui permet d'évaluer de manière simple la distance minimale à respecter entre une éolienne et des objets vulnérables (maisons, installations Seveso, conduites de gaz,...).

Dans un premier temps, les risques génériques associés aux installations éoliennes sont identifiés sur base de la revue bibliographique : causes des incidents impliquant des éoliennes et probabilités de défaillance des installations. Dans un deuxième temps, ces données sont transposées au projet objet de la présente étude, en utilisant la méthodologie développée par SGS. Les résultats obtenus sont alors comparés aux valeurs de risque communément admises.

2. Analyse des flux sur la route N921

Afin d'appréhender les flux de circulation sur la N921, des comptages automatiques enregistrant le passage des véhicules sur une semaine ont été réalisés par la DGO1 sur la section entre la N946 et la N983 (au niveau du projet éolien), du 03/05 au 19/05/2005.

Les flux de circulation moyens enregistrés heure par heure sont présentés au tableau suivant.

Tableau 1 : Flux de circulation au niveau de la N921 (sources : SPW-DGO1, 2005).

		N921 : Gesves N946 > Ohey N983																								Total	Total
		0-1h	-2h	-3h	-4h	-5h	-6h	-7h	-8h	-9h	-10h	-11h	-12h	-13h	-14h	-15h	-16h	-17h	-18h	-19h	-20h	-21h	-22h	-23h	-24h	5-22h	0-24h
Moyen.	Sem.	32	14	10	9	10	23	45	97	129	109	108	112	121	124	131	143	189	206	172	123	82	63	55	42	1977	2157
	J.O.	13	5	5	4	6	20	56	130	161	112	104	108	120	117	120	138	205	233	172	118	77	55	45	34	2054	2170
	W.E.	65	30	20	19	17	28	27	44	81	103	114	118	123	134	148	151	163	160	172	130	91	75	72	55	1860	2137
		N921 : Ohey N983 > Gesves N946																								Total	Total
		0-1h	-2h	-3h	-4h	-5h	-6h	-7h	-8h	-9h	-10h	-11h	-12h	-13h	-14h	-15h	-16h	-17h	-18h	-19h	-20h	-21h	-22h	-23h	-24h	5-22h	0-24h
Moyen.	Sem.	34	15	13	11	11	30	51	127	142	127	129	129	117	119	135	145	160	159	149	115	78	57	51	39	1976	2159
	J.O.	25	9	10	7	9	35	67	171	185	126	121	114	105	115	128	144	174	163	145	112	71	54	50	39	2044	2207
	W.E.	46	23	18	17	15	23	30	69	91	129	140	149	132	124	146	145	141	155	156	121	88	60	52	38	1897	2104

La route N921 supporte au quotidien environ 2 150 véhicules dans chaque sens de circulation. Les flux sont répartis à parts égales entre les sens (flux similaires dans les deux sens de circulation). Les graphiques ci-dessous présentent l'évolution du trafic moyen au cours d'une journée type.

¹ *Rapport sur la sécurité des installations éoliennes*, Conseil général des Mines, Ministère de l'économie, des Finances et de l'Economie, Paris, juillet 2007, 37 pages.

² *Handboek Risicozonering Windturbines*, Senter Novem, Version 2, janvier 2005.

³ *Studie Windturbines en veiligheid*, Vlaams EnergieAgentschap, Bruxelles, février 2007, 49 pages.

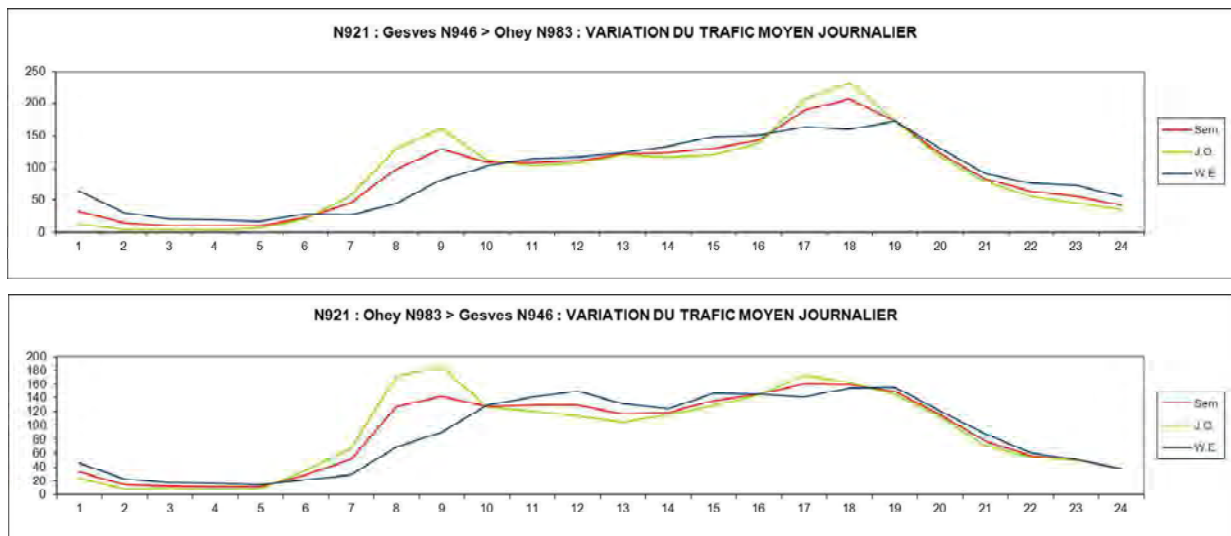


Figure 2 : Répartition horaire du trafic moyen journalier sur la N921, entre la N946 et la N983 (source : DGO1, 2005).

3. Description des éoliennes

WindVision envisage quatre modèles d'éoliennes, qui diffèrent entre autres par le diamètre de leur rotor (variant de 92 à 114 mètres) mais présentent chacun une hauteur totale d'environ 150 mètres : Enercon E-92, REpower MM100, REpower 3.2 MW et REpower 3.4 MW.

Tableau 2 : Caractéristiques techniques principales des éoliennes considérées dans l'étude de risque.

Caractéristiques	Enercon E-92	REpower MM100	REpower 3.2 MW	REpower 3.4 MW
Puissance nominale	2 350 kW	2 000 kW	3 200 kW	3 400 kW
Hauteur totale de l'éolienne	150 m	150 m	150 m	150 m
Hauteur maximale de la tour	104 m	100 m	93 m	98 m
Diamètre du rotor	92 m	100 m	114 m	104 m
Longueur de pale	43,8 m	48,9 m	55,8 m	50,8 m

4. Etude de vent

Dans le cas présent, l'auteur d'étude a utilisé les données de vent transmises par le bureau Greenplug, qui a été mandaté par WindVision pour effectuer l'étude du potentiel éolien du site. Le site de Gesves-Ohey se caractérise par des vents dominants en provenance du secteur Sud-Sud-Ouest.

