

232 P NP **DM24**

Projet d'aménagement d'un parc éolien dans la
MRC de Rivière-du-Loup

Rivière-du-Loup

6211-09-011

**EFFETS DES ÉOLIENNES SUR LA RÉCEPTION
DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION**

PROJET D'AMÉNAGEMENT D'UN PARC ÉOLIEN
DANS LA MRC DE RIVIÈRE-DU-LOUP

présenté par



Stratégie et planification
Systèmes de diffusion et Ingénierie de fréquences
1400, boul. René-Lévesque Est, Montréal,
QC H2L 2M2

Date : Juin 2006

Préparé par :

Martin Levert, ing. M.Sc.
Ingénieur
Technologies de Radio-Canada
Stratégie et planification

EFFETS DES ÉOLIENNES SUR LA RÉCEPTION DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION

TABLE DES MATIÈRES

SECTION no.	PAGE no.
1 INTRODUCTION	4
2 PHÉNOMÈNES EN CAUSE	4
2.1 Zones d'ombre	4
2.2 Réflexions	5
3 EFFETS SUR LA RÉCEPTION DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION	6
4 PROBABILITÉS DE DÉGRADATION	6
5 SOLUTIONS DE MITIGATION	7
5.1 Solutions préventives	7
5.2 Solutions palliatives	8
5.2.1 Remplacement ou repositionnement de l'antenne réceptrice	8
5.2.2 Installation du câble ou d'une antenne satellite	9
5.2.3 L'emploi des signaux de télévision numérique	9
6 LES ZONES DE COORDINATION ET L'ÉTUDE D'IMPACT DÉTAILLÉE	10
7 CONCLUSION	10

EFFETS DES ÉOLIENNES SUR LA RÉCEPTION DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU no.	PAGE no.
FIGURE 1: ZONES D'OMBRES DUES AUX STRUCTURES.....	4
FIGURE 2 : EXEMPLE D'IMAGES FANTÔME.....	5
FIGURE 3 : RÉFLEXION DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION.....	5
FIGURE 4 : POSITIONNEMENT DE L'ANTENNE DE RÉCEPTION.....	8
FIGURE 5 : REMPLACEMENT PAR UNE ANTENNE À FAISCEAU ÉTROIT	8

EFFETS DES ÉOLIENNES SUR LA RÉCEPTION DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION

1 INTRODUCTION

Le présent mémoire vise à informer la population vivant à proximité des parcs éoliens existants et futurs à propos des risques de dégradation des signaux électromagnétiques. Particulièrement la dégradation du signal que les éoliennes peuvent causer autant aux systèmes de transmission qu'à la réception de la télévision par voie hertzienne en général ou par satellite.

L'interférence provoquée par des éoliennes peut prendre deux formes : une image fantôme causée par la tour d'une éolienne ou une impulsion dynamique de la luminosité ou des couleurs causées par les pales rotatives. Les phénomènes en cause, les effets résultants, les probabilités de dégradation, les solutions de mitigation sont présentés dans les prochaines sections dans un langage que l'on veut clair et simple. Finalement, les objectifs de l'étude d'impact sur les radiocommunications et la radiodiffusion seront rapidement exposés.

2 PHÉNOMÈNES EN CAUSE

Un parc éolien, tout comme un édifice ou une montagne, dégrade significativement les signaux de télévision présents dans son environnement. Les dégradations peuvent se produire au niveau du lien point à point alimentant le site de diffusion ou directement sur les signaux diffusés.

Les dégradations engendrées sur les signaux diffusés sont principalement de deux types : les zones d'ombres et les réflexions. Ces problèmes sont causés par la présence de structures dans l'environnement de diffusion. Ces deux phénomènes sont expliqués brièvement dans les sous-sections suivantes.

Dans le cas des liens point à point, une ligne de vue exempte d'obstacles permet normalement une transmission efficace. C'est la nature des obstacles présents qui détermine les effets sur le signal transmis.

