

ANNEXE 16

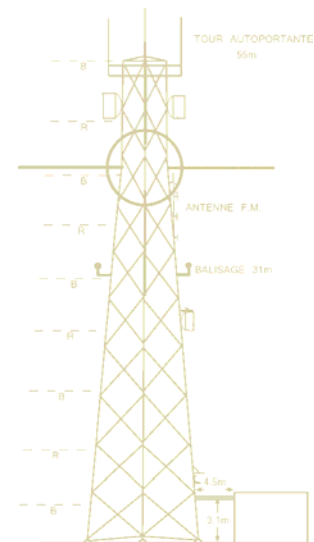
**Identification des systèmes de télécommunications,
par Yves R. Hamel et Associés inc., octobre 2006**

**Étude d'impact sur les systèmes de télécommunications,
par Yves R. Hamel et Associés inc., juillet 2008**

IMPLANTATION D'UN PARC D'ÉOLIENNES
Dans la région de
MONT-LOUIS, QUÉBEC

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE

IDENTIFICATION DES SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATIONS



Préparé pour

SNC-Lavalin Inc.
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

télec. :

514 934 2245

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

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
2	DISCUSSION	2
3	IDENTIFICATION DES SYSTÈMES	3
3.1	SYSTÈMES DE DIFFUSION	3
3.1.1	<i>Stations de télédiffusion</i>	3
3.1.2	<i>Stations de radio diffusion MF</i>	4
3.1.3	<i>Stations de radiodiffusion MA</i>	5
3.2	SYSTÈMES D'AIDE À LA NAVIGATION	6
3.2.1	<i>Système VOR /Localizer</i>	6
3.3	SYSTÈMES MOBILES.....	6
3.4	SYSTÈMES POINT À POINT	7
3.5	SYSTÈMES POINT À MULTIPOINT	8
3.6	SYSTÈMES RADAR	8
4	CONCLUSION	9

IMPLANTATION D'UN PARC D'ÉOLIENNES
Dans la région de
MONT-LOUIS, QUÉBEC

ÉTUDE D'IMPACT PRÉLIMINAIRE
IDENTIFICATION DES SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATIONS

1 Introduction

Yves R. Hamel et Associés, consultants en télécommunications et radiodiffusion a été mandatée par SNC-Lavalin pour vérifier l'impact de l'implantation d'un parc d'éoliennes sur les systèmes de radiodiffusion et télécommunications dans la région de Mont-Louis, Québec.

Ce rapport présente les résultats de la première phase de l'étude, visant à identifier les divers systèmes de télécommunications dans la région de Mont-Louis qui seraient à risque de subir des interférences suite à l'implantation du parc d'éoliennes. Ce travail consiste notamment en l'identification des systèmes de communications micro-ondes point à point qui croiseraient la région visée et la définition des zones d'exclusion associées s'il y a lieu ainsi qu'en une identification des systèmes de radar et de navigation susceptible de subir des interférences et finalement l'identification du potentiel d'interférence avec les signaux de télédiffusion.

Les résultats de cette étude détermineront la portée de la deuxième phase de l'étude qui visera à évaluer l'importance des interférences potentielles et à recommander des solutions alternatives au besoin.

2 Discussion

Des études traitant de ce sujet indiquent que de nombreux types de systèmes de télécommunications peuvent être grandement affectés par la présence des éoliennes dans leurs environs immédiats. Dans la réalité, une distance d'à peine quelques diamètres de rotor est parfois suffisante pour éviter de perturber la plupart des systèmes.

L'interférence due aux éoliennes peut prendre deux formes; interférence par *obstruction* des ondes électromagnétiques ou interférence par *réflexion* des ondes électromagnétiques. Il en résulte une dégradation du signal reçu ce qui affecte la performance et la fiabilité du service.

Plusieurs facteurs ayant trait à l'éolienne elle-même, tels que son type (vertical ou horizontal), le nombre et la dimension des pales, la forme des pales et les matériaux utilisés pour leur fabrication, ainsi que la hauteur et le diamètre de la tour de support, peuvent influencer l'importance des impacts potentiels d'interférences électromagnétiques causés à des services de radiodiffusion et de télécommunications. D'autre part, certains paramètres des systèmes de télécommunications influencent leur vulnérabilité: la localisation de l'émetteur et des récepteurs par rapport aux éoliennes, la fréquence d'émission, la polarisation du signal, le type de modulation, le patron d'antenne, les caractéristiques de propagation et la topographie du terrain.

Les problèmes d'interférences associés aux éoliennes sont généralement causés par la conductivité des pales métalliques ou en fibres de carbone. Le plan de rotation des pales présente dans ces cas une grande surface conductrice causant obstruction ou réflexion du signal. L'utilisation de pales de fibre de verre/époxy ou de plastique réduit le risque d'interférences causées par la rotation des pales, mais ne l'élimine pas complètement. L'utilisation de câbles conducteurs afin de relier les parafoudres positionnés à l'extrémité des pales, suffit généralement pour que la pale réagisse pratiquement comme une pale métallique. Les structures de support des éoliennes présentent aussi un important potentiel d'obstruction ou de réflexion à la transmission des signaux.

Les systèmes de télécommunications suivants ont été jugés vulnérables, sous certaines conditions, aux interférences dues à la présence d'éoliennes et seront analysés plus en détails dans la suite de ce document.

- Systèmes de diffusion radio (MF et MA) et télévision,
- Systèmes d'aide à la navigation, VOR, LORAN-C;
- Systèmes de communications mobiles VHF et UHF, cellulaire et PCS;
- Systèmes radio point à point UHF, micro-ondes et liaisons par satellite;
- Systèmes point à multipoint, FWA, MMDS, LMCS;
- Systèmes de radar de navigation et de météo.

3 Identification des systèmes

3.1 Systèmes de diffusion

3.1.1 Stations de télédiffusion

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 assurerait une réception sans interférence. La topographie du terrain ainsi que la distance relative 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 peuvent survenir dans certaines conditions à des distances de plus de 10 km des parcs d'éoliennes. Une analyse détaillée est requise afin de prendre en considération les conditions particulières du site étudié.

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 qui pourrait affecter la qualité du signal reçu n'est permis. L'installation des éoliennes à proximité d'un site de télédiffusion demande beaucoup d'attention car elle peut avoir un impact potentiellement très nuisible sur

l'intégrité du contour de service de la station. 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 nécessitant, selon les conditions locales, l'évaluation détaillée de l'interférence et la mise en place des mesures correctives, lorsque requis.

Dans le cas du parc d'éoliennes de Mont-Louis, les contours de service théorique protégé de quatre stations de télédiffusion couvrent, entièrement ou en partie, la zone visée pour l'implantation des éoliennes. Leurs contours de service réalistes devront donc être évalués dans la deuxième phase de l'analyse ainsi que l'impact des éoliennes sur les récepteurs dans les environs de celles-ci, lorsque leur emplacement sera connu.

STATION	RÉSEAU	EMPLACEMENT DE L'ÉMETTEUR
CBGAT-2	SRC-Français	Murdochville
CBGAT-3	SRC-Français	Grande Vallée
CBGAT-10	SRC-Français	Mont-Louis
CBGAT-11	SRC-Français	Ste-Anne-des-Monts

Table 1- Liste des stations TV couvrant la région du parc d'éoliennes proposé.

Les stations CBGAT-4 située à Mont-Louis et CBGAT-9 située à Gros-Morne, sont situées soit à l'intérieur des frontières proposées du parc d'éoliennes ou à proximité. Puisqu'il s'agit de stations faible puissance (LP), leur fonctionnement n'est pas explicitement protégé des interférences. Cependant, nous avons tout de même défini une zone d'exclusion autour de chacune de ces stations, afin de protéger la qualité de réception dans les villages de Mont-Louis et de Gros-Morne.

L'emplacement projeté du parc d'éoliennes dans la région de la Mont-Louis se trouve dans une région rurale faiblement peuplée. Selon les données du recensement de 2001, il y aurait approximativement 612 habitations dans cette région pour un nombre total d'environ 1288 personnes, dont la majorité se trouve dans les villages de Mont-Louis et de Gros-Morne.

3.1.2 Stations de radio diffusion MF

Des études et analyses effectuées dans le passé ont démontré que la réception des signaux de radiodiffusion en MF est généralement peu affectée par l'implantation des parcs d'éoliennes en autant qu'une distance minimale de quelques centaines de mètres soit

maintenue entre les éoliennes et le site d'émission ou encore les sites de réception. La dégradation du signal MF est généralement perçue en tant qu'un sifflement de fond synchronisé avec la fréquence de rotation des pales. Une dégradation perceptible de la qualité du signal reçu survient typiquement seulement aux extrémités de la région couverte par la station, ou le rapport signal sur bruit est déjà marginal (de l'ordre de moins de 12 dB) et à faible distance des éoliennes. Ces conditions se retrouvent majoritairement en dehors des contours de service.

La station CJMC-FM-5 est située à Gros Morne, à l'intérieur des frontières proposées du parc d'éoliennes. Puisqu'il s'agit d'une station très faible puissance (VLP), son fonctionnement n'est pas explicitement protégé des interférences, cependant nous avons défini une zone d'exclusion afin de protéger cette station qui dessert la population de Gros-Morne. La société Radio-Canada exploite aussi une station MF faible puissance (CBGA-13-FM), à son site de Gros-Morne. Cette station se situe à moins de 600 m de la limite proposée du parc et nous avons aussi défini une zone d'exclusion pour cette station, elle se confond toutefois avec la zone d'exclusion prévue pour la station TV CBGAT-9.

Aucune autre station de radiodiffusion MF n'est située à l'intérieur des limites proposées du parc ni à moins de 500 m de celles-ci. Aucun problème lié à l'interférence avec les stations de radiodiffusion MF n'est donc anticipé.

3.1.3 Stations de radiodiffusion MA

Tout comme les signaux de télédiffusion, la radiodiffusion MA est modulée en amplitude et pourrait théoriquement subir des interférences dues à la présence des éoliennes. Les signaux de radiodiffusion en MA utilisent des fréquences plus basses et donc des longueurs d'ondes beaucoup plus importantes que les signaux TV et sont par conséquent moins sujettes aux réflexions sur les éoliennes. La réception des signaux MA ne devrait donc pas être affectée par la présence des éoliennes à moins que le récepteur ne se trouve très près (à quelques mètres) des éoliennes. Cependant, la présence de grandes structures métalliques verticales (telles que les mâts de support des éoliennes) dans les environs immédiats des antennes de diffusion MA pourrait modifier le patron de rayonnement de ces antennes en agissant comme un élément rayonnant passif.

Aucune station de radiodiffusion MA existante ne se trouve à proximité de la zone projetée du parc d'éoliennes.

3.2 Systèmes d'aide à la navigation

3.2.1 Système VOR /Localizer

Le VOR (VHF Omnidirectional Range) et les systèmes ILS/Localizer (Instrument Landing System) utilisent des signaux dans la bande de fréquences entre 108 et 118 MHz et une combinaison de modulation en fréquence et en amplitude afin d'aider la navigation aérienne. Les émetteurs VOR sont localisés principalement sur les terrains des aéroports mais il arrive qu'ils soient localisés le long des principaux corridors de navigation afin d'aider à la navigation en route. Les stations Localizer sont quant à elles situées en bout de piste d'atterrissage. Il est nécessaire de ménager un espace d'au moins 500 m autour des stations VOR afin de ne pas affecter l'opération et la précision des récepteurs à bord des avions. Un espace encore plus étendu devrait en plus être exempt de bâtiments et structures de hauteur importante selon la topographie, afin de ne pas affecter les signaux d'azimut. Des recherches ont démontré que les éoliennes peuvent être considérées comme des structures statiques par rapport à l'opération des systèmes VOR et ne nécessitent qu'une autorisation d'obstacle aérien de la part de Transport Canada, comme pour toute structure de hauteur importante.

Aucun émetteur VOR n'est situé à proximité du parc d'éoliennes proposé et aucune interférence n'est donc prévue.

3.3 Systèmes mobiles

Tous les systèmes de communications mobiles fonctionnant dans les bandes VHF, UHF ainsi que les système de téléphonie cellulaire et PCS dans les bandes de fréquences de 850 et 1900 MHz utilisent la modulation de phase ou de fréquence qui, tout comme les systèmes de diffusion radiophonique en MF, ne sont pas sujettes aux interférences causées par l'opération des éoliennes. Même si, théoriquement, il est possible que des interférences surviennent à proximité des éoliennes et lorsque le niveau de signal reçu est très faible, aucun cas documenté n'existe au sujet de ce type d'interférence survenant en réalité. Nous n'anticipons donc pas des problèmes liés à ce type d'interférence.

Aucune station de base des différents opérateurs cellulaires et PCS ne se trouve à l'intérieur de la zone projetée du parc d'éoliennes. Toutefois, au moins deux structures supportant les systèmes de communications mobiles de la région se retrouvent à l'intérieur de la zone projetée du parc d'éoliennes et une zone d'exclusion de 500 mètres de rayon est prévue pour ce type de structure. Les zones d'exclusion qui y sont associées sont illustrées en annexe. Ces zones se trouvent près de la limite nord du parc, dans les municipalités le long du fleuve.

3.4 Systèmes point à point

Les systèmes de télécommunications point à point sont utilisés entre autres pour relier les sites de diffusion à leurs studios ainsi que pour une foule d'autres applications. Les réseaux de téléphonie et de transmission de données utilisent des liaisons micro-ondes point à point et les réseaux étendus de téléphonie cellulaire utilisent ce type de liaisons pour relier les stations de base au centre de commutation. Les liaisons point à point dans les bandes de fréquence UHF et micro-ondes nécessitent des liaisons en ligne de vue et la présence de structures dans le parcours ou à ses abords peut engendrer des réflexions qui pourraient dégrader le signal reçu jusqu'au point d'interrompre la communication.

La construction d'éoliennes à proximité d'un parcours de liaison point à point est encore plus critique que l'érection d'une structure statique car la rotation des pales engendre un effet de modulation en amplitude et un effet Doppler. Selon les références sur ce sujet, un espacement latéral minimal équivalent à trois fois le rayon de la première zone de Fresnel est requis entre la ligne de vue optique de la liaison et toute éolienne située le long du parcours. Le rayon de la première zone de Fresnel dépend de la fréquence d'opération de la liaison ainsi que de la longueur totale de la liaison et de la distance le long du parcours. Un espacement latéral équivalent au rayon du rotor de l'éolienne est également ajouté afin de s'assurer que les pales du rotor se trouvent entièrement en dehors de la zone d'exclusion.

Dans le cas du parc d'éoliennes de Mont-Louis, aucune liaison point à point ne traverse la région étudiée. Une liaison appartenant à Telus Québec et reliant le site de Mont-Louis au site de l'Aiguille à Murdocohville passe cependant tout près de la limite ouest du parc proposé.

Les mêmes critères s'appliquent aux liaisons par satellite fonctionnant dans les fréquences entre 4 et 14 GHz. Lorsque l'angle d'élévation et l'azimut d'une antenne terrestre par rapport à un satellite spécifique sont connus, la distance minimale par rapport à une éolienne peut

être évaluée. Selon les informations contenues dans la banque de données d'Industrie Canada, il n'y a aucune station de liaison par satellite à l'intérieur de la zone étudiée.