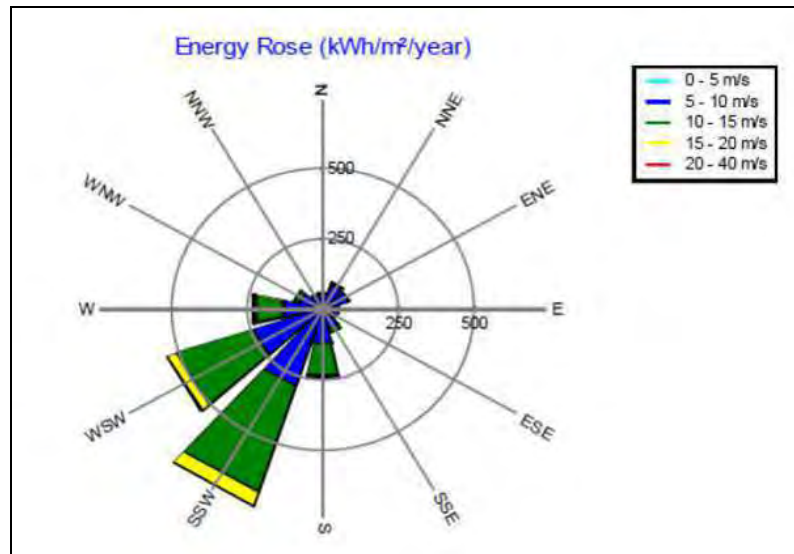


Figure 3 : Rose des vents du projet étudié (source : Greenplug, 22/11/2012).

5. Identification et évaluation des scénarii d'accidents

L'inventaire approfondi des accidents impliquant des éoliennes, réalisé dans le cadre de l'élaboration du '*Handboek Risicozonering Windturbines*' et basé sur un large échantillon de données (43.000 éoliennes.an) provenant de l'ISET (Institut für solare Energiesysteme) en Allemagne et l'EMD (Energie- og Miljodaten) au Danemark, a permis de classer les incidents et d'établir, pour chaque classe, une probabilité d'occurrence et une distance d'effet maximale. Cette distance, comptée depuis le point d'implantation d'une éolienne, est celle jusqu'à laquelle des effets sont possibles au cas où le scénario considéré se produisait.

Selon cette étude, les scénarii d'incident à considérer sont les suivants :

- Chute d'objets :

Ce scénario correspond à la chute vers le bas de la nacelle, du rotor, de blocs de glace et/ou de pièces diverses. Il met uniquement en péril la zone sous le rotor.

- Défaillance structurelle :

Ce scénario correspond à l'effondrement de la machine suite à une rupture du mât. Le périmètre de dommages potentiels est un cercle de rayon équivalent à la hauteur totale de l'éolienne (ou à la hauteur de mât pour les dommages sur des conduites souterraines). La cause de ce type d'incident peut être un incendie causé par la foudre ou un échauffement excessif des parties mécaniques, ou une pression trop forte exercée par la force du vent.

- Bris et projection de pale :

Ce scénario correspond au détachement et à l'éjection d'une pale ou d'un morceau de pale. La zone à risque peut atteindre plusieurs centaines de mètres, selon notamment la vitesse de rotation du rotor au moment de l'éjection. Trois cas de figure sont distingués :

- Bris de pale à vitesse nominale ;
- Bris de pale à vitesse de freinage mécanique (= 1,25 fois la vitesse de rotation nominale) ;
- Bris de pale suite à l'emballement du rotor (= 2 fois la vitesse de rotation nominale).

L'étude '*Windturbines en veiligheid*' propose un modèle balistique pour calculer la distance d'effet maximale pour chacun de ces cas de figure. Dans ce modèle, la résistance de l'air n'est pas prise en compte et le centre de gravité de la pale (ou du morceau de pale) est considéré.

La cause de ce type d'incident peut être une faiblesse de la structure de la pale ou de sa fixation au moyeu, ou une mise en survitesse de la machine en raison d'une défaillance des systèmes de freinage et de sécurité.

Le tableau suivant reprend pour chaque scénario d'incident la distance d'effet maximale et la fréquence d'occurrence, établies par le bureau SGS pour la Flandre dans l'étude '*Windturbines en veiligheid*'.

Tableau 3 : Probabilités d'occurrence des scénarii d'incidents et distances d'effet maximales (source : *Windturbines en veiligheid*, SGS, 2007).

Type d'incident	Fréquence [1/éolienne.an]	Distance d'effet maximale
Bris et projection de pale	$6,3 \times 10^{-4}$	
- Vitesse de rotation nominale	$3,15 \times 10^{-4}$	120 à 150 mètres
- Vitesse de freinage mécanique	$3,15 \times 10^{-4}$	150 à 200 mètres
- Emballement de la vitesse de rotation	$8,50 \times 10^{-6}$	300 à 375 mètres
Mât	$5,80 \times 10^{-5}$	Hauteur du mât + $\frac{1}{2}$ diamètre du rotor
Nacelle et/ou rotor	$2,00 \times 10^{-4}$	$\frac{1}{2}$ diamètre du rotor

Ces valeurs sont utilisées dans la présente étude. Toutefois, compte tenu du caractère relativement ancien des données utilisées pour établir ces statistiques (accidentologie antérieure aux années 1990) et des importants développements technologiques intervenus depuis lors, il est attendu qu'elles présentent un caractère maximaliste. Une analyse statistique approfondie des turbines actuelles n'est cependant pas encore disponible.

Toujours est-il que les probabilités d'occurrence indiquées ci-dessus apparaissent déjà très faibles.

6. Nature et valeurs de référence des risques

6.1 Nature des risques étudiés

La présente étude traite des risques humains, à savoir la probabilité, par an, que la défaillance d'une éolienne engendre le décès d'une personne se trouvant à proximité de celle-ci (de manière permanente et sans protection).

Ces risques sont obtenus en multipliant la probabilité d'occurrence des incidents éoliens par l'effet sur une personne (décès).

Seuls les risques humains externes sont considérés, à savoir les risques humains pour des personnes 'externes' à l'exploitation de l'éolienne. Les risques pour les personnes 'internes', travaillant à la construction, la maintenance et/ou le démantèlement des éoliennes, ne sont pas pris en compte dans le cadre de la présente étude d'incidences. Concernant ces derniers risques, des législations spécifiques existent et doivent être respectées (loi sur le bien-être, Codex, RGIE, etc.).

Les risques humains externes peuvent être répartis en deux catégories :

1. risques directs : risques liés à l'impact direct de pièces d'une éolienne sur les personnes ;
2. risques indirects : risques liés à l'impact de la défaillance d'une installation dangereuse externe à l'éolienne sur les personnes, induite par l'impact de pièces d'une éolienne sur cette installation (effet domino) (par exemple : explosion de gaz suite au percement d'une conduite de gaz par un morceau de pale).

Les points du territoire présentant un niveau de risque identique forment des périmètres d'iso-risques.

