

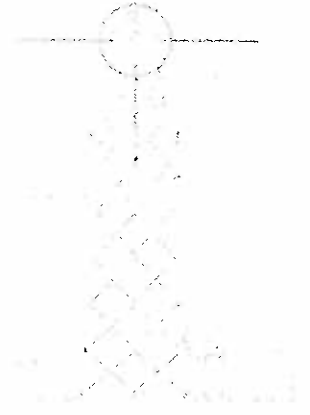
232

DA54

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

Rivière-du-Loup

6211-09-011



**IMPLANTATION D'UN PARC ÉOLIEN
DANS LA MRC DE RIVIÈRE-DU-LOUP**

**ÉTUDE D'IMPACT
SUR LES SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATIONS**

Préparée pour

Division Ingénierie Générale Environnement Québec (IGEQ)
SNC-LAVALIN
5955, rue Saint-Laurent
Bureau 300
Lévis Québec
G6V 3P5



**Yves R. Hamel
et Associés Inc.**

424, rue Guy
bureau 102
Montréal (Qc)
Canada H3J 1S6

téléphone :

514 934 3024

téléc :

514 934 2245

web : www.YRH.com
courriel : Telecom@YRH.com

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
2	DISCUSSION.....	1
2.1	LIAISONS POINT A POINT PAR FAISCEAUX HERTZIEN.....	2
2.2	QUALITE DE RECEPTION TELEVISUELLE	2
3	ANALYSE DES SYSTÈMES DE TÉLÉDIFFUSION (TV)	3
3.1	GÉNÉRALITÉS.....	3
3.1.1	Paramètres d'exploitation des stations.....	3
3.1.2	Positions des éoliennes analysées.....	4
3.1.3	Sommaire des spécifications des éoliennes.....	7
3.2	METHODOLOGIE DE L'ANALYSE.....	8
3.2.1	Évaluation de la qualité de l'image.....	8
3.2.2	Prédiction de la qualité de l'image.....	11
3.2.3	Analyse dynamique.....	11
3.2.4	Analyse statique.....	14
3.2.5	Évaluation quantitative de l'impact du parc d'éoliennes	15
3.2.6	Systèmes de réception par satellite	17
4	LIAISONS MICRO-ONDES	18
5	CONCLUSION	19

**ÉTUDE D'IMPACT
SUR LES SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATIONS**

**IMPLANTATION D'UN PARC ÉOLIEN
MRC DE RIVIÈRE-DU-LOUP, QUÉBEC**

1 Introduction

Yves R. Hamel et Associés Inc., consultants en télécommunications et radiodiffusion a été mandaté par la Division Ingénierie Générale Environnement Québec (IGEQ) de SNC LAVALIN pour vérifier l'impact de l'implantation d'un parc d'éoliennes dans la région de la MRC de Rivière-du-Loup, Québec. Ce parc s'étend sur une partie du territoire des municipalités de Cacouna, Saint-Jean-Baptiste de l'Isle Verte, Saint-Éphane et Saint-Arsène.

Ce rapport traite principalement de l'impact du parc d'éoliennes proposés sur les systèmes d'émission télévisuelle de la région et présente les résultats d'une analyse détaillée de l'impact sur la qualité des signaux reçus des stations de télévision CFTF-TV, CIMT-TV et CKRT-TV, dont les émetteurs sont situés au site du Mont-Bleu à environ une quarantaine de kilomètres au sud du parc, ainsi que des stations CJBR-TV et CIVB-TV-1 respectivement situés à une soixantaine de kilomètres au nord-est et à l'ouest/sud-ouest du parc. Le rapport prend aussi la situation des liaisons micro-ondes point à point de la zone du parc.

L'annexe 1 présente une vue d'ensemble du parc d'éoliennes proposé, ainsi que l'étendue de la zone d'analyse nécessaire, couvrant le territoire du parc d'éoliennes et une zone limitrophe s'étendant jusqu'à une dizaine de kilomètres environ des éoliennes les plus rapprochées.

2 Discussion

Il est généralement reconnu que certains systèmes de radiocommunications peuvent être affectés par l'opération d'éoliennes à proximité de ces systèmes et parfois même à une distance importante des installations physiques, selon les configurations géométriques

formées par les positions relatives de l'éolienne ainsi que l'émetteur et le récepteur du système de radiocommunications. La qualité des signaux télévisuels reçus et les performances des liaisons point-à-point par faisceaux hertziens sont parmi les systèmes le plus fréquemment affectés par l'implantation d'un parc d'éolennes.

Les stations radio à modulation d'amplitude (AM) dont les antennes émettrices seraient à proximité d'un parc d'éolennes, typiquement moins de deux kilomètres, peuvent aussi subir un impact important dû à la déformation du patron de rayonnement de ces stations. Puisqu'il n'y a pas de station AM aux environs immédiats du parc d'éolennes proposé, ce type d'analyse de rayonnement secondaire ne sera pas requis pour le parc de la MRC de Rivière-du-Loup.

2.1 Liaisons point à point par faisceaux hertziens.

Les liaisons micro-ondes point-à-point peuvent être grandement affectées par l'ajout d'éolennes à proximité du parcours de la ligne de vue entre les deux stations impliquées. Un simple déplacement de quelques centaines de mètres des éoliennes impliquées suffit généralement à corriger la situation et assurer un maintien des performances de ces liaisons micro-ondes. Une étude a déjà été produite concernant les liaisons micro-ondes concernées par l'implantation du parc d'éolennes concerné et l'essentiel du rapport de cette étude est repris à la section 4, afin de considérer la nouvelle configuration du parc éolien.

2.2 Qualité de réception télévisuelle

La réception des signaux de télévision est probablement le type de système le plus à risque de subir des interférences dues à la présence d'un parc d'éoliennes. L'interférence par les éoliennes cause une distorsion vidéo qui apparaît généralement comme une image fantôme et le scintillement de l'image synchronisé avec la fréquence de passage des pales d'éoliennes. Il n'y a généralement pas d'impact perceptible sur la qualité du signal audio puisque celui-ci est transmis en modulation de fréquence (MF).

Il n'existe pas de règle simple permettant de déterminer la séparation minimale entre les éoliennes et les émetteurs et récepteurs TV, qui pourrait assurer une réception sans

interférence. La topographie du terrain, la disposition relative des divers éléments ainsi que la distance entre les installations sont des paramètres importants. Dans certains cas, des installations situées à moins d'un kilomètre les unes des autres peuvent opérer sans aucun brouillage tandis que des situations de brouillage auraient déjà été observées dans certaines conditions à des distances de plus de 10 km des parcs d'éoliennes. Ce rapport présente les résultats d'une analyse détaillée effectuée dans la région du parc d'éoliennes proposé.

Les règles qui régissent l'opération des stations de télédiffusion allouent à chaque station un contour de service protégé à l'intérieur duquel aucun brouillage provenant d'une autre station de télédiffusion n'est permis, sauf en cas de situation exceptionnelle et dans des zones inhabitées. L'installation des éoliennes à l'intérieur du contour de service d'une station de télédiffusion peut avoir un impact sur la qualité du signal reçu à proximité du parc d'éoliennes, causé par des images fantômes locales. L'objectif de cette étude est donc de tenter d'établir le plus précisément possible pour chacune des stations concernées, quel sont les limites réelles de ce contour de service et quel sont les zones habitées, à l'intérieur de ce contour réaliste, le plus susceptible de subir une dégradation de qualité de réception télévisuelle suite à l'implantation du parc d'éoliennes proposé.

Cette analyse doit se faire de deux façons différentes, soit l'analyse des images fantômes dynamiques, causées par la rotation des pales de l'éolienne et l'analyse des images fantômes statiques, principalement causées par la tour de support de l'éolienne. Une méthodologie similaire est utilisée dans les deux cas, toutefois les paramètres utilisés et l'interprétation des résultats ainsi que la tolérance des auditeurs aux deux phénomènes sont différents.

3 Analyse des systèmes de télédiffusion (TV)

3.1 Généralités

3.1.1 Paramètres d'exploitation des stations

L'analyse consiste à évaluer l'impact des nouvelles éoliennes sur la réception des signaux émis par les cinq stations suivantes, dont les contours de service théorique couvrent la zone du parc d'éoliennes proposé. Les paramètres d'exploitation présentés dans le tableau qui

suit sont ceux publiés par Industrie Canada dans la banque de données des systèmes de télédiffusion. Dans certains cas, les diagrammes de rayonnement des antennes de ces stations ont été obtenus directement des opérateurs, sinon, les informations en dossier chez Industrie Canada ont permis de générer des diagrammes de rayonnement suffisamment précis pour les besoins de cette étude.

Lettre d'appel	Canal	Puiss. App. Rayonnée Visuel Max (PARV max) Watts	Altitude au sol (m)	Hauteur d'antenne (m)	Coordonnées
CFTF-TV Mont-Bleu	Canal 29	50000	655	70	47°35'03" N 69°22'10" O
CIMT-TV Mont-Bleu	Canal 9	275400	655	61	47°35'03" N 69°22'10" O
CKRT-TV Mont-Bleu	Canal 7	49000	655	63	47°35'03" N 69°22'10" O
CJBR-TV Pic Champlain	Canal 2	100000	346	38	48°19'40" N 68°50'09" O
CIVB-TV-1 Grand-Fonds	Canal 31	686250	853	82	47°46'47" N 70°09'10" O

Tableau 1- Liste des stations à analyser

Les contours de service réalistes de chacune de ces stations ont été générés à l'aide du logiciel dBPlanner et de l'algorithme de propagation CRC-Predict V3.21, afin de déterminer l'étendue réelle de la couverture de chacune des stations. Les contours de service réalistes qui en découlent sont présentés à l'annexe 2 et on peut y voir que chacune de ces cinq stations couvrent presque complètement la zone du parc d'éolienne proposé et les régions avoisinantes, ce qui confirme qu'une analyse détaillée est requise dans chacun des cas.

3.1.2 Positions des éoliennes analysées

L'analyse de l'impact d'un parc d'éoliennes sur qualité de la réception des signaux télévisuels est tributaire des positions de chacune des éoliennes utilisées lors de l'analyse. Cette étude a été rendue nécessaire suite au nombreux déplacements de plusieurs éoliennes sur des distances importantes, particulièrement l'élimination de plusieurs éoliennes en bordure du fleuve et à proximité de Cacouna, ce qui réduira sensiblement l'impact sur la qualité de réception des signaux de télévision par la population de cette localité. Les positions des éoliennes analysées sont indiquées aux tableaux 2.1 et 2.2 et leurs positions peuvent être visualisées sur les cartes présentées à l'annexe 1.

Numéro d'éolienne	(UTM NAD83) Northing	(UTM NAD83) Easting
1	5311776	477058
2	5306672	463899
3	5307124	464197
4	5307437	464434
5	5305108	479555
8	5307787	464687
7	5308079	464923
8	5302722	464820
9	5313606	478707
10	5305159	467833
11	5308850	464560
12	5308015	470604
13	5309109	464789
14	5309421	465003
15	5309637	465241
16	5313382	476931
17	5310087	465709
18	5310347	466027
19	5312321	476433
20	5308141	470158
21	5308451	470133
22	5311974	476742
23	5305364	462925
24	5311481	477371
25	5312233	461971
26	5311503	480151
27	5311191	480585
28	5311295	481367
29	5311828	461624
30	5310813	472853
31	5301978	464027
32	5302287	483717
33	5311454	470290
34	5304988	462578
35	5303288	461100
36	5308299	465108
37	5307831	469728
36	5304833	462469
39	5309884	465469
40	5308100	469654

Numéro d'éolienne	(UTM NAD83) Northing	(UTM NAD83) Easting
40	5308100	469654
41	5311128	470030
42	5303517	461318
43	5304572	462236
44	5304296	462022
45	5304020	461806
46	5303757	461579
47	5306439	463664
46	5312622	474291
49	5309056	471625
50	5311105	473114
51	5311558	479256
52	5313165	477140
53	5307608	477114
54	5304506	480909
55	5309023	478488
56	5303728	479836
57	5305782	462583
58	5302518	478612
59	5305377	479898
80	5317061	461852
61	5314959	480010
62	5316024	481018
83	5306740	469299
64	5308402	469875
65	5304853	478724
86	5306922	478356
87	5310803	469770
68	5302148	478369
69	5306174	469064
70	5310502	469538
71	5304892	467626
72	5304157	467278
73	5303523	466692
74	5307369	478664
75	5303191	466568
76	5305928	477424
77	5306127	477710
78	5310392	472423
79	5302064	478740

Tableau 2.1- Coordonnées des éoliennes à analyser, projection UTM zone 19 (NAD83).