2.1 ZONES D'OMBRE

Les zones d'ombres sont causées par une masse située directement dans l'axe du signal direct entre l'antenne émettrice et l'antenne réceptrice. La Figure 1 présente le phénomène.

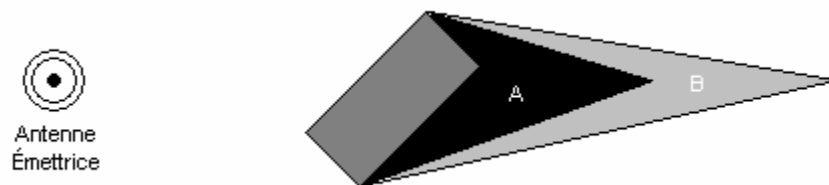


FIGURE 1: ZONES D'OMBRES DUES AUX STRUCTURES

La zone A, de la Figure 1, correspond à une atténuation du signal extrêmement sévère. À l'intérieur de cette zone, le signal est trop faible pour assurer un service adéquat. L'étendue de cette zone dépend de la taille de la structure et de sa composition. Cette zone d'ombre s'étend généralement à quelques dizaines de mètres autour de la structure impliquée. Pour un cas typique, la zone A peut s'étendre jusqu'à 250 mètres de la structure.

La zone B, de la Figure 1, correspond à une atténuation moins importante du signal, mais suffisante pour dégrader significativement le signal. Les contours de cette zone de brouillage sont déterminés par deux facteurs : la diffraction sur les arrêtes de la structure et les réflexions des structures environnantes. Pour un cas typique, la zone B peut s'étendre jusqu'à 5 kilomètres de la structure.

Au-delà de la zone B, de la Figure 1, les réflexions multiples sur les structures environnantes et la diffraction peuvent rendre la zone d'ombre presque inexistante.

EFFETS DES ÉOLIENNES SUR LA RÉCEPTION DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION

2.2 RÉFLEXIONS

La réflexion des signaux de télévision est la source des images fantômes. La Figure 2 présente une image fantôme.



FIGURE 2 : EXEMPLE D'IMAGES FANTÔME¹

Une image fantôme est un affichage simultané de deux images. Pour produire deux images, il faut deux signaux distincts. Le signal principal provient directement de l'antenne émettrice. Le second signal provient de la même antenne, mais il a été réfléchi sur une structure. La réflexion allonge le parcours du signal et par conséquent introduit un délai. Ce délai cause le décalage de l'image à l'écran, d'où l'image fantôme. La Figure 3 illustre cette situation.

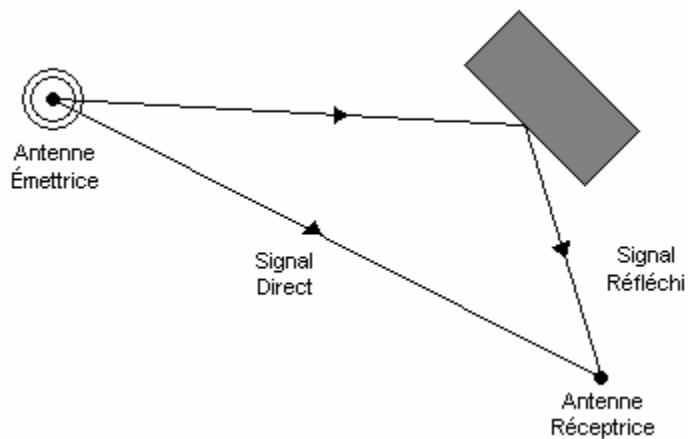


FIGURE 3 : RÉFLEXION DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION

¹ http://web.acma.gov.au/radcomm/publications/better_tv_radio/tv_ghosting.htm

EFFETS DES ÉOLIENNES SUR LA RÉCEPTION DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION

La position de la zone susceptible au brouillage par réflexion du signal varie en fonction des facteurs suivants :

- L'angle d'incidence du signal sur la surface de la structure;
- L'angle de la surface de la structure.

L'intensité du brouillage dépend des facteurs suivants :

- Le rapport de puissance entre le signal direct et le signal réfléchi;
- Le délai du signal réfléchi.

