



CENTRE CANADIEN DE TÉLÉDÉTECTION
Secteur des levés, de la
cartographie et de la télédétection

Programme de Développement
de Données Radar

Compte rendu de l'atelier PDDR

Gananoque, 26-28 janvier 1993

This document was produced
by scanning the original publication.

Ce document est le produit d'une
numérisation par balayage
de la publication originale.



Énergie, Mines et
Ressources Canada

Energy, Mines and
Resources Canada

Canada

Programme de Développement
de Données Radar

Compte rendu de l'atelier PDDR

Gananoque, 26-28 janvier 1993

Centre canadien de télédétection
Secteur des levés, de la cartographie et de la télédétection
Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources

Publié par :

**Centre canadien de télédétection
Énergie, Mines et Ressources Canada
588, rue Booth, 4^e étage
Ottawa, Ontario, Canada
K1A 0Y7**

Coordination :

**Bureau des projets désignés
Centre canadien de télédétection
ÉMR Canada**

Service de soutien, texte et publication :

**AERDE Environmental Research
Halifax, Nouvelle-Écosse**

Also available in English

Table des matières

	Page
Avant-propos	iii
Introduction, <i>Leo Sayn-Wittgenstein</i>	1
Le Programme de développement de données radar prépare la mission RADARSAT, <i>Robert O'Neil</i>	9
Développement des applications PDDR, <i>Ronald J. Brown</i>	19
 Domaines d'application PDDR - Aperçus et recommandations	
Agriculture, <i>Ronald J. Brown</i>	19
Foresterie, <i>Francis J. Ahern</i>	39
Hydrologie, <i>Terry Pultz</i>	55
Géologie, <i>Vern Singhroy</i>	75
Glaces, <i>Michael Manore</i>	93
Océans, <i>Cathryn Bjerkelund</i>	109
 Présentations spéciales	
Traitement des données du RAS aéroporté - Statut actuel et nouveaux développements, <i>Laurence Gray</i>	125
Étalonnage géométrique d'images RAS, <i>Bert Guindon</i>	139
Étalonnage d'images RAS ERS-1, <i>Chuck Livingstone</i>	147
RADARSAT - Centre canadien de traitement des données et projets de produits, <i>David Lapp</i>	159
 Mot de la fin, <i>Robert O'Neil</i>	 171

Annexe 1 : Titres des affiches

Annexe 2 : Liste des participants

Avant-propos

Les participants au Programme de développement des données radar (PDDR) se sont réunis, du 26 au 28 janvier 1993, à Gananoque, en Ontario, pour la tenue du deuxième atelier annuel national, où ils ont discuté des activités en cours et de projets d'avenir. Comme son titre l'indique, cette publication présente la teneur de cet atelier de travail et souligne les sujets d'intérêt pour la communauté impliquée dans la recherche et les applications en télédétection au stade actuel d'avancement du projet RADARSAT.

Dans leur présentation respective, messieurs Leo Sayn-Wittgenstein, Robert O'Neil et Ronald Brown mettent en lumière les activités courantes du CCT, les préparatifs en vue du projet RADARSAT, et abordent le développement des applications RAS en rapport avec le PDDR.

Ensuite, les coordonnateurs du PDDR au CCT présentent un aperçu des travaux réalisés dans les domaines de l'agriculture, de la foresterie, de l'hydrologie, de la géologie, des glaces et des océans, et soumettent une série de recommandations émanant des débats entre les participants aux réunions en atelier.

Le programme de l'atelier de travail du PDDR s'est enrichi d'une série de présentations spéciales portant sur le RAS aéroporté du CCT, l'étalonnage des données RAS, le traitement des données RADARSAT et les projets de développement de produits.

La présente publication s'inspire de la volonté soutenue d'établir et de maintenir une bonne communication avec les organismes des secteurs universitaire, public et privé, intéressés par la recherche et par le développement d'applications dans le domaine de la télédétection.



Introduction

par

Leo Sayn-Wittgenstein

Directeur général

Centre canadien de télédétection / ÉMR Canada

But de cet atelier de travail

- Faire le point de la situation actuelle et arrêter les priorités pour les deux dernières années qui restent avant le lancement du satellite RADARSAT¹.
- Le PDDR doit prioriser les applications les plus prometteuses au plan de l'utilisation opérationnelle de RADARSAT.

Objectifs de RADARSAT²

1. Construire et exploiter un satellite doté d'un radar à antenne synthétique (RAS) et établir un centre canadien de contrôle de mission.
2. Fournir des données utiles pour la gestion des ressources et la sécurité maritime .
3. Commercialisation globale des données RADARSAT
4. Mettre les données RAS à la disposition des chercheurs, établir la carte du monde à l'aide de données radars stéréoscopiques et dresser la carte de l'Antarctique en deux saisons.

¹ Une emphase particulière est mise sur le développement d'applications prometteuses utilisant les données RADARSAT RAS.

² RADARSAT est un programme de 500 millions de dollars mis sur pied et approuvé par le gouvernement du Canada.

RADARSAT regroupe plusieurs partenaires

ASC

- Mise au point, lancement et exploitation du satellite
- Coordination du plan spatial à long terme

CCT

- Système au sol (réception des données, archivage et accès aux archives)
- Développement d'applications, soutien à l'acquisition de données du RAS aéroporté et recherche
- Assurer la liaison avec l'ensemble des utilisateurs³

Provinces

- Provinces canadiennes participantes
- Principaux utilisateurs des données

RSI

- Commercialisation des données RADARSAT
- Ententes internationales concernant la réception des données

³ Emphase sur les partenariats avec l'industrie

NASA

- Lancement du satellite et accès aux données

L'industrie de la télédétection, les entreprises à valeur ajoutée et le milieu universitaire participent aux applications et à la recherche

Environnement au CCT

- Le CCT promeut et démontre l'utilité des données de télédétection et assure la disponibilité des données et des méthodes d'utilisation.
- Le CCT, le SLCT et ÉMR ne sont que de petits utilisateurs de données.
- Contraintes financières à l'ASC et au CCT
- Réductions des services votés et pression pour le recouvrement des coûts à ÉMR
- L'ASC et le CCT ont défini leurs responsabilités respectives et fonctionnent en partenariat.
- Le CCT accroît son rôle au niveau des applications internationales et du développement de marchés⁴.
- Le temps s'écoule d'ici le lancement de RADARSAT.

⁴ Ceci implique tout le Secteur LCT de ÉMR Canada

Activités pertinentes au CCT

1. Soutien des opérations RADARSAT

- Participation significative aux études de conception et au développement de systèmes
- Planification et développement pour l'étalonnage de données RADARSAT
- Réception et archivage de données aux stations de réception terrestres canadiennes

2. Administration du Programme de développement de données radar

3. Participation au développement du plan spatial à long terme

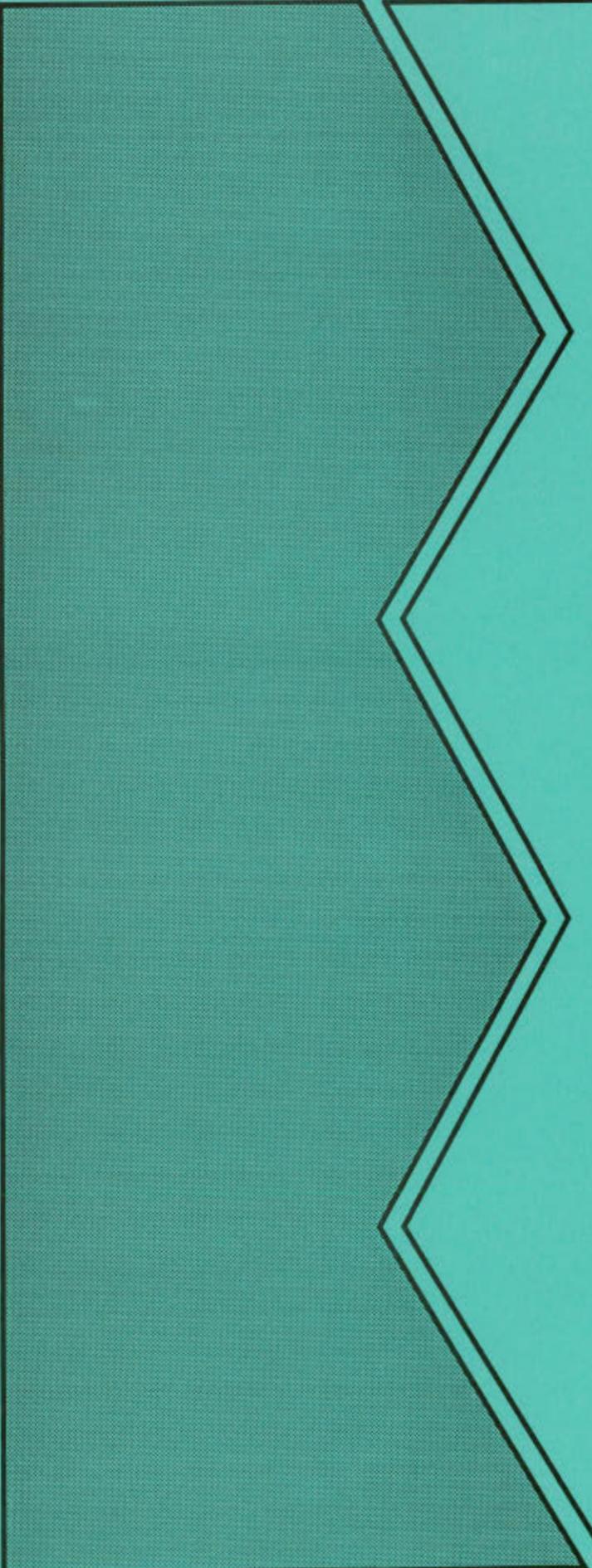
- Groupe de travail pour l'observation de la Terre :
 - Programme d'utilisation des données RADARSAT (PUDR)
 - Nouveaux systèmes d'exploitation de RADARSAT
- RADARSAT-1 et RADARSAT-2

4. Diriger et prendre part à des initiatives nouvelles

Initiatives du CCT pour l'immédiat

- GlobeSAR⁵ et achèvement de SAREX 92
- AO RADARSAT (Programme de validation de données RADARSAT)
 - International et scientifique : gestion NASA
 - Commerciale : gestion et soutien RSI
 - Canadienne : gestion du CCT et soutien du PSLT
- Restructuration des groupes de travail au sein du CCT. Le CCPN et les GT du CCT constituent l'interface avec la communauté d'utilisateurs. Les GT seront restructurés de manière à refléter les responsabilités concernant RADARSAT.
- Le CCT s'attend à ce que des priorités soigneusement définies émergent de cet atelier de travail.

⁵ D'importantes contributions financières devront provenir de sources autres que le budget du CCT pour permettre la mise en œuvre et la réalisation de ce projet.



**Le Programme de
Développement de Données
Radar Prépare la Mission
RADARSAT**

par

Robert O'Neil

Directeur, Bureau des projets désignés

Centre canadien de télédétection / ÉMR Canada

Principal objet de préoccupation pour la Communauté

- Utilisation efficace des données

- Les partenaires ont des perspectives différentes :
 - Bureau du projet RADARSAT (BPR) - générales, globales
 - RADARSAT International Inc. (RSI) - stations terrestres (frais de réception), ventes de données commerciales (redevances), services de traitement (au Canada), produits et services potentiels à valeur ajoutée.
 - CCT - la communauté canadienne
 - NASA/NOAA - projets internes (recherche et opérationnel)

Présentations faites par les coordonnateurs du PDDR

- État des choses dans chacune des disciplines au Canada
- Applications les plus prometteuses et utilisateurs réels probables
- Stratégies proposées pour promouvoir l'utilisation des données dès le début de la phase RADARSAT-1

Évolution d'une idée¹

→ recherche scientifique

→ développement d'applications

→ démonstrations

→ projet-pilote

→ exploitation

Tâches des ateliers parallèles

- Réviser les étapes spécifiques du projet proposé par le coordonnateur
- Recommander des changements
- Élaborer un plan pour que le travail soit réalisé dans des délais favorisant le succès dès la phase initiale du projet RADARSAT-1

¹ Ce modèle s'applique à l'utilisation des données RADARSAT .

Deux pierres de touche

Compétitivité²

- L'un des principaux objectifs du gouvernement du Canada est de contribuer à accroître la compétitivité de l'industrie canadienne.
- Maintenant un objectif de première importance pour ÉMR.
- Il serait difficile de justifier toute nouvelle activité aux yeux du public.

Revenus

- Les opérations RADARSAT sont financées à même les recettes que RSI verse à l'ASC.
- Les recettes proviennent des droits de licence des stations et des redevances sur les ventes de données.
- Aucun droit de licence n'est perçu des stations appartenant aux gouvernements canadien et américain.
- Aucune redevance n'est perçue pour l'utilisation de données par les gouvernements canadien et américain³.

² La question de la compétitivité est un aspect chaudement débattu qui doit être envisagé dans le contexte de la concurrence internationale.

³ Dans cette situation, les plus importants utilisateurs de RADARSAT ne sont source d'AUCUN revenu.

Le marché

Étapes dans l'utilisation des données RADARSAT

- Demande d'acquisition (les données sont mises en archives)
- Extraction des données des archives
- Conversion des données RAS en images (ex.: Station de réception de Gatineau)
- Livraison à l'entreprise à valeur ajoutée ou à l'utilisateur final (communications)
- Corrections radiométriques et géométriques
- Intégration à d'autres séries de données (systèmes de données ou d'informations)
- Analyse aux fins d'extraction de l'information
- Création de produits d'aide à la décision
- Paiement par l'utilisateur (investissement sous forme d'argent, de personnel, de systèmes ou de formation ...). La surveillance des glaces demeure la seule application opérationnelle.

Le marché (suite)

Utilisation des données (généralités)

- Les principaux clients seront les programmes émanant du gouvernement.
- Compréhension limitée des débouchés commerciaux pour les données RADARSAT et les services

Utilisation des données (Canada)

- Les applications RADARSAT concurrencent des infrastructures sophistiquées existantes
- Exception faite du Centre des glaces, les besoins initiaux du gouvernement canadien semblent peu importants.

Utilisation des données (É-U.)

- Très important programme de recherche sur les glaces (NASA), besoin opérationnel de données globales sur les glaces (NOAA), besoin opérationnel de données globales sur les régions côtières.
- La NASA et le NOAA pourraient fournir des données à d'autres utilisateurs reliés aux programmes américains (par ex. : organisation de programmes de surveillance des changements globaux par la NASA ou le NOAA, ce qui pourrait accroître considérablement la disponibilité des données RADARSAT pour la communauté de chercheurs par l'intermédiaire de SIDEOS.

Utilisation de données (international)

- Les données RADARSAT peuvent présenter un intérêt considérable là où les infrastructures sont peu importantes.
- Les données RADARSAT doivent être achetées ... acquisition difficile pour les pays en voie de développement.
- Important potentiel au niveau des programmes nationaux de surveillance des glaces.
- Intérêt pour la recherche en Europe.

Le marché (suite)

Technologie (matériel et logiciel)

- Le Canada est en train de développer des produits intéressants.
- L'intégration/fusion des données demeure difficile et ne donne pas la satisfaction attendue.
- Les Canadiens ne sont plus seuls sur le marché, des produits très sophistiqués sont maintenant disponibles auprès de fournisseurs américains et européens; la concurrence internationale devient féroce.
- Les Canadiens conservent l'avance dans les systèmes terrestres

Produits et services dérivés⁴

- Il existe peut-être un marché pour les services sophistiqués, pourvu que le client soit disposé à payer une prime pour les produits.
- Incertitude quant aux possibilités pour le secteur privé de fournir des services au gouvernement américain
- Faible probabilité d'accéder à des subventions de R-D à l'étranger à moins qu'une agence de développement internationale n'en soit la source.
- Les gouvernements étrangers et les blocs commerciaux (CEE, ALENA) donneront la préférence aux fournisseurs locaux pour leurs besoins opérationnels.

⁴ Peut-être le moment n'était-il pas encore venu pour que le secteur privé investisse dans la poursuite de débouchés commerciaux pour des produits et des services dérivés des données RADARSAT. D'ici au lancement, dans deux ans, on peut s'attendre à un accroissement des manifestations d'intérêt et des activités.

La communauté canadienne de télédétection

- Beaucoup de talent, de bonnes idées, un effort important consenti aux fondements scientifiques et à la compréhension des principes des applications potentielles.
- Certaines connaissances techniques ne sont pas encore utilisées (les universités de Sherbrooke et Laval livrent des solutions d'informations à des régions désertes)
- Ressources limitées pour développer des produits et des services qui continuent de satisfaire à la concurrence internationale
- La plupart des entreprises canadiennes sont de petite taille et desservent des marchés très spécialisés ou régionaux, sans bénéficier de ressources qui leur permettraient de commercialiser internationalement leurs produits ou services.⁵

Comment faire?

- Évaluer les besoins du client rigoureusement; calculer la probabilité de satisfaction de ses exigences et établir la capacité du client de payer à court terme pour une solution appropriée.
- Passer aux projets-pilotes et de démonstration avec la participation réelle de l'utilisateur.
- Développer la capacité du secteur privé d'offrir les produits et les services appropriés.
- S'assurer que les produits et les services peuvent être vendus ou mis en marché par des maîtres d'oeuvre dans le cas de projets de plus grande envergure.

⁵ Trois ou quatre entités canadiennes se distinguent remarquablement de l'ensemble de la communauté canadienne : Macdonald Dettwiler and Associates, le Groupe Intera, le Centre des glaces d'Environnement Canada et SPAR Aerospace. Les trois entreprises mentionnées sont d'envergure internationale. Au cours des pourparlers, il importe de savoir si l'une ou l'autre de celles-ci sont impliquées dans le projet. Dans le domaine des océans, certaines petites entreprises canadiennes ont pu trouver un marché extérieur pour leurs services. Certaines petites entreprises desservant le marché de la recherche ont connu du succès sur le plan international.

