

Diplôme d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement

**Evaluation environnementale de
l'impact paysager des parcs éoliens.
Etude du cas wallon.**

Travail de Fin d'Etudes présenté par
Jean-Christophe GENIS
en vue de l'obtention du grade académique de
Diplômé d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement

Année Académique 2001-2002

Directeur : Professeur M.-F. GODART

Mes plus chaleureux remerciements **à Frédéric MUSIN**
pour toutes les explications qu'il m'a fournies sur ce sujet passionnant
et pour la vocation qu'il a créée en moi.

Mes plus tendres remerciements **à Dominique**
pour son aide et son soutien tout au long de cette année DES – IGEAT,
et plus particulièrement pour ce travail de fin d'études.

Mes plus amicaux remerciements **à Daniel**
pour avoir accepté de relire ce travail alors que Bruxelles était sans voitures.

RÉSUMÉ

Les projets éoliens se placent dans le contexte international (Kyoto), fédéral et régional d'une promotion des énergies renouvelables. L'objectif, selon l'avant-projet de Plan pour la Maîtrise Durable de l'Energie de la Région wallonne, est d'atteindre une production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables de 8 % à l'horizon 2010, en partant de 1,8 % en 2000. Dans ce cadre de travail, l'énergie éolienne, de par la maturité de la technologie et les incitants financiers, occupe une place de choix dans l'ordre de priorité.

Les arguments qui s'expriment à l'encontre de certains projets éoliens se focalisent en particulier sur l'impact visuel ressenti comme une dégradation du cadre de vie. Il faut souligner que ces oppositions à l'impact visuel ne sont pas spécifiques aux projets éoliens. Elles concernent aujourd'hui, sans être systématique, tous les projets d'aménagement susceptibles de faire évoluer le paysage.

La définition du paysage est réduite de nos jours à sa dimension esthétique et contemplative. Pourtant, dans nos sociétés industrielles, le paysage est modelé par l'homme. Nos campagnes sont le résultat de l'économie rurale en pleine évolution.

L'évaluation environnementale des incidences d'un parc éolien comprend plusieurs volets. Les plus importantes sont les incidences sonores, l'ombrage stroboscopique et l'avifaune. Elles déterminent toute une série de distances minimales que le porteur de projet devra respecter. Il faut également en tenir compte lors du choix de la configuration du parc.

Les incidences positives sur les émissions de gaz à effet de serre, les polluants atmosphériques, les déchets et la qualité de l'eau doivent également être mises en évidence. Elles imposent une image d'énergie propre et de développement durable favorisant fortement l'acceptation du public pour l'impact visuel qui est généré lors de l'installation d'un parc éolien.

Il est pertinent de développer un outil de compréhension de la transformation fondamentale du paysage suite à l'implantation de ces éléments verticaux dominants. En effet, les éoliennes de dernière génération de type 1,5 à 2 MW, qui seront installées dans les années à venir en Région wallonne, sont des structures de grande dimension dont le point haut des pales peut culminer à 140 mètres au-dessus du sol.

L'évaluation environnementale de l'impact paysager des parcs éoliens est réalisée en trois phases. En premier, le paysage est analysé au travers de ses caractéristiques, de sa structure et de sa topographie. Ces éléments servent de base à tout projet d'intégration.

Dans un deuxième temps, les incidences paysagères sont évaluées en fonction de toute une série d'éléments objectifs composés surtout des périmètres particuliers du plan de secteur définis par la Région wallonne.

Enfin, un jugement est porté sur l'intégration paysagère du parc éolien depuis deux périmètres de perception visuelle : proche et lointain. Cela permet de rendre compte des deux grands types de riverains de ce genre de projet.

Une intégration paysagère réussie crée une harmonie et un équilibre visuel entre les éoliennes et les éléments du paysage. Afin de mieux appréhender cette relation de symbiose, des critères d'intégration paysagère ont été définis par les experts de cette problématique et sont analysés.

Cependant, cette analyse de l'impact paysager d'un parc éolien et la perception qu'en auront les riverains restent subjective. Elles dépendent de la culture, de l'appréhension du paysage, de l'utilisation qui est faite du site, etc. Pour tenter d'éviter de mauvaises expériences qui ont eu lieu dans d'autres pays, l'acceptation des riverains est vue sous l'angle de différents experts de la problématique. Il en ressort qu'une attention particulière doit être apportée à l'image de marque de l'énergie éolienne et à la participation des riverains d'un nouveau projet de parc éolien qui veut s'implanter.

TABLE DES MATIÈRES

PARTIE 1 : RAPPORT DE STAGE	1
Présentation du cadre du stage	3
Tâches effectuées	6
PARTIE 2 : TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES	11
1. Introduction.....	13
2. Contexte énergétique	14
2.1. Contexte général	14
2.2. L'énergie verte, objectifs et moyens en Région wallonne	14
2.2.1. Objectif 2010	15
2.2.2. Les certificats verts.....	15
2.2.3. Incitants à l'investissement.....	15
2.3. L'énergie éolienne en particulier	16
2.3.1. L'éolien au niveau international.....	16
2.3.2. L'éolien au niveau belge.....	17
2.3.3. L'éolien au niveau wallon	17
3. Description générale d'un parc éolien type	19
3.1. Les éoliennes.....	19
3.1.1. Le constructeur.....	19
3.1.2. Transformateurs	21
3.1.3. Les volumes construits annexes	21
3.1.4. Le raccordement des éoliennes	22
3.1.5. Les chemins d'accès, les aires de manutention, les fondations et les clôtures.....	22
3.2. Technologie employée.....	22
3.2.1. Description générale.....	22
3.2.2. Caractéristiques techniques générales	22
3.2.3. Courbe de puissance.....	24
3.2.4. Caractéristiques acoustiques	24
3.2.5. Projection de la production	25
4. Evaluation des incidences d'un parc éolien sur L'Environnement	26
4.1. Environnement sonore.....	26
4.1.1. Notions de base d'acoustique	26
4.1.2. Bruits générés par une éolienne.....	29
4.1.3. Cadre réglementaire.....	29
4.1.4. Incidences du projet	30
4.2. Incidences sur le microclimat.....	31
4.2.1. Ombre stroboscopique	31
4.3. Incidences sur la qualité de l'air	32
4.3.1. Les émissions de gaz à effet de serre	32
4.3.2. Les polluants atmosphériques.....	34
4.4. Incidences sur les déchets et l'eau	35
4.4.1. Réduction de la quantité de déchets produite	35
4.4.2. Réduction de la charge thermique de l'eau	35
4.5. Incidences sur la faune et la flore	36
4.5.1. Méthodologie	36
4.5.2. Législation concernant les espèces protégées.....	36
4.5.3. Inventaire des zones de protection ou de conservation à proximité.....	36
4.5.4. Incidences d'un parc éolien sur la faune et la flore.....	37
4.5.5. Conclusion	39
4.6. Incidences du chantier	40
4.6.1. Phase de construction	40
4.6.2. Phase d'exploitation	40
4.7. Conclusion	42
5. Lectures du paysage	43
5.1. Origine et histoire du paysage	43

5.1.1. Origine du concept	43
5.1.2. Petite histoire du paysage	43
5.2. Définition du concept	43
5.3. Outils de gestion du paysage.....	45
5.3.1. Introduction.....	45
5.3.2. La Convention européenne du paysage.....	45
5.3.3. Le Schéma de Développement de l'Espace Régional (SDER)	47
6. Impact paysager des parcs éoliens.....	51
6.1. Introduction.....	51
6.2. Description du paysage existant	51
6.2.1. Méthodologie	51
6.2.2. Délimitation de l'aire géographique	51
6.2.3. Description du paysage régional et local.....	51
6.2.4. Critères d'analyse paysagère	52
6.3. L'évaluation objective des impacts visuels d'un projet de parc éolien	55
6.3.1. Méthodologie	55
6.3.2. Les cônes de vue significatifs.....	55
6.3.3. Les périmètres particuliers	57
6.4. L'intégration paysagère du parc éolien : l'évaluation subjective	59
6.4.1. Méthodologie	59
6.4.2. Incidence en fonction des périmètres de perception visuelle	59
6.4.3. Incidences au niveau du périmètre de perception visuelle lointain	60
6.4.4. Critères d'intégration paysagère.....	60
6.4.5. Incidences au niveau du périmètre de perception visuelle proche.....	65
6.5. Conclusion	66
7. Analyse de l'Acceptation des éoliennes par les riverains.....	67
7.1. Acceptation des riverains aux Etats-Unis.....	67
7.1.1. Etude du site d'Altamont Pass (Californie)	67
7.1.2. Etude du site de San Gorgonio Pass (Californie).....	67
7.1.3. Etude du site de Tehachapi Pass (Californie)	68
7.1.4. Etude d'opinion des sites californiens.....	69
7.2. Acceptation des riverains aux Pays-Bas.....	70
7.2.1. Etude d'opinion aux Pays-Bas.....	70
7.2.2. Etude dans la région de la mer des Wadden (Nord des Pays-Bas)	70
7.3. Acceptation des riverains au Royaume-Uni	71
7.3.1. Etudes du British Wind Energy Association (BWEA)	71
7.3.2. Le cas de l'île de Foula (Shetlands)	71
7.3.3. L'échec des grandes sociétés	72
7.4. Acceptation des riverains en France.....	72
7.4.1. Etude du parc éolien de Sallèles-Limousis (Carcassonne)	72
7.4.2. Etude du parc éolien de Plouarzel (Brest).....	73
7.4.3. Inventaire non exhaustif de réactions sur des projets de parc éolien.....	73
7.5. Acceptation des riverains en Suède.....	74
7.5.1. Analyse de plusieurs études suédoises	74
7.6. Acceptation des riverains en Allemagne	75
7.6.1. La position des grandes organisations de protection de la nature	75
7.6.2. Etude dans la région de la Basse Saxe (district de Wesermarsch).....	75
7.7. Recommandations pour l'acceptation des riverains en Région wallonne	76
7.7.1. Introduction.....	76
7.7.2. Intégration paysagère.....	76
7.7.3. Image de marque	77
7.7.4. Participation.....	77
8. Conclusion.....	78
BIBLIOGRAPHIE	79
DOSSIER CARTOGRAPHIQUE.....	81

PARTIE 1 : Rapport de stage

PRESENTATION DU CADRE DU STAGE

Dans le cadre d'une convention signée entre l'IGEAT et ARIES, j'ai réalisé un stage de 8 semaines qui s'est étalé de février à juillet 2002.

Apparue sur le marché de l'environnement en 1995, la société ARIES engineering & environment s.a. exerce aujourd'hui ses activités de conseil et d'études dans le secteur de l'environnement, l'aménagement du territoire, l'urbanisme et la mobilité.

Il comporte une équipe permanente d'une vingtaine d'experts spécialisés dans les différentes branches de l'environnement (pluridisciplinarité).

ARIES engineering & environment S.A.

Chemin des Deux Fermes 1

1331 ROSIERES (Rixensart)

TEL 32-2-655.86.50

FAX 32-2-655.86.60

e-mail info@ae2.be

Site internet www.ae2.be

Domaines d'activité d'ARIES

A. Etudes d'incidences sur l'environnement (EIE)

Les études d'incidences imposées à certains projets sont le résultat d'une directive européenne visant à assurer la prise en considération des impacts environnementaux et la concertation des différents acteurs en présence (promoteurs, administrations, riverains, etc.). En raison de la pluridisciplinarité qu'elles requièrent, les études d'incidences constituent une des activités majeures du bureau qui exploite ainsi son large panel de compétences.

Outre l'obligation réglementaire, une étude d'incidences apporte un regard extérieur rigoureux sur un projet et, si une analyse interactive est mise en place avec le demandeur, elle permet de contribuer à l'élaboration d'un projet viable. Partant de ce constat, ARIES a développé une approche originale qui consiste à exploiter l'étude d'incidences comme un outil de dialogue visant à développer une communication constructive entre le demandeur, les autorités et les riverains. Cette approche conjuguant rigueur scientifique, communication et négociation a valu à toutes les études de ARIES d'être particulièrement appréciées.

Les études d'incidences doivent être confiées à des bureaux agréés en la matière par les pouvoirs publics. ARIES engineering & environment s.a., est agréée par la Région Wallonne (catégories 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) et par la Région Bruxelles-Capitale comme auteur d'études d'incidences.

B. Etudes de mobilité et transport

La mobilité des biens et des personnes est fondamentalement importante dans le fonctionnement et le développement de notre société (dimensions économiques, sociales, territoriales). Depuis quelques années cependant, une saturation grandissante des infrastructures de mobilité (essentiellement les infrastructures routières et certains tronçons ferrés) est observée.

ARIES s'est imposé comme un interlocuteur de qualité dans nombre d'études liées aux déplacements et au transport. Ces interventions comme consultant spécialisé concernent le développement d'une mobilité durable (plans communaux de gestion de la mobilité, campagnes de sensibilisation, plans de déplacements d'entreprises...), les infrastructures de transport (tracés de lignes ferrées, tracés routiers, tunnels...), l'optimalisation de

l'organisation multimodale (régulation, réseaux de transports publics, simulation des performances de réseaux de transports en commun, modélisations de circulation...), l'évaluation des incidences spécifiquement liées à la mobilité (encombrements, bruit, insécurité, gestion du territoire...).

C. Etudes de faisabilité - conception de projets

C'est en amont de la conception d'un projet qu'il est le plus facile d'intégrer le facteur 'environnement'. Que le projet envisagé soit ou non en interaction étroite avec l'environnement dans lequel il s'insère, il importe d'envisager les divers impacts qu'il peut avoir et de les réduire autant que possible et ce, dès les premiers choix conceptuels du projet (technologiques, de gestion,...).

Dans cette matière, l'apport des modèles informatiques est particulièrement intéressant (modélisations de circulation, de diffusion de polluants, etc.), surtout lorsqu'il est conjugué avec une approche qualitative relevant d'autres expériences similaires. C'est ce type de démarche à la fois rigoureuse et instinctive que nous préconisons dans les études de faisabilité. Ceci permet d'envisager les différentes alternatives potentielles, d'en évaluer les impacts, tout en gardant les critères d'efficacité et d'économie à l'esprit.

D. Etudes de sol

Depuis quelques années, les contaminations du sol font l'objet d'une attention particulière, tant de la part des pouvoirs publics que des propriétaires de terrains. En effet, leurs incidences environnementales importantes et les coûts élevés des opérations de décontamination des sols (et généralement de la nappe phréatique) incitent à la plus grande prudence en ce domaine.

Il importe pour tout responsable potentiel (propriétaires, exploitants,...) de s'assurer de l'importance du risque environnemental encouru, de prendre les mesures nécessaires pour limiter les pollutions et de respecter les obligations légales en la matière. Parmi ces obligations légales, diverses contraintes allant de la simple caractérisation d'une pollution jusqu'à la mise en oeuvre d'un chantier de décontamination peuvent être imposées aux entreprises (lors par exemple d'une cessation d'activité, d'une vente de terrain, du renouvellement d'un permis, etc.).

Les études de sols doivent être prises en charge par des bureaux agréés par les pouvoirs publics. ARIES engineering & environment s.a. est reconnue comme bureau d'études pour la caractérisation des contaminations de sols, l'établissement de plans d'assainissement et la réhabilitation des sites contaminés (Wallonie, Bruxelles & Flandre).

E. Conseils & audits en environnement, urbanisme et aménagement du territoire

Améliorer les performances de ses activités, comprendre et respecter la réglementation environnementale et urbanistique, mieux positionner son entreprise dans son environnement (rejets, voisinage, conditions de travail), réaliser des économies d'énergie ou de matières, mener une campagne d'analyses (eau, sol, bruit, gaz, air ambiant, électricité), établir de "bonnes relations de voisinage", réaliser une étude de faisabilité d'une installation de traitement, etc. sont autant de points pour lesquels l'intervention d'un consultant en environnement peut s'avérer très profitable.

Les audits d'environnement sont un outil intéressant pour la gestion efficace d'une entreprise. Ils peuvent s'intégrer dans une logique de management environnemental ou simplement apporter un regard extérieur sur les activités développées. Les informations recueillies lors de l'audit constituent un constat objectif (confidentiel) et définissent, en collaboration étroite avec les responsables concernés, les solutions potentielles et les actions à entreprendre.

F. Plans globaux de gestion environnementale

Ces dernières années, la prise de conscience des pouvoirs publics en ce qui concerne la gestion intégrée de l'environnement et des activités humaines a été particulièrement importante. Cela s'est notamment traduit par la mise en place de nombreux plans communaux de gestion de l'environnement.

Les communes ayant fait appel à ARIES pour l'établissement de leur gestion environnementale ont trouvé un interlocuteur efficace qui, en se basant sur une analyse objective, a apporté des suggestions pratiques et efficaces.

G. Management environnemental

La mise en oeuvre d'une gestion environnementale permet à l'entreprise de réaliser des réelles économies (économies sur la consommation de matière, de produit et d'énergie, réduction des charges, réduction des rejets et donc de taxe). Elle permet en outre de positionner l'entreprise dans un marché de plus en plus attentif à la qualité environnementale de ses acteurs.

Depuis le début des années 90, deux cadres légaux existent pour permettre aux entreprises de faire valoir leurs performances environnementales: le règlement européen EMAS et la norme internationale ISO 14 001.

H. Campagnes de sensibilisation, formations

Dans un même secteur d'activité, les problématiques environnementales sont généralement similaires pour tous les acteurs. Ceci pousse les responsables publics et les fédérations sectorielles à organiser des campagnes de sensibilisation, d'information et de formation spécifiquement orientées vers certains groupes-cibles.

Dans ce type de démarches, il faut tenir compte à la fois des problématiques abordées (ex : gestion des déchets, plans de déplacements, contaminations de sols, procédures des permis d'environnement, etc.) et des caractéristiques des groupes-cibles visés (ex : chefs d'entreprises, écoles, responsables environnement, PME, grandes entreprises, administrations, etc.).

L'apport de ARIES dans ce type de missions peut comprendre le choix des thèmes, la conception d'une méthode de communication, l'élaboration des textes, leur mise en forme, la réalisation des supports, etc. Par ailleurs, nous disposons d'une infrastructure accueillante pour l'organisation de séminaires, réunions d'information, petits déjeuners, etc.

I. Etudes techniques spécifiques

Outre les types de missions décrits ci-dessus, ARIES prend régulièrement en charge des études concernant des domaines environnementaux spécifiques, par exemple :

- ✓ études techniques en matière de bruit,
- ✓ études d'optimisation et audits énergétiques,
- ✓ argumentaires environnementaux,
- ✓ évaluation des impacts financiers du facteur 'environnement',
- ✓ établissement de formulaires d'information environnementale,
- ✓ réalisation de dossiers de demande de permis d'environnement et d'urbanisme,
- ✓ etc.

TACHES EFFECTUEES

Recherche bibliographique

Une centaine d'heure de recherche sur Internet m'ont permis de mettre en évidence les principaux spécialistes de la problématique des impacts paysagers de l'implantation d'éoliennes. Ceux-ci sont originaires de pays ayant une longue tradition de l'utilisation de ce type d'énergie, à savoir le Danemark, l'Allemagne, les Etats-Unis, le Royaume-Uni. La France commence également à l'étudier sérieusement.

Des prises de contact ont été réalisées avec ces différents experts afin de pouvoir disposer de leurs publications. Celles-ci constituent la base de ce travail.

En parallèle, ces recherches m'ont amené à aborder la problématique des impacts paysagers de différents types de projets d'infrastructures d'envergure (pylônes électriques, autoroutes).

Incidences sur le paysage de 4 projets de parc éolien

Dans le cadre du stage, j'ai participé à la réalisation de 4 études d'incidences sur l'environnement des parcs éoliens suivant :

- ✓ Parc de 3 éoliennes de 1,5 MW à Perwez (société Air Energy)
- ✓ Parc de 3 éoliennes de 2 MW à Celles (société Benoît Mat)
- ✓ Parc de 3 éoliennes de 2 MW à Fernelmont (société SPE)
- ✓ Parc de 3 éoliennes de 2 MW à Andenne – Héron (société Electrabel)

Mon rôle s'est attaché à développer la méthodologie utilisée pour évaluer les incidences paysagères de ces différents parcs éoliens, et à la mettre en pratique.

Toute la difficulté a été d'adapter les méthodes existantes au cas bien particulier des éoliennes, c-à-d l'implantation d'éléments verticaux de plus de 100 mètres de hauteur dans les paysages wallons.

Pour la bonne réalisation de ces analyses paysagères, de nombreuses visites sur le terrain ont été effectuées pour finaliser la mise en œuvre entre autre des cônes de vue significatifs, des périmètres de perception visuelle et des photomontages.

Un inventaire des principales formes de protection du patrimoine de la Wallonie a aussi été réalisé pour affiner l'évaluation objective des impacts paysagers des éoliennes, à savoir :

- ✓ Monuments et sites classés, y compris la liste de sauvegarde
- ✓ Patrimoine monumental
- ✓ Arbres et haies remarquables
- ✓ Sites archéologiques

Des contacts avec la DGATLP de Namur et des bureaux provinciaux, y compris les Archéologues provinciaux, ont eu lieu pour définir l'ampleur des incidences à étudier.

Activités de communication

J'ai participé à une rencontre informelle de la Région wallonne (le 22/04/02) qui a servi à mieux cerner les enjeux à intégrer dans le cadre de référence pour l'implantation d'éoliennes. Celui-ci a été adopté par le gouvernement wallon le 28/07/02 et est analysé dans ce travail.

Cette invitation est le résultat des contacts entretenus avec le Facilitateur éolien de la Région wallonne, l'APERe asbl, représentée par Annabelle Jacquet.

A cette réunion étaient présents des représentants de la DGATLP, DGRNE, DGTRE, ARIES, plusieurs promoteurs de projets, Inter Environnement Wallonie, la CRAT, la FWA et la Force aérienne.

J'ai également assisté à plusieurs réunions d'information sur des projets de parcs éoliens. Cela m'a aidé à mieux cerner les attentes et les craintes des riverains wallons envers ce type d'implantation près de leur domicile.

Etude de cas : parc de 3 éoliennes de 2 MW a Fernelmont

Dans le but de montrer un exemple du travail réalisé par l'équipe d'ARIES dans le cadre d'une étude d'incidences sur l'environnement, le site du parc de 3 éoliennes de 2 MW à Fernelmont a été choisi (ARIES, 2002). Cet exemple permettra tout au long du travail de fin d'études d'alterner les notions théoriques au cas pratique.

Pour plus de clarté, le projet est présenté ci-dessous. Les demandes de permis de bâtir et d'exploiter ont été introduites simultanément par SPE POWER COMPANY SA dont le siège social est situé rue Royale, 55 bte 14 à 1000 Bruxelles.

Le cadre réglementaire général en matière d'étude d'incidences est déterminé par le décret du 11 septembre 1985 organisant l'évaluation des incidences sur l'environnement dans la Région wallonne et par l'arrêté de l'Exécutif régional wallon du 31 octobre 1991, portant exécution du décret. Conformément à l'Annexe II de l'arrêté de l'Exécutif régional wallon du 31 octobre 1991, ce type de projet est soumis obligatoirement à étude d'incidences en tant que « Installation d'éoliennes d'une puissance totale installée de plus de 1 MW ».

Localisation

Le projet est situé dans la commune de Fernelmont, province de Namur à proximité de la E42. Il est localisé à la carte 1 à l'échelle 1/15.000^e dans le dossier cartographique.

Les trois éoliennes sont disposées en triangle. On distingue deux éoliennes alignées le long de l'autoroute E42 (éoliennes 1 et 2) et une troisième (éolienne 3) orientée plus ou moins perpendiculairement à cette ligne au niveau de l'éolienne 2.

Aménagement du territoire

Les parcelles cadastrales concernées par le projet sont situées au plan de secteur en zone agricole pour les éoliennes 2 et 3 et en zone d'aménagement différé à caractère industriel pour l'éolienne 1. Se référer à la carte 2 du Plan de secteur dans le dossier cartographique.

Le projet est encadré :

- ✓ Au nord, par une zone agricole reprise partiellement en zone d'intérêt paysager au niveau de la Ferme de l'Abbaye ;
- ✓ A l'est, par la zone forestière du bois du Tronquoy également reprise en zone d'intérêt paysager et par la zone industrielle de Noville-les-Bois;
- ✓ Au sud, par des zones agricoles et des zones forestières.;
- ✓ A l'ouest, par des zones agricoles
- ✓ Au Sud par l'autoroute E42 et une zone de servitude aérienne ;

Les premières zones d'habitat sont localisées :

- ✓ A 540 mètres au Nord-Ouest de l'éolienne 3. Il s'agit du village de Tillier ;
- ✓ A 1400 mètres à l'Ouest de l'éolienne 3. Il s'agit du village de Waret-la-Chaussée ;
- ✓ A 650 mètres au Sud-Ouest de l'éolienne 2. Il s'agit du village de Marchovelette ;
- ✓ A plus de 1000 mètres au Sud-Est de l'éolienne 1. Il s'agit du village de Franc-Waret.

Topographie du site et obstacles entravant la circulation des masses d'air

La topographie du site a été relevée numériquement dans l'aire géographique de l'étude. Le site est localisé sur les plateaux dominant le versant gauche de la vallée de la Meuse. Il est situé à une altitude de l'ordre de 200 mètres et à une distance à vol d'oiseau de 5 km de la Meuse au Nord de Marche-les Dames. Au Sud et à l'Ouest du site, s'étendent les vastes plateaux de la Hesbaye entaillés par de nombreuses vallées à fond plat qui présentent un relief faiblement ondulé et de faibles pentes.

Le site est encadré par

- ✓ Le ruisseau du petit Houyou s'écoulant du Sud vers le Nord et localisé à plus de 1,5 km à l'Est de l'éolienne 1 ;
- ✓ Le ruisseau de Novilles-les-Bois localisé à plus de 1 km au Nord de l'éolienne 3.

Quelques obstacles viennent entraver la circulation des masses d'air aux alentours du site :

- ✓ Le bois du Tronquoy composés essentiellement d'arbres à haute tige ;
- ✓ Les bâtiments de la zone industrielle ;
- ✓ Le cordon d'arbre à haute tige encadrant l'autoroute E42.

Etude de vent

Le demandeur développe en ce moment plusieurs projets de parcs éoliens en Wallonie dont certains sont proches de celui de Fernelmont. Dans le cadre de ces développements, l'évaluation du potentiel éolien représente un paramètre important en terme de productivité des machines et donc de rentabilité du projet.

Pour évaluer le potentiel éolien à Fernelmont situé sur le plateau hesbignon entre Perwez et Wanze, le demandeur a réalisé une modélisation (micro-siting) du site et a combiné celle-ci aux données de trois stations météorologiques.

Les résultats obtenus ont ensuite été recoupés avec deux sources d'informations situées également sur le plateau hesbignon. :

- ✓ Une mesure de vent à Vinalmont sur Wanze en cours, depuis novembre 2001 ;
- ✓ Les données enregistrées à Perwez par l'éolienne de la PBE en fonctionnement depuis plus d'un an.

Enfin des mesures de vent réalisées à divers emplacements de la Province de Namur dont Assesse (les autres étant confidentiels) ont également servi à vérifier et adapter la méthodologie.

Les résultats donnent une vitesse moyenne de vent estimée à 6,14 m/s à une hauteur de 80 m. la rose des vents met en évidence une dominance des vents de secteur Sud - Sud/Ouest.

Couloirs aériens et signalisation

Les forces armées ont marqué leur accord de principe vis-à-vis du projet moyennant le balisage adéquat des installations. Aucun problème n'est donc soulevé à ce niveau. Rappelons que l'avis officiel sera demandé par l'Autorité compétente dans le cadre de la procédure d'octroi des permis.

Justification du choix du site

De nombreuses régions en Belgique possèdent un potentiel éolien qui est loin d'être négligeable. S'il est vrai que, à l'échelle de notre pays, le littoral offre le potentiel le plus intéressant, la densité de l'habitat y rend également l'installation d'éoliennes sur le continent peu aisée. Des projets d'installations off-shore sont actuellement à l'étude. Les obstacles technologiques sont toutefois de taille et retardent quelque peu ces développements.

Le potentiel on-shore est donc à valoriser tout en se focalisant sur des régions où les installations seront rentables en termes de production d'énergie et seront compatibles avec leur environnement au sens large du terme. Les composantes de cet environnement sont non seulement les réseaux de distribution de l'électricité et de voie d'accès existants auxquels doit se raccorder le projet mais aussi les riverains des installations qui pourraient subir des nuisances, la faune et la flore touchée par le projet, les utilisateurs de l'espace aérien, les exploitations agricoles, les industries à proximité du site, etc.. Le projet doit trouver sa place, s'insérer dans cet environnement à contraintes multiples des points de vue techniques, physiques (sol, eau, ...), biologiques (faune, flore) et humains.

Dans le cas qui nous occupe, le choix du site résulte d'une prospection active menée par le demandeur dans le but d'atteindre une intégration optimale du projet dans son environnement tout en garantissant une production d'énergie rentable.

Les zones privilégiées pour l'implantation des éoliennes

En région wallonne, elles sont les suivantes (Gouvernement wallon, 2002) :

- ✓ Zones de services publics et d'équipements communautaires : zones d'élection dans la mesure où l'implantation est compatible avec les activités d'utilité publique présentes dans la zone considérée ;
- ✓ Zones d'activité économique mixte, zone d'activité économique industrielle : zones autorisées ;
- ✓ Zones agricoles : zones avec cependant une attention particulière aux conditions d'intégration au site concerné ;
- ✓ Zones d'extraction : zones autorisées pendant la durée d'exploitation du site ;
- ✓ Zones de loisirs : zone autorisée ;
- ✓ Zones d'habitat, zones d'habitat à caractère rural : zones autorisées sous réserve de la compatibilité du projet avec le voisinage ;
- ✓ Zones d'aménagement différé mises en œuvre : zones autorisées sous réserve de la conformité avec la destination principale de la zone et de la compatibilité avec le voisinage.

Le permis d'environnement

Si, pour l'heure, la législation permet à l'autorité de faire réaliser une étude d'incidences en dessous du seuil obligatoire, tel ne sera plus le cas lors de l'entrée en vigueur prochaine du décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement. En effet, dans ce nouveau contexte, seuls les projets relevant de la classe 1 (plus de 3 MW) seront soumis d'office à une étude d'incidences préalable à l'introduction de la demande (Gouvernement wallon, 2002).

Concernant les projets soumis à notice (classe 2, soit entre 0,5 et 3 MW), les porteurs de projets veilleront à compléter avec un soin tout particulier les rubriques de la notice. Dans le cas contraire, et étant donné que l'autorité compétente sera soumise à des délais de rigueur, cette dernière pourrait être amenée à refuser en bloc les projets, par manque d'information pertinente permettant d'en juger le bien-fondé.

S'agissant des projets soumis à étude d'incidences (classe 1, soit de plus de 3 MW), les porteurs de projets veilleront à englober tous les impacts potentiels. Le Gouvernement wallon a approuvé définitivement en date du 4 juillet 2002, dans le cadre de la mise en œuvre du permis d'environnement, un contenu minimum d'étude d'incidences sur l'environnement et de notice préalable sur l'évaluation des incidences sur l'environnement.

PARTIE 2 : Travail de fin d'études

1. INTRODUCTION

Les énergies renouvelables répondent à une stratégie énergétique à long terme basée sur le principe du développement durable. Elles répondent en effet aux besoins actuels sans compromettre le développement des générations futures. Les émissions de polluants sont très faibles en comparaison des énergies fossiles car elles se limitent essentiellement aux activités liées à la fabrication et à l'installation.

Les éoliennes constituent des unités de production d'électricité s'inscrivant pleinement dans une démarche de développement durable (diversification énergétique, production décentralisée et sans rejet, réponse aux engagements pris à Kyoto pour la réduction des gaz à effet de serre, etc.).

Les éoliennes de dernière génération de type 1,5 à 2 MW, qui seront installées dans les années à venir en Région wallonne, sont des structures de grande dimension dont le point haut des pales peut culminer à 140 mètres au-dessus du sol. Leur visibilité est incontestable et leur présence peut susciter un intérêt visuel immédiat, ou chez certaines personnes, une réaction négative.

Des élus wallons ont répertorié 169 éoliennes prévues dans une vingtaine de communes wallonnes (www.compagnons-eole.org). Electrabel, hormis ses projets off-shore, a introduit des demandes d'autorisation pour la construction de 86 éoliennes en Belgique, dont 34 en Wallonie (www.electrabel.com). D'autres opérateurs comme la SPE, Air Energy, etc. ont également de nombreux projets déposés ou en cours.

L'impact paysager de tous ces projets qui vont voir le jour sera important. Le présent Travail de Fin d'Etudes développe une méthodologie de mise en évidence et d'évaluation des incidences paysagères d'un parc éolien. Enfin, des recommandations sont faites pour éviter les écueils rencontrés dans d'autres pays.

2. CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE

2.1. Contexte général

La production d'électricité par les énergies renouvelables est encore très modeste, contribution hydroélectrique exclue. En regard des objectifs fixés par la Directive Européenne EnR, la production par l'énergie éolienne devrait atteindre 30 TWh en 2010.

La Belgique se caractérise dans le domaine énergétique par :

- ✓ L'absence presque totale de ressources fossiles (pétrole, gaz, charbon) ;
- ✓ La relance des efforts de maîtrise de l'énergie ;
- ✓ La prédominance du nucléaire dans la production électrique.

Dans cette situation, la politique d'avenir la plus prometteuse consiste à jumeler la maîtrise des consommations avec le développement des énergies renouvelables. En effet, tout kWh économisé ou produit par ces énergies propres présente plusieurs avantages (www.ademe.fr) :

- ✓ Il évite d'utiliser des énergies fossiles polluantes et de réserve limitée ;
- ✓ Il diminue les risques liés à l'usage de l'énergie nucléaire ;
- ✓ Il augmente notre indépendance énergétique ;
- ✓ Il crée de l'activité et de l'emploi au plan local.

En outre, les énergies renouvelables sont décentralisées. L'énergie est produite localement, nécessitant peu d'investissement sur le réseau de distribution ou de transport (renforcement) jusqu'à un certain niveau de développement des projets.

Les énergies renouvelables, dans leur diversité, peuvent participer efficacement à la diversification de notre production d'électricité et induisent un impact insignifiant au regard des atteintes causées par les énergies fossiles et fissiles. Associées à une politique ambitieuse de maîtrise de l'énergie, elles peuvent alors permettre une réduction significative de la part d'électricité produite par les énergies fossiles et nucléaire.

Pour des raisons historiques l'énergie éolienne ne s'est pas développée en Wallonie jusqu'à ces dernières années. Depuis la fin des années 90, une série de dispositions incitent à la promotion de cette forme d'énergie :

- ✓ Le protocole de Kyoto adopté par le Parlement et le Gouvernement wallon ;
- ✓ Le plan climat fédéral et le plan air de la Région Wallonne ;
- ✓ Le contrat d'avenir pour la Wallonie ;
- ✓ Le projet de plan pour la maîtrise durable de l'énergie.

Le gouvernement wallon a également adopté le 18 juillet 2002 le « Cadre de référence pour l'implantation d'éoliennes en Région wallonne » ayant pour objet de développer pour chaque matière concernée, à savoir l'aménagement du territoire et l'urbanisme, l'environnement et l'énergie, les règles applicables à l'implantation des éoliennes.

2.2. L'énergie verte, objectifs et moyens en Région wallonne

Ce terme désigne les énergies produites à partir de sources d'énergie renouvelables (solaire, hydraulique, éolienne, géothermique ou biomasse) et de cogénération de qualité (production combinée de chaleur et d'électricité permettant une efficacité énergétique plus élevée).

En novembre 1997, la Commission européenne a adopté le livre blanc "Energie pour l'avenir: les sources d'énergies renouvelables" proposant de doubler la part des énergies renouvelables dans la consommation intérieure brute d'énergie de l'Union européenne pour passer de 6% actuellement à 12% en 2010. En Wallonie, cette part atteint à peine 2%. La

source principalement utilisée est la biomasse (essentiellement par combustion du bois) et, dans une moindre mesure, l'hydraulique.

En matière de cogénération, la Commission propose d'atteindre, à l'horizon 2010, au moins 18% de la production électrique totale de l'Union. Un taux que le Parlement européen conseille de relever à 25%. Le taux actuel dans notre région est de l'ordre de 3,5%, réparti dans une soixantaine d'unités, majoritairement industrielles.

2.2.1. Objectif 2010

Compte tenu de son potentiel, la Région wallonne se fixe l'objectif d'assurer en 2010 près de 5% de la consommation finale totale par les énergies renouvelables. En matière d'électricité plus particulièrement, elle se fixe pour objectif de produire 8% de sa consommation à partir des renouvelables et 20% à partir de cogénération de qualité. En terme de chaleur, l'objectif est d'atteindre 12% de la consommation wallonne à partir des énergies renouvelables.

Une aide financière et un accompagnement seront nécessaires pour assurer le développement des différentes filières. Avec ces soutiens, et en poursuivant parallèlement une politique ferme de réduction de la demande d'énergie, l'énergie verte peut influencer sensiblement le bilan énergétique de la Wallonie.

2.2.2. Les certificats verts

Le principal organisme de soutien à l'électricité verte est la procédure des certificats verts. D'une part, des certificats sont délivrés aux producteurs d'électricité verte sur base de leur production et des économies de CO₂ réalisées. D'autre part, un quota de certificats verts à présenter à la CWAPE est imposé aux fournisseurs avec l'application de pénalités en cas de non respect. Les certificats verts acquièrent donc une valeur marchande et peuvent constituer un revenu supplémentaire pour les producteurs d'énergie verte.

A titre provisoire, la Région pourra octroyer une aide à la production garantie pour la durée de l'amortissement de l'installation avec un maximum de 10 ans. Le producteur pourra choisir, de façon réversible, entre ce système et les certificats verts.

Enfin, l'éligibilité - la possibilité de choisir son fournisseur - sera immédiate pour les clients qui se fourniront exclusivement auprès de fournisseurs s'alimentant principalement en électricité verte. Les producteurs verts seront aussi éligibles pour leur appoint.

Un certificat vert est attribué pour 1 MWh divisé par le taux d'économie de CO₂ : pour l'éolien et l'hydraulique, un certificat vert est fourni pour 1MWh produit ; pour une unité de cogénération "moyenne" (taux d'économie de CO₂ de 20%), un certificat vert est fourni pour 5MWh produit.

Un certificat vert correspond à 1MWh d'électricité verte n'émettant pas de CO₂. Si le quota est de 3%, un fournisseur qui commercialise 100 MWh doit présenter 3 certificats verts. Le quota imposé aux fournisseurs augmentera progressivement pour atteindre 12% en 2010.

2.2.3. Incitants à l'investissement

Des aides à la décision sont octroyées pour la réalisation d'audits préalables (mesures de vents, plan global d'évaluation du potentiel d'énergie renouvelable à l'échelle d'une commune, ...).

Des aides à l'investissement dans les énergies renouvelables sont octroyées pour les entreprises et les PME.

Des déductions fiscales sont prévues par le gouvernement fédéral pour les particuliers pour certains investissements en matière d'énergies renouvelables, ainsi que pour les entreprises.

2.3. L'énergie éolienne en particulier

2.3.1. L'éolien au niveau international

En 2001, l'éolien a tenu son rang de première énergie renouvelable en terme de croissance. L'Europe reste la locomotive de l'éolien avec 71% de la capacité totale installée dans le monde. Les chiffres repris dans les tableaux ci-dessous sont issus du Windindicator, publié par Winpower Monthly (www.wpm.co.nz).

L'Allemagne reste le pays leader de ce marché, aussi bien quant aux puissances annuellement installées qu'au niveau du parc total. Le Danemark a, quant à lui, perdu son deuxième rang européen au profit de l'Espagne qui ne cesse de prendre de l'ampleur. En effet, le fournisseur espagnol d'énergie d'origine éolienne, Gamesa, a remporté en 2002 l'appel d'offre lancé par la société Guascor pour la production de 1000 mégawatts supplémentaires dans les trois prochaines années.

En Irlande, comme dans d'autres pays européens, les gros investisseurs semblent préférer prendre le large puisque de grands projets off-shore sont à l'étude ou en cours d'installation. Un parc off-shore de 200 turbines qui totalisera 570 MW de puissance installée devrait bientôt être érigé en mer irlandaise et devrait pourvoir à 10% des besoins électriques du pays. Quant au Danemark, où 16% de la consommation électrique est maintenant couverte par l'énergie éolienne, un nouveau parc off-shore de 18 turbines de 2MW vient de voir le jour à Horns Rev. Au Royaume-Uni, les autorités ont d'ores et déjà planifié la mise en place de 18 parcs éoliens off-shore similaires d'une envergure de plus ou moins 30 turbines de 2MW. Le premier va être installé d'ici peu à North Hoyle (USA Today du 02/07/02).

Zone géographique	1999	2000	2001
Total Europe	9 443	11 930	17 361
Etats-Unis	2 492	2 555	4 245
Canada	127	140	207
Total Amérique du Nord	2619	2695	4452
Inde	1 095	1 220	1507
Chine	182	340	399
Autres pays d'Asie	10	14	14
Total Asie	1 287	1 574	1 920
Reste du monde	242	465	738
Total Monde	13 455	17 706	24 471

Tableau 1: Puissance éolienne installée dans le monde en MW (www.wpm.co.nz)

Pays européens	1999	2000	2001
Allemagne	4 445	6 113	8 753
Espagne	1 530	2 402	3 335
Danemark	1 742	2 297	2 417
Royaume-Uni	356	409	485
Pays-Bas	410	448	483
Italie	211	389	697
Suède	220	231	280
Grèce	87	189	272
Portugal	60	100	127
Irlande	73	118	125
Autriche	42	78	95
France	23	79	85
Finlande	38	38	39
Autres pays			
Total Europe	9 307	12 972	17 361

Tableau 2: Puissance éolienne installée dans l'Union Européenne en MW (www.wpm.co.nz)

2.3.2. L'éolien au niveau belge

Actuellement, les parcs éoliens belges les plus importants se trouvent en Région Flamande. En Région wallonne, on ne trouve à ce jour que deux éoliennes déjà installées (www.compagnons-eole.org).

En Région Flamande, on citera principalement le parc de Zeebrugge où 11 éoliennes de 400 kW ont été installées en l'an 2000, et ceux de Brugge (9 x 600 kW) et Schelle (3 x 1,5 MW) implantés en 2001.

En Région Wallonne, les deux éoliennes ont été mises en place à Saint Vith en 1998 avec une puissance de 500 kW et à Perwez en 2000 avec une puissance de 600 kW. En outre, Electrabel s'est vu octroyer en juillet 2002 le permis d'urbanisme pour la construction du premier parc éolien wallon à Bütgenbach. Le permis d'urbanisme concerne la construction de 4 éoliennes de 2 MW chacune.

2.3.3. L'éolien au niveau wallon

Le potentiel exploitable, à l'horizon 2010, sur le territoire de la Région wallonne est estimé à 370 GWh, énergie correspondant à une puissance installée d'environ 200 MWh. Cela représente une bonne centaine d'éoliennes de puissance et quelque 1,5% de la consommation estimée d'électricité en Wallonie.

Toutefois, dans une perspective de développement durable, il faut faire le constat de la rareté de l'espace en Wallonie. Il est donc impératif d'utiliser au mieux les sites éoliens les plus intéressants, de par leurs caractéristiques de vent (carte des vents disponible à la

DGTRE), de raccordement ou d'environnement. C'est pourquoi, la priorité est de faire émerger des groupes d'éoliennes de puissance, au minimum de 500 kW, plutôt que les très petites unités domestiques, réparties de manière anarchique sur le territoire. Des petits parcs d'éoliennes, par exemple dans des zonings industriels ou le long d'autoroutes, semblent prometteurs. Ceci n'exclut pas pour autant des installations isolées, qui peuvent jouer un rôle d'amorçage, dans des sites appropriés.

Enfin, il est important de souligner l'importance d'une bonne communication au sujet de tout projet d'implantation d'éoliennes. malgré la maturité de la technologie et le fait que plus de 15.000 MW soient installés dans le monde (l'équivalent de la puissance installée du parc électrique belge), le grand public garde un certain nombre d'a priori injustifiés, notamment au niveau des nuisances sonores, de l'impact paysager, ou de l'impact sur le bétail, les oiseaux ou les cultures. Informer correctement toutes les personnes qui seront concernées par ce type de projet, du fait de sa grande visibilité dans leur environnement quotidien, est une des conditions de succès qu'il ne faut certainement pas négliger.

Un potentiel éolien très important existe également en mer du Nord : deux projets de parcs éoliens off-shore sur des sites situés en territoire fédéral sont en préparation. La Wallonie sera associée à ces réalisations, en proportion de sa part de consommation électrique (30%). Sur base d'une puissance installée de 400MW à l'horizon 2010, soit une production annuelle de l'ordre de 1200GWh, la part affectée à la Wallonie sera d'environ 370GWh, soit 1,5% de la consommation estimée d'électricité en Wallonie.

3. DESCRIPTION GÉNÉRALE D'UN PARC ÉOLIEN TYPE

3.1. Les éoliennes

3.1.1. Le constructeur

Dans le cas de la Région wallonne, les éoliennes prévues actuellement par les promoteurs de projet ont une puissance unitaire de 1,5 à 2 MW. Les constructeurs potentiels offrant ce modèle sont entre autres (liste non exhaustive) :

- ✓ Les Vents De France¹ LVDF – Repower MD77 de 1,5 MW (www.repower.de) ;
- ✓ GE Wind Energy de 1.5 MW (www.gepower.com) ;
- ✓ DEWIND avec le modèle D8 de 2MW (www.dewind.de) ;
- ✓ VESTAS avec le modèle V80 de 2MW (www.vestas.dk) ;
- ✓ ENERCON E66 de 1.8MW (www.enercon.de) ;

L'étude d'incidences est basée sur des éoliennes dont les caractéristiques sont établies sur la base des modèles avancés ci-dessus. Dans chacun des domaines d'évaluation des incidences, les caractéristiques les plus défavorables en termes d'incidences sont prises comme hypothèses de travail, à savoir :

- ✓ Morphologie et masse : dimensions et masses maximales ;
- ✓ Puissance acoustique : puissance acoustique maximale.

Ces hypothèses devront faire partie intégrante des prescriptions des permis délivrés:

3.1.1.1. Morphologie et masse

Une éolienne transforme l'énergie contenue dans le vent en énergie électrique qu'elle réinjecte sur le réseau grâce aux éléments suivants qui la composent (cf. ci-dessous) :

- ✓ Le mât, d'une hauteur maximale de 98,7 m permet d'élever le convertisseur d'énergie à des hauteurs où les vitesses de vent sont plus élevées et plus constantes qu'au sol. Sa base a un diamètre de 6 m. Le diamètre au sommet du mât est de 3 m. Le mât est composé de quatre à cinq fûts. Le mât pourrait éventuellement être ramené à une hauteur intermédiaire entre 76,7 m et 98,7m en fonction des résultats de l'étude de vent ;
- ✓ Une hélice, d'un diamètre maximum de 80 m, appelée aussi rotor est composée de trois pales. Le rotor de l'éolienne fonctionne à l'inverse des hélices utilisées pour la propulsion des avions ou des hélicoptères. Ici, c'est le vent qui fait tourner l'hélice lui transmettant son énergie sous la forme d'un mouvement de rotation.
- ✓ Une nacelle montée au sommet du mât et abritant les composants électriques, hydrauliques et électroniques travaillant à la conversion du mouvement de rotation du rotor en énergie électrique selon le principe de la dynamo ou de l'alternateur.

Ces considérations sont illustrées à la figure ci-dessous.

¹ Joint-venture entre le belge Turbowinds et l'allemand Repower pour implanter le marché éolien de la France

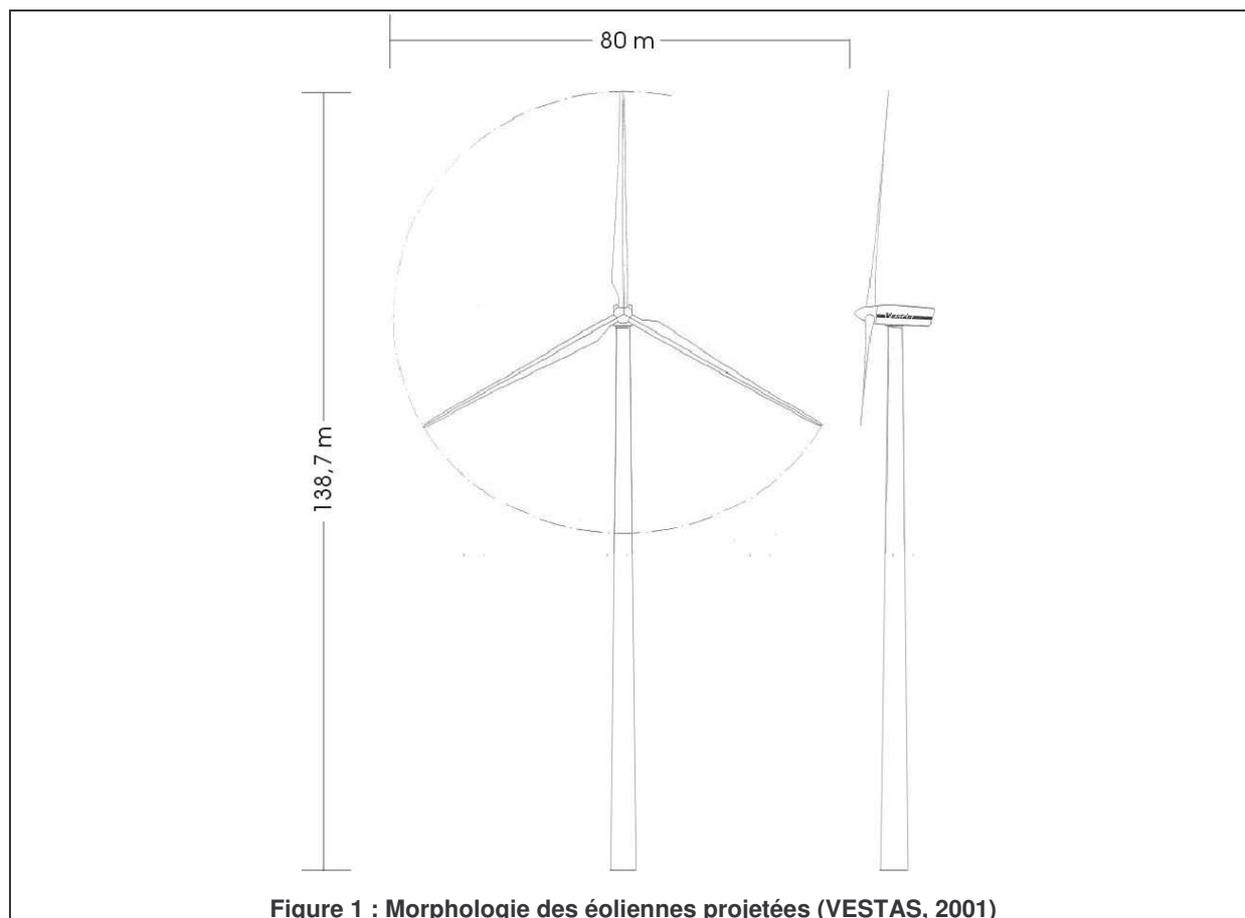


Figure 1 : Morphologie des éoliennes projetées (VESTAS, 2001)

Le tableau ci-dessous reprend les masses maximales des différentes parties composant les éoliennes visées ci-dessus.

Pièces	Masse (tonnes)
Tour	220
Nacelle	61
Rotor (moyeu + pales)	34
Insert de fondation	62,5
TOTAL	377,5

Tableau 3: Masse des différents éléments d'une éolienne VESTAS V80-2MW pour un mât de 100 mètres

Comme dans toute construction, les fondations de la base de l'éolienne constituent un élément essentiel de sa solidité future. Outre l'effort vertical exercé par la masse de l'éolienne, les fondations doivent en effet reprendre les efforts latéraux exercés par le vent et transmis par le mât jusqu'au pied de l'ouvrage.

Les ouvrages doivent donc être dimensionnés en tenant compte de ces aspects. Dès lors, les incidences qu'auront les éoliennes sur le sol se réduiront aux tassements qu'il est

En fonction du tableau ci-dessus, la charge à répartir à la base de la fondation est donc de 1031,3 t. La superficie de la fondation étant de 162,4 m², le taux de travail² est d'environ 63,5 kPa (soit 63,5 kN/m² ou 0,0635 MPa).

A titre d'information, les constructeurs d'éoliennes recommandent une capacité portante du sol de 15 t/m² (soit 0,15 MPa) minimum.

² D'après la formule générale $F = ma$: $F = 978,9 \text{ t} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 9\,602,7 \text{ kN}$. Le taux de travail est la force développée par la structure appliquée à la surface de contact entre la fondation et le sol, soit $9\,602,7 \text{ kN}/162,4 \text{ m}^2 = 59\,130,2 \text{ N/m}^2$ (ou Pa).

3.1.2. Transformateurs

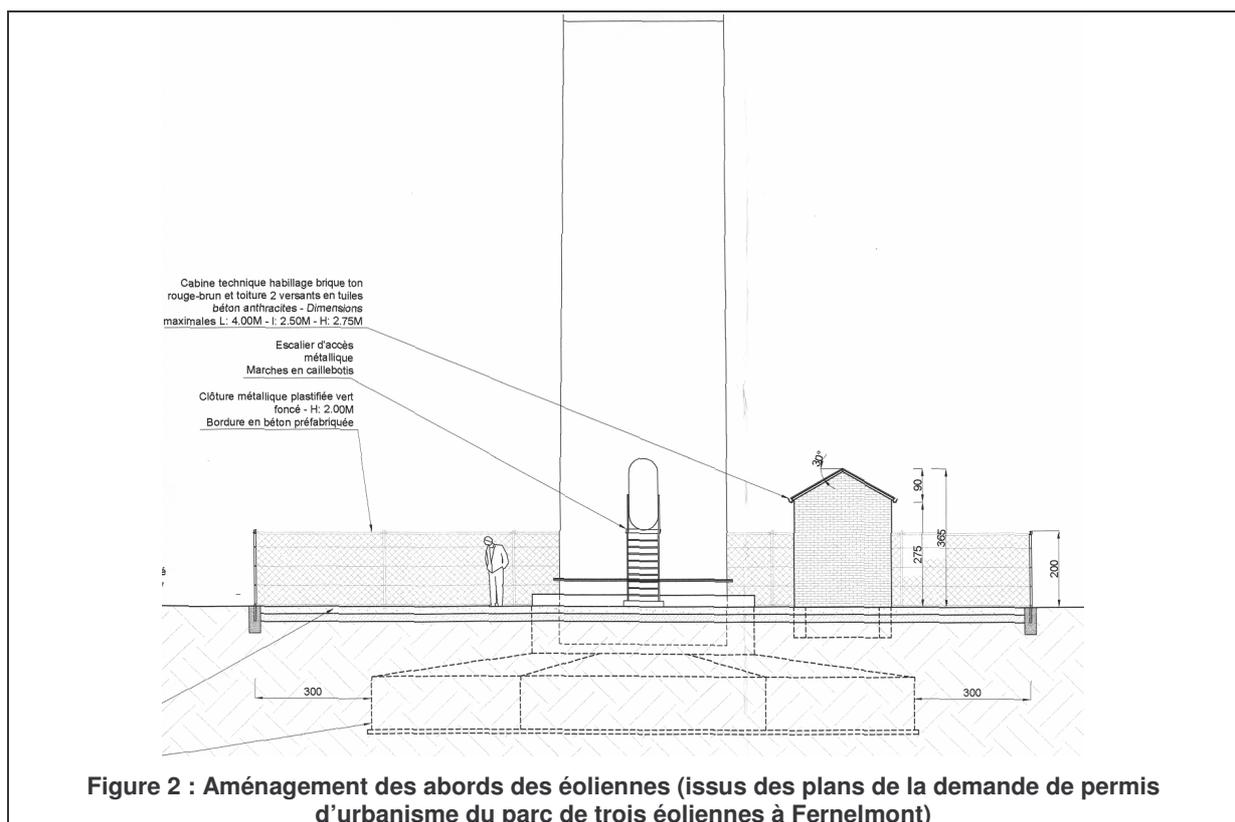
L'énergie produite par la génératrice de l'éolienne l'est sous une tension nominale de 690 V. Cette tension est élevée dans le but de diminuer les pertes associées au transport de l'électricité et de s'interfacer avec le réseau local de distribution MT (moyenne tension). Pour ce faire, dans le cas de notre exemple, un transformateur d'une puissance apparente maximale de 2,5 MVA équipe la cabine placée au pied de chacune des éoliennes. Si la technologie le permet, les transformateurs sont intégrés dans le mât de la tour et la cabine initialement prévue est supprimée pour autant que la sécurité du personnel de maintenance ne s'en trouve pas réduite.

3.1.3. Les volumes construits annexes

Une cabine de transformation est disposée au pied de chacune des éoliennes. Des cabines des éoliennes, l'énergie est acheminée jusqu'à la cabine de tête. De cette dernière, des câbles de raccordement acheminent le courant produit jusqu'au réseau existant au point de raccordement du poste de transformation le plus proche.

3.1.3.1. Cabines des éoliennes

Dans le cas du parc éolien de Fernelmont, il s'agit d'un bâtiment en maçonnerie de dimensions extérieures 4 m * 2,5 m * 3.65 m (faîte du toit). L'apparence extérieure de la cabine ainsi que sa position par rapport au mât de l'éolienne est illustrée ci-dessous



Les cabines respectent les prescriptions urbanistiques communément en vigueur pour ce type d'ouvrage.

3.1.3.2. La cabine de tête

La cabine de tête abrite le point de concentration des câbles venant des différentes éoliennes ainsi que le départ vers le poste de transformation. La cabine abrite entre autre un transformateur sec HT-BT.

3.1.4. Le raccordement des éoliennes

Les éoliennes sont raccordées à la cabine de tête par des câbles électriques enfouis dans le sol. La profondeur des tranchées nécessaire à la réalisation de ces travaux est de l'ordre de 120 cm dans les parcelles agricoles et lors de la traversée des voiries.

Depuis la cabine de tête le raccordement au poste de transformation le plus proche est également assuré par un câble souterrain.

L'ensemble de ces travaux nécessite un permis dit de voirie délivré par la Commune.

3.1.5. Les chemins d'accès, les aires de manutention, les fondations et les clôtures

Les chemins d'accès ont généralement une largeur de 6 mètres empierrés sur une épaisseur de 30 cm. Des aires de manutention permanentes d'une superficie approximative de 9 ares par éoliennes sont prévues. Ces aires seront empierrées de la même manière que les chemins. L'emprise des fondations enterrées des éoliennes a une superficie d'environ 1 are.

3.2. Technologie employée

Cette partie est tirée du « Guide de l'énergie éolienne » (CIVEL et al, 1998).

3.2.1. Description générale

Une éolienne, appelée aussi aérogénérateur, est un convertisseur d'énergie. Elle convertit l'énergie contenue dans la masse du vent sous la forme de vitesse en une énergie électrique produite par un générateur. La Figure 3 illustre les composants travaillant à cette conversion d'énergie pour des éoliennes de marque Dewind (www.dewind.dk).

3.2.2. Caractéristiques techniques générales

3.2.2.1. Composition

Un moyeu en fonte maintient les trois pales du rotor équipées de paratonnerres intégrés. Les pales sont fabriquées en matière plastique armée en fibres de verre et résine époxy voire en fibre de carbone. La tour en acier est constituée de 4 à 5 éléments.

3.2.2.2. Machine asynchrone et multiplicateur

Une éolienne génère du courant électrique grâce à un générateur transformant l'énergie mécanique de rotation en énergie électrique. Le générateur employé est de la famille des machines asynchrones excitées par le courant en provenance du réseau électrique. Ce courant est toutefois préalablement modulé par un système de contrôle fournissant le courant et la fréquence d'excitation nécessaire pour obtenir, à la sortie du générateur, une tension (690 V) et une fréquence (50 Hz) constante.

Ce générateur ne peut être entraîné directement par le rotor dont la vitesse de rotation est qualifiée de lente et comprise entre 9 et 23 t/min. Un multiplicateur (cf. figure ci-dessus) est indispensable dans le but d'augmenter la vitesse de rotation à des niveaux adaptés à la technologie de générateurs employée (~1000 t/min).

Ce système permet de lisser en grande partie les fluctuations de puissance délivrée sur le réseau en cas de rafale de vent ou de passage des pales devant le mât.

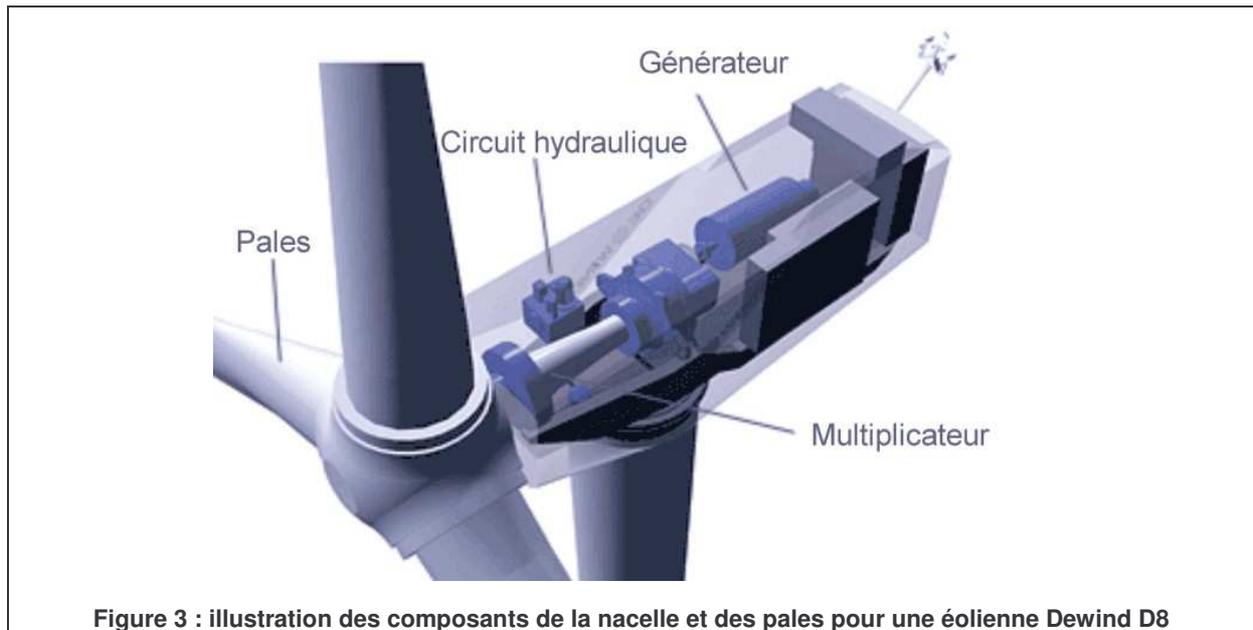


Figure 3 : illustration des composants de la nacelle et des pales pour une éolienne Dewind D8

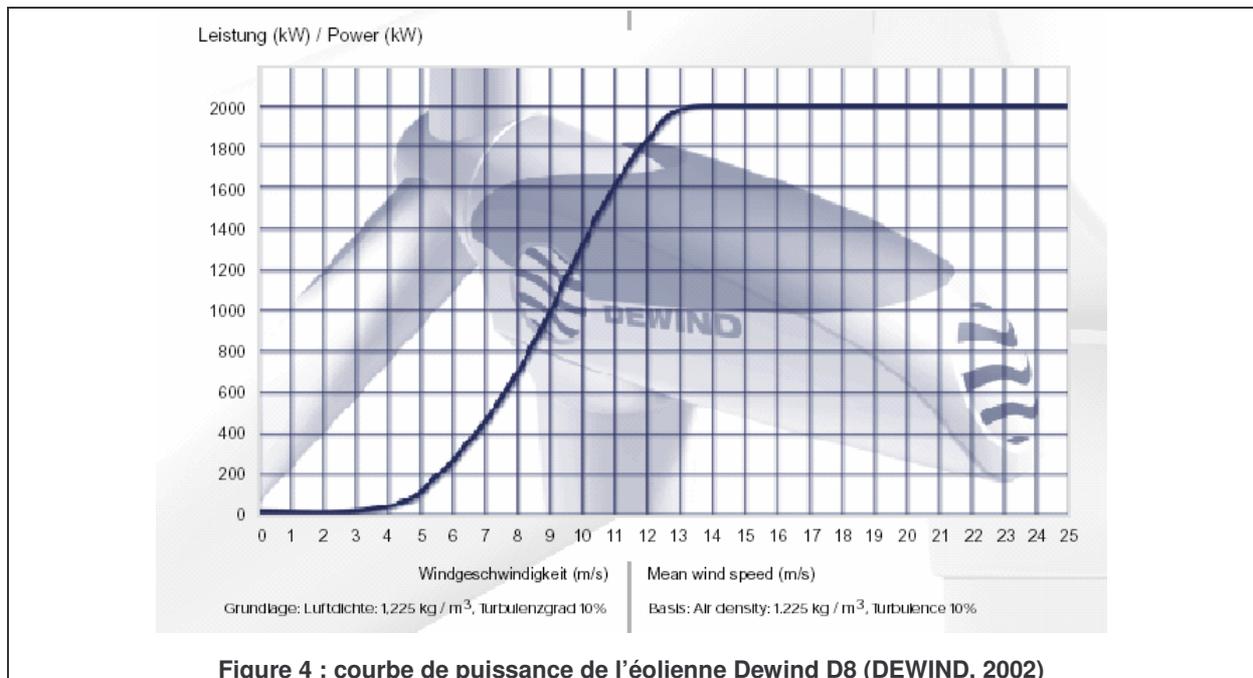


Figure 4 : courbe de puissance de l'éolienne Dewind D8 (DEWIND, 2002)

3.2.2.3. Pas variable

L'orientation des pales par rapport au vent est modifiée automatiquement par commande hydraulique de manière à maximiser le rendement de l'installation. En cas de forte tempête, les pales sont automatiquement amenées en drapeau de manière à annuler le couple exercé sur le rotor et donc à éviter les accidents. Notons également la présence de freins à disques à commande forcée qui servent également au blocage du rotor.