6.2 Valeurs de référence des risques

6.2.1 Critères de l'étude *Windturbines en Veiligheid* (Flandre)

Dans le cas d'un projet éolien, les critères d'évaluation du risque peuvent être assimilés à ceux généralement utilisés pour les installations industrielles. En accord avec le code flamand des bonnes pratiques en matière d'évaluation du risque lié aux installations Seveso⁴, l'étude *Windturbines en Veiligheid* du bureau SGS préconise les critères d'évaluation suivants :

- Périmètre de l'installation (limite de la parcelle concernée) : $10^{-5}/\text{an}$
- Zones d'habitat : $10^{-6}/\text{an}$
- Zones vulnérables (école, hôpital, maison de repos,...) : $10^{-7}/\text{an}$

Les éoliennes étant rarement installées sur une parcelle propre, le critère $10^{-5}/\text{an}$ est appliqué aux personnes externes : le risque généré par des éoliennes sur des personnes externes présentes de manière permanente ne peut être supérieur à $10^{-5}/\text{an}$ (1 accident sur 100.000 événements par an).

En Flandre, ce critère de $10^{-5}/\text{an}$ est également utilisé pour les infrastructures routières.

Le critère considéré pour les zones d'habitat ($10^{-6}/\text{an}$) est compatible avec le critère utilisé en Wallonie pour les risques présentés par les sites Seveso. En effet, le vade-mecum⁵ de la Cellule RAM précise que «la probabilité que les effets dangereux atteignent les zones fréquentées par le public (habitations, routes,...) doit être inférieure à $10^{-6}/\text{an}$ ».

Concernant plus spécifiquement la présence d'entreprises à proximité d'une éolienne, l'étude *Windturbines en Veiligheid* ne fixe pas de critère de distance univoque, même si toute présence humaine permanente doit être exclue dans la zone $10^{-5}/\text{an}$. Par conséquent, en Flandre, les projets éoliens à proximité d'entreprises sont actuellement gérés au cas par cas. Dans la pratique, il peut être mis en évidence que de nombreuses éoliennes s'implantent dans ou autour de zones d'activité économique. Les photos suivantes illustrent cette situation pour la Flandre, la Wallonie et les Pays-Bas (cf. figures suivantes).

ZAE Lanaken (Flandre)



ZAE Eeklo (Flandre)



⁴ Een code van goede praktijken inzake risicocriteria voor externe mensrisico's van Seveso-inrichtingen.

⁵ Spécifications techniques relatives au contenu et à la présentation des études de sûreté, des notices d'identification des dangers et des rapports de sécurité, MRW – Cellule RAM, 2005.

ZAE Ghislenghien (Wallonie)



Zone Pétrochimique (Pays-Bas)



Figure 4 : Eoliennes au niveau de zones d'activités économique en Flandre, Wallonie et Pays-bas.

Il doit donc être mis en évidence que le risque direct des éoliennes dans les alentours est calculé comme si un individu était présent en tout point en permanence. Les points ayant un risque local identique forment les lignes d'isocontours du risque. En Flandre, une étude de risque ne doit être effectuée que si l'éolienne se trouve par rapport à l'infrastructure routière à une distance inférieure à la longueur de pale auquel il est ajouté la zone non aedificandi de 30 m (ce qui équivaut généralement à une distance de minimum 80 m).

A titre de comparaison, les critères définis aux Pays-Bas sont présentés au point suivant.

6.2.2 Critères du *Handboek Risicozonering Windturbines* (Pays-Bas)

Pour les objets vulnérables (*kwetsbaar objects*), tels que les zones d'habitat, les hôpitaux ou les établissements où est présent un grand nombre de personnes pendant une grande partie de la journée (supermarché de plus de 2.000 m² par exemple), le *Handboek Risicozonering Windturbines* considère que le critère d'évaluation du risque de 10⁻⁶/an est une valeur limite à respecter de manière obligatoire.

L'étude *Windturbines en Veiligheid* de SGS pour la Flandre est donc plus contraignante pour les établissements vulnérables (école, hôpital, maison de repos,...) pour lesquels il est requis que le critère de 10⁻⁷/an soit respecté.

Pour les objets vulnérables réduits (*beperkt kwetsbaar object*), le *Handboek Risicozonering Windturbines* considère que le critère de 10⁻⁶/an constitue une valeur guide à respecter pour les situations projetées, et qu'il convient de régulariser lors des situations existantes (cas de figure où des éoliennes étaient déjà présentes avant la publication du *Handboek*). Les objets vulnérables réduits englobe notamment :

- Les habitations liées à l'exploitation de l'entreprise (conciergerie par exemple) ;
- Les habitations isolées (moins de 2 par hectare) ;
- Les immeubles de bureaux et hôtels de moins de 1.500 m² de surface brute ;
- Les installations sportives où se retrouvent moins de 50 personnes ;
- Les surfaces commerciales de moins de 2.000 m².

L'étude *Windturbines en Veiligheid* de SGS pour la Flandre ne fait pas autant de distinctions et est moins contraignante pour les entreprises puisqu'aucun critère de risque n'est clairement défini. Tout au plus pouvons-nous rappeler que toute présence humaine permanente doit être exclue dans une zone correspond à la longueur de pale.

Par rapport aux infrastructures routières, le *Handboek Risicozonering Windturbines* précise très clairement en page 18 que les voitures ne peuvent pas être considérées comme des objets vulnérables (*kwetsbaar objects*) ou des objets vulnérables réduits (*beperkt kwetsbaar object*).

De plus, le *Handboek Risicozonering Windturbines* précise en page 19 dans le cas de figure des infrastructures routières qu'une étude de risque ne doit être effectuée que si la route se trouve par rapport à l'éolienne à une distance inférieure à la moitié du diamètre du rotor (généralement 50 m pour la plupart des modèles), excepté si des zones de stationnement sont présentes (voir figure suivante).

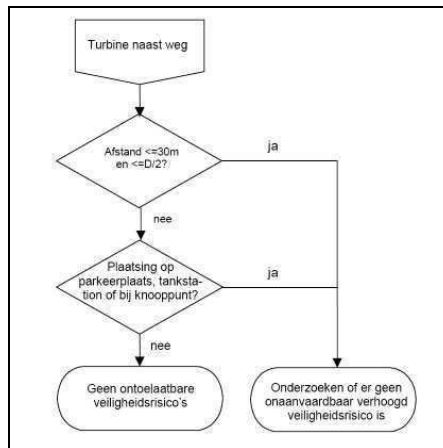


Figure 5 : Règle de décision pour déterminer quand une étude de risque doit être effectuée par rapport à une infrastructure routière (source : *Handboek Risicozonering Windturbines*, 2005).

7. Evaluation des risques

7.1 Risques directs

7.1.1 Distances d'effet maximales et périmètres iso-risques

Sur base de la méthodologie développée dans l'étude '*Windturbines en veiligheid*', CSD Ingénieurs a développé un logiciel interne permettant de calculer les valeurs de risque liées aux éoliennes. Les figures suivantes illustrent les résultats obtenus pour les risques directs en fonction de l'éloignement à l'éolienne, pour les deux modèles les plus représentatifs parmi ceux considérés par le promoteur.

