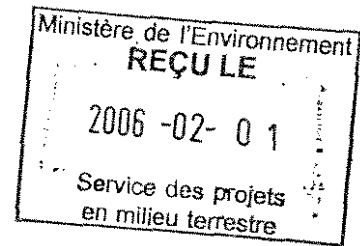




27 janvier 2006

Monsieur Jacques Dupont
Chef du Service des projets en milieu terrestre
Ministère de l'environnement du Québec
Direction des évaluations environnementales
Edifice Marie-Guyart, 6^e étage, boîte 83
675, boul. René-Lévesque est
Québec (Québec) G1R 5V7



Objet : Aménagement d'un parc éolien dans la MRC de Rivière-du-Loup – Étude d'impact sur l'environnement
Rapport principal (volume 1) et Annexes (volume 2)

Réf. BAPE :
Dossier N^o : 3211-12-104
Promoteur : Terrawinds Resources Corporation
Étude env. : SNC-Lavalin

Monsieur,

La présente lettre fait suite à votre lettre datée du 16 décembre 2005 reçue à nos bureaux le 21 décembre 2005, à laquelle était jointe l'étude d'impact mentionnée en rubrique. La Société Radio-Canada (ci-après « la Société ») vous remercie pour l'opportunité de commenter ladite étude soumise par Terrawinds Resources Corp. (ci-après « le Promoteur »). Ci-dessous sont résumés les commentaires au sujet de la recevabilité du rapport d'étude d'impact environnemental quant à l'impact du projet cité en rubrique (« Projet ») sur les services de radiodiffusion fournis par la société.

Afin de résumer la situation, la Société exploite les stations de télévision suivantes pour lesquelles, la qualité de réception pourrait être affectée à divers degrés, à l'intérieur des contours de services, par le présent Projet :

Tableau 1. Liste des stations émettrices de la Société Radio-Canada qui desservent la région.

<i>Lettres d'appel</i>	<i>Emplacement</i>	<i>Canal</i>	<i>Puissance rayonnée (kW)</i>	<i>Coordonnées Géographiques</i>
CJBR-TV	Rimouski	2	100	48° 19' 40" N. 68° 50' 09" O.
CKRT-TV	Rimouski (station affiliée)	7	49	47° 35' 03" N. 69° 22' 10" O.

La population, résidant dans ou près la zone visée pour l'installation du parc éolien, est desservie par la station de CJBR-TV Rimouski, sise à Pic Champlain et par la station CKRT-TV Rivière-du-Loup, affiliée à la Société et sise au mont Bleu. Notez que ces deux stations de télévision sont alimentées par liaison micro-ondes, à partir des studios situés respectivement au centre de leur ville principale. Étant donné que les parcours de ces liaisons n'ont pas à franchir le parc éolien proposé ou à passer près de ce dernier, nous ne pouvons conclure que les signaux de ces liaisons ne seront pas perturbés. Notez également

que le mont Bleu est le principal emplacement de radiodiffusion desservant la population habitant à l'intérieur ou immédiatement à l'extérieur des deux zones visées pour l'exploitation du parc éolien proposé par le Promoteur. Nous y retrouvons les principaux réseaux privés francophones desservant la population de Rivière-du-Loup et la MRC. Les réseaux publics utilisent les emplacements de Grands-Fonds (Télé-Québec) et du Pic-Champlain (La Société) pour desservir la population de ces mêmes zones.

Nous constatons que le Promoteur n'a fait aucune étude d'impact sur les télécommunications. Tout au plus, le Promoteur a indiqué à la page 165 du volume 1 du rapport, un inventaire très limité et incomplet des services de radiodiffusion et de radiocommunication desservant la population locale. Aucune analyse, aucun commentaire, mécanisme d'enregistrement et d'escalade des plaintes ou moyen de mitigation n'a été proposé par le Promoteur permettant l'inventaire et l'analyse subséquente des plaintes en question.

Hors, selon le Promoteur, la population du village de St-Georges-de-Cacouna compte environ 1098 personnes¹. Les cartes d'aménagement du parc, fournies par le Promoteur, illustrent très bien la répartition de la population de cette municipalité autour des éoliennes. Nous pouvons observer que la distance séparant les éoliennes des habitations, est de moins de 500 mètres dans plusieurs cas. Dû au nombre d'éoliennes et à la faible distance de séparation des habitations (ou bâtiments), nous croyons qu'il existe un certain potentiel de brouillage des services de télécommunication et qu'une étude plus approfondie d'impact environnemental doit être produite afin de minimiser les inconvénients pour la population locale. Nous suggérons au Promoteur de consulter les documents émis par le CCTR – Comité Consultatif Technique sur la Radiodiffusion dont vous trouverez une copie jointe à la présente. Nous suggérons également au Promoteur de retenir les services professionnels d'une firme d'ingénieur-conseil en radiodiffusion et radiocommunication pour effectuer l'étude d'impact environnemental sur ce domaine d'application, laquelle devrait être rédigée selon les règles de l'art et dûment approuvée par un ingénieur.

En terminant, la Société remercie le ministère de l'avoir consulté sur la recevabilité, au plan technique, de l'étude d'impact déposée par le Promoteur et d'avoir permis à la Société de la commenter. Nous vous rappelons que la Société est disposée à fournir ces commentaires et à s'impliquer tel que demandé par le ministère, parce que le fait d'assurer à la population le maintien d'une qualité minimale de réception des services publics de télévision et radio par la population est une préoccupation commune de la Société Radio-Canada (qui doit s'assurer de remplir le mandat qui lui est confié en vertu de la *Loi sur la radiodiffusion*), et du gouvernement du Québec, qui doit considérer l'impact d'un projet sur les communautés humaines et la qualité de vie de la population avant d'émettre un certificat d'autorisation en vertu de la *Loi sur la qualité de l'environnement*.

Veillez agréer, Monsieur Dupont, nos sentiments les plus distingués.



René Stébenne, ing. pour
François O. Gauthier, ing.
Premier Chef, Systèmes de diffusion et ingénierie
Stratégie et planification
Technologies de Radio-Canada

1400 Boul. René-Lévesque Est
Montréal, Québec
H2L 2M2

p.j.

c.c.

Monsieur Ray J. Carnovale, P. Eng, Société Radio-Canada

¹ SNC-Lavalin Dossier N° 501941 rév. N° 00, Volume 1, Rapport principal, page 125, Tableau 8.34

CCTR – Sous-comité n° 18

**Information technique
sur
l'évaluation des impacts potentiels
des
éoliennes
sur
les systèmes de radiocommunication**

Montréal – le 13 septembre 2004

Document révisé le 10 août 2005

Table des matières

1. Description de l'impact des éoliennes sur les systèmes de radiocommunication	3
<i>Introduction.....</i>	<i>3</i>
<i>Généralités</i>	<i>3</i>
<i>L'effet d'ombrage.....</i>	<i>3</i>
<i>Les réflexions de type miroir.....</i>	<i>3</i>
<i>Dispersion.....</i>	<i>4</i>
<i>Obstructions géographiques.....</i>	<i>4</i>
<i>Zones touchées</i>	<i>4</i>
<i>Mesures de mitigation.....</i>	<i>4</i>
Tableau 1 – Lignes directrices pour déterminer les zones touchées	6
2. Calcul des zones touchées pour des liaisons point à point	7
<i>Liaisons de radiocommunication point-à-point.....</i>	<i>7</i>
<i>Exemple.....</i>	<i>7</i>
3. Calcul des zones touchées pour les récepteurs de radiodiffusion situés près d'éoliennes	8
<i>Récepteurs de télévision analogique et numérique y compris les récepteurs domestiques</i>	<i>8</i>
<i>Exemples</i>	<i>9</i>
4. Calcul des zones touchées pour les stations terrestres de réception.....	10
<i>Stations terrestres de réception y compris les récepteurs de radiodiffusion directe par satellite</i>	<i>10</i>
<i>Exemple.....</i>	<i>10</i>
Glossaire des termes et acronymes	11
<i>Termes</i>	<i>11</i>
Acronymes	11
Télévision VHF = télévision à très haute fréquence – un groupe de chaînes de télévision, numérotées de 2 à 13,.....	11
dans une bande de transmission allant de 50 MHz à 220 MHz. Bibliographie.....	11
Bibliographie	12

1. Description de l'impact des éoliennes sur les systèmes de radiocommunication

Introduction

Le présent document est destiné à fournir des informations techniques sur la manière d'évaluer les impacts potentiels des éoliennes sur les systèmes de radiocommunication. Il contient donc de l'information technique qui peut être utilisée par les parties intéressées pour les aider à déterminer si un parc éolien peut affecter les systèmes de radiocommunication environnants.

