

**RETURN BIDS TO:**  
**RETOURNER LES SOUMISSIONS À:**  
Bid Receiving  
PWGSC  
33 City Centre Drive  
Suite 480C  
Mississauga  
Ontario  
L5B 2N5  
Bid Fax: (905) 615-2095

## SOLICITATION AMENDMENT MODIFICATION DE L'INVITATION

The referenced document is hereby revised; unless otherwise indicated, all other terms and conditions of the Solicitation remain the same.

Ce document est par la présente révisé; sauf indication contraire, les modalités de l'invitation demeurent les mêmes.

### Comments - Commentaires

Vendor/Firm Name and Address  
Raison sociale et adresse du  
fournisseur/de l'entrepreneur

Issuing Office - Bureau de distribution  
Public Works and Government Services Canada  
Ontario Region  
33 City Centre Drive  
Suite 480  
Mississauga  
Ontario  
L5B 2N5

<b>Title - Sujet</b> Weather Radar NetworkModernization	
<b>Solicitation No. - N° de l'invitation</b> K3D33-141144/A	<b>Amendment No. - N° modif.</b> 001
<b>Client Reference No. - N° de référence du client</b> K3D33-141144	<b>Date</b> 2014-09-08
<b>GETS Reference No. - N° de référence de SEAG</b> PW-\$TOR-018-6639	
<b>File No. - N° de dossier</b> TOR-4-37044 (018)	<b>CCC No./N° CCC - FMS No./N° VME</b>
<b>Solicitation Closes - L'invitation prend fin at - à 02:00 PM on - le 2014-10-15</b>	<b>Time Zone</b> Fuseau horaire Eastern Daylight Saving Time EDT
<b>F.O.B. - F.A.B.</b> <b>Plant-Usine:</b> <input type="checkbox"/> <b>Destination:</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Other-Autre:</b> <input type="checkbox"/>	
<b>Address Enquiries to: - Adresser toutes questions à:</b> Pan, Long	<b>Buyer Id - Id de l'acheteur</b> tor018
<b>Telephone No. - N° de téléphone</b> (905) 615-2076 ( )	<b>FAX No. - N° de FAX</b> (905) 615-2060
<b>Destination - of Goods, Services, and Construction:</b> <b>Destination - des biens, services et construction:</b>	

Instructions: See Herein

Instructions: Voir aux présentes

<b>Delivery Required - Livraison exigée</b>	<b>Delivery Offered - Livraison proposée</b>
<b>Vendor/Firm Name and Address</b> Raison sociale et adresse du fournisseur/de l'entrepreneur	
<b>Telephone No. - N° de téléphone</b> <b>Facsimile No. - N° de télécopieur</b>	
<b>Name and title of person authorized to sign on behalf of Vendor/Firm (type or print)</b> <b>Nom et titre de la personne autorisée à signer au nom du fournisseur/ de l'entrepreneur (taper ou écrire en caractères d'imprimerie)</b>	
<b>Signature</b>	<b>Date</b>

---

L'amendement No. 1 comprend les informations suivantes:

- Annexe A – Contexte
  - Appendice 1 – Indices des besoins et analyse des besoins
  - Appendice 2 – Considérations scientifiques et techniques
- Annexe B – Processus d'engagement de l'Industrie
- Annexe C – Journée de l'industrie et les calendriers pour les réunions face-à-face
- Annexe D – Règles d'engagement (formulaire mandataire)

S.v.p. voir a les documents en pièces jointes.

**AVIS IMPORTANTE**

L'enregistrement est mandataire si vous avez l'intention de participer dans le processus d'engagement et la journée de l'industrie qui s'associe. Prière de signer et retourner le formulaire à l'annexe D (Règles d'engagement, (formulaire mandataire) et fournir les informations requis (décrits a l'annexe C – Journée de l'industrie et calendrier des réunions face-à-face

ANNEXE A au Lettre d'intérêt :

Modernisation du Réseau Canadien de Radars Météorologiques

Document contextuelle d'engagement industriel

### **Sommaire :**

Cet achat particulier s'inscrit dans le cadre de la stratégie globale de modernisation du réseau canadien de radars météorologiques. Ce processus pluriannuel de modernisation s'échelonne comme suit :

1. Évaluer la situation et stabiliser le réseau existant (2012-2015)
2. Élaborer et évaluer des options pour la conception du réseau (2011-2015)
3. Remplacer le radar vieillissant de la région de Montréal (McGill) (2013-2016)
4. Planifier et réaliser le passage des 10 radars les plus modernes du réseau à la double polarisation (2012-2017)
5. Remplacer les 19 radars désuets et leur infrastructure, et ajouter 1 nouveau radar dans le nord de l'Alberta (2014-2023)
6. Harmoniser le fonctionnement de l'ensemble du réseau pour que les nouveaux radars deviennent la norme (2019-2023)
7. Moderniser la gestion intégrée du soutien logistique et du cycle de vie utile (2012-2023)
8. Élaborer des produits et des outils modernes à l'intention des techniciens, des météorologues et des utilisateurs en général (2014-2023)
9. Établir un programme d'essai et de développement, y compris l'aménagement d'un centre d'essai et de réparation afin de soutenir ces travaux.

**La présente lettre d'intention porte sur les activités 5 à 7 et sur une partie de l'activité 8.**

## Table de matières

LISTE DES ACRONYMES	4
1. INTRODUCTION	6
2. CONTEXTE ET AQUIS	7
2.1 Moteur essentiel et principales considérations	7
2.2 Évaluation axée sur les risques de la couverture radar	9
2.3 Analyse des besoins	11
2.4 Analyse des lacunes	12
2.5 Projections futures et réseau radar	13
3. INTENTIONS D'ACQUISITION	14
3.1 Gestion de Projet (GP)	14
3.2 Infrastructure du site	14
3.3 Systèmes Radars	14
3.4 Soutien Logistique Intégré (SLI)	14
4. OBJECTIFS FONCTIONNELS	15
5. OBJECTIFS LIÉS À L'EXPLOITATION	16
6. RÉSUMÉ DES EXIGENCES	18
6.1 Options à l'étude	18
6.2 Résumé des principales considérations	19
7. CONTRIBUTION SOLLICITÉE AUPRÈS DE L'INDUSTRIE	20

## LISTE DES ACRONYMES

AC	administration centrale
AD	assimilation des données
AI	approche d'intégration
AP	année-personne
ASC	alimentation sans coupure
BOM	Bureau of Meteorology de l'Australie
CanESM2	Modèle canadien du système terrestre de deuxième génération
CaPA	Analyse des précipitations canadiennes
CBV	circuit de balayage du volume
C-C	Clausius-Clapeyron
CCTT	Comité consultatif sur le transfert de la technologie
CGCM4	Modèle de circulation générale sphère de quatrième génération
CI	compression d'impulsions
CMAC	Centre météorologique aéronautique du Canada
CMC	Centre météorologique canadien
CPI	Centre de prévision des intempéries
CQ	contrôle de la qualité
CT	Conseil du trésor
CVCA	chauffage, ventilation et conditionnement d'air
DGSM	Direction générale des services ministériels
DGST	Direction générale de la science et de la technologie
DP	demande de proposition
DRC	Division de la recherche climatique
EC	Environnement Canada
EEC	Enterprise Electronics Corporation
EQP	estimation quantitative des précipitations
ETP	équivalent temps plein
FRI	fréquence de répétition des impulsions
GI/TI	gestion de l'information/technologie de l'information
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GIS	système d'information géographique
IB	indice des besoins
$K_{DP}$	phase différentielle spécifique
MCM	Modèle climatique mondial
MDN	Ministère de la Défense nationale
MF	Météo France

NexRAD	Système radar NexRAD (États-Unis)
NOAA	National Oceanographic and Atmospheric Administration
OME	Opérations météorologiques et environnementales
OMM	Organisation météorologique mondiale
OV	orage violent
PD	polarisation double
PHA	processus de hiérarchie analytique
PNR	Programme national de radars
PNT	prévision numérique du temps
PSMO	Programme de stages en météorologie opérationnelle
R&D	recherche et développement
RCRM	Réseau canadien de radars météorologiques
S&T	science et technologie
SBI	Services des biens immobiliers
SDR	subdivision de recensement
SGQ	système de gestion de la qualité
SMA	Sous-ministre adjoint
SMD	Service météorologique du Canada
SME	Surveillance météorologique et environnementale
SPC	Services partagés Canada
SPR	Service de la stratégie, de la planification et du rendement
SST	santé et sécurité au travail
TPSGC	Travaux publics et Services gouvernementaux Canada
TVE	temps violent d'été
WG1	Groupe de travail 1 (IPCC)
WiMAX	WiMAX (interopérabilité mondial par hyperfréquences)
Z <sub>DR</sub>	réflectivité différentielle

## 1. INTRODUCTION

Le présent document fournit les renseignements de base et expose la stratégie entourant la modernisation du réseau canadien de radars météorologiques. Il décrit les éléments que nous avons pris en considération et énonce certaines des options que nous privilégions. Il présente la première étape de l'optimisation du réseau, mettant l'accent sur les besoins des utilisateurs, les aspects technologiques et la conception du réseau. Il tient en outre compte des applications futures et des technologies existantes et émergentes qui pourraient réduire les coûts de fonctionnement du radar.

Pour étudier les options de conception du réseau, on a établi les besoins des utilisateurs et réalisé une analyse des lacunes et une analyse coûts-avantages. Il a également fallu tenir compte de la nécessité de remettre à neuf les radars existants, d'obtenir des données radar fiables et d'obtenir la meilleure couverture possible tout en réduisant au maximum les coûts et les charges opérationnelles.

Dans cette analyse, les « avantages » sont ceux qui ont trait à l'intérêt public, aux besoins des programmes du ministère, à l'évaluation intégrée du risque climatique ainsi qu'aux besoins des utilisateurs quant à la couverture, à l'utilité du radar et aux résolutions spatiales et temporelles.

Ce document consiste en sept sections et deux annexes :

1	Introduction
2	Contexte et acquis
3	Intentions d'acquisition
4	Objectifs fonctionnels
5	Objectifs liés à l'opération
6	Sommaire des considérations (techniques, scientifiques, opérationnels)
7	Contributions sollicitées auprès de l'industrie
Appendice 1	Indices de besoins et analyse des lacunes
Appendice 2	Considerations techniques et scientifiques (détaillées)

Plusieurs options ont été considérées pour la composition finale du réseau, incluant un mélange de radars dans les bandes C, S et X). Une solution conceptuelle comprenant des radars des bandes S, C et (dans le futur) le bande X, a été acceptée. La décision quant à la composition finale des radars dans le réseau sera prise, en partie, en tenant compte des résultats de l'engagement de cette industrie et de tout processus de demande de propositions (DP) subséquent. Notez que, pour l'instant, la bande X est hors de portée, puisque nous ne prévoyons pas accroître le nombre de sites de radars au-delà de celui mentionné au sommaire (Nord de l'Alberta).



## **2. CONTEXTE ET AQUIS**

Les travaux de planification du réseau de radars ont débuté à la fin de 2011. Le processus de planification et de conception a premièrement porté sur la compréhension des besoins des utilisateurs. L'optimisation du réseau a été abordée dans la perspective d'une démarche objective. Ce sont les facteurs météorologiques qui furent les considérations prédominantes, en même temps que :

- les besoins actuels et futurs sur le plan des programmes;
- les facteurs socioéconomiques;
- la technologie des radars;
- les analyses de rentabilité.

### **2.1 Moteur essentiel et principales considérations**

Le souci qui se trouve au cœur de la conception du réseau est celui des besoins des utilisateurs, lesquels trouvent leur aboutissement dans la sécurité et le bien-être économique de la population canadienne. La détection et la prévision des phénomènes climatiques sont les grandes composantes du service météorologique assuré par EC, et le radar météo constitue à cette fin l'un des outils essentiels dont se servent les météorologues pour détecter et surveiller les conditions de temps violent ou dangereux et pour fournir de bons avertissements préalables.

Les réseaux de radars et leur conception font l'objet d'une mise à niveau environ tous les 15 à 25 ans. Les critères de conception doivent donc reposer sur les besoins prévus et sur les progrès envisagés sur le plan technologique et scientifique. Par conséquent, le plan de mise en œuvre doit être empreint de souplesse et d'adaptabilité pour que la population canadienne puisse en tirer les meilleurs avantages.

De plus, la plus récente mise à niveau appréciable du réseau canadien de radars météorologiques a eu lieu dans les années 1990, alors que l'on a procédé à la réfection de 19 radars existants et à l'achat de 11 nouveaux systèmes. Les radars remis à neuf à cette époque ont maintenant dépassé leur durée de vie utile et ne peuvent plus être rénovés, et leur soutien est devenu difficile et coûteux. Dans la figure 1 ci-après, les systèmes désuets sont encerclés.

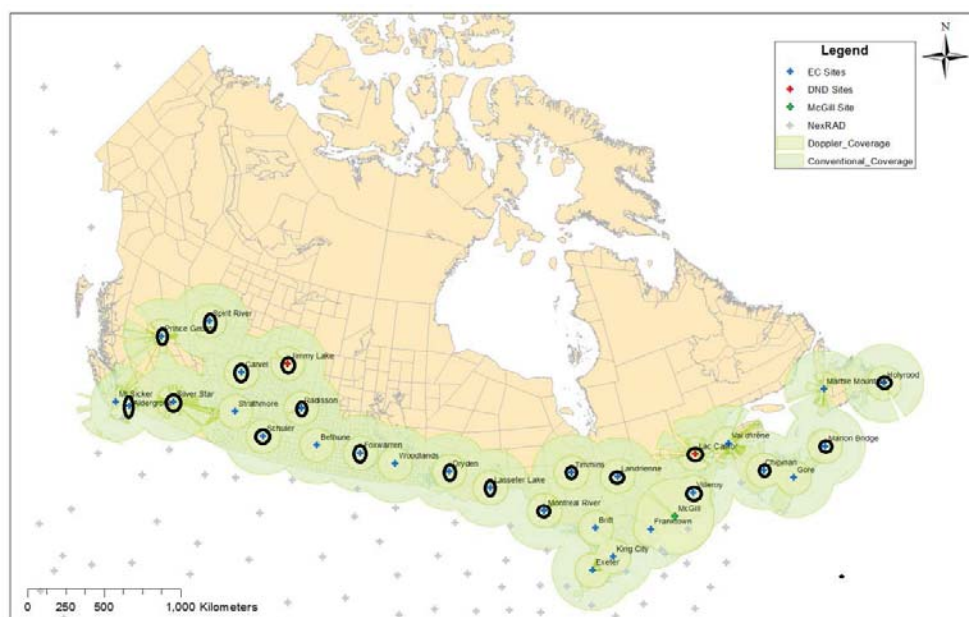


Figure 1 Réseau actuel des radars Canadiens météorologiques

## 2.2 Évaluation axée sur les risques de la couverture radar

Le Canada est un vaste pays dont la géographie régionale et les conditions saisonnières diffèrent considérablement, ce qui donne lieu à un large éventail de conditions météorologiques dangereuses : la saison froide amène tempêtes de verglas, bourrasques de neige et blizzards, la saison chaude, orages, tornades et ouragans, sans compter les tempêtes de vent à longueur d'année (tableau 1 de la figure 1). D'un océan à l'autre, le pays a connu de grandes catastrophes météorologiques. Les tempêtes peuvent endommager les résidences, les biens et les entreprises, de même que causer des pannes en endommageant les systèmes électriques, de communication et de transport.

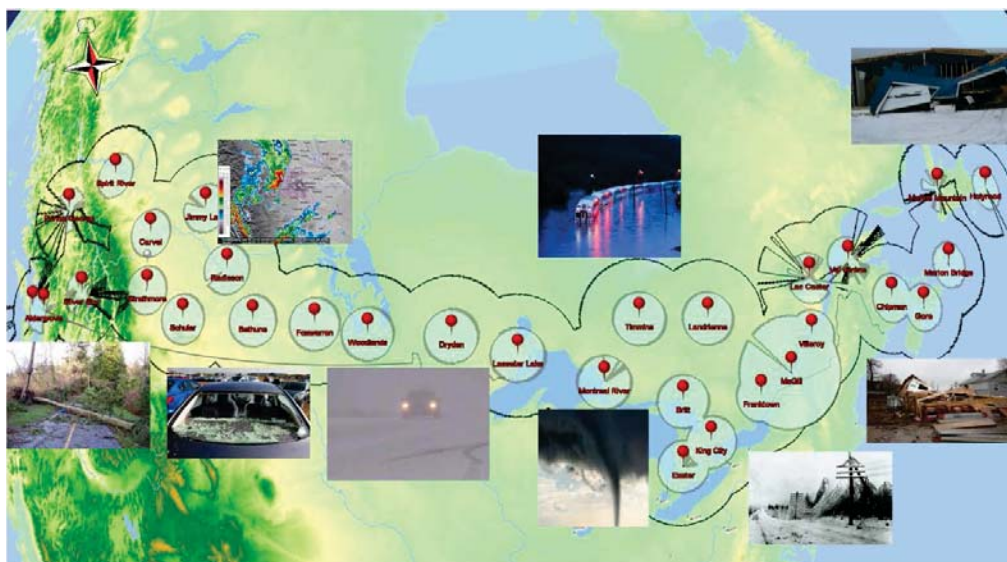


Figure 2 – Les divers régimes météorologiques du Canada

Tableau 1 – Caractéristiques météorologiques régionales

Zone/Région	Caractéristiques météorologiques principales
Sud de l'Ontario	Corridor de tornades, orages violents, lignes de grains et pluie abondante
Sud des Prairies	Grêle, tornade, orages violents et pluie abondante
Région de l'Atlantique	Ouragans atteignant les côtes
Vallée du Saint-Laurent et Montréal	Tempêtes du nord-est, orages violents, lignes de grains et pluie abondante
Lacs de grande taille, dont les Grands Lacs	Bourrasques de neige à basse altitude

Ces catastrophes météorologiques peuvent avoir de sérieuses conséquences économiques et sociales. Par exemple :

- En 1998, une tempête de verglas touche près de 25 % de la population canadienne en Ontario, au Québec, au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse, ainsi que sept états dans le nord-est des États-Unis. On évalue à 5,4 milliards de dollars (valeur du dollar en 2000) les pertes économiques totales.
- En juillet 2000, une tornade meurtrière fait 12 victimes lorsqu'elle frappe un terrain de camping et un terrain de caravanning à Pine Lake, dans le centre de l'Alberta. Le 20 août 2009, 18 tornades traversent le sud de l'Ontario; un nombre record au Canada.
- À l'été 2013, un orage violent éclate dans la région du Grand Toronto et entraîne des inondations; il s'agira de la catastrophe naturelle la plus coûteuse de l'histoire de l'Ontario (environ 850 millions de dollars versés par les compagnies d'assurance).
- En septembre 2003, l'ouragan Juan atteint la côte près d'Halifax, en Nouvelle-Écosse; il sera l'un des ouragans les plus violents et destructeurs à toucher la région.
- Dans les régions côtières, des systèmes de tempête violents ou des ouragans atteignant les côtes (ou leurs transitions extratropicales) amènent des vents violents, de fortes vagues et des ondes de tempêtes qui peuvent causer des dommages côtiers importants et éroder les lignes de côte. Les bâtiments, les pontons et les navires des marinas peuvent subir de lourds dommages. Le 21 janvier 2000, une tempête de neige violente amène de la neige abondante, des vents violents, de fortes vagues et des ondes de tempête sur le Canada atlantique.
- En 2006 à Vancouver, des tempêtes de vent dévastatrices causent des dommages extrêmes aux arbres du parc Stanley et à l'ouvrage longitudinal.
- Des bourrasques de neige localisées à basse altitude peuvent rendre dangereuses les conditions de conduite en causant un « voile blanc ». Le 27 février 2014, une bourrasque de neige d'effet de lac cause un carambolage de 50 voitures.