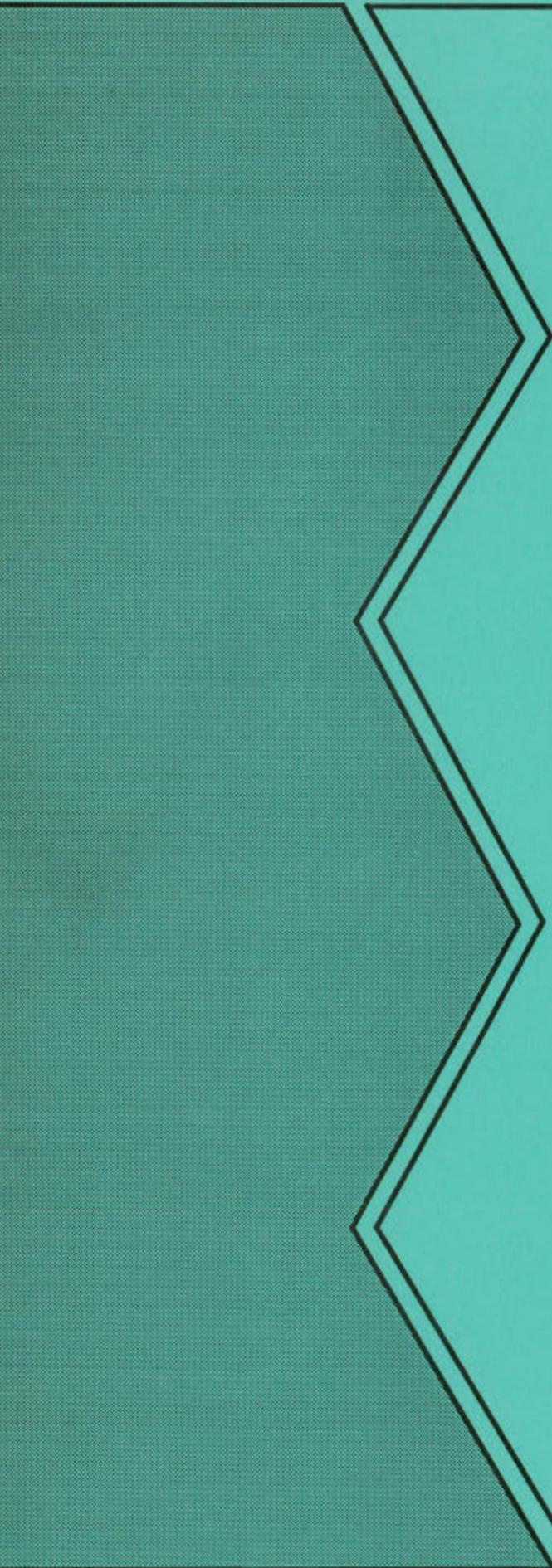
Importance du PDDR

Cinq (5) millions de dollars,

plus :

- Ressources du CCT (AP, \$, installations)
- Ressources des collaborateurs et des participants
- Capitalisations extérieures (p. ex. : PARI, WED, APECA, PPIMD, provincial, international, etc.)
- Soutien de RSI et de RAMP/ASC
- Programmes complémentaires (ERS-1 et JERS-1, AO, Programme d'évaluation des données RADARSAT⁶, GlobeSAR)

⁶ Dans sa forme actuelle, ce programme comporte trois composantes : un volet scientifique international qui doit être présenté comme une OA de la NASA, un volet commandité par RSI et visant le soutien du développement d'applications commerciales, et un dernier volet parrainé par l'ASC et le CCT pour fournir aux Canadiens de faibles volumes de données (de toutes les régions du globe) aux fins de recherche scientifique, de développement d'applications, de produits ou de marchés, etc.



**PDDR : Développement
d'applications**

et

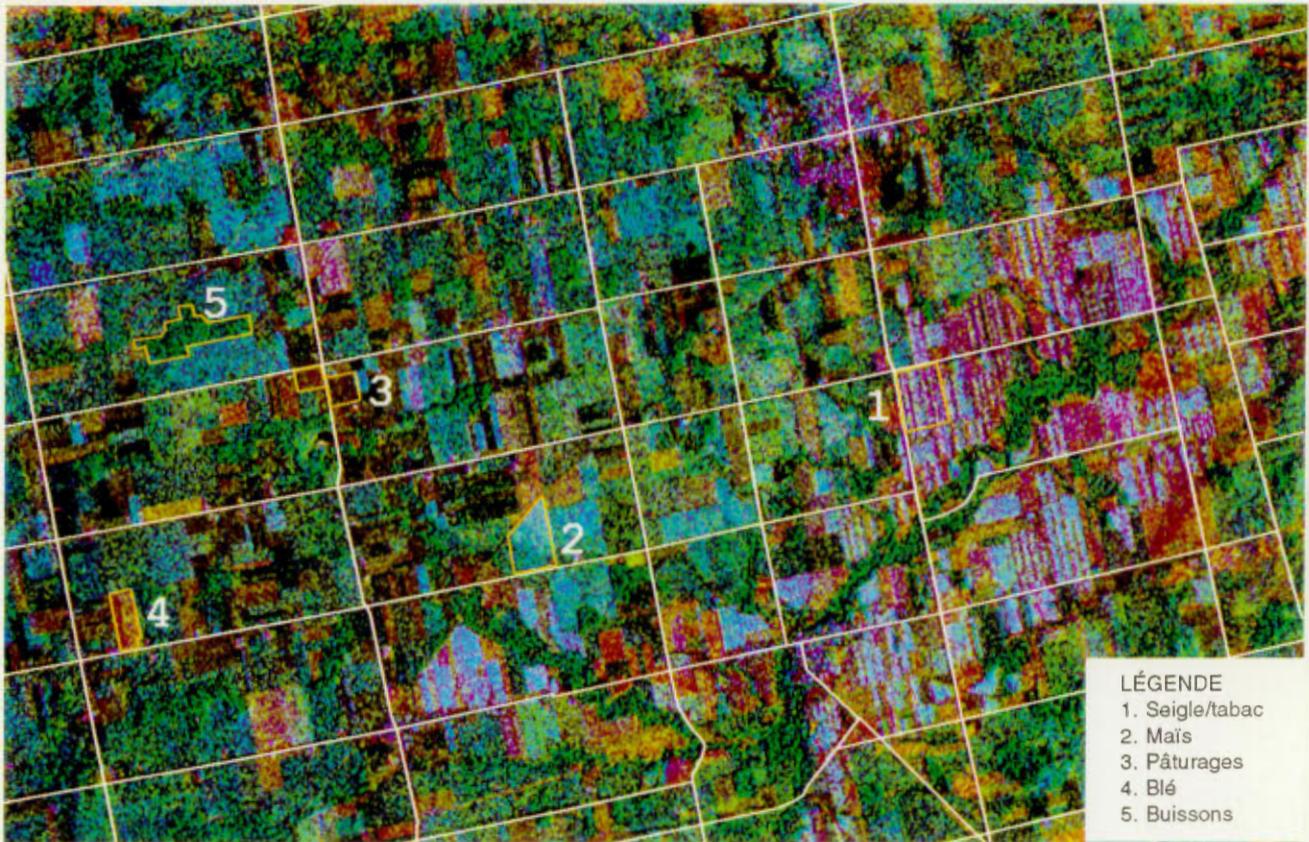
Agriculture - Un aperçu

par

Ronald J. Brown

Coordonnateur PDDR / Agriculture

Centre canadien de télédétection / ÉMR Canada



Comté d'Oxford (Ontario)

Image en couleurs d'une étendue à proximité de Norwich dans le comté d'Oxford tirée de la bande 3 du TM de Landsat (août 1992), représentée en rouge, du ERS-1 (août 1992), en vert et du ERS-1 (juillet 1992), en bleu. La région agricole et les types de couverts présentent des variations considérables. Il a été démontré à l'aide du ERS-1 que l'aspect multitemporel de l'imagerie RAS s'avère très précieux dans le cas des applications associées à la végétation (copyright ASE, 1992).

PDDR : Développement d'applications

Objectif global

- Développer et démontrer diverses utilisations des données de télédétection
- Aider à la mise en oeuvre de données de télédétection dans un environnement opérationnel

Objectif à court terme

- Développer des applications pour les données RADARSAT
- Développer des capacités en vue de la fourniture de produits d'information¹
- Intégration / synergie des données²

¹ Effort conjoint du CCT et de l'industrie

² Il faut reconnaître que les données RAS ne peuvent satisfaire qu'à certains besoins d'informations; d'autres sources de données de télédétection et SIG doivent également être examinées.

- Usage collectif³
- National / effort coopératif
 - Autres ministères fédéraux
 - Provinces
 - Universités⁴
 - Industrie
- Modèle de développement de bonnes applications
 - Développement d'objectifs nationaux
 - Programme-interne du CCT⁵
 - Projets conjoints avec les utilisateurs
 - Groupes de travail sur les applications
 - Accès à l'imagerie⁶
- Éléments
 - SIR-A, SIR-B, SEASAT
 - RAS aéroporté et diffusomètre
 - Diffusomètre au sol
 - Simulation de RAS spatioporté
 - ERS-1 / JERS-1
 - SIR-C
 - RADARSAT
- Problème complexe
 - Nécessité de construire sur base scientifique solide
- Développement international
 - Initiative de la forêt tropicale (IFT)
 - GlobeSAR
 - ESA / JERS / SIR-C AO
 - RADARSAT AO
 - Contacts

³ Le travail sur le projet ne débute qu'une fois les besoins clairement définis.

⁴ Les universités jouent un rôle important du fait que leur travail élargit la base scientifique soutenant l'effort de développement d'applications.

⁵ En conjonction avec les utilisateurs

⁶ Exemple choisi : le système de RAS C/X aéroporté du CCT peut être utilisé pour le développement d'applications à l'échelle du Canada et, dans le futur, pour les missions outre-mer.

Applications en agriculture

Besoins

- Utilisation du territoire
- Types et étendue des cultures
- Condition des récoltes
- Documentation
 - Tornades
 - Verse des récoltes
 - Effets du gel
- L'information fait partie d'un programme global plus vaste

Organismes clients

- Assureurs de récoltes
- Représentants agricoles locaux
- Entreprises
 - Intera Information Technologies Corp.
 - Terrain Resources Ltd.
 - Terrestrial and Aquatic Environmental Managers Ltd.
 - Devel-Tech Incorporation
- Agriculture Canada
- Commission canadienne du blé
- Statistique Canada
- Marché des produits de base
- Ministère de l'énergie et des ressources du Québec
- Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec

Organismes participants

- Ontario Provincial Remote Sensing Office
- Ontario Ministry of Food and Agriculture
- Universités de Guelph, de Sherbrooke, de Waterloo, Laval et d'Alberta
- Agriculture Canada
- Centre manitobain de télédétection
- Saskatchewan Research Council

Orientation

- Surveillance des pratiques de conservation des sols et mise en oeuvre de mesures correctives
- Détermination des zones de culture
 - Champ
 - Région
- Condition de la végétation⁷
 - Région
 - Locale (ERS-1)
- Composante nationale / internationale

⁷ La mise au point de méthodologies visant à améliorer les mesures de l'humidité des sols au moyen du RAS constituera un important volet du programme de recherche et développement au cours des cinq prochaines années.

Conservation des sols

- Préoccupation majeure sur les plans national et international
- Modèles d'érosion par le vent et par l'eau
- Données

- Couverture du sol⁸
- Permanentes / agricoles
- Céréales
- Oléagineux
- Résidus
- Pratiques de culture
- Topographie
- Types de sols

- Progrès significatifs : PDDR

Rapport entre la rugosité de la surface du sol et les classes de conservation

- 1988 : diffusomètre (Saskatchewan)
- 1990/1992 : RAS aéroporté (Alberta)
- 1991 : RAS aéroporté (Ontario)
- 1991 : RAS aéroporté (Québec)
- Synergie nécessaire des données RAS et VIR pour discrimination des pratiques de culture et des classes de résidus (le RAS n'informe que sur les pratiques de culture)

Classes de couvertures

- Céréales et graines oléagineuses facilement distinguées (VIR et RAS a/c)
- Vérification avec ERS-1

⁸ Par exemple, le RAS permet de différencier nettement les graines oléagineuses, les céréales et les jachères plus tôt dans la saison, avant que cela ne soit possible à l'aide de l'imagerie VIR.

- Développements à venir
 - Résolution des données du RAS spatioporté⁹
 - Moment de l'acquisition des données (saison)¹⁰

Zones de culture

- Région
 - Statistique Canada
 - Agriculture Canada
 - Offices de producteurs
 - Producteurs de produits de base
- Champ
 - Manitoba Crop Insurance Corporation
 - Saskatchewan Research Council
 - Centre manitobain de télédétection
 - Agriculture Canada

⁹ L'effet des variations des angles d'incidence en mode SCANSAR (fauchée de 500 km) doit être aussi être étudié.

¹⁰ Par exemple, les effets des chutes de neige sur la rétrodiffusion radar restent à étudier.

Zones de culture - Région

- Approche retenue du travail VIR
- Progrès significatifs : PDDR

Synergie entre données VIR/RAS

- 1988 (Saskatoon)

Données RAS multitemporelles

- 1983 (Melfort)
- 1988 (Melfort/Oxford)
- 1990 (I.P.-É.)

Effets environnementaux

- 1989 (Melfort)
- 1990 (Oxford)
- 1992 (Oxford/ERS-1)
- RAS spatioporté
- 1992 (Altona)¹¹

Effets diurnes

- 1989 (Melfort)
- MIMICS
- Diffusomètre

Angle d'incidence

- Diffusomètre
- 1992 (Altona)

Systèmes experts

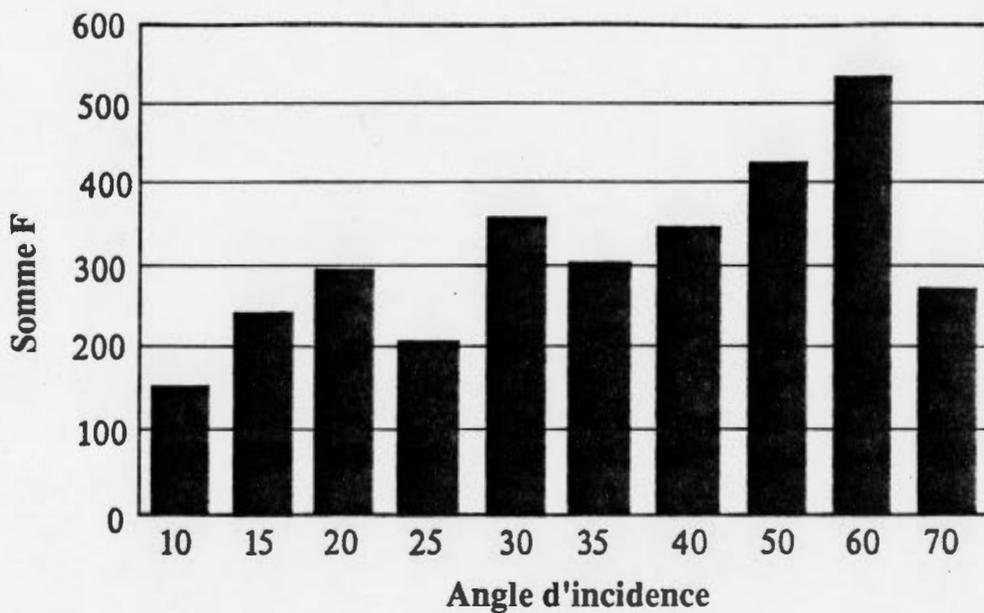
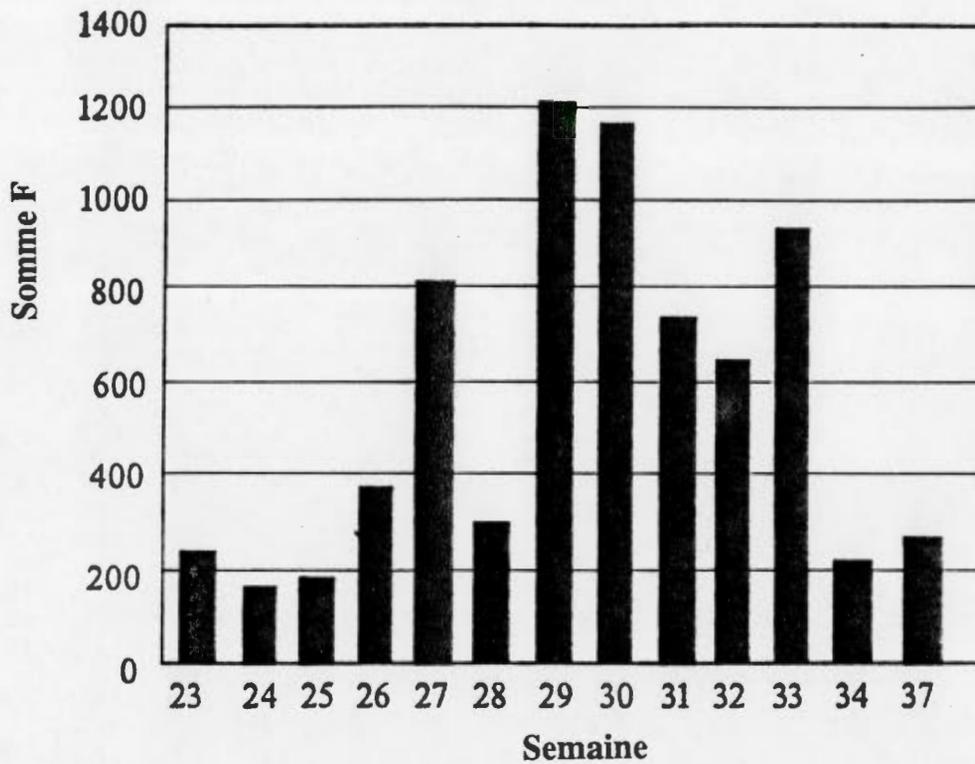
- Probabilité de rotation des cultures

Classification

- pixel/champ
- segmentation
- prétraitement

¹¹ Des résultats récents provenant du site-témoin d'Altona suggèrent que les données ERS-1 RAS (faible angle d'incidence) peuvent être utiles dans l'évaluation des conditions champ par champ (le type de culture étant connu).