Généralités

Des études¹ ont démontré que les pales rotatives et la tour d'une éolienne peuvent affecter les signaux radiofréquence à modulation d'amplitude (RF - AM). Les signaux FM (modulation de fréquence) sont beaucoup moins sujets à ce phénomène, et ils ne sont affectés que lorsqu'ils sont à proximité immédiate des éoliennes.

D'après ce qui précède, les systèmes RF suivants pourraient être affectés par la proximité d'éoliennes :

- les sites de réception des câblodistributeurs (têtes de ligne);
- les systèmes satellites de liaison ascendante et de réception;
- les signaux de radiodiffusion directe par satellite (Star Choice, Bell ExpressVu);
- les radars;
- les systèmes de communication et de guidage des aéroports;
- les télédiffuseurs;
- les systèmes de communication de la garde côtière;
- les liaisons de radiocommunication point à point;
- les stations de radiodiffusion télévisuelle à distribution multipoint (SDM);
- la télévision numérique;
- les systèmes de réception MATV.

Les éoliennes peuvent affecter les signaux de radiocommunication de différentes manières, dont l'effet d'ombrage, les réflexions de type miroir et la dispersion du signal.

L'effet d'ombrage

Les obstacles de grande taille, comme des bâtiments, des collines ou des parcs éoliens, peuvent créer des zones d'ombrage qui bloquent la ligne de vue entre le récepteur et l'émetteur. Ces zones peuvent être divisées en deux régions : la région « A », dans laquelle la perte de signal, causée par le blocage, est très importante et la réception d'un signal utilisable est difficile sinon impossible; et la région « B », dans laquelle le signal est atténué, mais à un degré moindre que dans la zone « A », ce qui permet au récepteur de recevoir un signal utilisable. La dimension de chacune de ces deux zones dépend de la forme et de la composition de l'obstacle. En général, la zone « B » peut couvrir jusqu'à dix kilomètres à partir de l'obstacle.

Les réflexions de type miroir

Les réflexions se produisent lorsque le signal envoyé par l'émetteur rebondit sur un obstacle avant d'être reçu par l'antenne. Ce signal dévié doit parcourir une distance plus longue que le signal direct, ce qui entraîne un retard à la réception.



Figure 1.1 – Effet d'ombrage causé par des structures

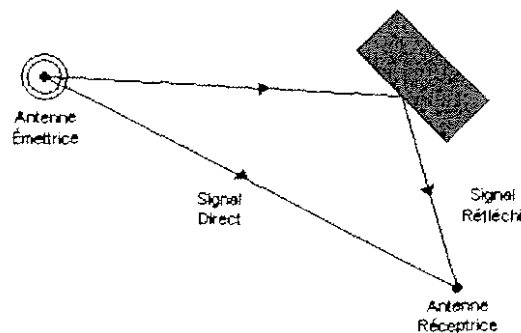


Figure 1.2 – Réflexion de type miroir

¹ *Effects of Wind Turbines on UHF Television Reception, Field tests in Denmark*, D. T. Wright, 1991, et *TV Measurements near Lendrum's Bridge Wind Turbines*, J. E. Goodson, 2003

Pour un récepteur conventionnel, lorsque les deux signaux sont reçus simultanément et que l'un d'eux est retardé, le signal retardé peut dégrader le signal direct.

Dispersion

Lorsqu'un signal de radiocommunication atteint une éolienne, les pales rotatives de l'éolienne peuvent produire une dispersion pulsée du signal qui est synchronisé avec la vitesse de rotation des pales. Ces pulsations peuvent ajouter un effet Doppler au signal, qui produit alors des variations de la phase et de l'amplitude du signal dispersé. Cette dispersion peut se produire dans les zones de dispersion avant et arrière. La zone de dispersion avant couvre un arc de 72 degrés de largeur à l'arrière de l'éolienne. Dans cette zone l'effet est similaire à un effet d'ombrage dans lequel l'amplitude et la phase du signal varient et sont synchronisées avec la vitesse de rotations des pales. Dans la zone de dispersion arrière, qui couvre les

288 degrés d'arc restants, l'effet est similaire à la réflexion d'un miroir. Cependant, le signal dispersé subit également des variations de phase et d'amplitude.

Obstructions géographiques

L'impact éventuel de la proximité d'éoliennes sur un signal de radiocommunication est amplifié, lorsque le parcours direct du signal entre l'émetteur et le récepteur est partiellement obstrué, alors que les parcours du signal entre l'émetteur et les éoliennes et entre les éoliennes et les récepteurs ne le sont pas. Dans ces situations, le ratio signal utile/signal nuisible au récepteur est réduit, rendant les effets nuisibles des éoliennes plus prononcés.

Zones touchées

L'effet que les éoliennes peuvent avoir sur les systèmes de radiocommunication peut être plus facilement analysé si l'on détermine les zones entourant les systèmes de radiocommunication à l'extérieur desquelles les effets des éoliennes sont négligeables. S'il y a des éoliennes ou des récepteurs de radiocommunication à l'intérieur de ces zones, il faudra procéder à une analyse plus poussée.

Mesures de mitigation

Dans les zones où les éoliennes pourraient avoir un impact perceptible sur la réception du signal, on peut recourir à un certain nombre de mesures de mitigation pour réduire ou éliminer l'effet des éoliennes sur les systèmes de radiocommunication.

Pendant l'étape de planification, il faudrait tenir compte des liaisons micro-ondes, des liaisons studio émetteur, des liaisons entre émetteurs, ainsi que du parcours entre les émetteurs de radiodiffusion et les emplacements locaux de réception hertzienne des câblodistributeurs. Le simple fait de déplacer une éolienne un peu plus loin peut suffire à dégager le parcours de radiocommunication et à éliminer le potentiel de brouillage.

