



**Conseil consultatif canadien de la radio (CCCR)**

**Association canadienne de l'énergie éolienne (CanWEA)**

**Information technique et processus de  
coordination entre les (projets éoliens?)  
et les  
systèmes de radiocommunication et les  
systèmes radar**

**Mis à jour le 12 septembre 2018**

# Table des matières

Avant-propos .....	3
1.1 Processus recommandé.....	3
1.2 Application des lignes directrices .....	4
1.3 Coordonnées des éditeurs .....	5
2. Effets des éoliennes sur les systèmes de radiocommunication et les systèmes radar.....	5
2.1 Généralités.....	5
2.2 Effets sur les systèmes de radiocommunication.....	5
Effet d'ombre.....	6
Réflexions de type miroir.....	6
Dispersion .....	7
Rerayonnement AM .....	7
2.3 Effets sur les systèmes radar.....	8
Blocage.....	8
Échos parasites .....	8
Signal Doppler .....	9
Préoccupations relatives aux radars de défense aérienne.....	9
Préoccupations relatives aux radars de contrôle de la circulation aérienne (ATC).....	9
Préoccupations relatives aux radars de contrôle du trafic maritime.....	10
3. Calculs de la zone de consultation.....	14
3.1 Liaisons de radiocommunication point à point .....	14
Exemple : .....	14
3.2 Réception télévisuelle à proximité d'éoliennes .....	15
Récepteurs de télévision analogique et numérique, incluant les récepteurs de radiodiffusion domestiques .....	15
3.3 Stations terrestres .....	16
Stations terrestres incluant les récepteurs satellite à domicile.....	16
Exemple : .....	16
Références.....	17

# Avant-propos

Les personnes qui ont collaboré à la rédaction du présent document sont entièrement favorables au développement de projets éoliens et reconnaissent que l'aménagement efficace et approprié de tels projets est bénéfique pour l'environnement et l'économie.

De plus, elles sont également d'avis que les systèmes de radiocommunication<sup>1</sup> et les systèmes de radiodétection et de télémétrie (radar) sont eux aussi importants pour les Canadiens et qu'il faut en tenir compte au moment d'évaluer les emplacements proposés pour des éoliennes.

Ce document a été rédigé par un large éventail d'intervenants et il reflète un consensus général quant à la démarche analytique et aux seuils acceptables recommandés pour le Canada. Il s'harmonise également, dans la mesure du possible, avec la documentation existante ou qui est en voie d'élaboration dans d'autres pays.

## 1. Introduction

Ce document vise à faciliter une cohabitation efficace entre les systèmes de radiocommunication et les systèmes radar existants et les projets éoliens, en favorisant un échange d'information rapide et efficace.

On y décrit, à l'intention des promoteurs éoliens, le processus recommandé pour évaluer les zones de consultation qui s'appliquent aux systèmes de radiocommunication et aux systèmes radar divulgués (dont l'existence est de nature publique). On y précise également les organismes qui doivent être consultés durant la planification et l'aménagement d'un parc éolien puisque ceux-ci possèdent des systèmes non divulgués (ex., **Ministère de la Défense nationale (MDN)**).

### 1.1 Processus recommandé

Les éoliennes – qu'il n'y en ait qu'une seule ou qu'elles soient regroupées à l'intérieur d'un parc éolien – peuvent avoir un impact négatif sur les systèmes de radiocommunication et les systèmes radar. Il est donc recommandé de mener, dès les débuts du projet éolien, des consultations avec les intervenants concernés, afin de s'assurer que l'installation ne causera pas un niveau de brouillage inacceptable et ne mènera pas ultérieurement à des changements ou des retards coûteux.

Au Canada, la responsabilité de la réglementation du spectre des radiofréquences incombe à Industrie Canada. Bien que des études aient démontré que l'installation d'une éolienne peut altérer le diagramme de gain d'antennes situées à proximité, les pouvoirs d'Industrie Canada dans ce domaine ne s'étendent pas à la compatibilité entre, d'une part, les systèmes de radiocommunication installés par des utilisateurs du spectre des radiofréquences et, d'autre part, l'aménagement d'éoliennes ou d'autres structures physiques telles que des lignes de transport d'électricité, des silos ou des immeubles. Industrie Canada tient toutefois une base de données sur les installations radio accessibles au public qui peut être consultée par les promoteurs éoliens. Si nécessaire, ces derniers peuvent aussi communiquer avec Industrie Canada pour savoir s'il existe d'autres renseignements disponibles sur les installations de radiocommunication.

Il est ainsi possible de connaître l'emplacement des systèmes de radiocommunication et des systèmes radar existants à l'intérieur d'une zone de recherche ou d'une zone de consultation précise, en utilisant l'outil Internet d'Industrie Canada *Spectre en direct* pour faire une recherche sur les fréquences divulguées. Il convient toutefois de préciser que le public n'a pas accès à tous les (enregistrements)de licences. Les enregistrements qui ne figurent pas dans cette base de données concernent pour la plupart des organismes qui offrent des services de sécurité publique à l'échelle nationale, provinciale ou municipale et d'autres organismes de consultation obligatoire mentionnés au

---

<sup>1</sup> La radiocommunication désigne toute transmission, émission ou réception de signes, de signaux, d'écrits, d'images, de sons ou de renseignements de toute nature, au moyen d'ondes électromagnétiques de fréquences inférieures à 3 000 GHz transmises dans l'espace sans guide artificiel.

tableau 1. Les promoteurs de projets d'éoliens doivent communiquer avec ces organismes afin de pouvoir évaluer l'impact que des éoliennes pourraient avoir sur leurs systèmes de radiocommunication ou systèmes radar.

Les paragraphes suivants décrivent la marche à suivre recommandée pour éviter des problèmes potentiels :

- Étape 1 Le promoteur du projet éolien prépare une carte qui illustre l'emplacement du parc éolien proposé, en se basant sur l'information alors disponible. Le promoteur recueille et fournit des données préliminaires sur le projet proposé, notamment les coordonnées de la zone du projet, le type représentatif d'appareil qui sera utilisé et le nombre proposé d'éoliennes.
- Étape 2 Le promoteur envoie un avis de consultation à tous les organismes de consultation obligatoire qui exploitent des systèmes non-divulgués (voir le tableau 1), en y indiquant l'emplacement proposé pour le parc éolien et des renseignements préliminaires sur le projet. Ces organismes feront connaître leur réponse rapidement, au plus 21 jours après la réception de l'avis initial.
- Étape 3 Le promoteur détermine si, en vertu des dispositions des présentes lignes directrices, la zone de projet proposée chevauche ou croise la zone de consultation d'un système divulgué. .
- Étape 4 S'il appert, à la lecture des présentes lignes directrices ou après consultation d'un organisme concerné, qu'une installation proposée se situe dans une zone de consultation, le promoteur communique avec l'autorité responsable ou le propriétaire du système ( divulgué ou non-divulgué) pour déterminer s'il doit y avoir une étude plus approfondie. Le propriétaire ou l'autorité responsable du système visé répondra au promoteur rapidement, dans un délai d'au plus 60 jours suivant sa première communication avec le promoteur.
- Étape 5 Le promoteur et l'autorité compétente ou le propriétaire du système ( divulgué ou non-divulgué) mènent les études nécessaires et définissent les mesures d'atténuation requises pour résoudre le litige à la satisfaction des deux parties. Le promoteur du parc éolien établit une carte illustrant l'emplacement du parc éolien proposé et de toutes les éoliennes qui doivent s'y trouver.