3.5 Systèmes point à multipoint

Les systèmes de télécommunication point-multipoint sont un moyen de plus en plus populaire d'offrir l'accès Internet et la câblodistribution sans-fil dans les régions rurales. Ces systèmes fonctionnent dans des bandes de fréquences situées entre 1.5 et 40 GHz et utilisent différents types de modulation. Pour fins de notre analyse, ces systèmes sont traités comme des multiples systèmes point à point et par ce fait sont inclus à l'étape précédente de cette étude.

3.6 Systèmes radar

Les systèmes radar fonctionnent généralement à des fréquences entre 1 GHz et 10 GHz ou plus et utilisent la réflexion des ondes radio afin de localiser et identifier des objets. Les systèmes de radar, autant civils que militaires, sont pour la plupart utilisés pour des fins de contrôle aérien et de prévision météorologique. Toute structure se trouvant dans le champ de vision du radar retournera vers la source une partie du signal émis, qui sera traité par le récepteur radar.

La filtration et le traitement du signal reçu permettent de déterminer s'il provient d'une structure fixe comme un bâtiment ou d'une cible mobile comme un avion par exemple. Ce traitement du signal permet généralement d'éviter que les structures fixes n'apparaissent sur les affichages des récepteurs radar, facilitant ainsi la tâche des opérateurs. De plus, les radars de navigation ont un angle de visée positif, réduisant la visibilité des structures localisées à une certaine distance des sites radars. Les radars météo par contre ont un angle de visée horizontal ou même pointent légèrement vers le bas afin de percevoir des nuages et précipitations le plus près possible du sol. Ainsi des structures situées même au-delà de l'horizon peuvent être perçues par ce type de radar.

En ce qui concerne les structures mobiles comme les rotors d'éoliennes, leur fonctionnement engendre d'importantes perturbations des récepteurs des signaux radar puisque leur signature radar change constamment avec la vitesse de rotation des pales et la direction du vent. De plus, lorsqu'un nombre important d'éoliennes est localisé à proximité les unes des autres, il devient à toutes fins pratiques impossible de filtrer et éliminer ces réflexions. Les

tentatives de développement d'algorithmes de filtrations n'ont pas obtenu jusqu'à présent de résultats probants et les efforts de recherche visent présentement le développement des pales de rotor et nacelles en matériaux qui absorbent les signaux radar mais ces éoliennes 'invisibles' aux radars en sont encore à plusieurs années de leur possible mise en marché.

Aucune installation radar n'a été identifiée dans les environs immédiats du parc d'éoliennes proposé dans la région de Mont-Louis.

Nous avons aussi transmis une requête à la Défense Nationale afin qu'ils identifient les systèmes de communication et d'aide à la navigation, radar ou autre, qui pourraient se situer dans un rayon de 100 km du parc d'éoliennes proposé. Une requête du même genre a aussi été adressée aux services de sécurité publique, afin d'identifier les systèmes qu'il pourrait y avoir dans cette région. Le département de la Défense Nationale nous avise qu'aucun radar ou autre système leur appartenant n'est situé à moins de 100 km du parc.

4 CONCLUSION

Ce document visait à effectuer l'identification et l'analyse des systèmes de télécommunications inscrits dans la base des données d'Industrie Canada et situés dans un rayon de 100 km du parc d'éoliennes proposé, qui seraient à risques de subir des interférences dues à l'opération des éoliennes dans la région proposée. Cette analyse inclue les systèmes point à point de sécurité publique et les systèmes appartenant au département de la défense nationale. Cependant, d'autres systèmes de sécurité publique, lesquels ne sont pas inclus dans la base de données d'Industrie Canada, nécessiteront une confirmation de la part des utilisateurs des services concernés.

La réception des signaux de télévision de six stations, dont deux stations faible puissance pourrait théoriquement être affectée dans la région proposée. Il serait nécessaire au cours de la deuxième phase de l'étude d'impact, de vérifier les contours de service réalistes de ces stations et d'évaluer les niveaux de perturbation qui pourraient résulter de l'implantation d'éoliennes.

Aucune station radar météo ni du département de la défense n'est située à moins de 100 km du parc d'éoliennes. Nous sommes toujours dans l'attente d'une confirmation en ce qui concerne certains utilisateurs de systèmes de sécurité publique.

Notre analyse n'a identifiée aucune liaison point à point dans la région proposée. Cependant, des zones d'exclusion associées à des structures de communications mobiles et de radiodiffusion MF ont été définies à certains endroits aux abords du parc.

Il est nécessaire d'ajouter que toutes ces évaluations, les zones d'exclusion produites et les conclusions de ce rapport sont essentiellement basées sur les informations publiées dans les banques de données d'Industrie Canada ou autres sources. Certaines de ces informations devront être validées au cours de la phase 2 de l'étude, toutefois les coordonnées géographiques des sites concernés devraient être mesurées avec précision sur le terrain le plus tôt possible et définitivement avant le positionnement préliminaire des éoliennes, ceci afin de confirmer les positions et dimensions des zones d'exclusion identifiées.

Références

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.

David F. Bacon, “Fixed-link Wind-Turbine exclusion zone method”, D.F. Bacon, 2002.

Thomas B. A. Senior, Dipak L. Sengupta, “Large wind turbine siting handbook: Television interference assessment” Technical report No.4, University of Michigan, 1981.

M. M. Butler, D. A. Johnson, “Effect of windfarm on primary radar”, DTI PUB URN No. 03/976, 2003.

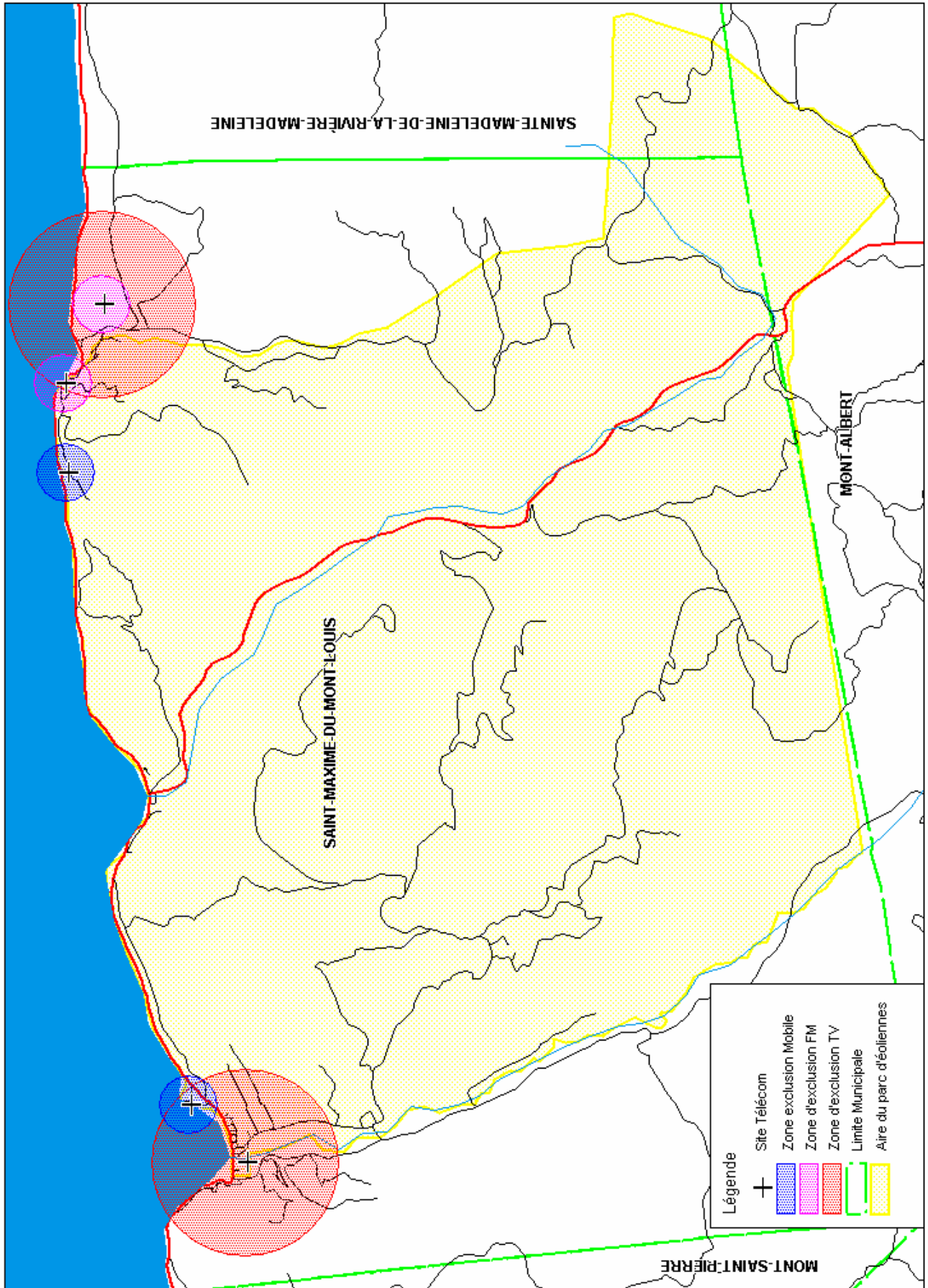
ITU Recommendation BT.805 “Assessment of impairment caused to television reception by a wind turbine”, ITU-R BT.805, 1992.

BTAC – Subcommittee 18 “Technical Information on the Assessment of the Potential Impact of Wind Turbines on Radiocommunication Systems”, July 2005.

Annexe 1

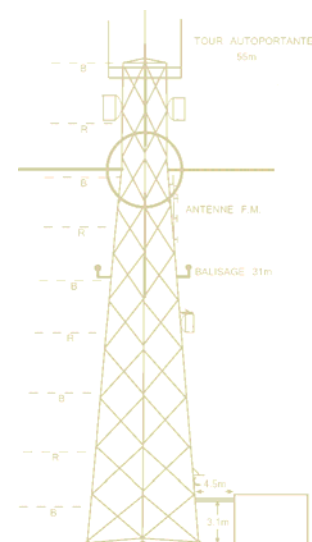
Aperçu général du parc d'éoliennes de Mont-Louis et zones d'exclusions associées

ZONES D'EXCLUSION ASSOCIÉES AUX SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATIONS



**PROJET D'AMÉNAGEMENT DE PARC ÉOLIEN
DE SAINT-MAXIME-DU-MONT-LOUIS**

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



Préparée pour

SNC-LAVALIN ENVIRONNEMENT INC.
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


télec. :

514 934 2245

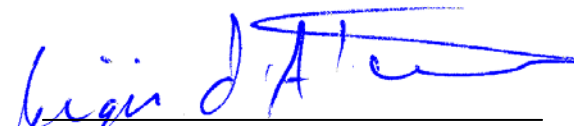
web : www.YRH.com
courriel : Telecom@YRH.com

PROJET D'AMÉNAGEMENT DU PARC ÉOLIEN
DE SAINT-MAXIME-DU-MONT-LOUIS
SAINT-MAXIME-DU-MONT-LOUIS, QUÉBEC
ÉTUDE D'IMPACT
SUR LES SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATIONS

Équipe responsable de la préparation de ce document



Étienne Leroux, ing. jr



Régis d'Astous, spécialiste sr



Maurice Beauséjour, Ing.
7 juillet 2008

Note : Ce document est rédigé selon un mandat donné à Yves R. Hamel et Associés Inc. par SNC-LAVALIN ENVIRONNEMENT INC. Ce document est basé sur des données provenant principalement de la base de données d'Industrie Canada et de tierces parties, pour lesquels aucune validation terrain n'a été effectuée. Conséquemment, les renseignements et conclusions écrits dans ce document sont uniquement et strictement à but informatif. Yves R. Hamel et Associés Inc. ainsi que les personnes agissant à son compte ne pourront être tenu responsable de tout dommage direct ou indirect relié au contenu de ce document.

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
2	DISCUSSION	2
2.1	LIAISONS POINT A POINT PAR FAISCEAUX HERTZIEN.....	2
2.2	QUALITE DE RECEPTION TELEVISUELLE	3
3	ANALYSE DES SYSTÈMES DE TÉLÉDIFFUSION (TV)	5
3.1	GÉNÉRALITÉS.....	5
3.1.1	Paramètres d'exploitation des stations	5
3.1.2	Positions des éoliennes analysées	6
3.1.3	Sommaire des spécifications des éoliennes.....	7
3.2	METHODOLOGIE DE L'ANALYSE.....	9
3.2.1	Évaluation de la qualité de l'image	9
3.2.2	Prédiction de la qualité de l'image.....	12
3.2.3	Analyse dynamique.....	13
3.2.4	Analyse statique	16
3.2.5	Évaluation quantitative de l'impact du parc d'éoliennes	17
3.2.6	Analyse du signal reçu pour les stations répétitrices.....	19
3.2.7	Systèmes de réception par satellite	23
4	CONCLUSION	25

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

**PROJET D'AMÉNAGEMENT DU PARC ÉOLIEN
DE SAINT-MAXIME-DU-MONT-LOUIS**

SAINT-MAXIME-DU-MONT-LOUIS, QUÉBEC

1 Introduction

Yves R. Hamel et Associés Inc., consultants en télécommunications et radiodiffusion a été mandaté par SNC-LAVALIN ENVIRONNEMENT INC. pour vérifier l'impact de l'implantation d'un parc éolien dans la municipalité de Saint-Maxime-du-Mont-Louis. L'analyse de ce parc s'étend sur le territoire de certaines municipalités environnantes, principalement Mont-Saint-Pierre et dans la partie ouest de Sainte-Madeleine-de-la-Rivière-Madeleine.

Ce rapport traite principalement de l'impact du parc d'éoliennes proposé sur les systèmes d'émission télévisuelle de la région (CBGAT-2, CBGAT-3, CBGAT-4, CBGAT-9, CBGAT-10, CBGAT-11) et présente les résultats d'une analyse détaillée de l'impact sur la qualité des signaux reçus des stations ayant un minimum de couverture des résidences situées dans la région d'analyse. Une revue de la visibilité des satellites des réseaux canadiens de radiodiffusion directe par satellite est aussi présentée.

Le promoteur du parc éolien de Saint-Maxime-du-Mont-Louis nous a soumis 3 variantes d'implantation distinctes. La première variante d'implantation prévoit 50 éoliennes d'une puissance de 2 MW chacune, la deuxième prévoit 67 éoliennes d'une puissance de 1.5 MW chacune et la dernière prévoit 111 éoliennes de 0.9 MW chacune. Conséquemment, l'analyse est réalisée pour le scénario le plus restrictif; c'est-à-dire avec les 111 emplacements et, selon les caractéristiques des modèles d'éoliennes, avec la tour (GE1.5sle) et le rotor (E-82) causant le plus d'interférence statique et dynamique.

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. Les détails de la disposition des éoliennes sont aussi présentés à l'annexe 1.

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'éoliennes.

Les stations radio à modulation d'amplitude (AM) dont les antennes émettrices seraient à proximité d'un parc d'éoliennes, 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'éoliennes proposé, ce type d'analyse de rayonnement secondaire ne sera pas requis pour le projet de Saint-Maxime-du-Mont-Louis.