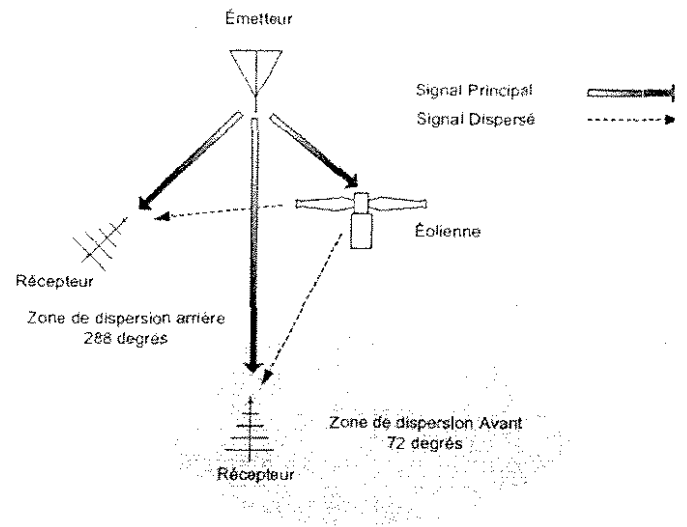


Figure 1.3 – Zones de dispersion avant et arrière

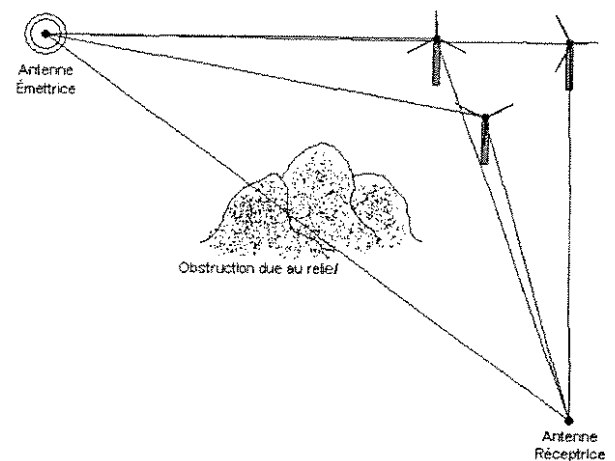


Fig 1.4 – Obstacle géographique dans le parcours du signal principal

Dans la phase opérationnelle du projet, il existe un certain nombre de mesures de mitigation possibles. On peut remplacer l'antenne de réception par une antenne dotée d'une meilleure discrimination envers les signaux nuisibles, on peut déplacer l'émetteur ou le récepteur ou encore, on peut changer de méthode pour la réception du signal hertzien.

Bien que ces solutions ne puissent pas toutes être techniquement ou économiquement viables dans tous les cas, on peut avoir recours à certaines d'entre elles individuellement ou en combinaison pour aider à réduire ou à éliminer les effets négatifs des éoliennes.

Le tableau de la page suivante donne des exemples de la manière dont on peut déterminer les zones touchées. Toute mesure technique corrective envisagée devrait faire l'objet d'une discussion entre les parties intéressées.

Tableau 1 – Lignes directrices pour déterminer les zones touchées

Systèmes	Lignes directrices générales
<p>Systèmes point-à-point :</p> <ul style="list-style-type: none"> Liaisons micro-ondes Liaisons studio-émetteur Liaisons émetteur-émetteur Liaisons réseau-émetteur <p>Un exemple type de zones touchées dans un système point-à-point est donné dans la section 2.</p>	<p>1) Pour des raisons de proximité, les émetteurs doivent être situés à au moins 1,0 km des sites d'émission et de réception, de plus</p> <p>2) En dehors de cette zone de 1,0 km, il faut dégager un cylindre de diamètre « L_c », entre les sites d'émission et de réception, où :</p> $L_c(m) = 52 \left(\frac{D(km)}{F(GHz)} \right)^{1/2} + 2B$ <p>L_c = diamètre du cylindre en mètres D = longueur du parcours entre l'émission et la transmission en kilomètres F = fréquence en GHz B = longueur d'une pale d'éolienne</p>
<p>Réception hertzienne (réception par antenne et récepteur de radiodiffusion)</p> <ul style="list-style-type: none"> Systèmes de réception MATV Têtes de ligne de câblodistribution Systèmes SDM Télévision VHF Télévision UHF Télévision numérique <p>Des exemples de zones touchées sont donnés dans la section 3.</p>	<p>FM : Pour des raisons de proximité, les émetteurs doivent être situés à au moins 1,0 km de l'émetteur FM.</p> <p>TV : Il faut examiner deux conditions :</p> <p>1) Pour des raisons de proximité, les émetteurs devraient être situés à au moins 1,0 km de tout émetteur de télévision, le plus</p> <p>2) Aucun récepteur ne doit se trouver à l'intérieur de la zone touchée « R » si elle est définie comme suit :</p> $R = 0.051 * B * \sqrt{T}$ <p>R = le rayon de la zone à étudier en kilomètres à partir du centre géographique du parc d'éolennes B = longueur en mètres d'une pale d'éolienne T = nombre d'éolennes dans le parc</p>
<p>Systèmes satellitaires</p> <p>Radiodiffusion directe par satellite</p> <p>Stations satellitaires terrestres</p> <p>Un exemple type de zone touchée de station satellitaire terrestre est donné dans la section 4.</p>	<p>1) Pour des raisons de proximité, les émetteurs doivent être situés à au moins 1,0 km du site d'émission/réception satellitaire, de plus</p> <p>2) Au-delà de cette zone de 1,0 km, aucun éolienne ne doit se trouver dans un cône de largeur où « L_c » est définie comme suit :</p> $L_c(m) = 104 \left(\frac{D(km)}{F(GHz)} \right)^{1/2} + 2B$ <p>L_c = largeur du cône en mètres D = distance à partir de l'antenne satellitaire terrestre en kilomètres (distance maximale = 10 km) F = fréquence en GHz B = longueur d'une pale d'éolienne</p>
<p>Réseaux cellulaires terrestres et réseaux mobiles terrestres</p>	<p>A déterminer</p>
<p>Radar</p>	<p>A déterminer</p>

¹ Fixed-Link Wind-Turbine Excision Zone Method, D. E. Bacon, fondée sur λ le maximum de la première zone Fresnel de dégagement

² Electromagnetic Interference from Wind Turbines, Sengupta & Senior, 1994, équation 9.31 utilisant les valeurs types $\eta=0.15$, $\eta_r=0.5$, $f_e=2$, $F_a=1$, $N=5$, $\phi=0$ deg., $F_{psd}=E_{t,h}$, en supposant une obstruction du parcours principal de 10 db

³ Electromagnetic Interference from Wind Turbines, Sengupta & Senior, 1994, équation 9.31 utilisant les valeurs types $\eta=0.15$, $\eta_r=0.5$, $f_e=2$, $F_a=1$, $N=5$, $\phi=0$ deg., $F_{psd}=E_{t,h}$, en supposant une obstruction du parcours principal de 10 db

⁴ Electromagnetic Interference from Wind Turbines, Sengupta & Senior, p. 482

2. Calcul des zones touchées pour des liaisons point à point

Liaisons de radiocommunication point-à-point

Ces liaisons sont définies comme toute émission de radiocommunication point-à-point destinées principalement à retransmettre le signal reçu dans des formes ou des types de modulation divers. Cela comprend des liaisons comme les liaisons de studio à émetteur, d'émetteur à émetteur et de réseau à émetteur.