Numéro d'éolienne	(UTM NAD83) Northing	(UTM NAD83) Easting
80	5306082	482895
81	5307618	478888
82	5307855	478643
83	5307374	479120
84	5305484	482372
85	5304008	480188
88	5305005	481880
87	5303074	479058
88	5311331	479048
89	5312241	479525
90	5313088	480139
91	5302397	465228
92	5302009	465110
93	5302833	465730
94	5302604	479292
95	5302994	466034
96	5301991	465449
97	5307330	470242
98	5302355	464835
99	5301937	464728
100	5304272	480482
101	5305225	482150
102	5308930	471215
103	5304765	481619
104	5303477	479420
105	5315705	481002
106	5317094	482191
107	5317091	482528
108	5314454	479882
109	5302354	479019
110	5314958	480534
111	5308887	478193
112	5311751	473058
113	5314242	479551
114	5318754	481664
115	5312381	472583
116	5307858	469478
117	5313781	473183
118	5309654	471324
119	5307345	469017

Numéro d'éolienne	(UTM NAD83) Northing	(UTM NAD83) Easting
120	5310112	472234
121	5310685	471331
122	5309465	470402
123	5312250	472154
124	5312018	472518
125	5313124	472755
128	5311202	472768
127	5307532	466921
128	5307151	478028
129	5308539	478050
130	5312155	473805
131	5305308	478877
132	5311859	479307
133	5310991	478830
134	5307071	478941
135	5310905	471565
136	5310271	489294
137	5308358	467719
138	5307884	487300
139	5309652	466775
140	5309148	468398
141	5308748	468422
142	5306621	478662
143	5305528	478589
144	5305108	478342
145	5302485	478384
148	5312598	482215
147	5303187	477574
148	5303606	477718
149	5303759	478048
150	5304024	477788
151	5304275	477535
152	5304188	478244
153	5304458	477977
154	5304719	477702

Tableau 2.2- Coordonnées des éoliennes à analyser, projection UTM zone 19 (NAD83).

3.1.3 Sommaire des spécifications des éoliennes

Le modèle d'éolienne utilisé et ses caractéristiques physiques et géométriques sont aussi d'importants paramètres permettant de déterminer le risque et l'importance des perturbations potentielles de la qualité de réception des signaux de télévision. Le modèle utilisé pour ce projet est celui du manufacturier GE, modèle 1.5xle, d'une puissance de 1.5 MW, utilisant une tour de support de 80 mètres de hauteur. Les principales caractéristiques sont énumérées au tableau suivant.

Rotor

Diamètre:	82.5 m
Inclinaison de l'axe:	4°
Conicité des pales:	1.25°
Nombre de pales:	3

Pales

Matériel:	Résine Époxyde renforcé de fibre de verre
Longueur:	40 m
Superficie projetée par une pale :	103m ²
Torsion (point d'attache /bout de pale):	15°

Tour

Section	Longueur	Diamètre Maximum	Diamètre Minimum
1	13.5m	4.2m	3.8m
2	20.5m	3.8m	3.3m
3	20.5m	3.3m	2.8m
4	23.3m	2.8m	2.3m

L'un des paramètres important à déterminer relativement aux éoliennes est son efficacité de réflexion qui permet de déterminer avec quelle efficacité les pales réfléchiront le signal radio incident. Ce paramètre est fonction du type de matériaux utilisé dans la construction des pales, ainsi que de la géométrie des pales. Tel que suggéré dans différentes publications, ce facteur d'efficacité est décrit comme suit :

$$\eta_s = \eta_A \eta_M \exp^{(-2.30 \Delta\theta)}$$

Où, η_s est le facteur d'efficacité d'une pale d'éolienne à axe horizontale;
 η_A est le facteur de voilure de la pale;

η_M est le facteur des matériaux utilisés;

$\Delta\beta$ est l'angle de torsion de la pale du moyeu vers le bout (rad).

Selon les résultats des essais sur modèle réduit effectués par Sengupta and Senior, ces derniers suggèrent les valeurs suivantes pour les facteurs de voilure et de matériaux:

$$\eta_A = 0.80$$

$$\eta_M = 1.00 \text{ pour des pales métalliques}$$

$$0.41 \text{ pour des pales non-métalliques}$$

Il a cependant été observé que des pales non-métalliques munies de capteurs parafoudres en bout de pales et reliés au système de mise à la terre par des câbles conducteurs présentent un facteur de matériaux plus élevé que des pales non-métalliques, pouvant même s'approcher de la valeur pour des pales métalliques dans certains cas. Dans le cas qui nous intéresse, un facteur de matériaux de 0.75 a été utilisé, ce qui représente un compromis entre une pale non-métallique sans protection parafoudre et une pale entièrement métallique. Compte tenu de ce compromis, le facteur d'efficacité obtenu est donc de 0.33. Ce paramètre sera utilisé pour le calcul du coefficient de réflexion permettant de déterminer la puissance équivalente radiée par le rotor des éoliennes.

3.2 Méthodologie de l'analyse

Deux types d'analyse sont effectués dans le cadre de cette étude, soit une analyse dite dynamique, considérant les réflexions causées par les pales du rotor en mouvement et une analyse statique considérant la structure de la tour portante. L'objectif de ces deux analyses est de déterminer si la qualité de réception en un point donné atteint le seuil recommandé par la réglementation.

3.2.1 Évaluation de la qualité de l'image

Le tableau suivant indique la gradation de l'indice de qualité tel que prescrit par Industrie Canada et aussi par l'Union Internationale des Télécommunications (UIT). Industrie Canada publie une méthodologie dans son Bulletin Technique BT-5 pour les structures fixes implantées aux voisinages des émetteurs de télévision, soit généralement moins de 1500m. Cette méthodologie décrite dans le BT-5 s'applique à relativement faible distance de

l'émetteur et pour des structures assimilées à des pylônes de télécommunications. Son application pour des structures de plus grande section horizontale, tel que des tours de support d'éoliennes n'a jamais été démontrée. L'outil Informatique qu'ils suggèrent n'est pas utilisable pour des structures cylindrique ou conique de cette dimension et l'applicabilité de cette méthodologie pour des structures situées à plusieurs kilomètres de l'émetteur n'est pas non plus démontrée.

Indice de Qualité	Dégradation (description)
5	Imperceptible (excellent)
4	Perceptible mais non gênant (bon)
3	Légèrement gênant (moyen)
2	Très gênant (médiocre)
1	Inutilisable (mauvais)

Tableau 3- Description de l'indice de qualité de l'image.

Malgré tout, l'indice de qualité de l'image tel que décrit au tableau précédent peut être utilisé, puisqu'il s'agit de la perception de l'auditeur. Le graphique qui suit montre la variation de cet indice de qualité selon la relation entre le ratio des niveaux de signal et le délai entre ces signaux.

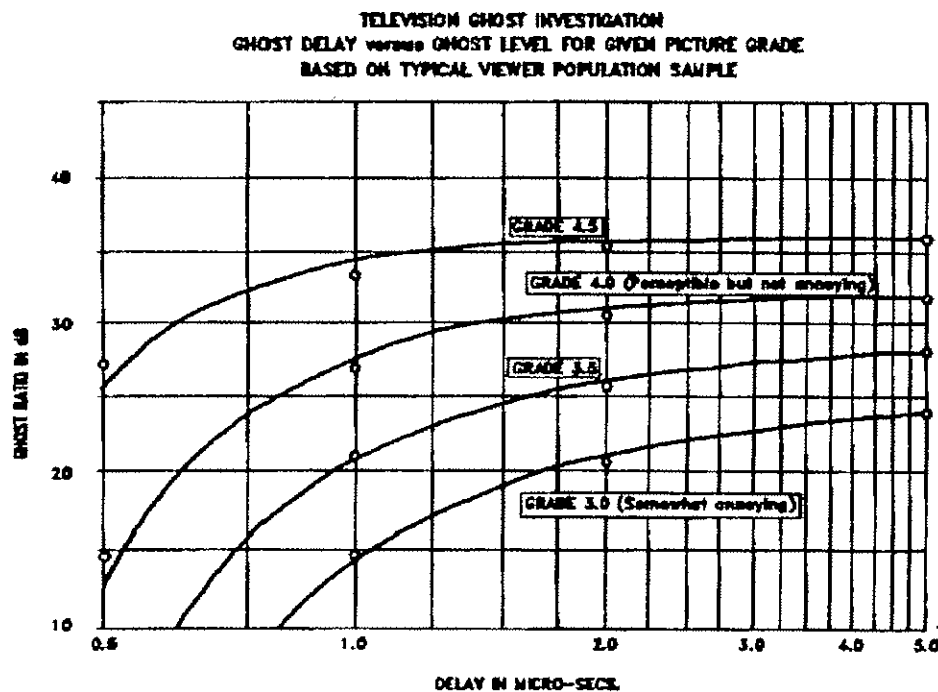


Figure 1- Courbes de gradation de la qualité de l'image proposées par Industrie Canada pour des images fantômes statiques.

Industrie Canada n'a toujours pas publié de circulaire ou de bulletin technique concernant l'impact des éoliennes sur la qualité des signaux de télévision, cependant l'UIT a publié la recommandation BT-805 qui présente une méthode simplifiée d'analyse des réflexions sur les pales en mouvement et basée en bonne partie sur les études effectuées vers les années 1980 par MM. Sengupta et Senior, considérant chacune des éoliennes comme un réémetteur.

Afin de tenir compte de l'impact des pales en mouvement dans la zone de dispersion avant, où le délai est plus faible, mais cause tout de même un scintillement important de l'image, l'UIT utilise une courbe ayant un écart de niveau minimum requis de 28 dB lorsque le délai est inférieur à 1 microseconde. Cette courbe est présentée à la figure suivante pour l'indice de qualité de 4, soit l'indice minimal recommandé aussi bien par Industrie Canada que par l'UIT.

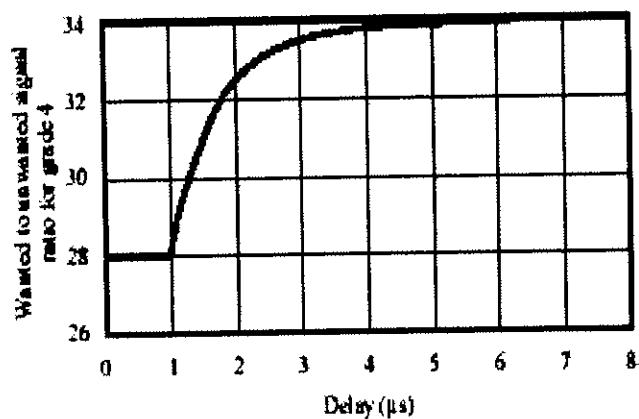


Figure 2- Courbe de la qualité de l'image de grade 4 proposée par l'UIT pour des images fantômes dynamiques.

Des simulations effectuées ont permis de comparer la méthode proposée par l'UIT avec la méthode proposée par M. Senior dans la référence 3. Ces simulations montrent que les deux méthodes sont généralement en accord à l'intérieur d'un intervalle de 1 dB environ. La courbe d'indice de qualité 4 d'Industrie Canada sera donc utilisée pour l'analyse statique et celle de l'UIT sera utilisée pour l'analyse dynamique.

3.2.2 Prédiction de la qualité de l'image

Au cours des dernières années, la société Yves R. Hamel et Associés Inc. (YRH) en collaboration avec divers Intervenants de l'Industrie de la radiodiffusion, a développé un logiciel propriétaire permettant de prédire l'Impact de l'Implantation de parcs d'éoliennes sur la qualité de réception des signaux télévisuels dans la région environnante du parc d'éoliennes. Ce logiciel est basé sur les résultats des recherches effectuées par les Dr. Sengupta et Senior vers la fin des années 70 et le début des années 80, ainsi que sur l'approche simplifiée proposé par l'UIT dans sa recommandation BT-805.