Le rapport de puissance entre le signal direct et le signal réfléchi est déterminé par la réflectivité, les longueurs d'ondes radio, et de la surface de la structure. Un rapport de puissance petit et/ou un long délai détériorent grandement la qualité de l'image².

3 EFFETS SUR LA RÉCEPTION DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION

Il existe deux types différents d'effets des éoliennes sur le signal de télévision : l'image fantôme et la pulsation de l'image.

Tel que mentionné à la section 2.2, les effets de la réflexion du signal sur la tour de support de l'éolienne est l'image fantôme. Si l'image fantôme est présente à un emplacement de réception, elle le demeure de façon permanente. Dans le cas d'un parc éolien, chaque éolienne individuellement a le potentiel de créer une image fantôme distincte. L'accumulation d'images fantômes au récepteur devient alors possible, selon la disposition des éoliennes.

Pour ce qui est des effets reliés à la rotation des pales, ils sont causés par une combinaison des phénomènes présentés à la section 2. Le résultat est une pulsation de l'intensité de l'image au même rythme que la rotation des pales. Il est aussi possible d'observer un changement périodique des couleurs de l'image, synchronisé avec le passage des pales. Dans les pires cas, la dégradation est tellement importante que le téléviseur ne peut se synchroniser sur le signal. Ce qui est alors présenté sur l'écran est une image qui « roule » de haut en bas.

Certains moyens de mitigation sont disponibles afin de minimiser ou d'éliminer les problèmes mentionnés, ils sont présentés à la section 5 de ce mémoire.

4 PROBABILITÉS DE DÉGRADATION

Cette section discute de la méthode de calcul servant à prédire les zones où les signaux de télévision seront affectés par la rotation des pales. Voici les différents éléments entrant dans la prédiction de la dégradation des signaux de télévision par les éoliennes :

- Le niveau de signal provenant directement de l'émetteur
- Le niveau de signal nuisible provenant de chacune des éoliennes d'un parc
- La combinaison des signaux nuisibles provenant de plusieurs éoliennes

Le premier calcul qui doit être effectué est le niveau de signal pour une station de télévision. Le niveau de signal calculé en un point de réception est le signal désiré (D).

Le deuxième élément à calculer est le niveau de signal nuisible provenant de chacune des éoliennes³.

Par la suite, si on additionne directement toutes les valeurs de signaux nuisibles, on obtient le pire des cas. En d'autres mots, on obtient le niveau maximal de signal nuisible(U) qui peut être généré par le parc éolien au point de réception.

À partir du niveau de signal désiré et de signal nuisible on peut déterminer si le signal nuisible est suffisamment élevé pour produire une dégradation significative à l'écran. Si le rapport D/U n'atteint pas le seuil déterminé, le point de réception évalué sera affecté par la présence du parc éolien.

² Sections 7.5 et 7.6 du document « Partie IV : Règles et procédures de demande relatives aux entreprises de radiodiffusion de télévision », Industrie Canada.

³ ITU-R Recommendation 805, « Assessment of Impairment to Television Reception by a Wind Turbine ».

EFFETS DES ÉOLIENNES SUR LA RÉCEPTION DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION

En radiodiffusion, un pourcentage de temps de 10% où l'interférence est nuisible est le seuil d'acceptabilité, sous certaines conditions. C'est-à-dire, que 90% du temps la réception sera d'un niveau acceptable et 10% du temps l'interférence est d'un niveau suffisant pour nuire significativement à la réception. Toute source d'interférence produisant un niveau nuisible plus de 10% du temps devra être préalablement acceptée par le radiodiffuseur affecté.

Aux points de réception affectés par la présence du parc éolien, la distribution des vents sert à évaluer le pourcentage du temps où le niveau de signal nuisible sera supérieur au seuil acceptable. Si ce pourcentage demeure sous 10%, la source de signal nuisible devient acceptable.

Voici un exemple illustrant ce concept :

Un parc éolien produit un niveau de signal nuisible trop élevé pour 2 points de réception, point A et point B.