Le démarrage de l'aérogénérateur est donc initié par le réglage de l'angle d'incidences de pales.

3.2.2.4. Orientation de l'aérogénérateur

La déviation du vent par rapport à sa direction privilégiée est mesurée par deux capteurs. Deux électroréducteurs orientent la nacelle par rapport à la couronne dentée de la tour. La

nacelle est maintenue en position grâce à un système de freins azimutal. Ce système permet d'optimiser le rendement de l'installation en fonction de l'orientation du vent.

3.2.2.5. Système de commande et de télésurveillance

Toutes les fonctions de contrôle et de commande sont exécutées par un système de commande informatique temps réel qui permet de maintenir l'installation dans des conditions optimales de production et de sécurité. Le système est contrôlable à distance via ligne téléphonique et un archivage des données permet d'explorer le fonctionnement passé.

3.2.3. Courbe de puissance

La courbe de puissance met en relation la vitesse du vent et la puissance électrique fournie par les installations. Elles sont représentées à la Figure 4 pour le constructeur Dewind (modèle D8).

Ces deux grandeurs sont liées par la relation suivante déduite de la théorie de l'aérodynamisme.

$$P_0 = (\rho/2) \times v_1^3 \times F$$

Avec ρ =la densité de l'air, F =la surface balayée par le rotor et v_1 =la vitesse du vent en amont de l'éolienne par rapport au vent.

La dépendance de la puissance développée par rapport au cube de la vitesse du vent explique l'importance conférée à l'évaluation précise de celle-ci dans le cadre des études de vent. La croissance de la puissance avec la vitesse du vent est toutefois limitée par la puissance de l'alternateur et la résistance des matériaux aux contraintes exercées.

3.2.4. Caractéristiques acoustiques

Des coussinets amortisseurs servent à atténuer la transmission des bruits entre les composants de la nacelle et le châssis. Le capot de la nacelle est entièrement capitonné.

Le niveau de puissance acoustique au niveau du moyeu à une hauteur de 100 m pour le type de machine la plus bruyante (2 MW) est représenté à la figure ci-dessous en fonction de la vitesse du vent à 10 mètres de hauteur. Ces données ont été établies sur la base des informations fournies par les constructeurs Vestas (modèle V80-2MW) et Dewind (modèle D8).

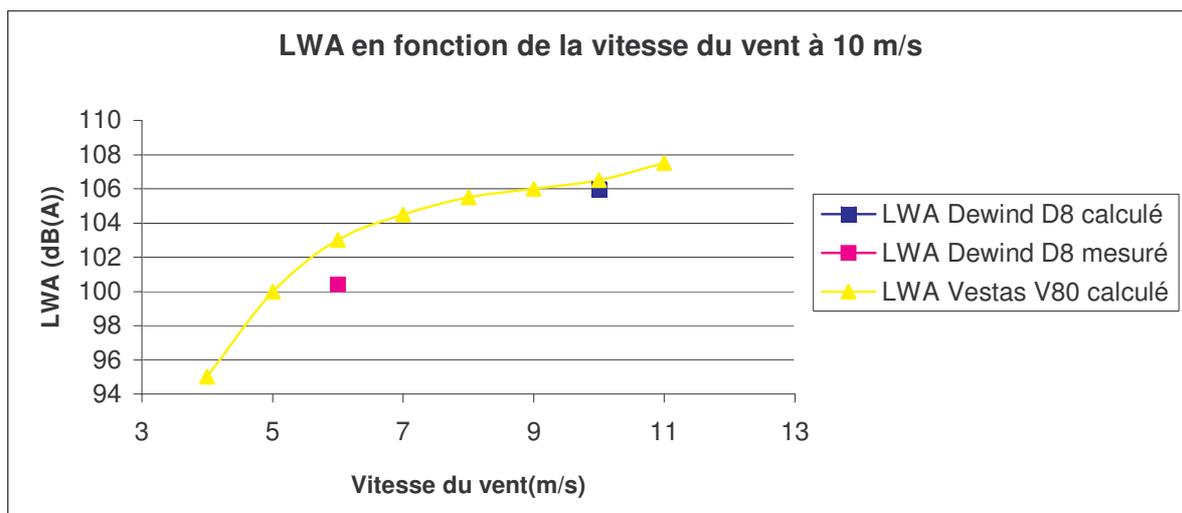


Figure 5 : puissance acoustique en fonction de la vitesse du vent (VESTAS et DEWIND, 2002)

On note sur ce graphique des puissances acoustiques :

- ✓ calculées sur la base d'une modélisation numérique conforme à la norme IEC³ 61400-11 dans l'attente d'essais réalisés en conditions réelles. D'après le constructeur, il est fort probable que la puissance acoustique réelle descende en deçà de la courbe avancée ;
- ✓ mesurées conformément à la norme IEC 61400-11 pour le constructeur Dewind.

Les incidences sonores sont calculées sur base de l'hypothèse du cas le plus défavorable ; à savoir les puissances acoustiques les plus élevées pour chacune des vitesses de vent observées.

3.2.5. Projection de la production

Sur la base du potentiel éolien, il est possible d'estimer la production annuelle moyenne escomptée en fonction de la machine utilisée. Les caractéristiques importantes de la machine sont : sa vitesse de démarrage, sa vitesse d'arrêt, sa hauteur d'axe moyen et sa courbe de puissance. Cette opération est normalement réalisée à l'aide d'un outil développé par l'association des constructeurs danois et des caractéristiques machines fournies par les constructeurs.

Sur la base d'une disponibilité théorique de 100 %, une éolienne de type :

- ✓ GE 1,5MW SL de 80 m de hauteur d'axe moyen atteint 3592 MWh/an ; ce qui correspond à une utilisation de 2395 h. A 100 m de hauteur d'axe moyen, la production augmente de 10 % pour atteindre 3959 MWh/an, soit une utilisation de 2639 h théorique.
- ✓ DEWIND D8 2MW de 80 m de hauteur d'axe moyen atteint 4204 MWh/an ; ce qui correspond à une utilisation de 2102 h théoriques. A 100 m de hauteur d'axe moyen, la production augmente également de 10 % pour atteindre 4627 MWh/an, soit une utilisation de 2313 h théoriques.

En plus du calcul sur base des résultats de mesure, une modélisation du site (micrositing) est normalement réalisée en utilisant d'une part les résultats de la mesure et d'autre part les données de plusieurs stations météorologiques. Cette modélisation par le logiciel WINDPRO doit confirmer les valeurs théoriques annoncées ci-dessus.

Ces valeurs doivent être relativisées de la manière suivante. La disponibilité d'une machine n'est jamais de 100 % mais plutôt comprise entre 95 et 98 % et variable chaque année. Il faut également tenir compte de la disponibilité du réseau, de la non-certification des courbes de puissance utilisées dans les calculs ci-dessus et de l'imprécision intrinsèque qui est présente dans l'estimation d'un gisement éolien futur, en particulier pour les années à venir. Une sécurité de l'ordre de 10 % par rapport aux valeurs précitées semble raisonnable.

On peut donc tabler sur une utilisation réelle de 2082h/an pour la machine D8 et même jusqu'à 2375h/an pour la machine GE 1,5 MW SL à 100 m de hauteur.

En Wallonie, les sites dont le potentiel peut être qualifié de très bon approchent 2200 heures de fonctionnement par an sur la base des mêmes hypothèses de pertes énoncées ci-dessus et pour les machines les plus puissantes actuellement disponibles sur le marché (1,5 MW à 2 MW). A titre d'illustration, l'éolienne de Perwez d'une puissance de 0,6 MW, localisée sur un site réputé bon, a produit réellement pendant une année complète l'équivalent de 2020 heures à pleine puissance à 60 m de hauteur d'axe moyen. Cette information provient de la société PBE (propriétaire) pour l'année 2001. Les sites éoliens off-shore peuvent présenter des capacités excédant les 2.500 à 3.500 heures par an pour les meilleurs d'entre eux.

Dans le cas de notre exemple d'un parc de 3 éoliennes de 2 MW (Dewind D8 par ex) à Fernelmont, la production annuelle est estimée à 12 GWh/an.

³ Commission Electronique Internationale

4. EVALUATION DES INCIDENCES D'UN PARC EOLIEN SUR L'ENVIRONNEMENT

4.1. Environnement sonore

4.1.1. Notions de base d'acoustique

4.1.1.1. Définition

Une onde sonore est caractérisée par l'amplitude de la variation de pression du milieu de propagation et par sa fréquence. Ce chapitre est basé sur les publications de l'agence Bruël & Kjaer.

A. Amplitude

L'amplitude du son représente la variation maximale de la vibration de l'air. Plus un son est puissant, plus l'amplitude de la variation de la vibration de l'air sera grande.

L'oreille ne peut percevoir des sons trop faibles et, à l'inverse, un son trop puissant peut lui causer des lésions irréversibles. Si l'on s'attarde sur ces seuils d'audition, on remarque que l'amplitude maximale est 1 million de fois plus grande que l'amplitude minimale audible par l'oreille.

On voit que ces rapports de grandeur pour mesurer les phénomènes de bruit ne sont pas pratiques. Pour faciliter la manipulation des valeurs caractérisant l'amplitude du bruit, cette large plage de variation a été transposée en utilisant une fonction logarithmique qui a pour effet de « dilater » les valeurs les plus faibles et de « comprimer » les valeurs les plus élevées. C'est d'ailleurs de cette manière que fonctionne l'oreille humaine. Un son dont l'amplitude est 10000 fois plus fort qu'un autre ne sera pas ressenti par les personnes comme étant 10000 fois plus fort.

On parle alors de niveau acoustique, que l'on note L_p et dont l'unité est le décibel noté dB.

Le niveau de pression instantanée d'une onde sonore générant une variation de pression de p Pascals est défini par la formule suivante :

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} \text{ (décibels : dB)}$$

où p_0 est la pression acoustique de référence égale à 20 μ Pa.

L'amplitude du son correspond donc, dans le langage courant, au « volume ». C'est ce volume que nous réglons sur les chaînes hi-fi pour « augmenter ou diminuer le son ». On fait communément appel à la notion de « niveau de bruit », exprimé en décibel (en abrégé dB) pour traduire ce « volume » sonore. Ainsi, il peut s'étaler de 0 dB (niveau où l'on commence à percevoir le bruit, appelé « seuil de l'audition ») à 120 dB (niveau pouvant entraîner des dommages conséquents et appelé « seuil de la douleur »). La figure ci-dessous représente une échelle, en décibels, des bruits communément rencontrés dans notre vie courante et exprimés en fonction de leur gêne.

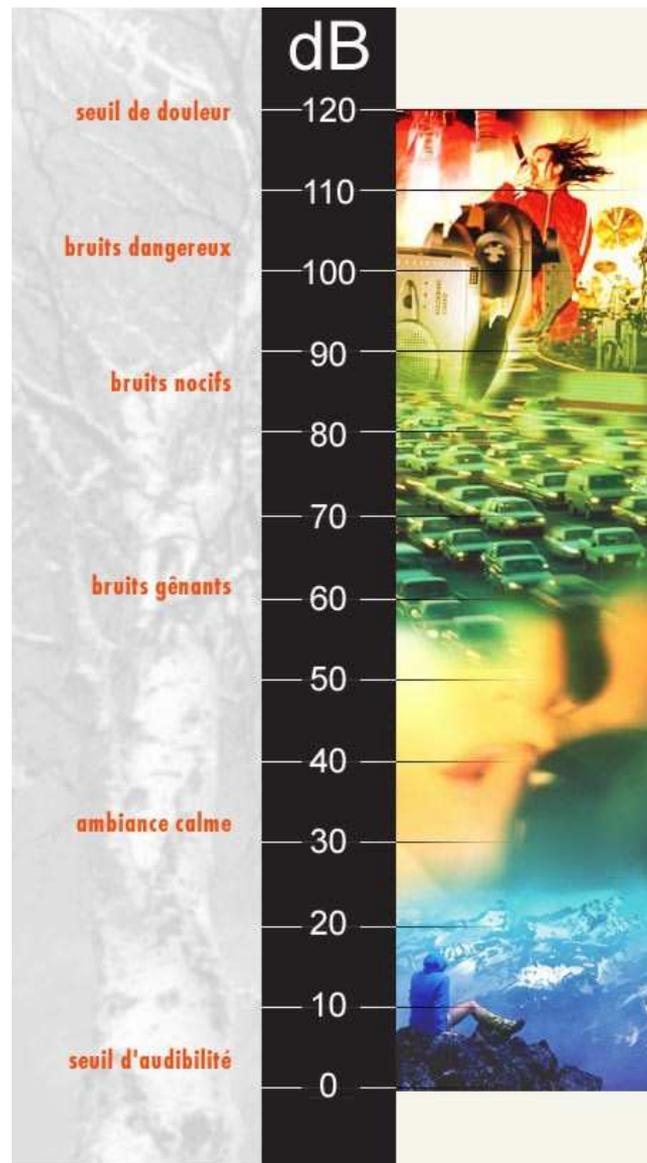


Figure 6 : échelle des niveaux sonores

B. Fréquence

La fréquence d'une onde sonore, exprimée en hertz (Hz), permet de distinguer les sons graves des sons aigus. L'oreille humaine perçoit des sons dont la fréquence varie entre 20 et 20.000 Hz :

- De 20 à 200 Hz, on parle de sons graves
- De 200 à 2000 Hz, ce sont les fréquences médiums
- De 2000 à 20.000 Hz, on parle de sons aigus.

Afin de tenir compte de la sensibilité de l'oreille variant avec les fréquences, une unité physiologique de mesures du bruit est considérée : il s'agit du décibel A ou dB[A]⁴.

4.1.1.2. L'effet de masque

Un bruit peut masquer un autre bruit. Nous vivons ce phénomène quotidiennement. Considérons deux bruits ne se distinguant pas l'un de l'autre du point de vue fréquentiel (l'un n'étant pas plus aigu que l'autre par exemple). Si l'amplitude du premier est supérieure de

⁴ La lettre A signifie que la courbe de pondération fréquentielle 'A', qui permet d'attribuer un poids différent au niveau de pression sonore caractérisant chaque fréquence, est utilisée lors de la mesure.

plus de 10 dB(A) au second, le premier bruit couvrira ou masquera entièrement le second. Ce dernier sera inaudible dans l'ambiance sonore créée par le premier bruit.

4.1.1.3. « Sommation » de deux bruits

En raison du caractère non linéaire de l'échelle de mesure du bruit, le niveau sonore résultant de la superposition de deux sons n'est pas égal à la somme de leurs niveaux respectifs.

Soit une source de bruit n°1 générant en un endroit un niveau de pression L_{p1} et une source de bruit n°2 générant un niveau L_{p2} en ce même point. Lorsque les deux sources fonctionnent en même temps, le niveau global résultant sera donné par :

$$L_{p_{total}} = 10 \log \frac{p_1^2 + p_2^2}{p_0^2}$$

avec : $L_{p1} = 10 \log \frac{p_1^2}{p_0^2}$ et $L_{p2} = 10 \log \frac{p_2^2}{p_0^2}$

Par exemple, si $L_{p1} = 50$ dB et $L_{p2} = 50$ dB également, le niveau total L_p total sera égal à 53 dB ; si $L_{p1} = 50$ dB et $L_{p2} = 60$ dB, L_p total sera 60,4 dB.

Signalons qu'il existe une loi simplifiée d'addition des niveaux sonores permettant d'estimer rapidement le bruit résultant de la contribution de deux sources sonores en un point. Cette loi consiste à ajouter au niveau sonore de la source la plus bruyante une valeur comprise entre 0 et 3 dB, soit D, qui dépend de la différence entre les deux niveaux acoustiques en jeu :

$L_{p2} - L_{p1}$ (en dB)	D (en dB)
0 à 1	3
2 à 3	2
4 à 9	1
10 et plus	0

Tableau 4: règle simple d'addition des niveaux sonores

4.1.1.4. Mesure du niveau sonore équivalent $L_{Aeq,T}$

Les valeurs de niveau de pression instantanée sont des valeurs intégrées sur des temps brefs. Ces valeurs expriment donc une énergie instantanée. Pour établir des moyennes sur des durées plus longues, on utilise le niveau équivalent $L_{eq,T}$ qui donne la valeur énergétique moyennée sur toute la durée T considérée.

Si la valeur est pondérée par la courbe A, le $L_{Aeq,T}$ est dégagé et représente donc le niveau constant qui aurait créé la même énergie que les niveaux sonores fluctuants réellement observés au cours de la période de mesure.

4.1.1.5. Indices fractiles

Le « niveau sonore équivalent » renseigne sur le bruit « moyen » rencontré durant la période d'intérêt mais ne permet pas de connaître le bruit de fond qui règne en un endroit, ni d'avoir connaissance des éventuels bruits intenses et de courte durée ayant eu lieu au cours de la période considérée.

Des indices particuliers, appelés indices fractiles, et notés L_{AN} , sont utilisés et représentent, sur une période d'observation déterminée T, le bruit qui est dépassé pendant N pour cent du temps. Ainsi, le niveau de bruit dépassé pendant 1% du temps, L_{A1} , nous renseignera sur les

bruits de forte intensité. De la même manière, le bruit dépassé pendant 99 % du temps de mesures, L_{A99} , caractérise le bruit de fond.

4.1.2. Bruits générés par une éolienne

Les éoliennes émettent deux sortes de bruit (CIVEL et al., 2001) :

- ✓ un bruit de type mécanique créé par le mouvement ou le frottement de composants métalliques, dans le multiplicateur, les arbres et la génératrice de l'éolienne.
- ✓ un bruit de type aérodynamique généré par le vent au niveau des pales.

L'impact sonore des éoliennes est tributaire de différents facteurs, tels que l'intensité sonore des éoliennes, leur disposition et leur nombre ; leur assise (eau, terre), la distance par rapport aux bâtiments voisins et le niveau de bruit de fond.

En général, quand la vitesse du vent croît, le bruit de fond augmente plus que celui produit par les éoliennes. A des vitesses de vent de 8 m/s ou plus, les bruits de fond masquent complètement le bruit de l'éolienne. En effet, une éolienne de 1,5 MW génère à 450 m un bruit de 40 dB(A) tandis qu'un vent à cette vitesse génère 50 à 60 dB(A) (cf. sommation de deux bruits).

Avec une production sonore moyenne de 40 à 50 dB(A) à des distances de 350 à 450 m, les éoliennes sont donc nettement moins bruyantes que l'ambiance sonore d'un bureau ou de l'intérieur d'une voiture en mouvement (Gouvernement wallon, 2002).

Remarque : les éoliennes émettent des basses fréquences. Si ces dernières peuvent effectivement, dans certains cas avoir une influence sur la santé humaine, elles sont parfaitement inoffensives dans le cas des éoliennes étant donné la faible puissance acoustique des sources considérées.

4.1.3. Cadre réglementaire

4.1.3.1. Réglementation du bruit généré par les installations classées en Région Wallonne

Cette réglementation, permettant de délivrer des permis d'exploiter ou de renouvellement d'exploitation, définit des niveaux sonores limites produits par les installations seules à ne pas dépasser aux endroits d'immission⁵. Ces niveaux sonores ne constituent pas d'obligations légales, mais sont généralement proposés par l'administration et se retrouvent dans les conditions générales du permis d'exploiter.

Les niveaux sonores limites sont différents suivant les zones d'immission (zones d'habitat et d'habitat à caractère rural, zones agricoles, forestières, etc.) et la période considérée (jour, transition et nuit).

Les éoliennes fonctionnant 24 heures sur 24, les valeurs limites les plus strictes sont d'application, soit, dans la période "nuit", **40 dB(A)** pour les zones d'habitat à caractère rural, les zones agricoles, les zones forestières et 45 dB(A) pour les zones industrielles ou d'extraction.

Les mesures sont effectuées à l'extérieur des habitations, à au moins 3,50 m de toute structure réfléchissante autre que le sol.

4.1.3.2. Critères émis dans le « Cadre de référence pour l'implantation d'éoliennes en Région wallonne » approuvé par le Gouvernement Wallon le 18 juillet 2002

La norme de bruit décrite ci-dessus est à respecter dans des environnements ayant des vents inférieur à 5 m/s – à des vents supérieur, les mesures sont faussées par le bruit

⁵ Au niveau du récepteur, bruit perçu

ambient du vent. Cette norme est donc difficilement applicable telle quelle pour les éoliennes. Elle devrait être augmenté pour des vitesses de vent supérieures selon la même évolution que celle du bruit ambiant.

La législation néerlandaise est basée sur cette logique. Elle spécifie une courbe de bruit à l'immission que toute éolienne doit respecter en fonction de la vitesse du vent (voir la figure ci-dessous).

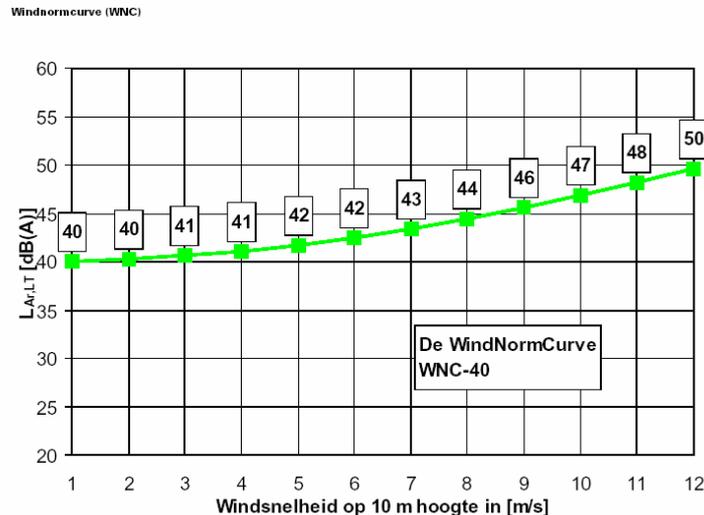


Figure 7 : Norme de bruit des éoliennes en fonction de la vitesse du vent (Législation néerlandaise, Staatsblad 2001)

Cette courbe montre ainsi clairement qu'un parc d'éoliennes peut générer plus de bruit quand la vitesse du vent augmente en raison du phénomène de masque.

On obtient non plus un critère figé de 40 dB[A] mais un critère évoluant en fonction de la vitesse du vent selon la figure ci-dessus.

Cette norme néerlandaise a également permis de mettre en évidence la vitesse de vent pour laquelle l'éolienne se fera le plus entendre dans l'ambiance sonore créée par le vent. En effet, plus il y a de vent, plus l'éolienne est bruyante. Mais plus il y a de vent, plus le bruit ambiant est susceptible de couvrir celui des éoliennes et ce phénomène évolue plus rapidement que l'augmentation du bruit des éoliennes. Il existe donc une vitesse du vent appelée « vitesse défavorable » pour laquelle le bruit de l'éolienne choisie sera le plus émergent dans le bruit ambiant créé par le vent.

Cette vitesse défavorable est utilisée comme base de la modélisation acoustique pour l'ensemble de l'aire géographique dans l'étude d'un projet.

4.1.4. Incidences du projet

L'évaluation du bruit généré par des projets éoliens se fait sur base des courbes caractéristiques de bruit émis spécifiquement par les éoliennes qui sont étudiées. Ces courbes sont fonction de la vitesse du vent.

Les incidences sonores d'un projet sont déterminées par l'utilisation du logiciel prévisionnel acoustique 'IMMI 5.0'.

Le logiciel établit une cartographie des bruits à l'immission dans la zone considérée, à différentes distances, en ajoutant au bruit ambiant le bruit émis spécifiquement par les machines et leurs pales en rotation. Les niveaux sonores générés par les éoliennes sont estimés selon la norme ISO 9613 et ensuite comparés aux normes (ou valeurs guides) en vigueur en Région wallonne.

L'exemple du projet de parc éolien à Fernelmont

Les résultats relatifs à la période de nuit (période la plus critique) du projet de parc éolien à Fernelmont sont illustrés sous forme de cartographie sonore la carte 3 du dossier cartographique.

La modélisation numérique permet d'avancer que les incidences du parc d'éoliennes ne sont pas significatives. En effet, aucun dépassement des valeurs guides de la Région wallonne n'est prévisible en journée puisque les niveaux sonores générés par les éoliennes sont en deçà des valeurs limites. Quant aux faibles dépassements mis en évidence en période transitoire et en période nocturne, soit ils ne concernent pas d'habitations (zone industrielle près de l'éolienne n°1), soit ils sont non significatifs (moins de 1 dB[A]). Il ne faut pas perdre de vue, non plus, qu'ils ont été calculés dans des conditions de vent pessimistes du point de vue des incidences sonores du projet.

De plus, en se référant aux critères du cadre de référence pour l'implantation des éoliennes en Région wallonne sur le bruit des éoliennes en fonction de la vitesse du vent, plus aucun dépassement n'est observé aux alentours des habitations.

Par ailleurs, replacés dans l'ambiance sonore générale aux alentours du site (bruit du trafic de plus de 50 dB en général et, selon la saison, bruit de la végétation fonction de la vitesse du vent), les niveaux acoustiques engendrées par les éoliennes peuvent être considérés comme imperceptibles pour les zones d'immission considérées, même en période nocturne.

4.2. Incidences sur le microclimat

Les incidences de l'implantation d'une éolienne sur le microclimat seraient de trois types :

- ✓ Une modification du climat local provoqué par les turbulences
Une perturbation des vitesses locales des masses d'air et des paramètres atmosphériques tels que l'humidité relative peut être ressentie à une distance de 3 à 5 fois le diamètre du rotor (de 240 à 400 mètres) des éoliennes. Toutefois, étant donné le climat local et régional, aucun problème d'assèchement des sols n'est à craindre.
- ✓ Un ombrage sur les cultures situées aux alentours de l'éolienne
- ✓ Un effet d'ombrage stroboscopique

Les incidences sur le climat local par des turbulences et sur l'ensoleillement des cultures ne sont pas significatives mais les effets d'ombrage stroboscopiques peuvent parfois être gênants.

4.2.1. Ombre stroboscopique

Les incidences de l'implantation d'une éolienne sur le climat local se manifestent principalement dans le domaine de l'ombre projetée par les pales. En effet, par temps serein, le mouvement des pales crée un phénomène d'ombrage « stroboscopique » très gênant pour des personnes qui y sont soumises régulièrement dans leur habitation. Ce phénomène, subi de manière répétée à travers des fenêtres d'une pièce de séjour, peut porter atteinte à la qualité de vie des occupants. A l'extérieur des bâtiments, ce phénomène n'est pas gênant étant donné le niveau d'ensoleillement ambiant important.

Il est important de quantifier le nombre d'heures pour un endroit donné pendant lequel le phénomène va se présenter. Si des expositions de quelques heures par an ne posent aucun problème, il n'en va pas de même pour des expositions prolongées. Une norme allemande, 'non-réglementaire' en Belgique, fait état d'un seuil de tolérance de 30 heures par an et une demi-heure par jour. Ce critère est également repris dans le cadre de référence pour l'implantation des éoliennes en Région wallonne (2002).

Ce seuil de tolérance est calculé sur base du nombre réel d'heures pendant lesquelles le soleil brille (statistiques d'irradiation fournies par l'IRM) et pendant lesquelles l'ombre est susceptible d'être projetée sur l'habitation (statistiques de la direction des vents fournies par

l'IRM). En effet, le phénomène d'ombrage sera le plus fréquent dans la direction et le sens des vents dominants (axe NO - SE) étant donné que le rotor de l'éolienne s'oriente perpendiculairement à cette direction.

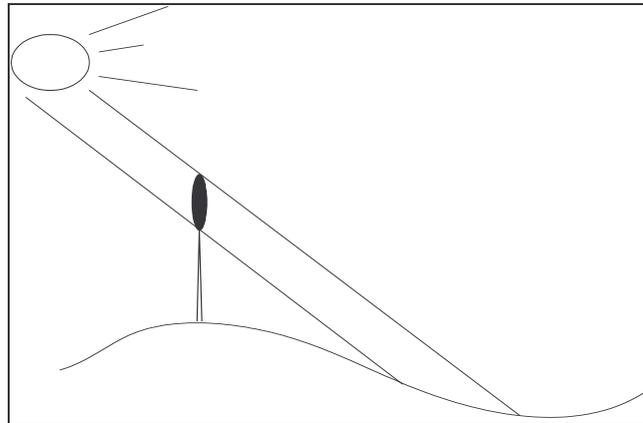


Figure 8 : Illustration du phénomène d'ombrage stroboscopique

L'exemple du projet de parc éolien à Fernelmont

Le plan d'exposition à l'ombre des éoliennes est illustré à la carte 4 du dossier cartographique. Il représente pour un point donné le nombre de minutes auquel ce point est soumis à l'ombre des trois éoliennes pendant une année entière.

Compte tenu de l'implantation des éoliennes projetées d'une part et des résultats de la modélisation numérique envisageant le cas le plus défavorable d'autre part, les incidences de celles-ci en termes d'ombrage stroboscopique ne sont pas significatives sur les habitations et les zones d'habitat.

L'effet stroboscopique ne constitue pas véritablement un problème dans la mesure où le risque peut être facilement identifié, mesuré et écarté par l'arrêt automatique des pales.

4.3. Incidences sur la qualité de l'air

4.3.1. Les émissions de gaz à effet de serre

La commission AMPERE

En Belgique, l'émission de CO₂-eq par kWh s'élevait en 1998 à un peu plus de 300 g/kWh. La notion de CO₂-eq prend en considération non seulement les émissions de CO₂ mais également les émissions des autres gaz à effet de serre (CH₄ et N₂O). Le tableau ci-dessous (Source : PAUWELS & al.,2000) reprend les différentes « responsabilités » des centrales électriques en matière d'émissions de gaz à effet de serre en tenant compte du cycle de vie global du processus. En effet, le raisonnement inclut non seulement les émissions spécifiques mais également les émissions liées aux biens d'investissement (construction des éoliennes, fondations, ...) et au cycle du combustible (extraction, transport, transformation, ...). Les émissions des parcs à éoliennes y sont présentes et peuvent être comparées aux énergies les plus intéressantes sous le triple aspect énergie, écologie et économie.

Emissions de gaz à effet de serre liées à la production d'électricité	NUCLEAIRE		éoliennes		photovoltaïque		Energie hydraulique		biomasse		TGV	USC
			côte	Intérieur	1996	2005	POMPAGE	MICRO	bois	Boue d'épuration		
durée d'utilisation (kWh _{el} /kW _{crête} /an)	7600		3000	1000	750	800	1000	5000	6000	5000	6500	5500
durée de vie (an)	40		20	20	20	25	40	40	15	30	30	30
gCO ₂ -eq/kWh _{el}	Biens d'investissement ^(*)	7	9	25	130	60	8	15	55	540	400	850
	Cycle du combustible											
	Combustion											
(*) Construction + entretien + démolition												

Tableau 5 : Responsabilités des centrales électriques en matière d'émissions de gaz à effet de serre en prenant en considération leur cycle de vie (TGV = Turbine gaz vapeur, USC = centrales charbon ultra super critique)

Prenons l'exemple d'un parc de 3 éoliennes d'une puissance totale de 6 MW (cas de Fernelmont), les émissions absolues associées sont estimées sur la base des émissions spécifiques tenant compte du cycle de vie et égales à 25 gCO₂-eq/kWh_{el} (voir tableau ci-dessus).

Cette valeur adoptée par la Commission Ampère pour les émissions de CO₂ dues aux biens d'investissement des éoliennes vaut pour une durée d'utilisation de 1000 heures/an. Or, en Wallonie, les sites dont le potentiel peut être qualifié de très bon approchent 2200 heures de fonctionnement par an. A titre d'illustration, l'éolienne de Perwez d'une puissance de 0,6 MW, localisée sur un site réputé bon, a produit réellement pendant une année complète l'équivalent de 2020 heures à pleine puissance. Il est donc bien entendu que si l'on prend une valeur de 2000 heures de fonctionnement par an (au lieu de 1000 heures), les émissions dues aux biens d'investissement vont être proportionnellement diminuées de moitié puisqu'elles n'apparaissent qu'une fois dans la durée de vie de l'éolienne. Les émissions de CO₂ associées aux biens d'investissements éoliens sont donc estimées à 12,5 gCO₂-eq/kWh_{el}.