## 1.2 Application des lignes directrices

Les présentes lignes directrices s'appliquent aux étapes 2 et 3 du processus précité. Elles se veulent un outil de gestion des risques pour aider les promoteurs de projets éoliens et les exploitants de systèmes radar et de systèmes de radiocommunication à éviter tout conflit potentiel à un stade précoce de l'aménagement d'un parc éolien. Ces lignes directrices définissent essentiellement une série de méthodes d'analyse et de seuils pour aider à préciser les endroits où il *pourrait* y avoir brouillage, et elles constituent à ce titre un outil à utiliser sur une base volontaire (mais fortement recommandé) servant à déterminer quand le promoteur devrait informer les autorités compétentes. *Les lignes directrices ne se veulent pas un document réglementaire et ne devraient pas servir de fondement à quelque décision réglementaire.*

Il est également important de souligner que les lignes directrices ne permettent pas en soi de savoir si un projet causera *véritablement* un brouillage inacceptable. Il est en effet très complexe de déterminer si un projet éolien causera un brouillage inacceptable aux systèmes de radiocommunication et de radars existants. En fait, il est impossible d'établir de façon catégorique s'il y aura brouillage à moins de mener une analyse spécifique du site. Cet aspect déborde toutefois du cadre des présentes lignes directrices, qui ne traitent pas de la portée des analyses spécifiques, ni des mesures d'atténuation qui pourraient s'avérer nécessaires. Il convient par ailleurs de noter que toute analyse ou tout rapport produit en application des présentes lignes directrices ne peut remplacer quelque autre étude qui pourrait être exigée dans le cadre d'un processus d'approbation plus vaste. L'utilisation des renseignements du tableau 2 et des modèles de calculs présentés à la section 3 ne devrait être considérée que comme une première étape servant d'indicateur initial du risque de brouillage : une étude technique détaillée pourrait aussi être nécessaire pour évaluer les impacts et examiner les problèmes potentiels<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Les coordonnées géographiques de l'emplacement des tours de radiocommunication et des radars, qui figurent dans la base de données d'Industrie Canada, doivent être vérifiées avant toute analyse.

## 1.3 Coordonnées des éditeurs

Conseil consultatif canadien de la radio	CCCR Site Web : <a href="http://www.rabc.ottawa.on.ca/e/index.cfm">http://www.rabc.ottawa.on.ca/e/index.cfm</a> Courriel : <a href="mailto:rabc.gm@on.aibn.com">rabc.gm@on.aibn.com</a> Téléphone : 1-888-902-5768 ou 613-230-3261 Télécopieur : 613-230-3262
Association canadienne de l'énergie éolienne	CanWEA Site Web : <a href="http://www.canwea.ca/">http://www.canwea.ca/</a> Courriel : <a href="mailto:info@canwea.ca">info@canwea.ca</a> Téléphone : 1-800-922-6932 ou 613-234-8716 Télécopieur : 613-234-5642

## 2. Effets des éoliennes sur les systèmes de radiocommunication et les systèmes radar

### 2.1 Généralités

Des études<sup>3</sup> ont démontré que les pales en rotation et la structure de soutien d'une éolienne peuvent altérer les signaux RF (radiofréquences) à modulation d'amplitude (AM). Les signaux à modulation de fréquence (FM) sont beaucoup moins sensibles à ce phénomène et pourraient n'être altérés que s'ils se trouvent en proximité immédiate d'une éolienne.

Des expériences et des études menées en Europe et aux États-Unis montrent que la structure et les pales rotatives de la tour ou de l'éolienne peuvent brouiller les signaux des radars conventionnels et des radars Doppler (voir les références). Les éoliennes qui se trouvent dans la ligne de vue (de visée) d'un radar peuvent donc altérer les données radar.

Sur la base de cette information, la proximité d'éoliennes pourrait nuire aux systèmes suivants :

- systèmes de réception de câblodistribution par antenne (réception directe) (têtes de ligne);
- systèmes de liaison ascendante et de réception par satellite;
- systèmes de réception de diffusion directe (DTH) (Shaw Direct, Bell TV);
- radars (d'observation météorologique, de défense et de contrôle de la circulation aérienne);
- systèmes de communication et de guidage des aéroports;
- systèmes de radiodiffusion – radio (AM, FM) et télévision (analogique et numérique);
- systèmes radar de communication et de contrôle du trafic maritime de la Garde côtière;
- systèmes de radiocommunication point à point;
- systèmes de radiocommunication point à multipoint;
- réseaux cellulaires et réseaux mobiles terrestres.

Les éoliennes peuvent altérer les signaux de radiocommunication et les signaux radar de diverses façons, notamment en créant des zones d'ombre, des réflexions de type miroir (spéculaire) ou des échos parasites ou en causant la dispersion des signaux.

### 2.2 Effets sur les systèmes de radiocommunication

Les impacts sur les systèmes de radiocommunication peuvent être divisés en deux catégories, selon qu'il s'agit de systèmes de radiodiffusion (y compris les réseaux cellulaires) ou de systèmes point à point [y compris les liaisons hertziennes locales, les liaisons studio-émetteur (LSE) et les liaisons

---

<sup>3</sup> *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.

émetteur-émetteur<sup>4</sup> (LEE), unidirectionnelles ou bidirectionnelles] et point à multipoint. Les effets de propagation varient en fonction du type de modulation utilisée [AM (ex., radio AM, télévision analogique et numérique) ou FM/PM (ex., radio FM)] et des obstructions du parcours. Les zones touchées et les mesures d'atténuation requises diffèrent donc selon le type de système.