## 2.3 Analyse des besoins

Nous avons mené une analyse axée sur les risques, afin d'identifier et de prioriser objectivement et quantitativement les lacunes dans la couverture radar. Nous visions à utiliser des données disponibles pour mener des analyses spatiales, afin de quantifier les besoins des utilisateurs, caractériser les sites radar potentiels et mener une analyse de blocage et de couverture radar. Nous avons établi un indice des besoins (IB) d'après la cote et la pondération attribuées à l'importance des risques météorologiques à incidence élevée, des valeurs socio-économiques et des facteurs liés aux infrastructures. Pour plus d'informations voir à l'annexe 1.

Nous avons utilisé l'indice des besoins (IB) afin de caractériser et prioriser les sites radar du RNRM et pour valider et prioriser les lacunes en couverture radar perçus par les utilisateurs. Les zones qui sont prônes aux bourrasques de neige ont été ajoutées dans la figure 3.

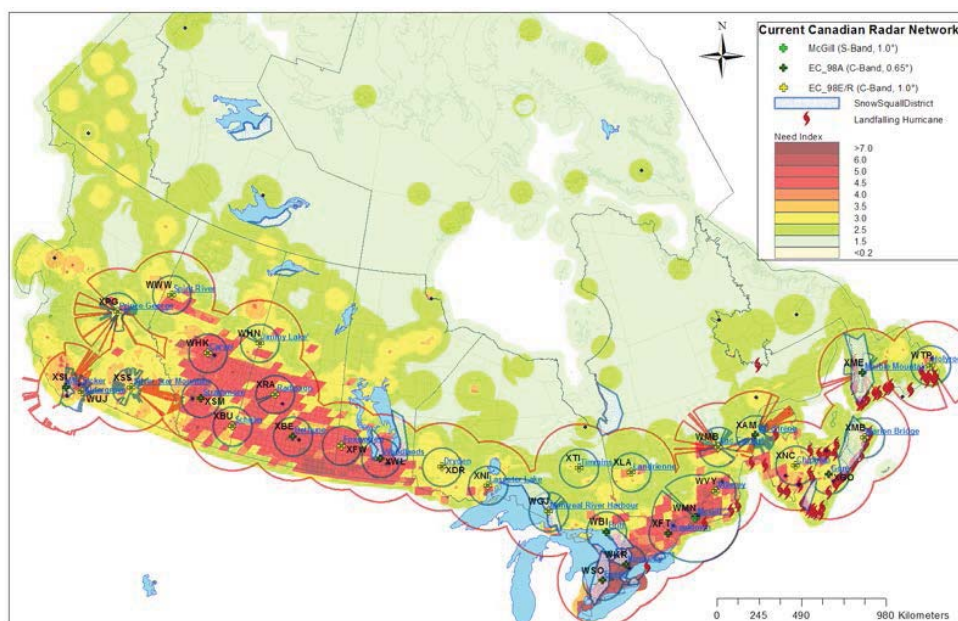


Figure 3 – Distribution géographique de l'IB selon une incidence à pondération égale des groupes de facteurs sociaux, de temps violent et des infrastructures.

## 2.4 Analyse des lacunes

Nous avons appliqué l'IB et mené une analyse pour valider et prioriser les lacunes dans la couverture radar perçues par l'utilisateur. Nous avons priorisé les zones de lacunes selon les valeurs de l'IB, la couverture radar combinée du Réseau canadien de radars météorologiques et du NexRAD des États-Unis, le long des zones transfrontalières.

La figure 4 montre les lacunes cotées pour les besoins de couverture radar générale (rayon présumé de 250 km) et les zones présentant des besoins de couverture Doppler (rayon de 110 km). Les résultats laissent croire que les cinq principales zones de lacunes dans la couverture radar générale sont : Le Pas, Port Hardy, Fort McMurray, Yarmouth et Prince Rupert. Dans le cas de la couverture Doppler, les cinq principales zones sont : Wainwright, Halliburton, Swift Current, péninsule Bruce et Sundre.

Le gouvernement du Canada ne veut pas en ce moment ajouter d'autres sites au réseau, (exception faite de celle en Nord d'Alberta, près de #3 sur la carte à gauche dans la figure 4). En conséquence, nos intentions sont de remplir le plus grand nombre de lacunes possible en appliquant des nouvelles technologies et des techniques avancées de collection et d'analyse des données.

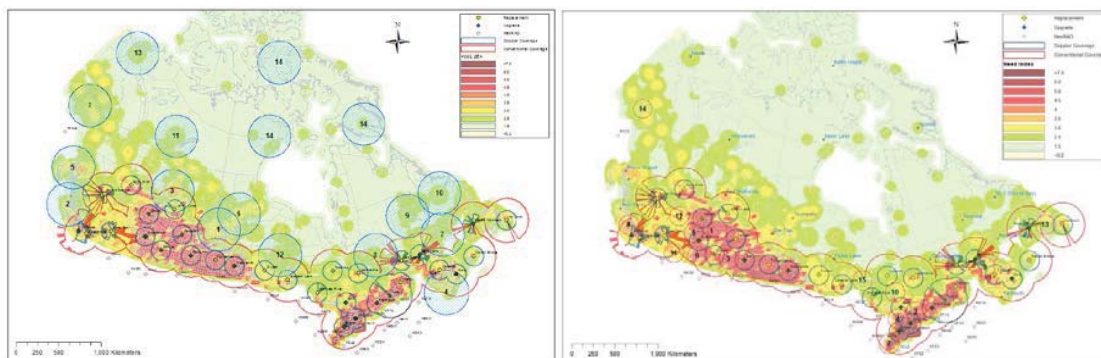


Figure 4 – Zones de lacunes prioritisées dans la couverture des radars météorologiques, pour la couverture radar générale (gauche) et la couverture Doppler (droite).

## **2.5 Projections futures et réseau radar**

En ce moment, le gouvernement du Canada ne veut pas ajouter d'autres sites au réseau, exception faite de celle en Athabasca, alors cette analyse servira de vision d'avancement à long terme pendant les décades à venir. Mettant à l'œuvre le plan de modernisation actuel, nous allons revoir l'indice des besoins ainsi que l'analyse des lacunes, investiguer les technologies qui peuvent remplir les besoins et faire les demandes de financement pour améliorer le réseau d'une manière appropriée.

De plus, les revues futures de dessin stratégique du réseau de radars prendront en compte les risques et des impacts potentiels découlant des changements climatiques au Canada et, par conséquent, de quelle manière le réseau radar sera utilisé dans les applications futures telles l'assimilation de données, en hydrologie et dans les prévisions de microphages.

Enfin, le réseau de radars météorologiques ne devrait pas être utilisé seul. Étant donné l'évolution rapide des technologies satellites et les capacités croissantes des télécommunications, les radars seront davantage utilisés de manière intégrée, de pair avec d'autres réseaux observationnels, dans les applications locales et brèves, dans les applications régionales et nationales pour les avertissements de temps violent, dans l'assimilation de données, en hydrologie et dans les applications climatiques.



### **3. INTENTIONS D'ACQUISITION**

Pour faire face à l'évolution des besoins en données de radar et du mandat d'EC, Environnement Canada s'intéresse à l'acquisition de vingt (20) systèmes de radars polarimétriques, Doppler de pointe. Chaque système sera composé d'une tour, d'un radôme, d'une antenne reposant sur un socle, d'un émetteur, d'un récepteur, d'une unité de traitement de signaux, d'une unité de commande radar et de toute autre chose nécessaire pour assurer le fonctionnement et l'utilisation. Les services incluront, sans toutefois s'y limiter, la préparation du site, l'installation, la mise à l'essai, la formation technique, la documentation et le soutien logistique intégré.

#### **3.1 Gestion de Projet (GP)**

Les services de GP seront requis pour la durée du projet. Ces services incluront (mais ne seront pas limitées a) l'établissement d'un plan formel du projet, le suivi, documentation et reportage sur le progrès du projet, les dépenses, et les livrables comparés à la planification etc. L'espérance est que les services de GP seront administrés selon une des normes internationales communes (par exemple PMI, PRINCE2, ISO).

#### **3.2 Infrastructure du site**

La majorité des installations se feront aux sites existants de radars. Il est peu probable que des pièces existantes (tours, abris, fondations) soient adaptées pour utilisation avec des nouveaux équipements. Toute infrastructure doit convenir aux normes applicables canadiennes.

#### **3.3 Systèmes Radars**

L'antenne et le socle doivent continuellement traverser 360 degrés en azimut et atteindre plusieurs angles (stratégie à être déterminée) en élévation dans une température ambiante allant de – 40 au +40C avec une humidité relative entre 10 et 100%.

Le radome et tout autre système de protection ne doit pas gêner le fonctionnement du radar et doit protéger les systèmes sensibles contre les conditions climatiques extrêmes incluant des vents violents, le verglas les surcharges de neige etc.

Tout câblage, guide-d'ondes, ordinateur, processeur, composant d'émetteur et récepteur doivent aussi être adaptés aux conditions canadiennes et être conforme à toutes les normes applicables canadiennes.

#### **3.4 Soutien Logistique Intégré (SLI)**

Les besoins en SLI incluent, mais ne sont pas limités à : information et documentation, les services de soutien requis pour la formation, gestion de cycle de la vie et la gestion des biens.



#### 4. OBJECTIFS FONCTIONNELS

Étant donnée l'analyse des lacunes, quelques besoins fondamentaux peuvent être abordés en faisant une mise à jour de notre réseau Doppler existant en faisant des changements à la stratégie de balayage. Nonobstant, la condition désuète de 2/3 du réseau et l'émergence des technologies opérationnelles polarimétriques fait en sorte que le temps est optimal pour améliorer le réseau en se préparant pour le prochain 25 ans maintenant. Ceci inclue une augmentation des genres de données et une amélioration de leurs qualité par l'ajout de la polarisation double pour la classification des échos (pluie, neige, fouillis au sol, etc.), la correction de l'atténuation et l'estimation des chutes de pluie à l'aide de la phase différentielle spécifique ( $K_{DP}$ ) et un meilleur étalonnage au moyen de processus d'étalonnage et de l'entretien ainsi que de la polarisation double à cohérence interne.

Il faut garder à l'esprit que le besoin principal en ce qui a trait aux données radar demeure la compréhension du temps violent et l'émission d'avertissements, plus particulièrement dans le cas de situations se développant rapidement. L'estimation quantitative des précipitations est depuis longtemps un objectif des radars météorologiques. Nous n'arrivons pas à obtenir d'estimations exactes, et ce, malgré qu'elles soient plus que jamais nécessaires aux avertissements de temps violent et aux applications hydrologiques.

Nous devons nous pencher sur l'assimilation des données, un domaine qui nécessite des données quantitatives. Certains systèmes ne nécessitent aucune réflectivité (qui peut être atténuée) et reposent plutôt sur la vitesse radiale qui n'est pas affectée autant par l'atténuation. C'est pourquoi il existe encore un besoin pressant d'utiliser quantitativement les radars météorologiques, utilisation qui nécessite davantage de développement sur le plan technologique et scientifique.

Nous pouvons, plus particulièrement, résumer les besoins comme suit:

- Utilisation qualitative par les prévisionnistes (principalement) et décideurs (secondaires)
  - Détection – par exemple les bourrasques de neige à basse altitude, tempêtes à grande distance
    - Besoin d'une couverture Doppler élargie dans les plans horizontal (environ 180 km) et vertical (environ 12 – 15 angles d'élévation) pour de meilleurs avertissements
    - Balayage rapide (de 5 à 6 minutes) pour l'émission rapide des avertissements et assimilation de données pour les prévisions immédiates
    - Avertissements de temps violent convectif (situations et compréhension)
    - Tolérance aux anomalies
- Utilisation quantitative pour l'analyse des précipitations, l'assimilation des données et l'hydrologie (en émergence)
  - Algorithmes de temps violent
  - Besoins de données de bonne qualité sur les vents en amont des zones critiques et à moins de 100 km des radars pour l'assimilation des données
  - Besoin de données de bonne qualité (compensées en atténuation, type de cible) pour l'estimation des précipitations
  - Sans tolérance aux anomalies

Les radars à largeur de faisceau de 0,65° se justifient, car ils sont nécessaires à la détection de bourrasques de neige à basse altitude et à la qualité des données reliée au remplissage du faisceau à des distances supérieures. L'expérience a montré que les radars en bande C permettent une utilisation qualitative pour les applications Doppler autant qu'une utilisation quantitative, dans la mesure où il est possible d'utiliser les techniques relatives à l'atténuation régulièrement et les techniques  $K_{DP}$  de façon courante dans l'ensemble des régimes climatiques canadiens.

Si les sites du RCRM étaient espacés de 200km au lieu de 300 km, ou la portée Doppler pouvaient être augmentée à plus que 160km et une correction appliquée pour l'atténuation, l'approche de rester avec un réseau uniquement de radars en bande C aurait sorti gagnant.

La bande S est également une « technologie éprouvée » dont l'utilisation est une grande réussite aux États-Unis et à l'Université McGill (Montréal) au Canada. Elle présente un meilleur compromis distance-vitesse et subit une atténuation moindre. Les estimations indiquent qu'un faisceau d'une largeur de 1,0° en bande S est environ 25 à 30 % plus coûteux qu'un faisceau d'une largeur de 0,65° en bande C. Les compromis sont complexes et font l'objet d'une discussion en annexe 2.

## 5. OBJECTIFS LIÉS À L'EXPLOITATION

Le projet de renouvellement de la surveillance abordera les enjeux clés avec l'infrastructure de surveillance fondamentale d'Environnement Canada (EC) et sa durabilité à long terme. L'une des exigences clés est la mise en œuvre d'un réseau qui peut être entretenu de manière rentable.

Les idées technologiques sur la façon de réduire les coûts de fonctionnement et d'entretien tournent habituellement autour d'un équipement plus robuste, des composants redondants, de meilleurs renseignements et une meilleure gestion des dépôts et des pièces de rechange, ce qui entraîne une réduction des problèmes et des visites d'entretien aux frais de coûts en capital initiaux plus élevés.

Par exemple, les dispositifs de test intégré (DTI) sont maintenant communs dans les systèmes commerciaux (pas encore à EC). Cela permet d'effectuer une surveillance hors site du matériel et d'application des corrections proactives, ce qui contribue à une qualité et à une fiabilité accrues des données et à un nombre réduit de visites des sites (p. ex. de six à deux visites par année).

L'étalonnage hors site pourrait aussi être possible, améliorant davantage la qualité et la fiabilité des données.

Une considération clé est la capacité et le coût du soutien opérationnel et de l'entretien d'un réseau comportant un mélange de radars, mais aussi pour les radars à bande S eux-mêmes, puisqu'EC n'a aucune expérience de ces systèmes. Voici un résumé des enjeux :

- Aucune exclusion. Par l'expérience, on a déterminé que le nombre minimum de radars d'une configuration particulière pour une efficacité en coût et technique est quatre.
- Les coûts de formation et de transition pour plusieurs types de radars.
- Les préoccupations en matière de santé et de sécurité au travail (SST), y compris les outils, l'équipement, la formation et les niveaux de dotation requis.
- Le coût des pièces de rechange pour plusieurs types de radars. Il s'agit d'un enjeu de gestion des dépôts et des pièces de rechange.

Notre réseau actuel est maintenu depuis un site de l'Administration centrale (AC) à Toronto avec huit autres bureaux dans tout le pays. L'AC est principalement dotée d'ingénieurs et de techniciens principaux et les huit bureaux régionaux sont dotés de techniciens formés pour effectuer le soutien de plusieurs de nos réseaux et non pas seulement les radars. En général, le niveau d'effort pour faire fonctionner le réseau est équivalent à :

- un technicien sur le terrain à temps plein par trois radars (10 techniciens à temps plein);
- deux ingénieurs à temps plein;
- trois techniciens principaux à l'AC (spécialistes);
- trois techniciens au niveau de travail à l'AC.

Un coût important relatif à l'entretien est le déplacement. Presque tous les sites sont à une distance de trois heures ou plus en voiture des bureaux de service et certains sont à une journée complète. Certains sites sont à une heure du logement le plus près, ce qui augmente le temps de déplacement au cours d'une semaine de travail. Par conséquent, moins il y a de visites, soit pour l'entretien préventif, soit pour la remise en service, mieux c'est.

De plus, le coût d'expédition des pièces aux techniciens une fois qu'ils ont fait un diagnostic et le temps que les techniciens passent à attendre la pièce requise sont un coût important pour le programme.

Par exemple, si nous avions la capacité d'effectuer le diagnostic de nombreux problèmes et de les corriger à distance, d'utiliser un personnel local moins compétent ou des contrats pour certains problèmes et d'éviter d'envoyer deux membres du personnel en réduisant les risques de santé et de sécurité au travail, nous pourrions réduire grandement nos coûts d'exploitation.

## 6. RÉSUMÉ DES EXIGENCES

Pour récapituler, la conception du réseau devrait répondre aux exigences générales suivantes :

Répondre aux besoins des utilisateurs

Avoir une maintenance économique

Améliorer les données radar nécessaires pour répondre aux besoins actuels des utilisateurs (l'émission d'avertissements de temps violent en été et en hiver, par exemple)

Souplesse pour répondre à l'émergence des technologies et des besoins des utilisateurs nouveaux prévus pendant les 10-15 prochaines années.

### 6.1 Options à l'étude

- Le tableau 2 résume les différentes options de conception du réseau. La « qualité des données » est un terme omniprésent qui possède plusieurs sens. Un discours plus complet se trouve à l'annexe 2.