Les émissions absolues sont évaluées et comparées aux émissions des différents modes de production pour une même production annuelle d'énergie. Dans le cas d'un parc éolien de 3 éoliennes de 2 MW (cas de Fernelmont), la production annuelle estimée est de 12 GWh.

Projection de la production (GWh): 12									
	Parc éolien	Eolien off-shore	Nucléaire	Photovoltaïque 2005	Hydraulique - micro	Biomasse - bois	Biomasse - boues	TGV	USC
Durée de vie(y)	20	20	40	25	40	15	30	30	30
g CO ₂ -eq/an/kWh	12,5	9	7	60	8	55	540	400	850
tCO ₂ -eq/an	150	108	84	720	96	660	6480	4800	141588

Tableau 6 : Emissions annuelles absolues de gaz à effet de serre par mode de production de l'énergie

La figure ci-dessous illustre cette comparaison :

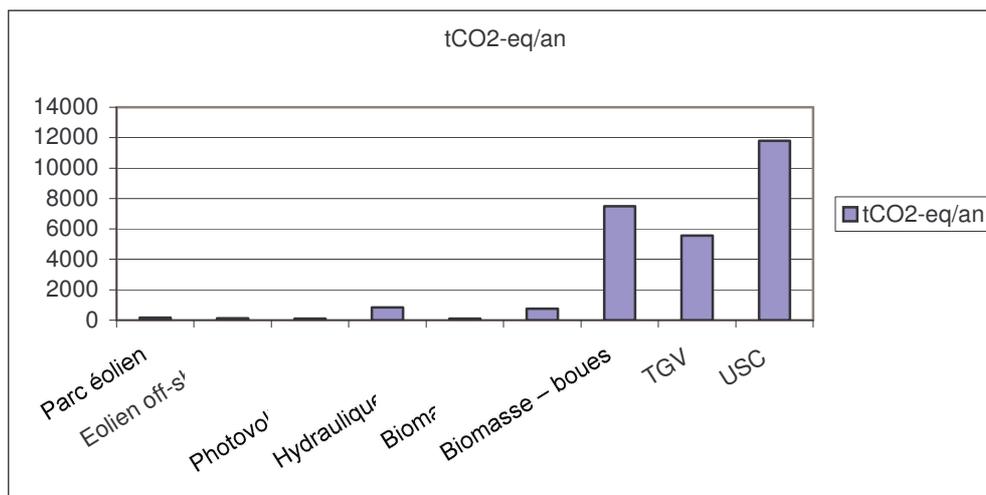


Figure 9: Quantités absolues de gaz à effet de serre (tCO₂-eq/an) émis par le parc éolien et les différentes filières de production d'électricité en tenant compte des émissions associées à la combustion, au cycle de vie des combustibles et aux biens d'investissements (PAUWELS et al.,2000)

4.3.2. Les polluants atmosphériques

Les polluants considérés sont le SO₂, les NO_x, les COV, les métaux lourds et les polluants organiques persistants.

Le SO₂ est principalement émis lors de la combustion des combustibles fossiles. Les composés soufrés peuvent être transportés sur de très longues distances mais sont néanmoins ramenés au sol par les précipitations en raison de leur solubilité. Ils participent significativement au phénomène des pluies acides.

Les oxydes d'azote sont formés à haute température, lors de toute combustion, par l'oxydation d'une partie de l'azote contenu dans l'air ou dans le carburant. Le NO est émis majoritairement mais est très rapidement oxydé en NO₂ en présence de l'oxygène de l'air. Les NO_x sont impliqués dans les réactions de formation de l'ozone troposphérique et présentent un potentiel important d'acidification des pluies. Le NO₂ est un gaz toxique irritant pour l'homme

Les émissions de composés organiques volatils (COV) liées aux processus énergétiques, sont dues au raffinage du pétrole et à la distribution des produits pétroliers, à l'évaporation de carburants liquides ou solides, aux pertes des réseaux de distribution du gaz, aux combustions incomplètes ou aux recombinaisons de produits de combustion. Les COVNM (COV non méthanique) regroupent les composés organiques volatils et gazeux et les composés organiques persistants (COP) présents dans l'atmosphère. Il s'agit principalement des hydrocarbures (y compris aromatiques tels que le benzène), des composés carboxylés, nitrés ou soufrés.

Les métaux lourds proviennent principalement d'impuretés présentes dans les combustibles solides.

Les poussières sont des particules minérales (ex: Si) principalement issues de la combustion des combustibles liquides et solides pouvant adsorber d'autres polluants tels que les COV ou les métaux lourds.

Il est supposé dans le présent point que les éoliennes en exploitation ne génèrent aucune émission atmosphérique.

Le tableau ci-dessous a été établi par Electrabel et la SPE et résume les quantités de polluants émis en 2000 par le parc de production wallon d'électricité.

Polluant	Emission du parc wallon en 2000 (en tonnes)	Emissions spécifiques (en g/kWh)	Economie annuelle pour une quantité d'énergie produite de 12 GWh pour le parc éolien concerné (en tonnes)
SO ₂	6.313	2	24
NO _x	8.806	2	24
Poussières	1.541	0,29	3,48
Métaux lourds (centrales charbon)	1,85	0,002	0,024
COV	Pour mémoire		

Tableau 7: Quantités de polluants émis en 2000 par le parc de production wallon d'électricité (Electrabel – SPE, 2000)

4.4. Incidences sur les déchets et l'eau

4.4.1. Réduction de la quantité de déchets produite

L'exploitation d'un parc éolien implique l'utilisation d'huiles pour les circuits de refroidissement et de lubrification. Celles-ci doivent être collectées une fois usagées. En cas de nécessité, la base de la nacelle est prévue pour accueillir toute fuite accidentelle de liquide. L'économie de déchets produits par rapport à une production d'énergie électrique égale par le parc wallon est reprise dans le Tableau 8.

Quantité de déchets produits en 1998 (déchets industriels) (tonnes)	Quantité spécifique de déchets produits en 1998 (g/kWh)	Quantité de déchets évités (tonnes)
3.070	0,4	4,8

Tableau 8 : quantité de déchets industriels évitées par le projet (Electrabel, 2000)

Notons enfin que la présente étude n'évalue pas les gains environnementaux du projet et matière de quantité de déchets nucléaire évitée.

4.4.2. Réduction de la charge thermique de l'eau

L'économie de charge thermique sur l'eau de refroidissement, par rapport à une production identique d'énergie électrique dans les différents types de centrales du parc wallon est reprise dans le Tableau 9. La charge thermique est caractérisée par le nombre d'unités de charge polluante émises qui sont liées à la différence de température entre les eaux déversées et les eaux de surfaces réceptrices.

Il est supposé qu'un parc éolien n'induit aucun rejet de charge thermique dans les eaux de surface.

UCP (1998)	UCP spécifiques (1998) en UCP/GWh	Economies annuelles grâce au parc éolien en UCP
67.404	11	132

Tableau 9 : économie de charge thermique dans les eaux de refroidissement (Electrabel, 1998)

4.5. Incidences sur la faune et la flore

4.5.1. Méthodologie

L'incidence d'un parc éolien sur la faune, la flore et les habitats est évaluée sur un rayon de 500 mètres. Le choix de ce périmètre est défini sur base de la littérature, et en particulier, la mise en évidence d'une incidence sur les oiseaux nicheurs jusqu'à une distance de 200 mètres et sur la qualité des habitats en termes de haltes migratoires sur une distance de 500 mètres (LEDDY et al., 1999 ; ROSS et al., 1999).

L'analyse biologique se base sur les divers écosystèmes inclus dans l'aire géographique. L'écosystème est l'ensemble des êtres vivants et des éléments non vivants d'un milieu naturel. Celui-ci correspond à une aire géographique, de taille variable, offrant aux espèces des conditions constantes ou cycliques. Pour chaque écosystème, les espèces dominantes et caractéristiques de chaque strate de la végétation sont détaillées, ainsi que les cortèges d'espèces faunistiques typiquement associés. Les espèces rares ou sensibles de la flore et de la faune ainsi que les habitats sensibles sont pris en considération. Cette approche reposant sur l'écosystème permet une lecture aisée à l'échelle globale. La qualité des diverses unités et l'importance de leur préservation est clairement mise évidence.

L'évaluation des valeurs biologiques repose sur trois catégories : les zones de très grande valeur biologique, les zones d'intérêt biologique et les zones de faible qualité biologique. Ces zones sont reprises sur une cartographie de la qualité biologique des biotopes. L'attribution d'une valeur pour chaque milieu repose sur la présence ou non d'habitats sensibles, d'espèces bénéficiant d'un statut de protection ou menacées en Wallonie (liste rouge), ainsi que sur la qualité des milieux dans le contexte régional et leur importance dans le maillage vert.

4.5.2. Législation concernant les espèces protégées

A. Faune

La plus grande partie de l'avifaune wallonne est protégée en vertu de l'annexe 1 de la Directive 79/409/CEE et de l'annexe II de la Convention de Berne. Ces espèces sont également reprises dans l'annexe I du décret du Gouvernement Wallon du 6/12/2001 (décret Natura 2000).

B. Flore

L'annexe VII du décret Natura 2000 du 6/12/2001, correspond aux espèces végétales wallonnes partiellement protégées en vertu de l'annexe V de la Directive 92/43 et/ou de l'annexe III de la Convention de Berne.

4.5.3. Inventaire des zones de protection ou de conservation à proximité

Les informations peuvent être trouvées dans la base de données de l'Observatoire de la Faune, de la Flore et des Habitats de la Région wallonne.

(<http://mrw.wallonie.be/dgrne/sibw>).

- ✓ Sites Natura 2000
- ✓ Sites de grand intérêt biologique (SGIB)
- ✓ Réserve naturelle
- ✓ Parc naturel

4.5.4. Incidences d'un parc éolien sur la faune et la flore

4.5.4.1. A l'échelle des biotopes

Le choix de l'emplacement d'un parc éolien doit évidemment tenir compte des zones réglementées de protection et de conservation de la nature (voir ci-dessus).

Il peut y avoir des incidences en termes d'emprise des éoliennes provoquant des destructions et modifications des biotopes mais les surfaces sont souvent réduites et elles concernent souvent des zones agraires donc de faible qualité biologique.

Au niveau du maillage écologique, la présence d'éoliennes ne constitue pas de barrière infranchissable ni pour la faune ni pour la flore. Elles n'induisent donc pas une rupture dans le maillage vert.

L'entretien des éoliennes ne devrait pas avoir d'incidence sur l'environnement s'il est fait usage de bâches afin d'emporter les déchets.

4.5.4.2. Incidences sur la faune

Les informations décrites dans le présent chapitre proviennent de la littérature suivante : Leddy et al. (1999) ; Loske (2000) ; Ross & Ross (1999) ; Winkelman (1992) et quelques sites Internet (www.currykerlinger.com, www.eole.org, <http://mrw.wallonie.be/dgrne/sibw>, www.windpower.dk, etc.).

A. Déplacements locaux

Au niveau local, les déplacements de la faune concernent d'une part les espèces potentiellement nicheuses et/ou hivernantes au sein des habitats concernés par les implantations d'éoliennes. D'autre part, les mouvements locaux entre les habitats isolés (comme par exemple, entre massifs ligneux) jouent un rôle important dans la dynamique des populations (flux génétiques, recolonisation en cas d'extinction de populations,...). Enfin, les déplacements locaux concernent les espèces dont le territoire couvre plusieurs habitats.

La présence des éoliennes ne constitue pas un frein significatif à ces déplacements locaux. L'incidence sur la faune volante suite aux collisions est développée ci-après.

B. L'avifaune

L'incidence des éoliennes sur l'avifaune est variable selon le contexte environnemental, la localisation d'un parc éolien dans un secteur sensible induisant une incidence accrue. Ces secteurs sensibles sont principalement : les sites de nidification importants, les zones particulièrement favorables au nourrissage, aux haltes migratoires et à la chasse (par exemple : zones humides semi-naturelles).

De manière générale, les éoliennes induisent deux types de nuisances sur l'avifaune : d'une part les collisions directes et d'autre part les nuisances indirectes. Parmi ces dernières, on note l'altération ou la suppression des habitats, le bruit, le mouvement des pales ainsi que l'activité humaine liée à l'entretien des éoliennes qui constitue inévitablement un dérangement et ce particulièrement pour l'avifaune nicheuse au sol.

Mortalité directe par collision

L'incidence directe des éoliennes est variable selon les espèces. Toutes espèces confondues, mouvements migratoires et déplacements locaux confondus, le taux de mortalité dû aux éoliennes varie de 0 à 1,4 oiseaux par éolienne et par année. Un maximum a été observé aux Pays-Bas avec 12 à 20 oiseaux par éolienne et par année. Même dans ce cas, il apparaît clairement que la plupart des oiseaux n'approchent pas des éoliennes, ni lors de la migration, ni lors de la saison de reproduction.

Les rapaces diurnes pourraient être davantage exposés, suite à leur technique de chasse et à leur habitude à se percher. Bien que leur premier comportement soit d'éviter le parc, il

semble qu'ils apprennent à vivre à proximité d'éoliennes en fonctionnement, et se perchent fréquemment sur des éoliennes inactives. Dans ce cas, le taux de mortalité par collision reste très faible : de 0 à 0.06 oiseaux par éolienne et par année. De plus, les éoliennes modernes ne présentent plus de structures métalliques, comme les mâts en treillis. Les grandes tours cylindriques empêchent les oiseaux de s'y installer, ce qui réduit le risque pour ce groupe d'espèces.

Concernant la migration, les oiseaux se déplacent préférentiellement dans des conditions météorologiques de ciels dégagés. Il s'agit donc de conditions où les éoliennes seront aisément détectées. De manière générale, on observe une modification de la trajectoire de vol jusqu'à 100 mètres avant la première éolienne lors des migrations de jour ; cette distance tombe à 20 mètres lors des migrations de nuit. Plusieurs études indiquent que les oiseaux migrant de nuit volent à une altitude suffisante pour éviter les collisions. Le taux de mortalité de ces migrateurs nocturnes est bas : de 0 à 0,5 oiseaux par éolienne et par année. Des exceptions subsistent toutefois avec des maximums allant jusqu'à 20 oiseaux par éolienne et par année. Durant les migrations diurnes, la fréquence des réactions est dépendante de la distance entre les éoliennes. En dessous de 150 mètres d'inter-distance, les réactions sont plus fréquentes qu'au-dessus de 300 mètres. Durant le jour, les réactions sont calmes et graduelles, consistant généralement en des déplacements latéraux. Seule une minorité d'oiseaux doit produire plus d'un écart pour franchir l'ensemble d'un parc à éoliennes. Certaines études suggèrent que les migrateurs modifient leur itinéraire pour éviter complètement le parc. La déviation observée est en général de 300 à 350 mètres par rapport à l'itinéraire initial.

De manière générale, la mortalité de l'avifaune par kilomètre d'éoliennes est comparable à celle due au trafic autoroutier sur un kilomètre. Elle est comparable voire inférieure à la mortalité due aux lignes électriques placée dans des zones sensibles sur un kilomètre. L'incidence directe des éoliennes est donc relativement réduite par rapport à ces autres nuisances.

De manière générale, les déplacements migratoires sont diffus sur l'ensemble des territoires. Toutefois, certains éléments paysagers sont susceptibles d'induire une convergence des flux migratoires. Il s'agit par exemple de paysages encaissés dans l'axe de la migration qui peuvent provoquer des couloirs de migration le long des vallées, au niveau des crêtes ou des plateaux adjacents.

Perte de qualité des habitats

Avifaune nicheuse.

Outre la mortalité directe provenant des collisions, il a été démontré que la quantité d'oiseaux nicheurs est moindre à proximité d'éoliennes que dans des habitats témoins similaires. L'influence des éoliennes sur plusieurs groupes d'espèces (rapaces, oiseaux d'eau, passereaux) a été étudiée dans divers habitats. Une incidence sur les oiseaux nicheurs a été observée sur des distances allant de 0 à 200 mètres des sites d'implantation. Les densités d'oiseaux nicheurs étant décroissantes jusqu'à être quatre fois moins importantes à proximité directe des éoliennes. Cette incidence est variable selon les espèces.

Haltes migratoires.

Dans le cas de milieux propices aux haltes migratoires, une incidence est observée jusqu'à une distance de 500 mètres ; la perturbation maximale étant observée dans un rayon de 100 à 250 mètres. Dans les zones les plus sensibles, la réduction du nombre d'oiseaux en halte va jusqu'à 95%. Cette réduction est surtout attribuable à une perte de la qualité des habitats.

C. Les chiroptères (groupe des chauves-souris)

De manière générale, les chauves-souris sont moins exposées que les oiseaux aux accidents dus aux éoliennes, leur système d'orientation par écholocation (émission d'ultrasons et analyse de leur écho) réduisant fortement tout risque de collision, même avec des objets mobiles. Toutefois, à proximité du site hébergeant leur colonie, les chauves-souris coupent leur système de navigation et s'orientent de mémoire. Elles sont alors exposées aux collisions. Dans le cas présent, il n'y a pas de site à chauves-souris connus dans les alentours directs de la zone de projet.

D. Les insectes

Les quelques études consacrées à l'incidence des éoliennes sur ce groupe indiquent un taux de mortalité non significatif.

4.5.5. Conclusion

L'incidence des éoliennes sur la faune concerne surtout l'avifaune. De manière générale, l'incidence directe par collision est faible. Le taux de mortalité dû aux collisions n'affecte pas significativement les populations locales. Concernant l'avifaune nicheuse, la perte de qualité des habitats n'est plus perceptible au-delà de 200 mètres.

Concernant les migrations, les incidences générales des éoliennes sont également réduites. Elles sont toutefois plus significatives lorsque l'éolienne est située dans une zone sensible.

L'exemple du projet de parc éolien à Fernelmont

La cartographie de l'évaluation des biotopes est reprise à la carte 5 du dossier cartographique.

Dans ce cas de figure, la proximité (moins de 200 mètres) des éoliennes 2 et 3 du bois du Tronquoy pourrait induire une réduction de la qualité de celui-ci sans toutefois avoir des conséquences alarmantes.

Par rapport aux migrations, la vallée de la Meuse (située à environ 5 kilomètres du site éolien) pourrait constituer un facteur de convergence des flux migratoires et il est possible que les oiseaux migrant sur les crêtes soient confrontés aux éoliennes. L'incidence sur la migration ne pourrait être déterminée qu'à partir de relevés de terrain à l'endroit du projet, étalés sur plusieurs mois. Il est toutefois probable qu'elle soit peu significative en raison de la faible étendue géographique du projet.

Le projet peu être considéré comme sans incidence sur les quatre Sites de Grand Intérêt Biologique (dont deux réserves naturelles) présents dans un rayon de 5 kilomètres étant donnée qu'aucune nuisance n'est détectée à plus de 500 mètres.

4.6. Incidences du chantier

4.6.1. Phase de construction

Le chantier de construction d'une éolienne comprend :

- ✓ Les travaux de fondations ;
- ✓ L'installation du câblage ;
- ✓ L'érection de l'éolienne ;
- ✓ Le raccordement électrique.

A. Travaux de fondations

Les terres sont excavées pour permettre la réalisation de la fondation en béton armé. La fondation d'une éolienne est de type semelle à base octogonale, ronde ou carrée. Le volume de terre à excaver sous chaque éolienne de type 2MW est d'environ 289 m³ pour une semelle octogonale, soit environ 867m³ pour l'ensemble du parc de Fernelmont.

Le volume de béton à mettre en œuvre est quasi identique au volume de terres excavées (289 m³ par fondation, soit 867 m³ pour les 3 éoliennes de Fernelmont). Chaque fondation étant en béton armé, il faut ajouter 60 kg d'armatures en acier par m³ de béton, soit 17,4 t d'acier par éolienne, ou 52,2 t pour les fondations du parc entier (estimation sur base des règles de bonne pratique).

Enfin, c'est lors des travaux de fondation que la mise à la terre est réalisée.

B. Installation du câblage

Les câblages électrique et téléphonique sont ensuite installés en souterrain près des chemins d'accès.

C. Érection de l'éolienne

L'érection des éoliennes est une opération complexe et coûteuse, car les masses à déplacer à des hauteurs élevées sont importantes (voir Tableau 3).

Le mât est érigé en 5 morceaux à l'aide d'une grue. La nacelle est alors intégrée au mât. Enfin, les pales sont assemblées au rotor au sol et l'ensemble est hissé puis fixé à la nacelle.

Les travaux d'érection d'une éolienne peuvent être réalisés en 3 jours, soit environ 2 semaines pour l'ensemble du parc (déplacements de véhicules et matériel compris).

D. Raccordement électrique

Les travaux de raccordement électrique comprennent la construction des stations de transformation au pied de chacune des éoliennes, ainsi que le raccordement en souterrain des éoliennes à la cabine de tête d'une part et de cette dernière au réseau électrique public d'autre part (poste de transformation). Cette phase peut être réalisée en une grosse semaine pour l'ensemble du projet.

4.6.2. Phase d'exploitation

Les travaux à effectuer lors de la phase d'exploitation concernent essentiellement les travaux périodiques (bisannuels) d'entretien et de maintenance des éoliennes, ainsi que la réparation des pannes éventuelles.

Différentes photos illustrent les phases de travaux de mise en œuvre d'une éolienne (armature de la fondation, érection du mât et montage des pales). Ces photos ont été prises lors de l'érection de l'éolienne de Zandvleuge (www.ecopower.be).



Figure 10 : Armature de la fondation, érection du mât et montage des pales de l'éolienne de Zandvleuge (www.ecopower.be)

4.7. Conclusion

Cette première partie de l'évaluation environnementale des incidences d'un parc éolien permet de mettre en évidence au tableau 10 les principales distances qui devront être respectées par tout demandeur de projet.

Ces distances sont très importantes car elles vont participer à conditionner comment le demandeur pourra configurer son parc éolien.

Concernant les incidences positives des éoliennes sur la qualité de l'air, les polluants, l'eau et les déchets, elles ont été abordées et n'entrent pas en relation avec l'intégration paysagère.

Type d'incidence	Recommandation de la Région wallonne
Bruit	350 m (à cette distance, aucun impact au niveau bruit)
Ombrage des pales	250 m (si distance moindre, effet stroboscopique maîtrisé pour ne pas dépasser 30 h.)
Surplomb	Pas un problème, pales chauffantes ou arrêt temporaire évite la formation de glace
Impact sur les oiseaux	Pas un problème, des circonstances locales peuvent justifier une étude plus en détail
Distance aux infrastructures	Hauteur d'éolienne recommandée (en fonction des routes, lignes électriques, ferroviaires)
Télécommunications	100 m (par rapport aux faisceaux hertzien)
	600 m (par rapport aux antennes émettrices)
Usage de l'espace aérien	Vérifier auprès des services compétents
Emprise au sol	Enfouir les fondations et minimiser les chemins d'accès

Tableau 10 : Distances recommandées par le cadre de référence pour l'implantation d'éoliennes en Région wallonne (Gouvernement wallon, 2002)

5. LECTURES DU PAYSAGE

5.1. Origine et histoire du paysage

5.1.1. Origine du concept

La notion de paysage apparaît vers 1550 dans le dictionnaire français/latin de Robert Etienne. Elle désigne une toile de peintre représentant un jardin ou une vue champêtre (DEGEMBE, 1996). Les peintres vont le représenter pour donner une perspective à leurs œuvres.

Le concept de paysage émerge au sein des élites de l'époque en même temps qu'un goût pour l'Antiquité et la période romaine. Dès la fin du XVII^e siècle, les gens vont vouloir que ces scènes se retrouvent dans leurs jardins. On va reproduire ce qu'on a vu dans les peintures. Il y a donc peu de doutes que le terme paysage ait largement été modelé par les artistes de par le passé.

Aux XVIII^e et XIX^e siècles, le paysage devient objet de découvertes. Poussée par la curiosité face à toutes les œuvres picturales et littéraires qui lui sont présentées, la noblesse va s'intéresser aux lieux dépeints et inaugure la pratique du voyage. En même temps, on prend conscience des destructions des paysages traditionnels. Certains vont prendre en main et protéger ce qui reste. On commence à inventorier. Le XIX^e siècle verra ainsi apparaître la notion de paysage protégé, de parc national.

5.1.2. Petite histoire du paysage

A partir de 4000 ans avant J-C, le climat se stabilise dans nos régions et les paysages se mettent en place de manière naturelle. Mais depuis lors, l'homme a sans cesse transformé ces paysages : il a défriché, brûlé, cultivé, construit, ... Bien sûr, jusqu'au XVIII^e siècle, les paysages changeaient lentement du fait du niveau des techniques d'agriculture et de la faible démographie. Le paysage rural n'en a pas moins subi de très grands bouleversements. Par exemple les défrichements médiévaux, s'étalant de la fin du X^e siècle jusqu'au XIII^e siècle, imposant au paysage rural les grands traits qu'il conservera jusqu'au XVIII^e siècle (GAIARDO, 1996).

Le XIX^e siècle fut une période de mutation extrêmement profonde pour le paysage. Ce fut une période de très forte industrialisation, d'urbanisation et d'exode rural. Les règles anciennes d'occupation du territoire, essentiellement dictées par les nécessités de la production agricole, vont être bouleversées.

D'après DEGEMBE (1996), il y a deux grands facteurs de transformation du paysage par l'homme. D'une part, le processus classique où des communautés villageoises font une nouvelle expérience en adoptant une technique ou une essence agricole particulière. Et d'autre part, des grandes transformations procédant d'une stratégie très différente sont réalisées par une politique volontariste qui correspond à certains objectifs politiques, religieux, économiques, ... Comme par exemple les paysages romains avec les grandes via ou les paysages cisterciens qui sont de véritables aménagements du territoire sur de grands espaces.

5.2. Définition du concept

Le paysage est un concept subjectif car il est une image de la réalité perçue par les sens. Sa perception dépend d'une part, de l'observateur, ses goûts, sa culture, ses intérêts, son vécu, etc. et, d'autre part, des conditions d'observation : le paysage varie en fonction de l'heure, des saisons, de la position dans l'espace, ...

« Nous croyons voir un paysage. Nous n'en percevons que l'image déformée par nous-mêmes. Cette image et le jugement que nous portons sur elle dépendent d'influences culturelles et sociales agissant et réagissant selon notre tempérament individuel, outre les réactions qui nous sont communes à tous » (NEURAY, 1982). D'autre part, nous nous attachons aux paysages qui ont fait le cadre de notre enfance, qu'ils soient ou non appréciés par d'autres.

Le paysage occupe une place importante dans l'appréciation du cadre de vie. La vue étant un des sens les plus développés de l'homme, le paysage est une composante de l'environnement qu'il perçoit particulièrement bien (Etat de l'Environnement Wallon, 1996).

En plus d'un environnement sain, la plupart des gens demandent de la beauté et ont un attachement au cadre dans lequel ils ont vécu.

Le paysage comporte à la fois une dimension naturelle (ses composantes physiques : le relief, l'eau, le sol, le climat, ...) et une dimension culturelle indissociable puisque depuis le néolithique, le paysage est sans cesse modifié par l'homme.

Il y a autant de définitions du paysage qu'il y a de disciplines scientifiques s'y intéressant. Chaque regard apportant un point de vue particulier, il est important, en matière d'aménagement du territoire, de préciser l'approche suivie car elle influence les résultats obtenus.

La géographie humaine a une approche globale : elle étudie le paysage dans ses interrelations complexes des conditions naturelles et des activités humaines, elle s'intéresse particulièrement à la problématique des localisations.

La géomorphologie considère le paysage selon la genèse de son modelé, ses formes de relief et ses cycles d'érosion lié à la nature des substrats.

La phytosociologie parle de paysages végétaux formés d'associations végétales.

L'écologie conçoit le paysage comme un écosystème fonctionnel à l'échelle du territoire ; l'écologie du paysage (écopaysage) tente d'organiser le paysage vivant en unités de paysages écologiques et d'intégrer l'élément humain.

L'histoire propose une lecture du paysage en tant qu'héritage culturel de civilisations rurales et de leur diversité ethnologique ; elle promeut l'idée d'une pensée dynamique, le paysage n'est pas quelque chose de fixe qui aurait eut un état idéal.

L'économie perçoit le paysage comme une source d'activité et de revenus. Le paysage soutient de nombreuses activités économiques liées à sa fonction de récréation, une gestion bien menée engendre des flux de revenus.

La psychologie apporte la psychologie de la perception : l'observateur devient un acteur à considérer lorsqu'il acquiert une certaine familiarité avec son paysage (paysage vécu).

Définitions du Conseil de l'Europe

Nous utiliserons ici les définitions retenues par le Conseil de l'Europe dans le cadre de la Convention européenne du paysage, à savoir :

Paysage désigne une partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations ;

Politique du paysage désigne la formulation par les autorités publiques compétentes des principes généraux, des stratégies et des orientations permettant l'adoption de mesures particulières en vue de la protection, la gestion et l'aménagement du paysage ;

Objectif de qualité paysagère désigne la formulation par les autorités publiques compétentes, pour un paysage donné, des aspirations des populations en ce qui concerne les caractéristiques paysagères de leur cadre de vie ;

5.3. Outils de gestion du paysage

5.3.1. Introduction

Au niveau européen, seule la Convention européenne du paysage sera détaillée (Conseil de l'Europe, 2000). Elle a été adoptée en juillet 2000, et signée en octobre 2000 par 18 pays dont la Belgique. La Région wallonne y fait explicitement référence dans le SDER⁶ (Gouvernement wallon, 1999).

Cette convention est le document juridique international le plus contraignant et engage la Région wallonne à exécuter toute une série de mesures qui devraient aboutir à des changements importants dans la prise en considération des paysages.

Au niveau de la Région wallonne, le Schéma de Développement de l'Espace Régional (SDER) est examiné en détails car il reprend comment doit être intégré la question du paysage au sein des différents outils réglementaires de la Région wallonne, à savoir : le plan de secteur, le schéma de structure communal, les règlements d'urbanisme, les études d'incidence, etc.

5.3.2. La Convention européenne du paysage

5.3.2.1. Introduction

Pour le Conseil de l'Europe, le paysage participe de manière importante à l'intérêt général, sur les plans culturel, écologique, environnemental et social. Il concourt à l'élaboration des cultures locales et il représente une composante fondamentale du patrimoine culturel et naturel de l'Europe, contribuant à l'épanouissement des êtres humains et à la consolidation de l'identité européenne. Le paysage est partout un élément important de la qualité de vie des populations : dans les milieux urbains et dans les campagnes, dans les territoires dégradés comme dans ceux de grande qualité, dans les espaces remarquables comme dans ceux du quotidien.

5.3.2.2. Contexte juridique

La Convention européenne du paysage est considérée comme le complément d'instruments juridiques internationaux, tels que :

- ✓ la Convention de l'Unesco concernant la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel (Paris, 16 novembre 1972) ;
- ✓ la Convention du Conseil de l'Europe relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (Berne, 19 septembre 1979) ;
- ✓ la Convention du Conseil de l'Europe pour la sauvegarde du patrimoine architectural de l'Europe (Grenade, 3 octobre 1985) ;
- ✓ la Convention du Conseil de l'Europe pour la protection du patrimoine archéologique (révisée) (La Valette, 16 janvier 1992) ;

et d'initiatives internationales comme la Stratégie paneuropéenne de la diversité biologique et paysagère (Sofia, 25 octobre 1995). La Convention européenne du paysage doit permettre d'établir des liens formels, s'il y a lieu, entre les mécanismes de la convention et ces autres instruments ou initiatives.

La convention vise à encourager les autorités publiques à adopter aux niveaux local, régional, national et international des politiques et mesures de protections, de gestion et d'aménagement des paysages européens. Elle concerne tous les paysages, extraordinaires et ordinaires qui déterminent la qualité du cadre de vie des populations. Le texte prévoit une

⁶ pp. 215 à 217

approche souple des paysages dont les caractéristiques requièrent divers types de mesures allant de la stricte conservation à la véritable création, en passant par la protection, la gestion et l'amélioration.

5.3.2.3. Les 3 grands principes d'action sur le paysage

Les définitions qui suivent se rapportent aux principes d'action sur le paysage envisagés de manière dynamique et prospective :

Protection des paysages concerne les mesures prises dans le but de préserver le caractère et la qualité existants d'un paysage auquel les populations attachent une grande valeur du fait de sa forme naturelle ou culturelle particulière. Cette protection doit être active et s'accompagner de mesures d'entretien pour maintenir les aspects significatifs d'un paysage ;

Gestion des paysages concerne les mesures prises conformément au principe de développement durable pour accompagner les transformations induites par les nécessités économiques, sociales ou environnementales. Les mesures pourront concerner l'organisation de ces paysages ou les éléments de leur composition. Elles viseront à assurer l'entretien régulier d'un paysage et à veiller à ce qu'il évolue harmonieusement et de manière à satisfaire les besoins économiques et sociaux. La gestion devra être dynamique et tendre à améliorer la qualité des paysages en fonction des aspirations des populations ;

Aménagement des paysages concerne le processus formel d'étude, de conception et de construction par lequel de nouveaux paysages sont créés de manière à répondre aux aspirations de la population concernée. Il s'agira d'élaborer de véritables projets d'aménagement, notamment dans les espaces les plus touchés par le changement et fortement détériorés (banlieues, zones périurbaines et industrielles, littoraux). Ces projets d'aménagement visent à restructurer profondément des paysages dégradés.