2.1 Liaisons point à point par faisceaux hertzien.

Les liaisons micro-ondes point-à-point peuvent être grandement affectées par l'ajout d'éoliennes à proximité du parcours de la ligne de vue entre les deux stations 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. 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 par l'implantation du parc d'éoliennes de Saint-Maxime-du-Mont-Louis. Aucune liaison micro-onde n'avait été identifiée dans l'ensemble de la zone d'étude du projet et conséquemment, aucune étude complémentaire n'a été effectuée pour ce rapport.

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 peuvent survenir dans certaines conditions à des distances de plus de 10 km du parc d'éoliennes. Ce rapport présente les résultats d'une analyse détaillée effectuée dans la région des projets proposés.

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 qui pourrait affecter la qualité du signal reçu n'est permis. 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. 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 quels 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 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.

Les images fantômes statiques ne sont pas un phénomène nouveau et sont visibles dans le voisinage de la plupart des structures tels que les bâtiments, les granges, les tours de ligne haute tension, les panneaux d'affichage et même les collines et montagnes. Ce type d'images fantômes statiques est relativement commun et toléré depuis l'origine du déploiement du système de télévision nord-américaine. Afin d'améliorer la performance de la technologie de transmission de télévision, une mise-à-jour du standard NTSC, appelée signal de référence anti-écho, a été mise en place en 1994 afin d'éliminer ou du moins réduire l'impact de ces images fantômes. Cependant, ce ne sont pas tous les opérateurs de radiodiffusion télévisuelle qui ont mis en œuvre cette mise-à-jour.

Pour ce qui a trait aux images fantômes dynamiques, elles sont causées par la rotation des pales d'éoliennes et sont directement attribuables aux éoliennes ou autres surfaces réfléchissantes en mouvement. Elles peuvent donc provenir d'autres sources comme les avions volant à faible altitude à proximité des aéroports ou des camions lourds en mouvement sur la route. Dans chaque cas, certaines mesures d'atténuation de ces échos sont souvent fructueuses, mais elles ne peuvent pas toujours résoudre le problème.

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 six stations suivantes, dont les contours de service théorique couvrent au moins une partie de la zone d'étude. 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.

Tableau 1- Liste des stations à analyser

Lettre d'appel	Canal	Puiss. App. Rayonnée Visuel Max (W) / Moy (W)	Altitude au sol (m)	Hauteur d'antenne (m)	Coordonnées (NAD83)
CBGAT-2 Murdochville	Canal 10	4290 / 1530	853	72	48° 57' 56" N 65° 28' 43" O
CBGAT-3 Grande-Vallée	Canal 6	2275 / 587	320	88.4	49° 13' 00" N 65° 10' 42" O
CBGAT-4 Mont-Louis	Canal 2	8 / ND	15.2	12.5	49° 13' 39" N 65° 44' 03" O
CBGAT-9 Gros-Morne	Canal 4	10 / ND	152.4	76.2	49° 14' 38" N 65° 31' 58" O
CBGAT-10 Saint-Maxime-du-Mont-Louis	Canal 19	10350 / 5150	457	109	49° 13' 20" N 65° 45' 36" O
CBGAT-11 Ste-Anne-des-Monts	Canal 8	179600 / 47800	609.6	157.9	49° 06' 07" N 66° 17' 14" O

Deux de ces stations (CBGAT-4 et CBGAT-9) sont de type faible puissance et ne sont pas protégés contre les interférences dans leur contour de service respectif. Cependant, comme ces stations desservent deux municipalités spécifiques, nous avons jugé bon de les inclure dans cette analyse. 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 d'estimer 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 les six

stations ne couvrent qu'en partie la zone d'analyse en question. Étant donné que le contour réaliste des stations CBGAT-2, CBGAT-3 et CBGAT-11 ne couvrent pas les zones habitées situées à l'intérieur de la zone d'analyse, l'analyse détaillée n'a été effectuée que pour les stations CBGAT-4, CBGAT-9 et CBGAT-10.

3.1.2 Positions des éoliennes analysées

L'analyse de l'impact d'un parc d'éoliennes sur la qualité de la réception des signaux télévisuels est tributaire des positions de chacune des éoliennes utilisées lors de l'analyse. Des modifications relativement mineures (quelques centaines de mètres) de la position de certaines éoliennes n'affectera pas de façon importante les résultats, toutefois le déplacement de plusieurs éoliennes pour former un nouveau groupe dans une zone précédemment inoccupée du parc pourrait nécessiter une mise à jour de l'étude, particulièrement si les nouvelles positions sont à proximité d'une agglomération. Les positions des éoliennes analysées sont indiquées au tableau 2 et leurs positions peuvent être visualisées sur les cartes présentées à l'annexe 1.

Tableau 2- Coordonnées des éoliennes à analyser pour le projet Saint-Maxime-du-Mont-Louis, projection UTM Zone 20 (NAD83).

Numéro d'éolienne	(UTM NAD83) Est	(UTM NAD83) Nord	Numéro d'éolienne	(UTM NAD83) Est	(UTM NAD83) Nord
1	303125.0	5455469.0	57	307682.0	5450720.0
2	303302.0	5455991.0	58	307695.0	5455481.0
3	303331.0	5452008.0	59	307746.0	5447798.0
4	303425.0	5455101.0	60	307802.0	5450239.0
5	303475.8	5452476.5	61	308042.0	5455788.0
6	303532.0	5456863.0	62	308135.2	5453619.5
7	303555.0	5451438.0	63	308178.0	5450512.0
8	303601.0	5456401.0	64	308268.0	5448089.0
9	303687.0	5455659.0	65	308479.5	5453924.9
10	303794.1	5450981.5	66	308524.4	5456022.0
11	303925.0	5454379.0	67	308591.0	5450739.0
12	303951.0	5457073.0	68	308698.0	5447825.0
13	303991.0	5456106.0	69	308707.0	5446094.0
14	304012.0	5456613.0	70	308813.0	5454260.0
15	304013.2	5449577.4	71	308930.6	5453805.1
16	304101.5	5450044.3	72	309085.0	5457990.0
17	304223.0	5455072.0	73	309117.0	5449850.0
18	304372.0	5454589.0	74	309301.9	5452496.8

19	304399.0	5455554.0
20	304475.2	5448795.4
21	304830.5	5455948.4
22	305161.1	5456269.0
23	305442.0	5453212.0
24	305530.0	5452242.0
25	305559.0	5452739.0
26	306004.8	5452922.8
27	306019.1	5451595.0
28	306063.0	5456943.0
29	306149.0	5452117.8
30	306426.0	5456363.0
31	306451.9	5450977.6
32	306472.0	5451762.0
33	306515.4	5455421.6
34	306554.0	5455910.0
35	306575.0	5450409.0
36	306624.0	5454516.0
37	306704.1	5449950.1
38	306805.0	5454037.0
39	306822.0	5451405.0
40	306848.0	5447300.0
41	306951.9	5454897.5
42	306964.0	5456609.0
43	307033.0	5450610.0
44	307041.0	5455612.0
45	307080.0	5453481.0
46	307116.0	5448953.0
47	307360.0	5447021.0
48	307277.0	5446291.0
49	307290.0	5450172.0
50	307305.0	5455213.0
51	307336.0	5447513.0
52	307360.0	5453089.0
53	307436.0	5448297.0
54	307490.0	5449279.0
55	307716.0	5445964.0
56	307668.0	5456258.0

75	309332.7	5454033.2
76	309591.9	5453526.8
77	309609.0	5457998.0
78	309669.5	5454350.6
79	309763.0	5452442.0
80	309794.0	5448286.0
81	309958.0	5457289.0
82	309965.7	5453250.1
83	310132.1	5446949.0
84	310115.0	5452775.0
85	310150.0	5447946.0
86	310268.0	5452334.0
87	310354.0	5457294.0
88	310430.0	5446330.0
89	310727.0	5457267.0
90	310741.0	5447305.0
91	310754.0	5446706.0
92	311044.0	5457463.0
93	311053.0	5456394.0
94	311389.0	5457645.0
95	311542.0	5458100.0
96	311882.0	5456229.0
97	312118.0	5455266.0
98	312205.0	5455756.0
99	312240.0	5456563.0
100	312284.0	5456177.0
101	312652.0	5454774.0
102	312661.0	5455993.0
103	312886.0	5455095.0
104	312897.0	5454291.0
105	312939.0	5453793.0
106	313091.0	5456238.0
107	313154.0	5454721.0
108	313249.0	5455265.0
109	313299.0	5456949.0
110	313506.0	5456557.0
111	313670.0	5456943.0

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. Il y a trois modèles d'éolienne à l'étude : le premier modèle du manufacturier GE, modèle 1.5sle, d'une

puissance de 1.5 MW, le deuxième d'Enercon, modèle E-82, d'une puissance de 2 MW et finalement le troisième d'AWE, modèle 54-900, d'une puissance de 0.9 MW. Les principales caractéristiques des trois modèles (GE1.5sle / E-82 / AWE 54-900) sont présentées dans le tableau qui suit :

Rotor

Diamètre:	77 m / 83.3 m / 54 m
Inclinaison de l'axe:	4° / 5° / Non disponible (ND)
Conicité des pales:	1.25° / ND / ND
Nombre de pales:	3 / 3 / 3

Pales

Matériel:	Résine Époxyde renforcé de fibre de verre (même pour les 3 modèles)		
Longueur:	37 m / 38.8 m / 25.8 m		
Superficie projetée par une pale :	80m ² / 81.5 m ² (approx.) / 37.4 (approx.)		
Torsion (point d'attache /bout de pale):	15° / 10° (hypothèse) / 12°		

Tour

Section	Longueur	Diamètre Maximum	Diamètre Minimum
1	14.6m / 57.39m / *	4.5m / 6.369m / *	4.29m / 3.019m / *
2	19.8m / 3.00m / *	4.29m / 3.019m / *	3.73m / 2.91m / *
3	19.9m / 22.91m / *	3.73m / 2.91m / *	3.18m / 2.00m / *
4	22.6m / N/A / *	3.18m / N/A / *	2.44m / N/A / *

* La hauteur de la tour de support de l'AWE54-900 est de 75m. Le diamètre de cette tour conique est aussi inférieur au diamètre des deux autres tours.

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 :

$$\eta_s = \eta_A \eta_M \exp^{-2.30 \Delta\beta}$$

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:

$$\eta_A = 0.80$$

$$\eta_M = \begin{array}{l} 1.00 \text{ pour des pales métalliques} \\ 0.41 \text{ pour des pales non-métalliques} \end{array}$$

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 un câble conducteur 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 0.4 pour le modèle E-82 et de 0.33 pour le modèle GE 1.5sle.

D'après les caractéristiques des modèles d'éoliennes énumérés ci-haut, l'étude du scénario le plus restrictif sera effectuée avec le rotor du modèle E-82 d'Enercon pour l'étude dynamique alors que la tour du modèle 1.5sle de GE sera utilisée pour l'étude statique.

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 de qualité 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.

Tableau 4- Description de l'indice de qualité de l'image.

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)

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.

TELEVISION GHOST INVESTIGATION
GHOST DELAY versus GHOST LEVEL FOR GIVEN PICTURE GRADE
BASED ON TYPICAL VIEWER POPULATION SAMPLE

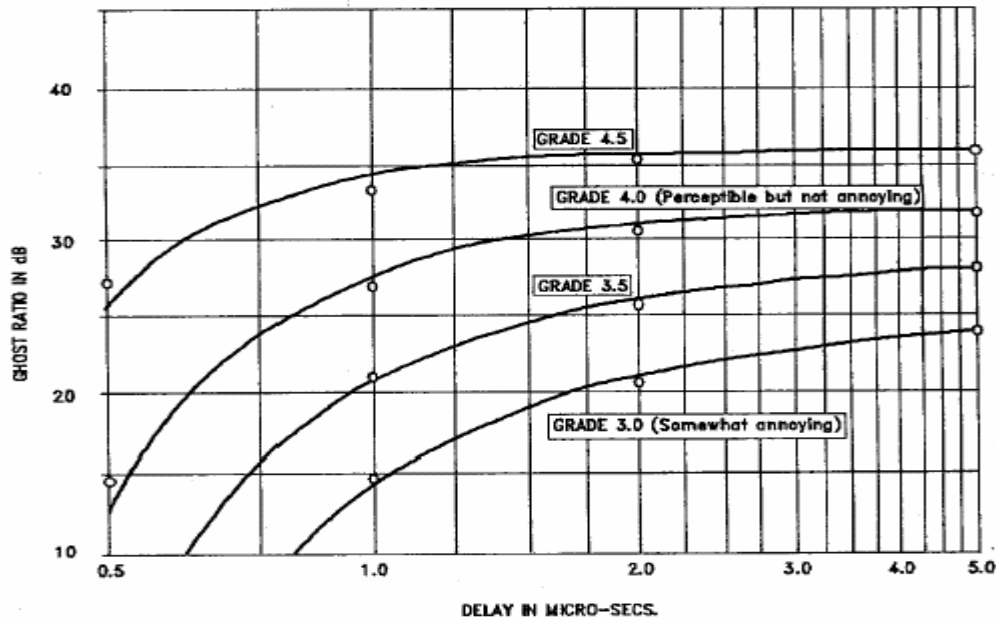


Figure 1- Courbes de gradation de la qualité de l'image proposées par Industrie Canada pour des images fantômes statiques.

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. Cependant, dans le cas d'une station de faible puissance tel que CBGAT-4 et CBGAT-9, Industrie Canada fixe le seuil minimum à un indice de 3.5.

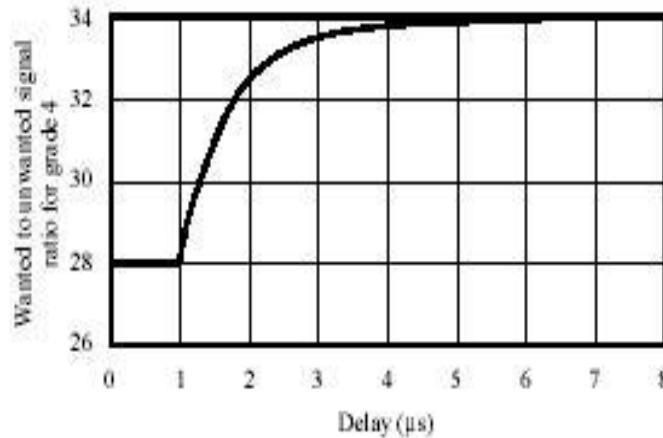


Figure 2- Courbe de la qualité de l'image de grade 4 proposée par l'UIT pour des images fantômes dynamiques.

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, le nombre d'éoliennes dont la tour de support risque de produire une image fantôme inacceptable à ce point de la grille planimétrique, d'une granularité typique de 100m. 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 délai 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 proposé 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 donnée 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 arcsecondes ré-échantillonné 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 la RPR-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.

L'annexe 3 présente les résultats obtenus pour l'analyse dynamique des stations CBGAT-4, CBGAT-9 et CBGAT-10. 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 éoliennes. 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 potentiellement 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 que le signal reçu avant même le déploiement du parc d'éolienne soit jugé de qualité insuffisante, soit qu'il n'y a aucune interférence causée par les éoliennes ou encore que l'interférence provoque une dégradation imperceptible ou perceptible mais non gênante (Indice de qualité de 4 ou mieux).