Le modèle Enercon E-92 représente le cas de figure maximaliste en termes de vitesse de rotation (16 tours par minute) et le modèle Repower 3.2M114 en termes de diamètre de rotor (rotor de 114 m). Les résultats des deux autres modèles sont similaires ou inférieurs.

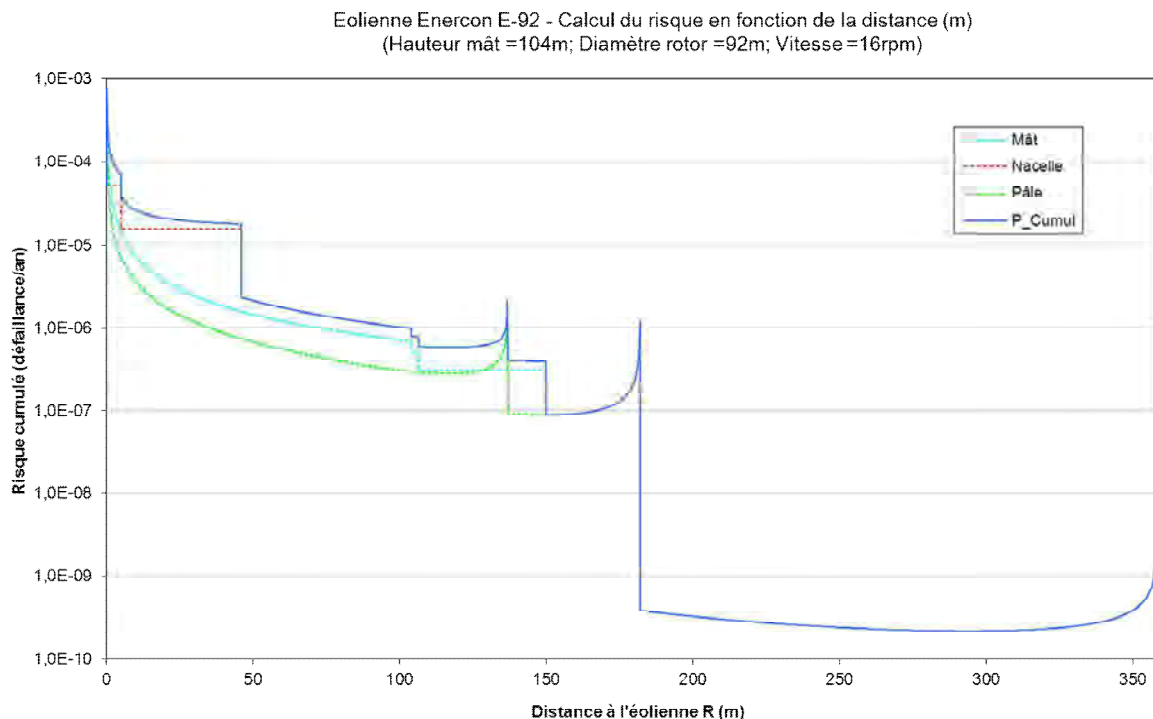


Figure 6 : Risques humains directs pour différents scénarii de défaillance du modèle Enercon E-92 (source : logiciel CSD sur base de la méthodologie 'Studie Windturbines en veiligheid').

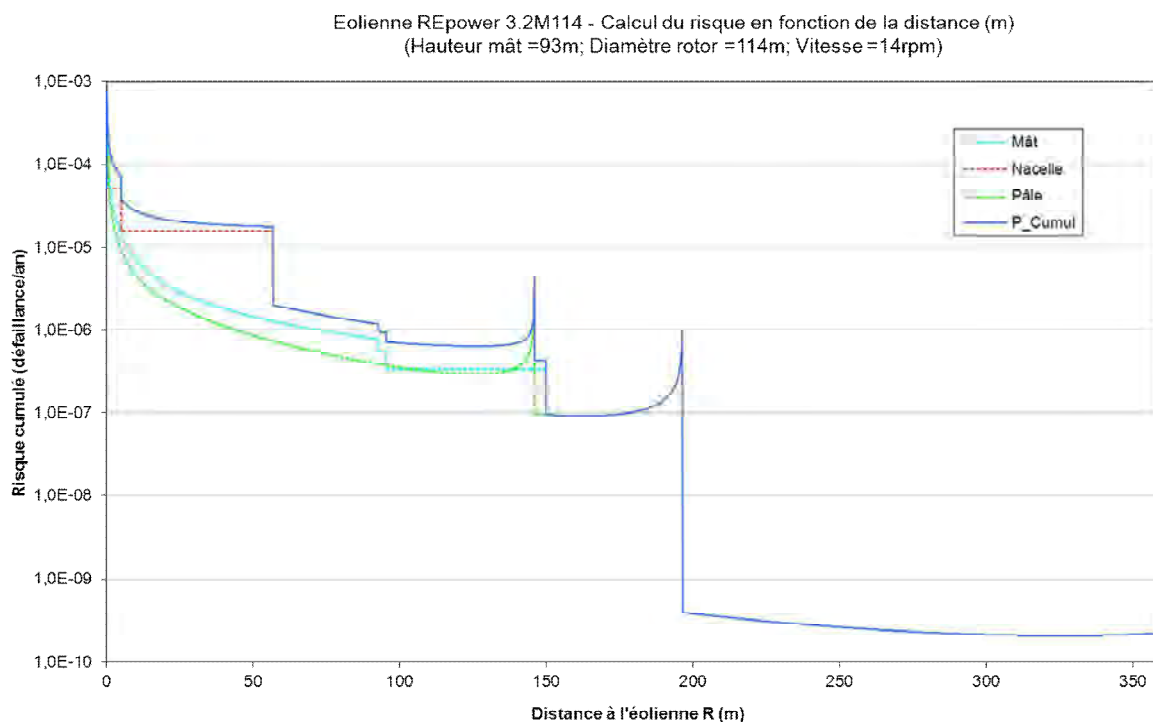


Figure 7 : Risques humains directs pour différents scénarii de défaillance du modèle REpower 3.2M114 (source : logiciel CSD sur base de la méthodologie 'Studie Windturbines en veiligheid').

De ces figures, les constatations générales suivantes peuvent être établies :

- Les valeurs de risque supérieures à 10^{-5} /an ne se rencontrent qu'à une distance de l'éolienne inférieure à la moitié du diamètre du rotor (soit à une distance maximale de 57 m pour la REpower 3.2 MW). Ces risques sont principalement liés à la chute d'objet (pale, nacelle).
- Les valeurs de risque du périmètre 10^{-6} /an (valeurs comprises entre 10^{-5} /an et 10^{-7} /an) se rencontrent jusqu'à une distance de l'éolienne légèrement supérieure à sa hauteur totale (soit à une distance maximale de 182 m pour le modèle Enercon E-92). Ces risques sont surtout liés à la défaillance structurelle (bris du mât) - jusqu'à une distance équivalente à la hauteur totale de l'éolienne (150 m pour les modèles considérés) – et au bris et projection de pale.
- Les risques associés à l'incident 'bris et projection de pale' en cas d'emballement du rotor sont très faibles (probabilité d'accident d'environ 10^{-9} /an). Pour le projet, la distance d'effet maximal de ces risques est de 358 m pour le modèle Enercon E-92.
- Les trois scénarii de bris et projection de pale (vitesse nominale, vitesse de freinage et vitesse d'emballement) se marquent par des pics caractéristiques de valeurs de risque.