Il permet entre autre, dans le cas de l'analyse statique de déterminer, à Intervalle régulier dans la zone d'analyse aux environs du parc d'éoliennes, typiquement sur une grille de 100m, le nombre d'éoliennes dont la tour de support risque de produire une image fantôme Inacceptable à ce point de la grille. Chacune des éoliennes est analysée séparément et les résultats sont compilés afin de pouvoir représenter l'impact du parc d'éoliennes dans son ensemble sur une seule représentation graphique.

Le même type de procédé est utilisé dans le cas de l'analyse dynamique, cependant, puisque les images fantômes dynamiques sont causées par la rotation des pales et qu'elles sont tributaires de l'orientation du rotor de l'éolienne, donc de la force et de la direction du vent, il est requis de compléter l'analyse par l'application de la distribution de la vitesse et de l'orientation des vents afin de déterminer la probabilité que l'éolienne soit dans la direction générale des vents dominants. La probabilité qu'un certain point subissent une dégradation dû aux images fantômes dynamiques est constituée de la somme des probabilités de chacune des éoliennes prisent séparément. La représentation des résultats de l'analyse dynamique n'est donc pas le nombre d'éolienne causant potentiellement des images fantômes, mais plutôt le pourcentage du temps que ce point risque de subir une dégradation de la qualité de réception dû à la rotation du rotor des éoliennes.

3.2.3 Analyse dynamique

La méthodologie utilisée pour l'analyse dynamique évalue en chaque point, le niveau de signal reçu directement de la station de télévision analysée, ainsi que le niveau de signal provenant de la réflexion sur les pales de chacune des éoliennes. La valeur du rapport entre

ces deux signaux reçus et le décalé séparant la réception de ces deux signaux permet d'établir si l'indice de qualité de réception en un point donné atteint le seuil acceptable désiré en considérant chacune des éoliennes une à une.

Le calcul de la puissance équivalente maximale rayonnée par l'éolienne est basé sur la méthode proposée par l'UIT dans BT-805, cependant le patron de rayonnement retenu est basé sur la méthode proposée par M. Senior dans la référence 1, étant plus conservateur et nous apparaissant plus réaliste que le diagramme de rayonnement proposé par l'UIT, puisqu'il est basé sur une bonne quantité de mesure sur le terrain plutôt qu'arbitraire.

La prédiction du champ reçu directement de l'émetteur, est effectuée en utilisant les paramètres publiés pour la station, ainsi que le patron de rayonnement de l'antenne publié dans la banque de données d'Industrie Canada. Le logiciel dBPlanner version 2.5 est utilisé avec l'algorithme de propagation CRC-Predict version 3.21. Les données topographiques sont tirées d'un modèle numérique ayant une résolution de 3 secondes d'arc rééchantillonné à une résolution de 100 mètres, afin de limiter le temps de calcul nécessaire. L'intensité de champ reçu par le récepteur TV est prédite à une hauteur de 9.1 mètres du sol, tel que stipulé par Industrie Canada dans le BPR-4, alors que l'intensité de champ reçu par les éoliennes est prédite à une hauteur de 80 mètres, soit la hauteur de l'axe du rotor.

L'analyse dynamique est effectuée en utilisant la surface projetée par les pales seulement, en utilisant un nombre équivalent de pales maximal égal à 2, tel que suggéré par MM. Sengupta et Senior. Les calculs ont été effectués sans considération pour l'inclinaison de l'axe du rotor, ni la conicité des pales, ce qui représente le cas pessimiste. La prise en compte de ces deux facteurs résulterait en un nombre équivalent de pales maximal inférieur à 2, donc à une réduction de la puissance équivalente réfléchiée par l'éolienne en mode dynamique.

L'annexe 3 présente les résultats obtenus pour l'analyse dynamique dans le cas des cinq stations identifiées précédemment. Comme il est impossible de définir précisément une zone d'exclusion en ce qui concerne l'impact sur la réception télévisuelle, il est préférable de présenter l'impact aux différents lieux de réception et de tenter de déterminer si l'impact potentiel est acceptable pour l'auditeur type. Les zones de couleur jaune et rouge représentent les endroits où une possibilité d'interférence existe, provenant de l'une ou

l'autre des éolennes. Pour chaque section de terrain de 100m X 100m, la couleur indique la probabilité totale que ce point subisse une interférence en mode dynamique, à un niveau suffisant pour causer une qualité de réception correspondant à un indice de qualité inférieur à 4, donc perceptible, mais non gênante.

L'analyse se limite à la région située à l'intérieur du contour B réaliste, obtenue à partir d'une prédiction utilisant l'algorithme CRC-Predict. Donc, partout où le fond de terrain est visible, soit que le niveau de signal direct reçu est sous le seuil minimum du contour B, ou encore que ce point est à l'intérieur du contour B, mais qu'aucune éolienne ne cause de dégradation suffisante pour produire un indice inférieur à 4. Dans ces endroits, soit qu'il n'y a aucune interférence ou encore que l'interférence provoque une dégradation imperceptible.

Il est reconnu que l'interférence produite en mode dynamique par une éolienne en un point problématique donné ne sera pas permanente, mais sera présente uniquement lorsqu'une géométrie particulière sera en place, principalement en fonction de l'orientation de l'éolienne, donc de la direction du vent. Tel que suggéré par Sengupta et Senior dans la référence 11, les images fantômes en mode dynamique sont principalement causées par des réflexions sur les surfaces des pales, réagissant de la même façon qu'un miroir. Ce type de réflexion est très directionnel et n'affecterait généralement qu'un secteur de l'ordre de 5° environ à partir du point de réflexion sur la pale concerné. Du point de vue statistique, Sengupta et Senior suggèrent de considérer la probabilité d'interférence dynamique selon une distribution des vents par secteur de 5°. Puisqu'il n'est pas possible sans calcul extensif, de déterminer exactement à quelle position angulaire du rotor, combiné à l'angle d'attaque de la pale sous certaines conditions précises de vent, une réflexion causera une perturbation en un point donné, il est préférable de considérer le phénomène avec une approche statistique.

L'analyse de la distribution des vents dans la région de Cacouna selon la base de données d'Environnement Canada permet de déterminer par interpolation que la probabilité que le vent provienne d'un secteur de 5° quelconque varie entre 0.16% et 4.29%. Considérant que l'éolienne ne tourne pas à moins d'un vent de 3.5 m/s et qu'elle s'arrête pour un vent supérieur à 20 m/s, ces probabilités minimale et maximale deviennent respectivement 0.13% et 3.49% avec une moyenne à 1.14%. Cette valeur moyenne pourrait être utilisée telle quel, mais il est souhaitable de favoriser le secteur des vents dominants sans toutefois nécessairement utiliser le pire cas possible. Dans ce but, la valeur de 1.92% correspondant à

la moyenne des secteurs de 5° dans le quadrant de 90° dominant, permet d'obtenir une valeur représentative sans être exagérément pessimiste.

Basé sur cette probabilité de 1.92%, lorsqu'en un point donné, plus de 5 éolennes peuvent causer de l'interférence, la probabilité d'interférence en ce point dépasse donc le seuil de 10%. Ce seuil de 10% du temps est le seuil maximal jugé acceptable selon la BPR-4 d'Industrie Canada, lorsque l'interférence d'une autre station TV opérant sur le même canal est évaluée. Bien qu'aucune norme canadienne ne soit définie en ce qui concerne l'interférence provenant des éolennes, ce seuil pourrait aussi être utilisé dans le cas d'interférence sur le même canal provenant d'une ou de plusieurs éolennes.

Selon la BPR-4, lorsque des zones peuplées subissent un risque d'interférence pour plus de 10% du temps, l'opérateur du système causant l'interférence doit prendre des mesures correctives afin d'éliminer ou réduire cette interférence. Lorsque cette interférence se limite à des zones où il n'y a pas de population, elle peut généralement être tolérée.

3.2.4 Analyse statique

L'analyse statique utilise la même méthodologie que l'analyse dynamique en considérant la surface totale de la tour de support. La hauteur au dessus du sol utilisée pour le calcul du champ reçu est de 40m, soit le centre de la tour de support. La courbe de l'indice de qualité de l'image utilisée est celle publiée par Industrie Canada dans le BT-5. Le patron de rayonnement utilisé pour les tours de support des éoliennes est celui proposé par T. Vaughan et H. McClure dans la référence 12 et correspondant au patron de rayonnement d'un pylône cylindrique avec un signal de polarisation horizontale.

Outre la courbe de l'indice de qualité utilisée, la principale différence entre la méthodologie dynamique et statique est reliée au patron vertical de rayonnement de la tour de support de l'éolienne. Tel que démontré dans une étude publiée par le Département de l'Industrie et du Commerce britannique (DTI) citée en référence 4 et traitant de l'effet des éoliennes sur l'opération des radars, les mesures et modélisations effectuées montrent que l'ouverture verticale de la réponse radar est très étroite.

Bien que ces modélisations aient été effectuées à des fréquences plus élevées que les fréquences utilisées en télévision, il est raisonnable de prétendre que l'ouverture du patron vertical de la tour ne représente qu'au plus quelques degrés, ce qui rejoint pratiquement l'opinion d'Industrie Canada exprimée dans le BT-5. La modélisation de la tour seulement, montre que dans la bande S (3.0 GHz), une tour de 80 mètres conique de 0.5° a une ouverture verticale d'environ 0.03° centrée aux environs de 0.5° d'élévation, alors que dans la bande L (1.1GHz), l'ouverture est d'environ 0.09° aussi centrée à 0.5°. La conicité de la tour est donc un paramètre très important en ce qui concerne la réflectivité de la tour.

Aux fréquences qui nous concernent, soit environ 500 MHz pour le UHF, 200 MHz pour le H-VHF et 60 MHz pour le L-VHF, l'ouverture du patron vertical pourrait se situer aux environs de 0.2°, 0.5° et 2° respectivement et puisque la conicité moyenne de la tour est de 1.25° environ, ces patrons verticaux seraient orientés vers le haut à 1.25° environ. Le BT-5 suggère des ouvertures de l'ordre de quelques degrés jusqu'à 10° environ pour des pylônes de télécommunications construits en cornières, il est donc raisonnable de croire que les valeurs mentionnées précédemment sont réalistes pour des tours cylindriques ou coniques. Afin de tenir compte des réflexions potentielles sur les éléments contenus dans la nacelle et aussi sur les pales, des ouvertures de 1° en UHF, 2° en H-VHF et de 5° en L-VHF ont été utilisées pour les calculs.

La conicité de la tour n'a été prise en compte que partiellement, puisque l'angle d'incidence de l'onde reçue de l'émetteur principal est considéré comme normale à la surface de la tour de support, alors qu'en réalité, l'onde incidente arrive à la tour de support plus près de l'horizontal, ce qui se traduirait par un angle de radiation pratiquement égal à deux fois la conicité de la tour de support. Il est donc permis d'affirmer que les résultats obtenus pour les calculs d'interférence statique sont conservateurs. L'annexe 4 présente les résultats de l'analyse statique des cinq stations couvrant la zone d'analyse du parc d'éoliennes proposé.

3.2.5 Évaluation quantitative de l'impact du parc d'éoliennes

La méthode la plus pratique pour mesurer l'impact réel du parc d'éolienne sur la population environnante est sans doute de déterminer combien de foyer pourront subir une dégradation potentielle de la qualité de réception des signaux de télévision. Pour ce faire, un nombre équivalent au nombre de foyer recensé au cours du recensement de 2001 a été distribué le

long des différentes artères de circulation et dans les différentes agglomérations du territoire, proportionnellement aux indications présentées sur les cartes topographiques de cette région.

L'analyse comparative des zones où une dégradation de la qualité de réception est anticipée et la distribution des foyers telle que décrite précédemment indique que le nombre approximatif de foyer présenté au tableau 4 pour les images fantômes dynamiques et au tableau 5 pour les images fantômes statiques, pourraient potentiellement subir une dégradation de la qualité de réception pour chacune des stations TV analysées.