## Obstruction du parcours – Systèmes point à point

Dans le cas des faisceaux hertziens point à point, il doit y avoir dégagement de la ligne de vue entre les deux antennes, et toute obstruction le long de ce trajet optique atténuera grandement le signal radio et rendra le parcours inutilisable. Cependant, la ligne de vue ne signifie pas seulement qu'il faut pouvoir voir d'un point à un autre; il doit aussi y avoir dégagement de la zone de Fresnel<sup>5</sup>.



## Effet d'ombre

De gros obstacles tels que des immeubles, des collines ou des parcs éoliens peuvent créer des zones d'ombrage qui bloquent la ligne de vue entre le récepteur et l'émetteur. Il existe deux types de zones d'ombre : les zones « A » à

l'intérieur desquelles le blocage cause un affaiblissement marqué du signal et rend difficile, voire impossible, la réception d'un signal utilisable et les zones « B » où l'atténuation du signal est moindre que dans les zones « A », ce qui permet au récepteur de continuer de capter un signal utilisable. L'étendue de chacune de ces zones varie en fonction de la forme et de la composition de l'obstacle. En général, la zone « B » peut s'étendre jusqu'à 10 km de l'obstacle.

## Réflexions de type miroir

Il se produit une réflexion de type miroir (spéculaire) lorsque le signal de l'émetteur se réverbère sur un obstacle avant d'être capté par l'antenne. Ce signal réverbéré doit parcourir un trajet plus long que le signal direct, ce qui entraîne un retard à la réception. Lorsque deux signaux sont reçus simultanément dans un récepteur AM conventionnel mais que l'un d'eux est retardé, le signal retardé peut dégrader le signal direct. Dans des cas extrêmes, cette dégradation du signal peut aussi se produire avec des récepteurs FM. Ces réflexions se produisent principalement dans la zone de dispersion arrière.

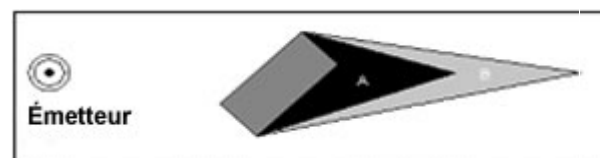


Figure 1.1 – Zones d'ombrage créées par les structures

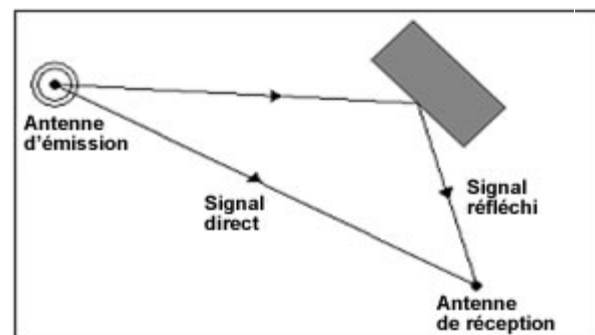


Figure 1.2 – Réflexions de type miroir

<sup>4</sup> La liaison d'émetteur à émetteur désigne le parcours sans fil entre deux émetteurs dont l'un reçoit son signal d'entrée en réception directe de l'autre.

<sup>5</sup> La première zone de Fresnel se définit comme la zone ellipsoïde comprise entre les deux antennes et à l'intérieur de laquelle tous les trajets de propagation possibles ne varient pas plus d'une demi-longueur d'onde de la longueur totale du trajet direct.

## Dispersion

Lorsqu'un signal de radiocommunication atteint une éolienne, la structure de soutien et les pales rotatives peuvent causer une dispersion pulsée du signal synchronisée avec la vitesse de rotation des pales. Ces impulsions dispersées ajoutent un effet Doppler, qui entraîne des variations de phase et d'amplitude du signal parvenant à l'émetteur. Cet effet de dispersion se produit tout autour de l'éolienne, mais ses particularités varient selon qu'il survienne dans la zone de dispersion avant ou arrière.

Dans la zone de dispersion avant, qui englobe un secteur relativement étroit derrière l'éolienne vue de l'émetteur, il se produit un effet analogue à l'effet d'ombre et l'amplitude et la phase du signal varient de manière synchronisée avec la rotation des pales.

Dans la zone de dispersion arrière, qui englobe une zone plus vaste des deux côtés et à l'avant de l'éolienne vue de l'émetteur, l'effet se compare à la réflexion d'un miroir. Cependant, là encore, le signal dispersé subit des variations de phase et d'amplitude lorsque l'éolienne fonctionne.

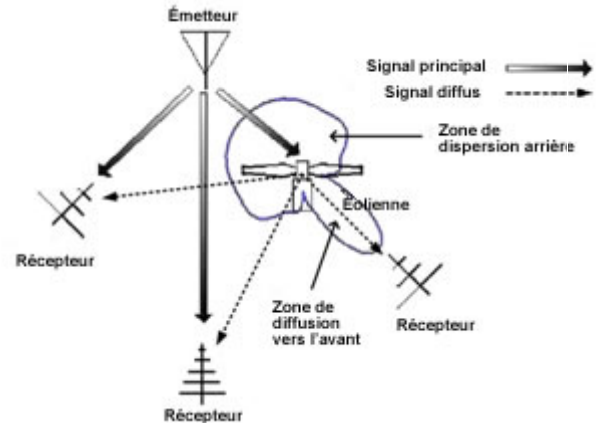


Figure 1.3 – Zones dispersion avant et arrière

## Rerayonnement AM

Les antennes radio AM sont sensibles à la présence de toute structure haute faite d'un matériau conducteur. Le rerayonnement qui se produit à partir des structures de soutien d'acier de l'éolienne peut modifier le diagramme de rayonnement des stations AM et brouiller les autres stations.

Pour autant que nous le sachions, l'impact réel des structures d'éoliennes (qu'il y en ait une seule ou plusieurs) sur le diagramme de rayonnement des antennes AM n'a pas encore été documenté. Cependant, comme la hauteur de ces structures se compare souvent à celle des pylônes d'antenne AM, les promoteurs devraient planifier avec prudence l'aménagement de parcs éoliens à proximité d'émetteurs AM.

Selon la modélisation basée sur des hypothèses prudentes, il faut prévoir une zone de consultation d'un rayon de 5 km si l'antenne est omnidirectionnelle et de 15 km si elle est directionnelle, pour que la déformation du diagramme de gain d'antenne se situe dans les limites fixées en vertu des règlements canadiens et des accords internationaux. Il pourrait toutefois être possible d'aménager des éoliennes dans un rayon beaucoup plus court, surtout s'il s'agit d'antennes directionnelles. Le cas échéant, une étude de compatibilité détaillée serait exigée dans chaque cas.