**Tableau 2 – Avantages et inconvénients de chaque option**

Options	Avantages	Inconvénients
Bande C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Meilleure détection des rafales de neiges à basse altitude et du temps à basse altitude</li> <li>Uniformité du réseau</li> <li>Économies d'échelle et réduction des coûts d'exploitation</li> <li>Meilleure qualité de données grâce au remplissage uniforme du faisceau à des distances supérieures</li> <li>Utilisation du spectre – primaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'atténuation par le temps violent réduit la qualité des données</li> <li>Problèmes de portée et de vitesse</li> <li>Forte dépendance sur le développement pour le compromis distance-vitesse et l'EQP (risque modéré à élevé)</li> <li>Partage des fréquences avec les réseaux locaux hertziens (RLAN)</li> </ul>
Bande S	<ul style="list-style-type: none"> <li>Amélioration de la détection du temps violent d'été</li> <li>Portée Doppler accrue et stratégie de balayage plus souple</li> <li>Moins d'atténuation, EQP avec un effort scientifique moindre effort</li> <li>Uniformité du réseau</li> <li>Économies d'échelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coûts</li> <li>Le faisceau d'une largeur de 1° offre une portée inférieure. Les rafales de neige à basse altitude ne sont pas détectées très loin du radar, car un faisceau de 0,65° ne sera pas mis au point dans un futur proche</li> <li>Utilisation du spectre – le radar n'est pas l'utilisateur primaire, mais il possède un statut spécial</li> <li>Partage des fréquences avec WiMAX</li> </ul>
Mixte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exploiter les forces et les faiblesses des radars en bande S et en bande C (bande S pour les zones où le risque de temps violent d'été est élevé et les grands centres urbains, bande C pour les zones où des rafales de neige se produisent)</li> <li>« la bande S empêche la bande C de mentir »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maintenance plus complexe</li> </ul>

## 6.2 Résumé des principales considérations

- 
- 1. L'utilisation du radar est principalement justifiée par son utilisation qualitative pour émettre des alertes en temps violent. Les radars en bande C et en bande S ont été utilisés avec succès pour la surveillance de temps violent en mode opérationnel.
- 2. L'utilisation quantitative des radars météorologiques est encore en cours de développement, car les radars en bandes C et en bande S doivent éliminer les parasites et les effets de courbure de la Terre à grande distance. On n'y parvient pas encore entièrement à l'heure actuelle, alors l'utilisation qualitative reste toujours la plus haute priorité. Il s'agit donc d'une application future et sera une exigence de premier rang au cours des 25 prochaines années pour l'hydrologie et l'assimilation de données.
- 3. Les radars en bandes C et en bande S sont touchés par l'atténuation, mais cela a moins d'impact sur la bande S. La question essentielle est de savoir si les techniques de double polarisation peuvent surmonter l'atténuation et de déterminer s'il est préférable d'être plus, ou moins, sensibles à l'atténuation. La correction de l'atténuation dans la bande C se révèle très prometteuse. Cependant, il se peut qu'elle ne soit pas nécessaire pour l'EPO, puisque des techniques à double polarisation indépendantes de l'atténuation faisant appel au  $K_{DP}$  sont probablement plus avantageuses. Cependant, pour les algorithmes des radars où la réflectivité est utilisée comme un seuil, la correction de l'atténuation demeure nécessaire. À moins qu'elles ne soient totalement atténuées, on suppose que les techniques de compensation de l'atténuation et de récupération de précipitation à double polarisation de la bande C seraient adéquates une fois le potentiel réalisé. Cela signifie qu'il existe une forte dépendance (un risque) au progrès scientifique.
- 4. Nous envisageons donc d'opter pour des systèmes de radars en bande S ( $1^\circ$ ) et en bande C ( $0,65^\circ$ ). L'analyse serait complètement différente si ce n'était pas le cas. La qualité et les avantages des radars à faisceau étroit sont non négligeables – une portée efficace élevée en raison du remplissage du faisceau, la possibilité d'un balayage à basse altitude, un gain accru et une plus grande sensibilité. Il est important et essentiel de détecter les temps violents et l'utilisation quantitative à longue distance est fortement souhaitée. La grande question est de savoir à quels endroits.
- 5. Le nombre de radars ne change pas beaucoup. Les experts (même les promoteurs de la bande S) s'accordent à dire que la bande C convient très bien au climat canadien. Cependant, la courbure de la Terre, les limites de la portée du mode Doppler et l'espacement de 300-350 km entre les radars du réseau, ainsi que l'exigence d'une couverture Doppler complète favorisent l'introduction de radars en bande S. Les experts sont d'avis que l'introduction de radars supplémentaires en bande C aurait un impact majeur sur cette décision. Par contre, exception faite d'un site dans la région d'Athabasca, l'ajout des radars ne fait pas part des considérations actuelles.
- 6. L'extension de la portée/vitesse de la bande C jusqu'à 180 km est probablement réalisable à l'aide de futures améliorations et avancées de la technique de codage de phases. L'introduction d'émetteurs à cohérence de phase (klystrons, les émetteurs à semi-conducteurs au lieu des magnétrons etc.) peut contribuer à atteindre cet objectif, mais nécessite encore davantage de développement et d'expérimentation.
- 7. L'atténuation des radars en bande C dans le climat canadien peut être importante, mais une atténuation totale se produit très rarement et les techniques de compensation de l'atténuation-ajustement à double polarisation en bande C (et en bande S) sont très prometteuses. Les études de cas ont démontré le potentiel de ces techniques de façon

spectaculaire, mais leur développement complet et leur évaluation dans toutes les conditions climatiques canadiennes restent à faire.

8. Pour les applications quantitatives, l'atténuation est un facteur parmi d'autres; de nombreuses corrections doivent être apportés aux radars en bande C et en bande S pour toutes les sources physiques de parasites et les effets de courbure de la Terre (extension de la portée). Les radars en bande S et en bande C nécessiteront des corrections d'atténuation ; il reste à savoir s'il est préférable d'avoir plus, ou moins d'atténuation pour la mise en œuvre de techniques de correction à double polarisation.
  - Il existe des myriades d'autres compromis, hypothèses et détails (décrits sommairement en annexe 2), mais, en somme, ils s'équilibrent les uns les autres.

## 7. CONTRIBUTION SOLLICITÉE AUPRÈS DE L'INDUSTRIE

En plus de vous inscrire au processus de consultation auprès de l'industrie, nous vous saurions remercier de bien vouloir fournir l'information demandée ci-dessous.

Il y aura plus d'occasions de dialoguer avant la publication de la DP anticipée telle qu'elle est décrite à l'annexe B, Processus de consultation; toutefois, plus vite nous obtiendrons vos commentaires, plus facilement ces derniers pourront être intégrés dans notre processus.

1. Un bref portrait d'entreprise de votre organisation (deux pages ou moins).
2. Une indication des domaines de produits et d'expertise de service et de capacité de livraison fournis par votre organisation (trois pages ou moins).
3. Une brève description de projets similaires auxquels vous avez pris part.
4. Quelle norme de gestion de projets suivez-vous normalement? Quels outils de GP utilisez-vous?
5. Quelle stratégie proposeriez-vous pour répondre à quelques-unes (ou à l'ensemble) des considérations et options mentionnées dans le présent document? En particulier, laquelle des options présentées à la section 6.1 proposeriez-vous et de quelle façon recommandez-vous d'aborder les considérations suivantes à la section 6.2 :
  - n° 3 – atténuation;
  - n° 4 – conditions météorologiques superficielles et remplissage;
  - n° 5 – expansion géographique de la couverture de Doppler.
6. Selon vous, y a-t-il des considérations que nous avons omis de mentionner et qui devraient être examinées en ce qui a trait aux exigences mentionnées dans le présent document?
7. Quelles suggestions avez-vous pour maintenir les coûts d'exploitation et de maintenance à un faible niveau, en particulier compte tenu du fait qu'un grand nombre de nos sites sont à une distance de déplacement de quatre à huit heures depuis le bureau régional le plus proche (voir la section 5)?
8. Nous recherchons des systèmes pouvant fonctionner sur le terrain de façon fiable pendant plusieurs années (un taux de disponibilité de 95 % ou plus, 24 heures sur 24, 365 jours par an) qui ne nécessiteront pas plus de deux visites par année pour l'entretien et l'étalonnage sur place, à l'exception des dommages causés par des sources externes, telles que les éclairs. Trouvez-vous cela raisonnable?
9. Selon vous, de quels renseignements aurons-nous besoin concernant nos sites actuels pour être en mesure de préparer l'établissement des coûts pour l'infrastructure des sites?

10. Nous considérons d'inclure l'harmonisation des 11 radars existants (voir la figure 1) qui ne seront pas remplacés par rapport à la nouvelle norme de ces 19 radars de remplacement tel que cela est indiqué à la figure 1 et du nouveau site dans le Nord de l'Alberta tel que cela est indiqué à la figure 4; quelle approche proposeriez-vous afin d'assurer une harmonisation efficace et rentable? De quels renseignements auriez-vous besoin au sujet des 11 radars existants pour appuyer cette harmonisation (voir l'activité 6 dans le Sommaire)?
11. En vous fondant sur votre expérience, selon vous, combien de temps vous faudra-t-il pour préparer votre soumission une fois la DP finale affichée? (Étant entendu qu'il ne s'agit que d'une estimation pour nous aider à déterminer notre planification globale)
12. Comment votre organisation intégrerait-elle des flexibilités dans les plans de projet pour permettre à Environnement Canada de s'adapter aux changements de son environnement opérationnel au cours d'une période à long terme (environ huit ans)?
13. Êtes-vous en mesure de fournir des estimations de coûts et des échéanciers pour chacune des options énumérées au tableau 2 à la section 6.1? Veuillez utiliser la répartition suivante pour ces estimations :  
le coût des systèmes radars opérationnels (autres que prototypes ou « premier article »)  
(excluant la tour et l'infrastructure propre au site, mais incluant tous les radômes, le matériel requis, les composants électroniques, l'équipement de traitement, l'émetteur, le récepteur et les autres éléments assurant un système fonctionnel);
  - le coût de la gestion du projet;
  - le coût de la conception du système;
  - l'échéancier pour la livraison du premier article aux fins de la mise à l'essai (pour un réseau comportant un mélange de radars, nous aurons besoin de radars à bande C et S pour effectuer les essais d'acceptation);
  - la capacité pour livrer les autres systèmes fonctionnels (taux par année ou profil de livraison jusqu'au 31 mars 2023 (date d'achèvement prévue du projet)).

## **APPENDICE 1**

À l'Annexe A,

Document contextuelle d'engagement industriel,



## 1. Analyse des besoins

Nous avons mené une analyse axée sur les risques, afin d'identifier et de prioriser objectivement et quantitativement les lacunes dans la couverture radar. Nous visons à utiliser des données disponibles pour mener des analyses spatiales, afin de quantifier les besoins des utilisateurs, caractériser les sites radar potentiels et mener une analyse de blocage et de couverture radar.

Nous avons établi un indice des besoins (IB) d'après la cote et la pondération attribuées à l'importance des risques météorologiques à incidence élevée, des valeurs socio-économiques et des facteurs liés aux infrastructures ci-dessous :

### **Risques météorologiques à incidence élevée :**

Densité des tornades (grille de 50 km, entre 1980 et 2009) et probabilité de formation de tornades

Densité de la foudre (grille de 50 km, entre 1999 et 2009)

Journées de grêle par année (entre 1971 et 2000)

Journées de précipitations verglaçantes par année (entre 1971 et 2010)

Journées de pluie quotidienne  $\geq 25$  mm par année (entre 1971 et 2000)

Journées de vent  $\geq 63$  km/h par année (entre 1971 et 2000)

Journées de neige  $\geq 10$  cm par année (entre 1971 et 2000)

Ouragans atteignant les côtes (entre 1851 et 2007)

Conditions hivernales à basse altitude (secteur de bourrasques de neige, poudrerie, etc.)

### **Facteurs sociaux :**

Densité de la population

Principaux centres urbains

Fluctuation de la population

### **Facteurs critiques liés aux infrastructures et au transport :**

Réseau de transport (aéroports, principales routes, ports principaux et principaux chemins de fer)

Principaux complexes industriels (centrales nucléaires, principaux oléoducs, principaux gazoducs, territoires à bail pour le pétrole et les sables bitumineux, plateformes de forage pétrolier, centrales électriques et raffineries)

Les données climatologiques utilisées dans l'étude proviennent du DVD sur les dangers atmosphériques canadiens produit par Environnement Canada, des Archives climatiques nationales, du Centre canadien de prévision des ouragans (EC), du National Hurricane Centre (NOAA) et du Programme de stages en météorologie d'exploitation (PSME). Nous avons également identifié des bassins hydrographiques critiques. La figure A1-1 comporte un résumé des distributions géographiques pour chaque facteur climatique à incidence élevée.

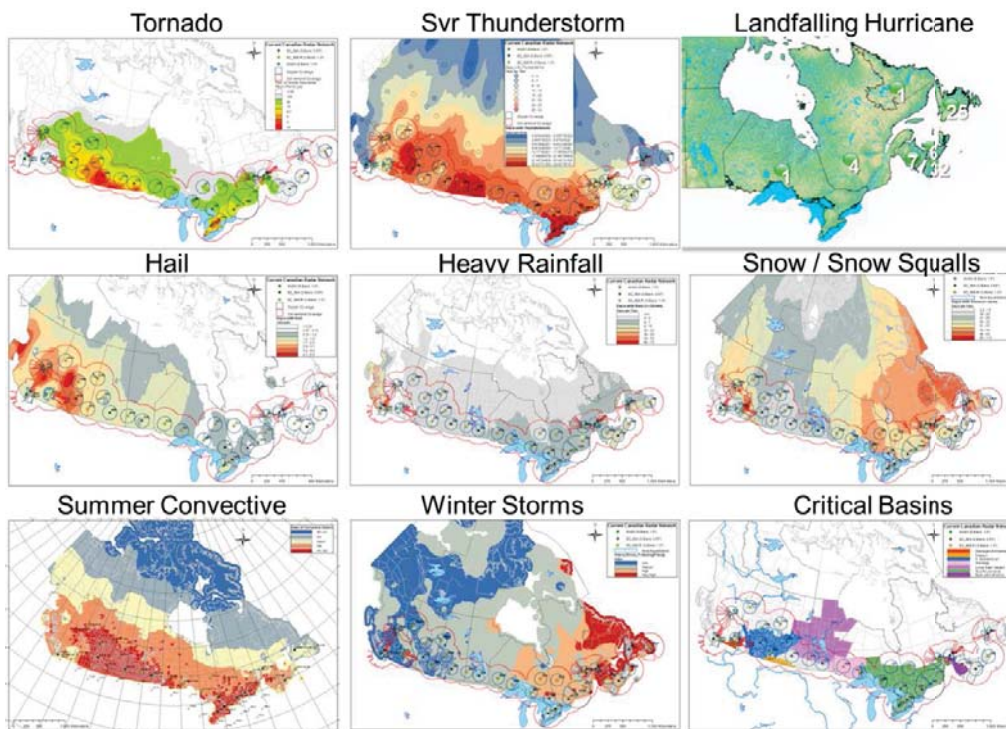


Figure A1-1 — Distribution géographique des facteurs à incidence élevée

Clé	
Tornado	Tornado
Svr Thunderstorm	Orage violent
Landfalling Hurricane	Ouragan atteignant les côtes
Hail	Grêle
Heavy Rainfall	Pluie abondante
Snow/Snow Squalls	Neige et bourrasques de neige
Summer Convective	Activité convective en été
Winter Storms	Tempêtes hivernales
Critical Basins	Bassins critiques

Pour quantifier l'importance relative parmi les couches de facteur, nous avons élaboré un questionnaire visant à recueillir l'opinion des décideurs. Nous avons demandé l'opinion des membres de l'équipe scientifique et du projet. Le questionnaire comprenait les éléments suivants :

- Examiner les couches de facteurs proposés pour l'évaluation des besoins.
- Coter chaque facteur sur le plan de l'importance selon la préférence : couverture en présence d'un facteur climatique violent, infrastructure ou forte densité de population.
- Comparer par paire les facteurs de chaque groupe selon la préférence sur le plan de l'importance d'une couverture radar, à l'aide du processus de hiérarchie analytique. La comparaison par paire incorpore la comparaison de deux couches de facteur d'un même groupe pour déterminer l'importance relative de l'une par rapport à l'autre. Par exemple : « L'importance de la densité d'une tornade est-elle supérieure à celle des vents violents en ce qui a trait à la couverture radar? ». Une cote a été attribuée à chaque question, selon une échelle de neuf points, où neuf représente une importance considérablement plus élevée et un, une importance égale.

- Comparer par paire des groupes de facteurs l'un par rapport à l'autre, selon la préférence sur le plan de l'importance d'une couverture radar. On peut ainsi déterminer la priorité relative par groupes de facteurs. Par exemple : « L'importance du temps violent est-elle supérieure à celle des infrastructures? » Les questions ont été cotées selon une échelle de neuf points, où neuf représente une importance considérablement plus élevée et un, une importance égale.

Nous avons calculé l'IB à l'aide de la méthode de combinaison linéaire pondérée reposant sur la pondération et la cote attribuées par la méthode du processus de hiérarchie analytique. Selon la méthode de combinaison, la valeur de l'IB pour chaque pixel évalué est calculée d'après la somme de la pondération de chaque facteur multipliée par la pondération de groupe de facteurs, comme suit :

$$NI = \sum_{i=1}^n (R_f * W_f)_i * W_{g_i}$$

E.  
1

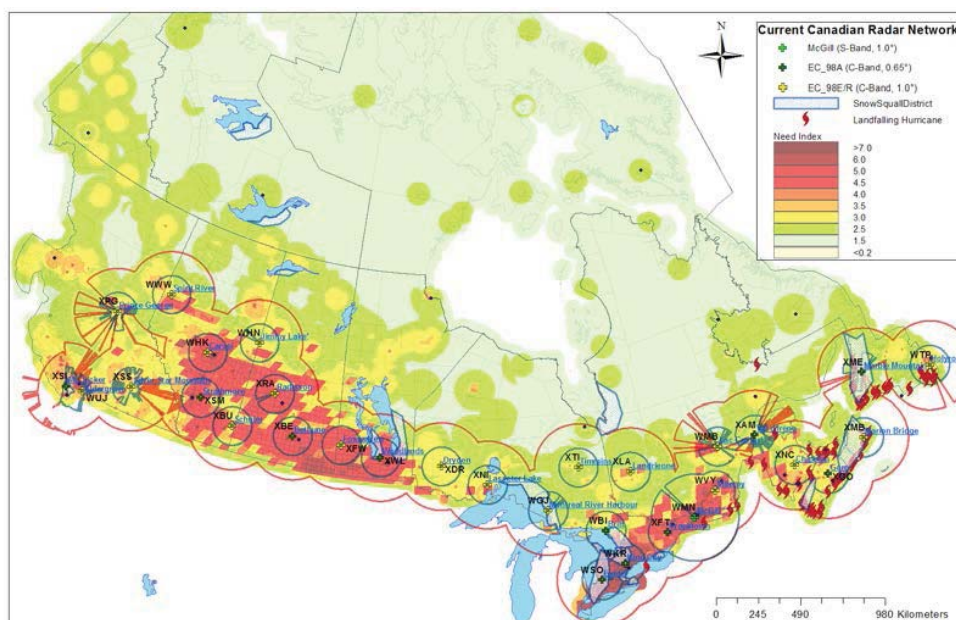
Où  $R_f$  correspond à la cote du facteur,  $W_f$  à la pondération du facteur de chaque groupe de facteurs et  $W_{g_i}$  à la pondération du groupe de facteurs.

Nous avons créé six scénarios en appliquant différentes valeurs de pondération :

- Scénario 1 : Application des valeurs de cote et de pondération fournies par les participants du sondage.
- Scénario 2 : Application des valeurs de cote du scénario 1 et de valeurs de pondération égales, pour chaque groupe de facteurs.
- Scénario 3 : Facteurs de temps violent à pondération égale et meilleures données sur la population et les infrastructures (ajout des raffineries, des pipelines, du pétrole et des sables bitumineux, du gaz naturel et des centrales électriques).
- Scénario 4 : Application des valeurs de cote et de pondération du scénario 2, mais avec de meilleures données sur les infrastructures et la population.
- Scénario 5 : Facteurs de temps violent divisé en sous-groupes (activité convective en été et tempêtes hivernales), application de pondérations inégales entre les groupes de facteurs et meilleures données sur les infrastructures et la population.
- Scénario 6 : Identique au scénario 5, mais avec l'application de valeurs de pondération égales à chaque groupe de facteurs.