Les zones touchées dans ces systèmes sont fondées sur le dégagement de la zone Fresnel du parcours et elles peuvent être déterminées à partir des deux conditions énoncées dans le tableau 1 :

- a) Un rayon de 1,0 km autour des antennes d'émission et de réception, plus
- b) Un cylindre entre l'émetteur et le récepteur à l'extérieur de la zone de 1,0 km défini comme suit :

$$L_{c(m)} = 52 \left(\frac{D_{0(km)}}{F_{0(GHz)}} \right)^{1/2} + 2B$$

Exemple

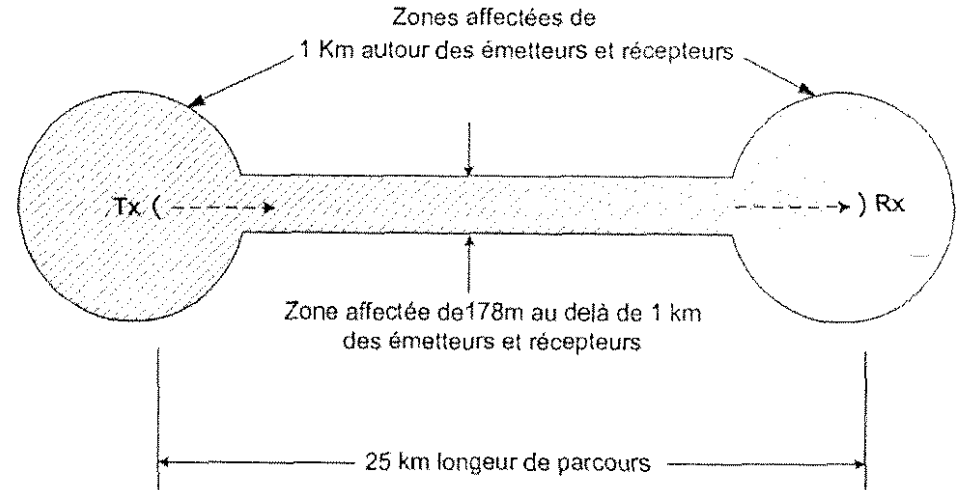
Pour un lien micro-ondes point-à-point de 25 km et de 7,0 GHz, les zones touchées, en supposant que les éoliennes du secteur ont des pales de 40 m, représentent :

- a) 1,0 km autour de l'émetteur et du récepteur... plus

b) $L_{c(m)} = 52 \left(\frac{25}{7} \right)^{1/2} + 2(40)$

$L_c = 178m$

S'il y a des éoliennes à l'intérieur de ces limites, il est alors recommandé qu'un ingénieur en radiocommunication qualifié entreprenne une analyse d'impact détaillée.



3. Calcul des zones touchées pour les récepteurs de radiodiffusion situés près d'éoliennes

Récepteurs de télévision analogique et numérique y compris les récepteurs domestiques

Définition d'un parc d'éoliennes

À toutes fins utiles, dans le cadre de ce document, on définit un parc d'éoliennes comme un groupe d'éoliennes dans lequel deux éoliennes adjacentes sont à moins de 3 kilomètres l'une de l'autre. Si deux groupes d'éoliennes sont à plus de 3 kilomètres l'un de l'autre, ils sont considérés comme deux parcs distincts du point de vue de l'impact sur la radiocommunication.

Détermination de la zone potentiellement affectée par le parc éolien

Le rayon de la zone potentiellement affectée par le parc éolien peut être déterminé à l'aide de l'équation qui suit. À noter que s'il n'y a pas de récepteurs de télévision analogique ou numérique, y compris des récepteurs domestiques, à l'intérieur de la zone où se chevauche à la fois les zones de couvertures officielles des stations de radiodiffusion en question et la zone affectée par le parc éolien, alors il n'est pas nécessaire de procéder à une analyse plus poussée des effets éventuels des éoliennes.

$$R = 0.051 * B * \sqrt{T}$$

Où :

R = le rayon, en kilomètres, de la zone affectée à partir du centre géographique du parc d'éoliennes

B = la longueur en mètres d'une **seule** pale d'éolienne

T = le nombre d'éoliennes dans le parc

Exemples

Exemple 1

Si vous avez 50 éoliennes dans un seul parc (aucune d'entre elles n'est à plus de 3 km de l'éolienne adjacente) et que les turbines ont chacune des pales de 30 m, vous créez alors une zone touchée de :

$$R = 0.051 * 30 * \sqrt{50}$$

R = 11,0 km, distance mesurée à partir du centre géographique du parc d'éoliennes.

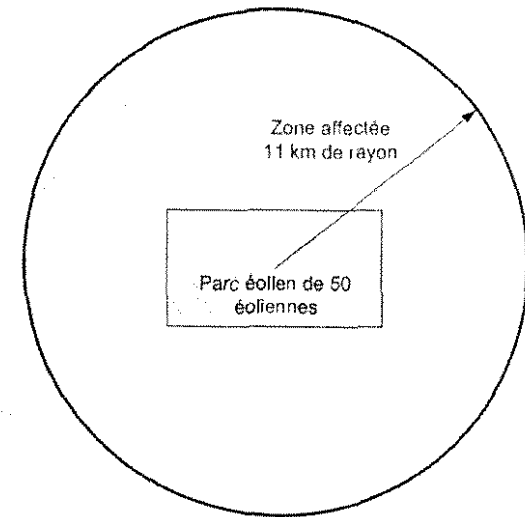


Figure 3. – Zone touchée pour un parc de 50 éoliennes

Exemple 2

Si vous avez 50 éoliennes dans un parc et que chaque éolienne a des pales de 30 m, mais que 25 de ces éoliennes sont regroupées sur une colline et que les 25 restantes sont sur une autre colline à 3 km de là, alors il faudra les considérer comme des parcs distincts et les zones touchées seront :

$$R = 0.051 * 30 * \sqrt{25} \quad (\text{pour le parc 1}) \text{ et}$$

$$R = 0.051 * 30 * \sqrt{25} \quad (\text{pour le parc 2})$$

R = 7,8 km, distance mesurée à partir du centre géographique de chacun des 2 parcs d'éoliennes.

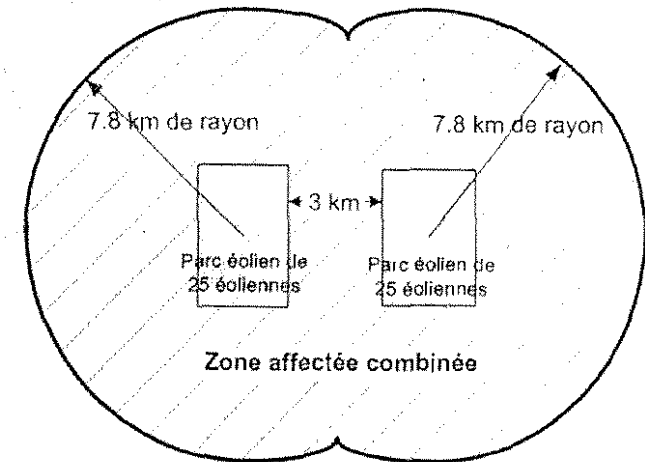


Figure 3.2 – Zone touchée pour deux parcs adjacents de 25 éoliennes chacun

S'il y a des récepteurs de télévision analogique ou numérique, y compris des récepteurs domestiques, à l'intérieur des aires de rayonnement officielles des stations de radiodiffusion en question et également à l'intérieur de la zone touchée, il est alors recommandé qu'un ingénieur en radiodiffusion qualifié entreprenne une analyse d'impact détaillée.

4. Calcul des zones touchées pour les stations terrestres de réception

Stations terrestres de réception y compris les récepteurs de radiodiffusion directe par satellite

Les stations terrestres de réception sont des stations où les radiodiffuseurs reçoivent des signaux RF de satellites en orbite géostationnaire ou leur en envoient. Les zones touchées pour ce type de systèmes sont définies dans le tableau 1 comme étant :

- a) Un rayon de 1,0 km autour des antennes d'émission et de réception, plus
- b) Un cône de largeur L_c défini ainsi :

$$L_{c(m)} = 104 \left(\frac{D_{(km)}}{F_{(GHz)}} \right)^{1/2} + 2B$$

Exemple

Pour une station terrestre de réception fonctionnant à 4,0 GHz, la zone touchée, en assumant que les éoliennes ont des pales de 40 m, sera :

- a) Un rayon de 1,0 km radius autour de la station terrestre de réception, plus
- b) Une zone conique commençant à 1,0 km de la station terrestre et s'étendant sur 10 km définie ainsi :

$$L_{c(m)} = 104 \left(\frac{10}{4} \right)^{1/2} + 2(40)$$

À une distance de 10 kilomètres de la station terrestre, la zone touchée sera de :

$$L_c = 244m$$

S'il y a des éoliennes à l'intérieur de ces zones, il est alors recommandé qu'un ingénieur en radiodiffusion qualifié entreprenne une analyse d'impact détaillée.