## Obstructions géographiques

À l'exception des systèmes radar, les effets de la proximité d'éoliennes sur les signaux de radiocommunication sont amplifiés lorsque le parcours du signal principal entre l'émetteur et le récepteur est partiellement obstrué, mais que les parcours entre l'émetteur et les éoliennes et entre les éoliennes et le récepteur ne le sont pas. En pareilles circonstances, le rapport entre le signal utile et le signal brouilleur (D/U) au récepteur est réduit, ce qui a pour effet d'amplifier les effets nuisibles des éoliennes.

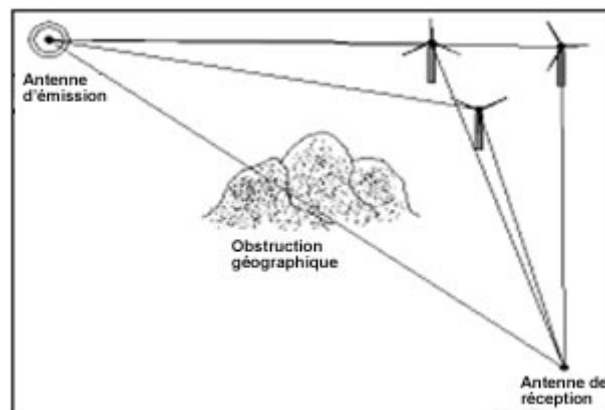


Figure 1.4 Obstructions géographiques sur le parcours principal du signal

## 2.3 Effets sur les systèmes radar

Un certain nombre de systèmes radar différents sont utilisés pour détecter des cibles aériennes ou maritimes et des phénomènes météorologiques, et le fonctionnement de tous ces systèmes peut être altéré par des éoliennes. Il n'est pas facile de déterminer les effets d'une éolienne sur un système radar. On sait toutefois qu'un parc éolien situé directement dans la ligne de vue du radar peut nuire au rendement de ce radar, car les structures de soutien et les pales rotatives peuvent créer une source d'interférence. Des éoliennes situées directement dans la ligne de vue du radar peuvent masquer les cibles réelles, créer de fausses cibles ou désensibiliser le radar (hausser le plancher de bruit) à l'intérieur du secteur du radar où elles se trouvent et créer ainsi des problèmes de brouillage et de sécurité aérienne.

Chaque emplacement proposé devrait être examiné au cas par cas, car la zone de couverture d'un radar varie en fonction de son emplacement et de la topographie de la région environnante.

### Blocage

Une éolienne unique située à proximité immédiate d'un emplacement radar ou un groupe d'éoliennes situé à une certaine distance, peuvent bloquer un secteur angulaire du faisceau radar. Selon la norme européenne OPERA (*Operational Programme for the Exchange of Weather Radar Information*), le blocage ne doit pas occulter plus de 10 % de la largeur de faisceau pour que son effet soit négligeable. Un blocage important pourrait entraîner la perte de données météorologiques, ce qui pourrait altérer la performance opérationnelle du radar (ex., détection des tempêtes, détermination de l'intensité des précipitations ou du taux d'accumulation de neige et détection du cisaillement du vent en basse altitude) et faire en sorte que le radar ne puisse détecter des conditions climatiques extrêmes. Pour les radars de défense aérienne, de contrôle de la circulation aérienne ou du trafic maritime, il est probable que le niveau inacceptable de blocage soit inférieur à 10 %, compte tenu de l'importance de ces installations sur le plan opérationnel.

### Échos parasites

Le fouillis d'échos se définit comme un ensemble d'échos parasites sur un affichage radar. Dans le cas présent, ce phénomène fait référence aux échos parasites causés par les éoliennes. L'impact du fouillis d'échos varie en fonction de la section efficace en radar (RCF) de la structure de soutien, des nacelles et de la surface de la section des pales rotatives, elle-même dépendante de l'orientation de l'éolienne. Comme une éolienne peut effectuer une rotation sur 360 degrés d'azimut pour s'aligner avec la direction du vent dominant, la RCF fluctue en fonction de la direction du vent et la RCF maximale peut équivaloir à peu près à celle d'un Boeing 747. Ce qui peut avoir un impact négatif sur les données radar.



## **Signal Doppler**

Les radars météorologiques peuvent utiliser l'effet Doppler pour détecter les mouvements de cibles, mouvements qui sont utilisés dans diverses techniques météorologiques. Le radar capte les signaux non météorologiques Doppler provenant de l'extrémité des pales en rotation, ainsi que la turbulence de sillage produite par les pales. La dégradation du signal Doppler peut réduire la capacité du radar de détecter une perturbation tourbillonnaire (habituellement associée à du temps violent) et le cisaillement du vent à basse altitude (un phénomène particulièrement important pour l'aviation). Bien que les radars météorologiques soient dotés de filtres Doppler pour éliminer le fouillis stationnaire causé par les cibles terrestres, le mouvement des rotors et des pales des éoliennes rendent ces filtres inefficaces. Tout organisme qui envisage de construire une éolienne dans un rayon de 50 km d'un radar météorologique devrait communiquer avec Environnement Canada pour déterminer les impacts possibles de ces installations et les mesures d'atténuation qui pourraient être nécessaires.

## **Préoccupations relatives aux radars de défense aérienne**

Le système de défense aérienne (DA) du Canada contribue à la surveillance aérospatiale de l'Amérique du Nord. Ce système, qui est constitué de 52 radars répartis dans l'ensemble des régions arctiques, côtières et intérieures du pays, représente la contribution du Canada au système de détection aéroporté (AEWS) du Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord (NORAD).

Les radars de DA doivent pouvoir suivre des objectifs amis et hostiles à l'intérieur de l'espace aérospatial canadien. Des études détaillées ont révélé que les éoliennes peuvent causer des problèmes graves pour les radars de DA. Ces problèmes incluent l'aveuglement, la réduction de la capacité du radar de détecter des cibles réelles, la création de fouillis d'échos et de fausses cibles et la génération de données inexactes sur la position des cibles réelles.

Tout organisme qui envisage d'aménager un parc éolien devrait communiquer avec le ministère de la Défense nationale (MDN) pour savoir si l'emplacement proposé se situe dans un rayon de 100 km d'un radar de défense aérienne. Le MDN peut déterminer si l'emplacement proposé se trouve dans la ligne de vue (LOS) du faisceau radar ou s'il risque d'y avoir des problèmes de brouillage. Afin d'éviter tout risque de brouillage des radars de défense aérienne utilisés pour assurer la souveraineté nationale, il est important de consulter les autorités compétentes avant d'aménager un parc éolien.