Le scénario 6 nous semble une bonne représentation de l'IB, puisqu'il tient compte des conditions météorologiques hivernales et estivales à incidence élevée, renforce la valeur économique et applique les données supplémentaires sur les infrastructures et la population. La figure 3 montre la distribution géographique de l'indice obtenu grâce au scénario 6. Nous avons également superposé sur la carte les zones sensibles aux bourrasques de neige et les données sur les ouragans atteignant les côtes.

L'IB a servi à caractériser et à prioriser les sites radar du Réseau canadien de radars météorologiques existant, ainsi qu'à valider et à prioriser les lacunes dans la couverture radar perçues par les utilisateurs.



**Figure A1-2 Distribution géographique de l'IB selon une incidence à pondération égale des groupes de facteurs sociaux, de temps violent et des infrastructures.**

Description des éléments dans le graphique	
Current Canadian Radar Network	Réseau canadien de radars météorologiques actuel
McGill (S-Band, 1.0°)	McGill (bande S, largeur de faisceau de 1,0°)
EC_98A (C-Band, 0.65°)	EC_98A (Bande C, largeur de faisceau de 0,65°)
EC_98E/R (C-Band, 1.0°)	EC_98E/R (Bande C, largeur de faisceau de 1,0°)
SnowSquallDistrict	Secteur de bourrasques de neige
Landfalling Hurricane	Ouragans atteignant les côtes
Need Index	IB

## 2. Analyse des lacunes

Nous avons appliqué l'IB et mené une analyse pour valider et prioriser les lacunes dans la couverture radar perçues par l'utilisateur. Nous avons priorisé les zones de lacunes selon les valeurs de l'IB, la couverture radar combinée du Réseau canadien de radars météorologiques et du NexRAD des États-Unis, le long des zones transfrontalières.

La Figure A1-3 montre les lacunes cotées pour les besoins de couverture radar générale (rayon présumé de 250 km) et les zones présentant des besoins de couverture Doppler (rayon de 110 km). Les résultats laissent croire que les cinq principales zones de lacunes dans la couverture radar générale sont : Le Pas, Port Hardy, Fort McMurry, Yarmouth et Prince Rupert. Dans le cas de la couverture Doppler, les cinq principales zones sont : Wainwright, Halliburton, Swift Current, péninsule Bruce et Sindre.

Il est à noter que l'étude repose sur les mêmes seuils à l'échelle du pays plutôt que sur des seuils propres aux régions. Nous avons accordé la même importance aux vents d'une même puissance dans une zone calme et dans une zone exposée au vent. Il est également à noter que les critères de seuil, en ce qui a trait à l'émission d'avertissements de temps violent, varient selon la zone au Canada et le temps de l'année. À titre d'exemple, dans le cas de Terre-Neuve-et-Labrador et de certaines régions

de l’Alberta, de la Colombie-Britannique et du Yukon, un avertissement est émis lors de vents soutenus d’au moins 80 km/h et de rafales d’au moins 100 km/h, alors que dans celui des régions comme l’Ontario et le Québec, les vents doivent atteindre au moins 70 km/h et les rafales, au moins 90 km/h.

Les critères de temps violent propres aux régions ont été pris en compte sur le plan qualitatif en fonction des besoins propres aux régions qui figurent dans le rapport national des besoins utilisateur liés aux radars météorologiques ainsi que dans le rapport régional.

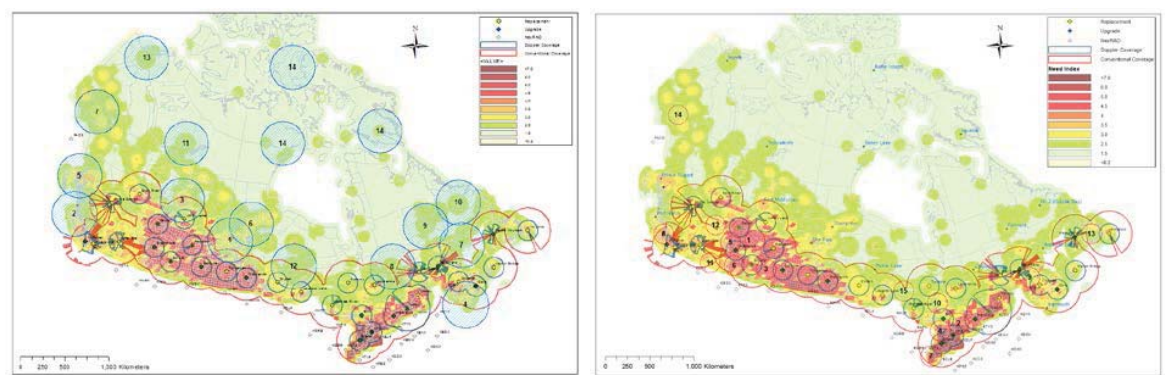


Figure A1-3 Zones de lacunes prioritaires dans la couverture des radars météorologiques, pour la couverture radar générale (gauche) et la couverture Doppler (droite).

Clé	
Remplacement	Remplacement
Upgrade	Mise à niveau
NexRAD	NexRAD
Doppler Coverage	Couverture Doppler
Conventional Coverage	Couverture générale
VALUE	VALEUR

## **APPENDICE 2**

À l'Annexe A,

Document contextuelle d'engagement industriel,

## **Table of Contents**

<b>1.</b>	<b>UTILISATION QUALITATIVE DES DONNÉES RADAR</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>UTILISATION QUANTITATIVE FUTURE DES DONNÉES DE RADARS MÉTÉOROLOGIQUES</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>VIABILITÉ OPÉRATIONNELLE</b>	<b>9</b>
<b>4.</b>	<b>CONSIDÉRATIONS À LONGUE TERME</b>	<b>10</b>
<b>5.</b>	<b>ASPECTS TECHNOLOGIQUES</b>	<b>11</b>
<b>5.1</b>	Sensibilité de radars en bande C et S représentatifs	12
<b>5.2</b>	Atténuation théorique en fonction de la longueur d'onde	14
<b>5.3</b>	Portée Doppler	15
<b>5.4</b>	Augmentation de la portée	17
<b>5.5</b>	Résoudre le dilemme Doppler	19
<b>5.6</b>	Vitesse de rotation et échantillonnage	21
<b>5.7</b>	Diffusion de Mie et résonance en bande C	22
<b>5.8</b>	Largeur du faisceau	23
<b>5.9</b>	Double polarisation	24
<b>5.10</b>	Atténuation, EPQ et double polarisation	26



## 1. UTILISATION QUALITATIVE DES DONNÉES RADAR

Cette section aborde certaines questions soulevées au sujet de l'utilisation qualitative des données radar. Ces questions seront abordées dans cette section et des risques seront également identifiés.

*Forme de l'écho* : La figure 6 est un exemple de ce que l'on entend par l'utilisation qualitative des données de radars météorologiques en bande C (radar d'Exeter, tornade F3 près de Goderich, 21 août 2011). Cet exemple illustre la façon dont le radar permet de comprendre les conditions météorologiques. À gauche, les données de réflectivité indiquent un orage avec un écho en crochet. Si le signal n'est pas totalement atténué, l'analyste des phénomènes météorologiques violents émettra probablement un avertissement de temps violent, quelles que soient les valeurs de la réflectivité (atténuées ou pas). Bien que les valeurs élevées de réflectivité soient également utilisées pour identifier des phénomènes météorologiques violents (écho rouge > 55dBz), la forme de l'écho dans cet exemple donne des indications claires sur le fort courant ascendant, la longévité de la tempête et la phase du cycle de vie de la tempête. À droite, même en présence de bruits (en raison de la technique de mesure de la vitesse à double FRI), un signal de rotation (couple vert- rouge) peut être observé dans la vitesse radiale, ce qui confirme la décision de lancer un avertissement.

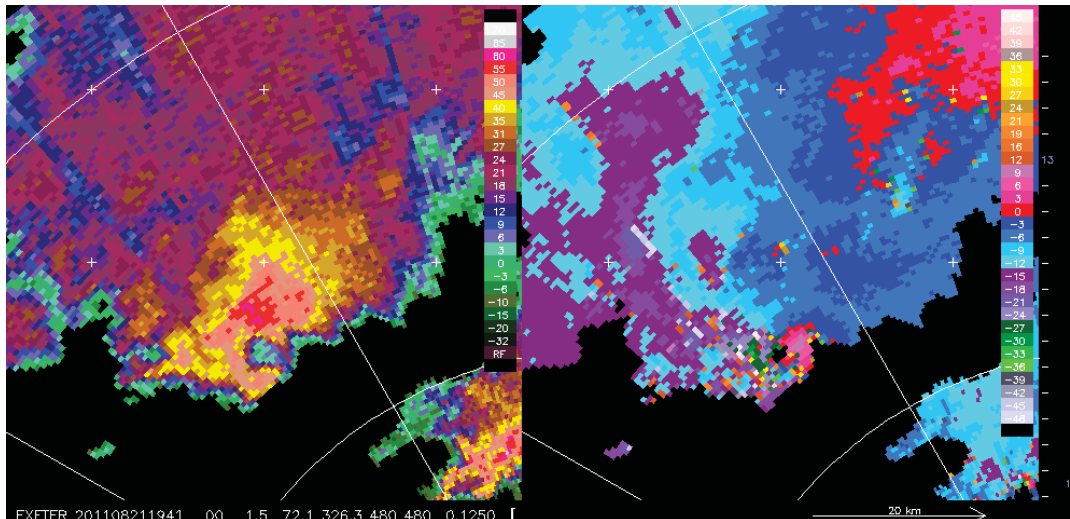


Figure A2 - 1 – Utilisation qualitative des données de radars météorologiques - Reconnaissance des formes.

*Analyse Distance-Doppler effective pour la détection de mésocyclones (petite échelle méso-gamma)* : L'analyse des données de sortie de l'algorithme automatique de mésocyclones du TUDR (traitement unifié des données de radar) a indiqué une forte baisse du nombre phénomènes de cisaillement rotationnel détectés au-delà de 60 km. Ce résultat a mené à conclusion qu'une couverture Doppler est inutile au-delà de 60 km et que la demande des



prévisionnistes d'obtenir une couverture à longue portée n'est pas justifiée. Cependant, ces statistiques doivent être interprétées dans le contexte de la philosophie de l'algorithme (recherche d'une grande probabilité de détection), des seuils, de la largeur du faisceau, de la qualité des données de vitesse, du lissage croissant des données avec la distance et de la validité des détections par rapport aux mésocyclones effectivement observés. Les seuils de détection sont réglés en vue de détecter chaque phénomène de cisaillement rotationnel (même les plus faibles), et le grand nombre de détections à proximité du radar s'explique par le faible lissage du faisceau, ce qui augmente le cisaillement apparent dans le champ de vitesse, particulièrement dans les situations convectives. La figure A2-2 est un exemple évident d'une signature de mésocyclones lors d'une tempête violente à une distance de plus de 256 km (flèches rouges) du radar avec un faisceau de 1°.

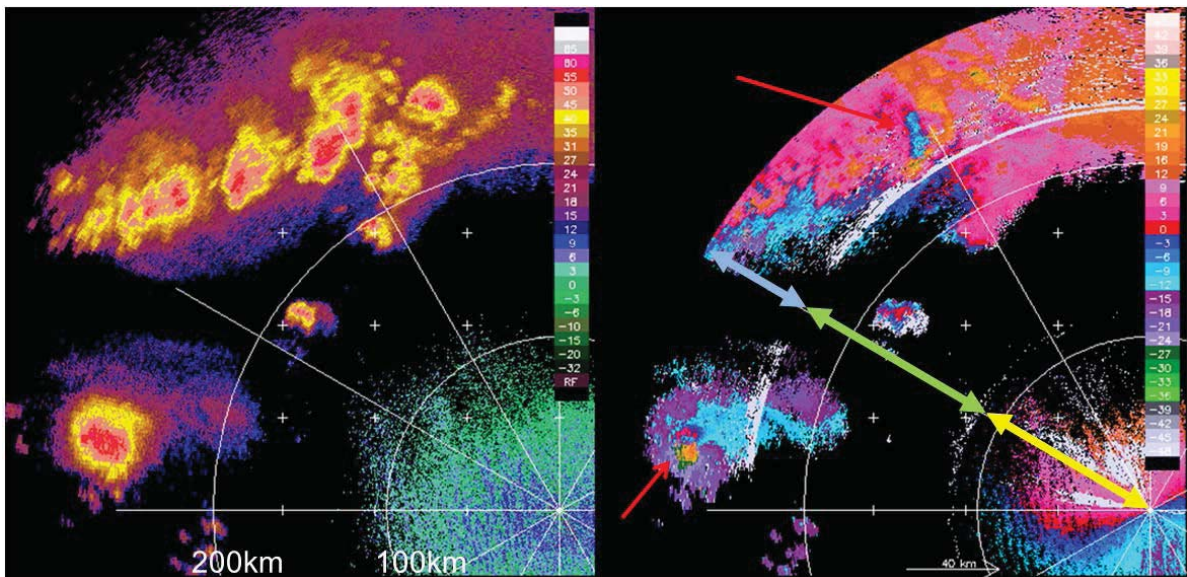


Figure A2 - 2 – Exemple de l'utilisation qualitative du radar Doppler pour la compréhension et le diagnostic de tempêtes tornadiques. Cet exemple présente l'utilité du radar à longue distance (> 126 km). Les flèches rouges indiquent deux signatures mésocyclones rotationnelles à une distance supérieure à 256 km. La signature au sud présente un repliement de vitesse, mais elle peut tout de même être correctement identifiée. C'est aussi un exemple de l'extension de la gamme de vitesses du Doppler grâce à un codage de la phase : cette technique est ici appliquée pour récupérer l'information sur le 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> écho. L'exemple provient du radar en bande S KDMX WSR88D, le 16 juin 2014, à 2120Z.

#### *Utilisation du Doppler pour détecter les phénomènes convectifs à grande échelle méso-gamma :*

La figure A2-3 est un autre exemple de tourbillons d'extrémité illustrant une rotation d'une grande échelle méso-gamma à une petite échelle méso-bêta (~ 20-50 km) dans une ligne de grains. Cela concerne des régions de tourbillon à grande échelle avec un soulèvement accru et constitue un indice de violents vents rectilignes sur le front de la ligne de grains (à l'avant de l'écho). Ici, les données proviennent d'une distance de plus 126 km, dans le deuxième écho. La zone grisée représente le premier écho. Il s'agit d'un exemple de vitesse radiale récupérée à l'aide d'une technique d'augmentation de la portée dans le deuxième écho faisant appel à une phase aléatoire.

Cet exemple montre également un repliement de la vitesse radiale avec une vitesse de Nyquist de 16 m/s. Les vitesses supérieures à  $\pm 16$  m/s sont « repliées » sur l'intervalle de -16 m/s à +16 m/s dans le premier écho.

La technique de phase aléatoire est considérée comme un « prototype » dans la suite des produits opérationnels. Elle permet de « nettoyer » le premier écho (suppression du bruit causé dans le premier écho par la superposition du deuxième écho). La phase aléatoire est utilisée dans toutes les analyses Doppler. Cependant, comme il s'agit d'un prototype, les deuxièmes échos ne sont pas toujours enregistrés. Des questions de largeur de bande et de format de fichiers ont également joué. La phase aléatoire est utilisée pour les radars à magnétron, où des impulsions successives sont émises avec des phases créées au hasard. Comme les radars klystron produisent une phase uniforme, la technique équivalente nécessite l'ajout d'une phase pseudoaléatoire ou l'application d'une modulation de phase pour récupérer le deuxième écho (figure A2-2)

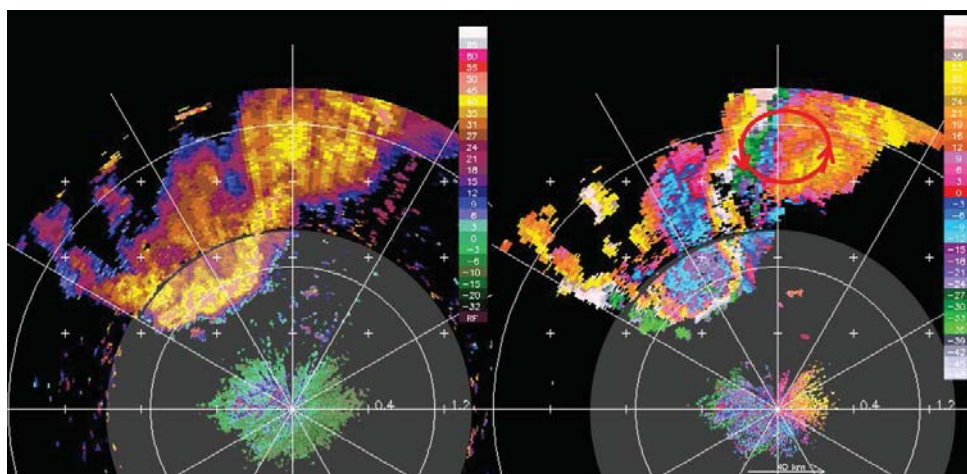


Figure A2 - 3 – Utilisation qualitative des données de radars météorologiques – Importance de la portée de couverture. La partie transparente ombragée de l'image représente le 1er écho, jusqu'à 126 km, et la zone claire représente le 2e écho récupéré par la technique de la phase aléatoire (un « bon » exemple). Cet exemple démontre l'efficacité et l'importance des données Doppler à des distances supérieures à la distance de Nyquist naturelle d'un radar en bande C (> 126 km).

*Une vitesse de Nyquist de 32 m/s est suffisante :* Des questions ont été soulevées relativement à la vitesse minimale requise. Un bon nombre des circuits de couverture volumique de NexRAD et de McGill (radars en bande S) utilisent une vitesse de Nyquist de 32 m/s. La figure A2-4 présente un radar d'EC avec une vitesse de Nyquist augmentée à 48 m/s (en utilisant la technique de double FRI) et des valeurs de vitesse radiale mesurées de presque 48 m/s. Même s'il ne s'agit pas d'une situation courante, il n'est pas rare de rencontrer des vitesses qui dépassent la vitesse de Nyquist augmentée, des vitesses supérieures à 55 m/s ayant été enregistrées. L'expérience a montré que ces vents forts sont incorporés à des échos de radar très étendus et que des techniques de continuité spatiale peuvent être utilisées pour étendre la gamme de vitesse – l'augmentation de la vitesse de Nyquist à 32 m/s pourrait donc être suffisante pour les radars en bande C, ce qui n'a cependant pas encore été démontré.