Dans chaque zone paysagère, l'équilibre entre ces trois types d'activités dépendra du caractère de ladite zone et des objectifs définis relativement à son futur paysage. Certaines zones peuvent mériter une protection très rigoureuse. A l'opposé, il peut y avoir des zones dont le paysage extrêmement abîmé demande à être entièrement remodelé. La plupart des paysages ont besoin d'une combinaison des trois modes d'action, et certains d'entre eux ont besoin d'un certain degré d'intervention.

Dans la recherche d'un juste équilibre entre protection, gestion et aménagement d'un paysage, il faut garder à l'esprit que l'on ne cherche pas à préserver ou à « geler » des paysages à un stade donné de leur longue évolution. Les paysages ont toujours changé et continueront à changer, tant sous l'effet de processus naturels que de celui de l'action humaine. En réalité, l'objectif devrait être d'accompagner les changements à venir en reconnaissant la grande diversité et la qualité des paysages dont nous héritons et en s'efforçant de préserver, voire enrichir, cette diversité et cette qualité au lieu de les laisser périr.

5.3.2.4. Mesures générales

Chaque Partie s'engage :

- ✓ à reconnaître juridiquement le paysage en tant que composante essentielle du cadre de vie des populations, expression de la diversité de leur patrimoine commun culturel et naturel, et fondement de leur identité ;
- ✓ à définir et à mettre en œuvre des politiques du paysage visant la protection, la gestion et l'aménagement des paysages par l'adoption des mesures particulières ;
- ✓ à mettre en place des procédures de participation du public, des autorités locales et régionales, et des autres acteurs concernés par la conception et la réalisation des politiques du paysage ;

- ✓ à intégrer le paysage dans les politiques d'aménagement du territoire, d'urbanisme et dans les politiques culturelle, environnementale, agricole, sociale et économique, ainsi que dans les autres politiques pouvant avoir un effet direct ou indirect sur le paysage.

5.3.2.5. Mesures particulières

A. Sensibilisation

Chaque Partie s'engage à accroître la sensibilisation de la société civile, des organisations privées et des autorités publiques à la valeur des paysages, à leur rôle et à leur transformation.

B. Formation et éducation

Chaque Partie s'engage à promouvoir:

- ✓ la formation de spécialistes de la connaissance et de l'intervention sur les paysages ;
- ✓ des programmes pluridisciplinaires de formation sur la politique, la protection, la gestion et l'aménagement du paysage, destinés aux professionnels du secteur privé et public et aux associations concernés ;
- ✓ des enseignements scolaire et universitaire abordant, dans les disciplines intéressées, les valeurs attachées au paysage et les questions relatives à sa protection, à sa gestion et à son aménagement.

C. Identification et qualification

En mobilisant les acteurs concernés et en vue d'une meilleure connaissance de ses paysages, chaque Partie s'engage :

- ✓ à identifier ses propres paysages, sur l'ensemble de son territoire ;
- ✓ à analyser leurs caractéristiques ainsi que les dynamiques et les pressions qui les modifient ;
- ✓ à en suivre les transformations ;
- ✓ à qualifier les paysages identifiés en tenant compte des valeurs particulières qui leur sont attribuées par les acteurs et les populations concernés.

Les travaux d'identification et de qualification seront guidés par des échanges d'expériences et de méthodologies, organisés entre les Parties à l'échelle européenne.

D. Objectifs de qualité paysagère

Chaque Partie s'engage à formuler des objectifs de qualité paysagère pour les paysages identifiés et qualifiés, après consultation du public.

E. Mise en œuvre

Pour mettre en œuvre les politiques du paysage, chaque Partie s'engage à mettre en place des moyens d'intervention visant la protection, la gestion et/ou l'aménagement des paysages.

5.3.3. Le Schéma de Développement de l'Espace Régional (SDER)

5.3.3.1. Principes généraux

Les principes philosophiques qui orientent le SDER imposent que le patrimoine naturel, bâti et paysager soit protégé, géré avec prudence et développé.

Résultats de l'action conjointe de l'homme et de la nature, les paysages, tant urbains que ruraux, nécessitent eux aussi une protection. Il faut veiller à sauvegarder leur qualité et leur spécificité, et à restaurer leur cohérence de manière volontariste lorsque c'est nécessaire.

5.3.3.2. Objectifs

Les deux grands objectifs sont la valorisation du patrimoine et des paysages et l'intégration de la dimension paysagère dans les pratiques d'aménagement.

Suivant les options adoptées lors de la Convention européenne du paysage organisée par le Conseil de l'Europe en mai 1998, la sauvegarde de la diversité du patrimoine paysager s'appuiera sur quatre mesures :

- ✓ La mise en place d'outils de gestion ;
- ✓ Une identification actualisée des paysages et des pressions auxquelles ils sont soumis ;
- ✓ Une politique de protection renforcée ;
- ✓ La définition d'opérations de recomposition paysagère.

5.3.3.3. Moyens mis en oeuvre

A. Identification actualisée des paysages (p. 215-216)

La connaissance de la diversité et de la qualité des paysages ainsi que des pressions qu'ils subissent est le préalable indispensable à toute politique de sauvegarde, de (re)composition et de gestion des paysages, tant ruraux qu'urbains.

Les plans de secteur ont répertorié des zones d'intérêt paysager qui ne concernent que la zone rurale. Il est actuellement admis que la définition de ces zones mérite d'être revue : elles ont en effet été désignées sans réelle référence aux structures paysagères. Un travail de mise à jour de ces périmètres a déjà été entamé par l'administration de l'aménagement du territoire sous la forme d'une Convention Région Wallonne – ADESA (1995). Il permettra notamment de répondre aux nouvelles exigences du CWATUP. Celui-ci prévoit en effet la possibilité d'inscrire en surimpression des plans de secteur des périmètres de point de vue remarquable et d'intérêt paysager. Ce travail a déjà été réalisé pour plusieurs provinces.

L'inventaire réalisé s'appuie sur des méthodes d'évaluation élaborées sur base de critères objectifs et qui procèdent en trois étapes :

- ✓ Sélection de critères de qualité ;
- ✓ Délimitation des unités paysagères ;
- ✓ Analyse de la qualité des paysages.

L'identification doit être également entreprise pour les paysages urbains. Dans ce cas, il convient de définir les périmètres d'intérêt paysager, culturel, historique, de même que les points de vue remarquables, et de les inscrire au plan de secteur, au schéma de structure communal et dans les plans communaux d'aménagement.

La perception d'ensembles cohérents tels que silhouette urbaine, front bâti, front de village, etc. est également utile pour la reconnaissance et la caractérisation des paysages.

B. Renforcement de la politique de protection (p.216)

Périmètres

Il est important qu'au-delà de la qualité intrinsèque des paysages identifiés, la diversité des paysages wallons puisse être conservée et mise en valeur comme patrimoine commun.

La protection des paysages peut s'assurer de différentes manières.

Il s'agit tout d'abord de préserver les vues exceptionnelles par la détermination des *périmètres de point de vue remarquable* qui peuvent se définir à partir de points fixes d'observation ou le long de parcours.

Dans ces périmètres, les constructions ou les plantations ne pourront mettre en péril les vues les plus remarquables. Les dispositions normatives pourront être différentes pour la zone rapprochée du point de vue ou pour la zone éloignée. La zone rapprochée devra faire

l'objet de restrictions strictes pouvant aller jusqu'à la détermination d'une zone non aedificandi.

Il est nécessaire que ces points de vue soient rendus accessibles au public (aménagement des espaces publics, cheminement d'accès, signalétique approprié).

Des mesures doivent également être prises pour prévenir le mitage et la fermeture des paysages. Plus spécifiquement, l'urbanisation linéaire doit être enrayée, et le boisement et l'implantation d'équipements doivent être décidés en concertation avec les différentes autorités responsables afin d'éviter la fermeture des perspectives notamment le long des axes de circulation.

Le *périmètre d'intérêt paysager*, quant à lui, délimite un espace au sein duquel les éléments du paysage se disposent harmonieusement. Les actes et travaux peuvent y être accomplis pour autant qu'ils s'intègrent parfaitement au site bâti et non bâti et qu'ils ne mettent pas en péril la valeur esthétique du paysage.

Le *périmètre d'intérêt culturel, historique ou esthétique* vise à favoriser, au sein d'un espace urbanisé, l'équilibre entre les espaces bâtis ou non et les monuments qui les dominent ou les sites qui les caractérisent. Les actes et travaux soumis à permis peuvent y être soit interdits, soit subordonnés à des conditions particulières de protection.

Ces périmètres peuvent être traduits dans les outils de planification à l'échelle locale, à travers le plan d'affectation lié au schéma de structure et les plans communaux d'aménagement.

Classement

Le *classement de monuments et de sites* est une procédure efficace de protection notamment sur le plan esthétique et paysager. Toutefois, le périmètre de protection qui entoure un élément classé doit être déterminé d'après des critères plus objectifs. L'aspect paysager doit être apprécié en fonction des conditions du terrain et des vues offertes. Une enveloppe paysagère doit donc être fixée.

Outre ces éléments remarquables, une attention particulière doit également être portée au patrimoine usuel ou traditionnel qui assure la diversité des paysages urbains et ruraux.

Maîtrise foncière

Enfin, la maîtrise foncière par les pouvoirs publics apparaît comme un moyen efficace de garantir la vocation déterminée d'un espace; on n'y recourra cependant que pour des zones qui représentent des enjeux importants.

C. Mise en place d'outils de gestion (p. 194, 215-216)

Permis

Les interventions les plus anodines peuvent avoir des conséquences importantes sur les paysages urbains et ruraux. Il faut dès lors, de manière systématique, prendre réellement en compte les aspects paysagers et évaluer l'impact paysager de l'ensemble des actes d'aménagement et d'urbanisme. Ainsi, lors de l'examen des permis d'urbanisme et des permis de lotir, une attention plus soutenue doit être portée aux effets visuels à court et long terme, tout comme aux conséquences des projets sur la composition et la structuration du paysage. Cette prise en compte pourra se faire notamment à travers les plans et les études d'incidences, ainsi que par le biais de la notice d'évaluation préalable.

L'intérêt pour le paysage doit orienter les actes d'urbanisme vers une plus grande intégration des interventions et un souci croissant de constituer des ensembles de qualité. Il faut dès lors mieux prendre en compte les effets paysagers liés aux modifications portant sur la répartition et la localisation des implantations, les gabarits et leurs articulations, les ouvertures et la composition des façades et enfin la composition et l'organisation des plantations.

Règlements

La prise en compte de la dimension paysagère peut également être envisagée à travers des outils de type réglementaire portant plus directement sur le bâti : règlement régional d'urbanisme relatif aux enseignes et dispositifs de publicité, protection des centres anciens en ce qui concerne le paysage urbain, règlement régional d'urbanisme sur les bâtisses en site rural, évaluation préalable des sites dans le cadre du remembrement. A l'échelle locale, le règlement communal est susceptible de jouer un rôle important car il concerne tous les types d'espaces. Il permet de déterminer des aires différenciées pour lesquelles des prescriptions spécifiques peuvent être établies.

Outre les règlements d'urbanisme et les prescriptions des plans d'aménagement - dont le rôle doit être non seulement de protéger, mais aussi de produire des paysages de qualité -, il convient d'établir des règlements régionaux d'intégration paysagère notamment pour les infrastructures et les équipements techniques (stations d'épuration, bassins d'orage, lignes électriques, pylônes, éoliennes, etc.).

Ainsi à titre d'exemple, l'implantation des nouvelles infrastructures de télécommunication répondra aux principes suivants qui seront traduits dans un règlement régional :

- ✓ Les infrastructures seront concentrées à proximité immédiate des équipements et des réseaux publics existants;
- ✓ Le nombre de pylônes sera limité par l'utilisation d'infrastructures ou de bâtiments existants (pylônes, châteaux d'eau, bâtiments publics hauts, etc.) ;
- ✓ Plusieurs utilisateurs se partageront une même infrastructure ;
- ✓ L'implantation et le type de pylône seront choisis sur base de critères urbanistiques et paysagers.

6. IMPACT PAYSAGER DES PARCS ÉOLIENS

6.1. Introduction

La détermination des incidences visuelles d'un projet de parc éolien est importante car celui-ci modifiera profondément le contenu du champ visuel du paysage des différents observateurs (riverains, piétons, usagers de la route).

Cette identification des pressions auxquelles sont soumis les paysages s'intègre dans les axes de développement du SDER⁷ (Gouvernement wallon, 1999).

La méthodologie utilisée pour déterminer les incidences paysagères se subdivise en trois parties :

- ✓ Une description du paysage existant ;
- ✓ Une évaluation objective de l'impact visuel des éoliennes ;
- ✓ Une évaluation plus subjective de l'intégration paysagère de ce parc éolien au travers d'une analyse des incidences en fonction des périmètres de perception visuelle.

6.2. Description du paysage existant

6.2.1. Méthodologie

Au vu des caractéristiques très particulières des éoliennes, dont entre autre leur hauteur très élevée et la faible surface au sol qu'elles occupent, il ne me paraît pas approprié de caractériser de manière détaillée les unités de paysage, et encore moins d'utiliser une méthode d'évaluation analytique qui attribue des points aux constituants du paysage. Parmi celle-ci, les méthodes de G.Neuray (1982) et C. Christians (1979) sont les plus utilisées en Belgique. La méthode de H. Kiemstedt (1967) basé sur un petit nombre de critères a connu un grand succès entre autre en Allemagne en raison de sa transparence, de sa simplicité et de son efficacité.

Une simple description du paysage régional et local est privilégiée. Elle permet de mettre en évidence le contexte paysager dans lequel vont venir s'intégrer les éoliennes. De mon point de vue, elle doit se focaliser essentiellement sur la structure du paysage en se basant sur les différents critères d'analyse paysagère sont définis au point 6.2.4.

6.2.2. Délimitation de l'aire géographique

L'identification de cette aire d'étude est définie par le cadre réglementaire de la Région wallonne qui se bas sur la formule suivante :

$$R = (100 + E) \times h$$

R = rayon de l'étude
E = nombre d'éoliennes
h = hauteur totale d'une éolienne

Dans le cas du parc de Fernelmont, l'aire géographique régionale d'étude couvre un rayon de 14 km autour du projet (E=3 et h=139).

6.2.3. Description du paysage régional et local

Les paysages régional et local sont décrits dans cette aire géographique.

⁷ pp. 215 à 217

Le paysage local est composé des traits caractéristiques du paysage régional modulé principalement par des lignes de force et des points d'appel importants (infrastructures industrielles, agricoles, routières et d'habitation).

La description générale du patrimoine bâti de la région considérée est réalisée dans la description du paysage régional. Dans le chapitre qui examine les incidences du projet sur le paysage, une analyse plus fine est réalisée sur les monuments et sites classés, le patrimoine monumental de la Belgique, les sites archéologiques et les arbres et les haies remarquables.

6.2.4. Critères d'analyse paysagère

Les différents critères d'évaluation paysagère sont repris ci-dessous (BELAYEW et al., 1996).

6.2.4.1. Éléments objectifs composant le paysage

Les éléments objectifs qui caractérisent un paysage rural peuvent être regroupés en cinq composantes principales : le relief, l'hydrographie, l'affectation du sol, les infrastructures et l'habitat. Dans la perspective globalisante de la lecture géographique, ces composantes ne sont pas des catégories cloisonnées. Pour identifier l'organisation spatiale du lieu observé, il faut combiner ces éléments et faire apparaître les positions qu'ils occupent les uns par rapport aux autres dans l'espace. De cette manière, seront mises en évidence les structures spatiales élémentaires que ces éléments constituent.

A. Le relief

La description du relief implique l'identification des formes du relief à des échelles différentes :

- ✓ une forme générale (plaine, bas plateau, ...) qui définit la morphologie du sol à l'échelle régionale ;
- ✓ une ou plusieurs formes secondaires (colline, butte, dépression, vallée, ...) qui définissent la morphologie locale du sol ;
- ✓ des formes tertiaires, les versants, qui par leur déclivité conditionnent l'établissement des hommes et le développement de leurs activités.

Les différentes formes de relief s'inscrivent les unes dans les autres et définissent par leurs orientations, leurs altitudes relatives et leurs déclivités, le relief du lieu. La mise en évidence de leurs localisations relatives est dès lors fondamentale pour caractériser la géomorphologie locale.

B. Hydrographie

Le ruissellement des eaux de surface est indissociable de la morphologie du sol. Une fois leurs caractéristiques décrites, il faut localiser les cours d'eau et les plans d'eau par rapport aux vallées dans lesquelles ils s'écoulent et se développent, mais aussi les uns par rapport aux autres en précisant la structure des réseaux hydrographiques qu'ils constituent.

C. Affectation du sol

La description de l'affectation des sols non bâtis s'intéresse d'abord aux parcelles agricoles, les champs et les prairies qui, par la superficie qu'ils occupent en dehors du village, dominent le paysage.

Ensuite, il faut décrire les zones arborées. Principalement les bois et les forêts mais parfois aussi les rangées d'arbres, voire les arbres isolés.

Les parcelles proches de l'habitat, souvent directement liées aux bâtiments doivent également être caractérisées.

D. L'habitat

La description de l'habitat commence par l'établissement d'une typologie des bâtiments ruraux : maisons, fermes, bâtiments publics, églises et chapelles, bâtiments industriels, etc.. Une fois la typologie établie, la morphologie de chaque type doit être décrite. Celle-ci permet d'induire à la fois la ou les fonctions du bâtiment ainsi que l'époque de sa construction. Chaque ensemble sera ensuite localisé par rapport à la voirie, au relief, à l'hydrographie et à l'espace agricole et forestier. Il sera ainsi replacé dans son contexte paysager global.

E. Les infrastructures

La voirie est un élément fondamental pour caractériser l'organisation spatiale d'un lieu :

- ✓ typologie de la voirie (rues, routes, chemins, sentiers, ...) ;
- ✓ tracé, revêtement, équipements ;
- ✓ localisation par rapport aux éléments naturels (relief, hydrographie, ...) et structure du réseau viaire.

Les autres infrastructures (artisanales, industrielles, sportives, ...) doivent également être caractérisées et localisées.

6.2.4.2. Organisation visuelle du paysage

Les éléments composant un paysage n'ont pas tous la même importance ; ils attirent plus ou moins l'attention selon le jeu des relations qu'ils ont avec leur environnement. On parle ainsi de critères de dominance.

A. Les lignes de force

Les lignes de force sont des lignes d'origine naturelle ou artificielle mettant en évidence la structure générale du paysage et servant de guide pour le regard. Elles forment un dessin simplifié du paysage. Psychologiquement, elles peuvent prendre différentes valeurs :

- ✓ horizontales, elles expriment la stabilité, l'équilibre, le repos ;
- ✓ verticales, elles suivent l'axe de notre équilibre morphologique et ont la suprématie sur toutes les autres directions ;
- ✓ obliques, elles expriment la tension.

Tout aménagement qui vient interférer avec un axe important se trouve amplifié naturellement par la rupture qu'il crée sur cette ligne de force.

B. Les points d'appel

Les points d'appel sont les points constitués par l'intersection des lignes de force ou par des éléments indépendants servant de repère dans la reconnaissance générale du paysage. Attirant le regard, ils permettent le repérage et accentuent la hiérarchie du paysage. Ils permettent aussi d'évaluer l'échelle du site. Toute action au niveau d'un point d'appel influencera profondément le reste du paysage.

6.2.4.3. Les critères subjectifs de qualité

La perception paysagère est essentiellement visuelle. Partant d'une vision globalisante, l'observateur dégage dans un premier temps les données objectives qui définissent le paysage réel, avant d'apprécier le paysage perçu en fonction de la subjectivité qui dépend de sa personnalité, de sa culture, des conditions d'observation et de sa familiarité éventuelle avec le paysage. Les critères suivants permettent d'apprécier la qualité d'un paysage.

A. La profondeur de champ ou longueur de vue

La longueur de vue est la distance entre l'observateur et le point le plus éloigné qu'il peut percevoir dans la direction de la vue la plus longue. La longueur de vue va de pair avec la qualité de celle-ci. Pour éviter la fatigue, l'œil recherche les vues longues. A cette cause

purement physiologique, s'ajoute l'intérêt suscité par la diversité des éléments, diversité d'autant plus grande que la surface embrassée du regard est plus étendue.

B. La variété

La variété est le nombre d'éléments différents ou d'ensembles d'éléments différents qui composent le paysage et permettent son appréciation. Il ne faut cependant pas nécessairement une grande variété d'éléments pour animer un paysage. Un seul élément peut parfois y parvenir, alors qu'une trop grande diversité risque, elle, d'amoindrir l'impact, surtout si ces éléments sont perçus comme hétérogènes par rapport à la nature du paysage. La cohérence de la variété mène à l'harmonie du paysage.

C. La dimension verticale

La dimension verticale de la vue est donnée par le relief du terrain ou par des éléments verticaux (arbres, clochers, ...). Un paysage plat ou imperceptiblement ondulé laissera une impression moindre qu'un autre plus vallonné et dans lequel le regard peut se focaliser sur un arbre, une tour, un clocher.

D. La présence de plans successifs

L'agencement du relief ou des différentes masses en présence (bois, hameaux, ...) va permettre de structurer le paysage en une série de plans. Ces plans sont au nombre de trois :

- ✓ l'avant-plan s'étend sur quelques dizaines de mètres. C'est la zone des détails. A lui seul, l'avant-plan ne constitue pas un paysage et si la vue ne porte pas plus loin, il faut plutôt parler d'un horizon borné ;
- ✓ le plan moyen, qui constitue l'essentiel du paysage, s'étend sur une distance de quelques centaines de mètres, au maximum un kilomètre. Dans cette zone que nous appelons le paysage proprement dit, l'œil ne saisit plus les détails mais il distingue les formes et les rapports de masse des éléments entre eux, c-à-d la structure du paysage ;
- ✓ l'arrière-plan s'étend à partir de la limite du plan moyen (max. 1 km) et va constituer l'encadrement du paysage. A cette distance, l'œil est incapable de distinguer avec précision les caractéristiques des éléments. Il ne saisit que les volumes. Plus ceux-ci sont éloignés plus ils perdent de leur individualité pour finalement apparaître comme des tâches de couleur ;

La présence de trois plans successifs et la mise en valeur du plan moyen par les deux autres constituent autant d'éléments qui amélioreront la qualité d'un paysage.

E. L'harmonie

L'harmonie d'un paysage va dépendre des relations qui vont unir les différents éléments qui le composent : plans, profondeur, variété, ... Si une structure, un rythme, apparaît dans la composition visuelle, le paysage sera d'autant plus apprécié.

F. La rareté

La rareté d'un paysage dépend de sa fréquence d'apparition dans une région et peut en augmenter son intérêt. La rareté n'augmente pas objectivement la valeur de ce paysage mais elle doit être prise en considération dans l'optique d'une démarche de protection et d'aménagement actif du patrimoine paysager.

G. Divers critères

La présence d'eau (bleu) ou de végétation (vert) augmente indéniablement la qualité d'un paysage.

Les vues dominantes sont fort appréciées probablement en raison du sentiment de dominance, de la diversité des paysages observés, de la longueur de vue qui en découlent.

6.3. L'évaluation objective des impacts visuels d'un projet de parc éolien

6.3.1. Méthodologie

L'évaluation considérée comme objective se base sur l'inventaire de tous les éléments qui ne sont pas soumis à la subjectivité de l'évaluateur. Néanmoins, celui-ci doit remettre un jugement sur l'impact paysager du projet sur ces éléments. Ce jugement pourra évidemment être biaisé mais cette analyse a démontré son intérêt lors des différentes études d'incidences qui ont déjà été effectuées.

Dans un premier temps, les cônes de vue significatifs sont établis en fonction de plusieurs critères (voir ci-dessous). Ils sont principalement déterminés par la topographie environnante et les obstacles visuels qui conditionnent le champ de vision et la longueur de vue.

Ensuite, une attention toute particulière doit être apportée pour vérifier si aucun des périmètres particuliers, où la Région wallonne déconseille fortement d'installer des éoliennes (Gouvernement wallon, 2002), ne se trouvent à proximité du projet (rayon de 1 à 2 km).

Ces périmètres particuliers sont les suivants (CWATUP, articles 40, 452/20 à 452/30) :

- ✓ Périmètre d'intérêt paysager
- ✓ Périmètre de point de vue remarquable ;
- ✓ Périmètre d'intérêt culturel, historique ou esthétique ;
- ✓ Périmètre de bien immobilier classé ;
- ✓ Périmètre de remembrement légal de biens ruraux ;
- ✓ Périmètre de liaison écologique ;
- ✓ Périmètre de protection visés par la législation sur la protection de la nature (loi 1973 et décret 2001 sur réserves naturelles, réserves forestières, zones humides d'intérêt biologique et sites Natura 2000) ;
- ✓ Périmètre de prévention des captages.

Lors de la réalisation d'une étude d'incidences, les trois derniers types de périmètres sont examinés dans d'autres chapitres. Ils ne seront donc pas traités.

6.3.2. Les cônes de vue significatifs

6.3.2.1. Détermination des cônes de vue significatifs

Les incidences du projet sont évaluées sur la base des cônes de vue significatifs partant du projet vers les points d'observation. Ces cônes de vue sont définis comme étant les zones d'où les éoliennes sont visibles depuis des points de vue significatifs. Ceux-ci sont établis selon plusieurs critères, notamment :

- points de vue panoramique ;
- points de repère ;
- sites et monuments classés ;
- fréquentation des lieux ;

Ces cônes de vue permettent ensuite de dégager les points de vue significatifs, de réaliser les incrustations graphiques depuis ces points de vue et enfin de discuter les incidences du projet. Les cônes de vue significatifs sont cartographiés sur la carte au 1/100.000^e. Ils dépendent fortement de la topographie environnante et des obstacles visuels.

L'exemple du projet de parc éolien de Fernelmont est repris à la carte 6 du dossier cartographique. L'analyse de ces cônes de vue significatifs montre que la visibilité des

éoliennes au sud de l'autoroute E42 sera rapidement rendue très difficile par la topographie de la vallée de la Meuse, ses bois et ses zones fortement urbanisées.

Par contre, au nord de l'autoroute E42, les éoliennes seront visibles de manière significative dans un rayon d'environ 5 km autour du projet, selon la position de l'observateur.

A. Limite visuelle des cônes de vue significatifs

La définition de la limite visuelle de ces cônes de vue significatifs implique de rappeler quelques notions de base d'optique car la perception du paysage ne peut se réaliser qu'à partir des images fournies par l'œil.

En résumé, on peut assimiler l'œil à un système optique comprenant :

- ✓ Une lentille convergente de distance focale variable (de 15.6 mm à 24.3 mm), le cristallin;
- ✓ Une surface sensible sur laquelle les images se forment, la rétine ;
- ✓ Un diaphragme, l'iris.

L'angle de perception le plus large de l'œil humain est de l'ordre de 150°. Dans cet angle, le cône de reconnaissance, c'est à dire l'angle dans lequel les éléments seront reconnus et identifiés, est en moyenne de 40° en largeur sur 27° en hauteur pour un observateur non mobile. On assimile ce cadrage à une prise de vue photographique réalisée avec reflex 24*36 équipé d'un objectif de focale 50 mm. Un œil normal peut voir nettement des objets situés à l'horizon mais le but est ici de mettre en évidence des vues où les éoliennes sont visibles de manière significative.

Prenons par exemple un observateur situé à 7 km d'une éolienne de 140m de haut, celle-ci ne représente qu'un angle de vue vertical de 1,1°. En conséquence, leur visibilité est jugée peu significative en relief plat, car l'éolienne ne représente plus qu'une petite partie de notre champ de vision vertical.

B. Cartographie des zones de visibilité

Des logiciels de cartographie des zones de visibilité d'un parc éolien sont également disponibles. A partir d'une carte topographique, ces logiciels calculent les secteurs depuis lesquels tout ou partie du parc éolien sera perceptible, en fonction des hauteurs de référence des éoliennes.

Personnellement, je pense que ces logiciels n'apportent pas grand-chose par rapport à la souplesse de la méthode des cônes de vue significatifs, car il importe dans une étude d'incidences de surtout se focaliser sur les riverains du périmètre de perception visuelles proche (voir 6.4.2) et non de montrer précisément tous les endroits à 10 km à la ronde d'où les éoliennes seront visibles.

6.3.2.2. La topographie

Dans un cas comme celui-ci où les éoliennes vont constituer des nouveaux points d'appel dans le paysage existant et y ajouter une dimension verticale importante, la position du spectateur par rapport à la topographie de ce paysage jouera un grand rôle.

Au-delà d'une distance modérée (environ 1 km), une dénivellation de quelques mètres pourra empêcher de voir les éoliennes. Par contre, en l'absence d'obstacles visuels, les éoliennes seront visibles des points hauts et surtout des points de vue panoramiques.

La topographie est donc un facteur important de délimitation des cônes de vue significatifs et est détaillée dans l'étude d'incidences. Des coupes topographiques sont réalisées si nécessaire.

6.3.2.3. Les obstacles visuels

Les cônes de vue significatifs sont limités complètement ou partiellement par des obstacles visuels artificiels (usines, lignes électriques importantes, habitations, etc.), naturels ou semi

naturels (boisements, alignements d'arbres, crêtes, etc.). Ces obstacles auront une incidence différente selon que l'on se trouve loin ou près des éoliennes. Ils sont détaillés dans l'étude d'incidences.

6.3.3. Les périmètres particuliers

6.3.3.1. Les périmètres d'intérêt paysager et les périmètres de point de vue remarquable

Dans l'attente que l'ADESA ait terminé la mise à jour des périmètres d'intérêt paysager (voir point 5.3.3.3), le même travail doit être réalisé par le paysagiste sur base des zones d'intérêt paysager reprises au plan de secteur et des critères détaillés au point 6.2.4. Les zones de loisirs sont également considérées.

A. Les zones d'intérêt paysager et de loisirs

L'examen des zones d'intérêt paysager et de loisirs permet d'affiner l'évaluation des incidences du projet sur le paysage. Ces zones renforcent les incidences sur le paysage lorsque le projet est visible depuis leur situation. Un périmètre de 2 km de rayon autour du projet est pris en considération.

Le plan de secteur du projet de parc éolien de Fernelmont est repris à la carte 2 du dossier cartographique. Aucune zone de loisirs et aucun point de vue remarquable n'ont été répertoriés.

Dans le cas de notre exemple, les incidences paysagères ont été jugées significatives pour les zones d'intérêt paysager du Bois du Tronquoy et de la Ferme de l'Abbaye qui sont situées dans le périmètre de perception visuelle proche et pour lesquelles la modification du paysage sera importante.

Coupée en deux par la nouvelle sortie d'autoroute, la zone rurale autour de la Ferme Mailleux a perdu tout intérêt paysager. Les trois zones d'intérêt paysager autour des Châteaux de Tillier, de Marchovelette et de Franc-Waret ne seront pas affectées par la présence du parc éolien en raison de l'éloignement du site (plus d'un km) et de la topographie des lieux. La zone d'intérêt paysager du Bois de Fernelmont sera peu affectée par la mise en place des éoliennes. En effet, la présence du zoning industriel et de l'autoroute E42 empêchera toute perception visuelle importante.

6.3.3.2. Les périmètres de bien immobilier classé et les périmètres d'intérêt culturel, historique ou esthétique

L'inventaire du patrimoine classé, dans un rayon de 1 à 2 km autour du projet, permet d'affiner l'évaluation des incidences du projet sur le paysage. Ce patrimoine renforce les incidences sur le paysage lorsque le projet est visible depuis leur situation.

A. Les monuments et sites classés

Concrètement, des informations précises sont retirées auprès des services de la Direction Générale de l'Aménagement du Territoire, du Logement et du Patrimoine du Ministère de la Région Wallonne (DGATLP) concernant les monuments et sites classés, ainsi que les arbres et les haies remarquables, en cours de classement et inscrits sur les listes de sauvegarde. Un périmètre de 2 km de rayon est considéré pour les monuments et sites classés.

B. Le patrimoine monumental

D'autre part, les ouvrages des éditions Pierre Mardaga du Patrimoine monumental de la Belgique répertoriant tous les édifices pour lesquels des mesures de classement ou de protection seraient hautement souhaitables sont épluchés dans un périmètre de 1 à 1,5 km de rayon.