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 Saint-Maxime-du-Saint-Maxime-du-Mont-Louis 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 0.09% et 5.38%. Considérant que l'éolienne ne tourne pas à moins d'un vent de 3 m/s, et qu'elle s'arrête pour un vent supérieur à 25 m/s, pour le modèle E-82, ces probabilités minimale et maximale deviennent respectivement 0.08% et 4.66% avec une moyenne à 1.20%. 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 2.73% 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 2.73%, lorsqu'en un point donné, plus de 3 éoliennes 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 RPR-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 définit en ce qui concerne l'interférence provenant des éoliennes, ce seuil pourrait aussi être utilisé dans le cas d'interférence sur le même canal provenant d'une ou de plusieurs éoliennes.

Selon la RPR-4, lorsque des zones peuplées subissent un risque d'interférence pour plus de 10% du temps, l'opérateur de la station de télévision 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 concerne, 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. De plus, la conicité moyenne de la tour a été prise en compte, soit 0.75° environ pour la GE 1.5sle. Finalement, l'angle incident a été déterminé

pour chaque éolienne selon chaque station pour déterminer l'orientation des patrons verticaux de l'onde réfléchi qui varie vers le haut de 1.25° à 10°. 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 au repos, des ouvertures de 1° en UHF, 2° en H-VHF et de 5° en L-VHF ont été utilisées pour les calculs, ainsi qu'un angle d'élévation correspondant à celui calculer pour le point central de la tour de support.

L'annexe 4 présente les résultats de l'analyse statique des trois stations couvrant les zones habitées de 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 d'estimer le nombre de résidences qui pourraient subir une dégradation potentielle de la qualité de réception des signaux de télévision. Pour ce faire, le nombre de résidences recensées au cours du recensement de 2006 dans chacun des secteurs de dénombrement a été utilisé et la distribution géographique a été considérée proportionnelle à la distribution des bâtiments répertoriés dans chaque secteur de dénombrement.

L'analyse comparative des zones, où une dégradation de la qualité de réception est anticipée et la distribution des résidences est utilisée telle que décrite précédemment, indique le nombre approximatif de résidences qui pourraient potentiellement subir une dégradation de la qualité de réception pour chacune des stations TV analysées et ce, pour des images fantômes dynamiques et pour des images fantômes statiques.

Le nombre total de résidences inclus dans la zone d'analyse est estimé à 752 sur la base des résultats du recensement de 2006. Selon les résultats montrés à ces tableaux, on peut conclure que dans le meilleur cas, soit le cas des stations CBGAT-10 et CBGAT-4, seulement 38.8% des résidences de la zone d'analyse reçoivent actuellement un signal de qualité suffisante.

Tableau 5- Nombre de résidences subissant une dégradation potentielle en mode dynamique

Station	Habitations à l'intérieur du Contour B	Habitations sans interférence	Habitations avec probabilité inférieure à 5% du temps	Habitations avec probabilité entre 5% et 10% du temps	Habitations avec probabilité de plus de 10% du temps
CBGAT-4	292 (38.8%)	276	16	0	0
CBGAT-9	137 (18.2%)	131	5	0	1
CBGAT-10	292 (38.8%)	249	33	7	3

Tableau 6- Nombre de résidences subissant une dégradation potentielle en mode statique

Station	Habitations à l'intérieur du Contour B	Habitations sans interférence	Habitations avec probabilité de 1 ou 2 éoliennes	Habitations avec probabilité entre 3 et 4 éoliennes	Habitations avec probabilité de 5 éoliennes ou plus
CBGAT-4	292 (38.8%)	292	0	0	0
CBGAT-9	137 (18.2%)	137	0	0	0
CBGAT-10	292 (38.8%)	292	0	0	0

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 résidences affectés, sans toutefois éliminer toutes les possibilités.

Les six stations TV diffusent le même signal français de Radio-Canada, il est donc possible d'interpréter les résultats sous la forme d'un réseau. Effectivement, pour un résidence ayant une image fantôme (statique ou dynamique) sur un canal, il peut syntoniser un autre canal qu'il reçoit adéquatement et sur lequel il y a une possibilité de n'avoir aucune image fantôme.

Table 7- Estimation réseau d'habitation sans possibilité d'image fantôme.

Réseau	Habitations couverte par le réseau	Habitations sans interférence statique	Habitations sans interférence dynamique	Habitations sans interférence
CBGAT	514 (68.4%)	514	473	473

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 résidences reçoivent leurs signaux de télévision via un câblodistributeur ou utilise un service de distribution télévisuelle par satellite. Étant donné que le réseau CBGAT de la Société Radio-Canada est la seule programmation disponible en réception directe dans cette région, il est probable que la très grande majorité des résidences reçoivent leurs signaux de télévision via un câblodistributeur ou utilise un service de distribution télévisuelle par satellite afin d'avoir accès à une plus grande diversité de programmation.

Il est à noter que la méthodologie utilisée pour cette étude d'impact est une approche pessimiste et nous pensons que l'impact réel sera moindre que ce qui est présenté. Le modèle utilisé n'est pas appuyé par des mesures enregistrées sur le terrain, mais des prédictions d'impact similaire, par l'entremise de projets précédents, ont abouti à très peu de plainte provenant de l'auditoire. De plus, nous rappelons que le scénario étudié est le plus restrictif possible selon les variantes à l'étude ; c'est-à-dire que tous les emplacements ont été évalués avec le rotor du modèle E-82 et la tour du modèle GE1.5sl.

3.2.6 Analyse du signal reçu pour les stations répétrices

Les six stations analysées émettent le même signal du réseau français de Radio-Canada. Les stations CBGAT-2, CBGAT-3 et CBGAT-11 reçoivent leur signal du satellite ANIK F1R et aucune interférence de la part du parc d'éoliennes n'est prévue pour ces trois liaisons. La station CBGAT-10 réémet le signal reçu par réception directe de CBGAT-11 et aucune interférence n'est prévue puisque les deux stations sont à l'ouest du parc éolien proposé. Les stations CBGAT-4 et CBGAT-9 réémettent le signal reçu par réception directe de CBGAT-10. La station CBGAT-4 est également à l'ouest du parc d'éoliennes et aucune interférence n'est prévue. Par contre, CBGAT-9 est située à l'est du parc d'éoliennes, il est donc nécessaire d'approfondir l'analyse.

La prédiction de la couverture de CBGAT-10 à une hauteur de récepteur de 104.5m a été effectuée à l'aide de l'algorithme CRC-Predict, afin de permettre l'évaluation de la qualité de réception de cette station au site de CBGAT-9. Le niveau de champ obtenu pour

CBGAT-10 à l'antenne de réception de CBGAT-9 est de 39.9 dBu. Les tableaux qui suivent fournissent le détail des signaux reçus des éoliennes avec leur délai respectif à l'antenne de réception de CBGAT-9 ainsi que l'indice de qualité d'image obtenu pour chacune des éoliennes.

Tableau 8- Indice de qualité d'image à CBGAT-9 pour les éoliennes du projet Saint-Maxime-du-Mont-Louis

Turbine	délai (us)	Niveau du signal reçu en dynamique (dBu)	Niveau du signal reçu en statique (dBu)	Écart signal désiré/non désiré en dynamique (dB)	Écart signal désiré/non désiré en statique (dB)	Indice de qualité d'image en statique	Indice de qualité d'image en dynamique
1	0.349	-39.472	-5.310	79.364	45.202	5	5
2	0.048	-36.002	-2.099	75.894	41.991	5	5
3	8.634	-60.694	-32.576	100.586	72.468	5	5
4	0.745	-47.903	-13.654	87.795	53.546	5	5
5	6.941	-71.052	-42.546	110.944	82.438	5	5
6	0.146	-34.132	-3.692	74.024	43.584	5	5
7	10.638	-93.636	-68.972	133.528	108.864	5	5
8	0.003	-35.951	1.235	75.843	38.657	5	5
9	0.227	-31.596	-2.035	71.488	41.927	5	5
10	12.299	-88.354	-63.095	128.246	102.987	5	5
11	1.865	-56.489	-32.286	96.381	72.178	5	5
12	0.235	-39.064	-6.755	78.956	46.647	5	5
13	0.033	-37.238	-2.918	77.130	42.810	5	5
14	0.027	-34.642	-2.871	74.534	42.763	5	5
15	18.173	-82.632	-56.184	122.524	96.076	5	5
16	16.048	-85.365	-53.418	125.257	93.310	5	5
17	0.809	-70.662	-26.695	110.554	66.587	5	5
18	1.504	-53.914	-24.022	93.806	63.914	5	5
19	0.337	-62.744	-15.079	102.636	54.971	5	5
20	21.498	-93.835	-62.983	133.727	102.875	5	5
21	0.115	-70.814	-20.003	110.706	59.895	5	5
22	0.023	-107.939	-28.383	147.831	68.275	5	5
23	4.468	-57.341	-26.625	97.233	66.517	5	5
24	7.282	-80.268	-52.769	120.160	92.661	5	5
25	5.769	-65.710	-37.470	105.602	77.362	5	5
26	5.273	-59.074	-26.948	98.966	66.840	5	5
27	9.452	-41.085	-19.865	80.977	59.757	5	5
28	0.048	-55.284	-13.115	95.176	53.007	5	5
29	7.697	-49.892	-25.834	89.784	65.726	5	5
30	0.030	-51.894	-6.936	91.786	46.828	5	5
31	11.733	-43.029	-18.739	82.921	58.631	5	5
32	8.909	-34.684	-18.889	74.576	58.781	5	5
33	0.599	-78.793	-26.988	118.685	66.880	5	5
34	0.220	-63.510	-10.667	103.402	50.559	5	5

35	13.970	-41.026	-14.828	80.918	54.720	5	5
36	1.810	-61.214	-21.544	101.106	61.436	5	5
37	15.877	-44.080	-15.230	83.972	55.122	5	5
38	2.719	-55.188	-25.254	95.080	65.146	5	5
39	10.208	-47.141	-18.672	87.033	58.564	5	5
40	28.190	-45.842	-6.600	85.734	46.492	5	5
41	1.269	-43.954	-21.293	83.846	61.185	5	5
42	0.003	-53.519	-8.517	93.411	48.409	5	5
43	13.241	-38.895	-12.548	78.787	52.440	5	5
44	0.472	-38.655	-10.246	78.547	50.138	5	5
45	3.997	-70.629	-45.164	110.521	85.056	5	5
46	20.315	-34.640	-9.895	74.532	49.787	5	5
47	29.678	-57.671	-7.479	97.563	47.371	5	5
48	33.411	-63.791	-17.655	103.683	57.547	5	5
49	15.066	-42.902	-12.316	82.794	52.208	5	5
50	0.908	-48.333	-21.088	88.225	60.980	5	5
51	27.211	-35.572	-10.225	75.464	50.117	5	5
52	5.051	-84.080	-57.935	123.972	97.827	5	5
53	23.440	-33.759	-7.893	73.651	47.785	5	5
54	18.946	-37.494	-12.864	77.386	52.756	5	5
55	35.241	-26.283	-4.124	66.175	44.016	5	5
56	0.105	-57.839	-7.318	97.731	47.210	5	5
57	12.994	-49.224	-16.001	89.116	55.893	5	5
58	0.661	-48.753	-17.471	88.645	57.363	5	5
59	25.937	-35.104	-6.176	74.996	46.068	5	5
60	14.958	-43.238	-9.694	83.130	49.586	5	5
61	0.418	-56.035	-20.478	95.927	60.370	5	5
62	3.934	-79.030	-35.988	118.922	75.880	5	5
63	14.018	-56.153	-19.485	96.045	59.377	5	5
64	24.762	-30.672	-4.602	70.564	44.494	5	5
65	3.342	-46.277	-31.907	86.169	71.799	5	5
66	0.287	-60.743	-42.755	100.635	82.647	5	5
67	13.335	-53.992	-19.345	93.884	59.237	5	5
68	26.283	-32.641	2.970	72.533	36.922	5	4.34
69	35.034	-34.876	0.158	74.768	39.734	5	4.70
70	2.739	-45.151	-29.942	85.043	69.834	5	5
71	3.767	-50.516	-26.546	90.408	66.438	5	5
72	0.466	-42.215	-4.174	82.107	44.066	5	5
73	17.309	-53.462	-14.304	93.354	54.196	5	5
74	7.537	-35.183	-0.234	75.075	40.126	5	4.76
75	3.401	-48.959	-27.037	88.851	66.929	5	5
76	4.739	-36.598	-4.865	76.490	44.757	5	5
77	0.438	-41.607	0.012	81.499	39.880	5	5
78	2.848	-64.245	-31.828	104.137	71.720	5	5
79	8.003	-39.024	-2.078	78.916	41.970	5	4.99
80	24.948	-26.406	9.911	66.298	29.981	5	3.44
81	0.031	-43.061	1.414	82.953	38.478	5	5
82	5.695	-20.140	13.357	60.032	26.535	5	3.14
83	31.852	-27.500	7.431	67.392	32.461	5	3.76
84	7.197	-29.097	-1.273	68.989	41.165	5	4.89

85	26.939	-37.780	8.530	77.672	31.362	5	3.62
86	8.734	-53.347	-15.084	93.239	54.976	5	5
87	0.024	-36.219	2.820	76.111	37.072	5	5
88	35.350	-38.681	-1.650	78.573	41.542	5	4.93
89	0.012	-37.376	-0.155	77.268	40.047	5	5
90	30.777	-40.156	2.384	80.048	37.508	5	4.41
91	33.813	-30.681	12.041	70.573	27.852	5	3.16
92	0.051	-32.762	3.790	72.654	36.102	5	5
93	0.275	-63.058	-26.443	102.950	66.335	5	5
94	0.112	-28.201	7.477	68.093	32.415	5	5
95	0.435	-24.453	1.991	64.345	37.901	5	5
96	0.554	-41.375	-5.352	81.267	45.244	5	5
97	2.145	-56.512	-6.566	96.404	46.458	5	5
98	1.293	-59.584	-13.146	99.476	53.038	5	5
99	0.301	-35.158	-4.098	75.050	43.990	5	5
100	0.713	-30.824	0.676	70.716	39.216	5	4.96
101	3.667	-18.238	24.894	58.130	14.999	5	1.93
102	1.103	-11.541	25.455	51.433	14.437	5	2.85
103	3.073	7.028	28.661	32.864	11.231	4.12	1.61
104	5.262	-14.398	22.585	54.290	17.308	5	2.06
105	6.853	-21.439	5.418	61.331	34.474	5	4.07
106	0.903	-3.812	30.736	43.704	9.156	5	2.73
107	4.329	-0.954	29.490	40.846	10.402	5	1.32
108	2.990	-9.899	26.154	49.791	13.739	5	1.90
109	0.157	-14.357	36.049	54.249	3.844	5	1 *
110	0.607	4.392	23.735	35.500	16.157	4.74	3.80
111	0.220	1.319	38.836	38.573	1.056	5	1 *

* Une note arbitraire de 1 a été attribuée, étant donné le ratio Désiré /Non-Désiré < 28dB et le faible délai.

Les résultats des tableaux précédents considèrent que l'antenne de réception au site de CBGAT-9 est omnidirectionnelle. En réalité, l'antenne de réception utilisée est directionnelle, toutefois nous ne disposons pas du patron de rayonnement précis de cette antenne. La qualité de réception au site de CBGAT-9 sera donc légèrement meilleure que celle indiquée aux tableaux précédents, cependant certaines éoliennes, en particulier les éoliennes 101 à 104 et 106 à 111, pourraient vraisemblablement demeurer problématiques, étant donné le faible écart entre le niveau de signal désiré et celui non-désiré.