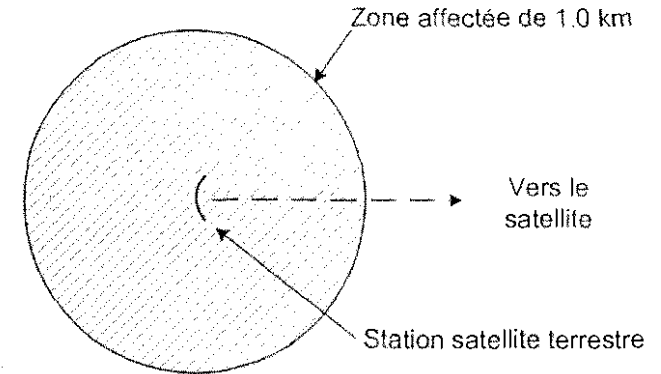


Fig 4.1 – Zone touchée à l'intérieur d'un rayon de 1,0 km autour de la station terrestre

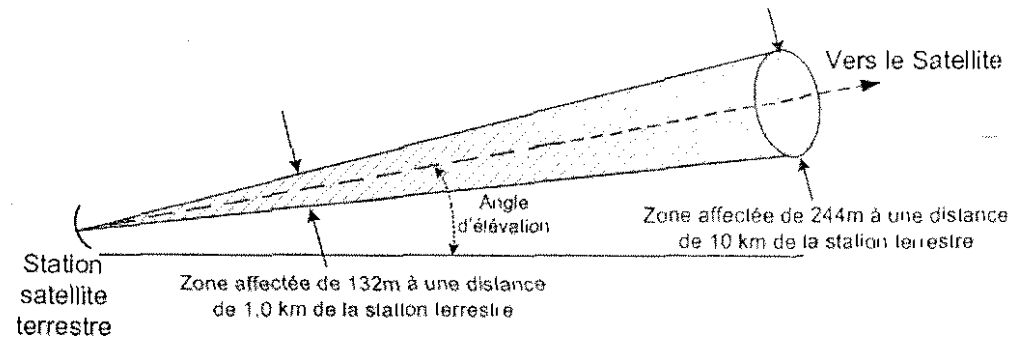


Fig 4.2 – Zone touchée pour une station terrestre sur une distance de 1 à 10 km

Glossaire des termes et acronymes

Termes

D = diamètre du cercle circonscrit par les pales de l'éolienne (deux fois la longueur d'une pale).

$E_{PS,D}$ = amplitude moyenne du signal direct incident sur chacune des éoliennes du parc.

$E_{R,D}$ = amplitude du champ direct au récepteur. Lorsque les récepteurs sont éloignés de l'émetteur : $E_{PS,D} = E_{R,D}$.

$F_{A,W}$ = facteur d'antenne dans la direction de l'éolienne. Définit le gain d'antenne dans la direction de l'éolienne.

F_E = facteur empirique de dépassement. Fondé sur une probabilité de 1 % que le ratio de dispersion observé sera plus élevé que le ratio de dispersion théorique.

M = nombre d'éoliennes dans le parc.

m_R = index de perception des modulations – Seuil du D^f Sengupta à partir duquel le signal dispersé devient visible dans l'image.

N = nombre d'éoliennes dans un groupe fonctionnant de manière synchrone en tout temps.

η_s = efficacité des éoliennes pour la dispersion du signal. Le ratio de la quantité de signal réfléchi par rapport au signal incident.

Radiocommunication = la transmission, l'émission ou la réception de signes, de signaux, d'écrits, d'images, de sons ou de données de toute nature au moyen de fréquences ou d'ondes électromagnétiques inférieures à 3 000 GHz propagées dans l'espace sans guide artificiel.

Station terrestre de réception = une antenne parabolique terrestre fixe qui reçoit des signaux d'un satellite de communications géostationnaire ou qui lui en envoie.

Φ = angle entre le signal direct et le signal dispersé.

ζ = distance en mètres entre le centre géographique du parc d'éoliennes et la limite de la zone possible de dégradation du signal.

Acronymes

MATV = télévision par antenne collective (site de captage par voie hertzienne pour la transmission de chaînes de télévision et de radio dans un immeuble d'habitation ou dans un groupe d'immeubles d'habitation).

SDM = stations de radiodiffusion télévisuelle à distribution multipoint (un système de télévision qui a recours à des hyperfréquences pour transmettre les signaux de télévision aux abonnés).

Télévision UHF = télévision à ultra haute fréquence – un groupe de chaînes de télévision, numérotées de 14 à 69, dans une bande de transmission allant de 470 MHz à 806 MHz.

Télévision VHF = télévision à très haute fréquence – un groupe de chaînes de télévision, numérotées de 2 à 13, dans une bande de transmission allant de 50 MHz à 220 MHz.

Bibliographie

- 1) RPR Partie 4, *Règles et procédures de demande relatives aux entreprises de radiodiffusion de télévision*, Industrie Canada, 1997.
- 2) *Electromagnetic Interference from Wind Turbines*, Sengupta & Senior, 1994.
- 3) *Fixed-Link Wind-Turbine Exclusion Zone Method*, D. F. Bacon, octobre 2002
- 4) TB-5, *Rapport sur la prévision du brouillage par fantômes et la qualité d'image en télévision*, Industrie Canada, juillet 1989, 2^e édition.
- 5) *The Impact of Large Buildings and Structures (including Wind Farms) on Terrestrial Television Reception*, BBC / RA / ITC.

BTAC – Subcommittee 18

**Technical Information
On
The Assessment Of The Potential Impact
Of
Wind Turbines
On
Radiocommunication Systems**

Montreal - September 13th, 2004

Revised July 22th, 2005

Table of Contents

1. Description of the Impact of Wind Turbines on Radiocommunication Systems	3
<i>Introduction</i>	3
<i>General</i>	3
<i>Shadowing</i>	3
<i>Mirror Reflections</i>	3
<i>Scattering</i>	4
<i>Terrain Obstructions</i>	4
<i>Investigation Zones</i>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<i>Mitigation Measures</i>	5
Table 1 - Guidelines for Determining the Investigation Zones	6
2. Investigation Zone Calculations for Point to Point Links	7
<i>Point to Point Radiocommunication Links</i>	7
<i>Example:</i>	7
3. Investigation Zone Calculations For Radiocommunication Receivers near Wind Turbines.....	8
<i>Analogue and Digital TV Receivers including Consumer Broadcast Receivers</i>	8
<i>Examples:</i>	9
4. Investigation Zone Calculations for Satellite Ground Stations	10
<i>Satellite Ground Stations Including Direct To Home Receivers</i>	10
<i>Example:</i>	10
Glossary of Terms and Acronyms.....	11
References	12

1. Description of the Impact of Wind Turbines on Radiocommunication Systems

Introduction

This document is intended to provide technical information on how to assess the potential impact of wind turbines on radiocommunication systems. Hence it contains technical information that can be used by interested parties to help determine whether a wind farm would impact surrounding radiocommunication systems.

General

Studies¹ have shown that the rotating blades and support structure of a wind turbine can impact AM (amplitude modulated) RF (Radio Frequency) signals. FM (frequency modulated) signals are much more immune to this phenomena and may only become impaired in very close proximity to the wind turbines.