C. Les sites archéologiques

Enfin, les sites archéologiques sont identifiés dans un périmètre de 2 km de rayon et une prise de contact a lieu avec les Archéologues provinciaux de la DGATLP afin qu'ils participent aux travaux d'érection des éoliennes.

L'ensemble du patrimoine classé est cartographié à la carte au 1/15.000^e.

L'exemple de ce patrimoine du parc éolien de Fernelmont est repris à la carte 7 du dossier cartographique.

Pour ce projet, l'impact visuel sur les monuments et sites classés a été jugé négligeable en raison de l'éloignement du site, de la topographie des lieux et des obstacles visuels. Quant aux édifices du patrimoine monumental de la Belgique, l'impact a été jugé peu significatif sauf pour la Ferme du Joncquoy et surtout la Ferme de l'Abbaye, qui sont situées dans le périmètre de perception visuelle proche et pour lesquelles la modification de paysage sera importante.

Notons également que le village de Franc-Waret est soumis aux règles urbanistiques spécifiques du règlement général sur les bâtisses en site rural en raison de son patrimoine original et cohérent.

Aucun site archéologique connu n'a été mis en évidence mais l'archéologue provincial participera aux travaux.

6.4. L'intégration paysagère du parc éolien : l'évaluation subjective

6.4.1. Méthodologie

Pour les paysagistes, il y a généralement deux façons de minimiser les impacts visuels d'une infrastructure : l'absorption ou l'intégration.

L'absorption est souvent réalisée pour des infrastructures linéaires telles que les routes. Elle consiste à limiter la vue vers le projet. Elle est par contre quasi impossible à réaliser pour les éoliennes. En effet, celles-ci atteignent des hauteurs de 140m et sont installées dans des lieux bien exposés au vent et à la vue.

L'intégration (ou l'insertion) s'appuie sur l'analyse paysagère pour décider de la disposition des éoliennes : complémentarité entre une forme de relief et un alignement d'éoliennes, amélioration de la lisibilité du paysage, etc. Dans ce cas, il n'est pas question de camoufler le parc éolien, mais de profiter des éléments structurants du paysage pour l'intégrer au mieux (PAGES et al., 2001).

Afin de pouvoir juger de la bonne insertion d'un parc éolien dans une région, des critères d'intégration paysagère ont été mis en évidence par plusieurs experts de cette problématique. Ces critères sont analysés et permettent de sensibiliser les riverains du projet quant à ses incidences sur le paysage. Cette impression reste cependant subjective.

D'autre part, il a également fallu développer une notion caractérisant les deux grands types de riverains concernés par l'étude d'incidences : ceux habitant à proximité du projet et ceux résidant dans l'aire géographique, c-à-d jusqu'à plus de 10 km.

Le choix s'est porté sur la notion de périmètres de perception visuelle proche et lointain permettant ainsi de quantifier en termes de distance la perception d'un paysage par un observateur.

6.4.2. Incidence en fonction des périmètres de perception visuelle

Comme explicité ci-dessus, deux périmètres de perception visuelle sont envisagés pour mieux cerner les incidences du projet sur le paysage. D'un point de vue géographique et paysager, les deux périmètres de perception visuelle se distinguent par l'éloignement de l'observateur par rapport au projet :

- ✓ Au-delà d'un périmètre de 1,5 km de rayon et jusqu'aux limites des cônes de vue, on parlera d'incidences sur **le périmètre de perception visuelle lointain**. Les incidences se traduisent en termes de composition du paysage. La dimension verticale de l'ouvrage est moins importante en termes de dominance. L'analyse du périmètre de perception visuelle lointain est basé essentiellement sur les critères d'intégration paysagère des parcs éoliens (voir point 6.4.4) ;
- ✓ Dans un périmètre d'approximativement 1,5 km de rayon autour du projet, on parlera d'incidences sur **le périmètre de perception visuelle proche**. Dans ce périmètre, l'œil de l'observateur ne saisit plus les détails mais peut distinguer les formes et les rapports de masse des éléments du paysage entre-eux, c-à-d la structure du paysage. Les incidences se traduisent en termes de modification de la dimension verticale des lieux. Dans cette aire géographique, les éoliennes dominent le paysage et leur angle de vue en terrain plat est supérieur à 4°.

Il est à noter que l'on retrouve dans la littérature d'autres types d'approche en matière d'évaluation des périmètres de perception visuelle. Le bureau américain EDAW (2001) a réalisé par exemple des études d'impacts paysagers de parcs éoliens en zone côtière en considérant 3 catégories : périmètre local (de 0 à 1 km), périmètre subrégional (de 1 à 5 km), périmètre régional (au-delà de 5 km).

Pour le moment, les distances définies pour ces périmètres de perception visuelle ont été vérifiées lors de leur utilisation pratique sur le terrain. Dans le cas précis du projet de parc éolien de Fernelmont, le périmètre de perception visuelle proche a été limité à 1 km en fonction de la topographie, des obstacles visuels, de la fréquentation des lieux et des points de repère.

6.4.3. Incidences au niveau du périmètre de perception visuelle lointain

La hauteur maximale des installations (140m de hauteur pour l'extrémité d'une pale orientée à la verticale de la nacelle) implique des incidences sur le paysage dans un très large périmètre autour du projet. A ce niveau, les éoliennes composent le paysage en tant qu'élément passif.

A cette échelle, l'impact paysager se traduit en termes de modification du patrimoine paysager. Les éoliennes constituent des points d'appel évidents dans le paysage et des éléments importants du paysage se détachant de la ligne d'horizon.

Dès que l'on s'éloigne de plusieurs kilomètres du site, les pales deviennent moins visibles et la teinte et les détails ne seront plus distingués. Néanmoins, l'ensemble reste clairement visible et attire le regard.

Par rapport à la lisibilité du paysage, les éoliennes peuvent tendre selon les lieux à diminuer ou à augmenter l'habilité des riverains à s'orienter dans le paysage.

Les incidences paysagères sont examinées principalement en fonction des critères d'intégration paysagère des parcs éoliens (voir point 6.4.4), sauf pour celui concernant les aménagements et équipements secondaires qui est analysé uniquement au niveau du périmètre de perception visuelle proche.

6.4.4. Critères d'intégration paysagère

Pour caractériser les périmètres de perception, des critères d'intégration paysagère des parcs éoliens sont discutés ci-dessous et sont le résultat du travail de plusieurs experts, à savoir Jean-Marc Pages (France, 2001), Frode Birk Nielsen (Danemark, 1996), Caroline Stanton (Royaume-Uni, 1996), Paul Gipe (USA, 1995). Ces critères contribuent à rendre une certaine harmonie et esthétique à l'ensemble. Cette impression reste cependant subjective.

Les principaux critères sont les suivants :

- ✓ La couleur des éoliennes et le balisage ;
- ✓ Le type de mât, le mouvement et la structure du rotor ;
- ✓ La configuration spatiale du parc ;
- ✓ Les aménagements et équipements secondaires.

6.4.4.1. La couleur des éoliennes et le balisage

La couleur blanche est la couleur standard des éoliennes. La plupart des experts cités ci-dessus demandent à ce que le mât, la nacelle et les pales soient dans la même couleur, sans logos et de préférence en blanc, car cette couleur est synonyme de pureté et d'harmonie.

Des nuances sont disponibles sur le marché des constructeurs mais celles-ci demeurent marginales :

- ✓ Coloration en vert de la base avec possibilité de dégradé vers le blanc. Cette coloration prolonge de la sorte la teinte verte de la végétation alentour. Il convient toutefois de déterminer la hauteur à colorer de cette manière dans le but d'éviter des contrastes malheureux avec le ciel.
- ✓ Certaines nuances de blanc sont proposées : blanc cassé, blanc mat, blanc réfléchissant, ...



Figure 11 : éoliennes NEG-Micon 1,5 MW munies d'un balisage de jour (www.neg-micon.com)



Figure 12 : éolienne Enercon en Allemagne (www.wind-energie.de)

Dans le cas de la Région wallonne, la couleur optée est la couleur blanche tendant vers le gris clair. Cette couleur apparaît comme la couleur la plus appropriée pour accompagner l'évolution des couleurs environnantes au fil des saisons (Gouvernement wallon, 2002).

Dans le cas du projet de Fernelmont, il y a un élément supplémentaire qui sera par contre considéré par de nombreux observateurs comme un élément de relative dépréciation du paysage dans un rayon de plusieurs kilomètres : le balisage de jour et de nuit qui a été demandé par le Ministère de la Défense Nationale (voir Figure 11). En effet, les éoliennes devraient généralement être pourvues d'un balisage de jour (couleurs ou flashes blancs) et de nuit (feux rouges).

A titre anecdotique, la Figure 12 montre que d'autres couleurs sont possibles même si elles risquent de ne pas toujours faire l'unanimité.

6.4.4.2. Le type de mât, le mouvement et la structure du rotor

Actuellement, les parcs éoliens sont principalement réalisés avec des éoliennes à mâts tubulaires (mât plein). Les éoliennes à mâts en treillis sont peu visibles à moyenne et longue distance, mais le mât en acier galvanisé est assimilé aux pylônes électriques. Le grand avantage des mâts tubulaires est que, du fait de la relative continuité entre les pales et le mât, une sorte d'homogénéité se dégage.

Il existe des aérogénérateurs à axe horizontal monopale, bipale et tripale. Les analyses paysagères montrent que les éoliennes tripales engendrent un mouvement plus reposant pour l'œil, plus équilibré que les bipales. Ces dernières ne semblent pas tourner à vitesse constante ; le mouvement apparaît (injustement) saccadé.

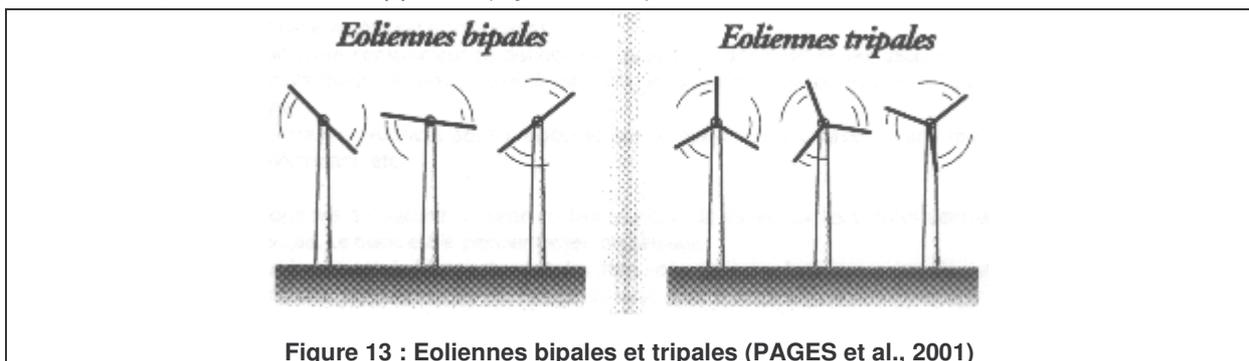


Figure 13 : Eoliennes bipales et tripales (PAGES et al., 2001)

D'un point de vue esthétique, les grandes éoliennes s'intègrent souvent mieux dans le paysage que les petites, la vitesse de rotation de ces premières étant moins élevée ce qui attire normalement moins l'œil que les objets se mouvant à grande vitesse.

Pour la Région wallonne, seules les éoliennes tripales de grande taille, de préférence 1,5 à 2 MW, au mât tubulaire (plein) et au mouvement calme et régulier des pales sont acceptables. De plus, la Région wallonne accorde une forte préférence aux parcs dont les éoliennes sont de modèle similaire ou de proportions égales (Gouvernement wallon, 2002). D'un point de vue confort visuel, le rapport de la hauteur du mât sur le diamètre de l'hélice est en général plus déterminant que la hauteur de la nacelle.

Précisons également que toutes les éoliennes en fonctionnement sont orientées dans la même direction et qu'elles tournent à la même vitesse.

6.4.4.3. La configuration spatiale du parc

La disposition des éoliennes les unes par rapport aux autres joue un rôle déterminant dans l'impact paysager qu'un parc peut avoir.



Figure 14 : deux alignements d'éoliennes 450 kW à Royd Moor en Angleterre (BIRK NIELSEN, 1996)



Figure 15 : alignement courbe d'éoliennes 400 KW à Kappel au Danemark (BIRK NIELSEN, 1996)

Les grands types de configuration

Dans les terrains plats, il est souvent préférable d'installer les éoliennes dans une disposition géométrique simple, facilement perceptible par le spectateur, et où les éoliennes sont équidistantes les unes par rapport aux autres (voir Figure 14). Mais il peut être préférable de suivre les contours d'une ligne de force majeure du paysage (voir Figure 15).

Plusieurs dispositions peuvent être envisagées :

- ✓ Alignement ;
- ✓ Quinconce ;
- ✓ Par paquets, appelés aussi « clusters ».

Dans un environnement plus urbain, il peut être souhaitable de souligner la présence d'infrastructures existantes (route, ligne d'arbre) en se positionnant parallèlement à celle-ci. Il est par contre conseillé de disposer les éoliennes en bouquets plus déstructurés quand celles-ci doivent s'intégrer dans un environnement de type naturel peu dénaturé.

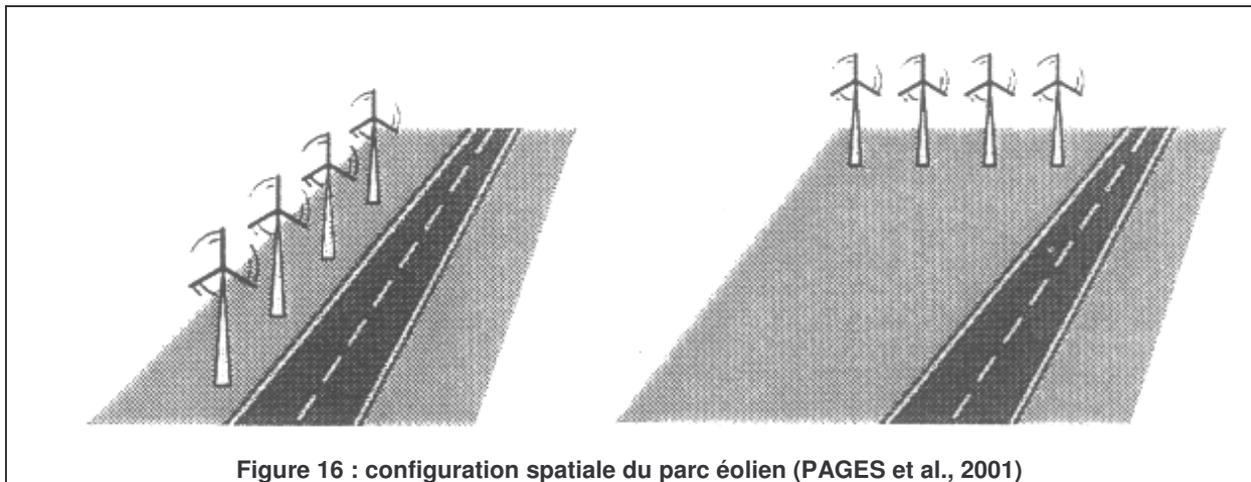


Figure 16 : configuration spatiale du parc éolien (PAGES et al., 2001)

La Figure 16 permet d'introduire également l'importance des séquences visuelles des observateurs mobiles. En effet, au vu du large périmètre de visibilité des éoliennes, il est important que l'intégration paysagère du parc éolien tienne compte des autres types d'observateurs que les riverains, à savoir les usagers de la route et secondairement les piétons.

La distance minimum entre les éoliennes

Afin d'éviter que la turbulence engendrée derrière chaque éolienne n'affecte trop la production énergétique des turbines situées plus en aval (effet de sillage), il faut respecter une distance entre les éoliennes de 7 diamètres de rotor dans la direction des vents dominants, et de 4 diamètres de rotor dans la direction perpendiculaire aux vents dominants (www.windpower.org).

Cet élément est évidemment fondamental lors de l'étude des différents types de configuration spatiale d'un parc éolien.

La configuration des éoliennes du projet de Fernelmont

La configuration des éoliennes du projet de Fernelmont a été estimée comme globalement favorable (voir carte 1) car les trois éoliennes seront placées en un triangle respectant les principales lignes de force (ligne à haute tension, Bois du Tronquoy, autoroute). De plus, ce petit massif forestier du Tronquoy facilitera la connection entre les éoliennes et la surface horizontale du paysage.

Cette disposition géométrique et quelque peu décalée permettra des séquences visuelles intéressantes pour les piétons et les usagers de la route, car les éoliennes se découvriront graduellement selon les chemins empruntés. En effet, les éoliennes se découvriront

graduellement selon que l'on empruntera par exemple la E42, la N924 ou surtout la N942 en provenance de Franc-Waret.

Installées très proche de l'autoroute E42, les éoliennes seront en effet dans le champ de vision des conducteurs et donc facilement perceptible. Des ouvertures existantes pratiquées dans les plantations à haute tige bordant l'autoroute rendent possible la découverte progressive du parc. Particularité intéressante, cette proximité de l'autoroute développera une analogie positive entre le mouvement des pales des éoliennes et le mouvement des véhicules.

Par rapport à la présence de la ligne à haute tension qui constitue déjà un élément perturbateur d'importance, l'intégration paysagère de ce parc éolien sera perçue de deux façons. Elles pourront être perçues par les riverains comme des éléments qui renforcent la dépréciation du paysage local, mais également comme des outils de progrès et de modernité revalorisant ainsi le paysage local perturbé par cette ligne à haute tension.

6.4.4.4. Les aménagements et équipements secondaires

L'objectif est de réduire voire de supprimer les aménagements et équipements secondaires. Concrètement, il s'agit d'enfourer les lignes électriques d'évacuation de la production et de limiter les structures auxiliaires (bâtiments annexes, transformateurs, pylônes de mesure, etc.). Il est aussi demandé de minimiser les chemins d'accès, source d'érosion et de saignées dans le paysage.

Au niveau du périmètre de perception visuelle proche, il est important que le parc se limite aux seules éoliennes. Il convient de recommander dans une étude d'incidences de ne pas prévoir de clôtures sur le site, de planter une haie d'essences indigènes autour de la cabine de tête et d'intégrer les transformateurs dans la tour des éoliennes. Cette dernière recommandation ne pourra se faire que si la sécurité du personnel de maintenance n'est pas diminuée.

6.4.5. Incidences au niveau du périmètre de perception visuelle proche

A. Les incidences

Dans le périmètre de perception visuelle proche, c'est le caractère dominant des installations qui est prépondérant. L'impact visuel est le plus fort pour les riverains des installations qui voient leur paysage local fondamentalement modifié.

Cet impact sera particulièrement important pour certains riverains dont les points de vue seront orientés vers les zones d'implantation des éoliennes.

Les incidences paysagères sont également examinées en fonction des critères d'intégration paysagère des parcs éoliens (voir point 6.4.4), et celui concernant les aménagements et équipements secondaires est analysé uniquement au niveau de ce périmètre.

Cependant, le plus important dans ce périmètre est de répertorier les habitations pour lesquelles les éoliennes seront des points d'appel localisés dans des quadrants visuels. Des photomontages doivent être effectués depuis ces endroits de grande sensibilité.

B. Le photomontage

L'objectif des simulations paysagères est de montrer, selon différents points de vue, comment le parc éolien apparaîtra. Il y a deux types de points de vue : ceux représentatifs du voisinage, et ceux depuis des lieux plus sensibles tels que des sites touristiques, des points panoramiques ou des agglomérations. Ces simulations peuvent jouer un rôle primordial dans l'acceptation sociale des éoliennes.

C. L'exemple du projet de Fernelmont

Dans le cas du parc éolien de Fernelmont, deux photomontages représentatifs du voisinage sont repris dans le dossier cartographique.

L'impact paysager sera relativement important pour les riverains de la zone de Tillier dont les points de vue seront orientés vers les zones d'implantation des éoliennes (prise de vue 3, photomontage 1). Si certains de ces habitants perçoivent les éoliennes comme une dévalorisation du paysage, la présence du parc éolien risque de leur donner l'impression d'être anormalement dominé par ces imposantes structures verticales.

Toutefois la morphologie équilibrée des éoliennes, leur teinte neutre et leur même orientation peuvent atténuer cette impression. De même, le mouvement calme et régulier des pales ainsi que le mât plein contribuent à rendre une harmonie à l'ensemble. Cette impression reste cependant subjective. Elle dépend de la culture, de l'appréhension du paysage, de l'utilisation qui est faite du site, etc.

L'impact paysager pour les riverains de la zone industrielle devrait être moins important car les éoliennes ne vont pas diminuer leur habilité à se repérer dans le paysage local déjà modifié par les activités humaines, et pour de nombreuses personnes vont plutôt améliorer l'image de marque de la zone car elles sont porteuses d'une image positive d'énergie propre (prise de vue 1, photomontage 2).

Plusieurs experts internationaux qui se sont spécialisés sur les impacts paysagers des parcs éoliens ont abordé le thème de l'intégration des éoliennes dans ou près des zones industrielles. Ils considèrent que ce sont des zones souvent favorables à l'installation d'éoliennes (STANTON, 1996 ; HAMMARLUND, 1996 ; SCHWAHN, 2001).

6.5. Conclusion

La méthodologie développée pour déterminer les impacts visuels d'un projet de parc éolien comprend plusieurs étapes.

En premier, le paysage est analysé au travers de ses caractéristiques, de sa structure et de sa topographie. Ces éléments servent de base à tout projet d'intégration.

Dans un deuxième temps, les incidences paysagères sont évaluées en fonction de toute une série d'éléments objectifs composés surtout des périmètres particuliers du plan de secteur définis par la Région wallonne.

Enfin, un jugement est porté sur l'intégration paysagère du parc éolien depuis deux périmètres de perception visuelle : proche et lointain. Cela permet de rendre compte des deux grands types de riverains de ce genre de projet.

Une intégration paysagère réussie crée une harmonie et un équilibre visuel entre les éoliennes et les éléments du paysage. Afin de mieux appréhender cette relation de symbiose, des critères d'intégration paysagère ont été définis par les experts de cette problématique et sont analysés.

Cependant, tout le monde est unanime pour affirmer que la perception d'un parc éolien par les riverains se fait en mettant en balance les coûts et les bénéfices. La symbolique de l'éolienne prend alors toute son importance. Dans chacun des périmètres de perception visuelle, l'éolienne donne un nouveau sens au paysage et lui attribue une nouvelle signification.

A ce stade du travail, on se rend bien compte que l'analyse de l'impact paysager est intimement liée à l'acceptation des riverains. Afin de pouvoir émettre quelques recommandations pour l'implantation de parcs éoliens en Région wallonne, le prochain chapitre examine tout d'abord une liste non exhaustive des réactions des riverains dans différents pays du monde.

7. ANALYSE DE L'ACCEPTATION DES EOLIENNES PAR LES RIVERAINS

7.1. Acceptation des riverains aux Etats-Unis

Plus de 16.000 éoliennes sont installées aux Etats-Unis pour une puissance installée de 1.700 MW. La majorité a été installée au niveau de trois grands parcs en Californie durant les années 1980. Il s'agit des sites d'Altamont Pass, de San Gorgonio Pass et de Tehachapi Pass (voir Figure 17 et Figure 18).

7.1.1. Etude du site d'Altamont Pass (Californie)

Suite à la mise en place de plusieurs milliers de turbines alignées le long des lignes de crête des collines d'Altamont, des personnalités ont violemment réagi. Robert Righter, professeur d'histoire à l'Université Méthodiste du Sud et auteur d'un livre récent "*Wind energy in America, a history*" a étudié ces réactions (RIGHTER, 2001).

D'après lui, Sylvia White, professeur en aménagement du territoire, a exprimé les vues de nombreuses personnes en accusant en 1984 dans le *Los Angeles Times* les sociétés d'énergie éolienne d'avoir industrialisé les collines d'Altamont et enlaidit le paysage bucolique local.

De son côté, Mark Evanoff, directeur d'une organisation chargée de la protection de la ceinture verte de San Francisco, prit fortement position contre le développement de l'énergie éolienne au sein de cette zone.

Pour Righter, ces exemples de critiques ont eu suffisamment d'écho pour que les communautés de Tejon Pass en Californie et de Livingstone au Montana parviennent à ce que des propositions de parcs éoliens soient rejetées seulement pour cause d'atteinte majeure au paysage. Dans chaque cas, un petit nombre de riverains a suffi pour empêcher la mise en place des éoliennes, alors même qu'un grand nombre de personnes de ces communautés soutenaient en théorie le développement de l'énergie éolienne.

7.1.2. Etude du site de San Gorgonio Pass (Californie)

Martin Pasqualetti, professeur de géographie à l'Université de l'Arizona, a suivi les réactions du public suite à l'implantation des éoliennes sur ce site (PASQUALETTI, 2001), où plus de trois milles turbines sont dispersées le long de l'autoroute et sur les pentes de la montagne.

Dans un premier temps, les réactions ont été impopulaires et ont même abouti à des batailles politiques et judiciaires, ainsi qu'à des sanctions légales. L'expérience a été instructive à plusieurs niveaux. L'industrie éolienne se rendit compte que le support du public est loin d'être acquis, même dans un Etat pourtant favorable comme la Californie. Il faut dire que dans les années 80, il y avait tant d'éoliennes en panne sur les différents sites (des centaines), que les californiens avaient l'impression de traverser un cimetière.

Après les plaintes qui ont suivi l'installation du parc éolien, la ville et la région de Palm Springs ont imposé un règlement très strict dont les mesures se rapprochent de celles du cadre réglementaire de la Région wallonne.

De nos jours, les autorités locales de Palm Springs attestent qu'il n'y a plus aucune plainte et que des habitations se construisent près des éoliennes. Des sociétés comme Compaq utilisent les sites éoliens californiens pour leur publicité et des tours organisés drainent chaque année plusieurs milliers de visiteurs.

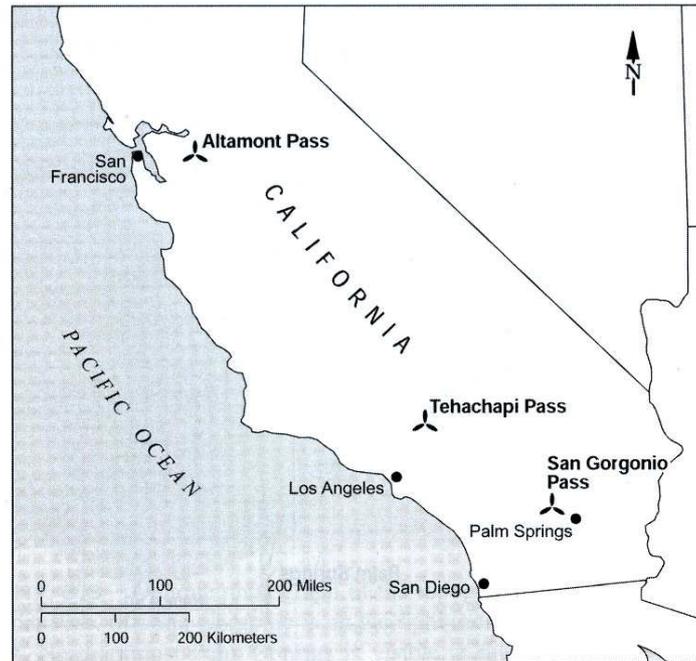


Figure 17 : carte des principaux parcs éoliens en Californie (PASQUALETTI, 2001)



Figure 18 : parc éolien de San Geronimo en Californie, érigé entre 1983 et 1986 (BIRK NIELSEN, 1996)

7.1.3. Etude du site de Tehachapi Pass (Californie)

Depuis 1976, Paul Gipe est un ardent promoteur de l'énergie éolienne. Il est entre autre l'auteur de la bible anglophone sur ce sujet "*Wind energy comes of age*", édité en 1995.

Paul Gipe est profondément déçu par la manière dont ont été mis en place les parcs éoliens californiens, selon ce qu'il appelle un modèle extractif du vent. A titre d'exemple, il dénonce le site de Tehachapi Pass, qui compte de l'ordre d'un millier de turbines contiguës sur un même territoire (GIPE, 2001).

Pour lui, l'énergie éolienne ne doit pas être emprisonnée dans de telle configuration gigantesque. Suite à sa longue expérience dans le secteur, il considère que certains leaders de l'industrie éolienne ont assimilé le paysage à un produit privé comme un autre et non à une ressource publique.

Les images négatives des expériences californiennes ont d'ailleurs été présentée en 1987 à une conférence européenne sur l'énergie éolienne (Leeuwaarden au Pays-Bas) par BTM Consult, un important bureau d'études danois, afin de bien montrer ce qu'il ne faudrait jamais faire en Europe.

Paul Gipe est un fervent défenseur du type de parcs éoliens qui ont par exemple été développé au Danemark car ils permettent de respecter le paysage des communautés locales ; en un mot, d'être un voisin agréable.

7.1.4. Etude d'opinion des sites californiens

Robert Thayer et son équipe de l'Université de Davis en Californie ont réalisé une étude sur les attitudes et les choix des consommateurs californiens en matière de développement énergétique à l'échelle locale (THAYER, 1989).

Il en ressort que seulement 9% des personnes interrogées rejettent les centrales éoliennes (voir Figure 19), contre 25% pour les centrales aux combustibles fossiles et près de 50% pour les centrales nucléaires. Par contre, ce type de centrale entraîne la plus grande réaction de syndrome NIMBY.

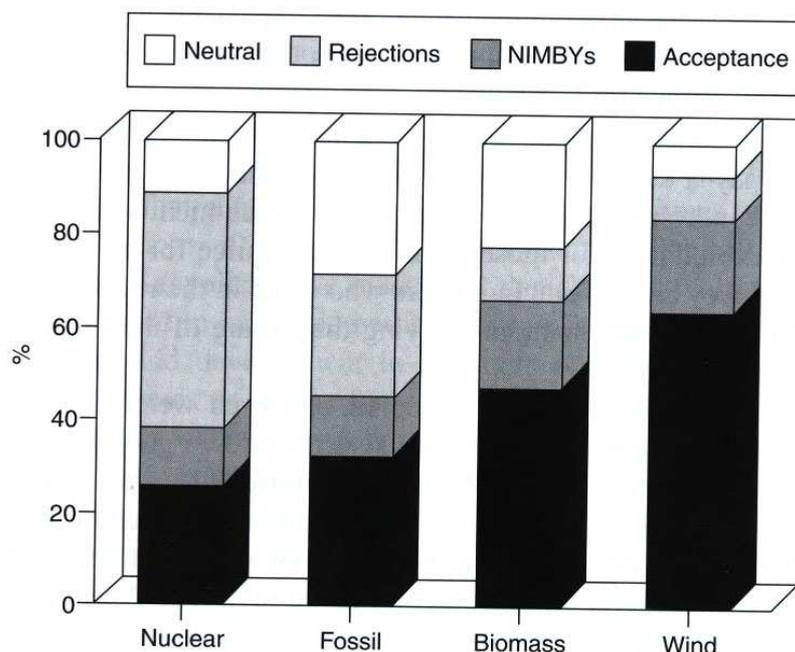


Figure 19 : comparaison de l'acceptation de différents types de centrales énergétiques (THAYER, 1989)

Thayer définit le NIMBY (*not in my backyard*) par le fait de trouver une technologie acceptable dans la région ou le pays mais inacceptable dans un rayon de 8 kilomètres autour de son domicile. Dans le cas de cette enquête, le NIMBY de l'énergie éolienne est justifié par l'impact visuel des turbines. Paradoxalement, les personnes interrogées continuent de préférer les centrales éoliennes aux autres grands types de production d'électricité (voir Figure 20).

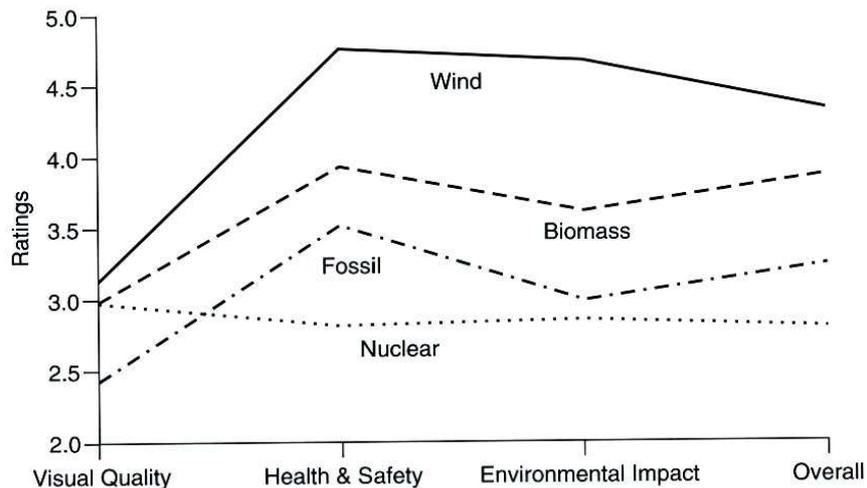


Figure 20 : comparaison des préférences entre différents types de centrales énergétiques (THAYER, 1989)

Thayer a également étudié la perception du public face au site spécifique d'Altamont Pass. Il en résulte que les personnes, vivant autour du site ou pour lesquelles il est familier, sont moins positives envers l'énergie éolienne que celles ayant leur habitat assez éloigné de ce lieu.