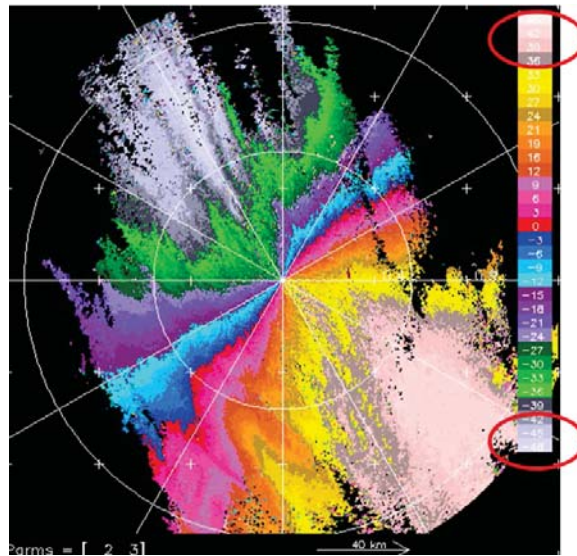


Figure A2 - 4 – Utilisation qualitative des données de radars météorologiques – Vent radial de l'ouragan Igor supérieur à 45 m/s

## 2. UTILISATION QUANTITATIVE FUTURE DES DONNÉES DE RADARS MÉTÉOROLOGIQUES

Une utilisation quantitative des données radar pour des applications hydrologiques et de PNT repose sur l'exactitude et la précision des observations radar. L'utilisation quantitative des données de radars météorologiques peut être réduite à des relations, comme celle qui existe entre les données sur les quantités de précipitations fournies par un radar et les données d'un pluviomètre. Les valeurs aberrantes posent des problèmes non négligeables lors de l'ajustement des courbes des résultats : bien qu'il soit facile de les filtrer à l'œil, elles posent de sérieuses difficultés pour le traitement quantitatif (figure A2-5). La disponibilité de données d'une qualité satisfaisante sur le vent en amont des zones critiques et dans un rayon de 100 km du radar est essentielle pour l'assimilation des données ; des données de bonne qualité sur la réflectivité (atténuation compensée) sont essentielles pour effectuer une estimation des précipitations.

La présence de parasites dans les données radar est notoire. La figure A2-6 illustre les cibles physiques dans l'atmosphère et les problèmes de propagation qui ont une incidence sur la qualité des données issues des radars météorologiques. Ces parasites ont une origine externe au radar. L'atténuation des parasites exige un traitement considérable et le débat est toujours en cours dans la communauté scientifique sur les meilleures approches à suivre. Ce problème et d'autres questions ont eu pour conséquence de limiter l'utilisation du radar pour des applications quantitatives. Malgré tout, le financement de réseaux de radar coûteux se poursuit.

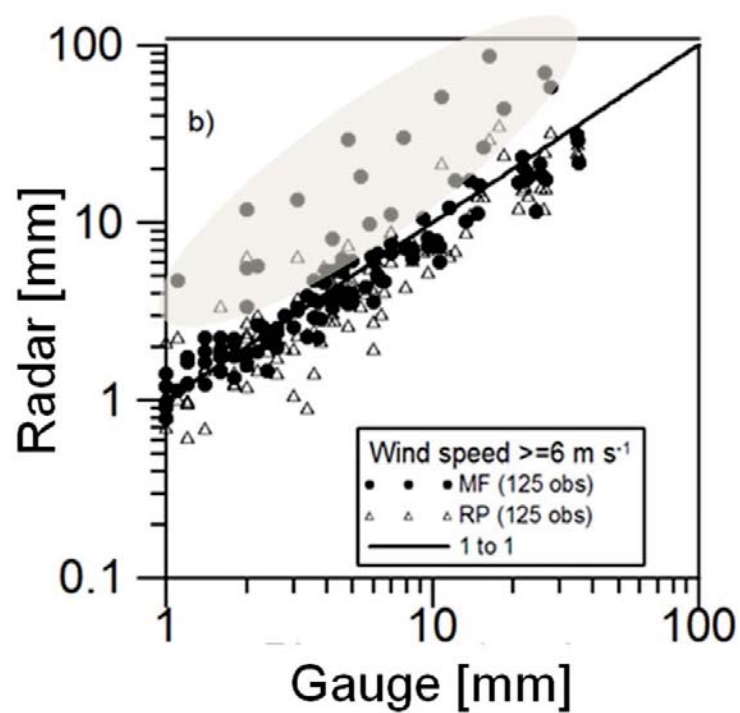
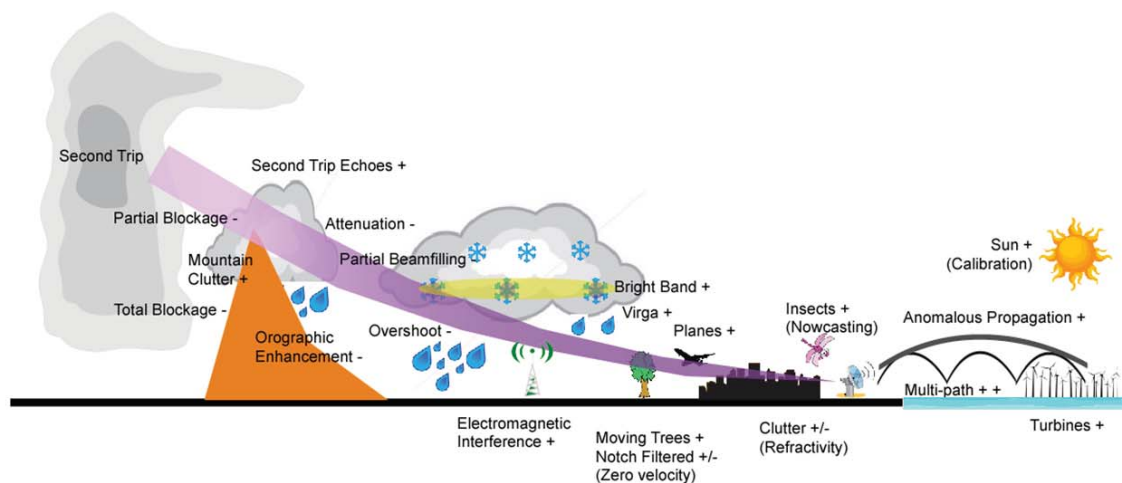


Figure A2 - 5 – Utilisation qualitative des données de radars météorologiques - Relation radar/pluviomètre

Radar [mm]	Radar [mm]
Wind speed $\geq 6 \text{ m s}^{-1}$	Vitesse des vents $\geq 6 \text{ m/s}$
Gauge [mm]	Pluviomètre



**Figure A2 - 6 – Phénomènes physiques ayant un impact sur les données radar. Les parasites créés par ces phénomènes doivent être corrigés pour que les données puissent servir aux applications quantitatives liées aux précipitations.**

Second Trip	Deuxième écho
Second Trip Echoes +	Deuxième échos +
Partial Blockage -	Occlusion partielle +
Mountain Clutter +	Fouillis de montagne +
Total Blockage -	Occlusion totale -
Attenuation -	Atténuation -
Partial Beamfilling	Remplissage partiel du faisceau
Orographic Enhancement -	Renforcement orographique -
Overshoot -	Dépassement -
Bright Band +	Bande brillante +
Virga +	Virga +
Planes +	Avions +
Insects + (Nowcasting)	Insectes + (prévision immédiate)
Sun (Calibration) +	Soleil + (étalonnage)
Anomalous Propagation +	Propagation anormale +
Multi-path ++	Trajets multiples ++
Electromagnetic Interference +	Brouillage électromagnétique +
Moving Tree + Notch Filtered +/- (Zero velocity)	Mouvement des arbres + Filtre éliminateur +/- (vitesse nulle)
Clutter +/- (Refractivity)	Fouillis +/- (réfractivité)
Turbines +	Turbines +



### 3. VIABILITÉ OPÉRATIONNELLE

Le projet de renouvellement de la surveillance s'attaquera à des questions clés liées à l'infrastructure de surveillance essentielle d'EC et à sa viabilité à long terme. L'une des exigences est de maintenir le réseau opérationnel de la manière la plus économique possible. Cet impératif doit être équilibré avec les exigences et les besoins des utilisateurs; une analyse coûts-bénéfices est extrêmement difficile à réaliser.

Des solutions technologiques pour réduire les coûts d'exploitation et d'entretien impliquent des équipements plus robustes, des composants redondants, une meilleure information et une meilleure gestion des stocks et des pièces de rechange. Ces mesures auraient pour résultat de réduire les problèmes et les visites de maintenance au prix d'un investissement initial plus élevé.

*Émetteurs utilisant la technologie des semi-conducteurs* : La technologie des semi-conducteurs est relativement nouvelle et peu familière pour les ingénieurs d'EC. Il pourrait également y avoir des problèmes de développement ou de transition. D'autres ont cependant affirmé/démonstré que cette technologie réduit les problèmes de maintenance. La seule façon de surmonter le manque de connaissance (soit le manque d'expérience ou « l'ignorance ») est (i) d'investir le plus tôt possible, ou (ii) de collaborer avec le fabricant ou d'autres services météorologiques et hydrologiques nationaux afin d'acquérir de l'expérience.

Cette technologie va accélérer le développement d'autres technologies, comme la compression des impulsions, pour surmonter les faibles puissances. Les signaux à compression des impulsions sont entravés par des lobes latéraux parasites, mais ce problème, qui constituait jusqu'à maintenant une préoccupation, semble avoir été atténué dans les systèmes de radar actuels.

Cette technologie pourrait réduire la maintenance (les dispositifs à semi-conducteur ne se dégradent pas au fil du temps), le nombre de visites (de routine ou d'urgence), la redondance nécessaire (la défaillance des modules d'alimentation n'est pas critique), les heures supplémentaires et les visites d'urgence, tout en fournissant des données de haute qualité.

*Équipement de test intégré* : L'équipement de test intégré est maintenant courant dans les systèmes commerciaux (pas encore au sein d'EC). Cet équipement permet de surveiller le matériel à distance et de mettre en place des mesures proactives, et donc d'augmenter la qualité et la fiabilité des données et de réduire sensiblement le nombre de visites (par exemple, passer de 6 à 2 visites par an).

L'étalonnage à distance peut être mis en œuvre, ce qui permettrait également d'améliorer la qualité et la fiabilité des données.

#### 4. CONSIDÉRATIONS À LONGUE TERME

*Atténuation de l'impact des parcs éoliens/milieus arctiques* : Pour atténuer l'impact des parcs éoliens, qui causent des problèmes majeurs de qualité des données, répondre aux besoins de détection à basse altitude dans des zones critiques et remplir les exigences potentielles en matière de détection dans les milieux arctiques, il faut faire des investissements dans des radars en bande X ou en bande Ka peu coûteux qui nécessitent peu d'entretien et peu d'infrastructures.

*Radars avec antenne en réseau à commande de phase*: La figure A2-7 montre deux radars en bande X, le premier avec une antenne parabolique traditionnelle (à gauche), le second avec une antenne plane à *éléments en réseau phasé* (à droite). Les antennes du second type viennent d'arriver sur le marché, mais elles ont encore une sensibilité inférieure. Elles pourraient cependant très bien convenir aux milieux arctiques difficiles – elles sont dépourvues de pièce mobile - si les questions de sensibilité peuvent être résolues



Figure A2 - 7 – Exemple de radars en bande X

Il est possible que les antennes planes puissent être déployées dans les réseaux pour obtenir des cartes de vent en 2D, chose qui était encore hors de question il y a quelques années.

## 5. ASPECTS TECHNOLOGIQUES

Les options envisagées pour le RCRM sont les suivantes:

- Réseau entièrement en bande C
- Réseau entièrement en bande S
- Réseau mixte en bande C et en bande S
- Ajout futur de radars (visés) en bande X – assimilation de données (vents 2D), outil de mise en œuvre, remplissage des « trous » de couverture, le tout en fonction du terrain

Le Table A2-1 donne une comparaison sommaire des caractéristiques de trois systèmes de radar météo couramment utilisés.

	Bande S	Bande C	Bande X
FRÉQUENCE	2-4 GHz	4-8 GHz	8-12 GHz
LONGUEUR D'ONDE	15-7,5 cm	7,5-3,8 cm	3,8-2,5 cm
PORTÉE TYPIQUE	300-500 km	120-240 km	50-100 km
PUISSANCE DE CRÊTE	500 kW-1MW	250-500 kW	50-200 kW
LARGEUR DE FAISCEAU	1,0°	0,65°	1,0°-2,6°
TAILLE DE L'ANTENNE	8,5 m	6,1 m	1,8-2,5 m
SENSIBILITÉ	Pluie, neige, grêle (particules plus grosses par rapport à la bande C)	Pluie, neige, grêle, bruine (particules plus grosses par rapport à la bande X)	Pluie, neige, grêle, bruine fine (particules plus petites par rapport à la bande S et à la bande C)
ATTÉNUATION ATMOSPHÉRIQUE	Moins d'atténuation qu'en bande C et X	Moins d'atténuation qu'en bande X, mais quatre fois plus d'atténuation qu'en bande S	Beaucoup d'atténuation par rapport aux bandes C et S
COÛT D'ACQUISITION	~1,3 x bande C	1,0 x bande C	~0,7 x bande C

Tableau A1-1 Comparaison des trois systèmes de radar météo les plus largement utilisés (adapté du rapport de l'OMM, 2009)



## 5.1 Sensibilité de radars en bande C et S représentatifs

On a souvent affirmé que les radars à petite longueur d'onde offrent une meilleure sensibilité que les radars à longueur d'onde plus grande, car la longueur d'onde se trouve dans le dénominateur de l'équation radar. On en a donc fait la promotion pour la détection de la bruine, de la neige, des insectes, de la pollution aérienne et d'autres cibles à faible réflectivité – toutes choses étant égales par ailleurs. Du point de vue pratique, cependant, les choses ne sont pas égales, car la puissance d'émission ( $P_t$ ), la longueur d'impulsion ( $\tau$ ) et le moyennage différent (l'équation radar porte sur une impulsion unique). Les radars en bande C émettent souvent des impulsions avec une puissance de crête de 250 kW et les radars en bande S peuvent avoir une puissance de crête de 1 MW, ce qui fait disparaître l'avantage de la longueur d'onde. La sensibilité dépend donc de la longueur d'impulsion, des pertes dans le système, du bruit et du traitement.

$$\bar{P}_r = \frac{c\pi^3}{1024\ln(2)} \left( \frac{P_t \tau G^2 \Theta \Phi}{\lambda^2} \right) \left( \frac{|K|^2 Z}{r^2} \right)$$

L'équation du radar standard indique la relation entre la puissance reçue par le radar et les paramètres de la cible. Les pertes dans les guides d'onde et les autres pertes représentent des facteurs multiplicatifs qui n'y sont pas indiqués.

Dans le tableau suivant, la sensibilité est indiquée sous la forme du signal enregistré/délectable le plus faible à une distance de 50 km. Le tableau donne la sensibilité de radars en bande S courants et d'un radar en bande C de haute qualité.

Tableau 2 – Sensibilité des radars en bande C et en bande S

Radar	MDS at 50 km	C Band
Z9110	-8.0 dBZ (few days in August) -10dBZ (2 months)	
Z9220	-1.0 dBZ	
King City CONVOL (2 us)	-11.0 dBZ	
King City DOPVOL (0.5 us)	-5.0 dBZ	
Twin Lakes, OK	-7.5 dBZ	
Lake Charles, LA	-8.5 dBZ	

Anglais	Français
Radar	Radar
MDS at 50 km	SDM à 50 km
-8.0 dBz (few days in August)	-8,0 dBz (quelques jours en août)
-10 dBz (2 months)	-10 dBz (2 mois)
C Band	Bande C

## 5.2 Atténuation théorique en fonction de la longueur d'onde

L'atténuation du signal radar est fonction de la cible et de la longueur d'onde du radar (voir figure A2-8). Toutes les longueurs d'onde sont atténuées à différents degrés. L'atténuation est moindre pour les réflectivités faibles que pour les réflectivités élevées. Plusieurs questions se posent : (i) La distribution climatologique (c.-à-d. canadienne) des réflectivités crée-t-elle une atténuation importante et, le cas échéant, pour quelle application? (ii) La distribution spatiale des réflectivités crée-t-elle une atténuation importante? (iii) À quelle fréquence l'atténuation totale d'un signal se produit-elle et est-ce que cette atténuation peut entraîner l'omission de certaines alertes?(Figure A2-9).

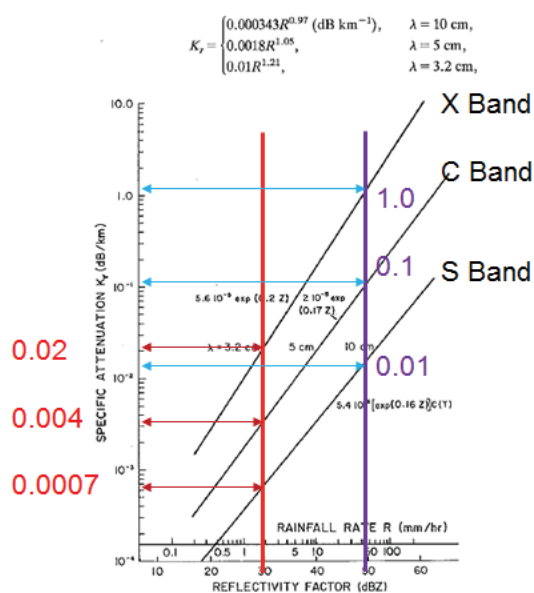


Figure A2 - 8 – Atténuation théorique (dB/km) en fonction de la réflectivité et de la longueur d'onde.

Anglais	Français
SPECIFIC ATTENUATION $K_r$	ATTÉNUATION SPÉCIFIQUE $K_r$
X Band	Bande X
C Band	Bande C
S Band	Bande S
RAINFALL RATE $R$	TAUX DE PRÉCIPITATIONS $R$
REFLECTIVITY FACTOR	FACTEUR DE RÉFLECTIVITÉ

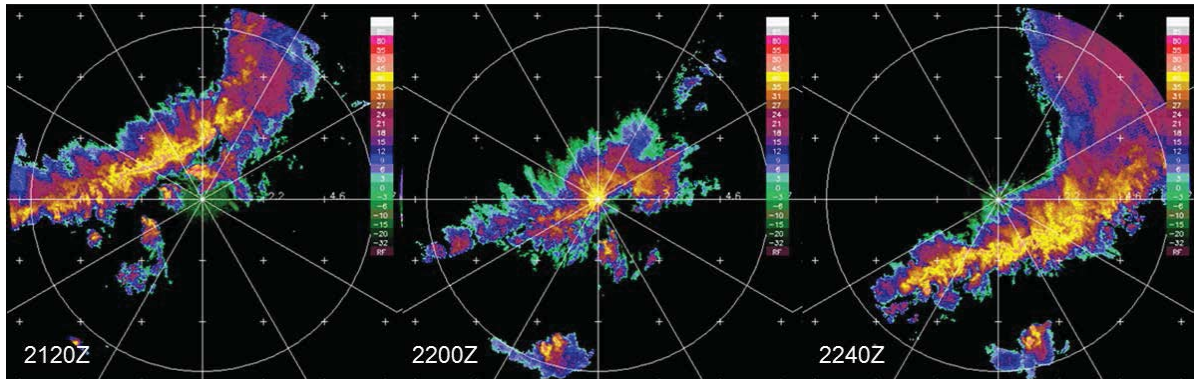


Figure A2 - 9 – Trois images (affichage panoramique à 3,5°) de cet exemple du 17 juin 2014 illustrent l'atténuation en bande C. On peut observer l'atténuation le long de la ligne de grains lorsque la tempête passe juste au-dessus du radar. À 2200Z, une atténuation totale se produit aux distances supérieures à 50 km sur l'azimut 300°-60° (le cercle de distance représente 100 km et les repères sont sur une grille de 40 km).