Les résultats présentés ci-dessus fournissent des valeurs maximales ne tenant pas compte de la rose des vents au niveau du site du projet. Or, les zones de risque liées à l'incident bris et projection de pale en dépendent directement. En effet, la probabilité d'accident associée à cet incident est plus importante dans une direction perpendiculaire aux vents dominants que dans une direction parallèle à ceux-ci, en lien direct avec l'orientation du rotor au cours d'une année.

Ainsi, les périmètres iso-risques 10^{-6} /an sont modélisés en tenant compte des caractéristiques locales du régime des vents, présentées au point 4 ci-dessus. Parmi les valeurs de risque influencées par l'incident bris et projection de pale, ce périmètre (10^{-6} /an) est le plus important pour réaliser une comparaison aux valeurs de référence. Les figures suivantes illustrent les résultats obtenus avec les deux modèles les plus représentatifs parmi ceux considérés par le promoteur. Le modèle Enercon E-92 représente le cas de figure maximaliste en termes de vitesse de rotation (16 tours par minute) et le modèle Repower 3.2M114 en termes de diamètre de rotor (rotor de 114 m). Les résultats des deux autres modèles sont similaires ou inférieurs.

Périmètre iso-Risque 1E-6/an en tenant compte de la rose des vents
(Hauteur mât =104m; Diamètre rotor =92m; Vitesse =16rpm)

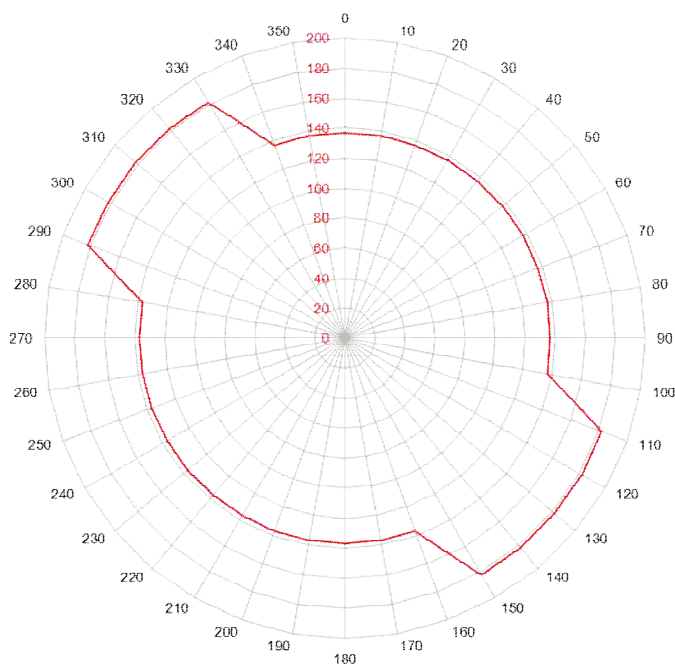


Figure 8 : Périmètre iso-risque 10^{-6} /an lié au modèle Enercon E-92 pour le site de Gesves-Ohey (source : logiciel CSD Ingénieurs sur base de la méthodologie 'Studie Windturbines en veiligheid').

Périmètre iso-Risque 1E-6/an en tenant compte de la rose des vents
(Hauteur mât =104m; Diamètre rotor =92m; Vitesse =16rpm)

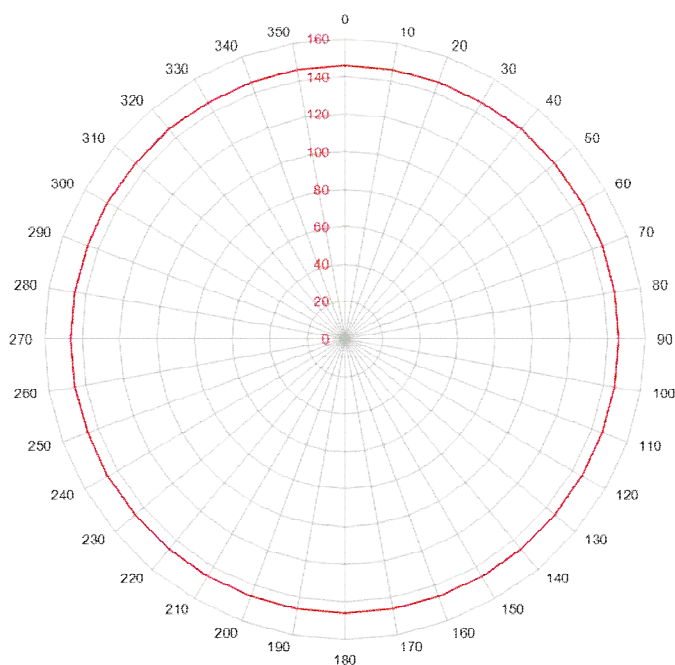


Figure 9 : Périmètre iso-risque 10^{-6} /an lié au modèle REpower 3.2M114 pour le site de Gesves-Ohey (source : logiciel CSD Ingénieurs sur base de la méthodologie 'Studie Windturbines en veiligheid').

Le tableau suivant synthétise les résultats obtenus quant aux risques humains directs générés par le projet.

Tableau 4 : Risques humains directs du projet pour les modèles d'éoliennes considérés.

		Enercon E-92	REpower MM100	REpower 3.4M104	REpower 3.2M114
Distances d'effet maximales des risques cumulés [m]	10 ⁻⁵ /an	46	50	52	57
	10 ⁻⁶ /an	182	168	132	146
	10 ⁻⁷ /an	182	168	176	196
Distances d'effet maximales liées à l'incident 'bris et projection de pale' [m]	Vitesse nominale	137	127	132	146
	Vitesse de freinage	182	168	176	196
	Vitesse d'emballement	358	327	348	357

7.2 Compatibilité du projet avec la route N921 et le chemin vicinal n°21

Les zones à risque déterminées selon les critères de l'étude '*Windturbines en Veiligheid*' autour des différentes éoliennes pour le modèle Enercon E-92 sont présentées à la carte n°12. Pour rappel, le modèle Enercon E-92 représente le cas de figure maximaliste en termes de distances d'effet maximales.

► Voir CARTE n°12 : Zones à risque Enercon E-92



Figure 10 : Carte des zones à risque autour des éoliennes du projet de Gesves-Ohey, pour le modèle Enercon E-92.

7.2.1 Objets sensibles situés à l'intérieur de la zone à risque 10^{-5} /an

Aucune route n'est comprise dans le périmètre de la zone à risque 10^{-5} /an des éoliennes, qui correspond à la longueur de pale (soit une distance de maximum 46 mètres).

Par contre, le chemin vicinal n°21 inscrit à l'Atlas se trouve dans le périmètre de la zone à risque 10^{-5} /an de l'éolienne n°1 (surplomb du chemin par les pales) puisque le point d'implantation de celle-ci se localise à 15 mètres de ce chemin agricole qui est également fréquenté par des promeneurs (tracé de promenades balisées, dont le GR).