CULTURES	DIVERGENCE	DIVERGENCE TRANSFORMÉE
lin-blé	0.55	0.13
lin-betterave à sucre	18.57	1.80
lin-canola	8.86	1.34
lin-tournesol	40.87	1.99
lin-maïs	7.09	1.18
blé-betterave à sucre	28.57	1.94
blé-canola	15.08	1.70
blé-tournesol	58.58	2.00
blé-maïs	12.56	1.58
betterave à sucre-canola	1.15	0.27
betterave à sucre-tournesol	2.17	0.48
betterave à sucre-maïs	1.96	0.44
canola-tournesol	6.86	1.15
canola-blé	0.09	0.02
maïs-tournesol	9.07	1.36



- Développements à venir
 - Angle d'incidence (SIR-C)
 - Projet-pilote (national)
 - Expansion internationale
 - Données multitemporelles / date unique

Zones de culture - Champ

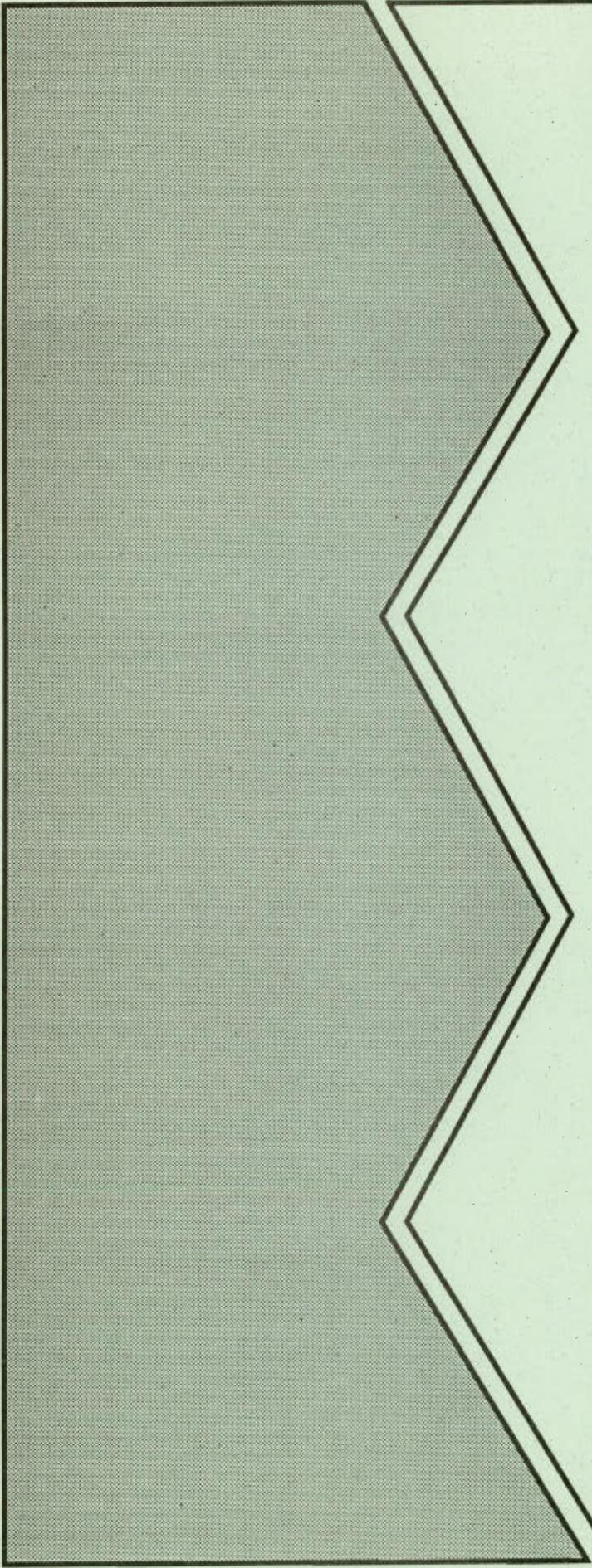
- Type de culture normalement connu
 - Superficie à 5 % près
 - Condition relative
- Développement depuis le début du PDDR
 - Régression
 - Division des pixels
 - Restriction possible à des types spécifiques
- Développements à venir
 - Modes / résolutions RADARSAT
 - Angles d'incidence RADARSAT
 - Zones endommagées

Condition de la végétation

- Observation directe de la végétation
- Humidité du sol
 - 1983 (Aperçu)
 - 1988 (Aperçu)
 - 1988-92 (diffusomètre)
 - 1990 (Oxford)
 - 1992 (Oxford)
- Progrès significatifs du PDDR
 - Humidité quantitative du sol / niveaux de rugosité
 - Modèles de corrélation de la zone racinaire
 - Corrélation rétrodiffusion et profondeur
- Développements à venir
 - Rugosité des modèles / humidité du sol
 - Évaluer la région de validité

Autres applications / Développements

- Habitat des canards / utilisation du sol
- Compression des données
- Terrains de parcours
- Salinité



Recommandations - Agriculture

Présenté par

Ronald J. Brown

Coordonnateur PDDR / Agriculture

Centre canadien de télédétection

International

- Vigoureux soutien en faveur de l'expansion vers le marché international
 - Conservation des sols
 - Limitation des désastres
- L'approche GlobeSAR favoriserait la promotion de la technologie et de la compétence canadiennes¹²
- Examen des contrats existants sur l'utilisation des données du RAS (universités) : utilisation d'autres compétences techniques au Canada¹³
- Soutien accordé à la suggestion de créer un compendium des "signatures" RAS¹⁴

Conservation des sols

- Développement des applications importantes
- Informations requises aux plans national et international
- Rôle important du RAS : contenu informationnel unique
- Intérêt suscité : Nouveau-Brunswick, Québec, Ontario, Manitoba et Alberta
- Nécessité de tenir un atelier national sur le sujet
 - Déterminer les besoins régionaux et internationaux
 - Coordonner les activités à l'échelle du pays¹⁵

¹² Le soutien est nécessaire non seulement pour l'acquisition de données RAS, mais aussi pour les phases ultérieures de traitement et d'analyse.

¹³ Ex. : universités, autres ministères et industrie.

¹⁴ Ce compendium contiendrait des images RAS de divers types de couvertures de sol, des informations sur la phénologie des plantes, ainsi que des informations sur le site, comme des photographies illustrant les conditions du sol.

¹⁵ Faire porter l'emphase sur l'ensemble du programme plutôt que sur le seul aspect de la télédétection.

Détermination des zones de culture et des types de couvertures

- Important (notamment au niveau local)
- Soutien nécessaire

Humidité des sols

- Nécessité d'augmenter l'emphase sur l'humidité des sols
 - Marché important
 - Autres applications (plans d'irrigation et surveillance de l'utilisation de l'eau)
 - L'approche par phases de développement favorise l'utilisation des données RADARSAT tôt dans le programme
 - Projet-pilote d'utilisation d'imagerie RAS pour la mise à jour de cartes de précipitations en 1994
 - Données RADARSAT (multi-incidence) pour éliminer la rugosité du sol

Autres

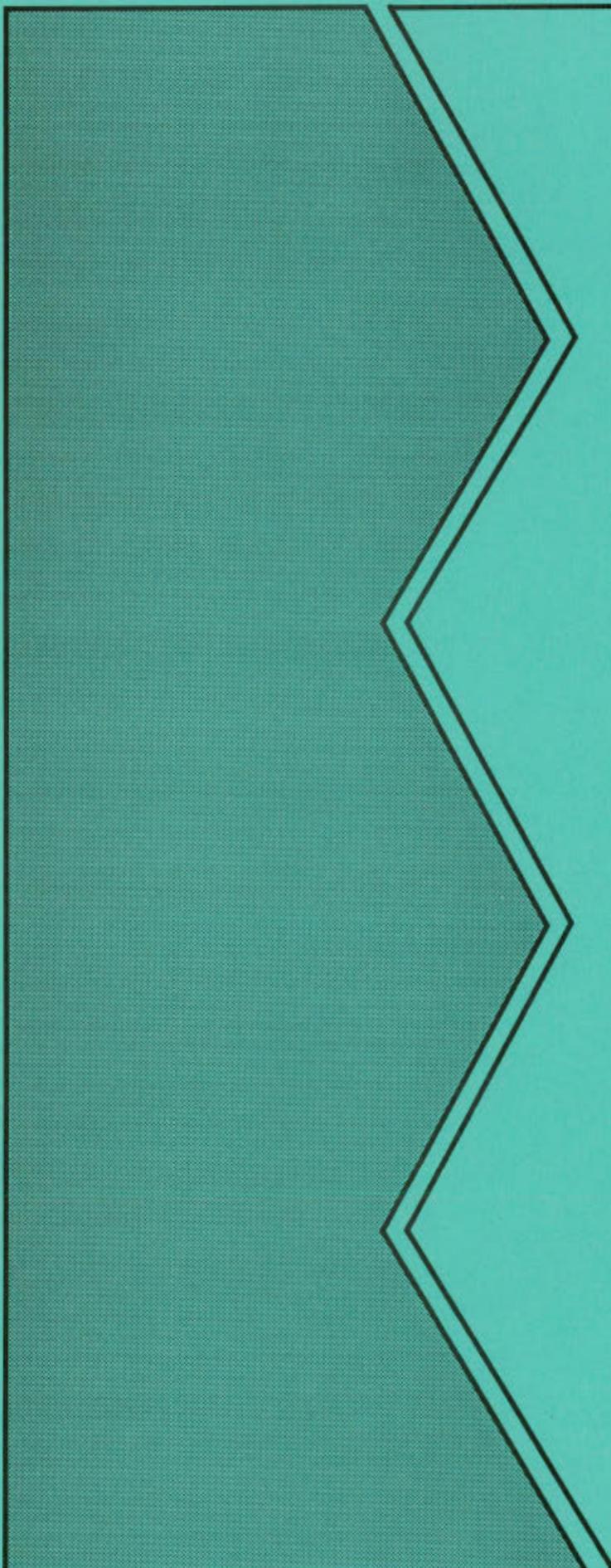
- Similitude des besoins d'informations dans de nombreuses applications non-civiles et agricoles¹⁶

Produits de données

- Nécessité d'établir le prix des données
- Nécessité de maintenir les coûts de géocodage (IVA) à un niveau acceptable¹⁷
- Importance de l'étalonnage, notamment en mode SCANSAR
- Nécessité de conserver le programme et les activités d'étalonnage (l'étalonnage doit être réversible pour permettre l'utilisation de nouveaux coefficients d'étalonnage)
- Les logiciels doivent être conviviaux pour permettre:
 - la corrélation des modes et des dates des relevés de données
 - la révision des données prévues et acquises
- Le délai de restitution des données est important (24 heures acceptable)

¹⁶ Dans les deux cas, il existe, par exemple, une demande d'informations concernant l'utilisation et la couverture des sols.

¹⁷ Le coût des données combiné à la valeur ajoutée risque d'interdire ou de freiner le développement d'applications.



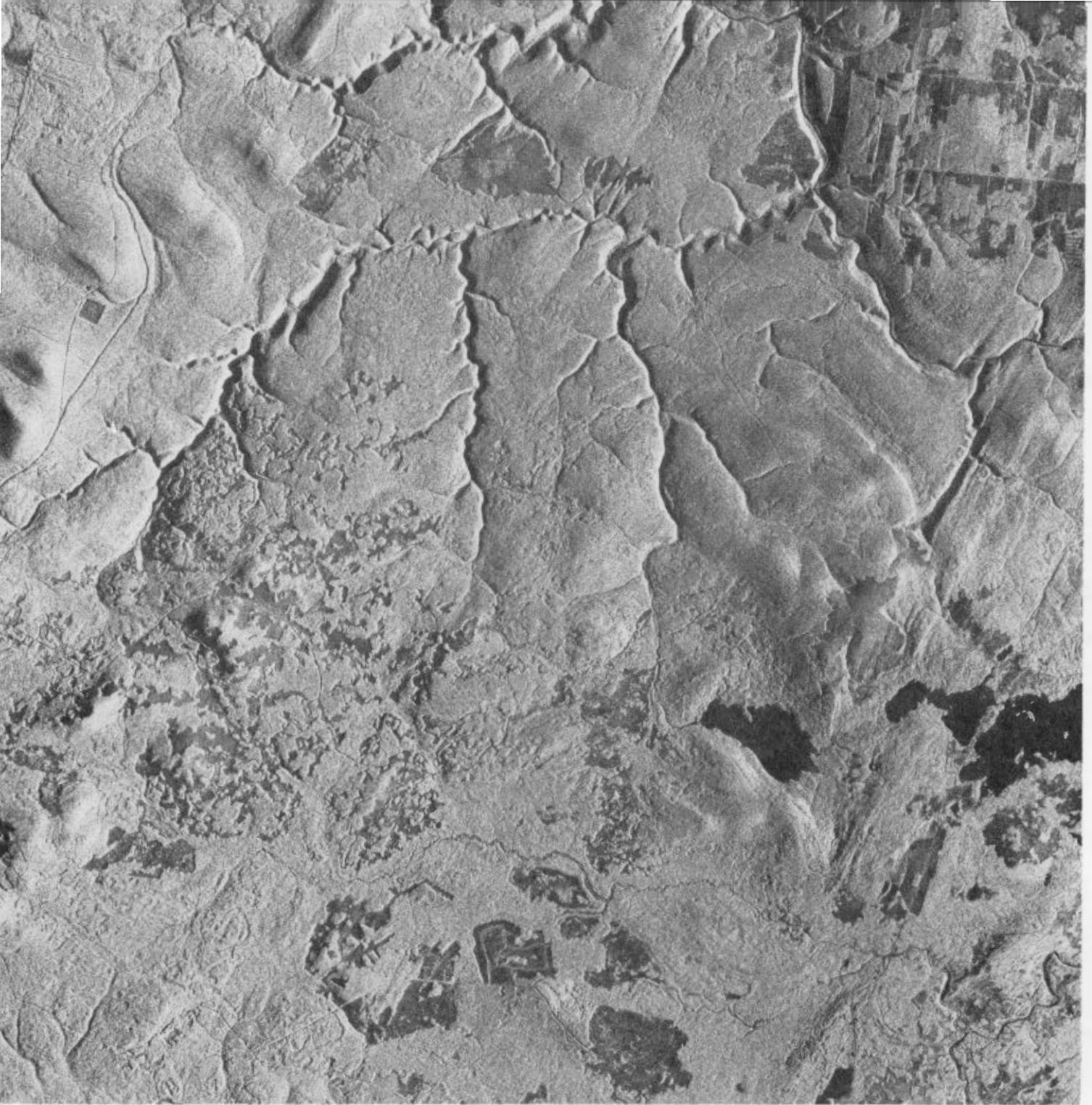
Foresterie - Un Aperçu

par

Francis J. Ahern

Coordonnateur PDDR / Foresterie

Centre canadien de télédétection



Lac Casault (Québec)

Cette image du CCT a été obtenue au moyen du RAS, bande C HH en mode image étroite, avec la représentation de la distance au sol. La direction de visée est de droite à gauche sur l'image. Les données ont été acquises le 21 mars 1991 dans les monts Notre-Dame au sud-est du Québec (Gaspésie).

Au moment de la saisie des données l'état général du terrain aurait consisté en neige sèche dans les endroits abrités et en neige mouillée dans les endroits exposés avec peut-être de l'eau en surface sur la glace des lacs. C'est ce qui expliquerait l'absence d'échos RAS sur les lacs. D'autres indications de l'état de la neige peuvent être dérivées de la configuration des routes à l'intérieur des grandes parcelles de coupe de bois. Les deux bandes parallèles de vive rétrodiffusion résultent de l'enlèvement de la neige sur ces routes. De plus, le contraste tonal entre les coupes récentes et la forêt avoisinante est très marqué. La neige durcie constitue une cible beaucoup plus lisse et uniforme que la végétation et les débris laissés par l'exploitation forestière. Les zones de coupe plus anciennes sont plus difficiles à identifier en raison de la régénération. Une importante différence de hauteur entre les deux types de couvert végétal permet néanmoins de percevoir les bords des zones de coupe plus anciennes.

Dans cette région les types de forêts consistent principalement en épinettes et en sapin beaumier avec un mélange de feuillus (érables et bouleaux). Sur cette image deux types de coupes distincts sont observables. Ces configurations des coupes sont conformes aux pratiques de l'exploitation sélective des résineux en forêt mixte (avec la permission du Centre de télédétection du Québec).

Objectif global

Le principal objectif du PDDR pour les applications relevant du domaine de la foresterie consiste à améliorer la gestion des forêts par l'application de la technologie de télédétection par micro-ondes.

Un deuxième objectif est d'accroître les capacités du secteur privé canadien de fournir du matériel et du logiciel informatiques ainsi que des services de gestion des ressources naturelles dans un marché mondial en croissance.

Contribution potentielle de RADARSAT (au début du PDDR)

En 1985, la cartographie de la déperdition forestière était perçue comme la plus prometteuse des applications opérationnelles de RADARSAT (Cihlar et al.). La surveillance de la déforestation tropicale a été soulignée comme l'une des plus importantes contributions potentielles du projet RADARSAT. Le domaine de la régénération des forêts a été identifié comme l'une des applications potentielles comportant les plus faibles probabilités de succès.

Applications RADARSAT

Après cinq années d'études commanditées par le PDDR sur de nombreuses applications potentielles de la télédétection par micro-ondes en foresterie, tout indique que la principale application opérationnelle de RADARSAT-1 sera la représentation cartographique des zones de coupe à blanc et des incendies. La représentation cartographique des types de couvertures est rendue possible par les données pluri-saisonnières, et cette application paraît prometteuse pour les régions insuffisamment cartographiées.

Principaux utilisateurs

Les ministères provinciaux responsables de gestion forestière ont été, pour presque toutes les applications opérationnelles de télédétection forestière, les principaux intéressés au Canada jusqu'à ce jour. La principale raison de ceci est que, compte tenu de leur contenu informationnel et des superficies à couvrir, les données satellites sont celles qui répondent le mieux à leurs besoins. Cette situation continuera de prévaloir après le lancement de RADARSAT. Les informations requises par les entreprises d'exploitation forestière sont généralement plus détaillées que ne peuvent en produire les satellites de télédétection optique ou par micro-ondes.

Informations requises

Les besoins d'informations du secteur forestier canadien ont fait l'objet de plusieurs études au cours de l'existence du CCT et se trouvent résumés dans la publication de *Ahern et Leckie (1987)*. De toutes les informations recherchées, la représentation cartographique des régions de coupe à blanc et des incendies paraît le mieux convenir à l'utilisation opérationnelle des données RADARSAT-1. Il semble possible qu'un RAS polarimétrique double fréquence pour satellites futurs RADARSAT-3 puisse fournir de l'information supplémentaire sur la composition du peuplement forestier, sur le diamètre moyen des arbres et sur la biomasse du peuplement.

Débuts du PDDR : les Inconnues

L'utilité de la télédétection par micro-ondes dans les applications en foresterie était bien peu évidente au début du PDDR, surtout en ce qui concerne les données en bande C. De nombreux aspects restaient à déterminer, dont :

- les longueurs d'onde optimales et acceptables, angles d'incidence, résolution spatiale pour la représentation cartographique des régions de coupe à blanc et d'incendies.
- la sensibilité de la rétrodiffusion des micro-ondes, surtout en bande C, des essences forestières faisant l'objet d'intérêt au Canada.
- la sensibilité de la rétrodiffusion des micro-ondes, surtout en bande C, de la biomasse forestière et des peuplements forestiers faisant l'objet d'intérêt au Canada.
- les effets saisonniers : sources d'informations ou sources de bruit?¹
- les méthodologies appropriées pour la cartographie opérationnelle des régions de coupe à blanc et endommagées par les incendies de forêt.
- le contenu informationnel, au sens large, des données radar, et de comment celles-ci viendraient compléter ou doubler les informations obtenues des capteurs optiques.
- les utilisations potentielles des données RADARSAT dans les environnements de forêt tropicale.