## **Préoccupations relatives aux radars de contrôle de la circulation aérienne (ATC)**

Les appareils qui volent en IFR (règles de vol aux instruments) dépendent des radar ATC pour avoir l'assurance qu'une distance sécuritaire les sépare des autres aéronefs. Les éoliennes situées dans la ligne de vue (LOS) d'un radar de contrôle de la circulation aérienne peuvent nuire sensiblement à la capacité de ces instruments d'assurer les services de la circulation aérienne (ATS), en occultant les signaux et en générant de fausses cibles sous l'effet des fortes réflexions radar provenant d'objets en mouvement qui ont une grande section efficace en radar (RCF). Les contrôleurs aériens doivent toujours tenir compte des échos radar à l'écran et les considérer comme de véritables aéronefs. Le fait de voler à proximité de sources d'interférence radar peut nuire à la capacité du système de contrôle de la circulation aérienne d'offrir des ATS en toute sécurité, vu l'impossibilité de distinguer les cibles réelles des fausses.

Il existe de nombreuses sources potentielles de brouillage radar. Les effets des parcs éoliens sur le contrôle de la circulation aérienne préoccupent toutefois davantage que ceux causés par les sources de brouillage types, et ce pour plusieurs facteurs. Premièrement, les éoliennes peuvent être détectées de loin par les radars en raison de leur hauteur et de leur grande RCF. Deuxièmement, le parc éolien peut occuper un vaste territoire et créer une source constante d'interférence sur un large volume de l'espace aérien.

NAV CANADA et le MDN, fournisseurs de services ATS au Canada, exploitent deux types de radars de surveillance, soit : les radars primaires de surveillance (PSR) et les radars secondaires de surveillance (SSR). Le MDN exploite également des radars d'approche de précision (PAR) dans bon nombre de ses terrains d'aviation. Les PSR et SSR ont des zones de consultation respectives de 80 km et 10 km et la zone de consultation du PAR est de 40 km. Les promoteurs de parcs éoliens devraient communiquer avec NAV CANADA et le MDN pour savoir si l'emplacement proposé pour un parc éolien se situe dans les zones de consultation précitées. L'organisme concerné (**voir le tableau 1**) pourrait devoir faire une évaluation pour déterminer les effets que le projet pourrait avoir sur la prestation des services de la circulation aérienne.

## **Préoccupations relatives aux radars de contrôle du trafic maritime**

L'effet de dispersion causé par des éoliennes situées à l'intérieur ou à proximité de la ligne de vue d'une installation radar du Service du trafic maritime (STM) peut nuire à la capacité du personnel des Services de communication et de trafic maritimes (SCTM) de distinguer les cibles réelles des fausses cibles.

Le brouillage des radars de contrôle du trafic maritime dépend principalement de la RCF de la structure de soutien et des nacelles des éoliennes, et l'importance de cet effet varie en fonction de l'angle d'incidence du faisceau radar sur l'éolienne. Les radars actuels du Service du trafic maritime sont des radars à magnétron à impulsions. Cependant, avec l'évolution de la technologie dans le domaine des radars à semi-conducteurs, il est très possible que la Garde côtière utilise à l'avenir des radars de type Doppler, lesquels seraient sensibles à la rotation des pales.

Tout promoteur qui envisage l'aménagement d'une éolienne ou d'un parc éolien dans un rayon de 60 km d'un radar de contrôle du trafic maritime devrait communiquer avec la Garde côtière canadienne pour discuter des impacts potentiels de ces installations et des mesures d'atténuation nécessaires.

## **2.4 Effets sur les systèmes de navigation aérienne**

Le radiophare omnidirectionnel VHF (VOR) est un phare de navigation aérienne de courte portée. Le but premier du VOR est d'émettre des signaux de navigation grâce auxquels un pilote peut suivre un parcours prédéterminé ou obtenir un repère géographique. Le signal du VOR permet au récepteur de bord de mesurer son azimuth vrai par rapport au phare. Des stations VOR sont situées près des aéroports ou à des points de cheminement entre les aéroports et sont utilisées pour établir un réseau de corridors aériens (voies aériennes). Le VOR est la base du système actuel de voies aériennes Victor. Il arrive parfois que les VOR soient aussi utilisés pour les procédures d'approche et d'atterrissage.

Or les VOR sont très sensibles au brouillage dû aux réflexions causées par divers objets métalliques et non métalliques, parmi lesquels les éoliennes forment une classe à part qui mérite une attention toute particulière en raison de leur hauteur. Ainsi, les éoliennes peuvent causer une déflexion de l'azimut vrai mesuré par le récepteur de bord, l'ampleur de cette déflexion variant en fonction de la proximité de l'éolienne, de sa hauteur et de ses dimensions. Le regroupement de plusieurs éoliennes à l'intérieur d'un parc peut aussi avoir un effet cumulatif.

L'arrêt d'une station VOR pourrait perturber le contrôle efficace et adéquat de toute la circulation aérienne volant en IFR à l'intérieur d'un rayon opérationnel de 200 km (100 milles nautiques) et plus. La zone de consultation autour d'un VOR est de 15 km.

## **3. Coordonnées**

Le tableau qui suit indique les services au sein des différents organismes qui coordonnent l'évaluation des effets que des éoliennes pourraient avoir sur les systèmes de radiocommunication et les systèmes radar.