3.2.7 Systèmes de réception par satellite

Tel que mentionné précédemment, les services de distribution télévisuelle par satellite sont de plus en plus populaire dans ces régions rurales et le positionnement d'une éolienne dans la ligne de vue entre l'antenne d'un récepteur satellite et le satellite fournissant le service, aurait un impact majeur sur le service offert à cette résidence. Les opérateurs canadiens offrant ce type de service au Canada sont Bell ExpressVU et Star Choice. Ils utilisent dans le cas de Bell ExpressVU les satellites Nimiq 1 (91°W) et Nimiq 2 (82°W), tandis que Star Choice utilise les satellites Anik F1 (107.3°W) et Anik F2 (111.1°W), tous situés sur l'orbite géostationnaire aux longitudes indiquées entre parenthèses. Pour la région de Saint-Maxime-du-Mont-Louis, les angles d'élévation et les azimuts respectifs permettant de capter ces satellites sont indiqués au tableau suivant.

Tableau 12- Orientation des satellites utilisés par les opérateurs canadiens.

Opérateur	Satellite	Programme type	Azimut	Élévation
Bell ExpressVU	Nimiq 1	NTSC	212.1°	28.7°
Bell ExpressVU	Nimiq 2	HDTV	201.3°	31.6°
Star Choice	Anik F1	Anglais	229.1°	21.3°
Star Choice	Anik F2	Français	233.4°	19.2°

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 respecter une distance minimale lorsqu'une éolienne sera placée dans l'azimut indiqué par rapport à une résidence. Il faudra aussi augmenter cette distance minimale si l'éolienne est placée sur une élévation dans cette direction à partir d'une habitation située elle-même dans une vallée.

En terrain plat et pour un satellite se situant à un angle d'élévation de 30° dans le même azimut qu'une éolienne, la distance minimale assurant le dégagement au dessus de l'éolienne est de l'ordre de 275m. Dans le cas d'un satellite dont l'angle d'élévation ne serait que de 20°, cette distance minimale augmente à 400m approximativement. Toutefois, les éoliennes sont souvent placées près du sommet des collines et la différence d'élévation du sol entre la résidence et l'éolienne doit être prise en compte.

Une règle simple permettrait de prévenir toute difficulté, il s'agit simplement d'ajouter, pour un satellite dont l'angle d'élévation est de 30°, le double de la différence d'élévation du sol entre

la résidence et le site de l'éolienne à la distance minimale de 275m mentionnée précédemment. Ainsi, une éolienne positionnée dans le même azimut que le satellite à partir d'une résidence et située 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 475m au lieu de 275m si le terrain était plat. Dans le cas d'un satellite dont l'angle d'élévation est de 20°, le triple de la différence d'élévation du sol entre la résidence et le site de l'éolienne, ajouté à la distance minimale de 400m mentionnée plus tôt, permet d'assurer un dégagement suffisant au dessus d'une éolienne qui serait exactement dans le même azimut que le satellite.

Basé sur les informations dont nous disposons et illustrant la position approximative des bâtiments de la région, nous avons identifié cinq éoliennes qui pourraient possiblement avoir un impact sur la réception satellite de huit bâtiments. En bref, un bâtiment est possiblement bloqué pour la réception du satellite Anik F1, cinq bâtiments le sont possiblement pour le satellite Anik F2 et deux bâtiments le sont possiblement pour le satellite Nimiq1. La réception du satellite Nimiq 2 n'est pas affectée. Les résultats sont illustrés à l'annexe 5, cependant il n'est pas possible avec les informations dont nous disposons de déterminer si ces bâtiments sont utilisés à des fins d'habitation ou autre.

4 CONCLUSION

L'analyse détaillée de brouillage par images fantômes a été effectuée pour les trois stations TV dont le contour réaliste dessert partiellement la zone d'analyse. L'analyse de ces trois stations a permis de déterminer qu'un nombre limité de résidences risque de subir du brouillage par image fantôme en mode dynamique. Toujours selon notre analyse, aucune résidence ne subirait de brouillage en mode statique.

Plusieurs des résidences identifiées à risque de brouillage dynamique pourraient vraisemblablement éliminer ce risque en utilisant une antenne de réception de bonne qualité qui permettrait 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.

Les six stations analysées retransmettent tous les signaux du réseau français de Radio-Canada. Certains auditeurs qui subiraient du brouillage dues aux éoliennes en captant l'une de ces stations à un moment donné, pourraient possiblement capter une autre de ces stations sans brouillage. Il est en effet très peu probable qu'une situation de brouillage simultanée de deux de ces émetteurs ne se produise.

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 de distribution par satellite sont très populaires dans ces zones rurales où le choix télévisuel est autrement très limité.

Il est possible que le système de réception directe de la station CBGAT-9 puisse subir une interférence dynamique de la part principalement de certaines éoliennes à proximité de la station CBGAT-9. Il pourrait être possible d'atténuer cette interférence potentielle à l'aide d'une antenne de réception dont la directivité serait plus importante.

Certaines positions d'éoliennes ont été identifiées comme posant un risque de brouillage à la réception satellite pour quelques bâtiments. Compte tenu de l'aspect approximatif de l'information disponible concernant la position de ces résidences, une vérification sur le terrain pourra être effectuée, s'il s'agit bien de bâtiments résidentiels.

Références :

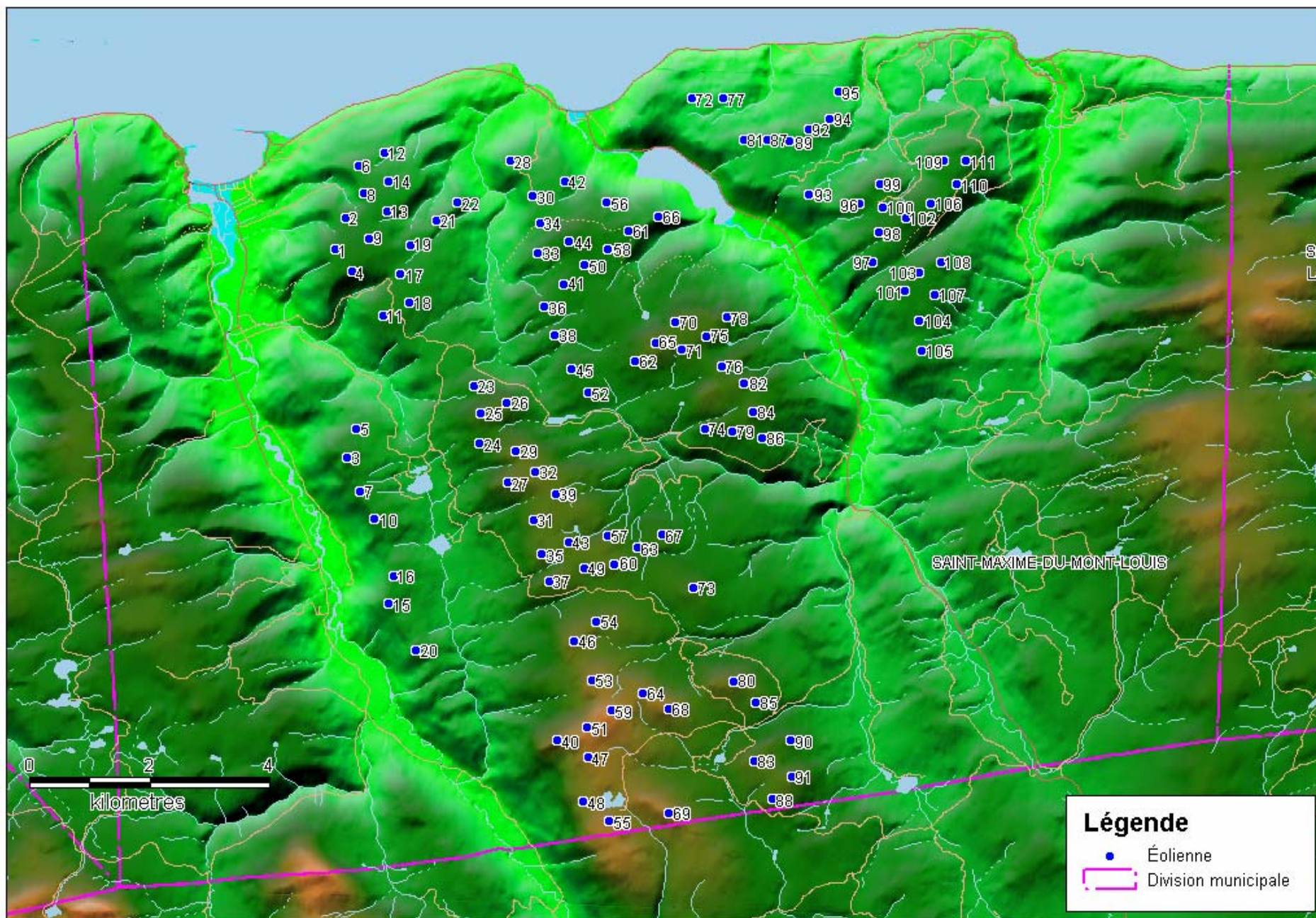
- 1- Dipak L. Sengupta, Thomas B. A. Senior, "Electromagnetic Interference from Wind Turbines" in Wind Turbine Technology : Chapter 9, David A. Spera (Ed), ASME Press, 1994.
- 2- David F. Bacon, "Fixed-link Wind-Turbine exclusion zone method", D.F. Bacon, 2002.
- 3- Thomas B. A. Senior, Dipak L. Sengupta, "Large wind turbine siting handbook: Television interference assessment" Technical report No.4, University of Michigan, 1981.
- 4- M. M. Butler, 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- Industrie Canada BT-5 "Rapport sur la prévision du brouillage par fantômes et la qualité d'image en télévision", 2^e édition, Juillet 1989
- 8- Industrie Canada CR-9 "Analyse du brouillage dû aux images fantômes en télévision", 2^e édition, 1^{er} avril 1996
- 9- Industrie Canada RPR "Partie IV: Règles et procédures de demande relatives aux entreprises de radiodiffusion de télévision", Avril 1997
- 10- Industrie Canada NER-3 "Télédiffusion", 2^e édition, Décembre 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