Based on this, the following RF systems could be negatively impacted by the proximity of wind turbines:

- Cable distribution receive sites (Head-ends);
- Satellite uplinks & receive systems;
- DTH signals (Star Choice, Bell Express vu);
- Radar;
- Airport communications and guidance systems;
- TV Broadcasters;
- Coast Guard communications systems;
- Point-to-Point Radiocommunication links;
- MMDS systems;
- Digital TV;
- MATV receive systems.

Wind turbines can affect radiocommunication signals in a number of ways including, through shadowing, mirror-type reflections or signal scattering.

Shadowing

Large obstacles, such as buildings, hills or wind turbine parks can create shadowed areas blocking the line of sight from the receiver to the transmitter. These areas can be broken down into two regions: Region "A" where signal loss, due to the blockage, is high and receiving a usable signal is difficult if not impossible; and Region "B" where the signal is attenuated but to a lesser degree than in "A" allowing the receiver to continue to pick up a usable signal. The size of each of the areas depends upon the shape and composition of the obstacle. Typically, Region "B" can extend up to 10 km from the obstacle.

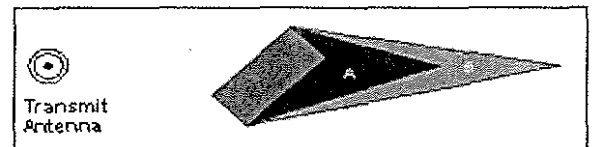


Figure 1.1 – Shadowed areas due to structures

Mirror-Type Reflections

Reflections are caused when the signal from the transmitter bounces off an obstacle before being received at the antenna. This bounced signal has a longer path than the direct signal, causing it to be delayed in time at the receiver. In a conventional receiver, when the 2 signals are received simultaneously and one is delayed, the delayed signal can degrade the direct signal.

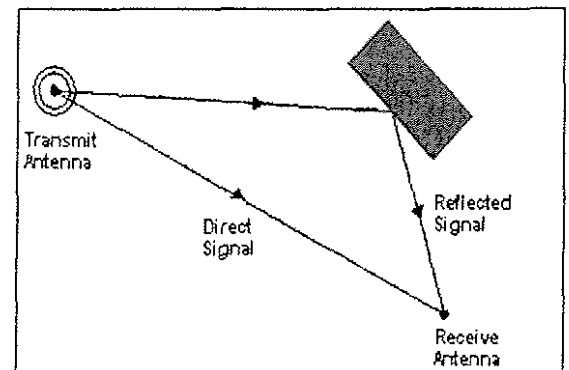


Figure 1.2 – Mirror-Type Reflections

¹ Effects of Wind Turbines on UHF Television Reception, Field tests in Denmark, D. T. Wright, 1991 & TV Measurements near Lendrum's Bridge Wind Turbines, J. E. Goodson, 2003

Scattering

When a Radiocommunication signal reaches a wind turbine, the rotating blades of the turbine can produce a pulsed scattering of this signal synchronized with the rotational speed of the blades. These pulses can add a doppler effect to the signal, which produces variations in the scattered signal's phase and amplitude. This scattering can occur in both the front scatter zone and the back scatter zone.

In the front scatter zone, encompassing an area behind the wind turbine 72 degrees in width, the effect is analogous to shadowing, with the signal varying in amplitude and phase synchronously with the speed of the blades' rotation.

In the back scatter zone, which encompasses the remaining 288 degrees of arc, the effect is similar to a mirror reflection. However, here again, the scattered signal contains both phase and amplitude variations.

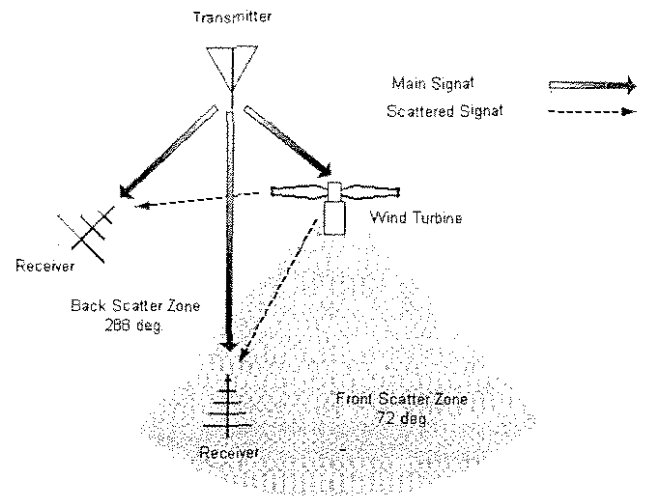


Figure 1.3 – Front and Back Scatter Zones

Terrain Obstructions

The possible impact to a radiocommunication signal caused by the proximity of wind turbines is magnified when the main signal path between the transmitter and the receiver is partially obstructed, while the signal paths between the transmitter and the wind turbines and between the wind turbines and the receivers have no obstructions. In these situations, the D/U ratio at the receiver is reduced, making any detrimental effects from the wind turbines more pronounced.

Impacted Areas

The effect wind turbines may have on radiocommunication systems is easier analyzed if we define areas around radiocommunication systems outside of which the effects of wind turbines is negligible. Inside these areas, if there are wind turbines, or radiocommunication receivers further analysis would be required.

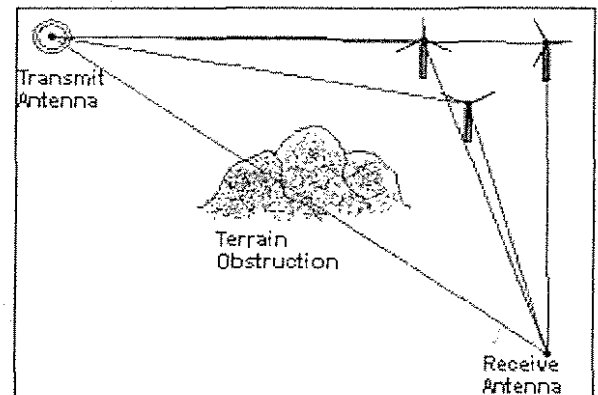


Fig 1.4 – Terrain obstructions in the main signal path

Mitigation Measures

In areas where wind turbines could have a perceptible impact on the received signal a number of mitigation measures may be available to reduce or eliminate the effect of wind turbines on radiocommunication systems

During the planning stage, the placement of individual wind turbines should take into consideration local microwave, STL and TTL links as well as the path between broadcast transmitters and the local cable TV off-air receiving locations. Moving a wind turbine a short distance may be enough to clear the Radiocommunication path and eliminate the potential for interference.

In the operational phase of the project, there are a number of mitigation methods available. These include replacing the receive antenna with one that has a better discrimination to the unwanted signals, relocating either the transmitter or receiver, or switching to an alternate means of receiving the off-air signal.

Although these solutions may not all be technically or economically viable in each situation, they can be used individually or in combinations to help reduce or eliminate any detrimental effects from the wind turbines.

The table on the following page provides examples of how these impacted areas may be determined. Any mitigating techniques contemplated should be discussed among the interested parties.