Station	Habitation à l'intérieur du Contour B	Habitation sans interférence	Habitation avec probabilité inférieure à 5% du temps	Habitation avec probabilité entre 5% et 10% du temps	Habitation avec probabilité de plus de 10% du temps
CFTF-TV	2974	2793	141	35	5
CIMT-TV	3501	3417	79	5	0
CIVB-TV-1	3525	3518	7	0	0
CJBR-TV	2959	2957	2	0	0
CKRT-TV	3391	3298	64	24	5

Tableau 4- Nombre de foyer subissant une dégradation potentielle en mode dynamique.

Station	Habitation à l'intérieur du Contour B	Habitation sans interférence	Habitation avec probabilité de 2 éoliennes ou moins	Habitation avec probabilité entre 3 et 5 éoliennes	Habitation avec probabilité de plus de 5 éoliennes
CFTF-TV	2974	2779	88	35	72
CIMT-TV	3501	3248	90	72	91
CIVB-TV-1	3525	3456	41	8	20
CJBR-TV	2959	2903	51	5	0
CKRT-TV	3391	3217	81	45	48

Tableau 5- Nombre de foyer subissant une dégradation potentielle en mode statique.

Il faut noter que ces analyses ont été produites en utilisant les masques d'antennes de réception suggérés par Industrie Canada. Ces masques représentent la réponse d'une antenne de réception relativement simple, équivalente approximativement à une antenne Yagi à 4 éléments. Il existe sur le marché des antennes beaucoup plus directionnelles qui permettraient de réduire sensiblement le nombre de foyer affectés, sans toutefois éliminer toutes les possibilités.

Il faut aussi noter que dans le cas des stations CFTF-TV, CIMT-TV et CKTR-TV, la majorité des foyers subissant une dégradation potentielle de la réception de l'une de ces stations à un moment donné, subiront généralement une dégradation similaire pour les deux autres stations au même moment puisque les émetteurs de ces trois stations sont situés sur le même site.

Finalement, il n'a pas été possible d'obtenir de chiffres précis sur le taux de pénétration de la câblodistribution dans les différentes agglomérations de la région, mais il est permis de croire qu'un nombre important de ces foyers reçoivent leurs signaux de télévision via un câblodistributeur ou utilisent un service de distribution télévisuelle par satellite. Il est estimé que seulement 25% ou moins de ces foyers captent le signal de télévision de façon conventionnelle, ce qui réduirait d'autant le nombre de foyers des tableaux 4 et 5 subissant un impact réel.

3.2.6 Systemes de réception par satellite

Tel que mentionné précédemment, les services de distribution télévisuelle par satellite sont de plus en plus populaires dans ces régions rurales et le positionnement d'une éolienne dans la ligne de vue entre une habitation équipée d'un récepteur satellite et le satellite fournissant le service, aurait un impact majeur sur le service offert à cette résidence. Les satellites offrant ce type de service au Canada sont situés sur l'orbite géostationnaire généralement entre le 90° et le 120° de longitude ouest. Pour la région de Cacouna, l'angle d'élévation pour le satellite le plus à l'ouest est de l'ordre de 30°, ce qui nécessite en terrain plat, une distance minimale de 300m environ pour un dégagement suffisant.

Dans la mesure où une distance minimale de toute habitation doit être respectée pour le positionnement des éoliennes, le risque de causer des perturbations aux systèmes de réception par satellite est relativement faible, toutefois il faudra au minimum respecter cette distance minimale de 300m lorsqu'une éolienne sera placée dans le secteur sud-ouest par rapport à une résidence. Il faudra aussi augmenter cette distance minimale si l'éolienne est placée sur une élévation dans le secteur sud-ouest d'une habitation située elle-même dans une vallée. Une règle simple permettrait de prévenir toute difficulté, il s'agit simplement d'ajouter le double de la différence d'élévation du sol entre la résidence et le site de

l'éolienne à la distance minimale de 300m mentionné précédemment. Ainsi, une éolienne positionnée dans le secteur sud-ouest d'une résidence, sur une colline ayant une élévation au sol de 100m de plus que la résidence située dans la vallée, devra respecter une distance minimale de 500m au lieu de 300m si le terrain était plat.

Basé sur les informations sommaires dont nous disposons sur la position approximative des résidences de la région, nous n'avons pas identifié d'éoliennes qui pourraient obstruer une liaison avec un satellite de télédistribution.

4 Liaisons micro-ondes

Les liaisons micro-ondes point-à-point sont aussi très vulnérables lorsque des éoliennes sont placées trop près de la ligne de vue directe entre les deux stations radio impliquées. La règle applicable tout au long d'un parcours micro-ondes est que la position de l'éolienne doit être à une distance minimale de trois fois le rayon de la première zone de Fresnel, plus le rayon du rotor de l'éolienne, à partir de l'axe du parcours. La zone de Fresnel prend la forme d'une ellipse allongée, dont la largeur à une certaine distance d'un des deux sites radio, dépend de la fréquence utilisée, de la longueur totale du parcours, ainsi que de la distance du point considéré à partir de l'extrémité du parcours.

Le tableau 6 fournit les coordonnées des stations impliquées dans les liaisons micro-ondes traversant le parc d'éoliennes de la MRC de Rivière-du-Loup. Les coordonnées de ces stations ont été vérifiées sur le terrain et la précision est de l'ordre de 3 à 4 mètres environ. Le tableau 7 fournit la liste des éoliennes qui devront être déplacées pour la plupart d'environ 10m à 50m afin de ne pas perturber l'opération des liaisons micro-ondes et de ne pas affecter les performances de ces liaisons. Seulement les éoliennes 106, 108 et 114 devront être déplacées de plus de 50m, soit environ de 75m à 100m chacune.

L'annexe 5 présente de façon graphique, les résultats de l'analyse des liaisons point-à-point de la région du parc d'éoliennes de la MRC de Rivière-du-Loup. Les zones rouges semi-transparentes représentent les zones d'exclusion à l'intérieur desquelles aucune éolienne ne peut être installée. Les éoliennes en conflit avec ces zones d'exclusion y sont aussi identifiées.

Station radio	Latitude (NAD83)	Longitude (NAD83)
ILE VERTE (N.D. SEPT DOULEURS)	48° 00' 49.3"	69° 26' 53.1"
NOTRE DAME DES SEPT DOULEURS	48° 02' 30.8"	69° 24' 36.1"
ISLE VERTE (COTEAU DES ERABLES)	47° 58' 07.8"	69° 20' 00.0"
ST ARSENE	47° 56' 25.3"	69° 24' 06.8"
TROIS PISTOLES	48° 06' 27.2"	69° 12' 26.0"
RIVIERE DU LOUP	47° 49' 09.3"	69° 32' 04.1"
ST EPIPHANE	47° 53' 24.5"	69° 16' 36.9"
RIVIERE DU LOUP	47° 50' 10.6"	69° 30' 41.1"
ST ELOI, QC	48° 00' 58.5"	69° 12' 57.7"
RIVIERE-DU-LOUP, QC	47° 48' 09.8"	69° 33' 13.6"
CACOUNA, QC	47° 55' 52.1"	69° 28' 29.3"
RIVIERE DU LOUP	47° 50' 05.7"	69° 30' 24.7"
LES ESCOUMINS	48° 19' 21.0"	69° 25' 20.0"

Tableau 6- Liste des sites micro-ondes traversant le parc d'éoliennes

Éolienne	UTM 83 Northing	UTM 83 Easting
001	5,311,776	477,058
023	5,305,364	462,925
033	5,311,454	470,290
060	5,317,061	481,852
098	5,302,355	464,835
106	5,317,094	482,191
108	5,314,454	479,882

Éolienne	UTM 83 Northing	UTM 83 Easting
110	5,314,956	480,534
113	5,314,242	479,551
114	5,316,754	481,664
115	5,312,381	472,583
123	5,312,250	472,154
130	5,312,155	473,805

Tableau 7- Liste des éoliennes en conflit avec les liaisons micro-ondes

5 CONCLUSION

L'analyse détaillée des possibilités de brouillage par images fantômes pour les cinq stations de télévision couvrant la région du parc d'éoliennes proposé a permis de déterminer qu'un nombre relativement faible de foyer risque de subir ce type de brouillage, soit en mode dynamique, en mode statique ou même les deux. En fait le nombre de foyer potentiellement touché a été réduit de façon importante comparativement à la configuration initiale de ce parc d'éoliennes.

Plusieurs de ces foyers pourront vraisemblablement éliminer ce risque en utilisant une antenne de réception de bonne qualité qui permettra de discriminer entre le signal direct provenant de l'émetteur TV et le signal réfléchi par les surfaces des éoliennes. Tous les

calculs de l'étude ont été exécutés avec l'utilisation du masque d'antenne proposé par Industrie Canada, toutefois la majorité des antennes sur le marché sont plus performantes que le masque proposé.

Dans le cas des stations CIMT-TV et CKTR-TV dont les émetteurs sont situés au Mont-Bleu, les auditeurs de la partie ouest du parc pourront généralement capter aussi une station répéitrice située sur la pointe de Rivière-du-Loup. Il est en effet très peu probable qu'une situation de brouillage simultanée des émetteurs du Mont-Bleu et des répéteurs de Rivière-du-Loup ne se produise. La station CFTF-TV prévoit aussi installer un répéteur à ce même endroit.

Malgré tout, il demeurera certains cas où la meilleure solution sera un abonnement à un service de câblodistribution ou de distribution de signaux télévisuels par satellite. Ces services sont de plus en plus populaires dans ces zones rurales où le choix télévisuel est autrement assez limité.

L'analyse de brouillage par images fantômes a été effectuée pour la totalité des éoliennes du parc proposé, même si 20 des ces positions d'éoliennes sont considérées comme positions alternatives. La situation de brouillage sera donc légèrement plus faible que les résultats de l'étude le montre, surtout à proximité des éoliennes qui seront éliminées.

L'étude relative aux liaisons micro-ondes parcourant la zone du parc d'éoliennes a permis de produire les zones d'exclusion précises associées à ces liaisons. Les positions d'éoliennes conflictuelles sont identifiées et ces éoliennes seront déplacées de façon à demeurer à l'extérieur de ces zones d'exclusion.

Références :