Concernant les risques directs, étant donné que la présence humaine sera occasionnelle et liée uniquement au passage ponctuel des promeneurs et agriculteurs, la situation est acceptable.

Concernant la problématique de chute de glace, les éoliennes prévues par WindVision seront équipées de capteurs mettant en évidence la surcharge liée à la formation de givre sur les pales. Lorsque l'éolienne est en mouvement, les capteurs détecteront la formation de givre sur les pales, en comparant la vitesse de rotation réelle du rotor à la vitesse de rotation théorique qui est associée à une vitesse de vent donnée. A la moindre anomalie, le dispositif d'arrêt d'urgence est déclenché et l'éolienne n'est seulement remise en route qu'après trois jours successifs de dégel.

7.2.2 Objets sensibles situés à l'intérieur de la zone à risque 10^{-6} /an

Un tronçon de la route N921 d'une longueur totale de 105 mètres se trouve dans la zone à risque 10^{-6} /an de l'éolienne n°6.

Au vu des niveaux de trafic sur la route N921 et de la faible longueur de voirie concernée, l'implantation de l'éolienne n°6 de la société WindVision à 137 m de la N921 est totalement compatible avec les critères considérés en Flandre ou aux Pays-Bas.

Rappelons que de nombreuses éoliennes ont déjà été implantées en Wallonie à des distances s'échelonnant entre 75 et 150 m des routes nationales à 2 bandes de circulation, sans que cela ne pose aucun problème connu. A titre d'exemple, il convient de citer les parcs éoliens construits aux endroits suivants :

- parc de Walcourt (Tarcienne) p/r à la N978 ;
- parc de Tournai (Saint-Maur) p/r à la N507 ;
- parc éolien de Leuze-Europe p/r à la N526 ;
- parc éolien de Chimay p/r à la N589 ;
- parc éolien de Büllingen p/r à la N632 ;
- parc éolien de Bastogne (Bourcy) p/r à la N877.

D'autre part, les niveaux de risque de la présente étude ont été calculés de manière maximaliste sur base de données générales sur tous types de modèles (souvent d'anciennes générations), sans rentrer dans le détail du constructeur et du type de technologie et de matériel choisi. Or, des progrès technologiques considérables ont été réalisés ces deux dernières décennies.

A titre d'exemple, une documentation technique a été transmise par le constructeur Enercon sur le système de pales du modèle E-82, afin d'expliquer les niveaux de sécurité supplémentaires qui ont été développés depuis 1990. Ce document Enercon est présenté en annexe de la présente étude de risque. Les données techniques sont d'application pour le modèle Enercon E-92 qui dispose exactement du même système de pales.

- Voir la documentation technique Enercon annexée au présent rapport

Le document met en évidence qu'aucun accident n'a plus été enregistré chez Enercon depuis 1993 sur plus de 20 000 machines Enercon installées. De nombreuses éoliennes ont été implantées dans des zones industrielles ou pétrochimiques à proximité de dépôts permanents de produits dangereux ou de routes fréquentées sans qu'aucun accident n'ait été enregistré à ce jour. Les niveaux de certification les plus stricts ont été obtenus (test de résistance notamment pour des vents de 63 m/s, soit 226 km/h, pendant 5 secondes) et sont également joints au dossier. En conclusion, toutes ces avancées technologiques ont permis de sécuriser au maximum l'ensemble du rotor et éviter tout incident de bris de pale.

En conséquence, seul l'accident de rupture de mât doit être pris en compte par l'auteur d'étude. Etant donné que la distance d'effet maximale de ce type d'accident est équivalente à la hauteur du mât, qui est de maximum 104 mètres dans le cas présent pour le modèle Enercon E-92, la position de l'éolienne 6 est donc non problématique.

Au vu des critères considérés en Flandre ou aux Pays-Bas et des garanties techniques supplémentaires fournies par les constructeurs, il semble cohérent de considérer que la distance de garde d'une fois et demie la longueur de pale par rapport à ce type de voiries régionales prise en compte antérieurement par la DGO1 est largement suffisante.

7.3 Risque indirect (effet domino)

Il convient également d'évaluer le risque indirect lié à l'endommagement d'une installation à risque en cas de défaillance d'une éolienne (effet domino).

Etant donné qu'il n'y a pas d'installations sensibles à moins de 500 mètres des éoliennes (écoles, industries SEVESO, ...), aucun effet indirect n'est possible pour les usagers de la route N921.

Concernant un éventuel effet indirect par accident avec un camion contenant des produits dangereux, les probabilités sont tellement faibles que ce risque indirect est jugé acceptable dans le cas présent (très faible trafic camions, pas de parking pour les camions à proximité, ...).

Namur, le 24.12.2012

CSD Ingénieurs Conseils SA

Ir Jean-Christophe Genis

Documentation sur le système exclusif des pales ENERCON E82

Depuis février 1993, plus de **20.000** machines Enercon ont été installées dans le monde, sans qu'aucun accident mortel n'ait été enregistré.

Le niveau de certification obtenu pour cette machine en fait la plus sûre du marché. Nous nous référons aux documents de certification de tenue des éoliennes E 82 établis par DEWI (notamment pour des vents de 63 m/s, soit 226,8 km/h pendant 5 secondes) ainsi qu'aux différentes **certifications pour les éléments des pales et de leur process de fabrication** – ci-annexées. Les tests de résistance appliqués aux pales (également annexé) expliquent également le haut niveau de finition et de fiabilité du matériel Enercon.

Le design des pales Enercon illustre également l'intérêt que la société porte à la longévité et fiabilité de la machine. Ils sont les seuls à avoir adopté le **diamètre de connexion des pales** le plus large existant sur le marché actuellement. La capacité aux efforts en est donc plus grande.

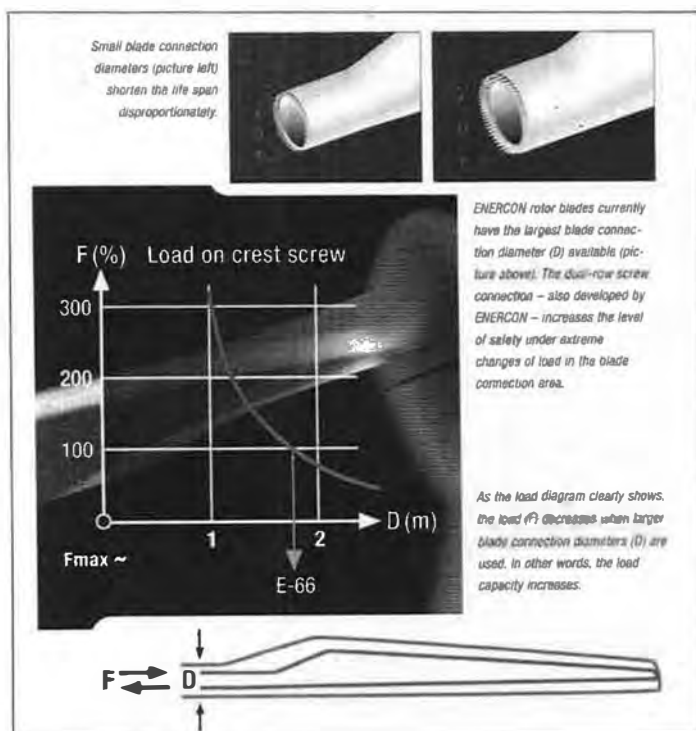


Figure 1: largeur du pied de pale Enercon

En outre, ENERCON dispose d'un **système totalement innovant en ce qui concerne l'emboîtement des pales à l'adaptateur**. Les tissus de la pale sont emboîtés et collés entre deux anneaux. Les anneaux laminés sont forés transversalement et longitudinalement.