Table 1 - Guidelines for Determining the Impacted Areas

Systems	General guidelines
<p><u>Point-to-Point Systems:</u></p> <p>Microwave Hops STLS TTLS NTLS</p> <p>An example of a typical point-to-point impacted areas is shown in Section 2</p>	<p>1) For proximity reasons, wind turbines should be at least 1.0 km from both the transmit and receive locations, plus</p> <p>2) Outside this 1.0 km, a cylinder of diameter "L_c"², between the transmit and receive locations, should be cleared where:</p> $L_c^{(m)} = 52 \left(\frac{D^{(km)}}{F^{(GHz)}} \right)^{1/2} + 2B$ <p>L_c = Diameter of the cylinder in meters D = Transmit to receive path length in kilometers F = Frequency in GHz B = Length of one wind turbine blade</p>
<p><u>Over-the-Air Reception</u> (off-air pickup and broadcast receivers)</p> <p>MATV Receive Systems CATV Head Ends MMDS Systems VHF TV UHF TV DTV</p> <p>Examples of impacted areas are given in Section 3</p>	<p>FM: For proximity reasons, wind turbines should be at least 1.0 km from the FM transmitter.</p> <p>TV: Two conditions should be examined:</p> <p>1) For proximity reasons, wind turbines should be at least 1.0 km from any TV transmitter.</p> <p>2) No receivers should be within the impacted area "R", defined by:</p> $R = 0.051 * B * \sqrt{T}$ <p>R = the radius of the investigation zone in kilometers from the geographical center of the wind farm B = length of one of the wind turbine's blades in meters T = Number of turbines in the park</p>
<p><u>Satellite Systems</u></p> <p>DTH Satellite Ground Stations</p> <p>An example of a typical satellite ground station impacted area is shown in Section 4</p>	<p>1) For proximity reasons, wind turbines should be at least 1.0 km from the satellite transmit/receive location, plus</p> <p>2) Beyond this 1.0 km, a cone of width "L_c" should be clear of any wind turbines where "L_c" is defined as:</p> $L_c^{(m)} = 104 \left(\frac{D^{(km)}}{F^{(GHz)}} \right)^{1/2} + 2B$ <p>L_c = Width of the cone in meters D = Distance from the ground satellite antenna in kilometers (max distance = 10 km) F = Frequency in GHz B = Length of one wind turbine blade</p>
<p><u>Terrestrial Cellular Networks & Land Mobile Networks</u></p>	<p>FBI</p>
<p><u>Radar</u></p>	<p>TRD</p>

² Fixed-Link Wind-Turbine Exclusion Zone Method, D. F. Bacon & based on 3 x the maximum first Fresnel Zone clearance

¹ Electromagnetic Interference from Wind Turbines, Sengupta & Senoo, 1994, Equation 9.31 using typical values m=0.15, n=0.5, F=2.2, F=1, N=5, φ=0 deg., F_{max}=E_g and assuming a 10 db main path obstruction

⁴ Electromagnetic Interference from Wind Turbines, Sengupta & Senoo, Fig 482

2. Impacted Area Calculations for Point-to-Point Links

Point-to-Point Radiocommunication Links

These are defined as any point-to-point radiocommunication transmissions where it is primarily intended that the signal at the receive end will be re-transmitted in some forms or types of modulation. It includes such links as STLs (Studio to Transmitter Links), TTLs (Transmitter to Transmitter Links and NTLs (Network to Transmitter Links).

The impacted areas related to these systems are based on the path's Fresnel zone clearance and can be determined from the following two conditions stipulated in Table 1:

- A 1.0 km radius around the transmit and receive antennas, plus
- A cylinder between the transmitter and receiver outside of the one kilometer radius from either end defined by:

$$L_c(m) = 52 \left(\frac{D_0(km)}{F_0(GHz)} \right)^{1/2} + 2B$$

Example:

For a 25 km, 7.0 GHz microwave point-to-point hop, the Impacted areas, assuming the wind turbines in the area have 40m blades, are:

- 1.0 km around the transmitter and receiver ... plus

$$b) L_c(m) = 52 \left(\frac{25}{7} \right)^{1/2} + 2(40)$$

$$L_c = 178m$$

If there are any wind turbines within these boundaries, then it is recommended that a detailed impact analysis be undertaken by a qualified Radiocommunication Engineer.

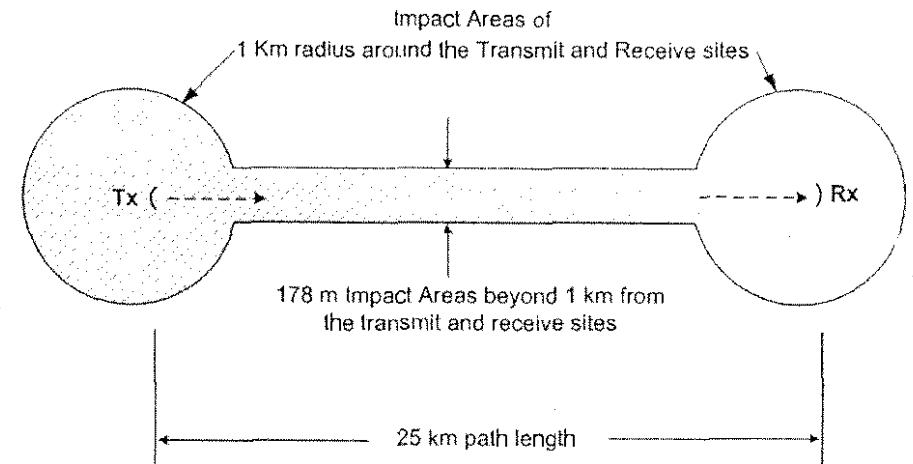


Fig 2.1 – Impacted areas for a Point-to-Point link

3. Impacted Area Calculations for Broadcast Receivers near Wind Turbines

Analogue and Digital TV Receivers Including Consumer Broadcast Receivers

Definition of a Wind Turbine Park

For all purposes of this note, a wind turbine Park is defined as a group of wind turbines where any two adjacent wind turbines are less than 3 kilometers apart. If groups of wind turbines are more than 3 kilometers apart then, from an impact perspective, they are considered as separate parks.

Determining the Worst Case Impacted Areas

The Radius of the impacted area can be determined through the following equation: if there are no analogue or digital TV receivers, including consumer receivers, located within the official coverage areas of the broadcast stations involved, that are within this impacted area then further analysis into the possible affects from the wind turbines is not required.

$$R = 0.051 * B * \sqrt{T}$$

Where:

R = the radius, in kilometers, of the impacted area from the geographic center of the wind farm

B = The length in meters of a **single** wind turbine blade

T = The number of wind turbines in the park

Examples:

Example 1

If you have 50 wind turbines in a single park (no wind turbine is more than 3 km away from an adjacent wind turbine) and each wind turbine has 30m blades, you would create an impacted area of:

$$R = 0.051 * 30 * \sqrt{50}$$

R = 11.0 km measured from the geographic center of the park

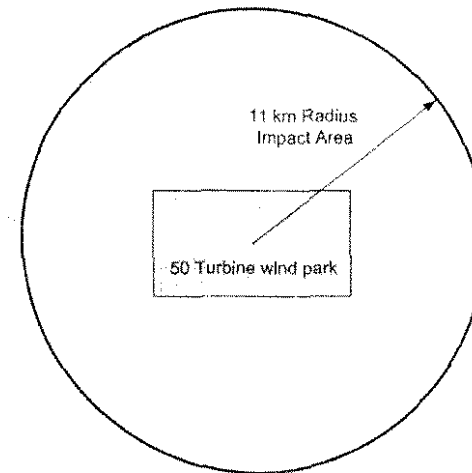


Figure 3. Impacted Area for a 50 Turbine Park

Example 2

If you had 50 wind turbines in a park and each wind turbine had 30m blades, but 25 of the wind turbines are clustered together on one hill and the other 25 are grouped on another hill 3 km away, then we would consider these as two separate parks and the impacted area would be:

$$R = 0.051 * 30 * \sqrt{25} \quad (\text{for Park1}) \text{ and}$$

$$R = 0.051 * 30 * \sqrt{25} \quad (\text{for Park2})$$

R = 7.8 km measured from the geographic center of each of the 2 parks.