Au point A, lorsque le vent souffle du nord-est le seuil est dépassé et la dégradation de la réception est significative.

Dans cette région, le vent souffle 25% du temps du nord-est. Donc il y aura une dégradation de la réception du signal de télévision 25% du temps. Le signal nuisible provenant du parc est inacceptable.

Au point B, lorsque le vent souffle du nord le seuil est dépassé et la dégradation de la réception est significative.

Dans cette région, le vent souffle 5% du temps du nord. Donc il y aura une dégradation de la réception du signal de télévision 5% du temps. Le signal nuisible provenant du parc est acceptable.

La méthodologie de calcul doit être répétée pour l'ensemble de la zone d'étude. Il suffit de quadriller la zone d'étude et de faire le calcul pour chacune des cases.

Pour ce qui est de la dégradation due aux images fantômes, causées par les tours de support, elle est permanente et constante dans le temps. Il n'y a donc pas de probabilité associée à ce type de dégradation. Il suffit de tenir compte de l'ensemble des structures de support dans les calculs afin de prédire le niveau de dégradation total.

5 SOLUTIONS DE MITIGATION

L'amélioration de la réception des signaux de télévision peut se faire de manière préventive ou palliative.

5.1 SOLUTIONS PRÉVENTIVES

Lorsque des problèmes de brouillage possible des signaux de télévision sont identifiés dès la phase de conception du parc éolien, le promoteur peut envisager différentes modifications aux futures structures. Ces modifications sont les suivantes :

- Déplacer une ou plusieurs éoliennes;
- Limiter l'arc de rotation des pales;
- Employer des pylônes de support en béton plutôt qu'en acier;
- Utiliser des revêtements absorbant les signaux électromagnétiques.

Le déplacement d'une éolienne d'une zone critique vers une zone masquée par un obstacle déjà existant est la solution idéale. Il peut aussi être possible de disposer les éoliennes de manière à minimiser les zones d'interférences. Une possibilité consiste à positionner une nouvelle éolienne dans la zone d'interférence créée par une éolienne existante.

La limitation de l'arc de rotation des pales vise à éviter les positions des pales produisant des réflexions nuisibles. En évitant les réflexions de signaux vers des zones habitées, on évite les problèmes de réception par la population à proximité.

De plus, si une éolienne est située dans un emplacement produisant une image fantôme fixe dérangeante, l'emploi d'un pylône en béton peut diminuer la réflexion du signal. De ce fait, on peut minimiser l'image fantôme.

Ces mesures préventives visent à minimiser l'impact du parc éolien sur les signaux de télévision. Dans le meilleur des cas, on peut éviter le recours à des solutions palliatives très coûteuses.

EFFETS DES ÉOLIENNES SUR LA RÉCEPTION DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION

5.2 SOLUTIONS PALLIATIVES

5.2.1 Remplacement ou repositionnement de l'antenne réceptrice

Dans certaines situations, les mesures préventives ne permettront pas d'éliminer complètement les zones de brouillage du parc éolien. Il existe certaines solutions palliatives qui peuvent être étudiées dès les premières phases de conception du parc. Les principales solutions utilisées sont les suivantes :

- Déplacer l'antenne réceptrice;
- Remplacer l'antenne réceptrice par une antenne à faisceau étroit.

Le déplacement de l'antenne réceptrice peut permettre d'éliminer ou de réduire le brouillage. En se servant d'une structure comme écran, on peut éliminer ou réduire la puissance de signal réfléchi. La Figure 4 présente une situation propice à un déplacement d'antenne.