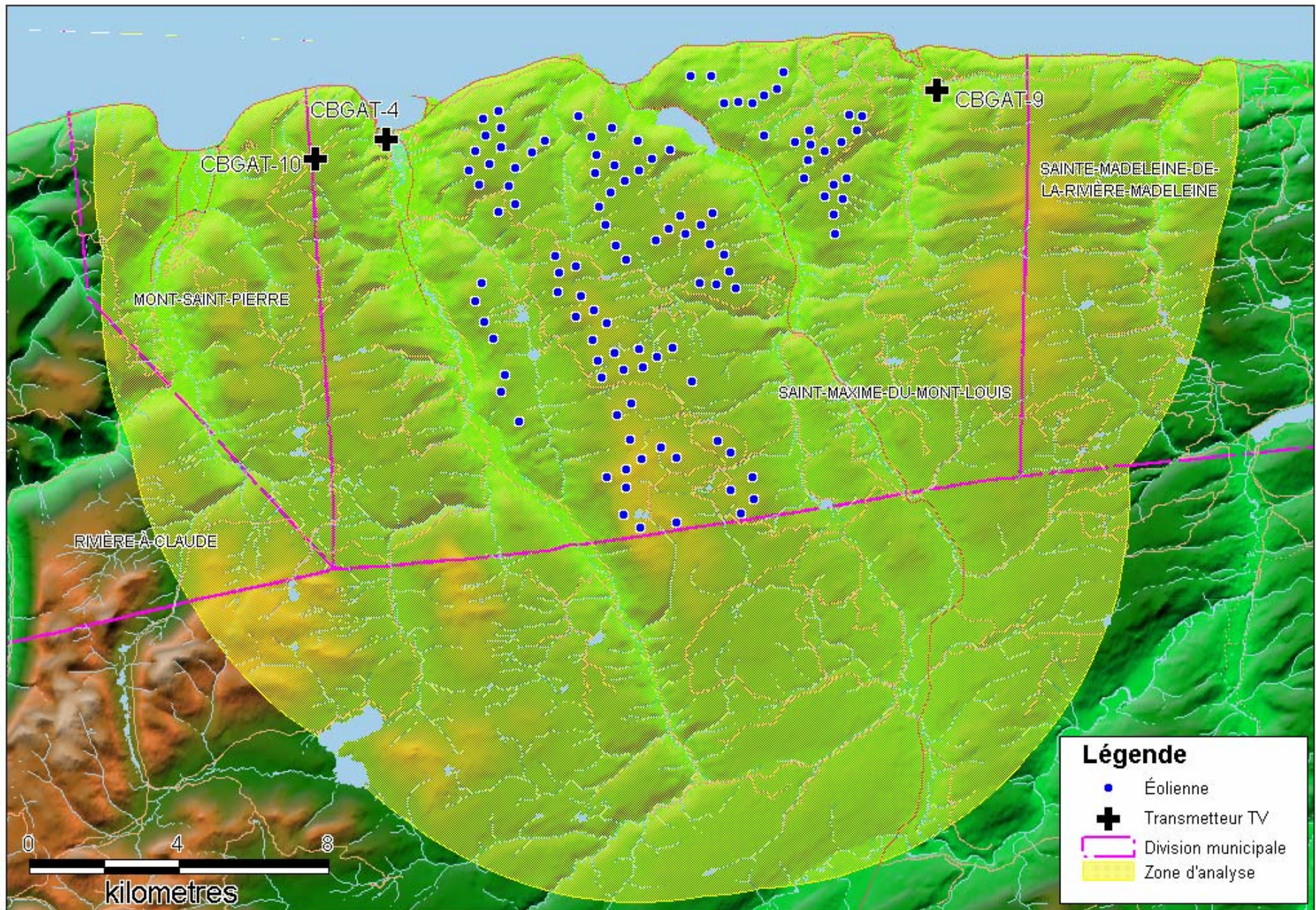
Vue d'ensemble et Zone d'analyse

Projet de Saint-Maxime-du-Mont-Louis

Disposition des éoliennes à l'intérieur du projet



Vue d'ensemble du parc d'éoliennes et de la zone d'analyse

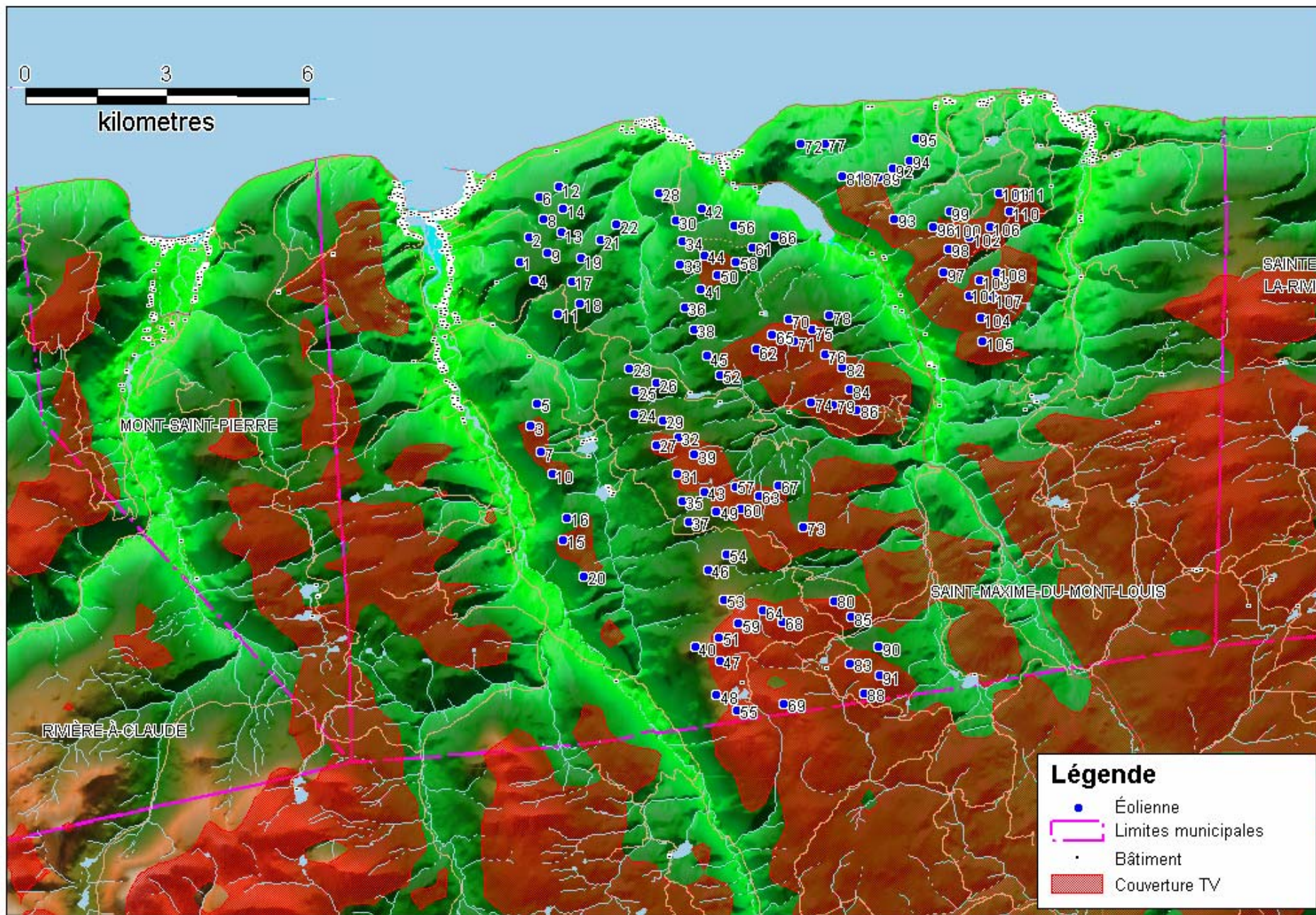


ANNEXE 2

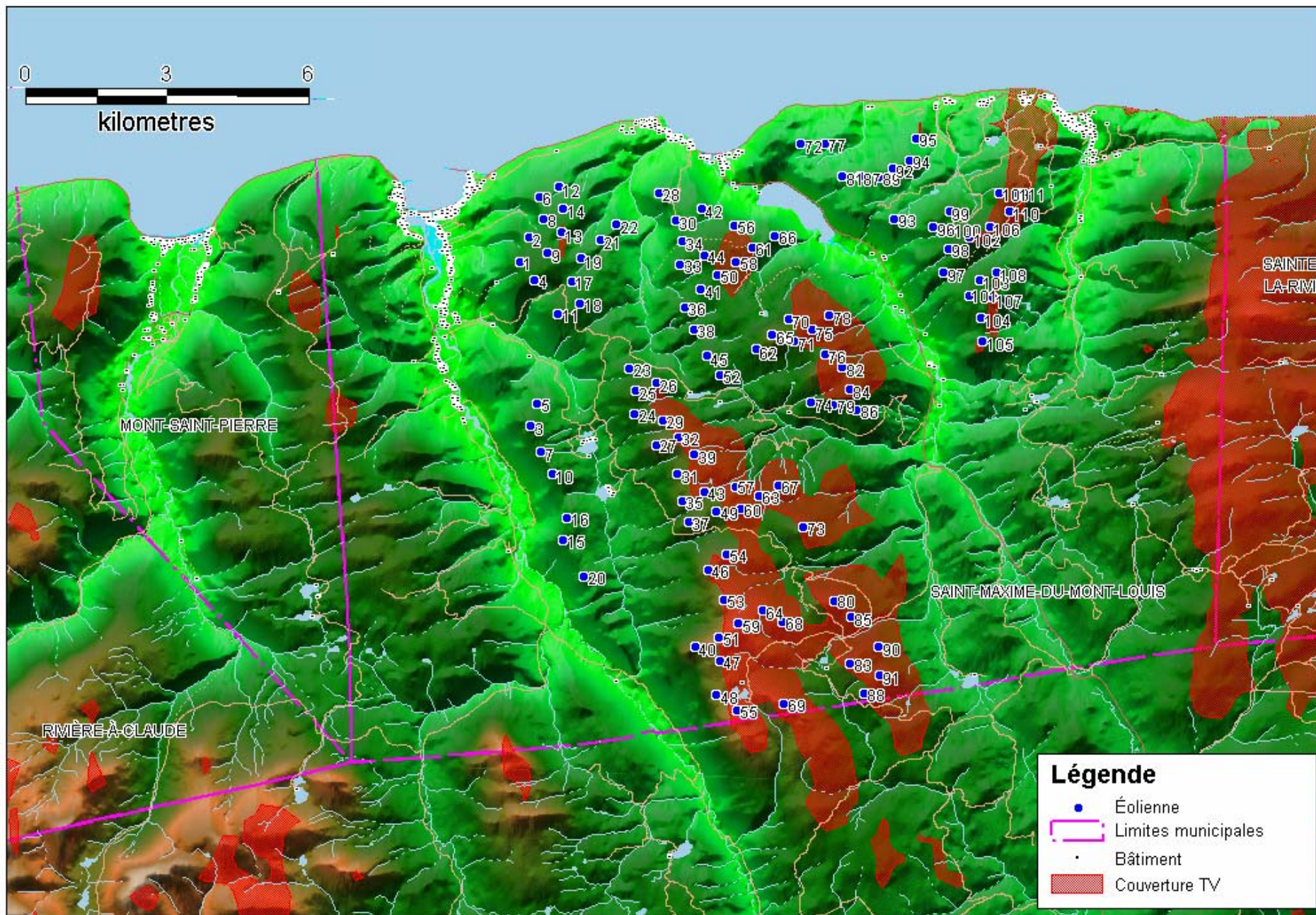
Contours de Service Réaliste des Stations de TV