Des boulons transversaux sont collés dans les forages transversaux et les goujons longitudinaux sont vissés et colmatés dans les forages longitudinaux. Ils sont alors solidaires des anneaux laminés et forme un couple tenon-mortaise très efficace.

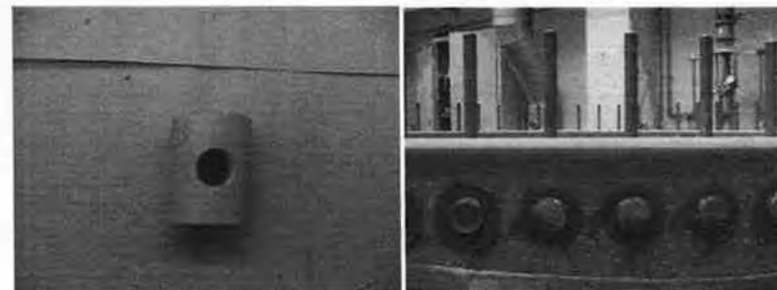


Figure 2: système de fixation par tensile bolts

L'anneau extérieur et l'anneau intérieur seront alors collés à la coque des tissus de verre de la pale, de manière à former un emboîtement des pales sur une très grande surface.



Figure 3: double rangée d'arrimage

Ce système de fixation de la pale au rotor, assurée par une **double rangée de boulons**, assure une force et une sécurité supplémentaire aux variations d'efforts extrêmes et supporte les plus durs tests de fatigue.

Enfin, la fatigue des pales peut être aussi influencée par la prise d'humidité - donc de poids - des résines polyester bas de gamme utilisées dans le composite. Enercon a sélectionné une **résine époxy qui n'absorbe pas l'humidité**.

De même, Enercon utilise pour la finition des pales, un polyuréthane, beaucoup plus résistant aux intempéries qu'un gel coat classique. Grâce à cela, la pale ne change pas de poids et sa longévité est accordée à la durée de vie de la machine.

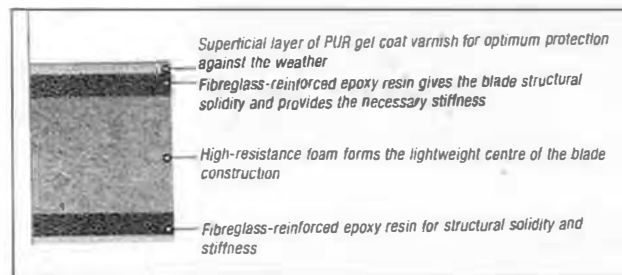


Figure 4: matériaux de la pale

En conclusion, toutes ces avancées technologiques ont permis de sécuriser au maximum l'ensemble du rotor et éviter tout incident de bris de pale.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Certification Body for Wind Turbines



Statement of Compliance for the Design Assessment

Registration No.:	02.11.06.22.00		
This statement of compliance is issued for:	ENERCON GmbH Dreerkamp 5 26605 Aurich, Germany		
For the wind turbine:	ENERCON E-82 Hub Height 78 m, 84 m, 98 m and 108 m IEC WTGS-Class IIA EN WTGS-Class IIA NVN WTGS-Class IIA		
<p>This statement confirms the compliance of the above mentioned wind turbine with the international standard "IEC 61400-1 Wind turbine generator systems – Part 1: Safety requirements 02/1999", the european standard "EN 61400-1 Wind turbine generator systems – Part 1: Safety requirements (IEC 61400-1:1999, modified) 2004" and with the Dutch prestandard „NVN 11400-0 Wind turbines – Part 0: Criteria for type certification – Technical criteria 04/1999", regarding the design. The wind turbine is specified in the annex on pages 3 to 6.</p> <p>The statement is based on the following certification reports:</p>			
Report No.:	issued	Reports on Assessment / Certification Reports	Cert. Body
649 757-1	2005-11-28	Load Assumptions, Hub Height 78 m, (steel tower 77 m)	TÜV SÜD
808 446	2006-05-29	Load Assumptions, Hub Height 84 m, (concrete tower 83 m)	TÜV SÜD
649 757-2	2005-11-28	Load Assumptions, Hub Height 98 m, (concrete tower 97 m)	TÜV SÜD
717 292	2005-11-28	Load Assumptions, Hub Height 108 m, (concrete tower 107 m)	TÜV SÜD
649 757-3	2006-12-12	Amendment to the Load Assumptions	TÜV SÜD
809 390-1	2006-07-07	Rotor Blade Type E82-1	TÜV SÜD
854 007-1	2006-10-02	Machinery Components, Wind Turbine E-82	TÜV SÜD
854 007-2	2006-10-05	Manuals and Documentation, Wind Turbine E-82	TÜV SÜD



Statement of Compliance for the Design Assessment

Registration No.: 02.11.06.22.00

Report No.:	issued	Reports on Assessment / Certification Reports	Cert. Body
854 007-3	2006-09-29	Safety System, System Management and Safety Circuit, Wind Turbine E-82	TÜV SÜD
	2006-10-05	Personnel Safety, Wind Turbine E-82	TÜV SÜD
781 414e	2006-03-28	Tubular Steel Tower, for Enercon E-82, Hub Height 78.25 m, WTGS class IIA, with embedded steel section	TÜV SÜD
8000169412 / 6 E Rev. 0	2006-08-08	Precast Concrete Unit Tower, E-82 Hub height 84.3 m WTGS class IIA	TÜV NORD
8101946732 / 6 E Rev. 1	2006-02-21	Precast Concrete Unit Tower, E-82 Hub height 98.1 m WTGS class IIA	TÜV NORD
8102032746 / 6 E Rev. 1	2006-03-09	Precast Concrete Unit Tower, E-82 Hub height 108.1 m WTGS class IIA	TÜV NORD

The conformity evaluation was carried out according to IEC WT 01, IEC System for Conformity Testing and Certification of Wind Turbines. Rules and procedures. Fabrication surveillance is not part of this statement of compliance.

Changes in design unless being approved by TÜV SÜD Industrie Service GmbH render this statement invalid.