7.2. Acceptation des riverains aux Pays-Bas

7.2.1. Etude d'opinion aux Pays-Bas

Maarten Wolsink du département des sciences de l'environnement de l'Université d'Amsterdam a également pu observer le phénomène NIMBY aux Pays-Bas (WOLSINK, 1989).

Dans cette étude, il apparaît également que le principal facteur négatif est l'impact paysager pour ceux qui s'opposent à l'énergie éolienne. Comme ils savent que ce facteur est subjectif et peut alors être rejeté par les autorités officielles, ces opposants se concentrent généralement sur des éléments objectifs et quantifiables tels que les impacts sonores, l'ombrage stroboscopique et le nombre d'oiseaux tués. Mais l'impact visuel reste l'origine de leur opposition.

Les résultats obtenus par Wolsink montrent que la grande majorité des interviewés supportent le développement de l'énergie éolienne. Mais ce soutien est fortement dépendant de la distance qui séparent leurs habitations d'un site projeté pour accueillir des éoliennes. Au plus la personne interrogée vit à proximité d'un projet de parc éolien, au moins elle sera enclin à soutenir cette demande d'implantation.

Wolsink a constaté également qu'il a parfois suffi d'un seul riverain déterminé pour contrer l'installation d'un parc éolien. Le support politique est donc, pour lui, crucial, même s'il ne se suffit pas à lui seul. Il faut aussi tenir compte des avis des riverains pour maximiser leur acceptation d'un projet éolien.

7.2.2. Etude dans la région de la mer des Wadden (Nord des Pays-Bas)

Une étude a été réalisée parmi les membres de l'association de protection de la nature "Dutch Wadden Society" par Jan Alles et Hinke Beukema (ALLES et al., 1999).

Bien que les membres de cette association soient très favorables au développement de l'énergie éolienne, cette organisation a engagé plusieurs procédures en justice pour bloquer plusieurs projets d'installation de parcs éoliens dans la région de la Mer des Wadden.

Les résultats de l'étude montrent que les membres de cette association refusent unanimement que les parcs éoliens soient installés dans les aires naturelles. Ils sont en faveur de la préservation des paysages naturels de la zone.

Ils recommandent que les parcs éoliens soient installés au niveau des sites suivants :

- les zones industrielles et portuaires ;
- les zones militaires ;
- le long des routes et des fleuves ;
- les zones agricoles.

7.3. Acceptation des riverains au Royaume-Uni

7.3.1. Etudes du British Wind Energy Association (BWEA)

Le site Internet de la BWEA (www.britishwindenergy.co.uk) présente de nombreuses enquêtes d'opinion qui ont été réalisées par des bureaux indépendants auprès des riverains habitant autour des parcs éoliens. A la demande du BWEA, Anne Marie Simon a réalisé une synthèse de 13 études qui ont eu lieu principalement dans le sud-ouest du Royaume-Uni entre 1990 et 1996 (SIMON, 1996). Au total, ce sont 3.549 personnes qui ont été interrogées dans le cadre de ces enquêtes. Il en ressort 3 grandes constatations :

- Les études réalisées dans des lieux avant qu'un projet de parc éolien ne soit réalisé donnent des pourcentages de réponses positives plus faibles que ceux obtenus dans les endroits où les parcs éoliens sont opérationnels ;
- Les craintes sur l'impact visuel diminuent dès qu'un parc éolien est fonctionnel depuis un certain temps ;
- Les personnes interrogées vivant près de parcs éoliens ont une attitude plus positive par rapport aux riverains aux demeures plus éloignées.

Ce type de conclusions rejoint les résultats des travaux de Maarten Wolsink aux Pays-Bas (voir ci-dessus). Sur cette base, Lex Arkesteijn, un consultant néerlandais, les a synthétisé à la Figure 21, qu'il a présenté en 1990 à un Congrès de l'European Community Wind Energy.

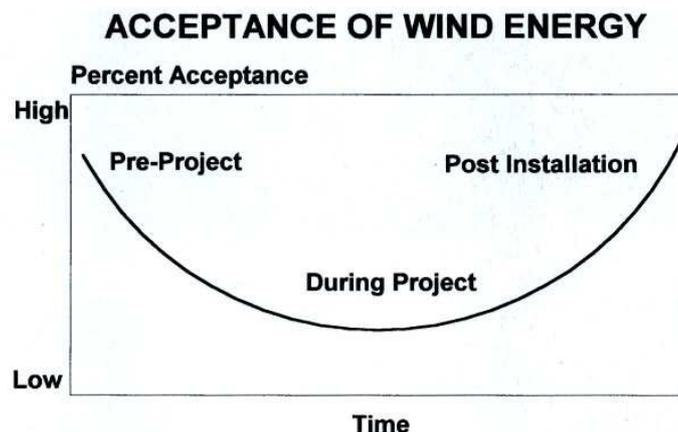


Figure 21 : évolution de l'acceptation des riverains pour un parc éolien (ARKESTEIJN, 1990)

7.3.2. Le cas de l'île de Foula (Shetlands)

Sur l'île isolée de Foula dans les Shetlands (Royaume-Uni), les habitants sont très heureux d'avoir pu remplacer leur groupe électrogène (gasoil) par une éolienne, et ce malgré la beauté unique de leur paysage. Dans le même temps, ils sont devenus beaucoup plus

conscients de la production et de l'utilisation de l'énergie, privilégiant le fonctionnement des appareils électriques par temps venteux.

7.3.3. L'échec des grandes sociétés

Les résultats positifs des enquêtes d'opinion réalisées par le BWEA sur l'acceptation de petits parcs éoliens ne doivent cependant pas faire oublier l'échec des grandes sociétés qui ont voulu développer de nombreux projets.

Une analyse de cet échec a été effectuée par Laurence Short, paysagiste au Royaume-Uni au sein de sa société « Visual Arts Development Agency » (SHORT, 2001).

Pour elle, trois quarts des propositions de projet éolien des grandes sociétés ont échoué car celles-ci ont sous-estimé la valeur accordée au paysage par les Anglais en tant que ressource culturelle. Les industriels perdent beaucoup d'argent, de l'ordre de 100.000 livres par projet refusé, à cause de leur échec dans la communication avec les riverains.

Par contre, là où la consultation et la participation furent réelles, les projets ont été acceptés, comme dans le cas du parc éolien de Delabole dans le Cornwall. La solution idéale étant évidemment la solution coopérative pour impliquer la communauté.

Short propose d'incorporer un artiste dans le processus de conception d'un projet éolien, et pas seulement pour la décoration des éoliennes. L'artiste a un rôle potentiel de médiateur et de facilitateur car il permet à tous les individus de s'exprimer et aux différentes professions de travailler ensemble. Il en ressort un respect des individus et une pluridisciplinarité. Il permet des propositions spécifiques et créatives pour chaque site éolien.

7.4. Acceptation des riverains en France

7.4.1. Etude du parc éolien de Sallèles-Limousis (Carcassonne)

Cette étude sur l'acceptation d'un parc éolien par des riverains a été réalisée un an et demi après la mise en service en janvier 2001. Elle a été exécutée par Chantal Laumonier et Jean-Paul Flori du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) pour le compte de l'ADEME (LAUMONIER et al., 1999). Elle a permis de mettre en évidence l'existence de deux populations, les "campagnards" et les "naturalistes".

Les "campagnards" sont favorables à la centrale éolienne. Ils apprécient que l'implantation de la centrale soit un support de développement de leur village. Ils acceptent bien sa présence et se sont habitués au nouveau paysage. Les éoliennes sont en accord avec leurs valeurs de citoyenneté et d'écologie pour le bien public, et leur désir de nouer des liens sociaux avec les habitants des villes.

Les populations de ce type privilégient l'aménagement du territoire et le développement local.

Les "naturalistes" sont opposés à la centrale éolienne. Ils sont issus du village, y habitent mais sont davantage en retrait en raison de leur activité professionnelle qui les conduit en ville. Ils ont une attente forte par rapport à la représentation qu'ils ont d'une nature sauvage. Les éoliennes représentent pour eux une source de pollution caractérisée par la destruction du paysage.

Les populations de ce type mettent l'accent sur l'appropriation de l'espace et la privatisation de la nature.

La perception du parc éolien par les riverains fait apparaître une contradiction : la plupart des habitants sont porteurs de valeurs écologiques mais les "naturalistes" privilégient en plus des principes de sauvegarde du paysage.

Cela dit, l'implantation a été mieux acceptée quand les habitants des communes ont pu être convaincus des avantages financiers, touristiques et symboliques qu'ils pouvaient en tirer.

En particulier, ceux qui ont participé de manière active à la décision d'implantation des éoliennes les acceptent mieux que les autres.

7.4.2. Etude du parc éolien de Plouarzel (Brest)

Cette étude sur l'acceptation d'un parc éolien par des riverains a été réalisée de la genèse du projet à sa réalisation en décembre 1999. Elle a été exécutée par Chantal Laumonier et Jean-Paul Flori du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) pour le compte de l'ADEME (LAUMONIER et al., 1999).

Le parc éolien de Plouarzel s'inscrit dans un contexte géographique et historique favorable. La Bretagne possède une culture de la mer et du vent, et une histoire d'opposition au nucléaire. Les habitants assimilent les éoliennes aux éléments maritimes verticaux, tels que les phares, et se réfèrent au refus passé des centrales nucléaires. La taxe professionnelle communale constitue un autre puissant levier de décision.

Mais les riverains sont partagés quant à l'insertion du parc éolien dans le paysage. Les personnes favorables privilégient le recours à la notion de zone de production alors que celles qui sont opposés valorisent les aspects esthétiques. Néanmoins, quelque soit l'opinion exprimée, les habitants estiment que le site choisi, considéré comme un paysage peu attrayant, constitue le meilleur contexte possible.

Pour réaliser un schéma régional d'implantation, les éléments favorables au développement des parcs éoliens sont les suivants :

- Référence aux équipements maritimes (les éoliennes sont des points de repère) ;
- Inscription dans une histoire d'opposition au nucléaire ;
- Paysage jugé peu attrayant (approfondir l'approche paysagère dans les études) ;
- Démarche de communication à destination des habitants (informations techniques et économiques) ;
- Valeurs associées à la production d'énergie écologique ;
- Apport financier lié à la taxe professionnelle (informer les habitants) ;
- Consommation locale de l'électricité produite.

7.4.3. Inventaire non exhaustif de réactions sur des projets de parc éolien

Cet inventaire est issu d'un article de la revue "Environnement et Technique" et du site www.eoliennes.net.

Dans l'Hérault, où 34 projets sont officiellement recensés, des viticulteurs partent en croisade contre plusieurs projets. L'installation de deux fermes éoliennes comprenant chacune 5 ou 6 turbines de 1,5 MW est prévue entre Sérignan, Sauvian et Vendres. Cette opposition, pour une fois soutenue par les maires concernés, est principalement motivée par le risque qu'elle leur fait courir de perdre leur appellation d'origine contrôlée (AOC).

Sur le plateau du Larzac, à cheval sur l'Hérault et l'Aveyron, plusieurs projets sont combattus par l'Association de défense des paysages du Larzac (DPL). A la Vacquerie, l'association reproche au projet le non respect des directives européennes et les risques encourus pour la faune et la flore. Selon elle, 28 espèces d'oiseaux protégés et un genêt en voie de disparition sont menacés par le projet.

D'une manière générale, les opposants aux différents projets regrettent l'absence de logique d'aménagement du territoire et de toute réflexion globale, alors que leur topographie si particulière rendra visible toutes les éoliennes à plusieurs dizaines de kilomètres à la ronde.

Sur le plateau de la montagne ardéchoise, de nombreux sites sont étudiés par des promoteurs à proximité des sources de la Loire et du Mont Gerbier de Jonc. Pour l'association de défense Evia, où que l'on soit, ces parcs éoliens s'imposeront à la vue de tous. Son opposition est avant tout motivée par la préservation du potentiel touristique et agricole.

Pour mettre fin à cette diversité des situations qui ne satisfait personne, les associations d'opposants se sont regroupées en fédération sous le nom de Vent de Colère, pour réclamer que soit conféré aux éoliennes le statut d'installation classée, de façon à s'assurer de la réalisation systématique d'une étude d'impact sur l'environnement et d'une enquête publique complète.

Sur le plateau du Vivarais, la communauté de communes du canton de Saint-Agrève, démarchée par plusieurs investisseurs qui souhaitent implanter une dizaine d'éoliennes sur des sites favorables, a décidé de prendre la responsabilité du choix des sites et de la concertation avec la population. Elle a confié une étude de faisabilité à l'association ardéchoise Polénergie en fixant comme exigences l'absence de nuisance, l'intégration au paysage et la garantie de retombées économiques locales. Neuf sites ont été repérés, qui sont étudiés avec un paysagiste. Trois ou quatre sites seront choisis après les avis et les remarques de la population, qui a été très largement informée et consultée. Celle-ci se montre intéressée, pose beaucoup de questions, mais n'exprime pas réellement d'opposition. Une fois les sites choisis, un cahier des charges sera présenté aux investisseurs sur le respect de l'environnement et sur les retombées économiques locales.

La communautés de communes de Fruges (CCCF) a demandé à des promoteurs d'éoliennes de réfléchir à un parc d'éolien sur le territoire de ses 25 communes et a retenu un projet pharaonique de 117 turbines (130 MW) réparties sur une quinzaine de villages. Les autorités locales à l'origine du projet sont enthousiastes et affirment vouloir le porter et le maîtriser. Ils tablent sur une recette fiscale d'environ 900.000 euros pour les caisses de la CCCF (taxe professionnelle unique). Et ceci sans compter les revenus des baux de terres agricoles où seraient implantées les éoliennes. Un développement touristique est sérieusement envisagé : en tant que parc éolien on-shore le plus vaste d'Europe, le site pourrait être visité. Une éolienne avec accès public offrira un point de vue unique sur la région.

7.5. Acceptation des riverains en Suède

7.5.1. Analyse de plusieurs études suédoises

Une analyse de plusieurs études suédoises a été réalisée par Karin Hammarlund, spécialisée en géographie sociale (HAMMARLUND, 1996).

Ces études d'opinion montrent que l'acceptation par les riverains est beaucoup plus liée au concept d'utilité du parc éolien qu'aux aspects esthétiques du paysage.

Victime du syndrome NIMBY, la construction d'un parc éolien nécessite un important travail d'information du public.

En effet, l'érection d'éoliennes donne lieu à une modification très rapide du paysage en comparaison avec la plupart des autres constructions.

Les agriculteurs qui sont dépendants du milieu rural voient généralement les éoliennes comme une contribution à leur subsistance. De plus, ils pensent qu'elles reflètent le dynamisme d'un milieu rural en pleine évolution. Les défenseurs de la nature les considèrent comme une menace à la préservation des paysages. Quant aux citadins qui viennent se détendre dans leur résidence secondaire, ils peuvent estimer qu'elles sont une source de nuisance visuelle et sonore.

Du coup, la compétition pour l'utilisation des terres entre les intérêts culturels, environnementaux et touristiques peut avoir pour effet de confiner les éoliennes dans des zones marginales.

Hammarlund a eu l'opportunité de suivre plusieurs projets où se sont produits des problèmes d'acceptation. L'impact visuel a été le premier impact négatif invoqué par le public, mais à son humble avis, elle est convaincue que cette raison en cache une autre plus profonde qui n'a pas pu être résolue par les incrustations photographiques ou les méthodes d'évaluation

du paysage. Pour elle, la cause provient des pratiques de gestion des projets de parcs éoliens qui excluent les riverains. La participation du public est donc indispensable et il faut être prudent de ne pas se limiter à l'élite locale, qui par ses moyens ou son influence, semble représenter toute la communauté locale.

7.6. Acceptation des riverains en Allemagne

7.6.1. La position des grandes organisations de protection de la nature

Martin Hoppe-Kilpper, ingénieur spécialisé dans le domaine, et Urta Steinhaüser, paysagiste spécialisé en aménagement du territoire, ont analysé la position des importantes associations environnementales d'Allemagne (HOPPE-KILPPER et al., 2001).

En Allemagne, le paysage a une valeur intrinsèque légale qui doit être protégée du changement, afin de protéger sa variété, son caractère unique et sa beauté. Du coup, tout nouveau projet doit prévoir des mesures d'amélioration qui peuvent aller jusqu'à des compensations financières pour les autorités locales. Un organisme fédéral de protection de la nature, le Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG), a en charge de régler ces procédures et représente un outil significatif de la protection du paysage.

Le BnatSchG utilise un modèle mathématique pour quantifier les éléments subjectifs du paysage en éléments quantifiables. La beauté devient ainsi évaluable par des experts et la somme des dédommagements peut être calculée en compensation pour la perte de valeur du paysage. Pour les auteurs, il faut absolument éviter ces dédommagements car ils constituent des signaux négatifs transmis au public. De plus, cela donne également une image négative d'un monde rural incapable de gérer son patrimoine.

L'association allemande pour la protection des paysages, le Bundesverband Landschaftschutz (BLS), est active afin d'empêcher l'expansion de l'énergie éolienne et de réclamer des mesures compensatoires (plantation de haies, de vergers ...) là où des parcs éoliens sont installés. Pour les auteurs, le BLS reflète la forte influence de la vision des citoyens pour le paysage (lieu de détente), sans tenir réellement compte des besoins des populations rurales. Il faut donc des politiques gouvernementales claires et bien définies pour aller de l'avant. Le BLS est considéré comme une association anti-éolien comme les Country Guardians au Royaume-Uni.

Quant à l'association Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), la plus grosse organisation de protection de la nature et de l'environnement en Allemagne, elle prône un équilibre entre le développement de l'énergie éolienne et la protection du paysage. A ce titre, elle a favorisé la prise de participations dans des coopératives en charge de parcs éoliens.

7.6.2. Etude dans la région de la Basse Saxe (district de Wesermarsch)

Christoph Schwahn, architecte paysagiste, et Jürgen Hasse, professeur de géographie à l'Université de Francfort, ont évalué l'impact paysager des parcs éoliens dans le district de Wesermarsch, au nord-est de Brême (SCHWAHN, 2001). Dans cette région, les principaux éléments verticaux à valeur historique sont les clochers d'église et les phares. Leur valeur culturelle actuelle est très forte. On peut imaginer qu'un jour, les éoliennes seront eux aussi perçues comme des éléments culturels, un peu comme les moulins à vent de nos jours.

Le respect des critères d'intégration paysagère est fondamental pour créer une harmonie et un équilibre visuels du parc éolien dans le paysage existant. D'autant que, étant donné le potentiel de visibilité des éoliennes de forte puissance, les sites doivent être choisis avec prudence.

Dans ces paysages de polders aux vues bien ouvertes, les éoliennes deviennent les nouveaux points de repère. Elles sont généralement considérées comme des éléments techniques qui s'ajoutent aux éléments déjà existants (lignes à haute tension, pylônes de

télécommunication ...). Cela peut contribuer à standardiser le paysage déjà touché par l'agriculture et l'industrie ou à le revaloriser selon les cas.

Le moyen le plus efficace pour éviter cette standardisation du paysage est de dédier des zones au développement de l'énergie éolienne et d'exclure les éoliennes des autres zones. Dans le cas du district de Wesermarsch, il propose d'éviter les vieux polders, où l'harmonie entre les fermiers et la nature est perturbée par les éoliennes, et de privilégier les polders plus jeunes, façonnés par l'agriculture moderne.

Pour Schwahn, à l'adage "time is money" vient maintenant s'ajouter celui de "speed is energy" !

7.7. Recommandations pour l'acceptation des riverains en Région wallonne

7.7.1. Introduction

En Belgique, au vu du faible nombre de parcs éoliens installés, il n'existe pas encore à ma connaissance d'enquêtes d'opinion réalisées auprès des riverains.

Cependant, comme de nombreux projets sont prévus sur le territoire wallon, il est judicieux de faire le point sur la situation et d'énoncer quelques recommandations pour éviter des erreurs qui ont été commises dans d'autres pays.

7.7.2. Intégration paysagère

7.7.2.1. Le cadre de référence pour l'implantation d'éoliennes en Région wallonne

Il énonce déjà les recommandations essentielles aux porteurs de projet (Gouvernement wallon, 2002). Elles sont les suivantes :

- ✓ Assurer une harmonie et un équilibre visuel au niveau de la configuration du parc ;
- ✓ Préférence pour des éoliennes de modèle similaire ou de proportions égales sur un même site ;
- ✓ Seules les hélices à trois pales et à rotation lente sont acceptables ;
- ✓ La couleur autorisée est le gris blanc ;
- ✓ Limiter le parc aux seules éoliennes (enfouir les lignes électriques, limiter les structures auxiliaires, etc.) ;
- ✓ Minimiser les chemins d'accès ;
- ✓ Minimiser les chemins d'accès ;
- ✓ Assurer la rotation des turbines.

Ce dernier point est particulièrement important car on voit bien qu'il est essentiel pour le public que les éoliennes soient en bon état et en fonction. Cela les conforte quant aux bénéfices environnementaux escomptés. La signification nouvelle du paysage est associée au développement durable.

La Région wallonne rencontrera des problèmes d'intégration paysagère entre les différents parcs éoliens qui se mettront en place dans une même commune. La commune de Perwez a déjà été confrontée à ce problème. La Région wallonne demande à l'autorité compétente d'imposer une solution harmonieuse. En pratique, une cellule éolienne a été créée pour l'aider dans sa tâche. Cette cellule est composée de représentants des Ministres concernés (Environnement, Energie, Agriculture) et des DGATLP, DGRNE, DGTRE.

7.7.2.2. Une harmonie et un équilibre visuels

Il est très intéressant que la Région wallonne se soit d'ores et déjà donné des lignes de conduite strictes qui vont dans le bon sens. On devrait éviter des sites où se chevauchent des éoliennes hétéroclites.

Afin d'aller plus loin dans la réflexion sur la notion d'harmonie et d'équilibre visuel, il est judicieux de tenir compte de quelques grandes considérations esthétiques.

Pour Frode BIRK NIELSEN (1996), paysagiste danois de nombreux parcs éoliens, l'ordre est le premier commandement, surtout dans un paysage peu vallonné. Le groupe d'éoliennes doit être perçu comme une unité claire et cohérente, ce qui correspond bien souvent à des formations linéaires. D'autres formes géométriques créent de la perspective et révèle la profondeur du paysage.

Personnellement, je pense qu'il est très important de donner un rythme et un ordre à la géométrie interne. On peut facilement y parvenir au travers de la distance entre les turbines.

Les dispositions en ligne courbe sont plus audacieuses car elles seront plus difficiles à distinguer à une certaine distance. Cependant, elles peuvent souligner et accentuer des formes du paysage et se justifier pleinement.

Fondamentalement, l'apparence d'un parc éolien doit être simple et logique pour éviter toute confusion visuelle. D'autant que les éoliennes situées dans un paysage plat et aux vues ouvertes forment un contraste fort avec les éléments du paysage. Il faut à ce sujet être particulièrement prudent avec les lieux où il y a déjà beaucoup d'autres éléments verticaux (ligne HT, pylône télécoms, château d'eau, etc.) afin de ne pas troubler les observateurs.

7.7.3. Image de marque

Pour plusieurs experts, les problèmes de l'éolien sont dus à un manque de marketing. Il faut utiliser la publicité et montrer des images positives pour la promotion de l'éolien. Il faut rendre le public familier avec l'utilisation des éoliennes.

Pour répondre à l'image négative de l'éolien au Royaume-Uni, le BWEA a lancé une vaste campagne d'information avec trois axes : améliorer la couverture de l'éolien dans la presse, promouvoir les bénéfices environnementaux, stimuler et encourager le débat.

En Belgique, la Région wallonne a nommé un Facilitateur éolien (APERe asbl) qui suit les dossiers des porteurs de projet. Il suit également la presse belge et étrangère pour suivre l'évolution des opinions du public et des journalistes face à l'éolien.

A mon avis, il serait approprié que la Région wallonne fasse en sorte que chaque parc éolien dispose de panneaux d'information sur ces caractéristiques techniques et sa production électrique estimée. Il faut que les riverains et les nombreux visiteurs qui s'arrêteront puissent obtenir des réponses sur ces sujets.

De par son impact paysager, l'énergie éolienne offre au public une opportunité de participer aux décisions politiques en matière d'énergie. Placé sous le rotor d'une turbine, on devient nettement plus conscient que produire de l'électricité à son prix. Des citoyens contribuent d'ailleurs bien plus au développement durable en rationalisant leur consommation d'électricité qu'en favorisant l'implantation d'éoliennes.

7.7.4. Participation

Pour plusieurs experts, le succès de l'éolien dépendra de la capacité des industriels à réussir à faire participer le public, en l'informant correctement et en écoutant ses suggestions.

En règle générale, les industriels doivent apporter plus d'attention aux aspects humains et esthétiques. Les gens sont impressionnés très brièvement par les avancées technologiques et par contre ils n'acceptent que lentement des interventions dans le paysage car bien souvent ils y sont attachés.

8. CONCLUSION

La quantité d'espace libre à notre disposition ne cesse de diminuer. De plus, il n'y aura pas moyen d'éliminer toute objection à l'apparence d'un parc éolien dans le paysage. Cependant, il y a un consensus sur comment minimiser ces objections.

La dimension verticale de l'éolienne et sa dominance par rapport au relief environnant induisent une modification fondamentale de la ligne d'horizon et par là un impact paysager indiscutable.

En terme d'intégration paysagère, la seule solution d'aboutir à un résultat positif est d'accepter le fait que les éoliennes sont des unités dominantes dans le paysage, visibles sur de grandes distances. Cela ne veut pas dire que le paysage doit être écrasé. Au contraire, une localisation bien planifiée peut mettre en valeur les contours et les contrastes du paysage.

Par rapport au type de zone d'implantation des parcs éoliens, les sites où le paysage a été modelé par l'agriculture moderne ou par les industries semblent préférable.

Dans le cas des zones agricoles où seront surtout implantés les parcs éoliens en Région wallonne, les éoliennes créent un contraste visuel simple entre les éléments horizontaux et verticaux du paysage. Si la configuration du parc éolien est simple et facilement perceptible pour les observateurs, la confusion entre les différents éléments visuels dominants est évitée et il se dégage une impression de clarté. De plus, de grands espaces boisés peuvent faciliter la conection entre les éoliennes et la surface plane du relief.

Dans le cas des zones industrielles, les éoliennes peuvent être assimilées aux autres structures industrielles telles que les grues, les pylônes et les cheminées, exprimant par leur dominance verticale la capacité technologique de l'homme. Les éoliennes contrastent cependant avec les autres structures industrielles car elles sont porteuses d'une image positive d'énergie propre. Elles peuvent donc jouer un rôle pour restaurer ou améliorer l'image de marque d'une zone industrielle. Un exemple intéressant est la zone industrielle d'Aurich en Basse Saxe (Nord de l'Allemagne) où est installée l'usine de fabrication des éoliennes Enercon. Il faut simplement être prudent d'éviter la multiplication excessive d'éléments standardisés, tels que les pylônes et les éoliennes, car cela diminue l'habilité des observateurs à s'orienter dans le paysage.

Ajoutons que cette association industrie/éolien, tout comme l'association agriculture/éolien, a une valeur éducative importante car elle montre au grand public d'une part, comment l'électricité peut être produite et d'autre part, l'intérêt de son utilisation rationnelle. Or les politiques énergétiques impliquent de plus en plus une combinaison de la promotion des énergies renouvelables à une maîtrise de la consommation électrique.

Pour favoriser l'acceptation des riverains, il est recommandé, lors de l'implantation d'un site éolien, de donner aux habitants une information technique et économique et de les faire participer à la décision par au minimum une enquête publique. La communication doit mettre l'accent sur les valeurs écologiques, collectives et de bien public de l'énergie éolienne. Une valorisation par un centre d'activité pédagogique et touristique doit être envisagée. Sauf exception, il faut donc éviter de faire l'implantation dans un site pollué ou déjà occupé d'installations contestées.

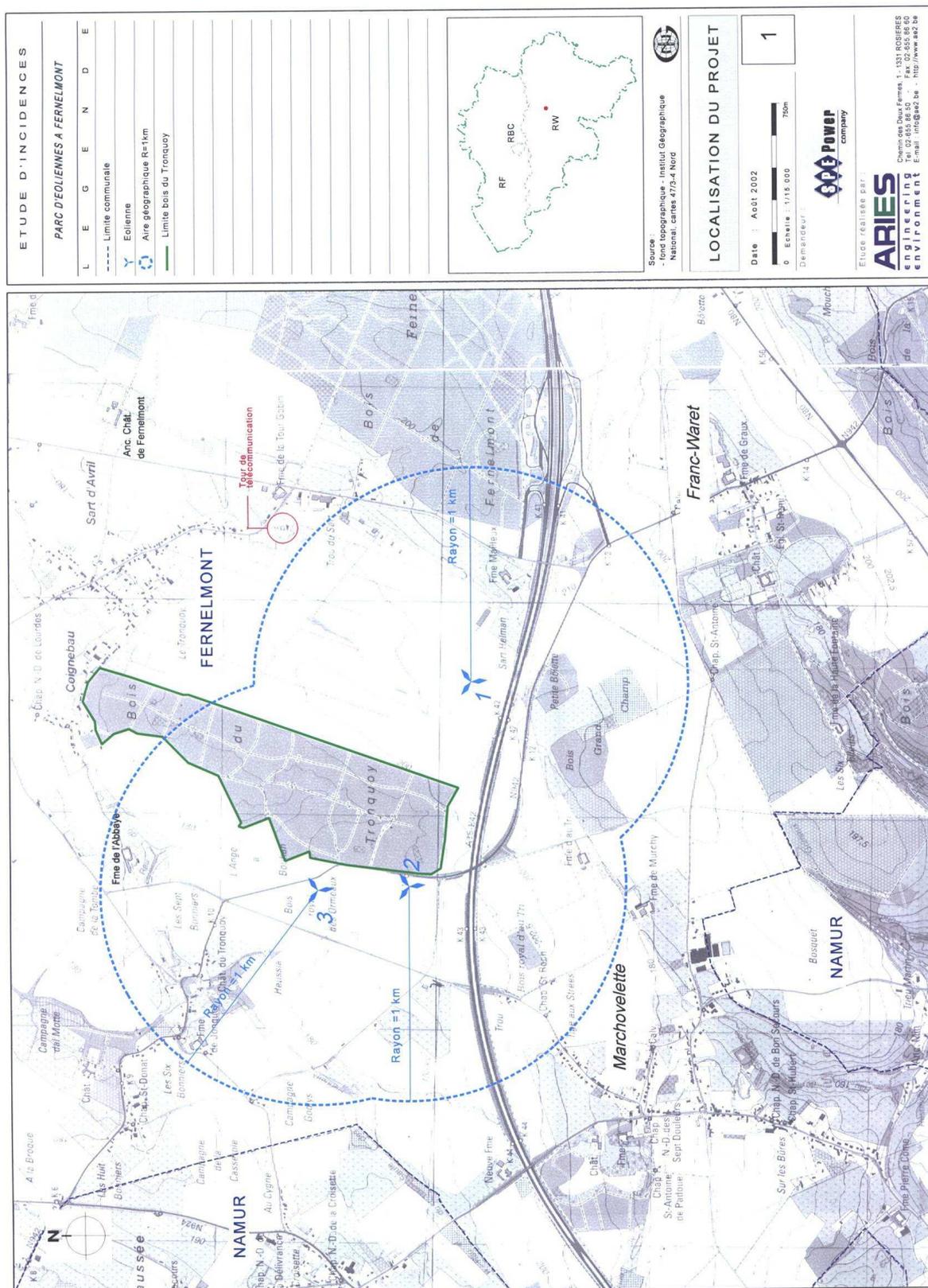
Signalons enfin que la présence des aérogénérateurs n'est pas irréversible. Au terme de sa durée de vie, le site pourra continuer à être exploité avec de nouvelles machines ou bien retrouver son aspect d'origine sans grands travaux d'assainissement. La revente des matériaux de construction de l'éolienne couvre généralement les coûts de remise en état du site. Toutefois, le cadre réglementaire de la Région wallonne recommande dans le cadre de chaque projet éolien de constituer un fond pour le démantèlement du parc une fois que la vie de celui-ci sera achevée.