Projet de Saint-Maxime-du-Mont-Louis

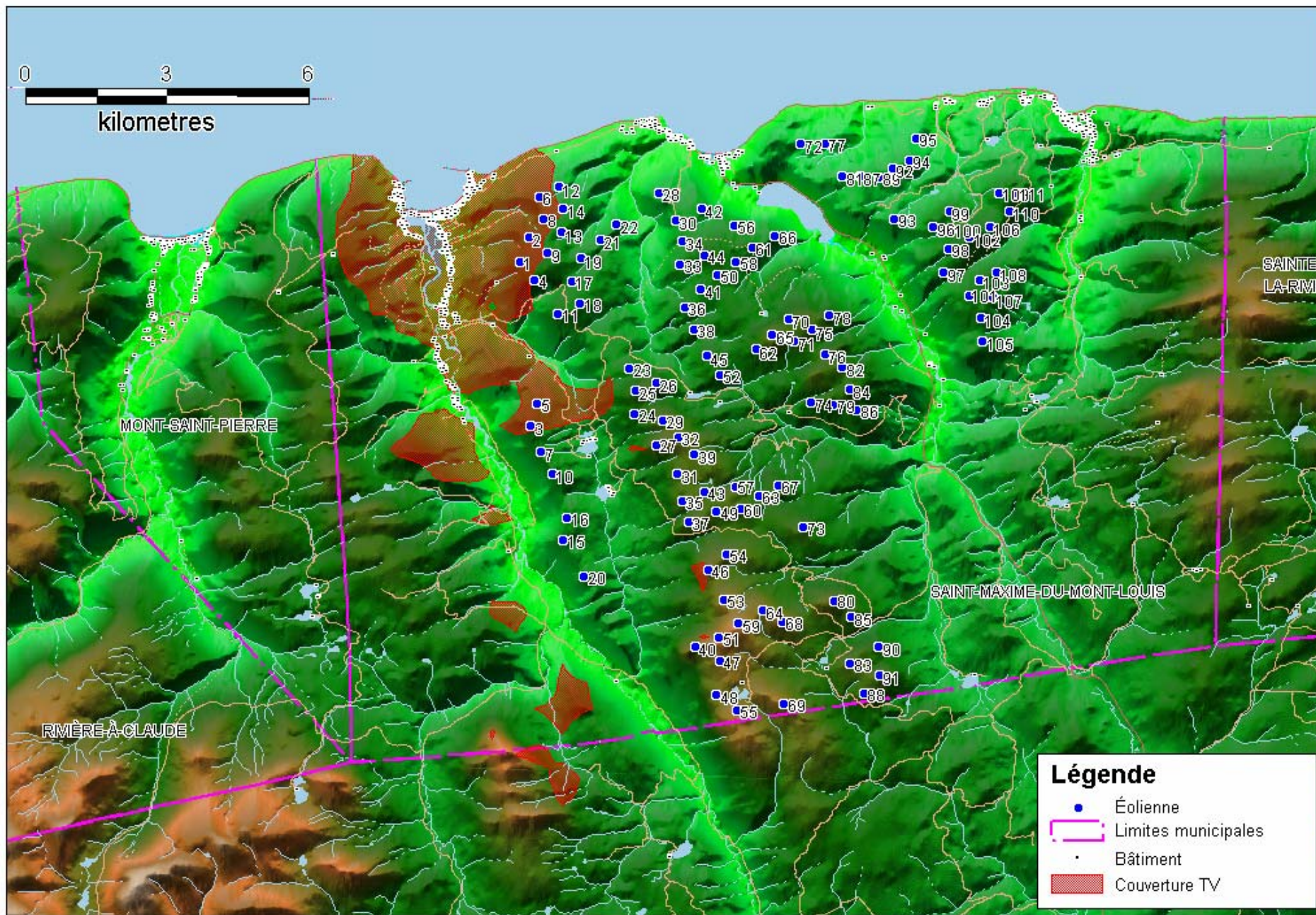
Couverture réaliste CBGAT-2



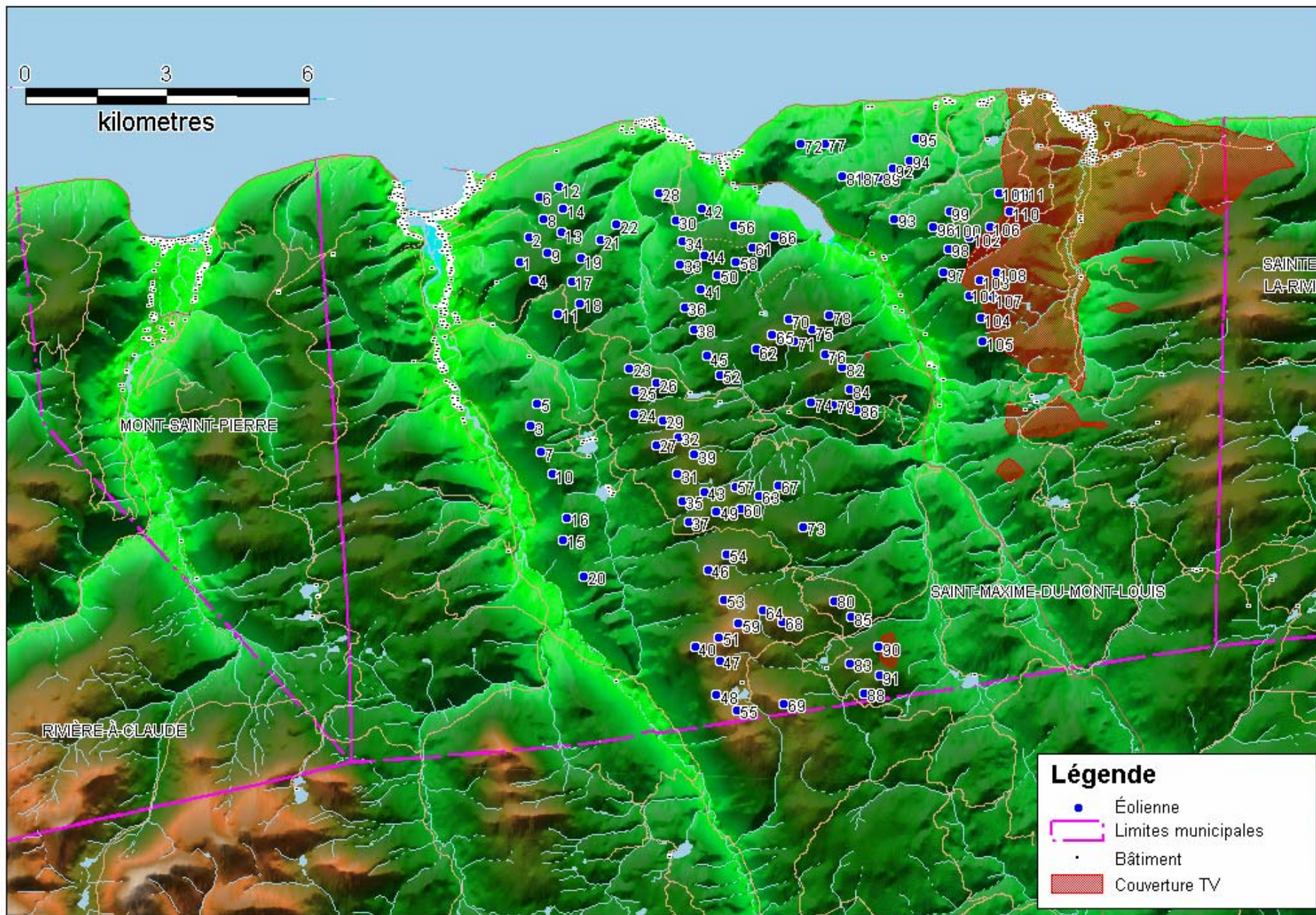
Couverture réaliste CBGAT-3



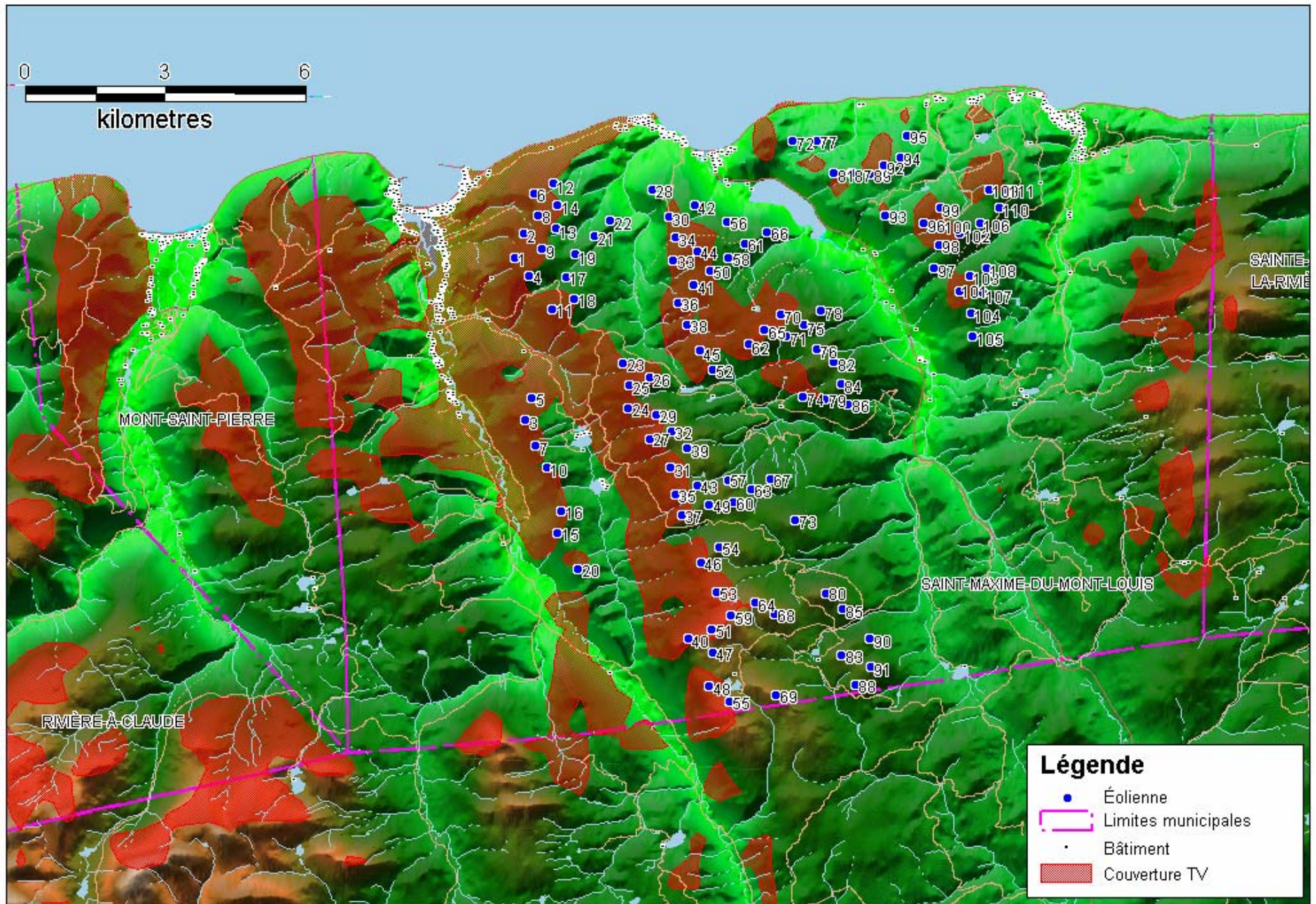
Couverture réaliste CBGAT-4



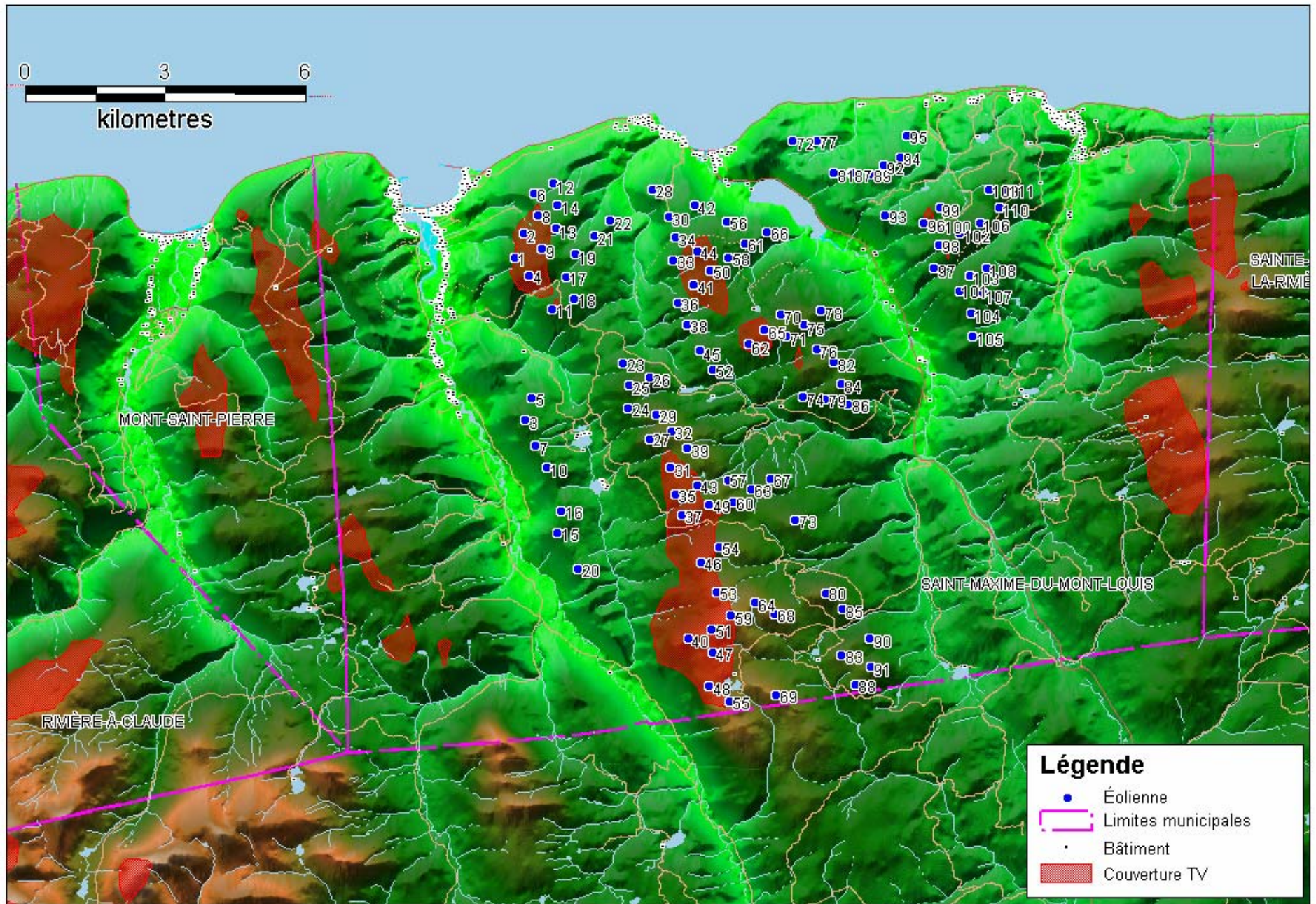
Couverture réaliste CBGAT-9



Couverture réaliste CBGAT-10



Couverture réaliste CBGAT-11

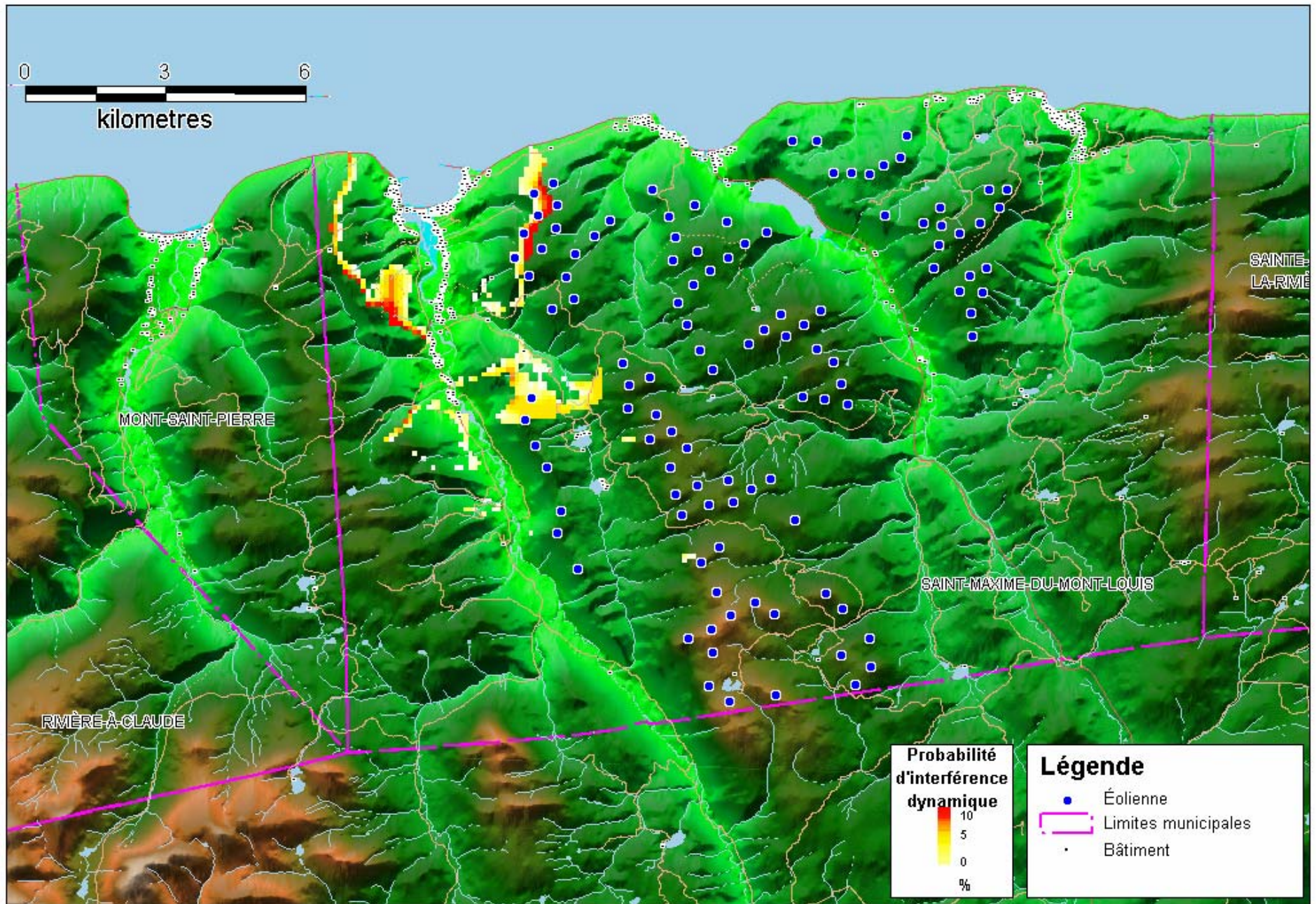


ANNEXE 3

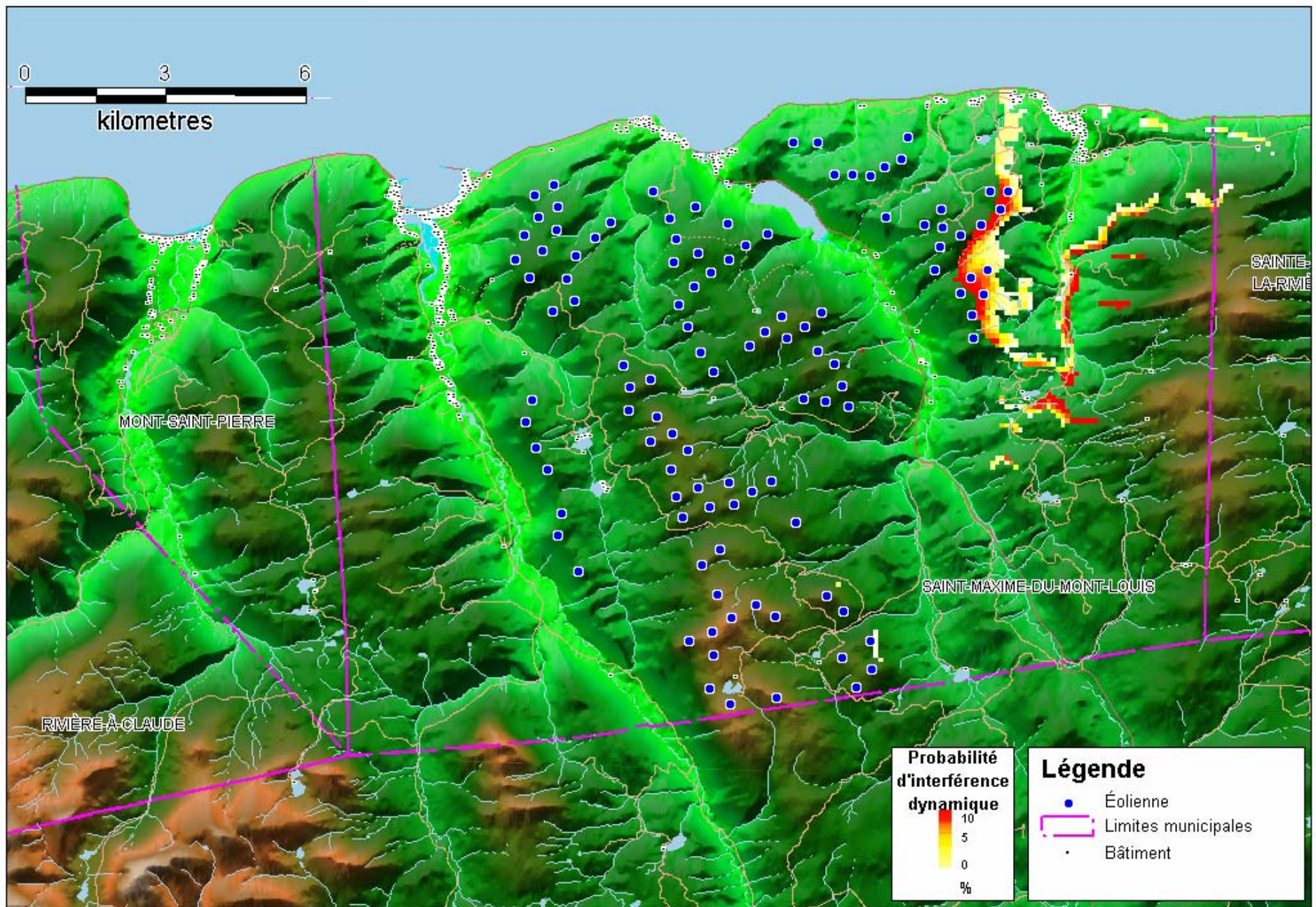
Résultats de l'Analyse d'Interférence Dynamique