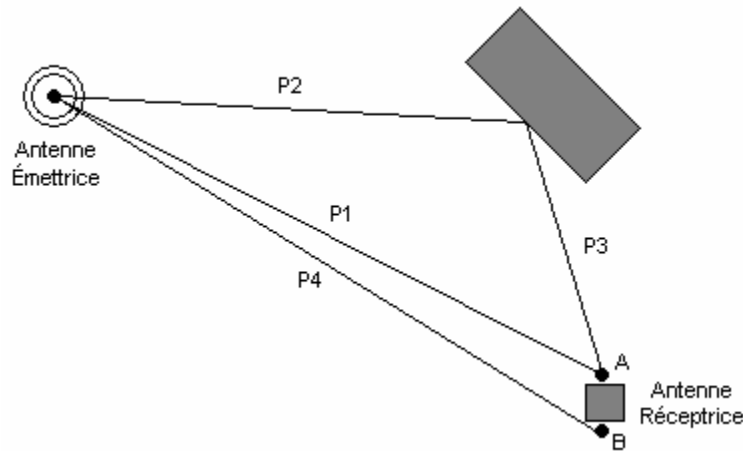


FIGURE 4 : POSITIONNEMENT DE L'ANTENNE DE RÉCEPTION

En déplaçant l'antenne réceptrice du point A au point B, on utilise la structure comme écran. Les signaux réfléchis sont alors beaucoup plus faibles ou complètement atténués. Par conséquent, l'image fantôme peut être éliminée ou fortement atténuée.

L'emploi d'une antenne à faisceau étroit permet, dans certaines situations, d'éliminer ou d'atténuer grandement les images fantômes. Pour que l'emploi d'une antenne à faisceau étroit donne des résultats satisfaisant, l'angle entre le signal direct et le signal réfléchi doit être assez grand. Un schéma explicatif est présenté à la Figure 5.

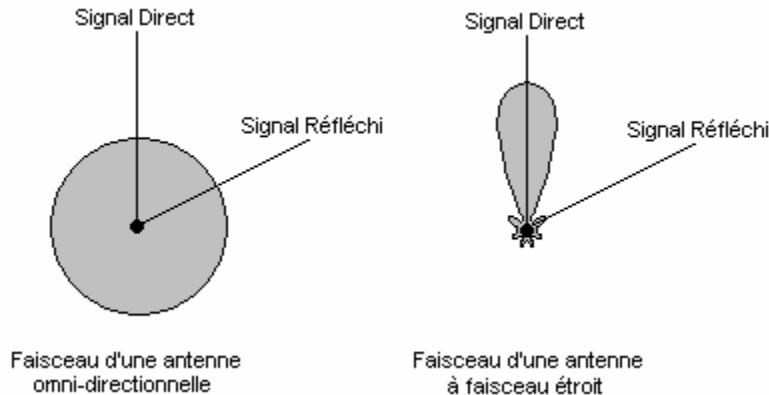


FIGURE 5 : REMPLACEMENT PAR UNE ANTENNE À FAISCEAU ÉTROIT

EFFETS DES ÉOLIENNES SUR LA RÉCEPTION DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION

Avec l'emploi d'une antenne à faisceau étroit, on favorise le signal direct et on défavorise le signal réfléchi. Ce qui a pour effet de ramener le rapport de puissance entre le signal direct et le signal réfléchi à des valeurs plus adéquates. Cependant, si l'angle entre le signal direct et le signal réfléchi est trop mince, les deux signaux pénétreront le faisceau. Dans ce cas, l'emploi d'une antenne à faisceau étroit n'améliore aucunement la situation.

5.2.2 Installation du câble ou d'une antenne satellite

Dans les cas où la réorientation ou le remplacement de l'antenne de réception ne permet pas de régler les problèmes de réception, l'installation du câble ou d'une antenne de réception satellite peut être envisagée. Il ne faut cependant pas négliger de vérifier la disponibilité des signaux affectés par les éoliennes sur ces systèmes de distribution. La programmation locale, tel les bulletins de nouvelles, n'est peut-être pas disponible sur ces systèmes de distribution.

De plus, dans le cas de la réception satellite, il se peut que la disposition des éoliennes nuise également à la réception des signaux et que cette solution devienne inutilisable. Pour plus de détails concernant la réception des signaux par satellite, veuillez consulter le document « *Information technique sur l'évaluation des impacts potentiels des éoliennes sur les systèmes de radiocommunication* », qui est en annexe du document PR6.1 (page 12) versé au dossier public de l'audience publique sur le *Projet d'aménagement d'un parc éolien dans la MRC de Rivière-du-Loup*.