### 5.3 Portée Doppler

Il existe un compromis inévitable entre la distance maximale du premier écho et l'intervalle de Nyquist. Les caractéristiques distance-vitesse voulues d'un réseau radar ont un effet sur le choix de la longueur d'onde. Pour obtenir une grande portée non ambiguë et une mesure précise de la vitesse de Doppler des cibles météorologiques, la fréquence de répétition des impulsions (FRI) doit être assez élevée (donc le temps entre les impulsions assez court), ce qui réduit la distance non ambiguë maximale par rapport à un radar qui ne mesure que la réflectivité. Aux vitesses élevées, un traitement supplémentaire doit être réalisé pour obtenir la bonne vitesse.

La figure A2-10 illustre le « dilemme de Doppler » pour les trois bandes radar d'usage courant (X, C et S). Le dilemme se pose parce qu'un paramètre, la fréquence de répétition des impulsions, qui détermine le temps qui s'écoule entre l'émission des impulsions, a des effets opposés sur la vitesse non ambiguë maximale et la distance non ambiguë maximale. Les repères et les lignes rouges indiquent des réglages couramment utilisés. La technique d'extension vitesse-distance la plus robuste consiste à utiliser un radar en bande S avec une FRI double et des intervalles de Nyquist non ambigus de 16 et 12 m/s, ce qui permet d'obtenir une portée de 230 km.

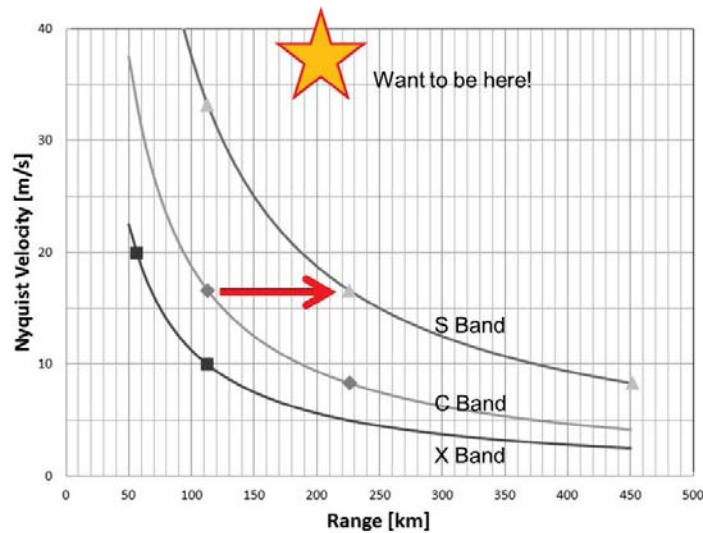


Figure A2 - 10 – Compromis distance-vitesse pour des longueurs d’onde courantes

Anglais	Français
Nyquist Velocity (m/s)	Vitesse de Nyquist (m/s)
Want to be here!	Ce que nous voudrions!
S Band	Bande S
C Band	Bande C
X Band	Bande X
Range [km]	Portée [km]

La distance Doppler maximale est directement proportionnelle à la longueur d’onde. Pour une même vitesse de Nyquist, un radar en bande S possède une distance de Nyquist deux fois plus grande que celle d’un radar en bande C. Inversement, pour une même portée, le radar en bande S possède une vitesse de Nyquist deux fois plus grande que celle du radar en bande C. L’équation suivante rend compte de cette relation :

$$V_{\max} D_{\max} = c \lambda / 8$$

Divers moyens ont été mis en œuvre pour tenter d’augmenter à la fois la vitesse maximale et la distance maximale. Pour augmenter la vitesse maximale, la technique de la FRI double est couramment utilisée. Elle permet de multiplier la vitesse de Nyquist par 2, 3 ou 4 avant que la variance des données de vitesse empêche d’obtenir de meilleurs résultats; la technique de la FRI double peut produire des vitesses parasites dans les zones de cisaillement élevé. La mise en œuvre rationnelle de la technique peut cependant atténuer ce problème, car les vitesses parasites ont des valeurs qui correspondent à des écarts qui sont des multiples de la vitesse de Nyquist.

Par ailleurs, l'autre problème dans les zones à cisaillement élevé est que la valeur calculée de la vitesse moyenne comporte plus de bruit (sa variance est plus grande), ce qui finit par limiter la valeur maximale de la vitesse qui peut être mesurée.

Les techniques faisant appel à la continuité pour étendre la gamme de vitesse dépendent trop de la distribution des échos de précipitation et des motifs de vitesse.

## 5.4 Augmentation de la portée

Selon la configuration d'un radar Doppler, l'extension de la portée est plus difficile à obtenir que l'extension de la vitesse maximale mesurée, car les données peuvent se contaminer mutuellement. En effet, l'écho d'une cible du premier (deuxième) écho peut arriver en même temps que l'écho d'une cible du deuxième (premier) écho. Le premier écho provient de l'impulsion la plus récemment émise et le deuxième écho est celui qui provient de l'impulsion précédente. Dans certaines configurations, il peut y avoir un troisième ou quatrième écho.

À l'époque des radars conventionnels fonctionnant seulement avec la réflectivité, les impulsions étaient émises avec un grand espacement ( $FRI \approx 250 \text{ s}^{-1}$ ). En raison de la courbure de la terre, l'impulsion précédente se trouvait bien au-delà ( $\sim 20 \text{ km}$  d'altitude) de la zone où elle pouvait être réfléchi et produire un deuxième écho.

Les techniques NEXRAD pour étendre la distance utilisent des données à FRI multiples. La réflectivité correspondant à un balayage à basse FRI (surveillance) est sans ambiguïté et sert à localiser l'écho. Les données à haute FRI, qui sont ambiguës, servent à attribuer une vitesse à l'écho. La vitesse est attribuée à l'écho ayant la plus grande puissance reçue (et non la plus grande réflectivité, qui est normalisée par rapport à la distance, ce qui signifie qu'elle est inversement proportionnelle au carré de la distance). Dans le cas d'échos superposés, la vitesse est attribuée à l'emplacement ayant la plus forte puissance supérieure au seuil (de 5 dB en général). Si cette condition n'est pas remplie, les deux emplacements font l'objet d'un contrôle de qualité pour indiquer une « vitesse avec repliement de la distance » et le drapeau « aucune donnée » est appliqué aux deux endroits. Des techniques de triple FRI ont été mises au point au Japon et en France afin d'obtenir une autre combinaison pour résoudre cette ambiguïté. Typiquement, les données sont prises avec le même angle d'élévation, mais la prise de données d'une telle manière augmente le temps nécessaire pour balayer l'atmosphère.

Des techniques de continuité à la verticale (augmentation de l'angle d'élévation) avec une même FRI ou un autre FRI ont également été proposées et mises en œuvre pour certains radars (McGill). Le cisaillement du vent à la verticale est généralement plus fort qu'à l'horizontale et EC a peu d'expérience de ces méthodes.

Les concepts de codage de phase ont été développés pour récupérer le premier et deuxième écho à l'aide de données à FRI ou balayage unique. Essentiellement, le codage de phase attribue à chaque impulsion émise une phase aléatoire ou pseudoaléatoire. Le traitement statistique de la vitesse de plusieurs échos par rapport à la phase d'émission actuelle et à la phase d'émission précédente se traduit essentiellement par la création d'une distribution de vitesses en grappes dont la moyenne correspond à celle du premier et du deuxième écho, respectivement. Cette technique repose sur l'existence d'une puissance du deuxième écho

suffisante. Dans le cas d'échos superposés, une puissance suffisante signifie que la puissance du deuxième écho (plus faible, car il est plus loin) est supérieure au niveau du bruit de puissance et au bruit de phase. Typiquement, pour les radars à magnétron et à klystron, les puissances doivent être entre 40 et 60 dB l'une de l'autre pour récupérer les deux échos. Si un écho modéré ou fort se trouve directement autour du radar, le deuxième écho ne sera pas récupérable.

Notons qu'ici le premier écho est toujours récupérable, contrairement à la technique de FRI multiple décrite précédemment. Il y a un avantage en ce que le bruit dans le premier écho dû à celui du deuxième écho est supprimé; la qualité de la puissance et de la vitesse du premier écho est donc améliorée. Moins il y a de bruit de phase, plus il est facile de récupérer le deuxième écho. C'est une des rares situations dans le domaine du radar où il n'y a pas de compromis, sauf en termes de puissance de complexité de traitement.

La question essentielle est de savoir si cette technique est suffisamment bonne, même avec les radars à klystron ayant un bruit de phase très faible. Pour améliorer la qualité des données, elle devrait être mise en œuvre. Cependant, il y a de nombreuses occasions où le deuxième écho n'est pas récupéré et cela dépend de la météo, de l'emplacement du radar et de la qualité des données. Malgré ces progrès, on préfère encore ne pas utiliser le codage de phase pour récupérer le deuxième écho, mais cette technique devrait également être une exigence (Figure A2 - 11).



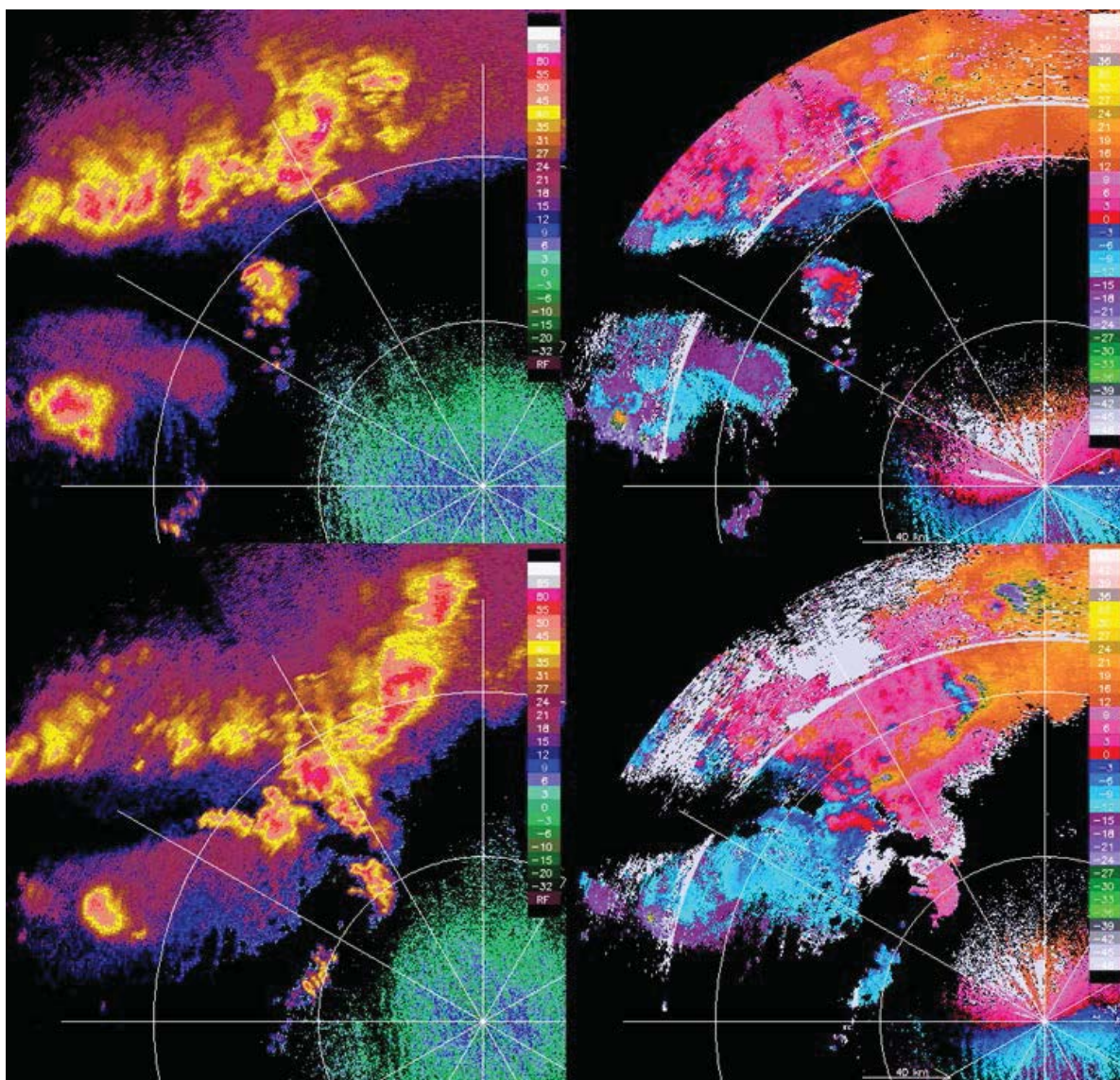


Figure A2 - 11 – Exemple de la capacité de récupération à l'aide du codage de phases. La figure du haut montre que les trois premiers échos sont récupérés dans leur plus grande partie. Le blanc dans les images de vitesse radiale à droite indique les endroits où la technique a échoué. Cette technique est efficace dans bien des cas, mais elle peut échouer en raison de la position et de l'intensité relative des échos superposés.

## 5.5 Résoudre le dilemme Doppler

À la lumière de ce qui précède, l'approche suivante est proposée pour résoudre le compromis distance-vitesse. La figure A2-11 présente l'espace de compromis. L'objectif est dans le coin supérieur droit du diagramme : grande vitesse (50 m/s) et une longue portée (250 km).

Les points de départ pour la discussion sont les points marqués par « o » dans la figure A2-12. Ils représentent les limites « naturelles » de vitesse et de distance du premier écho pour les radars en bandes C et S, comme indiqué dans la figure A2-11.



Les traits pleins représentent l'extension de la gamme de vitesses au moyen de la technique de FRI (ou PRT [période de répétition des impulsions]) double, sans préciser les détails. Comme on l'a déjà indiqué, ces techniques sont jugées robustes, d'où le trait plein. Les traits fins en forme d'arc (pleins et pointillés) représentent l'extension de la portée en utilisant des techniques de codage de phases, qui, comme on l'a mentionné, fonctionnent bien dans certaines conditions, mais pas dans toutes les conditions. Les traits fins verticaux représentent l'application de la technique de la continuité pour récupérer des vitesses encore plus élevées. On a recours à une observation pragmatique et l'on suppose que les vitesses élevées observées sont accompagnées de champs de vent important qui sont observés uniquement dans des précipitations étendues, comme l'illustre la figure A2-5.

La figure a2-12 vise à illustrer sous forme de graphique les techniques de pointe utilisées pour étendre la vitesse et la portée. L'épaisseur du trait indique qualitativement le degré de confort ou de confiance ou, à l'opposé, de risque, qui est attribué à une technique. Un trait pointillé indique qu'une technique est fondée en théorie, mais qu'elle n'a pas encore été éprouvée et qu'un développement complémentaire reste nécessaire pour la mettre en place.

« Si » une couverture Doppler à une portée de 180 km ou plus est le critère déterminant, et qu'on ne tient pas compte des autres exigences et facteurs, la figure indique que les radars en bande S peuvent y parvenir avec un risque technologique moindre. Ce résultat est le fait de l'espacement entre les radars du Réseau canadien de radars météorologiques. Si les radars sont espacés à 220-250 km l'un de l'autre au lieu de 300-350 km, les exigences en matière de portée sont considérablement assouplies! Cependant, cela nécessite une plus grande densité de radars en bande C.

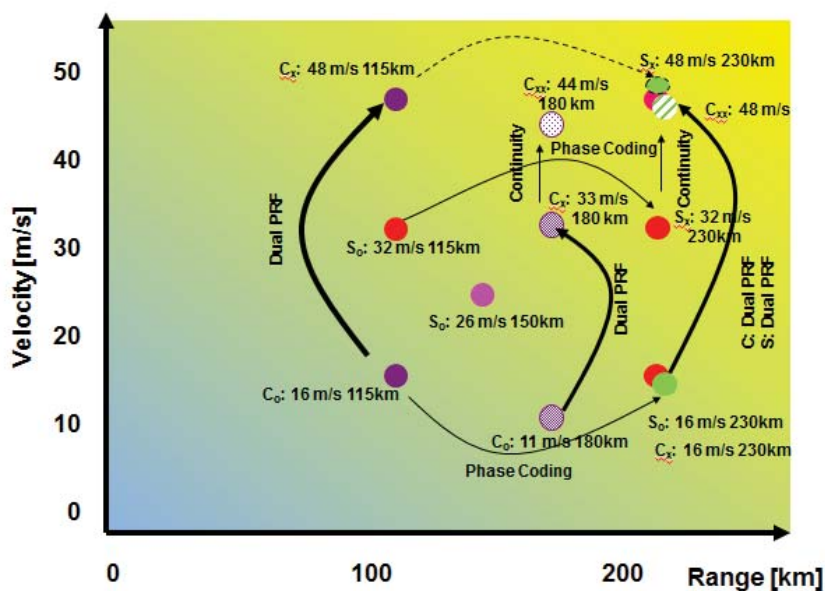


Figure A2 - 12 – Résoudre le dilemme Doppler. Voir les détails dans le texte.

Anglais	Français
Velocity [m/s]	Vitesse [m/s]
Dual PRF	FRI double
Continuity	Continuité
Phase Coding	Codage de phase
Range [km]	Portée [km]

## 5.6 Vitesse de rotation et échantillonnage

Les besoins des utilisateurs indiquent généralement la nécessité de réaliser une analyse de l'espace tridimensionnel avec la meilleure résolution possible et le cycle de répétition le plus rapide possible. Tous les compromis étudiés jusqu'ici produisent une stratégie de balayage qui est un compromis de plusieurs facteurs. Plusieurs de ces facteurs ont déjà été abordés. La vitesse de rotation est en grande partie régie par les besoins des utilisateurs, la portée et la résolution azimutale requise, la qualité de données tolérable (variance des estimations des paramètres) et l'élimination du fouillis Doppler.

Les radars classiques ont besoin d'environ 30 échantillons non corrélés ou indépendants pour réaliser une estimation de la réflectivité. Un balayage rapide (6 tr/min) avec des données de réflectivité de bonne qualité ( $\sim < 1$  dB de variance) est obtenu par l'émission d'une impulsion (largeur d'impulsion  $\sim 1$  microseconde ou résolution en distance de  $\sim 250$  m), avec un échantillonnage à basse FRI ( $250 \text{ s}^{-1}$ ) et une intégration (ici, sur 28 échantillons au total) des échantillons en distance (4 échantillons en distance, soit une résolution de  $\sim 1$  km) et en azimut (7 échantillons en azimut, soit une résolution  $\sim 1^\circ$ ).

Il convient de noter que les résolutions en distance et en azimut sont déterminées par les besoins de l'utilisateur. Il existe, par exemple, des systèmes de radar qui 'enregistrent des données avec une résolution moindre (400, 600 ou 720 azimuts à  $360^\circ$ ).

Cependant, le traitement Doppler nécessite des échantillons corrélés d'une impulsion à l'autre. Les échantillons corrélés sont obtenus au moyen de FRI élevées (ou, ce qui revient au même, un échantillonnage plus serré entre les impulsions), mais sans intégration en distance (puisque les cellules de distance ne sont pas corrélées). Cette condition est satisfaite lorsque la variance de la vitesse ( $\sigma_v$ ) est petite par rapport à la vitesse de Nyquist, comme l'indique l'équation suivante (E. 4). La variance est habituellement de l'ordre de 2-4 m/s et plus petite encore par temps de neige. Ce n'est donc généralement pas un problème, sauf dans les zones de cisaillement élevées. Dans les situations tornadiques, la variance est très élevée et joue sur la qualité des radars en bande C et en bande S.

$$\lambda/2T_s \gg \sigma_v$$

E.  
1

Un autre facteur essentiel pour la détermination du taux d'échantillonnage et de la vitesse de rotation est l'utilisation du filtrage Doppler pour éliminer les échos parasites du sol. Il s'agit là de l'un des avantages les plus importants que l'on puisse tirer du traitement Doppler. Le nombre d'échantillons détermine la résolution des estimations de vitesse. Par exemple, avec une vitesse de Nyquist de 16 m/s, ce qui équivaut à un intervalle Nyquist de 32 m/s et 64

échantillons, la résolution est de 0,5 m/s. La résolution augmente avec le nombre d'échantillons. La résolution d'échantillonnage doit correspondre à celle du signal d'échos parasites du sol et du filtre d'échos parasites, ce qui dépend également de la vitesse de rotation de l'antenne et de la nature des échos parasites.