Bibliographie

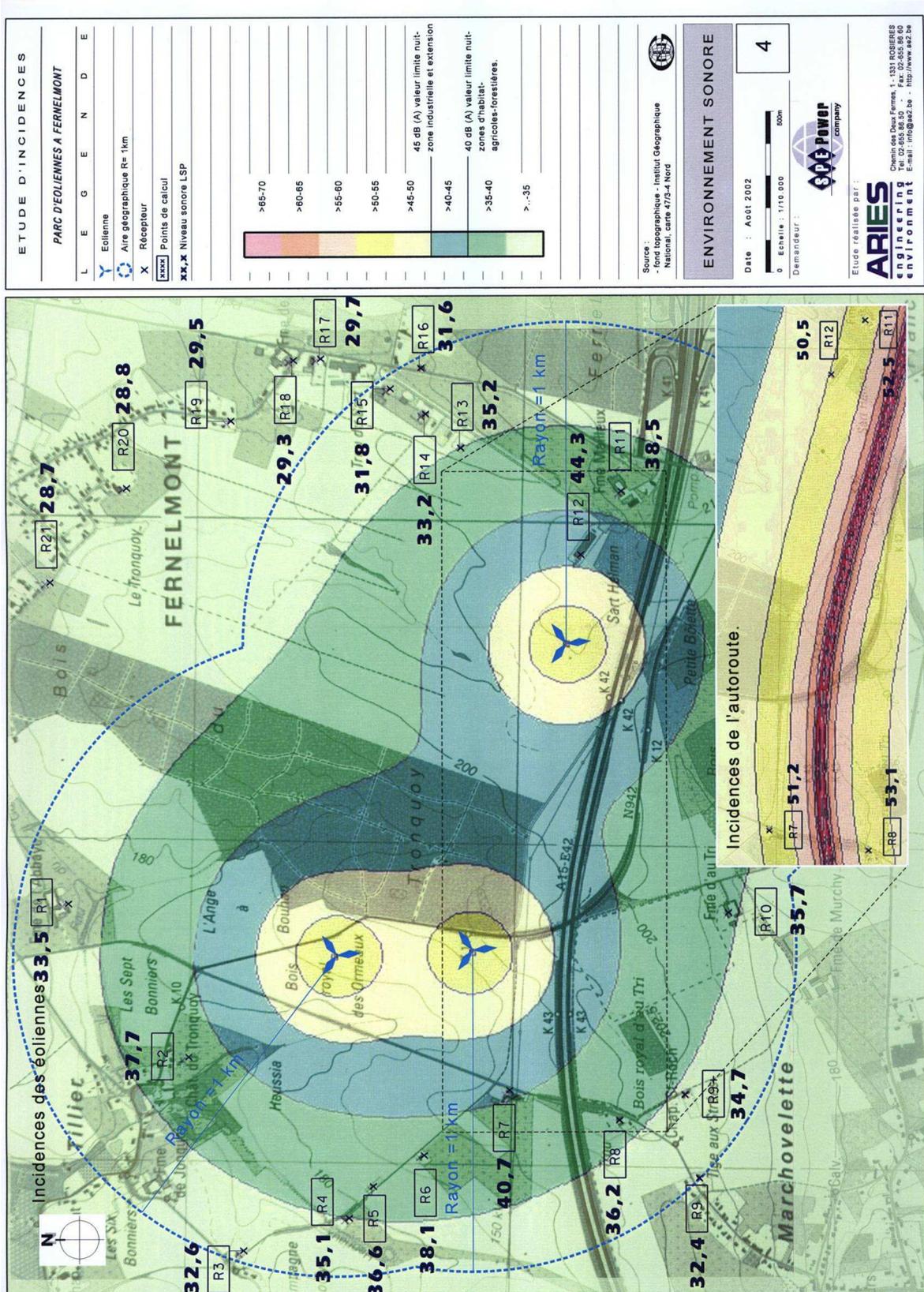
- ADESA (1995), « Analyse du paysage et zones d'intérêt paysager », Convention avec la Région wallonne.
- ALLES Alan et al. (1999), « Windmills and Wadden Sea Area: portrait of a dilemma », Wadden Sea Newsletter.
- ARIES (2002), « Etude d'incidences du parc de trois éoliennes à Fernelmont ».
- BELAYEW et al. (1996), « État de l'environnement wallon - Paysage », DGRNE, Ministère de la Région wallonne.
- BIRK NIELSEN F. (1996), « Wind turbines and the landscape : architecture and aesthetics », Birk Nielsens Tegnestue.
- CHRISTIANS C. (1979), « L'évaluation des paysages et des sites ruraux », Bulletin Société de Géographie n°15, 167-208.
- CIVEL et al. (1998), « Guide de l'énergie éolienne », Institut de l'énergie des pays ayant en commun l'usage du français (IEPF).
- CONSEIL DE L'EUROPE (2000), « Convention européenne des paysages ».
- DEGEMBE M.F. (1996), Ruralité et développement en Brabant wallon, Dossier Espace-Vie, publication de la Maison de l'Urbanisme du Brabant wallon, 25-29
- EDAW (2001), « Portland wind energy project, landscape and visual impact assessment ».
- ELKINS N. (1996), « Les oiseaux et la météo ». Delachaux et Niestlé. Paris. 218pp.
- GAIARDO L. (1996), Ruralité et développement en Brabant wallon, Dossier Espace-Vie, publication de la Maison de l'Urbanisme du Brabant wallon, p 31-33
- GIPE et al. (1995), « Wind energy comes of age », John Wiley & Sons.
- GIPE P. (2001), « Design as if people matter : aesthetic guidelines for a wind power future », in PASQUALETTI et al. (2001), « Wind power in view : energy landscapes in a crowded world », pp 173-212.
- GOUVERNEMENT WALLON (1999), « Schéma de Développement de l'Espace Régional (SDER) » adopté par le Gouvernement Wallon le 27 mai 1999.
- GOUVERNEMENT WALLON (2002), « Cadre de référence pour l'implantation d'éoliennes en Région Wallonne » approuvé par le Gouvernement wallon le 18 juillet 2002.
- HAMMARLUND Karin (1996), « Improving acceptance in wind power planning », European Union Wind Energy Conference.
- HOPPE-KILPPER M. et STEINHAUSER U. (2001), « Wind landscapes in the German milieu », in PASQUALETTI et al. (2001), « Wind power in view : energy landscapes in a crowded world », pp 83-100.
- KIEMSTEDT H. (1967), « Mòlichkeiten zur Bestimmung der Erholungseignung in unterschiedlichen Landschaftsräumen », Natur und Landschaft, 42, 11, 243-248.
- LAUMONIER Chantal et al. (1999), « Acceptation par les riverains de la centrale éolienne de Sallèles-Limousis », Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB).
- LAUMONIER Chantal et al. (2001), « La centrale éolienne de Plouarzel: de la genèse du projet à sa réalisation, l'avis des riverains », Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB).

- LEDDY K., HIGGINS K. & NAUGLE D. (1999), « Effects of wind turbines on upland nesting birds in conservation reserve program grasslands ». *Wilson Bulletin*, 111(1) :100-104.
- LOSKE K.H. (2000), « Verteilung von Feldler-chenrevieren (*Alauda arvensis*) im Umfeld von Windkraftanlagen – ein Beispiel von Paderborner Hochfläche ». *Charadrius*, 36 :36-42.
- MINISTERE WALLON DE L'ENERGIE (2002), « Plan pour la maîtrise durable de l'énergie »
- NEURAY G. (1982), « Des paysages. Pour qui ? Pourquoi ? Comment ? », Presses agronomiques de Gembloux.
- PAGES et al. (2001), « Manuel préliminaire de l'étude d'impact des parcs éoliens », ADEME éditions.
- PASQUALETTI et al. (2001), « Wind power in view : energy landscapes in a crowded world », Academic Press, pp 153-172.
- PAUWELS et al. (2000), « Rapport de la Commission AMPERE - Rapport de la Commission pour l'Analyse des Modes de Production de l'Electricité et le Redéploiement des Energies - Conclusions et recommandations, Résumé exécutif »
- RIGHTER R. (2001), « Exoskeletal outer-space creations », in PASQUALETTI et al. (2001), « Wind power in view : energy landscapes in a crowded world », pp 19-42.
- ROSS J. & ROSS H. (1999), « A literature review of bird/wildlife – wind turbine interactions » Summary of Preliminary Results. Toronto Renewable Energy Co-operative (TREC) and Toronto Hydro
- SCHWAHN C. (2001), « Landscape and policy in the North Sea Marshes », in PASQUALETTI et al. (2001), « Wind power in view : energy landscapes in a crowded world », pp 133-151.
- SHORT L. (2001), « Wind power and English landscape identity », in PASQUALETTI et al. (2001), « Wind power in view : energy landscapes in a crowded world », pp 43-58.
- STANTON Caroline (1996), « The landscape impact and visual design of windfarms », Heriot-Watt University.
- THAYER Robert et HANSEN Heather (1987), "Consumer attitude and choice in local energy development", Department of Environmental Design, University of California-Davis, 17-20.
- WINKELMAN J.E. (1992), « Verstoring van vogels door de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr) ». *Vanellus* 45 (6) : 141-148.
- WOLSINK Maarten (1989), "Attitudes and expectancies about wind turbines and wind farms", *Wind Engineering*, 13:4, 196-206.

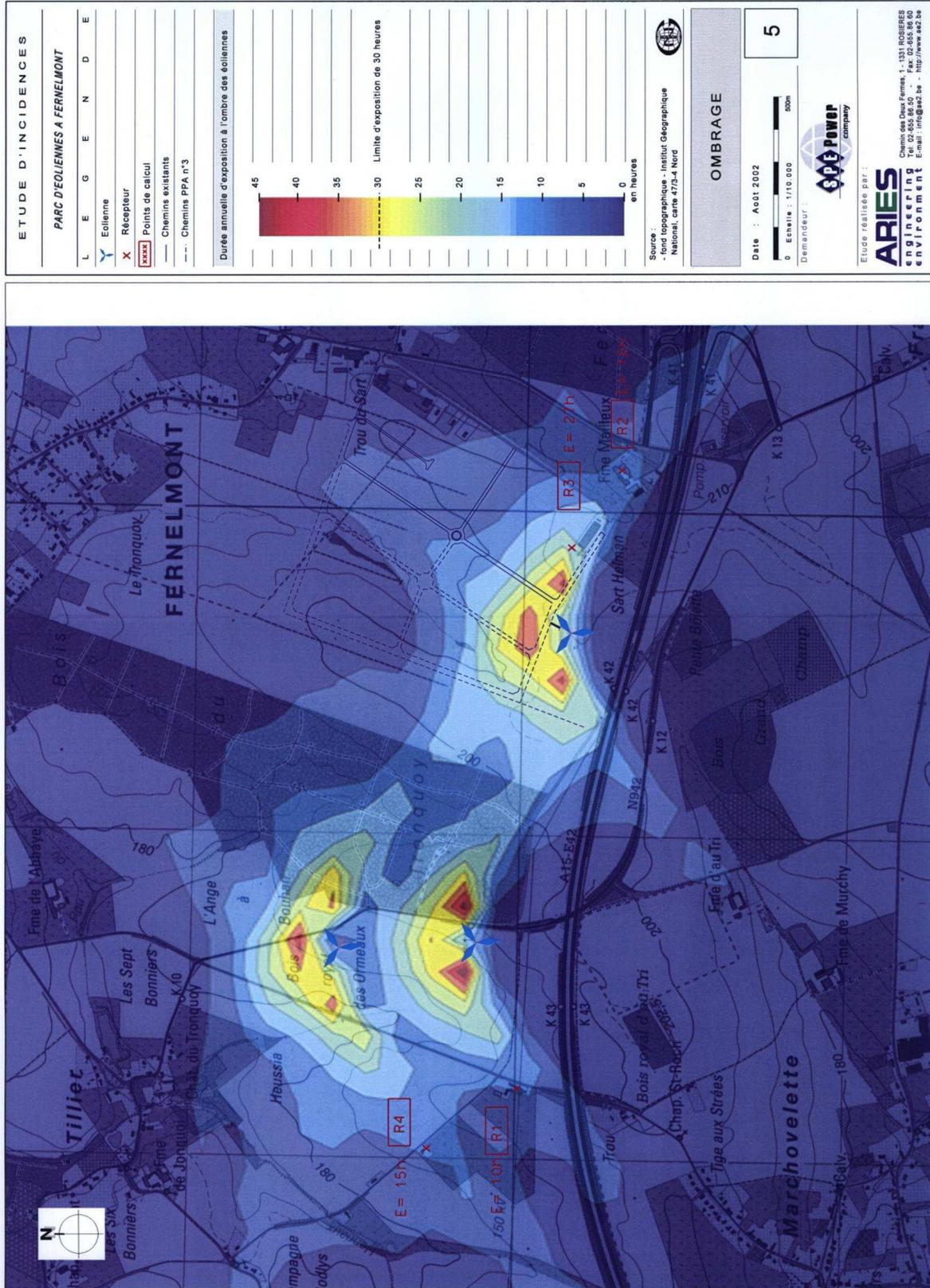
Dossier cartographique



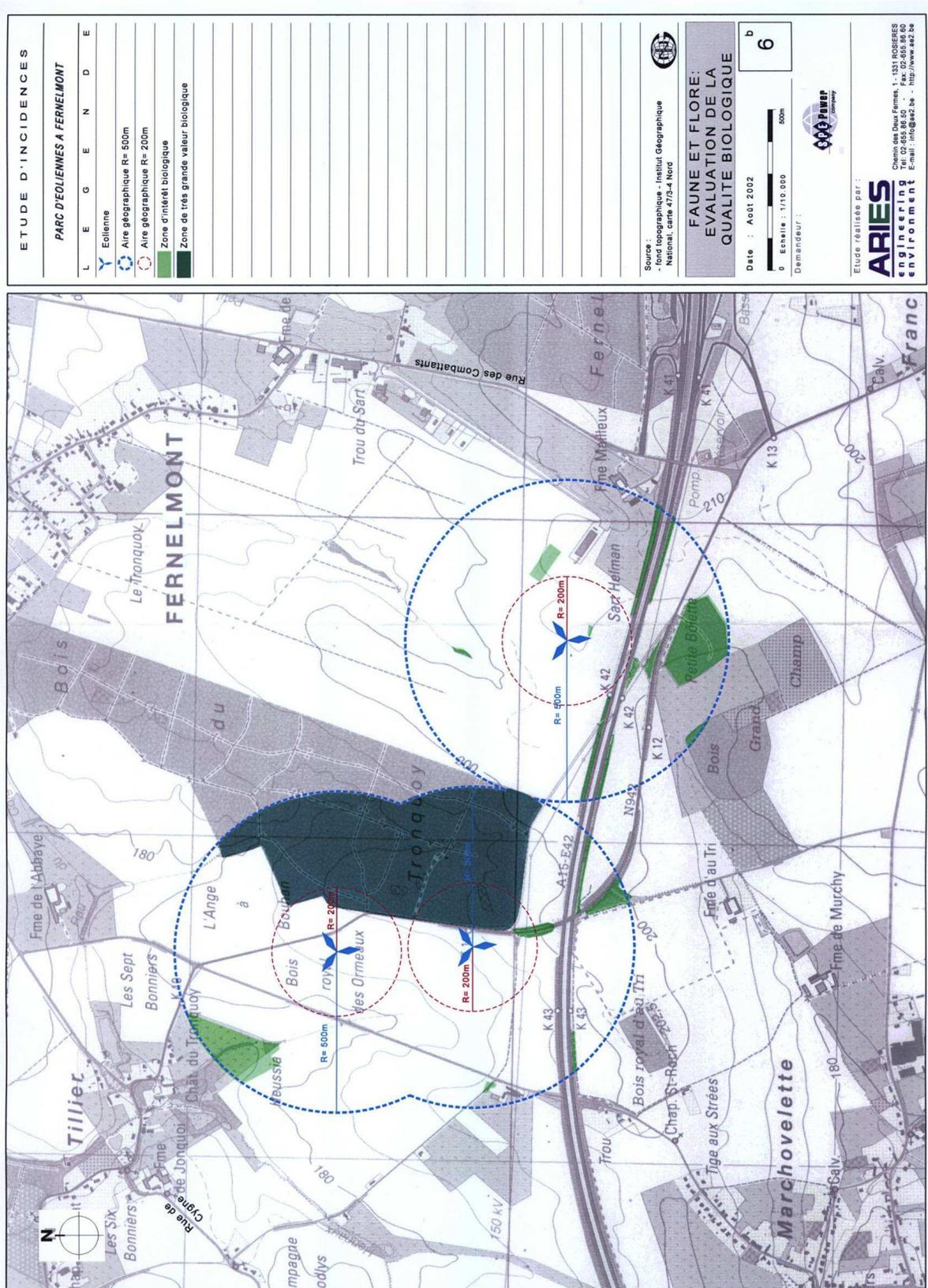
Carte 22 : localisation du projet (ARIES, 2002)



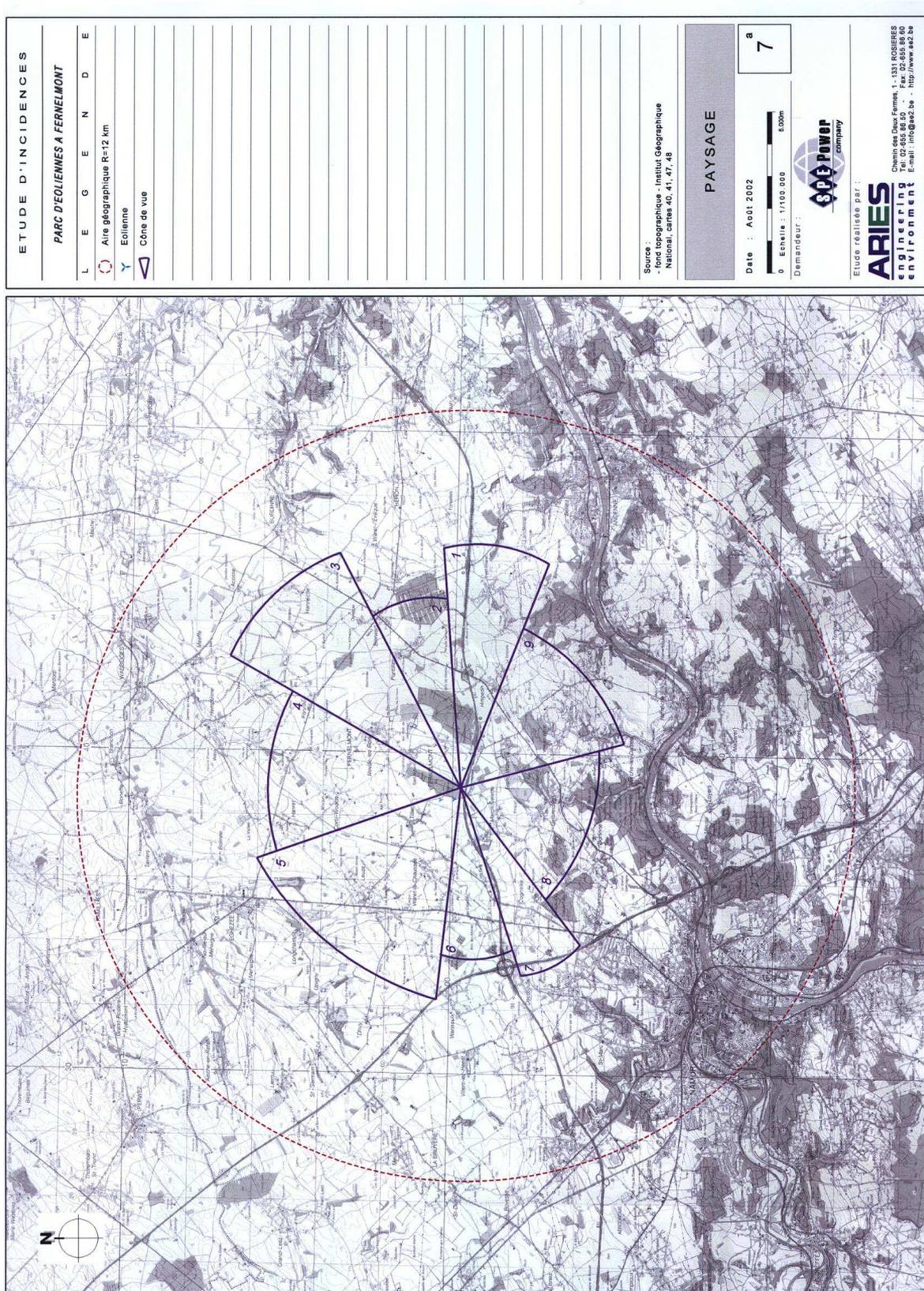
Carte 24 : environnement sonore (ARIES, 2002)



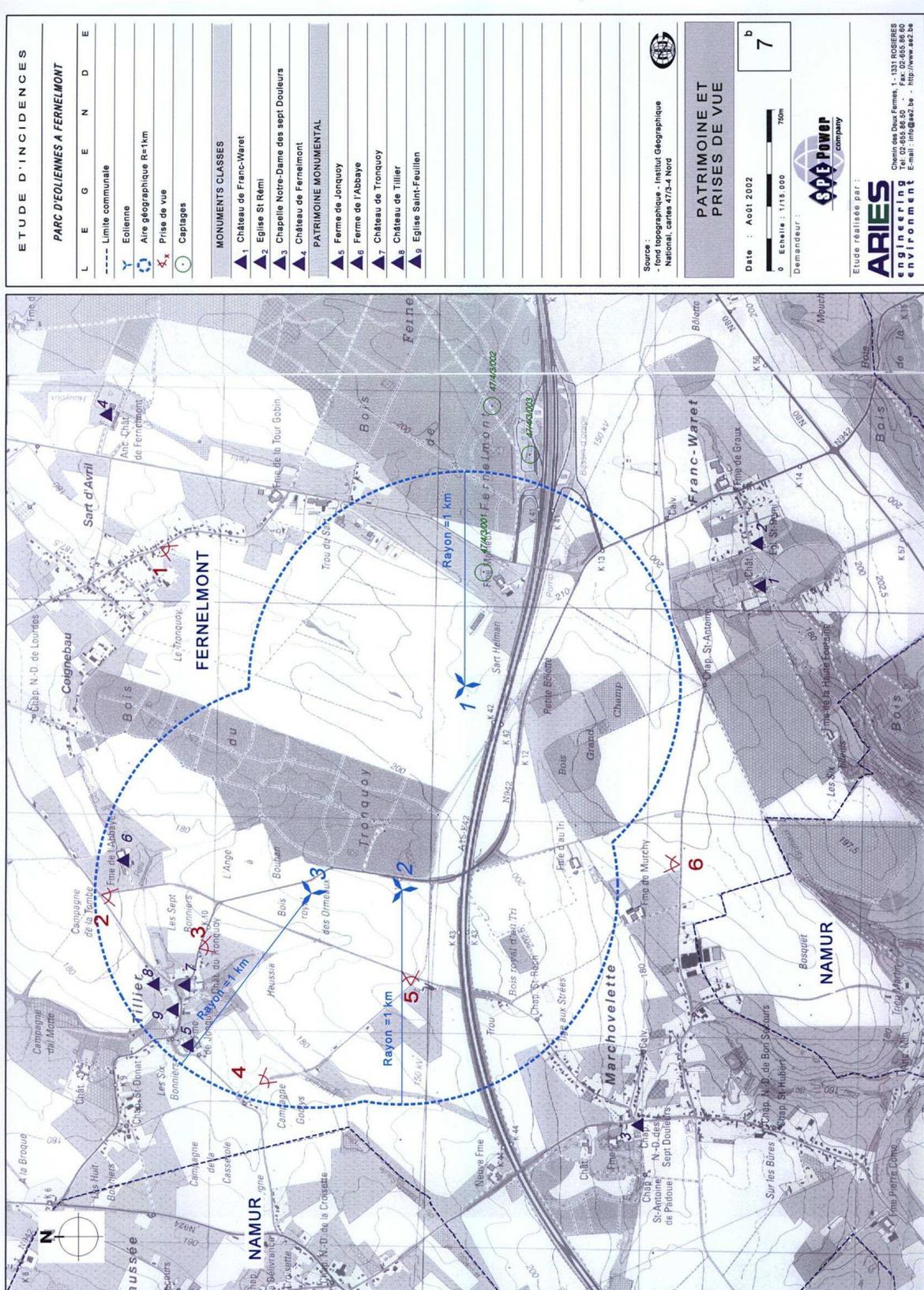
Carte 25 : ombrage (ARIES, 2002)



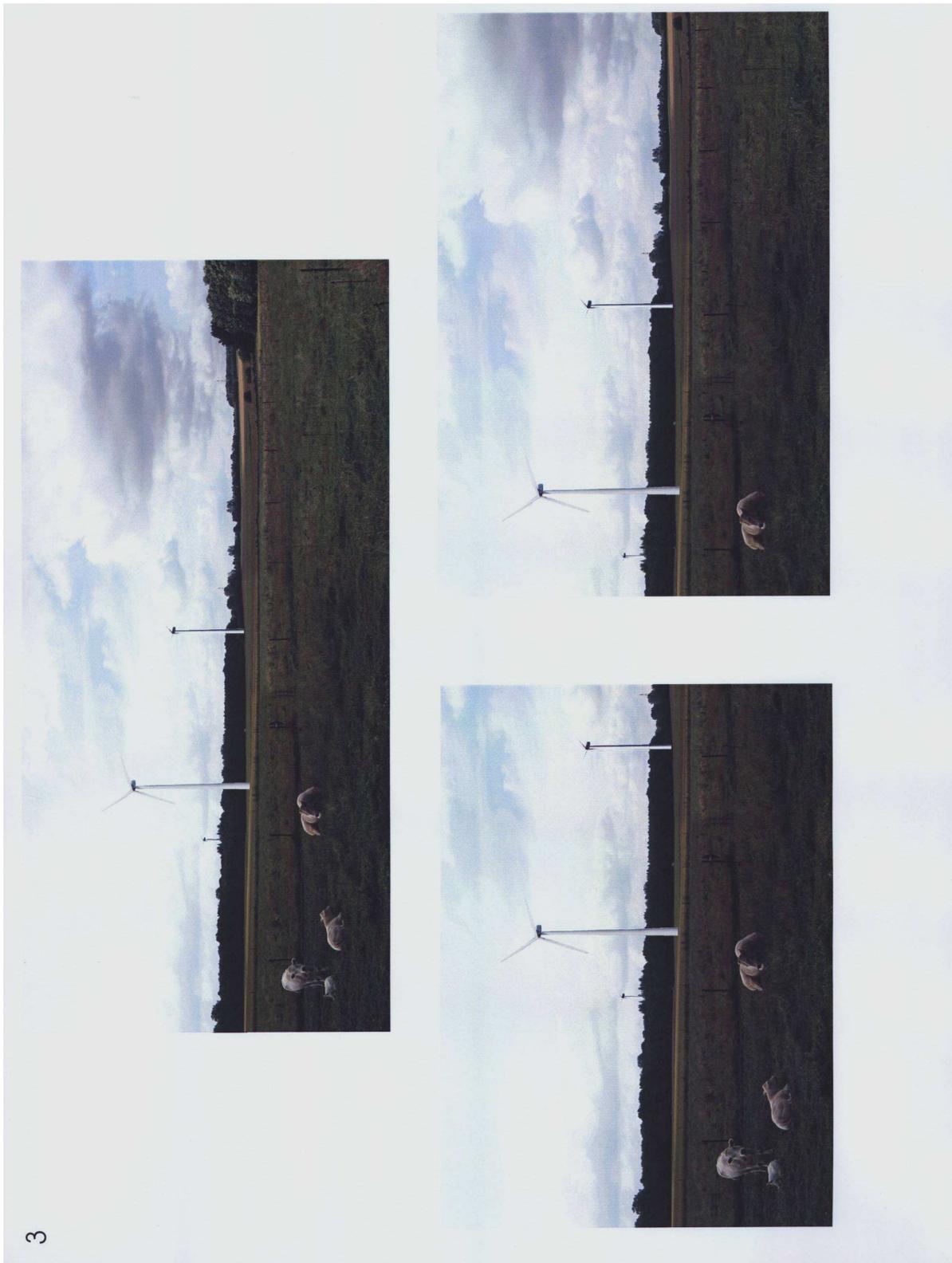
Carte 26 : faune et flore (ARIES, 2002)



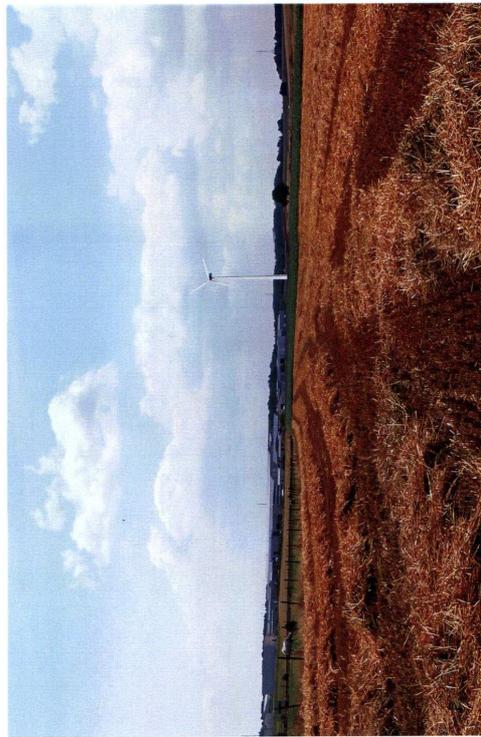
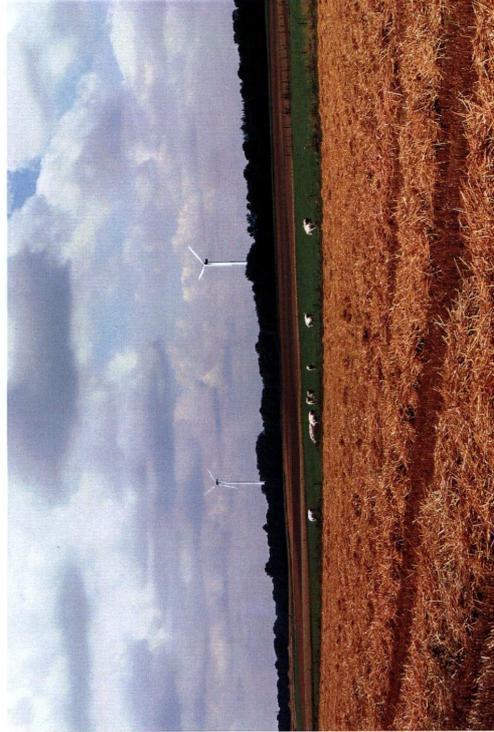
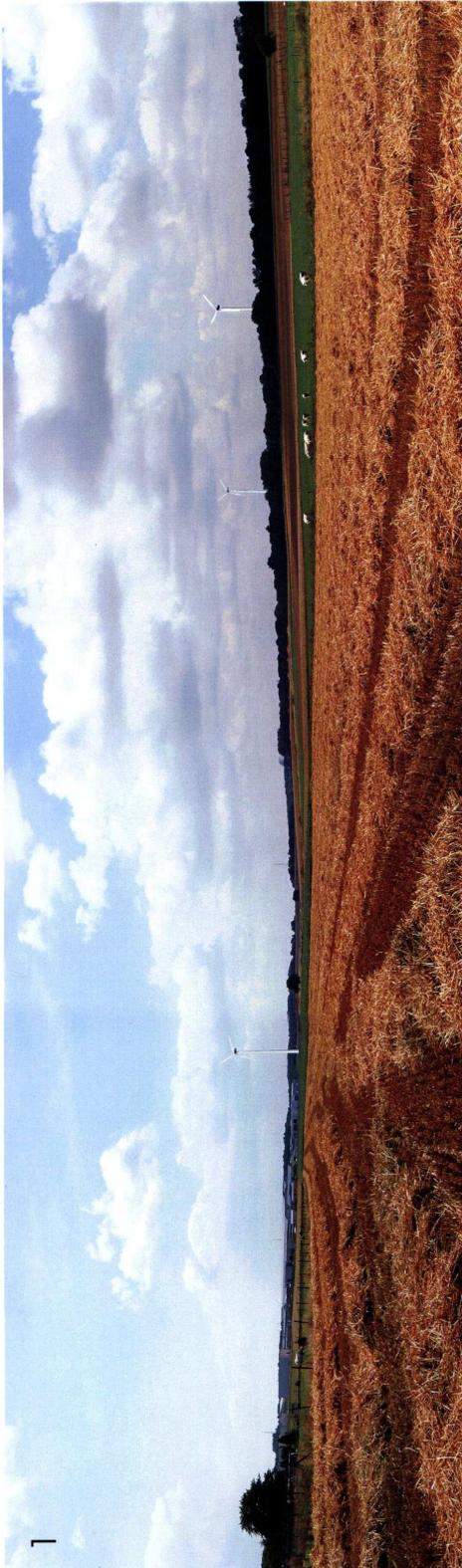
Carte 27 : paysage (ARIES, 2002)



Carte 28 : patrimoine et prises de vue (ARIES, 2002)



Photomontage 1 réalisé depuis la prise de vue 3 (ARIES, 2002)



Photomontage 2 réalisé depuis la prise de vue 1 (ARIES, 2002)