If there are analogue or digital TV receivers, including consumer receivers, located within the official coverage areas of the broadcast stations involved, that are also within the impacted area then it is recommended that a detailed impact analysis be undertaken by a qualified Radiocommunication Engineer.

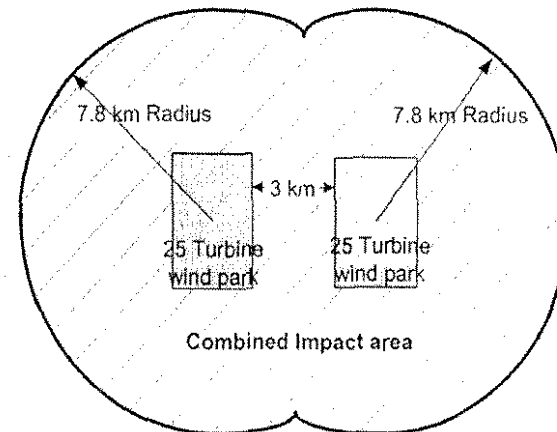


Figure 3.2 Impacted Area for 2 adjacent 25 Turbine wind Parks

4. Impact Area Calculations for Satellite Ground Stations

Satellite Ground Stations Including Direct-to-Home Receivers

Satellite ground stations are locations where broadcasters either receive RF signals from, or transmit signals to, geo-stationary orbiting satellites. The impacted areas related to these systems are defined in Table 1 as:

- A 1.0 km radius around the transmit and receive antennas plus
- A cone of width L_c defined as:

$$L_c(m) = 104 \left(\frac{D_{(km)}}{F_{(GHz)}} \right)^{1/2} + 2B$$

Example:

For a satellite ground station operating at 4.0 GHz, the impacted area, assuming the wind turbines have 40m blades, would be:

- a 1.0 km radius around the satellite ground station plus
- A conical shaped zone starting from 1.0 km from the satellite ground station and extending out 10 km defined by:

$$L_c(m) = 104 \left(\frac{10}{4} \right)^{1/2} + 2(40)$$

At 10 kilometers from the satellite ground station, the impacted area would be:

$$L_c = 244m$$

If there are any wind turbines inside these areas, then it is recommended that a detailed impact analysis be undertaken by a qualified Radiocommunication Engineer.

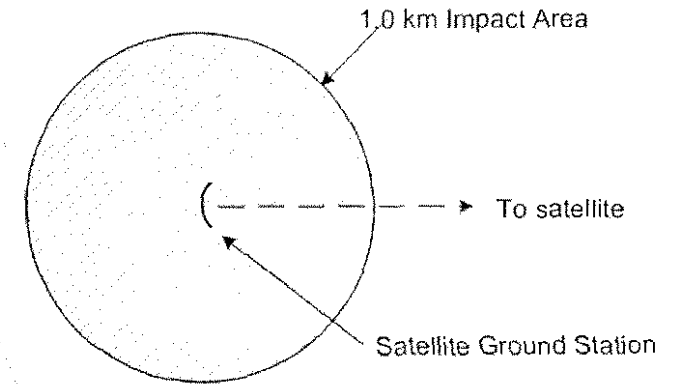


Fig 4.1 Impact Area within 1.0 km of the Satellite ground station

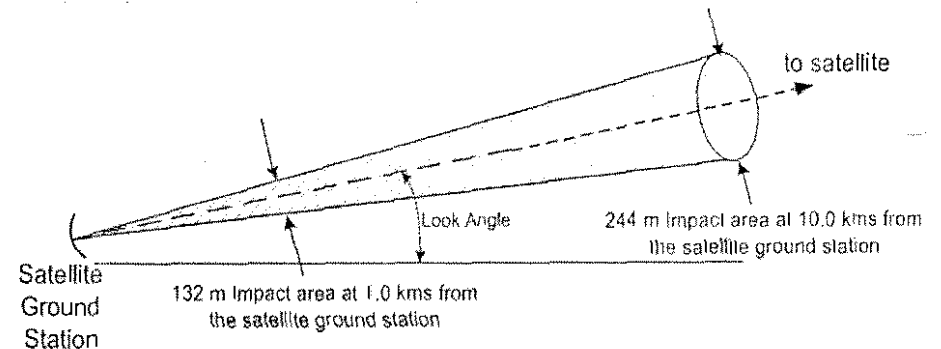


Fig 4.2 Impact area for a Satellite Ground Station from 1.0 km to 10 km

Glossary of Terms and Acronyms

Terms

D = Diameter of the circle circumscribed by the wind turbine blades (twice the length of one blade).

D/U = the ratio of the **Desired** (wanted) signal to the **Undesired** (interfering) signal.

$E_{PS,D}$ = Average Amplitude of the direct signal incident on each of the wind turbines in the park.

$E_{R,D}$ = Amplitude of the direct field at the receiver. Where the receivers are far from the transmitter $E_{PS,D} = E_{R,D}$.

$F_{A,W}$ = Antenna Factor in the direction of the wind turbine. Defines the antenna gain in the direction of the wind turbine.

F_E = Empirical Exceedance Factor. Based on a 1% probability that the observed scatter ratio will be greater than the idealized scatter ratio.

M = Number of clusters of wind turbines.

m_R = Modulation Perception Index – Dr. Sengupta's threshold at which the scattered signal becomes visible in the picture.

N = Number of wind turbines in a cluster operating synchronously at any time.

η_S = Signal scattering efficiency of the wind turbines. The ratio of the amount of signal reflected relative to the incident signal.

Radiocommunication – the transmission, emission or reception of signs, signals, writing, images, sounds or intelligence of any nature by means of electromagnetic waves of frequencies lower than 3 000 GHz propagated in space without artificial guide

Satellite ground stations = a fixed ground based parabolic antenna that either receives signals from, or transmits signals to, a geo-stationary communications satellite.

Φ = Angle between the direct and scattered signal.

ζ = Distance from the geographic center of the wind farm to the limit of the possible signal degradation zone in meters

Acronyms

CATV = Community Antenna TeleVision (Cable TV).

DTH = Direct to Home TV, (Subscription television service delivered by satellite).

DTV = Digital Television (using the Canadian ATSC standard).

MATV = Master Antenna Television, (off-air pickup location for TV and Radio channels fed to an apartment building or block of apartment buildings).

MMDS – Multi-channel Multipoint Distribution Service, (a wireless cable TV system that uses microwave frequencies to transmit TV signals to subscribers).

NLT = Network to Transmitter Link.

STL = Studio to Transmitter Link.

TBD = To Be Determined.

TTL = Transmitter to Transmitter Link (the wireless path between two transmitters where one of the transmitters receives its input signal off air from the other).

UHF-TV = Ultra High Frequency Television – a group of TV channels, numbered 14-69, that fall between 470 MHz and 806 MHz.

VHF-TV = Very High Frequency – Television, Group of TV channels, numbered 2-13, that fall between 50 MHz and 220 MHz.

References

- 1) BPR Part 4, *Application Procedures and Rules for a Television Broadcasting Undertaking*. – Industry Canada, 1997
- 2) *Electromagnetic Interference from Wind Turbines* – Sengupta & Senior, 1994
- 3) *Fixed-Link Wind-Turbine Exclusion Zone Method* - D. F. Bacon, October 2002
- 4) TB-5, *Report on Predicting Television Ghosting Interference and Picture Quality* – Industry Canada, July 1989 Issue 2
- 5) *The Impact of Large Buildings and Structures (including Wind Farms) on Terrestrial Television Reception* – BBC / RA / ITC