## 5.7 Diffusion de Mie et résonance en bande C

La limite entre la diffusion de Rayleigh et celle de Mie est d'environ 3 mm pour les radars en bande C. Les calculs théoriques de diffusion indiquent une résonance dans les variables polarimétriques, comme l'illustre la figure A2-13. Cet effet se produit également avec d'autres variables polarimétriques; il sert ici à illustrer le problème du radar polarimétrique en bande C. Toutefois, dans le climat canadien, des gouttes de 6 mm demeurent assez rares. En outre, si la chute de gouttes de 6 mm se produisait, elle serait probablement associée au parasite radar de « bande brillante » et, de manière pragmatique, elle ne devrait pas poser de problème majeur. Une autre situation dans laquelle des particules de 6 mm peuvent exister est celle des petits grêlons. D'un point de vue optimiste, on peut supposer que la « signature renforcée » permettrait d'interpréter la présence de particules ou de grêlons de 6 mm dans les tempêtes convectives.

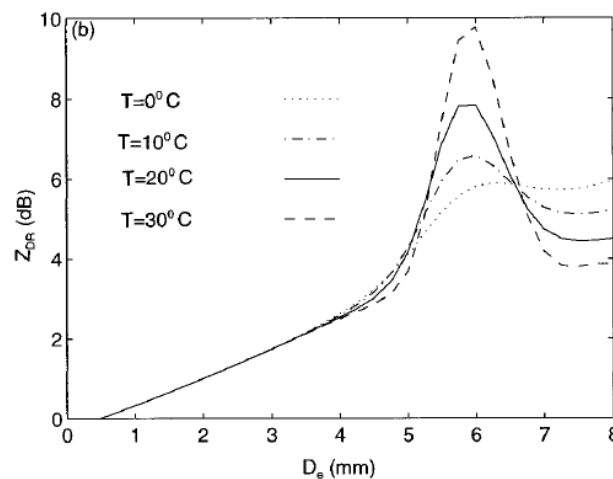


Figure A2 - 13 – Réflectivité différentielle théorique en fonction de la taille des gouttes pour un radar en bande C.

## 5.8 Largeur du faisceau

Un faisceau étroit est important pour obtenir des résolutions spatiales plus fines et des données plus précises. Il est également possible de faire un balayage plus bas, d'isoler les échos parasites ponctuels et de remplir le faisceau à de plus grandes distances. Il en résulte aussi une plus grande sensibilité sans augmenter pour autant la puissance de crête de l'émetteur, la largeur d'impulsion ou la durée d'échantillonnage. Les régions ayant des précipitations à basse altitude ou minces fréquentes devraient envisager de s'équiper d'un radar avec un faisceau plus étroit. La figure A2-14 illustre le faisceau d'un radar ayant un faisceau de  $1^\circ$  et  $0,6^\circ$  situé à une distance de 0 et 300 km, respectivement. Cela est plus ou moins la distance entre les radars du Réseau canadien de radars météorologiques. La bande bleue ombragée représente des temps peu violents tels que les bourrasques de neige qui se produisent souvent sous le vent des lacs. Si nous supposons que les radars ont une sensibilité suffisante et égale pour détecter ce temps si le faisceau est rempli, la figure indique qu'un radar avec un faisceau de  $0,6^\circ$  sera en mesure d'obtenir un faisceau complètement rempli et aurait une portée d'environ 20 km de plus qu'un radar avec un faisceau de  $1^\circ$ . Dans les zones où le faisceau n'est pas complètement rempli, le radar sera toujours en mesure de détecter ce temps, mais les valeurs de réflectivité seront diminuées. À partir d'une certaine distance, le faisceau ne peut plus détecter les phénomènes à basse altitude en raison de la courbure de la Terre. Les radars météorologiques avec une plus grande sensibilité peuvent détecter un phénomène avec un faisceau partiellement rempli et donc de détecter les phénomènes à basse altitude à de plus grandes distances.

Les effets d'un faisceau étroit sont donc multiples : amélioration de la qualité des données, capacité de balayer plus bas, faisceau rempli pouvant atteindre une plus grande distance pour les EQP, et plus grande portée de détection en raison de la sensibilité plus élevée, ce qui est sans doute le plus grand avantage du radar avec une largeur de faisceau de  $0,65^\circ$ . Ces avantages touchent certaines des questions clés du Réseau canadien de radars météorologiques, puisque les radars sont très éloignés l'un de l'autre (par rapport à l'espacement de 200 km dans de nombreux pays européens), subissent des temps violents et ont de faibles niveaux de réflectivité. Les radars à faisceau étroit ont été utilisés de façon unique au Canada (radars 98A) et sont disponibles en bande C. Cette largeur de faisceau n'est pas viable pour les radars en bande S car l'antenne aurait de 12 m de diamètre et un radôme encore plus grand.

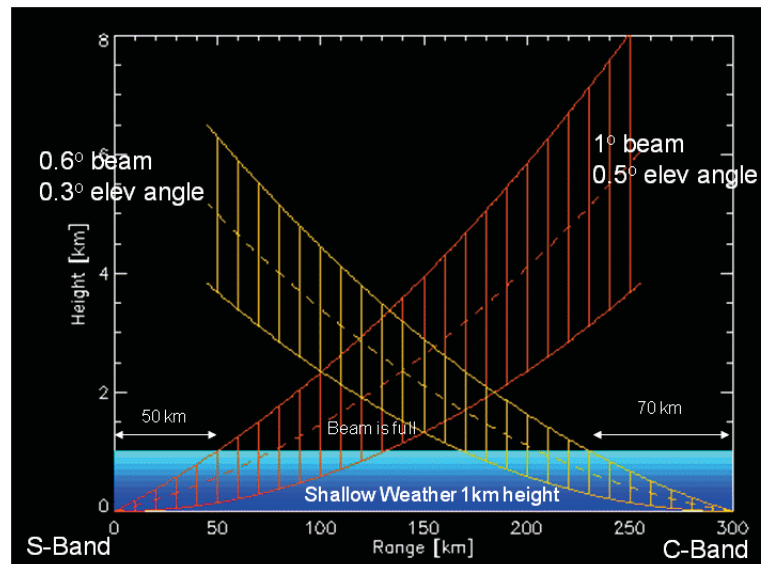


Figure A2 - 14 – Largeur du faisceau est importante pour une détection plus basse et vers le sol du temps peu violent

Anglais	Français
0.6° beam	Faisceau de 0,6°
0.3° elev angle	Angle de site de 0,3°
1° beam	Faisceau de 1°
0.5° elev angle	Angle de site de 0,5°
Height [km]	Hauteur [km]
Beam is full	Faisceau rempli
Shallow Weather 1 km height	Temps à basse altitude (1 km)
S-Band	Bande S
Range [km]	Distance [km]
C-Band	Bande C

## 5.9 Double polarisation

La génération actuelle de radars émet des ondes horizontalement polarisées. Les radars à double polarisation permettent d'ajouter des ondes à polarisation verticale. Ils ont été en développement pendant de nombreuses années, mais ce n'est que relativement récemment que leurs avantages ont pu être démontrés et que la technologie a été rendue disponible pour une utilisation dans un environnement opérationnel. Cette avancée technologique est basée sur le développement de l'émission et de la réception simultanées d'ondes électromagnétiques. Cette technique élimine la nécessité d'un commutateur rapide (chaque milliseconde) de haute puissance, qui avait tendance à tomber en panne. Elle a également réduit les coûts d'investissement de façon significative. La recherche effectuée sur le radar de King City a démontré les avantages de la double polarisation. Le mérite scientifique de cette avancée dans le contexte canadien et en ce qui concerne EC a été accepté et approuvé par le Comité consultatif sur le transfert de technologie. Parmi les avantages, on peut mentionner

l'amélioration de la qualité des données, la capacité de classification des particules et une meilleure estimation quantitative des précipitations. Les radars de pointe possèdent cette capacité.

La figure A2–15 montre un diagramme des paramètres de polarisation. Les paramètres de double polarisation sont sensibles à la dimension et à la forme des grosses particules, et plus la longueur d'onde est petite, plus la sensibilité du radar est grande.

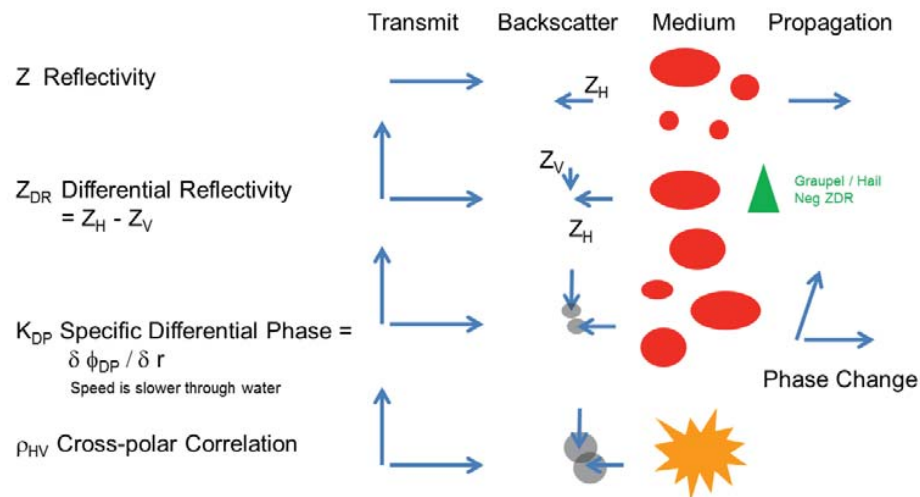


Figure A2 - 15 – Paramètres de double polarisation. Certains paramètres sont liés à la rétrodiffusion de la cible ( $Z$ ,  $Z_{DR}$ ), certains dépendent du trajet de propagation ( $\phi_{DP}$ ) et d'autres sont indépendants ( $K_{DP}$ ) de l'étalonnage du système et de l'atténuation de calibration et d'atténuation, tandis que certains sont affectés par la non-uniformité de la distribution des particules ( $\rho_{HV}$ ).

Anglais	Français
Transmit	Émission
Backscatter	Écho
Medium	Milieu
Propagation	Propagation
$Z_{DR}$ Differential Reflectivity	Réflectivité différentielle $Z_{DR}$
Graupel Hall Neg ZDR	Neige roulée/grêle $Z_{DR}$ négatif
$K_{DP}$ Specific Differential Phase = $\delta\phi_{DP}/\delta r$ Speed is slower trough water	Phase différentielle spécifique $K_{DR}$ = $\delta\phi_{DP}/\delta r$ Les ondes de propage moins vite dans l'eau
$\rho_{HV}$ Cross-polar Correlation	Corrélation en polarisation croisée $\rho_{HV}$
Phase Change	Déphasage

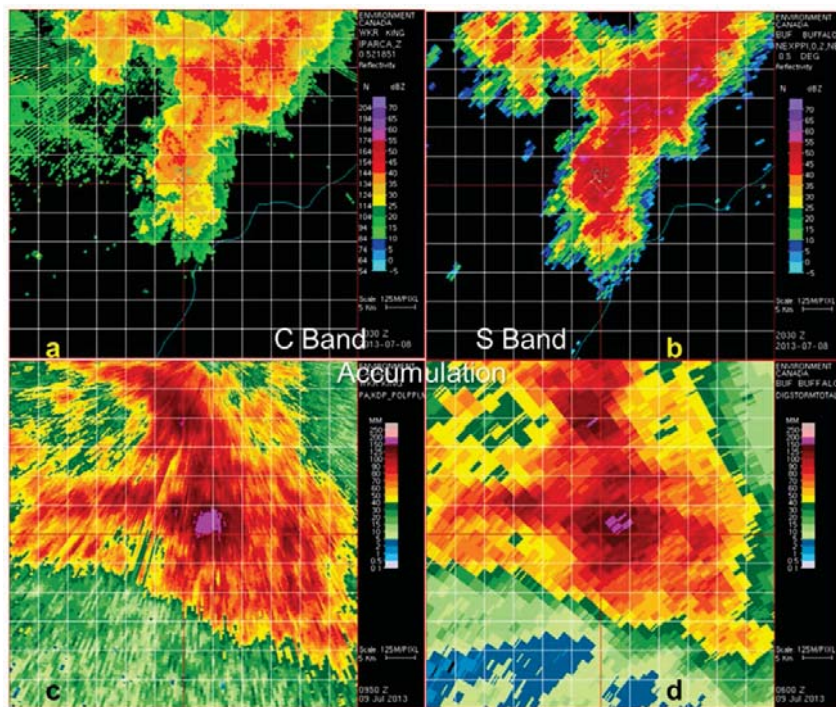
## 5.10 Atténuation, EPQ et double polarisation

L'atténuation dépend de plusieurs facteurs : taille et masse de la cible et type de cible. La neige, les particules de glace ou les grêlons peuvent atteindre des tailles plus grandes que les gouttes de pluie. Ils deviennent mouillés lorsqu'ils commencent à fondre et provoquent une forte augmentation de la réflectivité, et par conséquent, des propriétés d'atténuation. Cela peut fausser les estimations de précipitations.

L'atténuation en bande C est 4 fois supérieure à celle en bande S. Dans le cas de fortes pluies et de grêle, l'atténuation et la diffusion de Mie (voir la section précédente sur la résonance) sont devenues un problème critique pour les radars en bande C. Cependant, les radars à double polarisation peuvent surmonter les problèmes d'atténuation, de remplissage partiel du faisceau et de blocage partiel du faisceau.

Dans l'exemple illustré dans la figure A2-16, un système de précipitations qui a causé des inondations localisées a été observé par un radar en bande C et un radar en bande S. Le radar en bande C (King City avec un faisceau de  $0,65^\circ$ ) était situé à environ 40 km de l'inondation, tandis que le radar en bande S (Buffalo avec un faisceau de  $1^\circ$ ) était à environ 100 km. Les images (a) et (b) de la figure A2-16 montrent le faible niveau de réflectivité des deux radars. Les lignes rouges de la grille indiquent l'emplacement d'un pluviomètre (figure suivante). Les données provenant du radar en bande C sont atténuées par rapport à celles du radar en bande S (l'image B est plus intense que l'image A). Pendant l'événement, le radôme du radar en bande C a été mouillé, ce qui a fortement atténué le signal. Les images (c) et (d) de la figure illustrent les accumulations estimées par le produit d'estimation des précipitations à double polarisation de chaque radar pour la durée de l'évènement, soit 8 heures (voir la figure A2-17). La différence de résolution est évidente, mais les motifs d'accumulation sont très similaires.





**Figure A2 -16 – Exemple de comparaison entre la bande S et la bande C pour une inondation à Toronto le 8 juillet 2013. Avec l'aimable autorisation de Sudesh Boodoo d'Environnement Canada.**

La figure A2-17 illustre un météogramme de la pluie accumulée dans un pluviomètre (ligne jaune avec symboles) et des estimations radars, trois en bande C (C1, C2, C3) et deux en bande S (S1, S2), de l'accumulation de précipitation sur la base des figures précédentes (intersection des lignes rouges de la grille). Les lignes du bas (C1) et du haut (S1) sont les accumulations obtenues de façon traditionnelle en convertissant simplement la réflectivité en taux de pluie ( $Z = 300 R^{1,4}$ ) pour le radar King City en bande C (40 km du pluviomètre) et du radar Buffalo en bande S (100 km du pluviomètre). Les deux radars sont bien étalonnés et le seul traitement appliqué aux données est un filtre Doppler antifouillis. La ligne  $Z_{AC-R}$  (C2) est une réflectivité corrigée en atténuation ( $Z_{DR}$  seulement), convertie au taux de pluie et accumulée. Les lignes pointillées (S2) et bleu foncé (C3) sont les estimations de précipitations obtenues à l'aide d'un mélange de techniques à double polarisation provenant du radar en bande S (S2) et de la technique  $K_{DP-R}$  pour le radar en bande C (C3), respectivement. Les résultats du radar amélioré de Buffalo en bande S sont attribués à la suppression de la grêle à l'aide de la technique de classification de particules à double polarisation. De la grêle a été observée au cours de cette tempête à l'aéroport de Toronto.



La technique  $K_{DP}$ , qui est insensible à l'atténuation, au blocage partiel du faisceau et au remplissage partiel du faisceau, permet d'améliorer les estimations provenant du radar en bande C de King City. Dans cet exemple, elle illustre l'impact potentiel de la double polarisation sur l'utilisation quantitative aussi bien des radars en bande S qu'en bande C. Il reste à démontrer que ces résultats peuvent être généralisés et appliqués à toute situation opérationnelle partout au Canada. L'exemple illustre également l'impact plus important de la double polarisation sur les radars en bande C que sur les radars en bande S.