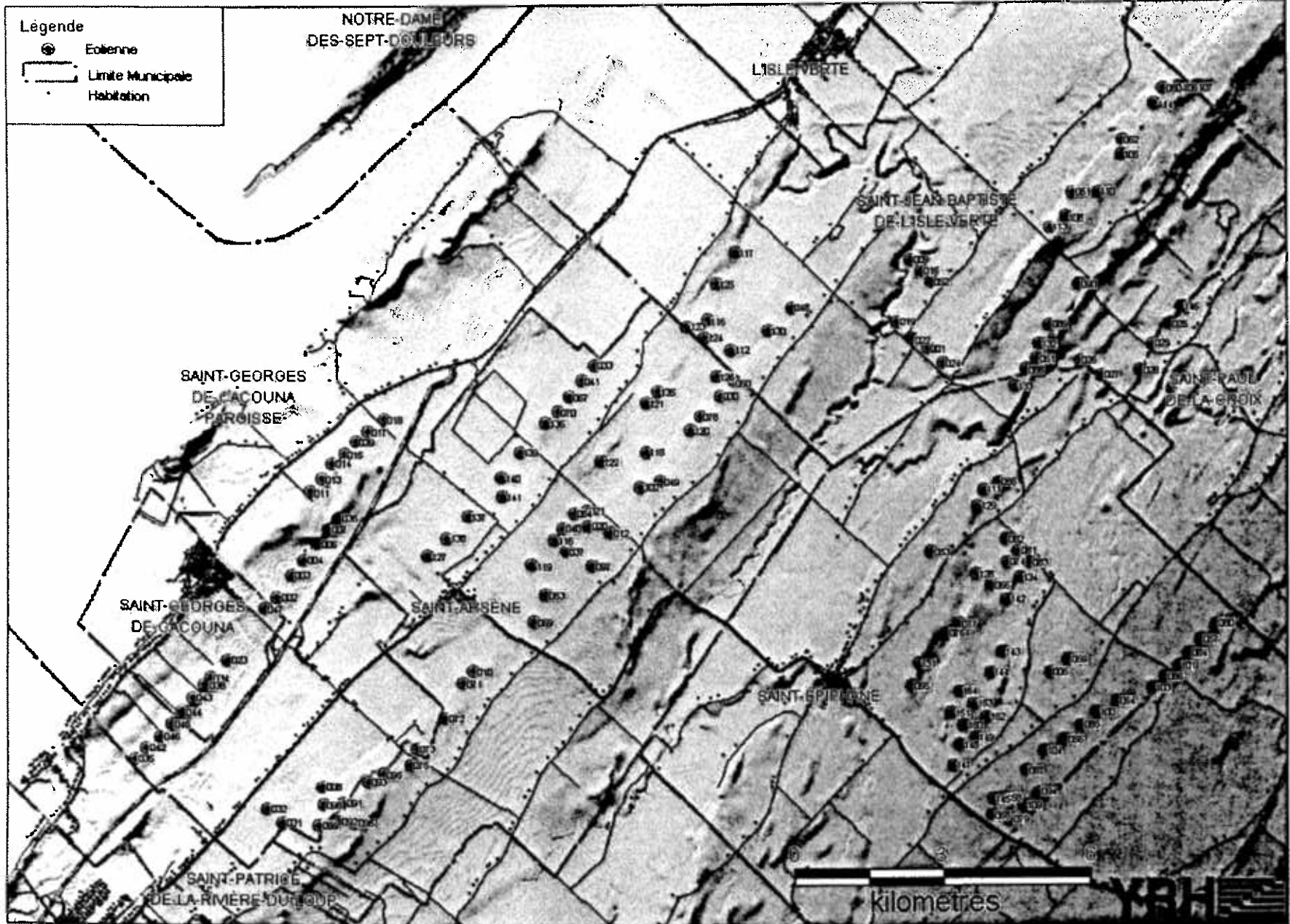
- 1- Dipak L. Sengupta, Thomas B. A. Senior, "Electromagnetic Interference from Wind Turbines" In Wind Turbine Technology : Chapter 9, David A. Spera (Ed), ASME Press, 1994.
- 2- David F. Bacon, "Fixed-Link Wind-Turbine exclusion zone method", D.F. Bacon, 2002.
- 3- Thomas B. A. Senior, Dipak L. Sengupta, "Large wind turbine siting handbook: Television interference assessment" Technical report No.4, University of Michigan, 1981.
- 4- M. M. Butier, D. A. Johnson, "Feasibility of mitigating the effect of wind farm on primary radar", DTI PUB URN No. 03/976, 2003.
- 5- ITU Recommendation BT.805 "Assessment of Impairment caused to television reception by a wind turbine", ITU-R BT.805, 1992.
- 6- Thomas B. A. Senior, Dipak L. Sengupta, "Wind turbine generator siting handbook" Technical report No.2, University of Michigan, 1979.
- 7- Industry Canada TB-5 "Report on predicting television ghosting interference and picture quality", Issue 2, July 1989
- 8- Industry Canada BC-9 "Television ghosting interference analysis", Issue 1, July 1996
- 9- Industry Canada BPR "Part IV: Application Procedures and Rules for Television Broadcasting Undertakings", April 1997
- 10- Industry Canada BTS-3 "Television Broadcasting", Issue 2, December 1997
- 11- Dipak L. Sengupta, Thomas B. A. Senior, "Wind turbine generator interference to electromagnetic systems" Final report, University of Michigan, 1979.
- 12- T. Vaughan, H. McClure, "Reflection and ghost in a multitower environment" IEEE Transactions on broadcasting, Vol. 35, No. 1, March 1989.
- 13- David A. Spera, Dipak L. Sengupta, "Equations for Estimating the Strength of TV Signal Scattered by Wind Turbines" Lewis Research Center, May 1994.