5.2.3 L'emploi des signaux de télévision numérique

L'avènement graduel de la diffusion de la télévision numérique doit être inclus dans le développement des parcs éoliens. Les signaux de télévision numérique sont modulés de manière totalement différente des signaux analogiques. Cependant, la migration vers la télévision numérique ne constitue pas un moyen de mitigation. Il s'agit plutôt d'une contrainte supplémentaire à considérer au moment de la conception d'un parc éolien.

L'encodage numérique des signaux offre les avantages suivants :

- Meilleure qualité des images;
- Meilleure utilisation du spectre;
- Meilleure résistance à **certain**s types de dégradations du signal;

De plus, dès que le niveau minimal est atteint, le signal ne peut plus être décodé et l'image est perdue. En analogique, l'image se dégrade progressivement avec la diminution du niveau ou de la qualité du signal.

Les images fantômes n'existent pas en télévision numérique. Toutefois, les réflexions posent toujours des problèmes. La norme canadienne en télévision numérique est l'ATSC⁴. La norme ATSC est basée sur une modulation d'amplitude, ce qui la rend très vulnérable aux interférences produites par la rotation des pales d'éoliennes.

Les récepteurs ATSC comportent un système de compensation des délais. Ce système est très efficace pour les délais fixes, c'est-à-dire pour une réflexion sur une structure fixe. Dans le cas d'un délai variable, le système ne permet pas de corriger les signaux reçus. Le signal étant inutilisable pour le décodeur, aucune image ne peut être produite.

Dans ces situations, l'image peut se pixéliser, se bloquer ou être perdue. Le son peut aussi être affecté. Les réflexions sont particulièrement dommageables lorsque le signal direct est atténué.

Les zones d'ombre sont aussi problématiques qu'en analogique. Si le récepteur ne dispose pas d'un signal suffisamment puissant, le décodeur ne peut effectuer son travail.

La norme ATSC ne constitue pas une solution aux problèmes de brouillage des signaux diffusés. Les signaux diffusés doivent être de qualité suffisante pour permettre leur décodage.

⁴ ATSC: Advanced Television Systems Committee. Pour plus d'information sur cette norme : <http://www.atsc.org/>

EFFETS DES ÉOLIENNES SUR LA RÉCEPTION DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION

6 LES ZONES DE COORDINATION ET L'ÉTUDE D'IMPACT DÉTAILLÉE

Le document « *Information technique sur l'évaluation des impacts potentiels des éoliennes sur les systèmes de radiocommunication* », qui est en annexe du document PR6.1 versé au dossier public de l'audience publique sur le *Projet d'aménagement d'un parc éolien dans la MRC de Rivière-du-Loup*, permet d'établir les zones à risque pour les différents systèmes de radiocommunication. Si les éoliennes, les émetteurs et les récepteurs se trouvent à l'extérieur des zones mentionnées, aucune étude supplémentaire n'est nécessaire.

Par contre, si les zones à risque ne sont pas exemptes d'émetteurs, récepteurs ou éoliennes, une étude d'impact détaillée est nécessaire. Un des facteurs déterminant de l'impact des éoliennes pour les systèmes de radiocommunication est le positionnement des structures. L'emplacement prévu des différentes éoliennes doit être connu à un bon niveau de précision. De plus, l'étude permet de vérifier si l'utilisation des moyens de mitigations, présentés à la section 5 est possible dans le cadre d'un projet particulier.

7 CONCLUSION

Les différents éléments présentés dans le mémoire sont valables pour tous les projets éoliens. Cependant, les effets des parcs éoliens seront différents selon les projets. Afin d'évaluer l'impact d'un parc en particulier, une étude d'impact propre à ce parc est nécessaire, lorsque les zones de coordination ne sont pas dégagées. L'étude devrait inclure l'évaluation de l'efficacité des moyens de mitigation disponibles. Le positionnement des éoliennes étant l'élément clé de l'étude, elle doit être effectuée lorsque l'emplacement prévu des éoliennes est déterminé.