¹ Il importe de souligner que les applications en foresterie peuvent exiger des séries de données multiples pour produire des informations utiles (en détection de changement, p. ex.); ceci a des implications financières importantes.

Progrès réalisés à ce jour

	Recherche	Demo.	Pilote
Opération			
Cartographie de couverture large			
Feillus/Résineux		*	
Essences de résineux		*	
Surveillance de la déperdition forestière			
Cartographie de coupe à blanc			*
Cartographie des brûlis			*
Surveillance de la régénération			
		-	
Caractéristiques des peuplements			
Biomasse forestière			*
Diamètre / densité		*	
Applications de la forêt tropicale		*	

Résumé

En résumé, des progrès remarquables ont été réalisés pour trouver réponse à plusieurs des questions qui se dressaient au moment du lancement du PDDR. Certaines applications, concernant notamment la représentation cartographique des zones de coupe à blanc et des brûlis, se sont révélées plus exigeantes que prévu. Nous avons aujourd'hui une bien meilleure idée de ce qui pourra être accompli dans la phase 1 du projet RADARSAT, quelles applications devront attendre les radars spatioportés de l'avenir et quelles applications seront réalisables avec la spécialisation des radars aéroportés. Nous avons aussi une bien meilleure idée du travail qu'il reste à effectuer pour que le projet RADARSAT-1 soit couronné de succès dans les applications de foresterie.

Travail à effectuer

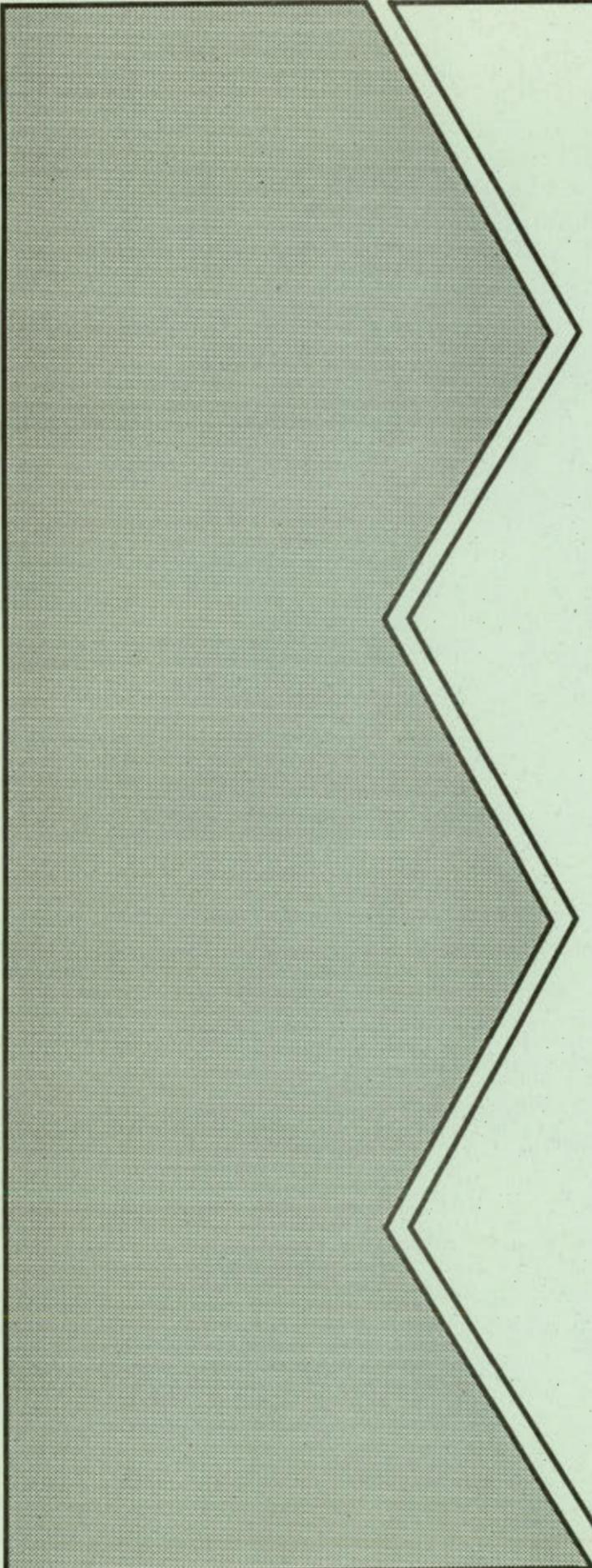
Utilisation de la technique Archibald-Ahern pour évaluer la précision des cartes d'exploitation à blanc à partir de données d'origines diverses, dont le RAS-C, RADARSAT simulé (modes haute résolution et standard) et JERS-1.

Développer un logiciel opérationnel sur SIG pour la mise à jour de l'inventaire forestier numérique au moyen de données RADARSAT simulées (initiative Dendron avec appui du CCT).

Procéder à un vol de démonstration RADARSAT en utilisant les données JERS-1, ou RADARSAT simulées.

Utiliser des études d'observation et de modélisation combinées pour définir la fréquence et la polarisation optimales dans la détermination du volume forestier et du diamètres des arbres.

Déterminer le contenu informationnel des données du RAS polarimétrique multifréquence sur les forêts canadiennes.



Recommandations - Foresterie

Présenté par

Francis J. Ahern

Coordonnateur / Foresterie

Centre canadien de télédétection

RADARSAT-1 État de préparation / Foresterie

- Applications les plus prometteuses
 - Au Canada²
- Ce qui doit être fait
 - R-D d'applications
 - Systèmes
 - État de préparation des utilisateurs
 - Groupe de travail en foresterie
 - Exigences opérationnelles
 - (p. ex. : programmation du satellite)
 - Prix

RADARSAT-2

- HH ou VV (et HV?)

RADARSAT-3

- Calendrier
- Enveloppe (faisabilité technique)
- R-D nécessaire

Publications du groupe de travail

J. Drieman - C-SAR and ERS-1 results in Newfoundland

G. Edwards - Clearcut mapping with airborne SR using segmentation for semi-automated boundary placement.

Ester Boulianne - ERS-1 information content;
Forêt Montmorency

Diane Thompson - Review of some Intera operational projects in tropical forests

Ian McKirdy - Principal Components Analysis of Multitemporal, Multipolarization Radar Data Set

² L'arène internationale offre aussi des occasions.

Recommandations

1. Il importe de déterminer après combien de temps et dans quelles circonstances un brûlis devient visible en imagerie RAS-C³. Notre groupe doit être prêt à réagir dès le prochain important incendie au Canada. Besoin de coordination et de préparation. Élaborer un plan et instituer un téléphone rouge pour assurer le contact permanent avec un responsable.
2. Pour les applications internationales, viser l'exportation de produits à valeur ajoutée plutôt que l'exportation de données brutes.
3. Nécessité de vérifier le logiciel d'échantillonnage aux fins de correction géométrique; Joji soutient qu'une recherche s'impose du fait que les logiciels conventionnels introduisent des phénomènes parasites comme le scintillement fantôme.
4. Les utilisateurs en foresterie requièrent des corrections géométriques et, en régions montagneuses, des corrections radiométriques.
5. Le SLCT devrait aider RSI dans son étude de la disponibilité de données MNE.
6. Le projet d'ensemble de données stéréoscopiques mondiales devrait être considéré comme une occasion intéressante d'acquérir un module de saisie de données de qualité moyenne et constante. (Les états tendent à protéger leurs données topographiques). Sans satisfaire à toutes les exigences de la cartographie classique, cette acquisition permettrait la correction topographique des données RADARSAT pour le monde entier. Ceci constituerait aussi un ensemble de données géophysiques et de données accessoires utiles pour une grande variété d'applications.

Une technologie appropriée⁴ a été mise au point pour la mission Magellan, ainsi qu'une bonne part de la technologie StarMap.

Cet ensemble de données devrait être offert sans restrictions, en conformité avec la règle de "ciel ouvert" qui gouverne la distribution des données satellites.

³ La possibilité d'utiliser les données RAS ERS-1 pour cette application doit être explorée.

⁴ Par exemple, les techniques d'obtention de formes d'après les ombres.

7. Un groupe de travail en foresterie dédié à la préparation en vue de RADARSAT devrait être affilié au sous-groupe de télédétection du Comité de l'inventaire forestier canadien. Les membres devraient inclure M. Gillis (président), un ou deux membres provinciaux du Comité, un représentant du secteur privé ayant des ramifications internationales, un membre appartenant à une société d'experts-conseils en foresterie, un membre de l'industrie des produits forestiers (de préférence une entreprise avec opérations à l'étranger; Fletcher Challenge a été proposée), une personne impliquée dans PROGERT, ainsi que le coordonnateur du domaine de la foresterie du CCT. Il ne faudrait pas oublier de tenir compte des sévères restrictions de déplacement imposées aux intéressés au niveau provincial.

8. Un programme de démonstration/évaluation après-voil devrait être élaboré⁵. L'approche AO ne suffit pas. L'idéal serait que le CCT contribue à un projet en cours dans chacune des provinces des données corrigées pluri-dates. L'équivalent de trois personnes-mois du financement du PDDR devrait être consacré à l'évaluation des résultats. Les meilleures études pourraient être utilisées dans le but de convaincre des utilisateurs potentiels de données RADARSAT. Plusieurs de ces essais-démonstrations pourraient être effectués dans le monde.

9. Les organismes de financement du développement international devraient être préparés à la venue de RADARSAT (la Banque mondiale, p. ex.). RSI devrait mettre au point du matériel promotionnel à l'intention de ces milieux.

10. Le CCT devrait se pencher sur la possibilité de créer une station RAS dans le but de stimuler l'utilisation de RADARSAT dans le monde entier.

11. Recommandations opérationnelles pour la cartographie des zones de coupe à blanc :
 - Angle d'incidence large
 - Neige accumulée (mauvais moment pour le Québec)⁶
 - Livraison un mois
 - Précision géométrique : 20 m
 - Deux images (avant/après) avec orientation unidirectionnelle

⁵ Strictement pour les utilisateurs au Canada.

⁶ La période de référence pour le Québec est novembre-décembre.

12. Une fourchette de prix entre 500 \$ et 1200 \$ par scène de données corrigées (100km x 100km) serait considérée concurrentielle. Un prix plus élevé concurrencerait difficilement avec Landsat.
13. A la lumière des résultats présentés par Linda Dion, il est jugé utile d'offrir le choix de données HH / VV pour RADARSAT-2. La polarisation croisée a permis d'obtenir un meilleur contraste en cartographie de la coupe à blanc, des routes et autres traces de l'activité humaine. Le rapport signal/bruit, toutefois, sera moins élevé avec RADARSAT-2. Il serait intéressant de produire une simulation d'image obtenue par polarisation croisée de RADARSAT-2.
14. Un exposé du projet RADARSAT-2 contribuerait à persuader les utilisateurs d'adopter les données RADARSAT-1⁷.
15. L'échéancier de RADARSAT-3 prévoit la période 2005-2010. La conception ne devrait pas être figée plus de cinq ans avant le lancement afin de profiter du développement des technologies et des applications. Si ceci n'était pas possible, SmallSat devra être retenu comme solution de rechange.
16. Les spécifications suivantes ont été proposées aux fins d'orientation pour la conception d'un capteur de valeur optimale en applications forestières:
 - Deux bandes entièrement polarimétriques
 - Haute et basse fréquences, nettement séparées⁸
 - Balayage sur 100 km de largeur en résolution max.
 - Modes largeur/résolution compensées comme dans RADARSAT-1
 - Résolution spatiale 5 m - 1 visée une bande, 10 m dans l'autre, interchangeable et sélectable

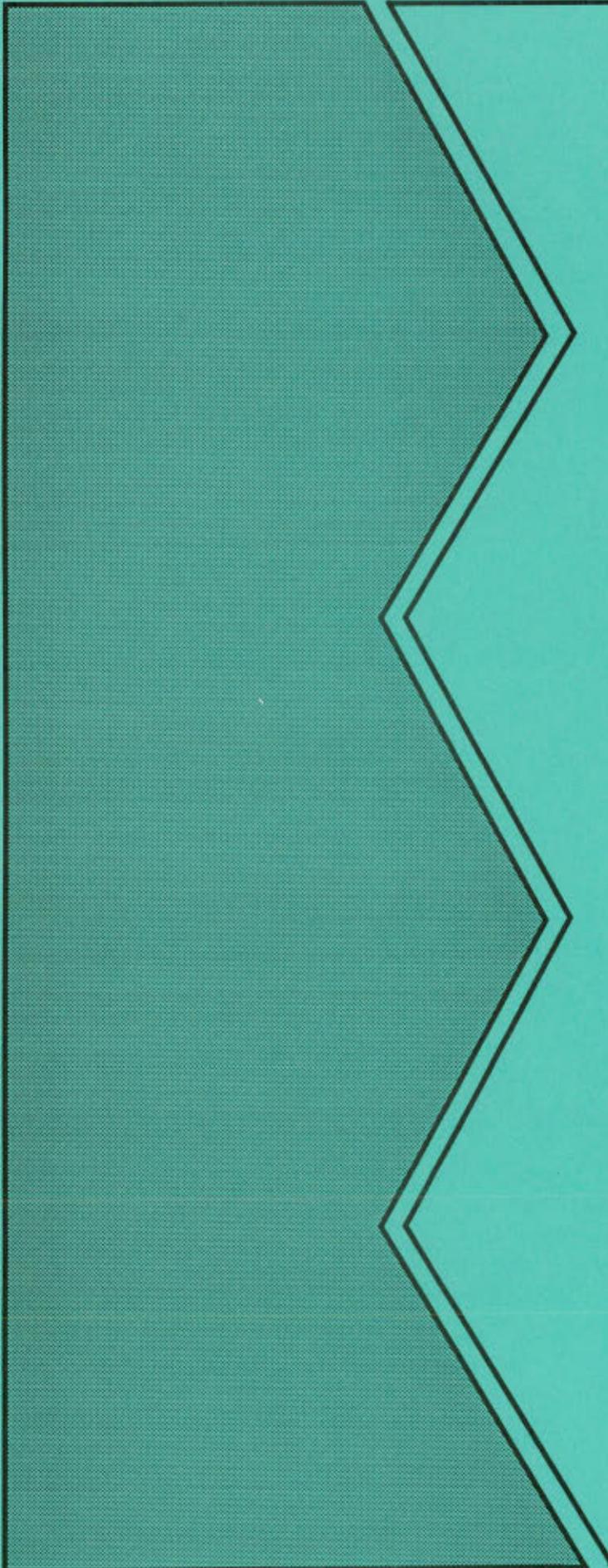
⁷ La continuité des données est un facteur important pour les utilisateurs du domaine forestier.

⁸ De préférence par un facteur de 5 à 10, plutôt que par un facteur de 2.

17. La R-D dans les secteurs suivants doit être poursuivie afin de mieux conseiller les utilisateurs de RADARSAT-3 et préparer son introduction:

- Biomasse forestière, notamment en bande P plutôt que L
- Optimisation des capteurs pour biomasse
- Détection de coupes partielles
- Essences forestières
- Recherche en analyse d'images
- Recherche sur les textures
- Extraction de la distribution des dimensions et des peuplements forestiers
- Recherche conduisant à des produits entièrement corrigés
- Analyse des principales composantes d'ensembles de données de haute dimensionnalité
- Évapo-transpiration
- Revisiter/améliorer cartographie des zones de coupe à blanc, brûlis et routes
- Effort canadien de modélisation de la rétrodiffusion
- Mise au point d'un capteur optique spécifiquement conçu pour RADARSAT-3. Pourrait loger sur même barrette ou à bord d'un engin autonome.

18. CCT/PDDR devrait inciter le CRSNG ou autres organismes de financement à soutenir les chercheurs universitaires pour participation à la recherche fondamentale.



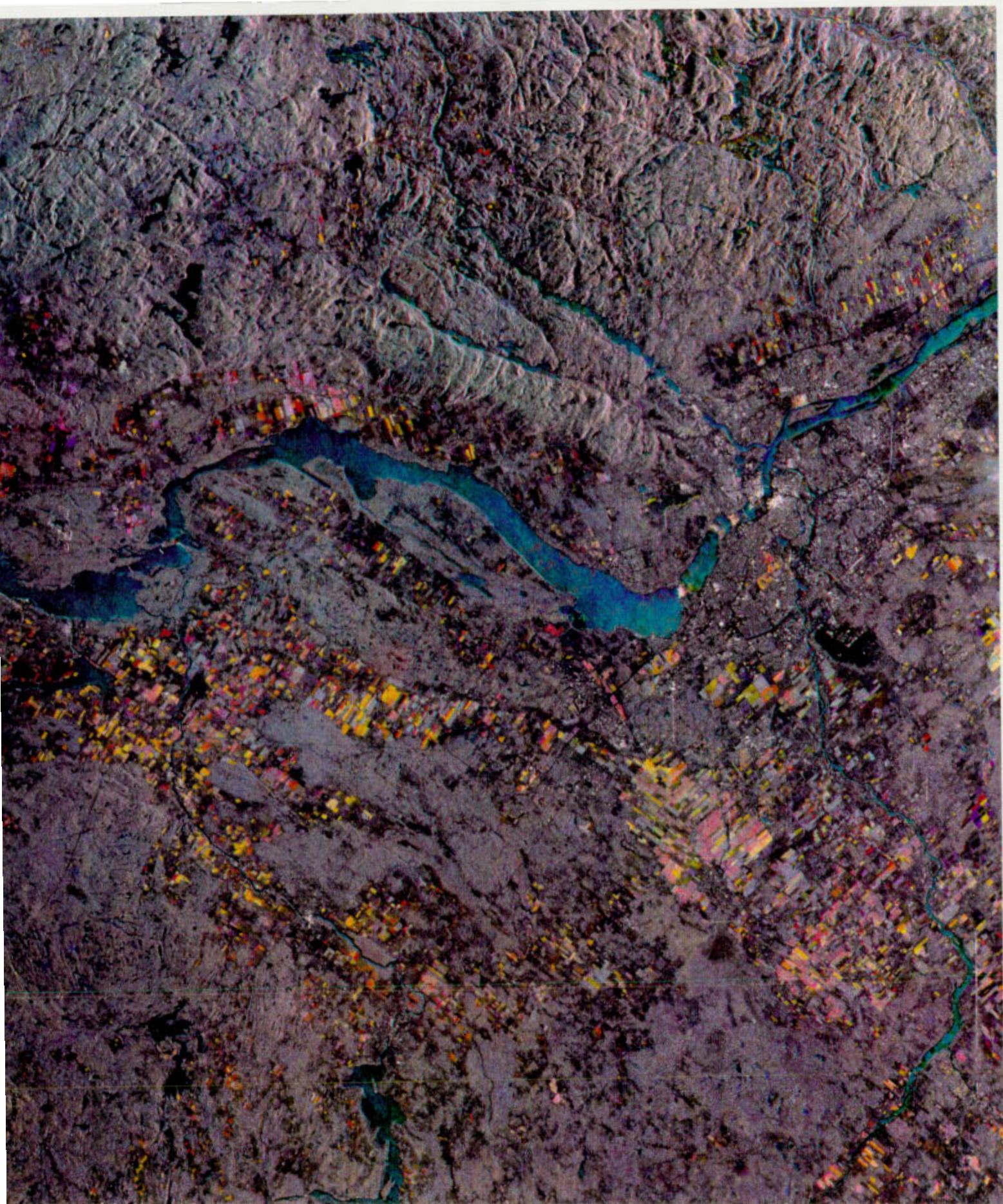
Hydrologie - Un Aperçu

par

Terry Pultz

Coordonnateur PDDR / Hydrologie

Centre canadien de télédétection



Ontario

Voici une image composée en couleurs de la rivière des Outaouais (Ontario) et de la région avoisinante produite à partir de données du ERS-1. Les images constituantes utilisées ont été acquises le 28 novembre 1992 (en rouge), le 24 octobre 1992 (en vert) et le 19 août 1992 (en bleu). Les étendues d'eau de surface comme les cours d'eau, les lacs et les terres humides sont faciles à identifier sur l'image, tout comme les différents types de couverts. Les diverses couleurs des champs cultivés sont attribuables à des différences de la géométrie de surface et de la teneur en humidité (copyright ASE, 1992).