## Tableau 1 – Liste des organismes de consultation obligatoire

Organisme	Coordonnées
<b>Industrie Canada</b>	<p>- Base de données générale sur les radiofréquences :  <a href="http://spectrum.ic.gc.ca/Itaf/Itafindex.html">http://spectrum.ic.gc.ca/Itaf/Itafindex.html</a></p> <p>- Spectre en direct :  <a href="http://www.ic.gc.ca/eic/site/sd-sd.nsf/fra/accueil">http://www.ic.gc.ca/eic/site/sd-sd.nsf/fra/accueil</a></p> <p>- Base de données sur la radiodiffusion :  <a href="http://www.ic.gc.ca/eic/site/sp_dgse-ps_dggs.nsf/fra/gg00026.html">http://www.ic.gc.ca/eic/site/sp_dgse-ps_dggs.nsf/fra/gg00026.html</a></p> <p>- Centre intégré d'observation du spectre (CIOS) :            CIR-66 : <a href="http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/fra/sf01742.html">http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/fra/sf01742.html</a></p> <p><b>NOTA</b> : Les assignations de fréquences protégées pour les systèmes de sécurité du public, notamment les utilisateurs des systèmes de radiocommunication du MDN et de la GRC ainsi que des services de police, d'incendie et d'ambulance provinciaux et municipaux, ne figurent pas sur le site Web précité d'Industrie Canada.</p>
<b>Ministère de la Défense nationale (MDN)</b>	<p><b>Systèmes de radiocommunication du MDN</b>            Courriel : <a href="mailto:mario.lavoie2@forces.gc.ca">mario.lavoie2@forces.gc.ca</a></p> <p><b>Radars de défense aérienne militaire et de contrôle de la circulation aérienne</b>            Site Web : <a href="http://www.rcaf-arc.forces.gc.ca/fr/escadron/soutien-technique-telecommunications-moyens-aerospatiaux.page">http://www.rcaf-arc.forces.gc.ca/fr/escadron/soutien-technique-telecommunications-moyens-aerospatiaux.page</a>            Courriel : <a href="mailto:windturbines@forces.gc.ca">windturbines@forces.gc.ca</a></p>
<b>Gendarmerie royale du Canada</b>	<p>Courriel : <a href="mailto:Windfarm_Coordinator@rcmp-grc.gc.ca">Windfarm_Coordinator@rcmp-grc.gc.ca</a>            Téléphone : 613-949-4519            Télécopieur : 613-998-7528</p>
<b>Garde côtière canadienne</b>	<p><b>Radars du Système de gestion du trafic maritime</b>            Site Web : <a href="http://www.ccg-gcc.gc.ca/eng/CCG/Contact_Us">http://www.ccg-gcc.gc.ca/eng/CCG/Contact_Us</a>            Courriel : <a href="mailto:windfarm.coordinator@dfm-mpo.gc.ca">windfarm.coordinator@dfm-mpo.gc.ca</a></p>
<b>Environnement Canada</b>	<p><b>Radars météo</b>            Site Web : <a href="http://www.meteo.gc.ca/radar/index_f.html">http://www.meteo.gc.ca/radar/index_f.html</a>            Courriel : <a href="mailto:weatherradars@ec.gc.ca">weatherradars@ec.gc.ca</a></p>
<b>NAV CANADA</b>	<p><b>Radar civil et équipement de navigation aérienne</b>            Programme d'utilisation de terrains, Services d'information aéronautique            Site Web : <a href="http://www.navcanada.ca/">http://www.navcanada.ca/</a>            Courriel : <a href="mailto:landuse@navcanada.ca">landuse@navcanada.ca</a>            Téléphone : 1-866-577-0247            Télécopieur : 613-248-4094</p>
<b>Agences de sécurité publique</b>	<p>Les agences de sécurité publique incluent les services provinciaux, régionaux et municipaux de police, d'ambulance et d'incendie qui ont autorité dans les zones proposées pour l'aménagement d'éoliennes.</p>

## Tableau 2 – Lignes directrices pour la détermination de la zone de consultation

Ce tableau indique les zones générales (« zones de consultation ») autour de différents types d'installations, à l'intérieur desquelles tout projet d'éoliennes nécessiterait des consultations entre un éventuel promoteur et l'exploitant du système visé (voir le tableau 1 qui précède pour connaître les coordonnées des organismes qui exploitent des systèmes protégés). La section 3 donne des exemples sur la façon de calculer ces zones de consultation. Toute mesure d'atténuation envisagée devrait aussi faire l'objet de discussions entre les parties concernées.

Systèmes	Lignes directrices générales
<p align="center"><b>Systèmes point à point fréquence supérieure à 890 MHz :</b></p> <p>Liaisons par faisceau hertzien</p> <p>La section 3.1 présente un exemple de la zone de consultation pour un système point à point type.</p>	<p>1) Le rayon de la zone de consultation autour des antennes d'émission et de réception est de 1,0 km; plus</p> <p>2) À l'extérieur de ce rayon de 1,0 km, prévoir un cylindre de diamètre « <math>L_c</math> » entre les antennes d'émission et de réception, où :</p> $L_c = R + 52\sqrt{\frac{D}{F}}$ <p><math>D</math> = longueur de parcours en kilomètres (km)  <math>F</math> = fréquence en gigahertz (GHz)  <math>L_c</math> = diamètre du cylindre en mètres (m)  <math>R</math> = diamètre du rotor de l'éolienne en mètres (m)</p> <p><i>Nota</i> : L'équation qui précède est basée sur une distance égale à trois (3) fois le dégagement maximal de la première zone de Fresnel.</p>
<p align="center"><b>Émetteurs de radiodiffusion</b> Stations AM, FM et TV Systèmes de distribution multi-voies multi-points à canaux multiples (MMDS)</p>	<p><b>Station AM</b> : Pour éviter la distorsion du diagramme de rayonnement de l'antenne et les problèmes de brouillage liés, le rayon de la zone de consultation autour d'un station AM doit être de 5 km pour une antenne omnidirectionnelle (tour unique) et de 15 km pour une antenne directionnelle (tours multiples).</p> <p><b>Station FM</b> : Le rayon de la zone de consultation autour d'un émetteur FM est de 2,0 km</p> <p><b>Station de télévision</b> : Le rayon de la zone de consultation autour d'un émetteur télévision est de 2,0 km</p>
<p align="center"><b>Réception en direct</b></p> <p>Réception directe TV Téléviseurs grand public</p> <p>La section 3.2 donne un exemple d'une zone type pour évaluer la qualité de la réception TV</p>	<p>Lorsque le contour de service d'une station de télévision chevauche la zone du parc éolien (incluant les distances de consultation indiquées ci-après) et que des résidences se trouvent à l'intérieur de cette zone, il est recommandé de faire une analyse détaillée de la qualité de réception. On peut trouver des renseignements sur les contour de service à : <a href="http://www.ic.gc.ca/eic/site/sp_dgse-ps_dggs.nsf/fra/gg00026.html">http://www.ic.gc.ca/eic/site/sp_dgse-ps_dggs.nsf/fra/gg00026.html</a>. Il y a deux scénarios possibles à examiner pour l'analyse détaillée : la réception des stations de télévision analogiques et celle des stations de télévision numériques.</p> <p><b>Station de télévision analogique (NTSC)</b> : Zone de consultation de 15 km autour d'un parc éolien, calculée à partir de l'éolienne la plus proche</p> <p><b>Station de télévision numérique (ATSC)</b> : Zone de consultation de 10 km autour du parc éolien, calculée à partir de l'éolienne la plus proche</p>
<p align="center"><b>Réseaux de type cellulaire</b></p> <p align="center"><b>Réseaux mobiles terrestres</b> et <b>Systèmes point à point inférieurs à 890 MHz</b></p>	<p>Le rayon de la zone de consultation pour les stations mobiles terrestres de radiodiffusion, les stations point à point dans les bandes inférieures à 890 MHz, les réseaux cellulaires et autres fournisseurs de services mobiles sans fil est de 1,0 km.</p>