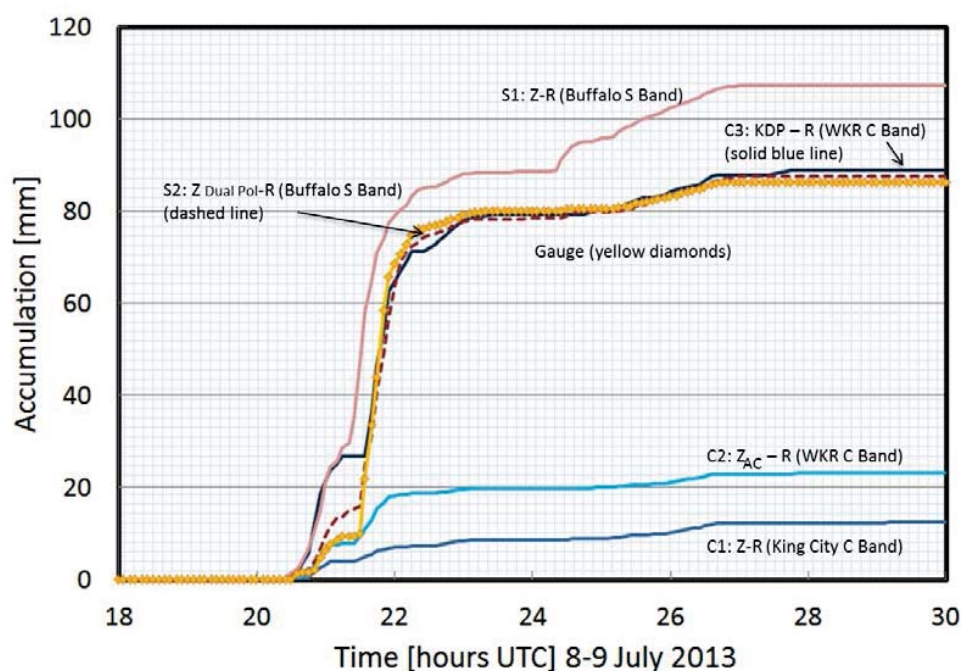
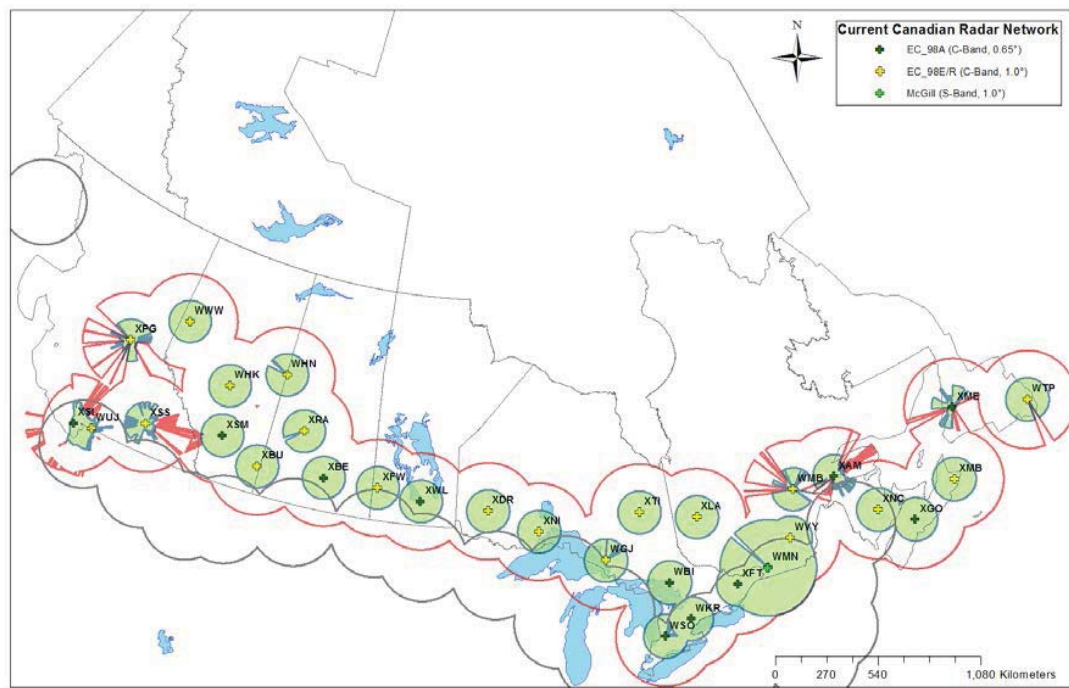


Figure A2 - 17 – Météogramme de la pluie accumulée dans un pluviomètre (ligne jaune avec symboles) et des estimations radars, trois en bande C (C1, C2, C3) et deux en bande S (S1, S2), de l'accumulation de précipitation sur la base de la figure 21 (intersection des lignes rouges de la grille).

Anglais	Français
Accumulation [mm]	Accumulation [mm]
S2 : Z Dual-Pol-R (Buffalo S Band) (dashed line)	S2 : Z double polarisation-R (bande S, Buffalo) (ligne pointillée)
S1 : Z-R (Buffalo S Band)	S1 : Z-R (bande S, Buffalo)
C3 KDP – R (WKR C Band) (solid blue line)	C3 : $K_{DP}$ -R (bande C, WKR) (ligne pleine bleue)
Gauge (yellow diamonds)	Pluviomètre (losanges jaunes)
C2 : $Z_{AC}$ – R (WKR C Band)	C2 : $Z_{AC}$ -R (bande C, WKR)
C1 : Z-R (King City C Band)	C1 : Z-R (bande C, King City)
Time [hours UTC] 8-9 July 2013	Heure [UTC], 8 et 9 juillet 2013



## Annexe B – Processus d’engagement de l’industrie

### 1. Engagement de l’industrie

Le processus d’engagement de l’industrie commence avec la lettre d’intention (LI) initiale et se termine lorsqu’une demande de propositions (DP) officielle ou un autre processus concurrentiel est publié sur le Service électronique d’appels d’offres du gouvernement (SEAOG), ou lorsque le GC informe les participants que le processus d’engagement est terminé. Ce processus peut comprendre les activités suivantes :

1. Lettre d’intention (LI)
2. Journée de l’industrie (cyberconférence)
3. Rencontres individuelles avec les fournisseurs intéressés
4. Demande de proposition provisoire (DP provisoire), comprenant un Énoncé des travaux (EDT)

Seules les personnes inscrites pourront participer au processus d’engagement. Pour s’inscrire, elles doivent remplir et signer les modalités du processus d’engagement de l’**Annexe D – Processus d’engagement de l’industrie (Formulaire mandataire)**, puis les présenter à l’autorité contractante de TPSGC désignée dans la présente.

#### **Phase 1 – Premier contact avec l’industrie – Lettre d’intention (LI)**

Cette LI est affichée sur le SEAOG afin de déterminer l’intérêt des entreprises à participer au processus d’engagement. Les entreprises auront alors l’occasion de transmettre à TPSGC des renseignements sur le marché actuel, les technologies disponibles et les capacités des fournisseurs.

#### **Phase 2 – Journée de l’industrie**

La journée de l’industrie (rencontre par cyberconférence) vise à présenter aux représentants de l’industrie des renseignements sur le Réseau canadien de radars météorologiques (RCRM), un aperçu de l’état actuel ainsi que les objectifs futurs du processus de consultation. Cette journée de l’industrie sera établie seulement en forme d’une rencontre par cyberconférence compte tenue de la distribution géographique des participants. La cyberconférence permettra au gouvernement du Canada de faire connaître ses besoins généraux à un haut niveau et à l’industrie de poser des questions et de recueillir des renseignements afin de bien comprendre les besoins opérationnels du GC.

L’industrie est invitée à nous faire part des sujets dont elle aimerait discuter lors de son inscription à la journée de l’industrie. Le GC fera les efforts nécessaires pour tenir compte de vos demandes lors dans le programme de la journée. De multiples journées de l’industrie peuvent être organisées en fonction des renseignements recueillis auprès de l’industrie.

Le programme de la journée de l’industrie sera le suivant :

1. Mot de bienvenue
2. Processus d’approvisionnement – Approche pour l’engagement
3. Aperçu stratégique du Programme national de radars
4. Prochaines étapes
5. Période de questions et réponses

Documents fournis aux participants à la journée de l’industrie :

1. Programme

2. Exemplaires du matériel de présentation (après les présentations)

### **Phase 3 – Rencontres individuelles avec les fournisseurs**

Des rencontres individuelles seront tenues après la journée de l'industrie. On prévoit que les représentants de l'industrie devront fournir par écrit à l'autorité contractante désignée de courtes réponses écrites (courts paragraphes ou points centrés) à un questionnaire prévu qui serait remis avant les rencontres individuelles.

### **Phase 4 – Demande de proposition provisoire (DP provisoire)**

Une DP provisoire sera transmise à l'industrie afin de préciser davantage les exigences en abordant les préoccupations de l'industrie et en tenant compte de ses recommandations.

### **Phase 5 – Demande de proposition finale (DP finale)**

Une DP finale sera transmise à l'industrie. On suivra un processus standardisé de questions et de réponses. La consultation active de l'industrie au cours du processus d'engagement devrait permettre de réduire le nombre de questions et de préoccupations.

## **2. Processus d'inscription à la journée de l'industrie et aux rencontres individuelles**

Les fournisseurs intéressés sont encouragés à s'inscrire à la journée de l'industrie et aux rencontres individuelles **avant 8 heures du matin, heure avancée de l'est le 15 septembre 2014** en présentant à l'autorité contractante de TPSGC désignée dans la présente, un exemplaire signé de l'**Annexe D – Règles du processus d'engagement** pour chaque personne qui choisit de participer.

Au moment de l'inscription, les fournisseurs participants pourront inscrire leurs préférences quant à la date et l'heure de la rencontre individuelle dont le GC fera de son mieux pour en tenir compte. Les représentants de l'industrie qui viennent de loin auront la priorité pour que leur rencontre individuelle ait lieu le plus tôt possible au cours de la période allant du 23 septembre 2014 au 10 octobre 2014. Veuillez consulter l'**Annexe C – Horaire de la journée de l'industrie et des rencontres individuelles** pour plus de détails. Avant la journée de l'industrie, l'autorité contractante communiquera avec les fournisseurs participants pour leur faire part de :

1. l'emplacement où se tiendra la journée de l'industrie dans la région de l'Ontario (Toronto, Ontario);
2. la date, l'heure et l'emplacement de leur rencontre individuelle.

## **3. Présentation de renseignements avant la journée de l'industrie**

Les fournisseurs peuvent soumettre des commentaires ou des questions avant la tenue de la journée de l'industrie et des rencontres individuelles. Ces renseignements doivent parvenir à l'autorité contractante au plus tard 8 heures du matin, heure avancée de l'est le 15 septembre 2014.

## **4. Remarques à l'intention des fournisseurs intéressés**

La présente ne constitue pas un appel d'offres et ne donnera pas lieu à un contrat.

Il convient de préciser que toute information transmise au GC en réponse au présent avis d'engagement de l'industrie pourra être utilisée par ce dernier pour la préparation d'une DP concurrentielle. En revanche, le gouvernement n'est pas tenu de donner suite à quelque déclaration d'intérêt que ce soit ni d'en tenir compte dans aucun document connexe, notamment une DP.

La publication du présent avis d'engagement de l'industrie ne doit pas être considérée comme une obligation de la part du Canada de publier ultérieurement une DP, ni un engagement juridique ou d'autre nature, de ce dernier, de conclure une entente ou d'accepter toutes suggestions soumises par diverses entreprises.

Aucune liste de fournisseurs admissibles en vue de la réalisation de travaux ultérieurs ne sera établie à la suite du présent avis d'engagement de l'industrie. De même, la participation au processus

d'engagement de l'industrie ne constitue pas une exigence ni une condition préalable à la participation à toute DP ultérieure. Les représentants de l'industrie qui ne participent pas ou qui quittent pendant le présent processus restent éligible à soumettre une offre en réponse à une DP ultérieure ou à d'autres processus compétitives reliées aux exigences.

Les fournisseurs prenant part au présent processus d'engagement de l'industrie qui soumettent des renseignements devant être considérés comme confidentiels ou exclusifs doivent les signaler comme tels.

Les médias ne pourront participer aux rencontres individuelles ni aux séances d'engagement.

Un surveillant de l'équité participera à la totalité du processus d'engagement.

Toute demande de renseignements ou toute autre communication liée au processus d'engagement de l'industrie devra être adressée exclusivement à l'autorité contractante de TPSGC par courriel. Les fournisseurs qui ont l'intention de prendre part au processus d'engagement de l'industrie doivent le faire savoir à l'autorité contractante de manière à être informés de tout changement apporté à l'avis qui peut se produire lors de l'affichage sur le SEAOG.

## **5. Communication avec l'industrie**

Le GC consignera par écrit toutes les préoccupations, les questions et les suggestions de l'industrie, de même que leurs réponses. Pendant le processus d'engagement, l'autorité contractante de TPSGC peut choisir de communiquer avec les représentants de l'industrie inscrits par courriel plutôt que d'afficher d'autres avis sur le SEAOG. Pour assurer l'équité, la transparence et l'intégrité du processus, TPSGC transmettra les renseignements découlant du processus à l'industrie (excluant les renseignements désignés exclusifs ou confidentiels).

## **6. Autorité contractante de TPSGC**

### **Long Pan**

Chef d'équipe d'approvisionnement  
Travaux publics et Services gouvernementaux Canada  
Approvisionnements – Région de l'Ontario  
Tél. : (001) 905-615-2076  
Courriel : [long.pan@tpsgc-pwgsc.gc.ca](mailto:long.pan@tpsgc-pwgsc.gc.ca)

## Annexe C – Horaire de la Journée de l'industrie et des rencontres individuelles

Lancement de la lettre d'intention : **7 août 2014**

Date limite d'inscription : 8 heures du matin, heure avancée de l'est **15 septembre 2014**

Journée de l'industrie : **18 septembre 2014**

Rencontres individuelles : **du 23 septembre 2014 au 10 octobre 2014** (jours ouvrables seulement).

Le GC apprécie votre participation à ce processus et veut s'assurer de vous offrir assez de temps lors des rencontres individuelles en vous proposant un horaire de rencontre variable entre 8 h et 20 h, heure normale de l'Est, durant les jours ouvrables, entre le 23 septembre 2014 et le 10 octobre 2014. Le GC fera les efforts nécessaires pour accommoder vos demandes en fonction de la disponibilité (heures et dates) et de la distance. Un représentant du GC communiquera avec vous, au moins une semaine avant la journée de l'industrie, pour confirmer votre horaire et l'emplacement de la rencontre, discuter de vos besoins particuliers, confirmer le support technique disponible sur le site et vous appuyer dans votre planification.

L'inscription à la journée de l'industrie ou aux rencontres individuelles doit se faire par courriel avec l'autorité contractante Long Pan, à [long.pan@tpsgc-pwgsc.gc.ca](mailto:long.pan@tpsgc-pwgsc.gc.ca), et inclure les renseignements suivants :

- votre disponibilité pour les rencontres individuelles;
- le nombre de personnes qui participeront à la journée de l'industrie et/ou à la ou aux rencontres individuelles;
- le nom et le titre de chaque participant;
- l'adresse courriel et le numéro de téléphone d'une personne ressource;
- un exemplaire signé de l'annexe E.

### **Remarque**

Les directives concernant la cyberconférence et l'ordre de jour seront fournies aux fournisseurs inscrits.

## **Annexe D – Règle du processus d'engagement (formulaire obligatoire)**

L'un des principes fondamentaux de l'engagement de l'industrie est que celui-ci doit être mené suivant les critères les plus rigoureux de justice et d'équité entre toutes les parties. Nulle personne ou organisation ne doit recevoir ni sembler avoir reçu un quelconque avantage inhabituel ou injuste par rapport aux autres.

Dans le cadre du processus d'engagement de l'industrie, le gouvernement du Canada (GC) fournit de l'information à tous les participants qui ont accepté les modalités du processus d'engagement de l'industrie et signé le document connexe (« participants »). Ce processus commence par la lettre d'intention (LI) et se termine par la publication d'une DP officielle dans le Service électronique d'appels d'offres du gouvernement (SEAOG) ou quand le GC informe les participants que le processus d'engagement est terminé (« processus »).

Le GC ne divulguera pas de renseignements exclusifs ni de renseignements délicats sur le plan commercial concernant un fournisseur participant aux autres fournisseurs participants ni à des tiers, sauf dans la mesure qui est prévue par la loi.

### **MODALITÉS**

Les modalités qui suivent s'appliquent au processus. Afin de favoriser le dialogue, les participants conviennent de ce qui suit :

- Ils doivent discuter des différents points de vue concernant le projet de modernisation du Réseau canadien de radars météorologiques et fournir des solutions positives aux problèmes soulevés. Tous les participants devraient avoir l'occasion de faire part de leurs idées et suggestions.
- Ils doivent autoriser le GC à enregistrer ou à prendre des notes lors des rencontres individuelles ou des séances de journée de l'industrie, car une clarification d'information peut être jugée nécessaire.
- Ils NE doivent PAS révéler aux MÉDIAS ni aux JOURNAUX l'information sur les exigences pendant le processus d'engagement. Toutes les questions des médias relatives aux exigences de remplacement des radars d'EC doivent être obtenues auprès des Relations avec les médias d'Environnement Canada, au 819-934-8008.
- Ils doivent présenter leurs demandes de renseignements ou commentaires aux représentants autorisés du GC seulement, comme il est mentionné dans les avis publiés périodiquement par l'autorité contractante.
- Le GC n'est pas tenu de publier quelque demande de propositions (DP) que ce soit ni d'attribuer un quelconque contrat pour le projet de modernisation du Réseau canadien de radars météorologiques.
- Les modalités de la DP, si elle est publiée, sont laissées à la discrétion absolue du GC.
- Le GC ne remboursera pas les frais engagés par toute personne ou entité pour participer à ce processus.
- Toutes les demandes de renseignements concernant l'approvisionnement pour la solution doivent être adressées à l'autorité contractante.
- La participation n'est pas obligatoire. Les soumissionnaires qui ne participent pas au processus pourront présenter une soumission.
- L'ébauche de la DP pourra être publiée sur le SEAOG pour recueillir les commentaires de l'industrie.



- Les participants qui refusent les modalités ou qui omettent de les signer seront exclus du processus d'engagement.
- Toute information transmise au GC dans le cadre du processus pourra lui servir pour l'élaboration d'une DP concurrentielle. En revanche, le gouvernement n'est pas tenu de donner suite à quelque déclaration d'intérêt que ce soit ni d'en tenir compte dans aucun document connexe, notamment une DP.
- Le GC peut divulguer les noms des fournisseurs participants qui choisissent de prendre part au processus.
- D'autres participants peuvent prendre part au processus à tout moment.
- Pour sortir des impasses, tout au long de la consultation, le processus de règlement des différends décrit ci-dessous doit être suivi.

## **PROCESSUS DE RÈGLEMENT DES DIFFÉRENDS**

1. Dans le cadre de discussions officielles et de bonne foi, chaque partie doit faire tous les efforts raisonnables pour régler les différends, controverses ou réclamations découlant du processus d'engagement de l'industrie ou liés d'une quelconque façon à celui-ci.
2. Tout différend entre les parties découlant du processus d'engagement de l'industrie ou lié d'une quelconque façon à celui-ci doit être réglé suivant la démarche décrite ci-dessous :
  - a. Tout différend doit d'abord être soumis au représentant du fournisseur participant et au gestionnaire de TPSGC responsable de l'engagement de l'industrie. Les parties auront trois (3) jours ouvrables pour tenter de régler le différend.
  - b. Dans le cas où les représentants des parties précisées au paragraphe 2.a. ci-dessus ne sont pas en mesure de régler le différend, celui-ci doit être soumis au directeur de projet du fournisseur participant et au directeur général de la direction responsable de la gestion du processus d'engagement de l'industrie à TPSGC. Les parties auront trois (3) jours ouvrables pour tenter de régler le différend.
  - c. Dans le cas où les représentants des parties précisées au paragraphe 2.b. ci-dessus ne sont pas en mesure de régler le différend, celui-ci doit être soumis au président-directeur général du fournisseur participant et au sous-ministre adjoint de la direction responsable de la gestion du processus d'engagement de l'industrie à TPSGC, qui auront cinq (5) jours ouvrables pour tenter de régler le différend.
  - d. Si les représentants des parties indiqués au paragraphe 2.c ci-dessus ne sont pas en mesure de régler le différend, l'autorité contractante doit, dans les cinq (5) jours ouvrables, rendre une décision écrite qui doit comprendre une description détaillée du différend et les motifs qui justifient cette décision. L'autorité contractante doit transmettre une copie signée de cette décision au fournisseur participant.



En signant le présent document, le participant déclare avoir les pleins pouvoirs pour lier le fournisseur participant mentionné ci-dessous et accepter en son nom et au nom de l'entreprise d'être lié aux modalités énoncées dans le présent document.

**Nom du fournisseur**

**participant :**

\_\_\_\_\_

**Nom et signature de la**

**personne :**

\_\_\_\_\_

**Téléphone :**

\_\_\_\_\_

**Courriel :**

\_\_\_\_\_