Objectif

- **Global**

Développer les éléments de systèmes nécessaires pour l'utilisation opérationnelle de données satellites en hydrologie.

Court terme

- **Évaluer la faisabilité d'extraire de l'information des données du RAS**
 - Humidité des sols
 - Étendue de la couverture de neige (mouillée et sèche)
 - Équivalent en eau de la neige
 - Dynamique des glaces fluviales
 - Étendue et dommages des inondations
 - Terrains marécageux
- **Amorcer et soutenir la recherche et le développement**
 - Modèles hydrologiques répartis pouvant être réalisés à partir de données spatiales;
 - Techniques d'intégration de données de télédétection à des modèles hydrologiques en vue de la prévision des écoulements.
- **Démontrer l'utilisation opérationnelle des données radar et autres dans les applications hydrologiques**

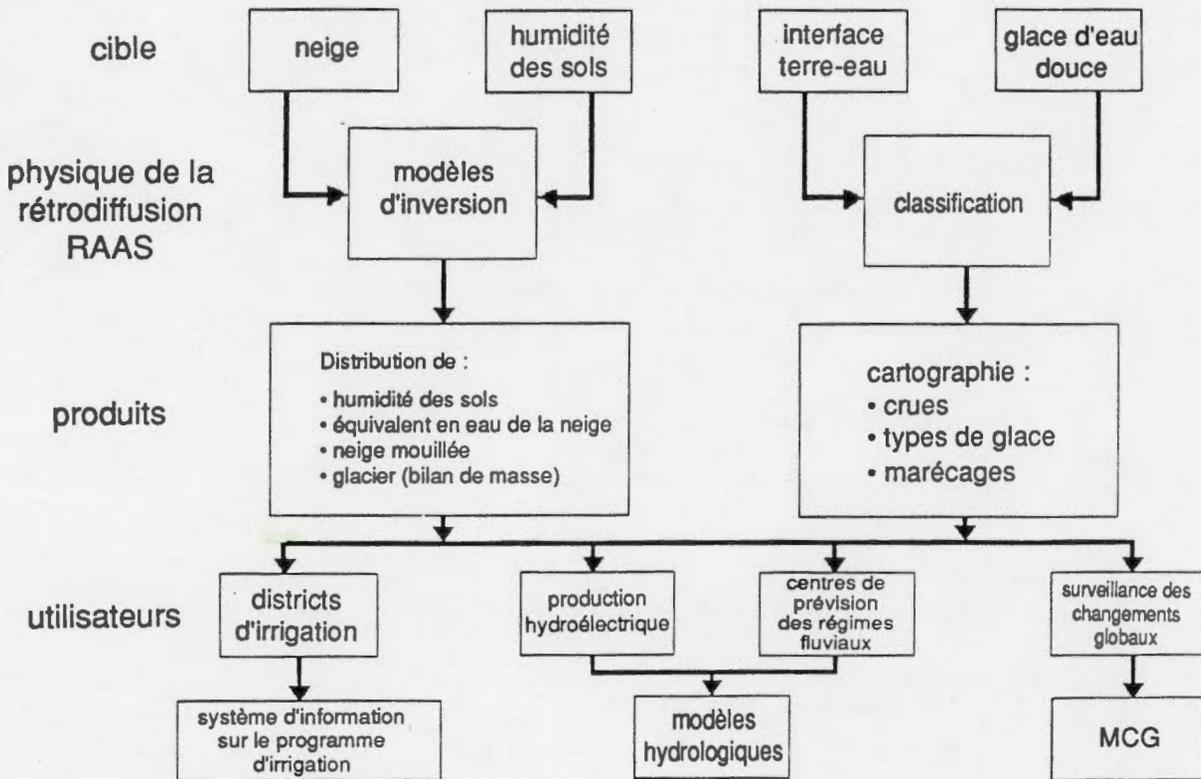
Contexte

- La gestion efficace des ressources hydriques repose sur l'estimation précise des éléments du cycle hydrologique.
- A l'heure actuelle, les grandes entreprises de services publics et les centres de prévision des régimes fluviaux utilisent des modèles basés sur des données ponctuelles de précipitation, d'accumulation nivale, de température et de régimes d'écoulement (DCP).
- Les erreurs de 10 à 20 % dans les régimes d'écoulement fluviaux sont fréquentes.
- Des prévisions plus précises pourraient être obtenues en combinant les informations régionales tirées de données de télédétection aux informations ponctuelles (DCP).
- A l'heure actuelle, l'utilisation de données de télédétection en modélisation hydrologique est très limitée.
- Très peu d'utilisateurs d'informations hydrologiques possèdent des systèmes capables d'assimiler et d'analyser les données de télédétection.
- Les gestionnaires de ressources hydriques témoignent de l'intérêt pour la télédétection.

Les bénéfices de la télédétection restent toutefois à démontrer clairement¹.

¹ Ceci requiert un effort considérable de développement de nouveaux modèles numériques.

Représentation schématique du programme d'hydrologie



Projets à ce jour

- **Études sur la neige**
 - Churchill Falls, Terre-Neuve
 - Woodstock, Nouveau-Brunswick
 - Bassin de la rivière Eaton, Québec
 - Carp, Ontario
 - Upper Grand River Basin, Ontario
 - Whitecourt, Alberta
 - Peyto Glacier, Alberta
 - Sentinel Glacier, Colombie-Britannique

- **Études sur l'humidité des sols**
 - Woodstock, Nouveau-Brunswick
 - Carp, Ontario
 - Big Otter Creek watershed (Oxford County), Ontario
 - Outlook, Saskatchewan

- **Études sur l'eau douce**
 - Saint John River, Nouveau-Brunswick
 - Burntwood River, Manitoba

- **Études sur les inondations et les marécages**
 - Saint John River, Nouveau-Brunswick
 - Hudson Bay Lowlands, Ontario
 - Carp, Ontario

- **Modélisation hydrologique**
 - St. Francis River, Nouveau-Brunswick
 - Rivière Eaton, Québec

Programme de recherche coopérative

Organismes, universités et entreprises engagés dans des projets conjoints :

- Agriculture Canada / humidité des sols
- University of Saskatchewan / humidité des sols
- Ministère de l'environnement du Nouveau-Brunswick / hydrologie de la neige, glace d'eau douce et cartographie des crues
- MacPlan / glace de rivière
- Université de Waterloo / neige, humidité des sols
- INRH / évaluation de modèles hydrologiques, neige
- CRDS / neige
- CRREL / neige

Projets de travail internes du CCT

- Humidité des sols - Groupe Agriculture du CCT
- Hydrologie de la neige - Groupe Foresterie du CCT
- Hydrologie de la neige - PATS / Université Memorial

Soutien (financier et technique) accordé à des organismes, à des universités et à des entreprises

- INRS-Eau / Développement d'un logiciel d'analyse de modèle hydrologique et d'images SIG pour la simulation et la prévision du ruissellement
- Horler Information System / Développement d'un logiciel de délimitation des bassins hydrographiques et de calcul automatisé des paramètres de l'érosion du sol à partir de MNE
- Université d'Ottawa / Évaluation d'HYDROTEL
- Université de Waterloo / Recherche sur la neige et l'humidité des sols
- Terrain Resources / Cueillette et analyse de données de diffusomètre sur les accumulations nivales
- Intera Information Technologies / Assistance à la recherche sur des projets internes

État d'avancement

Humidité des sols

- Rapport quantitatif entre l'humidité des sols et la rétrodiffusion radar observée².
- La rugosité de surface peut avoir un effet significatif sur la rétrodiffusion radar et est fonction de l'angle d'incidence.
- Les caractéristiques de pénétration RAS ne sont pas bien comprises
- Absence d'un modèle universel illustrant le rapport entre la rétrodiffusion radar et l'humidité du sol

Neige

- Neige sèche (EEN)
 - La diffusion dans la neige accumulée est peu connue
 - La nature de la surface sous-jacente a un effet significatif
- Neige mouillée
 - Agit comme milieu à perte; signature bien différente de celle de la neige sèche.
 - Le RAS sera utile pour la cartographie de l'étendue superficielle de la neige mouillée

² Il importe de souligner qu'il n'existe aucun modèle universel pour quantifier ce rapport; la plupart des efforts de modélisation entrepris jusqu'à ce jour ont reposé sur des modèles intra-scène.

Interfaces terre-eau

- Inondations
 - Étendue des inondations cartographiées à l'aide de données du RAS aéroporté et RADARSAT simulées
 - L'angle d'incidence est important³.
- Marécages
 - Les marécages d'eau libre peuvent être représentés et les changements du niveau d'eau observés
 - Les marécages d'eau stagnante sont représentés en utilisant l'approche de détection des changements dans les données été/hiver (neige mouillée).

Glace d'eau douce

- Diverses conditions de glace peuvent être identifiées avec l'imagerie RAS

Modélisation hydrologique

- Des modèles hydrologiques répartis sont nécessaires pour l'utilisation de données spatiales
- Les avantages de l'utilisation de modèles répartis doivent être démontrés aux utilisateurs⁴.

³ Les angles d'incidence relativement grands (> 40 degrés) conviennent le mieux à la détection des inondations au moyen du RAS.

⁴ Ce milieu traite essentiellement des données ponctuelles et est peu familiarisé avec l'utilisation opérationnelle d'ensembles de données spatiales.

Plan actuel

- Arriver à comprendre les mécanismes qui commandent le comportement énergétique des micro-ondes dans les accumulations de neige suivant différentes conditions d'accumulation; développer et mettre à l'essai des algorithmes pour la conversion de données radar en équivalent eau de la neige; évaluer l'efficacité de paramètres sur la neige dérivés de données radar (aéroporté ou spatioporté) dans les modèles hydrologiques⁵.
- Développer et mettre à l'essai des algorithmes pour l'extraction d'informations à partir de données RAS aéroporté ou spatioporté sur l'humidité des sols; évaluer l'efficacité de répartir l'humidité dans le sol dérivée des données RAS (aéroporté ou spatioporté) dans les modèles hydrologiques.
- Développer et documenter une procédure d'extraction de l'information sur les conditions des glaces et sur les zones potentiellement inondées à partir de données RAS aéroporté ou spatioporté.
- Évaluer la précision et l'utilité de la cartographie des marécages réalisée à partir de données RAS.
- Déterminer quel serait le meilleur moyen d'introduire les données de télédétection dans la gestion des ressources hydriques au Canada.
- Développer un modèle hydrologique réparti opérationnel qui serait optimisé pour l'utilisation de données radar et d'autres données de télédétection; démontrer la méthodologie et la validité de l'utilisation de données RAS et d'autres données de télédétection pour la réalisation de modèles hydrologiques SIG; développer, ce faisant, un produit ayant un potentiel d'exportation.

⁵ A l'heure actuelle, il semble que la fourniture d'indices d'humidité (et non nécessairement de valeurs absolues) soit suffisante.

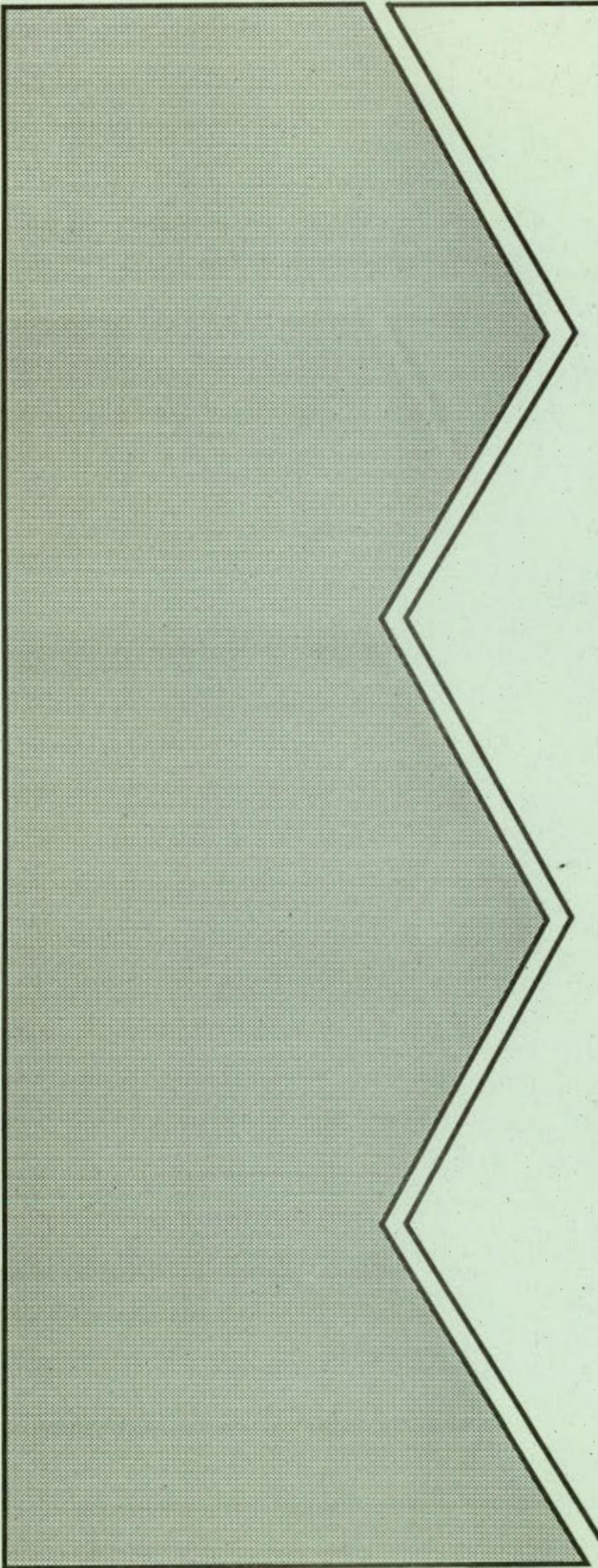
Résumé

Le principal objectif du programme sera la mise en oeuvre d'un projet-pilote pour le développement et l'évaluation de modèles hydrologiques répartis qui pourront incorporer des données spatiales sur les bassins hydrographiques représentatifs des divers régimes hydrologiques au Canada.

Ce projet-pilote impliquera le développement et l'évaluation de l'utilisation de données radar, de données de télédétection et de données spatiales pour l'extraction d'informations sur les marécages, les glaces d'eau douce, les inondations, l'humidité des sols et les caractéristiques nivales aux fins de réalisation de modèles hydrologiques répartis.

Les mécanismes d'acquisition et de traitement des données de télédétection et de dissémination des produits finis (p. ex., les cartes d'équivalent en eau de la neige) seront évalués.

Développer un système de programmation de l'irrigation utilisant les données de télédétection en environnement SIG. Le développement initial doit être amorcé dans les Prairies.



Recommandations - Hydrologie

Présenté par

Terry Pultz

Coordonnateur PDDR / Hydrologie

Centre canadien de télédétection

Orientation

- Mettre en oeuvre le projet-pilote sur un (des) bassin(s) d'essai

Premier objectif

- Évaluer la contribution des données de télédétection dans les modèles hydrologiques répartis

Sites proposés

- Grand River, Ontario
 - Utilisateur : Grand River Conservation Authority (GRCA)
 - Bien instrumenté
 - Ensembles de données historiques
- Eau tribulaire de la rivière St-John - Centre de prévision des crues
 - Utilisateur : St. John River Forecast Centre, N.-B. Power Commission
- Projets futurs
 - Environnement nordique - sites d'échantillonnage de faible densité⁶
 - Recherche de partenaires du Nord
 - Organismes provinciaux
 - Entreprises de services publics
 - Environnement forestier

⁶ Il semble que les avantages de l'utilisation de la télédétection comme outil de modélisation hydrologique dans le Nord canadien soient particulièrement nombreux.

Données

- **Ensembles de données multiples requis⁷**
 - Occupation du sol (TM/SPOT)
 - MNE/cartographie
 - Radar au sol⁸
 - ÉEN (capteur à micro-ondes passif)⁹
 - Étendue de la couverture de neige (RAS)¹⁰
 - Humidité des sols/indices API (RAS)

Neige

- La cartographie de l'étendue de la couverture de neige est faisable (notamment pour la neige mouillée)
- Exploiter la synergie entre systèmes passifs et actifs (ÉEN)
- Démontrer l'amélioration par rapport aux données AVHRR

Toutefois...

- Il importe de continuer la recherche pour évaluation de l'ÉEN avec les données RAS
- Améliorer la compréhension des variations naturelles à l'intérieur des accumulations nivales

D'où ...

- L'étude des conditions nivales/environnementales en des sites différents doit être poursuivie
- Il faut regarder au-delà de RADARSAT-1
ex. : radars multifréquence/multipolarisation¹¹

⁷ Pour utilisation dans les modèles répartis.

⁸ Pour mesurer la répartition des précipitations.

⁹ Déjà utilisé en mode quasi-opérationnel.

¹⁰ Notamment pour la neige mouillée.

¹¹ Plus appropriés pour déterminer l'ÉEN.