ANNEXE 1

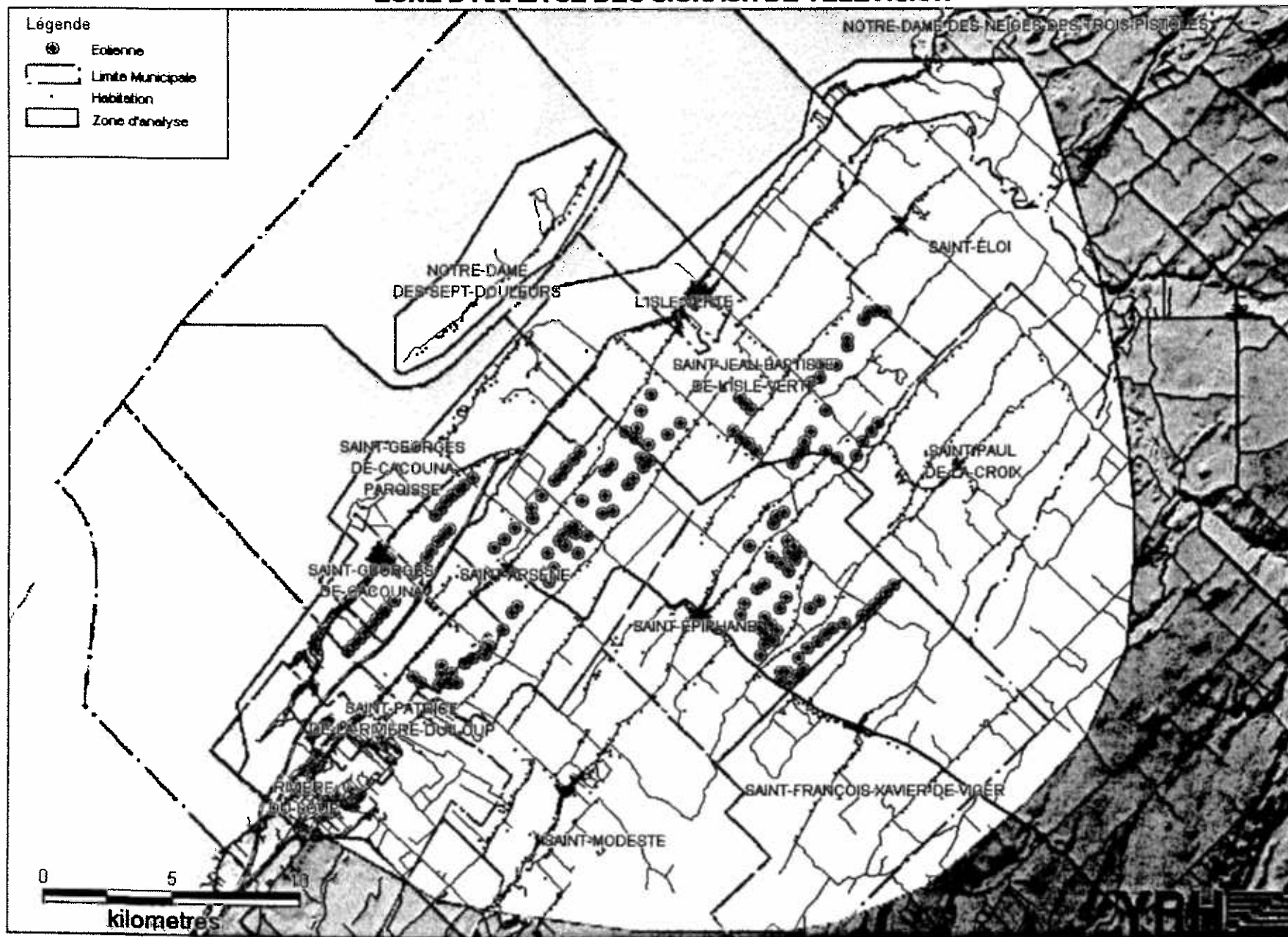
Vue d'ensemble et Zone d'analyse

Parc d'éoliennes de la MRC de Rivière-du-Loup

VUE GÉNÉRALE DU PARC D'ÉOLIENNE



ZONE D'ANALYSE DES SIGNAUX DE TÉLÉVISION

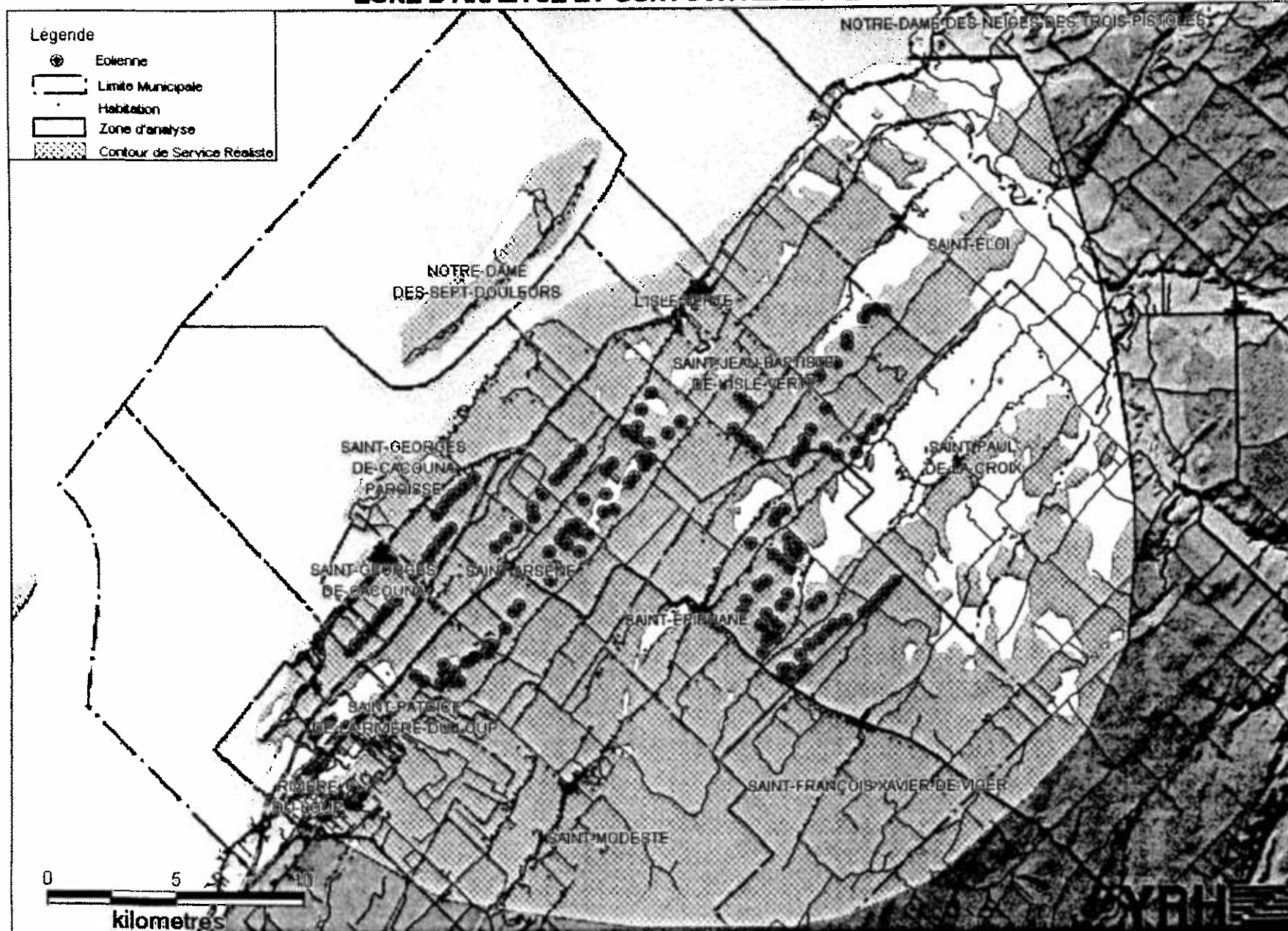


ANNEXE 2

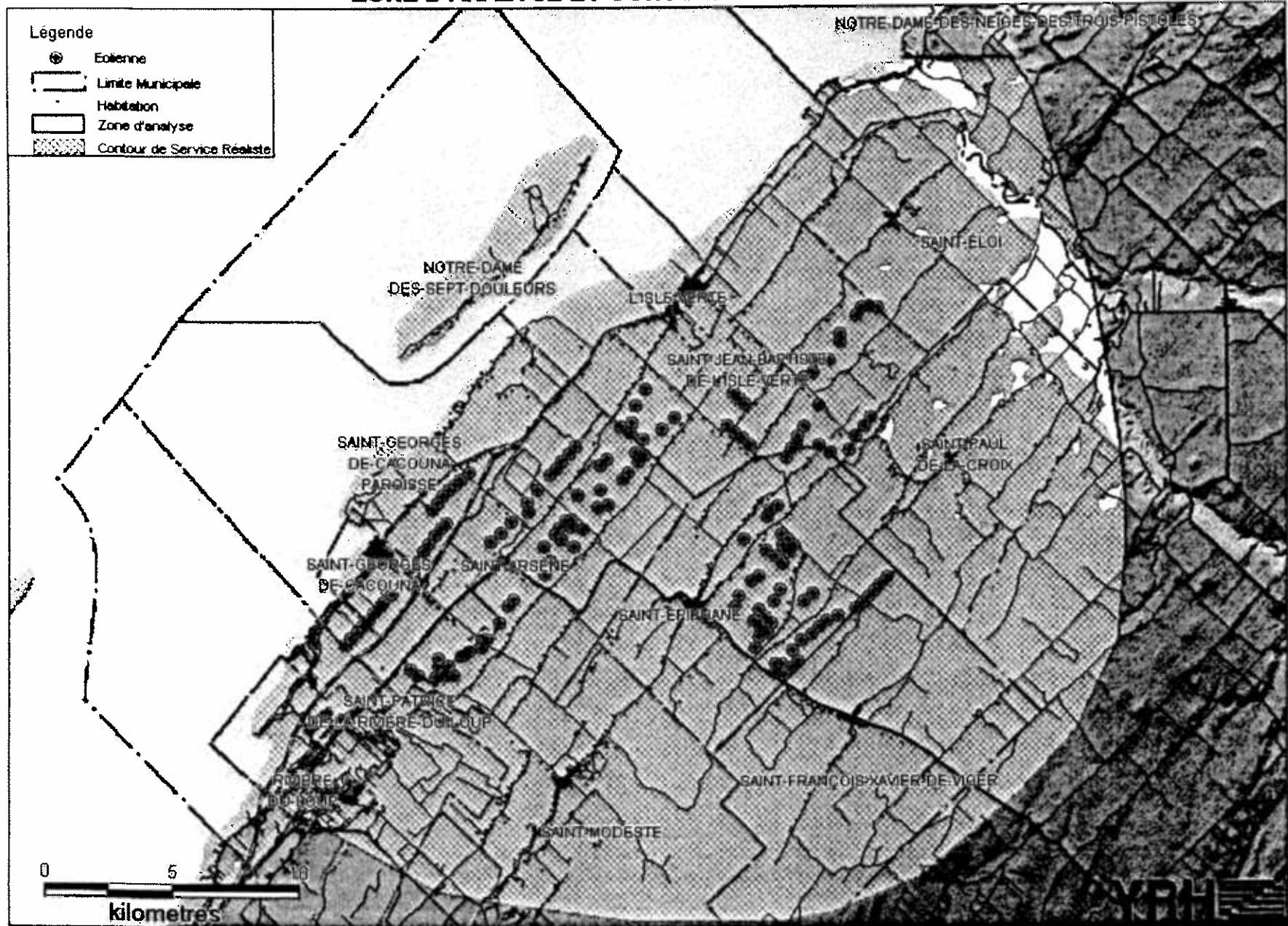
Contours de Service Réaliste des Stations de TV

Parc d'éoliennes de la MRC de Rivière-du-Loup

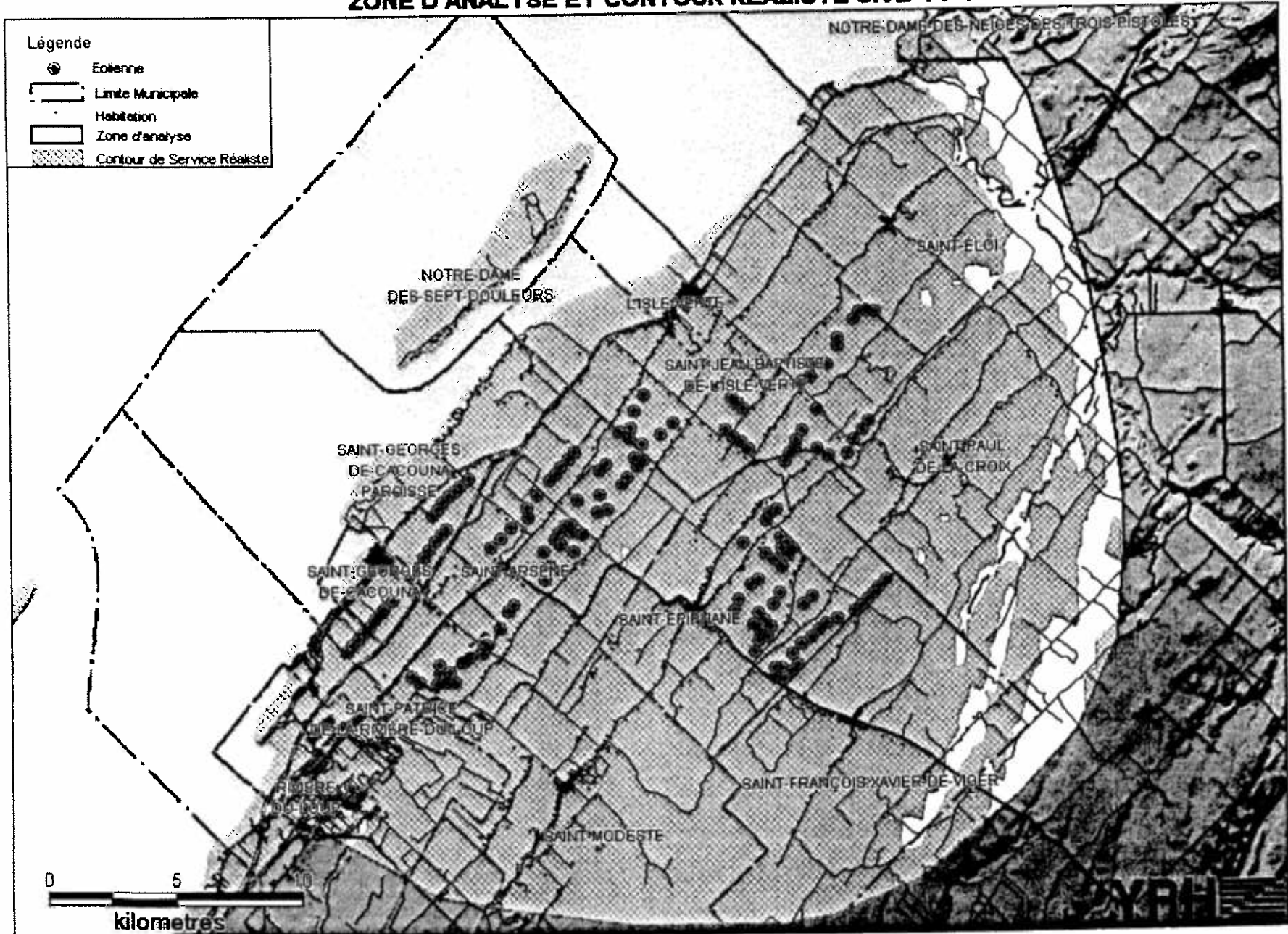
ZONE D'ANALYSE ET CONTOUR RÉALISTE CFTF-TV



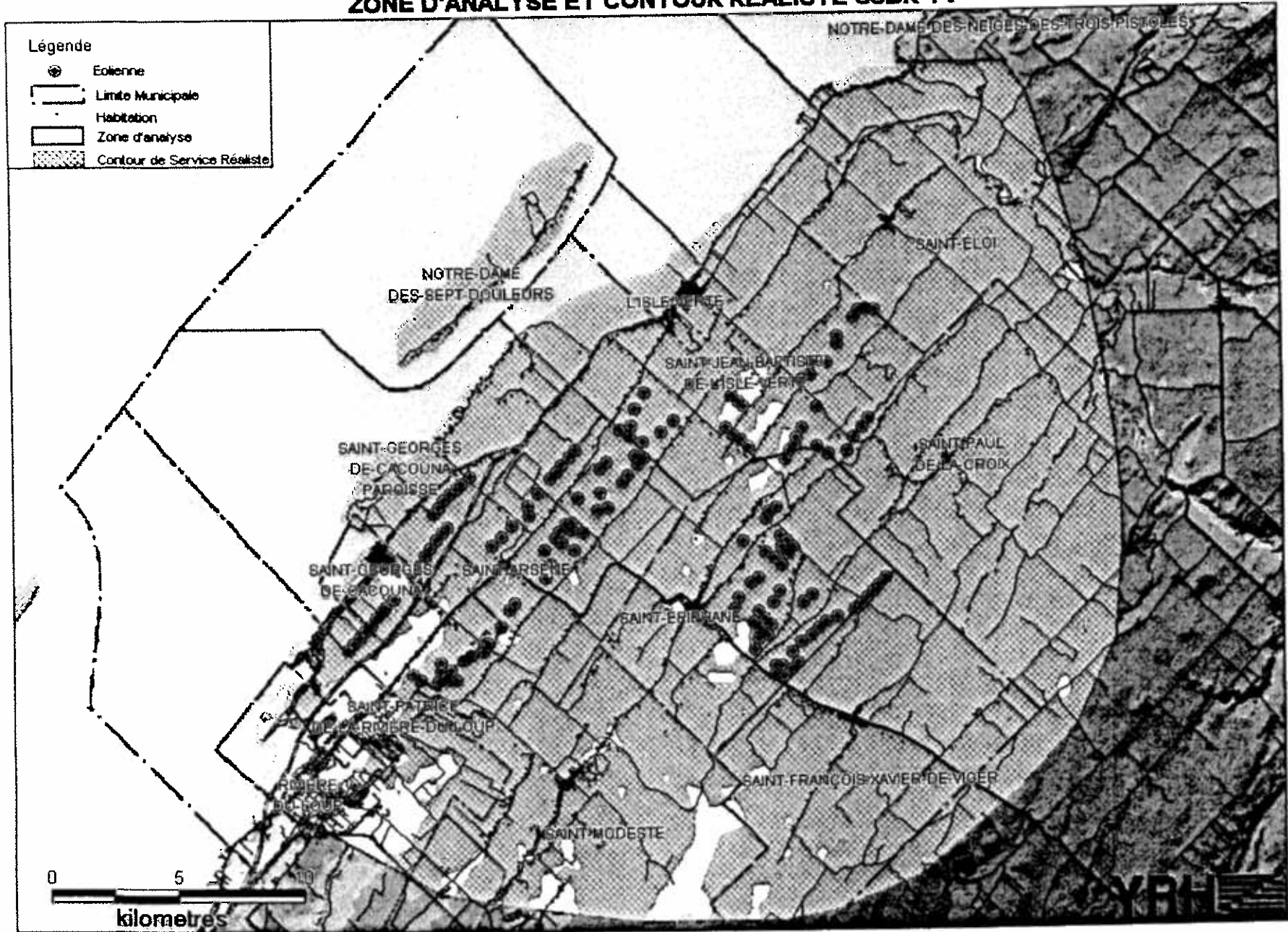
ZONE D'ANALYSE ET CONTOUR RÉALISTE CIMT-TV