<p align="center"><b><u>Systèmes satellitaires</u></b></p> <p align="center">Diffusion directe (DTH), stations terriennes</p> <p>La section 3.3 présente un exemple de la zone de consultation d'une station terrienne type</p>	<p>1) Le rayon de la zone de consultation autour de l'émetteur/du récepteur du satellite est de 500 m. 2) Au-delà de cette zone de 500 m, la zone de consultation devrait aussi inclure un cône de largeur « <math>L_c</math> » calculé comme suit :</p> $L_c = R + 104 \sqrt{\frac{D}{F}}$ <p><math>D</math> = distance de l'antenne satellitaire terrestre en kilomètres (km) (distance max. = 10 km) <math>F</math> = fréquence en gigahertz (GHz) <math>L_c</math> = largeur du cône en mètres (m) <math>R</math> = diamètre du rotor de l'éolienne en mètres (m)</p>
<p align="center"><b><u>Radars de défense aérienne, radars de contrôle du trafic maritime, radars de contrôle de la circulation aérienne et radars météorologiques</u></b></p>	<p>1) Le rayon de la zone de consultation autour d'un radar de défense aérienne du MDN est de 100 km; 2) Le rayon de la zone de consultation autour d'un radar primaire de surveillance (PSR), utilisé par le MDN ou Nav Canada pour le contrôle de la circulation aérienne, est de 80 km; 3) Le rayon de la zone de consultation autour d'un radar secondaire de surveillance (SSR), utilisé par le MDN ou Nav Canada pour le contrôle de la circulation aérienne, est de 10 km; 4) Le rayon de la zone de consultation autour d'un radar d'approche de précision (PAR) du MDN est de 40 km; 5) Le rayon de la zone de consultation autour d'un radar du Service du trafic maritime de la Garde côtière canadienne est de 60 km; 6) Le rayon de la zone de consultation autour d'un terrain d'aviation militaire ou civil est de 10 km; 7) Le rayon de la zone de consultation autour d'un radar météorologique d'Environnement Canada est de 50 km.</p>
<p align="center"><b><u>Radiophare omnidirectionnel VHF (VOR)</u></b></p>	<p>Le rayon de la zone de consultation autour d'un phare VOR est de 15 km.</p>

### 3. Calculs de la zone de consultation

#### 3.1 Liaisons de radiocommunication point à point

Ces liaisons se définissent comme tout système de radiocommunication point à point exploité à une fréquence supérieure à 890 MHz. Elles incluent les liaisons LSE (liaisons studio-émetteur) et les liaisons point à multipoint de stations éloignées autorisées.

Les zones de consultation associées à ces systèmes sont basées sur le dégagement de la zone de Fresnel et peuvent être déterminées à partir des deux conditions suivantes tirées du tableau 2 :

- Rayon de 1,0 km autour des antennes d'émission et de réception, plus
- Zone cylindrique entre l'émetteur et le récepteur, définie par la formule suivante :

$$L_C = R + 52\sqrt{\frac{D}{F}}$$

#### Exemple :

Pour un bond hertzien point à point de 25 km et de 7,0 GHz, la zone de consultation (en présumant que le diamètre du rotor de l'éolienne est de 80 m) se calcule comme suit :

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

$$b) L_C = 80 + 52\sqrt{\frac{25}{7}}$$

$$L_C = 178 \text{ m}$$

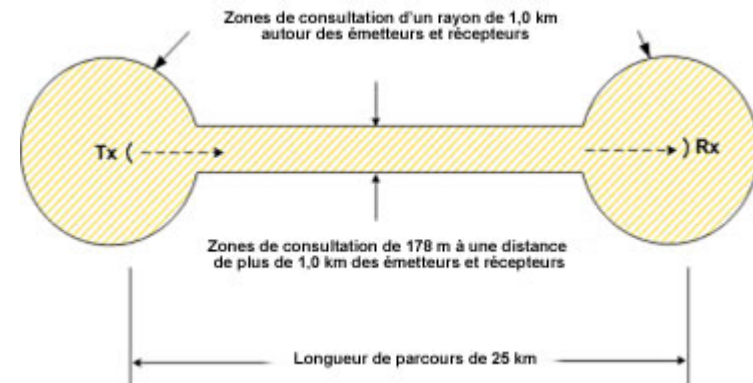


Figure 3.1 – Zone de consultation pour une liaison point à point

Si des éoliennes se trouvent à l'intérieur de cette zone, il est recommandé qu'une analyse d'impact détaillée soit réalisée par un ingénieur en radiocommunication qualifié.

## 3.2 Réception télévisuelle à proximité d'éoliennes

### Récepteurs de télévision analogique et numérique, incluant les récepteurs de radiodiffusion domestiques

Il est recommandé d'effectuer une analyse de la qualité de réception s'il est prévu d'aménager un parc éolien à l'intérieur ou à proximité de zones habitées desservies par des stations de télévision analogiques ou numériques. De telles analyses devraient être effectuées lorsque des résidences se trouvent à l'intérieur du contour de service officiel d'une station de télévision et d'une zone de consultation :

- de 10 km de l'éolienne la plus pour une station de télévision numérique;
- de 15 km de l'éolienne la plus pour une station de télévision analogique

#### Exemple :

L'exemple qui suit illustre une situation type où une analyse pourrait être justifiée même si les éoliennes se situent à l'extérieur du contour de service officiel de la station de télévision. Dans ce cas, la présence de nouvelles éoliennes pourrait nuire à la qualité de réception des résidences situées à proximité qui reçoivent actuellement un service de télévision fiable, et ce tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du périmètre de rayonnement officiel.