Humidité des sols

- Démontrer la supériorité des indices API dérivés des données RAS sur les résultats classiques
- Poursuivre la recherche de développement de rapports quantitatifs entre cibles diverses (ex.: pâturages)
- Coordination avec le groupe Agriculture

Cartographie des inondations / Glace d'eau douce / Marécages

- Maintenir soutien au PAT
- Démonstrations à l'interne

Données requises

- **Neige**
 - Environ une observation/semaine durant l'hiver
 - Environ deux observations/semaine au printemps¹²
 - Livraison rapide : < 1 jour
 - Abonnement aux données

- **Humidité des sols**
 - Surveillance suivie - à déterminer selon emplacement géographique
 - Avertissement météorologique - données sur abonnement livrées en moins de 12 heures de la prévision¹³

- **Utilisateur : Centres de prévision des écoulements**

- **Inondations/Conditions de glace**
 - Cible d'occasion

- **Produits de données**
 - Étalonnage - essentiel (SCANSAR)
 - Géocodage - souhaitable, mais fonction du coût
 - Délai de restitution rapide requis
 - Plus le coût est faible, plus grande est la probabilité d'utilisation

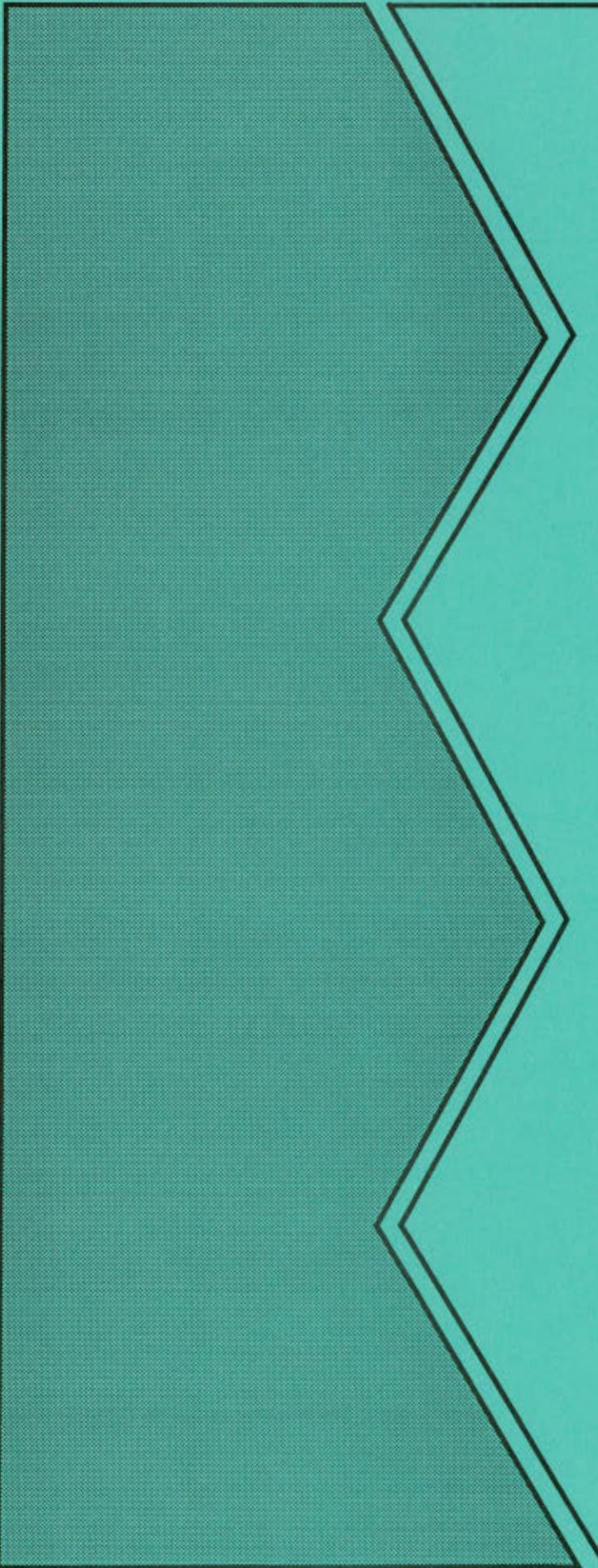
- **Internationaux**
 - Réserve d'eau - accumulation nivale de haute altitude
 - Cartographie des inondations
 - Approche historique sur les climats tempérés
 - Nécessité de démontrer les applications au Canada d'abord

¹² Plus d'événements surviennent durant les périodes de fonte.

¹³ Pour une meilleure prévision des débits d'écoulement fluvial.

Résumé

- Le projet-pilote sera consacré à la cartographie de la couverture nivale, à l'estimation des indices API et de la synergie avec d'autres sources de données en vue d'améliorer les prévisions d'écoulement fluvial à partir de modèles hydrologiques répartis.
- Continuer de voir au-delà de RADARSAT-1
- Cultiver des liens avec le milieu utilisateur
- Développer les éléments de systèmes nécessaires en vue de l'utilisation opérationnelle de données de télédétection dans les applications hydrologiques.



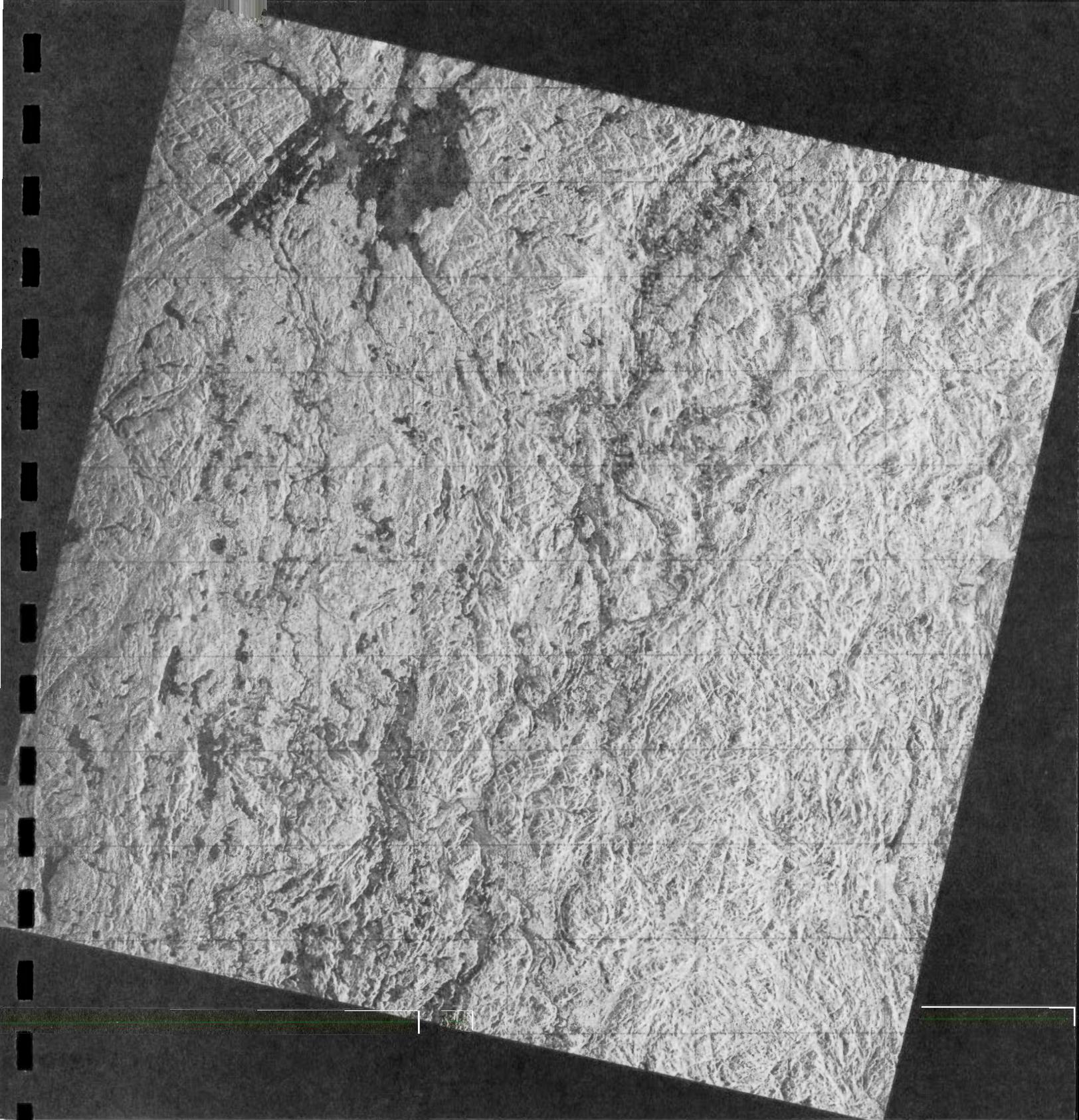
Géologie - Un Aperçu

par

Vern Singhroy

Coordonnateur PDDR / Géologie

Centre canadien de télédétection



Réservoir Baskatong (Québec)

Cette image du ERS-1 acquise le 11 juillet 1992 a fait l'objet d'une correction géométrique basée sur le système de la projection cartographique de MTU. Deux filtres ont été utilisés pour obtenir cette image, un filtre médian 3X3 et un filtre passe-haut 9X9. Le premier a permis d'éliminer les effets de scintillement et le deuxième d'accroître les linéaments observables du côté gauche de l'image. Cette manière de procéder permet l'étude de la structure géologique de cette région (copyright ASE, 1992).

Objectif

Le programme de géologie du PDDR vise le développement de méthodes d'utilisation de l'imagerie RAS pour les applications géologiques.

- Déterminer quels types d'informations géologiques peuvent être extraites de l'imagerie RAS et autres ensembles de données géologiques et géophysiques en soutien au travail de cartographie, d'exploration géologique et d'étude de dangers.
- Encourager l'utilisation de données RAS par les géologues et les organismes oeuvrant en géologie.
- Développer des programmes coopératifs avec des organismes nationaux et internationaux comme la Commission géologique du Canada et les sociétés d'exploration.
- Prendre part à l'évaluation de l'imagerie ERS-1

Activités

- Coordonner le programme RAS aéroporté pour la géologie (nombreux sites, 70 géologues, 10 universités, 11 organismes, 6 entreprises).
- Produire des images RAS et des produits intégrés aux fins de cartographie et d'exploration géologique (6 sites; produire des cartes lithologiques).
- Appliquer la détection radar à l'étude de la structure d'impact du bassin de Sudbury : ERS-1 et RAS aéroporté pour géologie terrestre (OGS, CGC, PRSO, NASA, Université du Manitoba, CCT).
- Collaborer à la réalisation de "projets vitrines" avec le CGC (15)

Résultats

- Quelque 100 géologues canadiens ont utilisé des images radar (experts-conseils, sociétés d'exploration, géologues et chercheurs à l'emploi du gouvernement).
- Quelque 60 articles ont été publiés (études de cas, développements techniques, études de marché).
- Des produits intégrant des données RAS sont en utilisation (CGC)
- Des images RAS sont interprétées pour cartographier des structures géologiques et des caractéristiques géomorphiques.

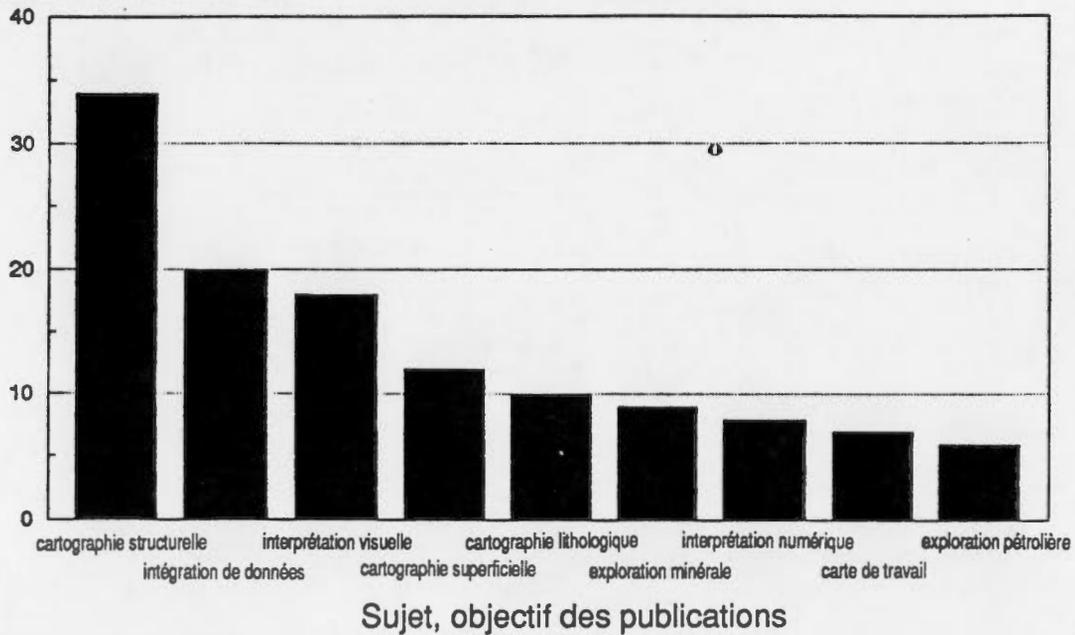
Développement technique

Des images RAS ont été acquises pour soutenir le développement technique

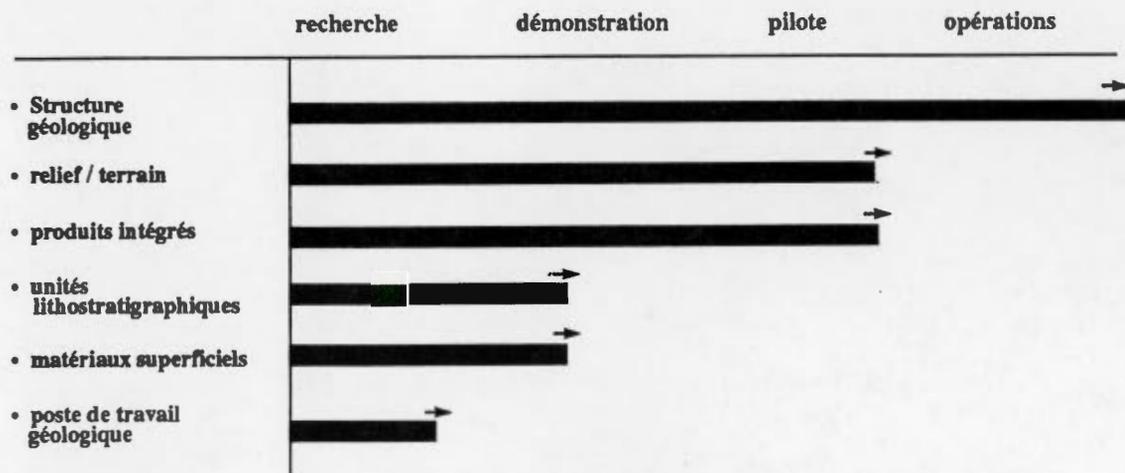
- Études structurelles/tectoniques pour la recherche de gisements de minerais, de pétrole et de gaz; évaluation des dangers sismiques.
- Cartographie de terrain et lithologique
- Produits intégrés - RAS, géophysique, géochimie, lithologie
- Site multidisciplinaire ERS-1, bassin de Sudbury

Études géologiques par RAS au Canada : sujets de 42 publications

nombre de publications



(la plupart de ces publications traitent de plusieurs sujets ou objectifs)



État d'avancement de la télédétection géologique (1992)

	recherche	démonstration	pilote	opérationnel
structure géologique	<u>Photo aérienne 1:5,000 - 1:50,000</u>			
	<u>TM 1:100,000</u>			
	<u>ERS-1 1:100,000</u>			
	<u>RAS-C 1:50,000</u>			
produits intégrés (Cris)	<u>RAS/TM 1:100,000</u>			
	<u>RAS/géophysique 1:100,000</u>			
relief/terrain géomorphologie	<u>photo aérienne 1:5,000 - 1:50,000</u>			
	<u>aéroporté RAS-C/T 1:100,000</u>			
	<u>ERS-1 1:100,000</u>			
produits intégrés (Cris)	<u>RAS/MNT 1:50,000 (topographie)</u>			
	<u>Cartographie de terrains RAS</u>			
unités lithostratigraphiques	<u>photo aérienne 1:5,000 - 1:50,000</u>			
	<u>RAS-C/géochimie</u>			
	<u>RAS/lithologie</u>			
matériaux superficiels	<u>Photo aérienne 1:5,000 - 1:50,000</u>			
	<u>RAS-C/TM 1:100,000</u>			
	<u>ERS-1 1:100,000</u>			
postes de travail en géologie	<u>_____</u>			

Informations pouvant être tirées des données RAS

Exploration minière

- Est de la Nouvelle-Écosse (CCT, CGC, Intera) Images RAS intégrées (RAS/magnétiques, IHS) production de cartes du potentiel minéral (or)
- Sudbury (CGT, CGC, INCO, OGS et MIR) Les images RAS et magnétiques ont permis la cartographie de digues et la corrélation des failles et des corps minéralisés

Informations pouvant être tirées des données RAS (suite)

<i>Catégorie</i>	<i>Technique et résultats</i>
Néotectonique	
<ul style="list-style-type: none"> • Rive nord, Lac Ontario 	<ul style="list-style-type: none"> - RAS-TM pour interprétation tectonique régionale. Photo aérienne supérieure aux images RAS et TM pour la détection de vastes structures de faible relief.
Risques sismiques	
<ul style="list-style-type: none"> • Charlevoix, Québec 	<ul style="list-style-type: none"> - Mosaïque d'images numériques pour la représentation séismotectonique de la région sismique de Charlevoix
<ul style="list-style-type: none"> • Nahanni, N.W.T. 	<ul style="list-style-type: none"> - Imagerie RAS-C et SPOT intégrée pour la représentation séismotectonique de la ceinture sismique de Nahanni
Exploration des hydrocarbures	
<ul style="list-style-type: none"> • Bassin sédimentaire de l'Ouest canadien 	<ul style="list-style-type: none"> - Les images RAS/TM traduisent les failles du sous-sol qui contrôlent les gisements d'hydrocarbures.
<ul style="list-style-type: none"> • Rivière de la Paix 	<ul style="list-style-type: none"> - Les cartes de densité de linéaments montrent une bonne corrélation entre champs pétrolifères et gazifères.
Lithostratigraphie	
<ul style="list-style-type: none"> • Sudbury, Wawa, Thunder Bay • Cap Breton • Bathurst Inlet, T.N.-O. • Baskaton, Québec 	<ul style="list-style-type: none"> - Les données de géoscience et de télédétection combinées ont amélioré les produits facilitant la cartographie lithologique et structurelle. - Les données RAS/MNT montrent une faible corrélation entre les unités lithologiques et géophysiques (C. Breton). - Interprétation visuelle des données RAS; Redéfinition de la frontière géologique de la province de Grenville.
Reliefs quaternaires	
<ul style="list-style-type: none"> • le sud de l'Ontario • T.-N. centre • The Pas, Manitoba 	<ul style="list-style-type: none"> - Interprétation visuelle de reliefs glaciaires et de textures rugueuses remplace les images RAS. - Les données RAS/TM facilitent la cartographie superficielle des zones végétalisées.