Projet de Saint-Maxime-du-Mont-Louis

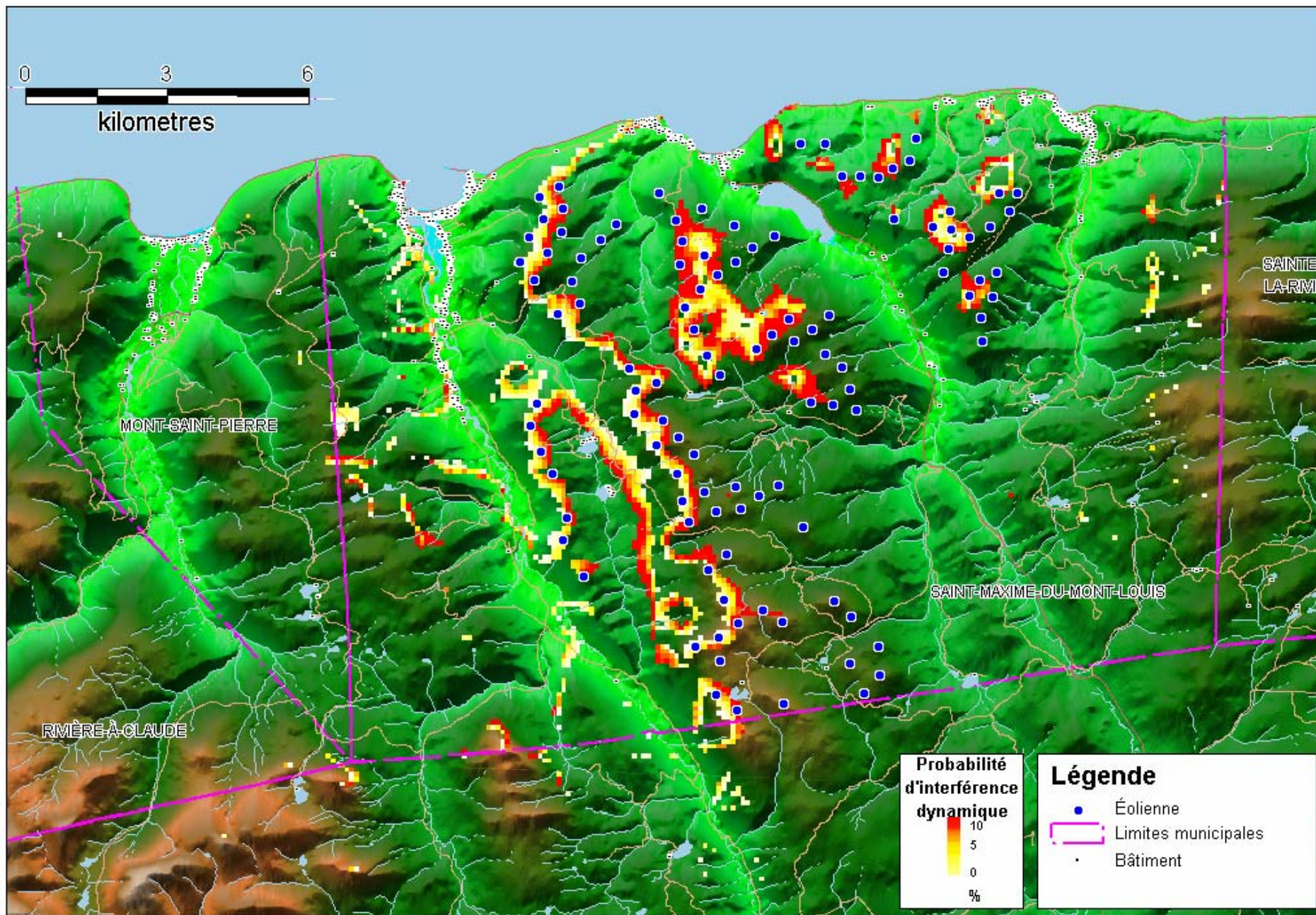
Probabilité d'interférence dynamique CBGAT-4



Probabilité d'interférence dynamique CBGAT-9



Probabilité d'interférence dynamique CBGAT-10

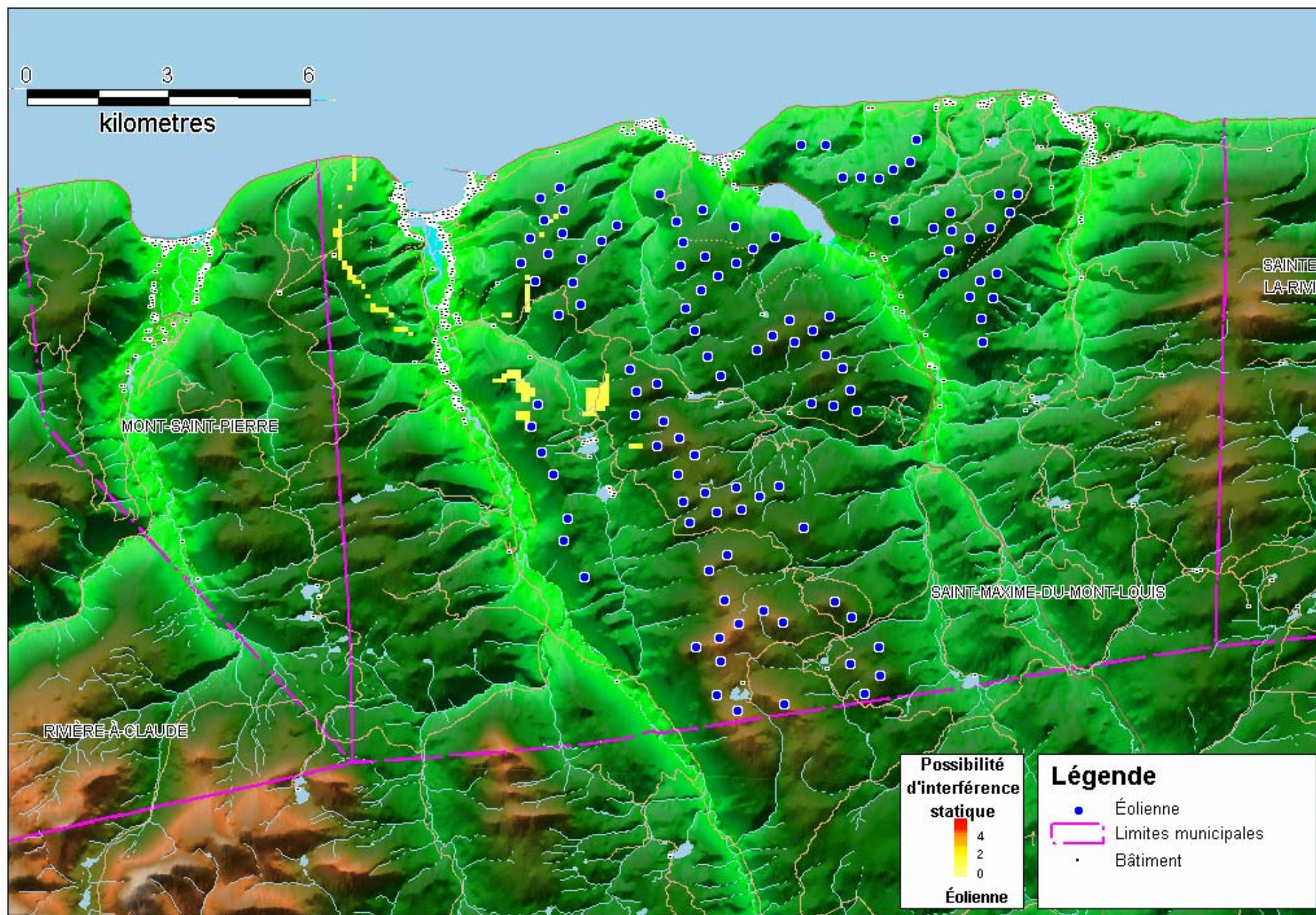


ANNEXE 4

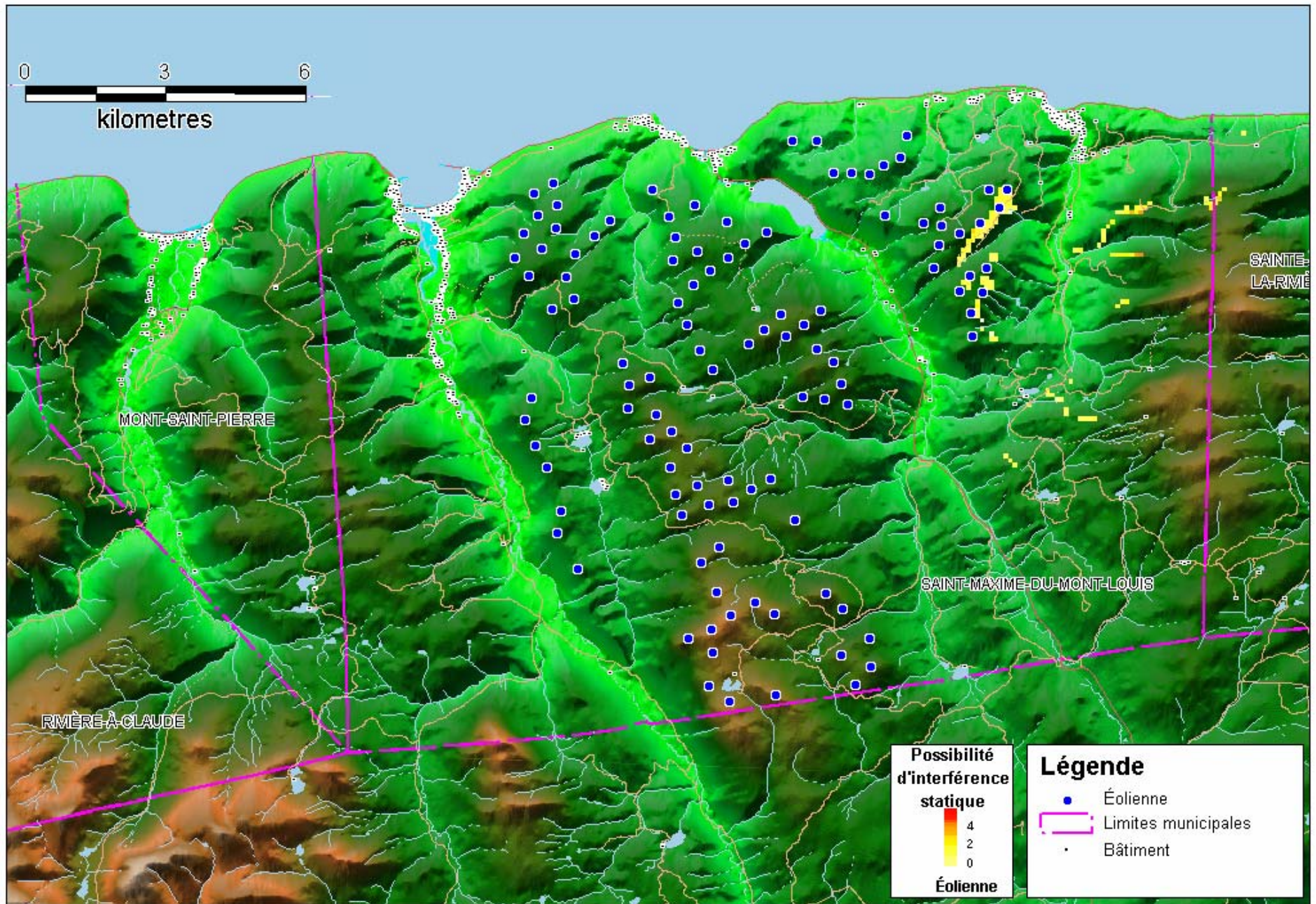
Résultats de l'Analyse d'Interférence Statique

Projet de Saint-Maxime-du-Mont-Louis

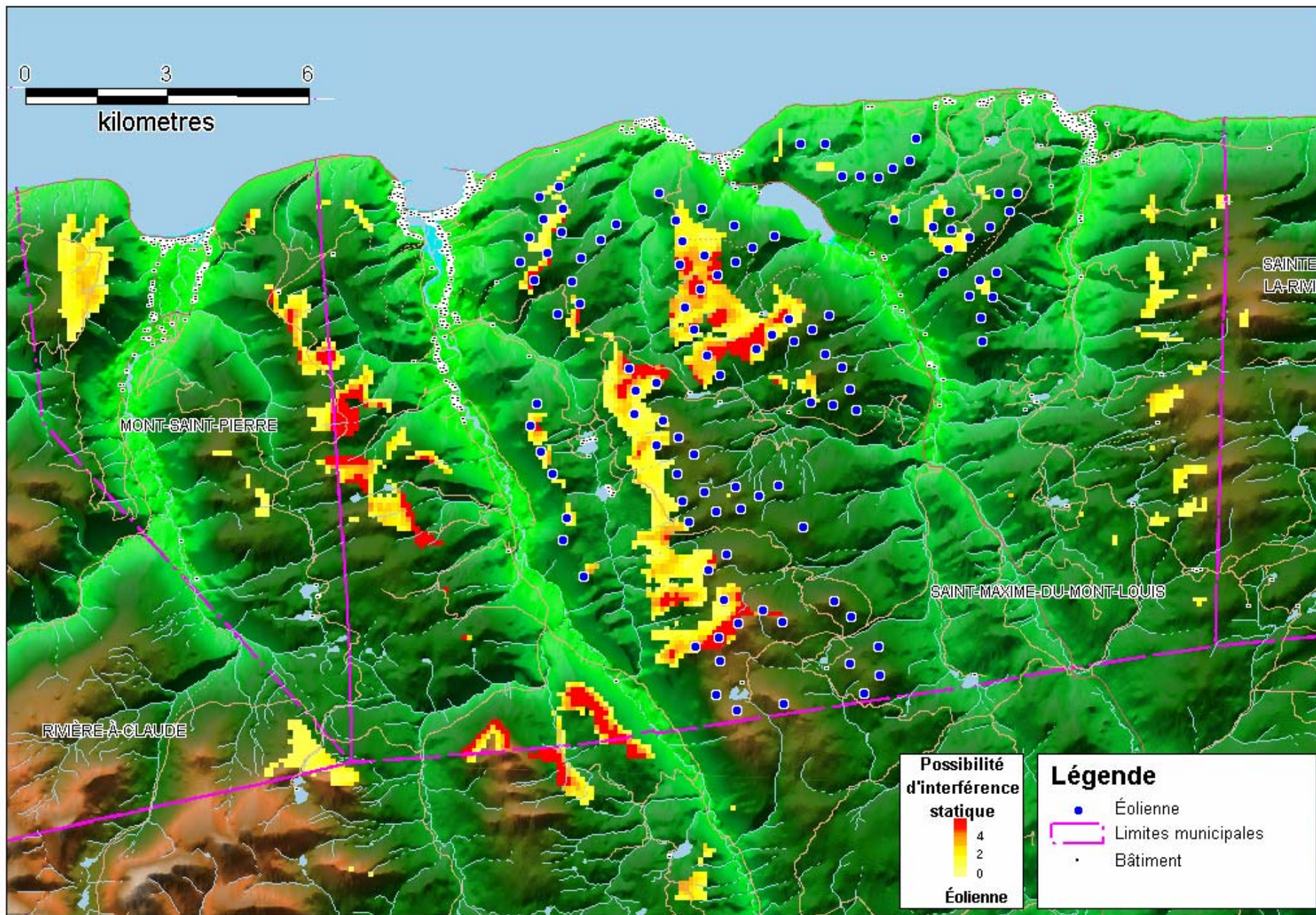
Possibilité d'interférence statique CBGAT-4



Possibilité d'interférence statique CBGAT-9



Possibilité d'interférence statique CBGAT-10



ANNEXE 5

Résultats de l'Analyse de la réception des signaux satellite

Projets de Saint-Maxime-du-Mont-Louis

Résultat du blocage des signaux satellite