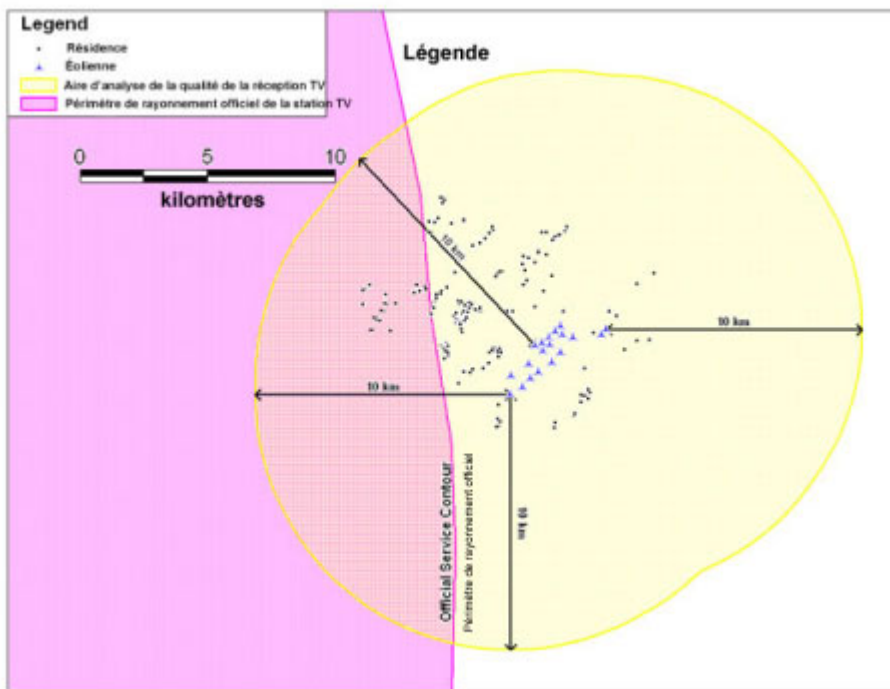


Figure 3.2 – Zone d'analyse de la réception TV

### 3.3 Stations terrestres

#### Stations terrestres incluant les récepteurs satellite à domicile

Les stations terrestres sont des emplacements où les exploitants reçoivent des signaux RF de satellites géostationnaires en orbite ou émettent des signaux en direction de ces satellites. Le tableau 2 définit comme suit les zones de consultation associées à ces systèmes :

- a) Un rayon de 500 m autour des antennes d'émission et de réception, plus
- b) Un cône de largeur  $L_c$  calculé comme suit :

$$L_c = R + 104 \sqrt{\frac{D}{F}}$$

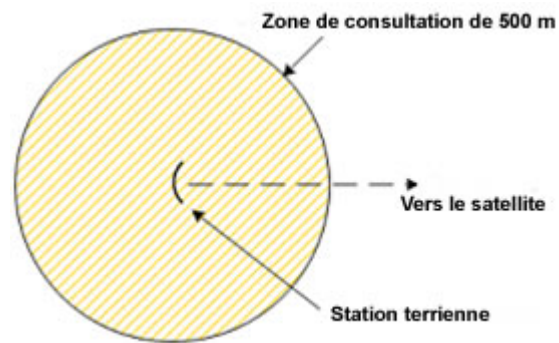


Figure 3.3 – Zone de consultation dans un rayon de 500 m d'une station terrestre

#### Exemple :

Pour une station terrestre qui utilise la bande de 4,0 GHz, la zone de consultation (en presumant que le diamètre du rotor des éoliennes est de 80 m) serait calculée comme suit :

- a) Un rayon de 500 m autour de la station terrestre, plus
- b) Une zone conique partant de la station terrestre et s'étendant sur une distance pouvant atteindre 10 km, calculée comme suit :

$$L_c = 80 + 104 \sqrt{\frac{10}{4}}$$

À une distance de 10 km de la station terrestre, la zone de consultation serait définie comme suit :

$$L_c = 244 \text{ m}$$

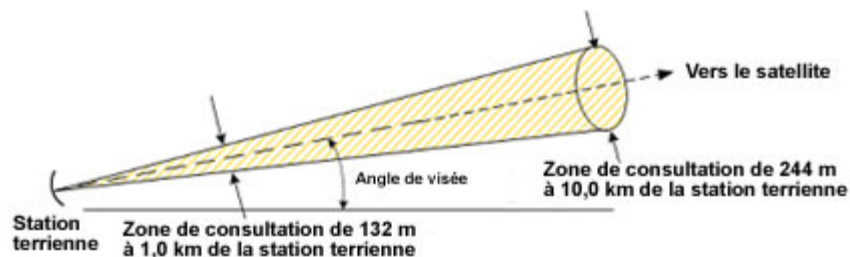


Figure 3.4 – Zone de consultation pour une station terrestre, de l'antenne jusqu'à une distance de 10 km



Si des éoliennes se trouvent à l'intérieur de ces zones, il est recommandé qu'une analyse d'impact détaillée soit réalisée par un ingénieur en radiocommunication qualifié.

## Références

- 1) RPR-4 – *Règles et procédures de demandes relatives aux entreprises de radiodiffusion de télévision* – Industrie Canada, 1997
- 2) *Electromagnetic Interference from Wind Turbines* – Sengupta et Senior, 1994
- 3) *Fixed-Link Wind-Turbine Exclusion Zone Method* – D. F. Bacon, octobre 2002
- 4) BT-5 – *Rapport sur la prévision du brouillage par fantômes et la qualité d'image en télévision*. Industrie Canada, juillet 1989, 2<sup>e</sup> édition
- 5) *The Impact of Large Buildings and Structures (including Wind Farms) on Terrestrial Television Reception* – BBC / RA / ITC
- 6) *Computations of the effects of wind turbines on RF systems* – Coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique, Université catholique de Louvain, Division ESAT-TELEMIC, Belgique, septembre 2002
- 7) *UK Wind Energy and Aviation Interests: Interim Guidelines* – ETSU W/14/00626/REP, UK Wind Energy, Defence and Civil Aviation Interests Working Group, octobre 2002
- 8) *Wind Turbines and Aviation Interests: European Experience and Practice* – ETSU W/14/00624/REP, 2002
- 9) *Feasibility of mitigating the effects of wind farms on Primary Radar* – ETSU W/14/00623/REP, M.M Butler, D.A. Johnson. Alenia Marconi Systems Limited, 2003
- 10) *Unclassified Trial Report: The effects of wind turbine farms on Air Defence Radars* – UK Ministry of Defence, AWC/WAD/72/652/Trials, janvier 2005
- 11) *Unclassified Trial Report: The effects of wind turbine farms on Air Traffic Control Radars* – UK Ministry of Defence, AWC/WAD/72/665/Trials, mai 2005
- 12) *Unclassified Trial Report: Further Evidence of the effects of wind turbine farms on Air Defence Radars* – UK Ministry of Defence, août 2005
- 13) *Investigating the possible impacts of the Fire Island Wind Turbine Project on the Anchorage Air Traffic Control Radars* – FAA/ANM-471, Peter J. Markus, ing., juillet 2005
- 14) *Impact of Wind Turbines on weather radars* – Météo France, 31 mars 2005
- 15) *MOD lifts objections to wind energy projects: Industry and Government overcome key barrier to development* – Communiqué de la British Wind Energy Association, 18 juillet 2005
- 16) *Impact of a wind turbine installation close to DGPS Station Hartlen Point (DGPS accuracy impact)* – Department of Geomatics Engineering, University of Calgary; Dr S. Skone, L. de Groot, 18 février 2005