ERS-1

Problèmes actuels

- L'angle d'incidence de 23° est trop accentué pour cartographier les structures de faible relief et les caractéristiques géomorphiques.
- L'utilisation de données ERS-1 à 1:50 000 produisent des imprécision de l'ordre de 50 m. Ceci constitue un important obstacle à l'utilisation des données.
- L'effet de la direction présente un problème important en imagerie radar orbitale et aéroportée en terrain de faible relief ou en bouclier. Les structures géologiques parallèles à la direction ne sont pas visibles.
- Les observations multidirectionnelles sont essentielles pour la cartographie de structures topographiques.

Postes de travail en géologie

- Un contrat a été accordé à Photosur-Geomat et MIR TEC pour étudier la faisabilité de l'intégration des ensembles de données de géoscience et de télédétection.
- Actuellement : les compagnies pétrolières et minières commencent à utiliser les données SIG et de télédétection. Cette tendance est à la hausse.
- Grande diversité de données radar existantes
- Distributeurs nombreux
- Superposition fastidieuse
- Nombreuses plates-formes de "PC" dans les industries minière et pétrolière

Intérêts exprimés sur le marché

- Il existe un besoin pour des données de géocodage de précision au niveau des produits de données intégrées.
- STM non disponibles aux fins de production d'imagerie RAS géocodée de précision (OBM existants pour le sud de l'Ontario)
- Les géologues requièrent des images déjà accentuées comme produits de base (l'accentuation de l'imagerie RAS est spécifique).
- Le fait que leurs bases de données SIG ne soient pas entièrement opérationnelles constitue une contrainte majeure à l'utilisation de données RAS dans l'industrie minière.

Sommaire des principaux produits RADARSAT en géologie : (d'après Horler, 1992)

Produit		Forme matérielle	Exemple d'applicaton
Produits RADARSAT standard	Données référentielles (SGF, SGC) ou géocodées (SSG)	Films ou transparents	Interprétation de photographies de régions
	Données géocodées de précision (SPG)	Films et données numériques	Interprétation de photographies pour études régionales ou exploration préliminaire; analyse numérique et intégration de données
Produits combinés	Cartes d'images SPG	Papier	Interprétation régionale; planification logistique
	SPG + données aéromagnétiques	Papier	Exploration régionale et préliminaire
	SPG + radiométrie gamma aéroportée	Papier	Exploration régionale et préliminaire
	SPG + données aéromagnétiques + radiométrie gamma	Papier	Exploration régionale et préliminaire
	SPG + TM	Film et papier	Exploration régionale et préliminaire; planification logistique

Activités internationales

Occasions :

Dangers géologiques/cartographie/exploration

SAREX

- **Guyane (côtière)**
 - Des images RAS sont utilisées pour la mise à jour de cartes quaternaires et pour cartographier l'étendue des crêtes marines en Guyane côtière.
 - L'érosion côtière récente, la rupture de digues et la déperdition forestière (mangliers) ont causé de graves inondations de zones côtières habitées.

- **Brésil (INPE, Petrobras)**
 - Développement de produits intégrés aux fins de :

Cartographie géologique de la région minière de Carajas et exploration pétrolière dans le bassin de l'Amazone, site d'essai Trapajos

- **Costa Rica**
 - Identification de cônes volcaniques et cartographie géologique

- **Venezuela**
 - Cartographie géologique (échelle 1:100 000)

- **GlobeSAR (Grèce et Chine)**
 - Proposition à l'étude concernant l'utilisation de données RAS pour la cartographie de failles actives aux fins de prévision des tremblements de terre.

Orientation future

- Transfert de technologie avec des entreprises canadiennes

Bassin de Sudbury : cartographie/exploration

- Travailler étroitement avec les grandes compagnies minières Inco et Falconbridge à l'intégration des produits RAS à leurs opérations d'exploitation.
- Évaluation des données ERS-1 pour la structure d'impact de Sudbury
- Simulation RADARSAT RSI (direction et angle d'incidence)

Bassin de Williston : Saskatchewan (Petro Canada)

- Développement de produits intégrés avec Petro Canada aux fins d'exploration d'hydrocarbures

- Transfert de technologie pour développer et promouvoir les produits RAS au niveau international.

- Attention internationale sur SAREX et GlobeSAR
- Promouvoir les produits et les résultats dans le domaine de la géologie : convention minière, UISG, Geotechnia, ASTM.

- Recherche

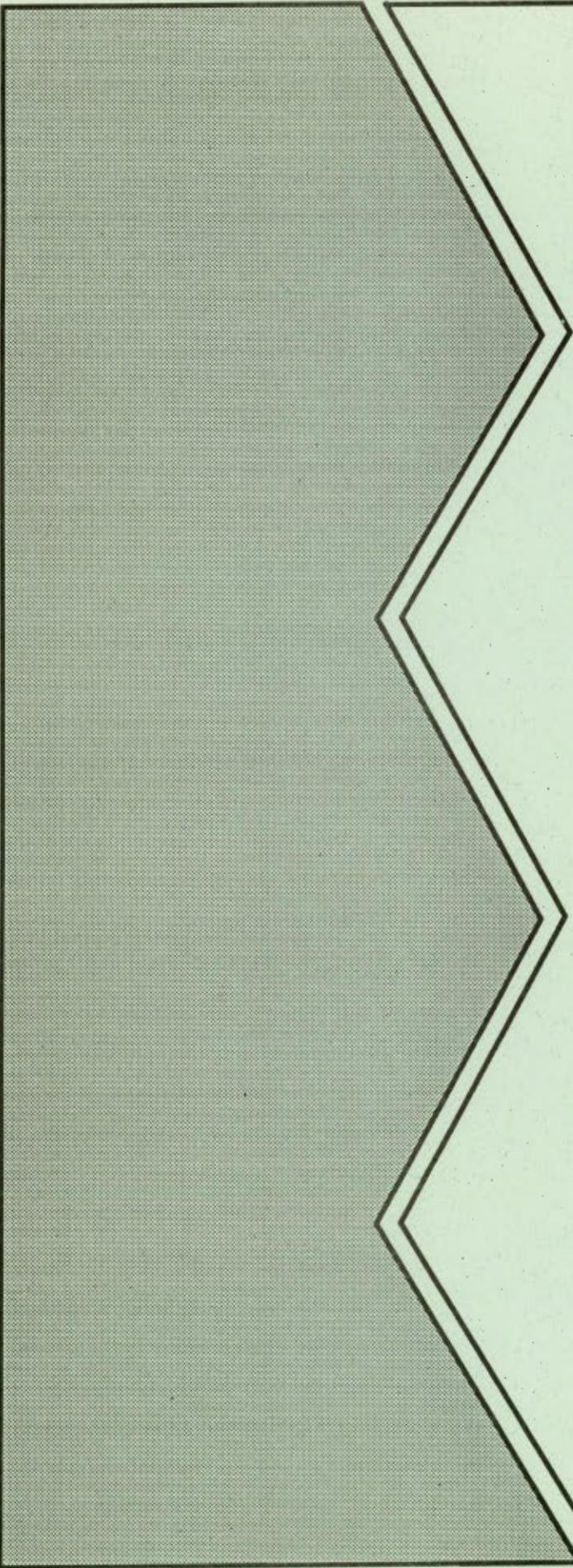
- Effet de la direction et de l'incidence sur la morphologie du terrain
- Développement ultérieur de produits intégrés (topographie, MNT)
- Poste de travail en géologie

- Maintien du soutien aux programmes de télédétection du CGC

- Autres - après l'atelier

Publications techniques

- Sudbury Basin Study. *P. Lowman*, NASA-Goddard
- Sudbury Integration Techniques and ERS-1 Evaluation.
C. Morasse and V. Singhroy, CCRS
- SAR Mosaics, Sudbury. *C. Bowie*, PCI
- SAR Integration and Cost Benefits Studies.
R. Mussakowski, PRSO and *N. Trowell*, OGS
- SAR Geochemistry and Enhancements. *M. Rheault*, MIR TEL.
- SAR Integration Techniques. *J. Harris*, GSC
- SAR Surficial Mapping. *D. Grant*, GSC and *D. Graham*, CCRS
- SAR Integration Techniques - Marathon Area, Coldwell Complex, Ontario. *D. Graham*, CCRS and *D. Grant*, GSC
- ERS-1 for Mineral Exploration. *S. Carboni*, DOZ
- SAR Geology Mapping, Baskatong, Quebec. *K. Sharma*, Geological Survey of Quebec and *C. Morasse, V. Singhroy*, CCRS
- SAR Géomorphologie. *R. Desjardins*, Université du Québec, Montréal
- ERS-1 Evaluation, Ottawa. *M. Akhavi*, COGS
- Geological Workstation Feasibility Study. *Photosur and MIR TEL*
- Trends in Radar Geology - Market Survey. *Horler Information Inc.*
- SAR Exploration Tools. *Touburg Consultants*
- SAR/Geophysics. *W. Moon*, University of Manitoba



Recommandations - Géologie

Présenté par

Vern Singhroy

Coordonnateur PDDR / Géologie

Centre canadien de télédétection

Articles à l'ordre du jour

Court terme

- Problèmes majeurs reliés à la correction géométrique de données
RAS
- Besoin urgent de MNE haute précision pour intégration des données
- Direction de visées orbites ascendants et descendants
- Changements saisonniers des caractéristiques des cibles
- Produits intégrés :
 - RAS + Géophysique / Meilleure interprétation
 - RAS + Géochimie / Potentiel
- Bassin de Sudbury
 - Simulation RADARSAT aéroportée
 - Analyse multi-annulaire détaillée
 - Collaboration plus étroite avec Inco et autres compagnies

Transfert de technologie / Communications / Marketing

- Le CCT pourrait faire davantage¹
- Études de cas et techniques
- Il est essentiel de travailler avec le CGC
- Offrir au milieu de la géologie un plus grand nombre d'ateliers et de cours basés sur les études du CGC et celles des bureaux provinciaux.
- Monter un groupe de travail formel avec les utilisateurs (attributions, mandat, etc.)
- Huit articles à paraître dans l'édition spéciale du Journal canadien de télédétection de janvier 1994

Succès opérationnels

- Structure géologique²
- RAS / cartes géologiques³
- Applications internationales
- Potentiel élevé pour GlobeSAR
- RAS et allochtonie

Questions de recherche

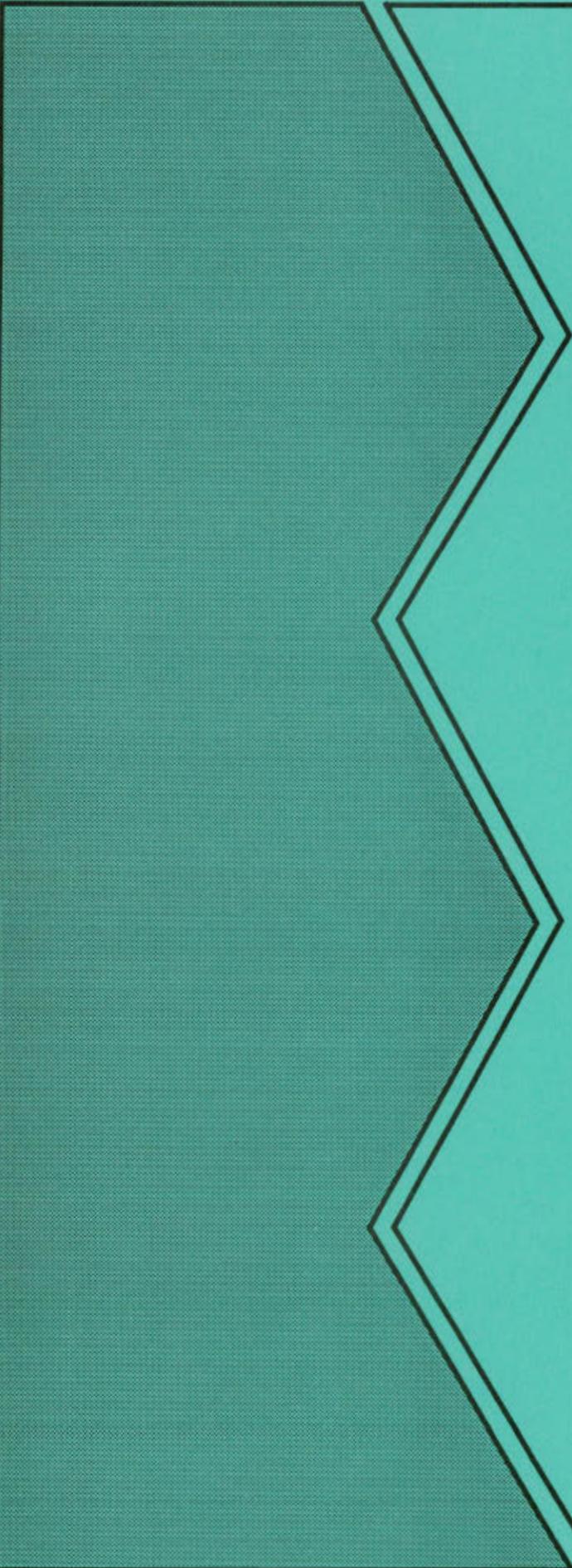
- Propriétés physiques des roches⁴
- Rétrodiffusion et matières superficielles
- Possibilités du RAS stéréoscopique pour la cartographie structurale

¹ Bien que hautement réputé pour sa compétence technique, le CCT, de l'avis des participants à l'atelier, ne s'est pas encore illustré pour sa compétence au chapitre de la commercialisation.

² Le marché pour ce type d'informations est limité.

³ Il semble exister un bon marché pour les représentations cartographiques intégrées. La superposition d'ensembles de données demeure un problème.

⁴ Propriétés diélectriques, notamment en régions arides.



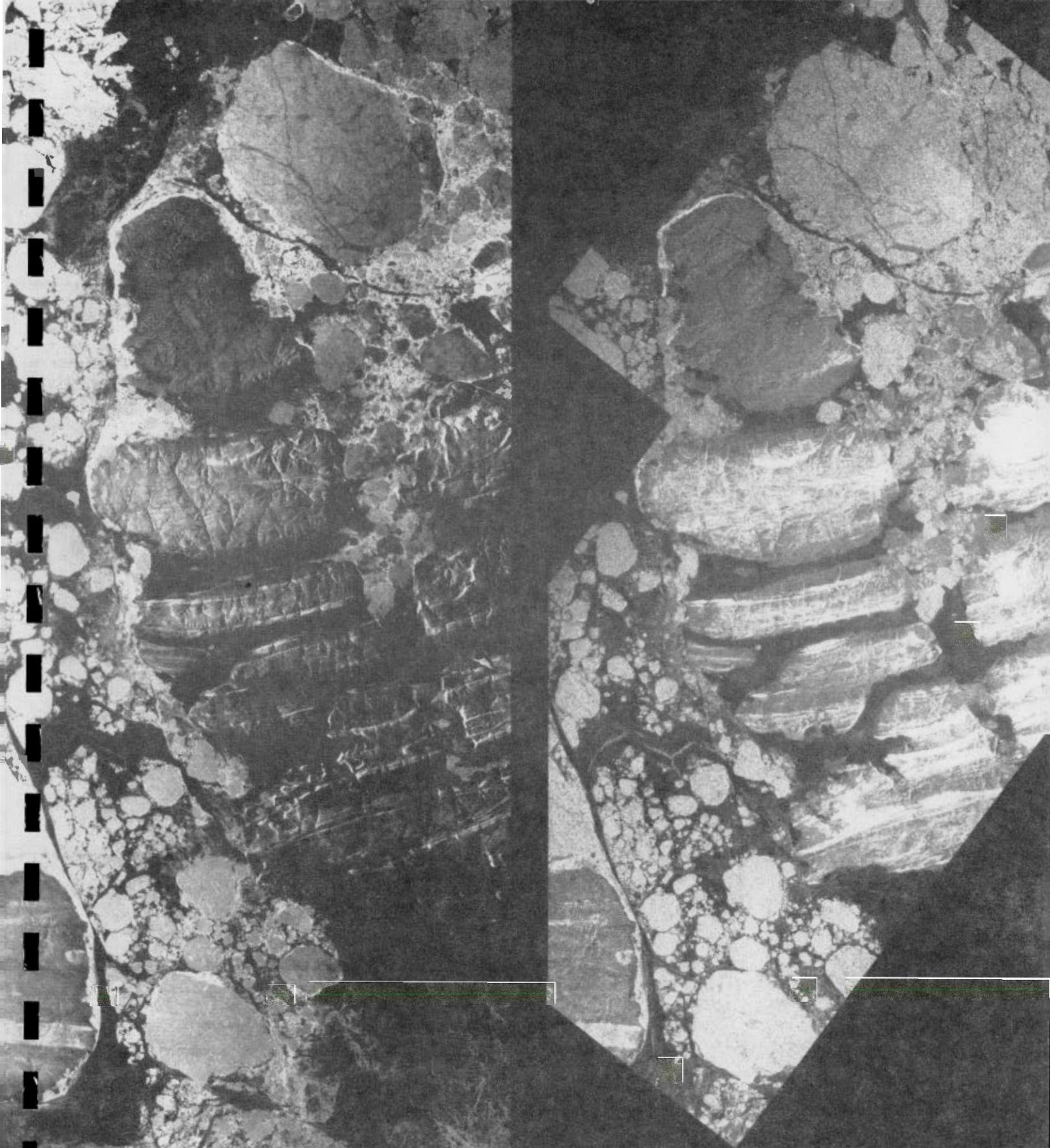
Glaces - Un aperçu

par

Michael Manore

Coordonnateur PDDR / Glaces

Centre canadien de télédétection



L'Arctique

Ces deux images de la même région de l'Extrême Arctique canadien en hiver permettent de comparer le capteur STAR-2 d'Intera (à gauche) au RAS du ERS-1 (à droite) (largeur du couloir = 100 km). Les deux images ont été utilisées pour la navigation dans les glaces lors d'un voyage du M.V. Arctic à l'installation pétrolière Bent Horn sur l'île Cameron (en haut au centre). La glace de plusieurs années est de tons clairs sur les deux images comparativement aux échos foncés de la glace de première année plus lisse (copyright ASE, 1992).