Munich, 2006-12-14

Dipl.-Ing. W. Schaaff
Head Certification Body Wind Turbines
TÜV SÜD Industrie Service GmbH



By proxy Dipl.-Ing. T. Uhrig

By: TÜV SÜD Industrie Service GmbH, System: In Testing, approval according to IEC 61400-1 as Certification Body for Wind Turbines and their Components

Statement of Compliance for the Design Assessment

ANNEX

2006-12-14

Registration No.: 02.11.06.22.00

Characteristic Data ENERCON E-82

General	Design:	direct-driven, horizontal axis wind turbine with variable rotor speed independent pitch system for each rotor blade
	Power regulation:	see power regulation
	Main braking system:	2000 kW (up to 3000 kW)
	Rated power:	78 m, 84 m, 98 m and 108 m
	Hub height:	variable, 6 – 19.5 rpm (20.5 rpm)
	Rotor speed:	11.7 m/s (13.4 m/s)
	Rated wind speed:	22 – 34 m/s (gradually reduced rotor speed)
	Cut-out wind speed:	II A
	IEC 61400-1 WTGS-class:	II A
	EN 61400-1 WTGS-class:	II A
	NVN 11400-0 WTGS-class:	II A
	Reference wind speed:	42.5 m/s
	Extreme gust (50-year-recurrence):	59.5 m/s
	Annual average wind speed:	8.5 m/s
	Characteristic turbulence intensity:	18 %
Nacelle	Manufacturer:	ENERCON GmbH
	Drawing No.:	66.00.241-0
Rotor	Diameter:	82.0 m
	Number of blades:	3
	Orientation:	upwind
	Rotor blade type:	E82-1
	Manufacturer:	ENERCON GmbH
	Material:	glass-fiber reinforced epoxy
Blade Adapter	Design:	cast
	Material:	EN-GJS-400-18U-LT
	Drawing No.:	66.01.280-6
Pitch System	Blade bearing:	Double-row ball bearing slewing ring
	Drawing No. / Specification:	66.01.281-0 / MK 66 034-1
	Manufacturer / bearing type:	Liebherr-Werk Biberach / KUD 188 VA 802-000, ind. 2 or Rothe Erde / 091 40.1700.001.44.1402 A
	Pitch drive:	2-staged planetary gear
	Ratio:	i = 149
	Drawing No. / Specification:	66.01.282-0 / MK 66 035-0
	Manufacturer / Gear box type:	Lohmann + Stolterfoht / GFB 9 W3 6032 or Liebherr-Werk Biberach / DAT 250/497 or Zollern / ZHP 3.19-P-L-SO



Statement of Compliance for the Design Assessment

ANNEX

2006-12-14

Registration No.: 02.11.06.22.00

Pitch System	Pitch motor: Specification: Manufacturer / Type:	Direct current motor with brake MK 66 029-0 Ruckh Elektromotorenbau / GN112/4L E-82 or Ramme / GM 112L4 Br 3,3 kW or Emod / GKN112/4-200
Rotor Hub	Design: Material: Drawing No.:	cast EN-GJS-400-18-LT 66.01.348-1
Rotor Bearing	Thrust Bearing: Drawing No./ Specification: Manufacturer / Type:	Tapered roller bearing 66.01.336-1 / MK66030-1 SKF / BT2-8168 HA1/VK443 or FAG / F-809483.TR2 or TIMKEN / B-121305-A
	Loose Bearing: Drawing No./ Specification: Manufacturer / Type:	Cylindrical roller bearing 66.01.087-1 / MK66030-1 SKF / BC1-8033/HB1VK443 or FAG / F-804522 ZL or TIMKEN / E-2506-A
Axle Pin	Design: Material: Drawing No.:	cast EN-GJS-400-18-LT 66.01.347-1
Generator	Design:	direct driven, separately excited synchronous generator, stator and rotor being part of the main structure
	Drawing No. Generator Stator: Drawing No. Generator Rotor: Materials:	66.01.088-8, 66.01.315-1, 66.01.331-1 and 66.01.324-1 66.01.323-1 EN-GJS-400-18-LT, S355J2G3 and S235JRG2
Main Carrier	Design: Material: Drawing No.:	cast EN-GJS-400-18-LT 66.03.091-0 and 66.03.092-0
Yaw System	Yaw bearing: Drawing No./ Specification: Manufacturer / Type:	Double-row ball bearing slewing ring 66.03.069-1 / MK 66 033-0 Liebherr-Werk Biberach / KUD248VA801-000 Ind. 1.0 or Hoesch Rothe Erde / 091 40.1988.000.48 1502 B
	Yaw drive: Number of yaw drives: Drawing No./ Specification: Manufacturer / Type:	4-staged planetary gear 6 66.03.017-2 / MK 66 031-0 Lohmann + Stolterfoht / GFB 60 T4 6022 or Liebherr-Werk Biberach / DAT 400/439 or Zollem / ZHP 3.25-L-STZ-P



Statement of Compliance for the Design Assessment

ANNEX

2006-12-14

Registration No.: 02.11.06.22.00

Yaw System	Yaw motor: Specification: Manufacturer / Type:	three-phase motor with brake MK 66 028-0 Ruckh Elektromotorenbau / TRB 112M-6 TF or Liebherr (ATB) / BAF 112M/6K-11R or VEM / B21RW 112 M 6 MLEN
Parking Brake	Design: Manufacturer / Type:	disc brake with 2 electro-mechanically operated calipers Hanning & Kahl / HEAW 300 T
Rotor Lock	Design: Drawing No.:	manually operated locking device 66.90.174-0
Tower HH 78 m	Design / Type: No. of sections: Length: Drawing No. tower: Drawing No. foundation section:	welded tubular steel tower with embedded steel section in the foundation / E-82/SI/77/4F/01 4 76.35 m 66.10.438-1 66.10.441-1
Tower HH 84 m	Design / Type: Concrete part - no. of sections: Drawing No.: Height of concrete sections: Steel part - no. of sections: Drawing No.: Length:	prestressed precast concrete unit tower with steel segments on top / E-82/BF/83/17/01 15 82-12-502-01 order no. 2790-06 57.39 m above foundation level 2 66.15.070-0 25.91 m
Tower HH 98 m	Design: Concrete part - no. of sections: Drawing No.: Height of concrete sections: Steel part - no. of sections: Drawing No.: Length:	prestressed precast concrete unit tower with steel segments on top / E-82/BF/97/20/02 18 82-12-502-01 order no. 2666-05 68.87 m above foundation level 2 66.15.026-0 28.23 m



Statement of Compliance for the Design Assessment

ANNEX

2006-12-14

Registration No.: 02.11.06.22.00

Tower HH 108 m	Design:	prestressed precast concrete unit tower with steel segments on top / E-82/BF/107/23/01
	Concrete part - no. of sections:	21
	Drawing No.:	82-12-502-00 order no. 2701-05
	Height of concrete sections:	80.35 m above foundation level
	Steel part - no. of sections:	2
Control System	Drawing No.	66.15.038-0
	Length:	26.75 m
Safety System	Design:	hierarchical microprocessor system
	Manufacturer:	ENERCON GmbH
	Design:	electro mechanic components for super ordinate function with self-sufficient pitch drives
	Manufacturer:	ENERCON GmbH

End of Annex