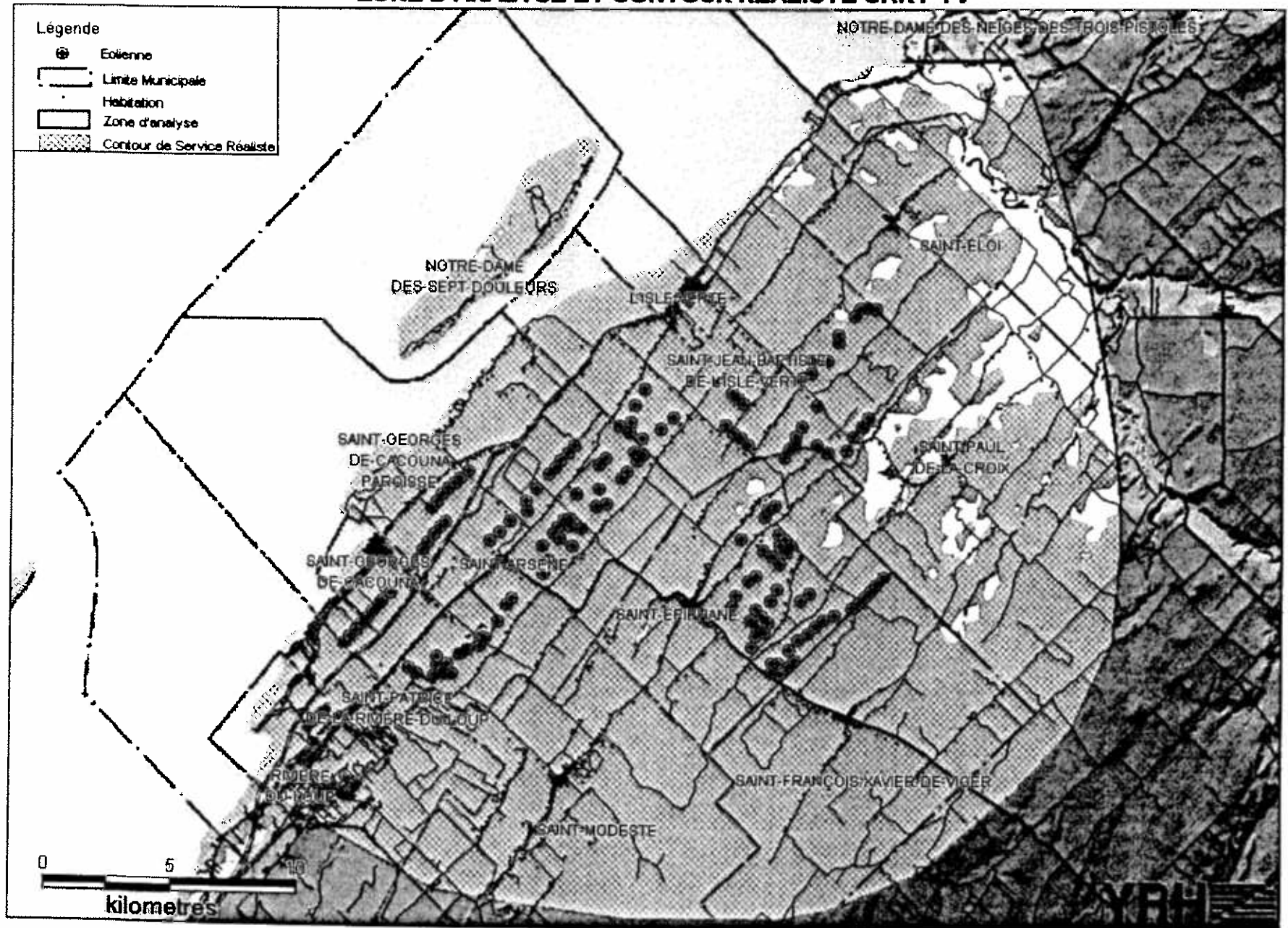
ZONE D'ANALYSE ET CONTOUR RÉALISTE CIVB-TV-1



ZONE D'ANALYSE ET CONTOUR RÉALISTE CJBR-TV



ZONE D'ANALYSE ET CONTOUR RÉALISTE CKRT-TV



ANNEXE 3

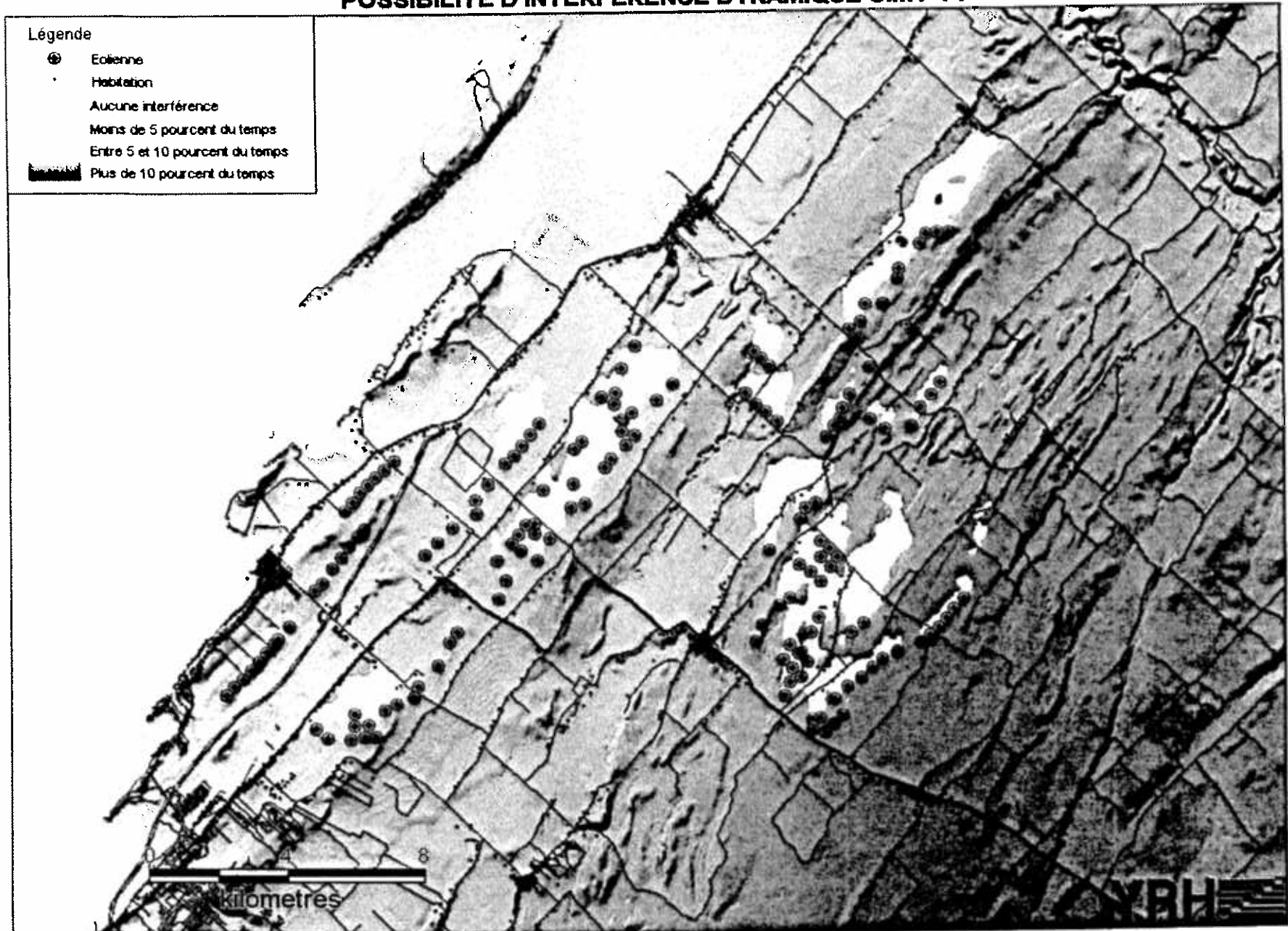
Résultats de l'Analyse d'Interférence Dynamique

Parc d'éoliennes de la MRC de Rivière-du-Loup

POSSIBILITÉ D'INTERFÉRENCE DYNAMIQUE CFTF-TV



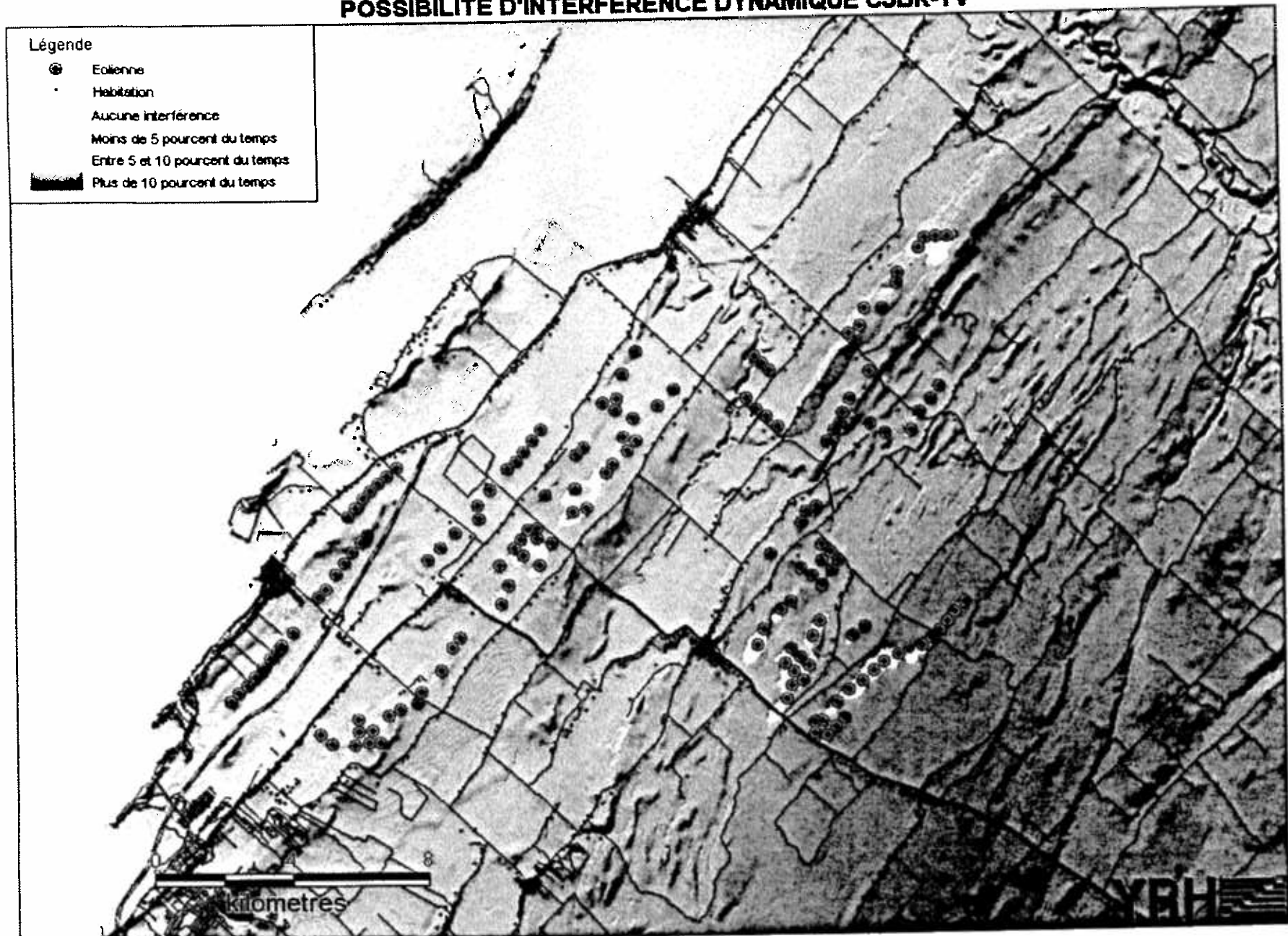
POSSIBILITÉ D'INTERFÉRENCE DYNAMIQUE CIMT-TV



POSSIBILITÉ D'INTERFÉRENCE DYNAMIQUE CIVB-TV-1



POSSIBILITÉ D'INTERFÉRENCE DYNAMIQUE CJBR-TV



POSSIBILITÉ D'INTERFÉRENCE DYNAMIQUE CKRT-TV

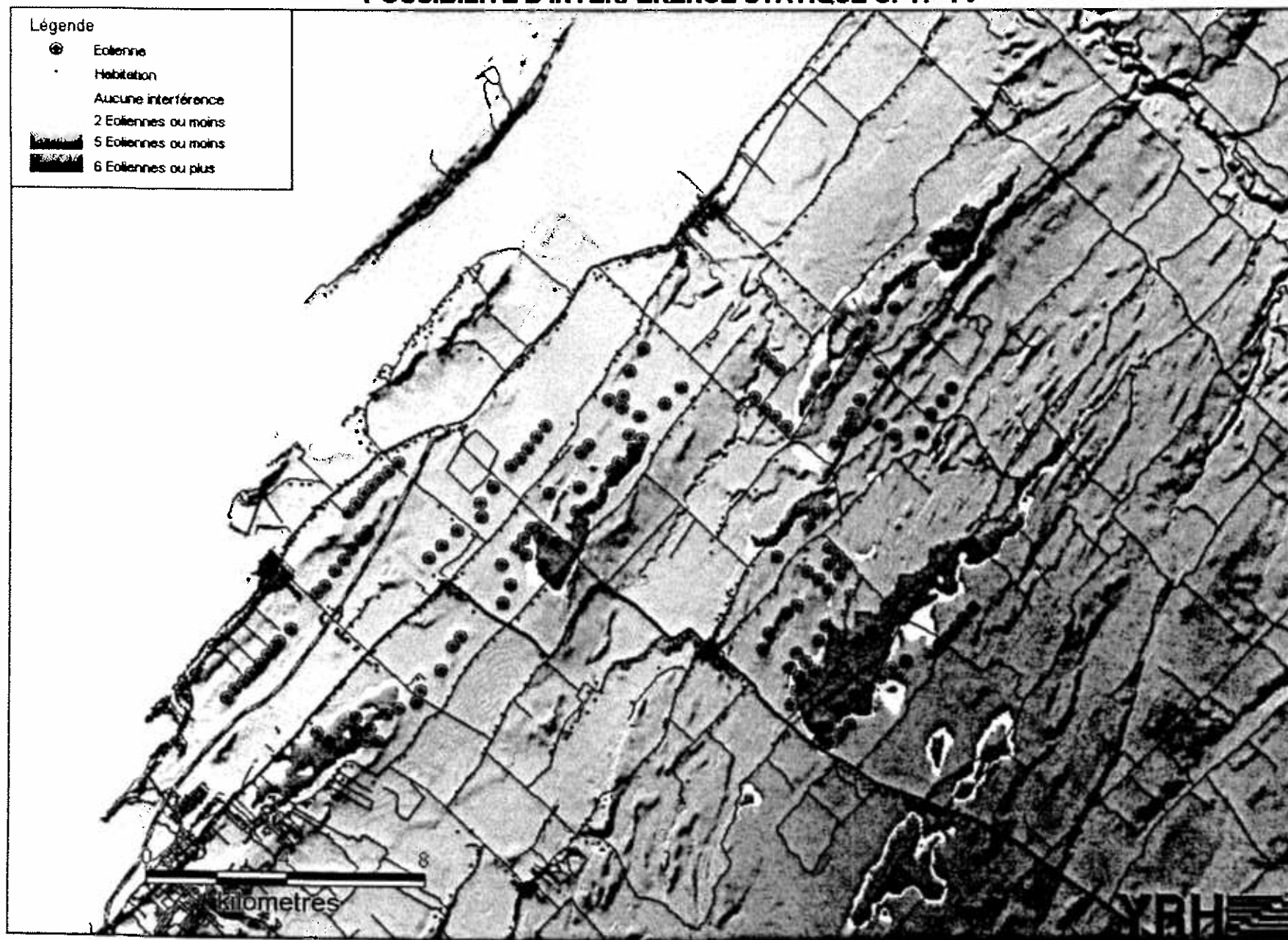


ANNEXE 4

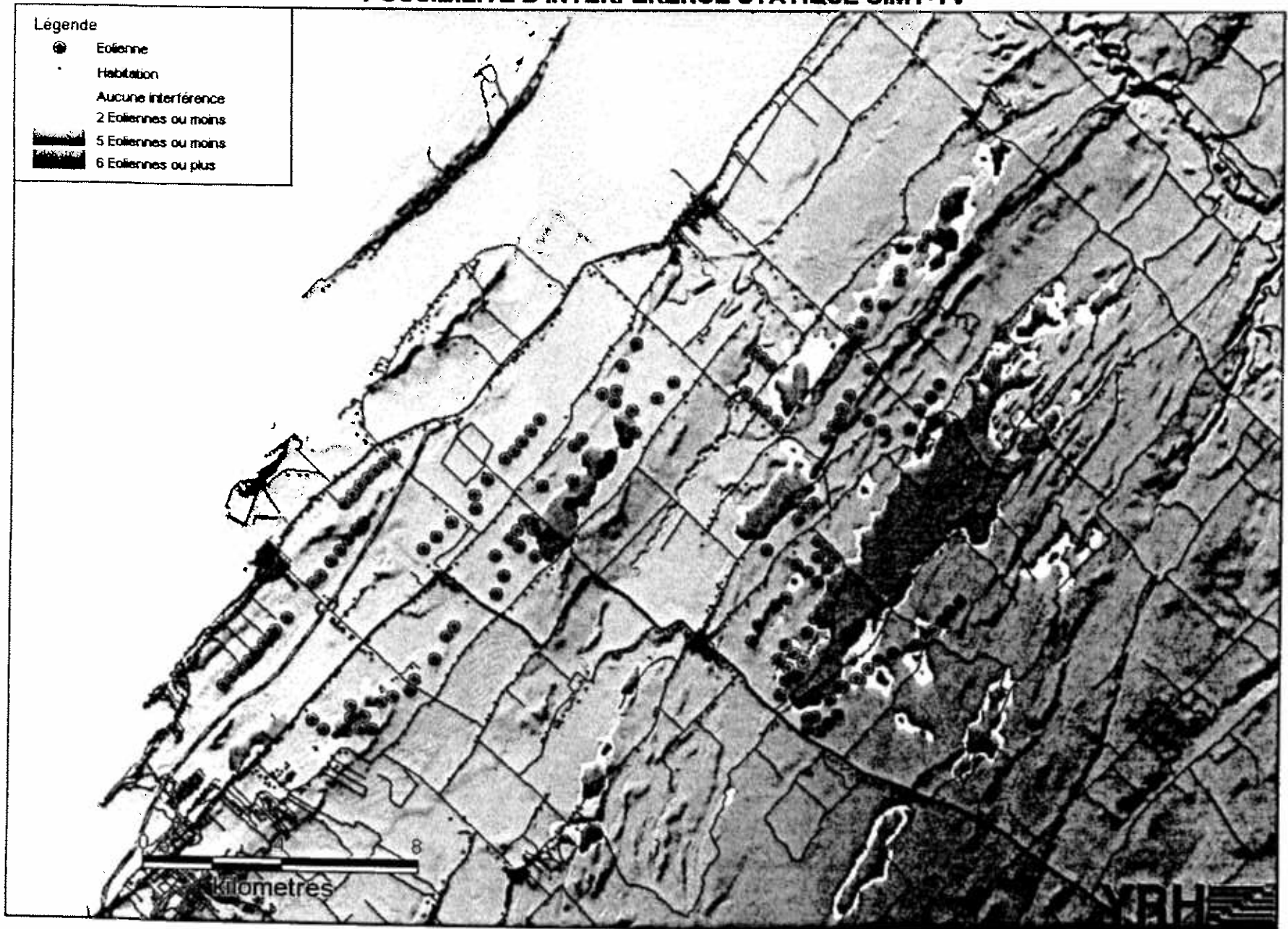
Résultats de l'Analyse d'Interférence Statique

Parc d'éoliennes de la MRC de Rivière-du-Loup

POSSIBILITÉ D'INTERFÉRENCE STATIQUE CFTF-TV



POSSIBILITÉ D'INTERFÉRENCE STATIQUE CIMT-TV



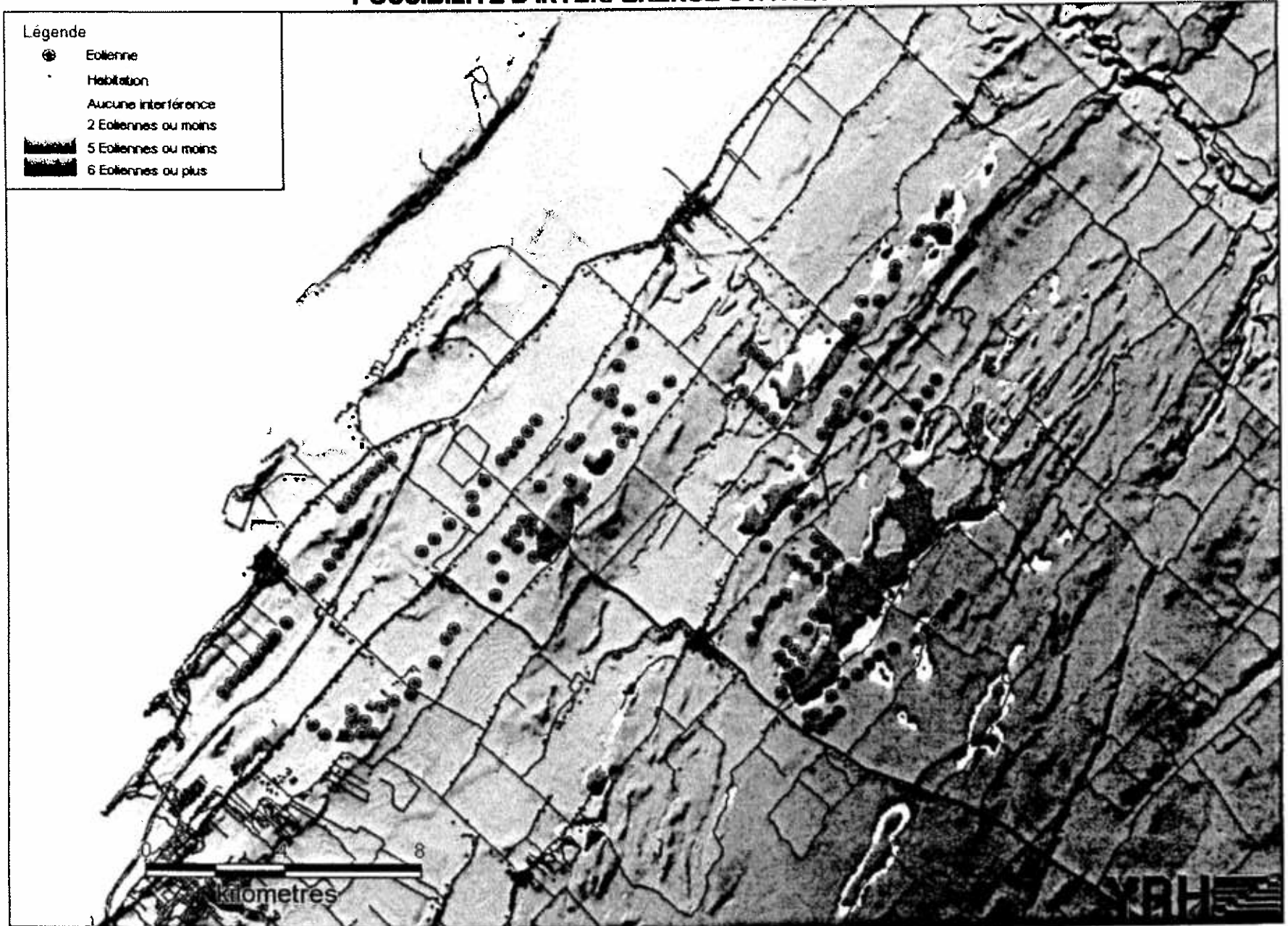
POSSIBILITÉ D'INTERFÉRENCE STATIQUE CIVB-TV-1



POSSIBILITÉ D'INTERFÉRENCE STATIQUE CJBR-TV



POSSIBILITÉ D'INTERFÉRENCE STATIQUE CKRT-TV



ANNEXE 5

Zones d'Exclusion Liaisons Micro-Ondes Point-à-Point

Parc d'éoliennes de la MRC de Rivière-du-Loup

ZONES D'EXCLUSION POINT-A-POINT ET ÉOLIENNES CONFLICTUELLES