Utilisateurs

- Centre des glaces, Environnement Canada (CGEC)¹
- Garde côtière canadienne (GCC)
- Navigation commerciale/pêcheries/activités côtières
- Autres (sciences, etc.)

Besoins d'informations

- Lisière des glaces²
- Concentration/indices
- Types (épaisseur, âge, propriétés)
- Formation de crêtes de glace
- Mouvement/pression
- Régime historique des glaces (archives)
- Icebergs

- Échelles globales, stratégiques et tactiques³
- Prévisions⁴

Régions d'intérêt (saisonnier)

- Côte est
- Golfe du Saint-Laurent
- Est/Centre Arctique
- Mer de Beaufort

¹ Le Centre des glaces est actuellement le principal acteur parmi les utilisateurs de ce domaine d'activité.

² Les données RAS sont utilisées opérationnellement pour l'obtention des sept premiers types d'informations listées ici.

³ Motivation scientifique, p. ex. : glace, climatologie, études du flux énergétique

⁴ Un délai de restitution rapide est requis; intérêt particulier pour les données en mode ScanSAR RADARSAT

État d'avancement

- Le radar est le capteur le mieux indiqué pour opérer la distinction entre les types de glace (bande X, bande C, polarisation HH).
- Le radar est le seul capteur capable de fournir des informations météorologiques et sur les glaces (nuages, brouillard, obscurité)
- C'est pourquoi le RAS aéroporté et le SLAR sont maintenant utilisés opérationnellement en⁵ :
 - Préviation des glaces (CGEC)
 - Aide à la navigation (p. ex. : GCC, Canarctic, Canmar)
- Infrastructure pour communications et analyse pour prévision opérationnelle des glaces déjà en place (depuis/vers CGEC)
- L'utilisation opérationnelle repose sur l'interprétation visuelle (combinée à d'autres sources d'informations)
- Le volume de données actuel peut (tout juste!) être traité.

Questions en suspens

- L'important volume de données RADARSAT deviendra impossible à traiter (CGEC)
- Questions qui demeurent :
 - Transitions saisonnières⁶
 - Effets de la distance/angle d'incidence (C-HH)
 - Qualité des images ScanSAR
- Produits RADARSAT
 - Spécification de produits
 - Livraison de données/produits à l'utilisateur final/IVA

⁵ Les données ERS-1 RAS sont actuellement utilisées en mode opérationnel dans le Golfe du Saint-Laurent.

⁶ Les conditions d'accumulation nivale présentent un intérêt particulier.

PDDR - Applications dans le domaine des glaces

Objectif

- Effectuer la recherche et le développement et faire les démonstrations nécessaires en vue de préparer à une utilisation optimale des données de télédétection, notamment les données RADARSAT, aux fins de fourniture d'informations fiables sur le comportement et la condition des glaces marines dans les eaux canadiennes.

Orientation

- Contribuer au développement d'utilisations opérationnelles des données RADARSAT aux fins de soutien de la navigation commerciale et des activités côtières au Canada.
- Emphase sur le soutien au CGEC

Objectifs de travail

- **Développement d'algorithmes**
 - Mouvement des glaces
 - Classificateur glace/pas de glace

- **Propriétés des glaces et signatures RAS (bande C)**
 - Participation à des expériences de validation sur le terrain (PIPOR, SIMMS, etc.)
 - Mesures microscopiques de rugosité superficielle (appareil de mesure de rugosité superficielle du CCT)

- **Synergie des données**
 - Radiométrie passive, optique, intégration des données non-imageantes

Approche

- Poursuite du développement d'algorithmes, recherche et coordination avec les intervenants du domaine des glaces/téledétection.

- Mise au point d'un programme *fortement* coopératif avec le CGEC et d'autres laboratoires du gouvernement; adjudication de contrats à l'industrie privée et aux universités.

- Projets conjoints pour le développement d'algorithmes et la conduite d'expériences sur le terrain

- Contribution d'ensembles de données (RAS, optiques, de terrain, rugosité des glaces) pour le milieu de R-D et les établissements d'enseignement.

Principales activités

- 1987-89 Expériences sur le terrain (LIMEX 1987 et 1989) (structure, dynamique, croissance et décroissance des glaces; signatures RAS dans la zone de glace marginale sur le plateau du Labrador).
- 1990 Expérience de Beaufort, 1990 (mouvement des glaces, étalonnage RAS, signatures RAS en bande C de la glace arctique, - menée par CCT/DAD).
- 1990 Développement et mise en oeuvre d'un algorithme opérationnel du mouvement des glaces (contrat donné à l'industrie par CCT et CGEC).
- 1990-92 Participation à l'expérience de surveillance et de modélisation des glaces marines (SIMMS); expérience menée par l'université de Waterloo.
- 1992 Amorce de développement d'un algorithme de classification des glaces (contrat donné conjointement par CCT/CGEC à l'industrie).
- 1992 Campagnes de validation sur le terrain des données ERS-1 pour PIPOR et investigateurs canadiens (AO).
- 1992 Démonstration opérationnelle d'un algorithme du mouvement des glaces avec CGEC.

Groupes de travail⁷

- Groupe de travail canadien sur les glaces (CIWG)
 - Ouvert aux nouveaux membres
 - Ateliers annuels
 - Occasion d'échange d'informations
 - Présidence partagée (gouvernement, universités, industrie)
 - Appelé à devenir un SIG, glaces flottantes, SCMO

- Groupe de travail RADARSAT sur les glaces
 - Objectif de préparation à RADARSAT
 - Concentration sur utilisation opérationnelle
 - Cerner/agir sur les obstacles
 - Amorcer projets de démonstration

Structure à deux volets

- Exécutif (CGEC, ASC, CCT, RSI, GCC)
- Groupe consultatif
(navigation, off shore, recherche, IVA
(approx. 20))

Exemples d'actions

- Ajout du mode SCN à portée distale
- Projet de démonstration sur le golfe (GCC, industrie)
- Traitement SPECAN d'imagerie ERS-1 sur les glaces (algorithme ScanSAR)
- Définition de la circulation/produits de données

⁷ Il existe actuellement un certain nombre de groupes de travail; leur principale activité est l'échange d'informations et la détermination des besoins futurs des systèmes d'information.

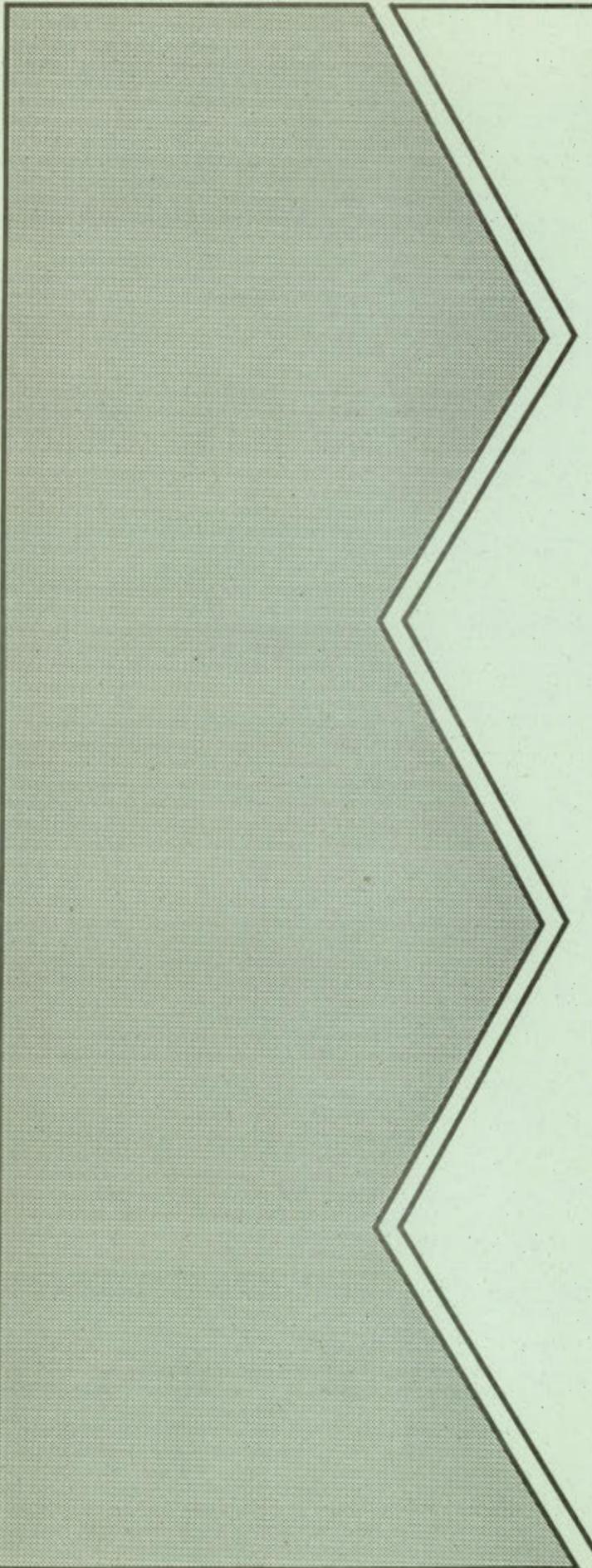
Orientations futures

- Démonstrations de données/produits pour IVA/utilisateurs ultimes
 - Transmission d'images aux navires (Démonstrations golfe, Canarctic)
 - Définition de produits RADARSAT
 - Produits de simulation RADARSAT
 - Qualité de l'imagerie ScanSAR

- Développement d'algorithmes
 - Classificateur de mouvement et glace/pas de glace pour IDIAS-2

- Signatures RAS
 - C-HH et C-VV
 - Angles d'incidence RADARSAT

- Applications RADARSAT internationales
 - Scandinavie



Recommandations - Glaces⁸

Présenté par

Michael Manore

Coordonnateur PDDR / Glaces

Centre canadien de télédétection

⁸ NOTA: les intervenants du domaine des Océans se sont joints au groupe des Glaces pour la séance de l'après-midi (voir aussi "Recommandations - Océans", section suivante.

Présentations / Séance de la matinée

<i>Tom Hirose</i> Noetix Research Inc.	Démonstration opérationnelle Algorithme de poursuite des glaces
<i>David Barber</i> Université de Waterloo	Modélisation de la rétrodiffusion glace/neige
<i>Mohammed Shokr</i> SEA/Downsview	Expérience du Centre des glaces avec ERS-1
Bob Gorman Canarctic Shipping	ERS-1 et navigation tactique
<i>John Falkingham</i> SEA/Glaces	RADARSAT et Centre des glaces, démonstration Golfe
<i>Mike Manore</i> CCT/PDDR	Revue des orientations PDDR

Présentations / Séance de l'après-midi (Glaces et Océans)

<i>David Lapp</i> RADARSAT International	Potentiel d'imagerie RADARSAT et produits à valeur ajoutée
<i>John Falkingham</i> SEA/Centre des glaces	Plans du CGEC pour RADARSAT (circulation des données, produits à valeur ajoutée)
<i>Richard Olsen</i> Satlantic	ACEOS

Discussion

- Oui à l'utilisation des données RADARSAT par le biais du CGEC, mais
...

Aspect technique⁹

- Délai de livraison
 - Acquisition - CGEC (< 3h)
 - Acquisition - utilisateur final (< 6h)
- Communication d'importants volumes de données d'imagerie
 - CGEC --> navires ou aéronef --> navires
- Qualité de l'imagerie RADARSAT
 - c. données aéroportées
 - Glace nouvelle - navigable
(plancher de bruit -18dB)¹⁰
 - Topographie des glaces (angle d'incidence)
- L'important volume de données exigera la mise en oeuvre d'algorithmes d'interprétation automatisée (mouvement, glace-pas de glace)¹¹
- La liaison de télécommunications SRT-CGEC n'est pas encore établie
- Rapport entre signatures RAS et propriétés physiques¹²
- Oui à l'utilisation des données RADARSAT par le biais du CGEC, mais
...

⁹ Les interrogations et principaux obstacles sont d'ordre technique.

¹⁰ Un bon succès a été enregistré avec l'utilisation de données RAS à faible angle d'incidence; les angles d'incidence plus accentués du RAS ERS-1 conviennent moins à la présente application.

¹¹ On s'attend à ce que ces algorithmes soient entièrement mis en oeuvre pour l'ère RADARSAT.

¹² Il existe un besoin évident de poursuivre la R/D fondamentale à ce sujet.

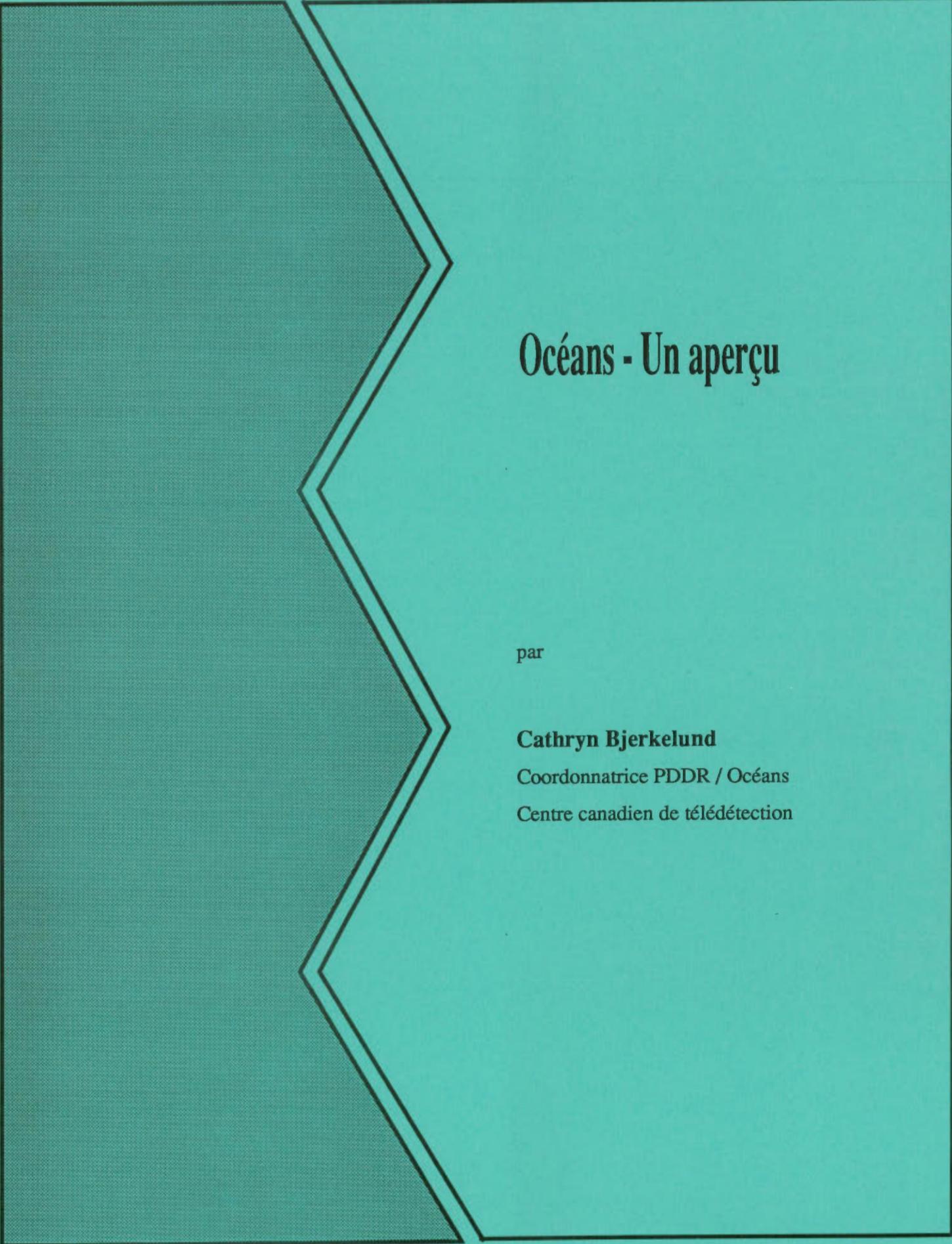
Modalités

- Rôle du CGEC et industries à valeur ajoutée¹³

Orientations futures

- Démonstrations de données/produits pour IVA/utilisateurs ultimes
 - Transmission d'images aux navires (Démo golfe, Canarctic)
 - Définition de produits RADARSAT
 - Produits de simulation RADARSAT
 - Qualité de l'imagerie ScanSAR
- Développement d'algorithmes
 - Classificateur de mouvement et glace/pas de glace pour IDIAS-2
- Signatures RAS
 - C-HH et C-VV
 - Angles d'incidence RADARSAT
- Applications internationales de RADARSAT
 - Scandinavie

¹³ Par rapport à la fourniture de produits de qualité et à prix abordable pour l'utilisateur.



Océans - Un aperçu

par

Cathryn Bjerkelund

Coordonnatrice PDDR / Océans

Centre canadien de télédétection



Nouvelle-Écosse

Les rides sont causés par une succession de tourbillons de von Karman engendrés par l'écoulement de la marée montante sur la bordure rocheuse Quaco submergée sous environ 2 m d'eau. Les entités intéressantes dues au courant sont les rides de marée autour du cap d'Or, de l'île Haute, du cap Chignecto et du cap Enragé (dans l'ordre de bas en haut). De nettes trainées de vent au large de la Nouvelle-Écosse indiquent que le vent soufflait du sud, la rive sud de la baie étant abritée par North Mountain et les vents de vallées prenant la forme de rétrodiffusions accentuées. Une rétrodiffusion accrue est observable plus loin dans la baie à mesure que s'intensifient les courants de marée et est également attribuable au fait que le fond est plus rugueux à cet endroit. L'entité linéaire allongée juste au large du cap Chignecto est probablement attribuable à une surface plus agitée de l'eau s'écoulant sur une barre de gravier dont on connaît l'existence à cet endroit. Remarquer les deux tourbillons bien définis à l'aval du cap d'Or (le gros cap du côté inférieur du cap Chignecto). Dans les terres du côté de la N.-É., l'aéroport à Greenwood, la vallée d'Annapolis et, entre cette dernière et la baie, la crête de North Mountain sont clairement visibles. Les nappes dans la partie extérieure de la baie sont probablement d'origine biologique; elles n'ont été que très peu dispersées parce que le vent était très léger (copyright ASE, 1992).

Objectifs

- Outil opérationnel et de recherche sur les caractéristiques océaniques et côtières et sur les pêcheries
- Conseiller et aider aux initiatives de télédétection
- Préparation à RADARSAT par la mise en oeuvre d'applications spécifiques pour les données du satellite ERS-1 et RAS aéroporté.
- Liaison avec le milieu international et promotion des compétences techniques canadiennes.

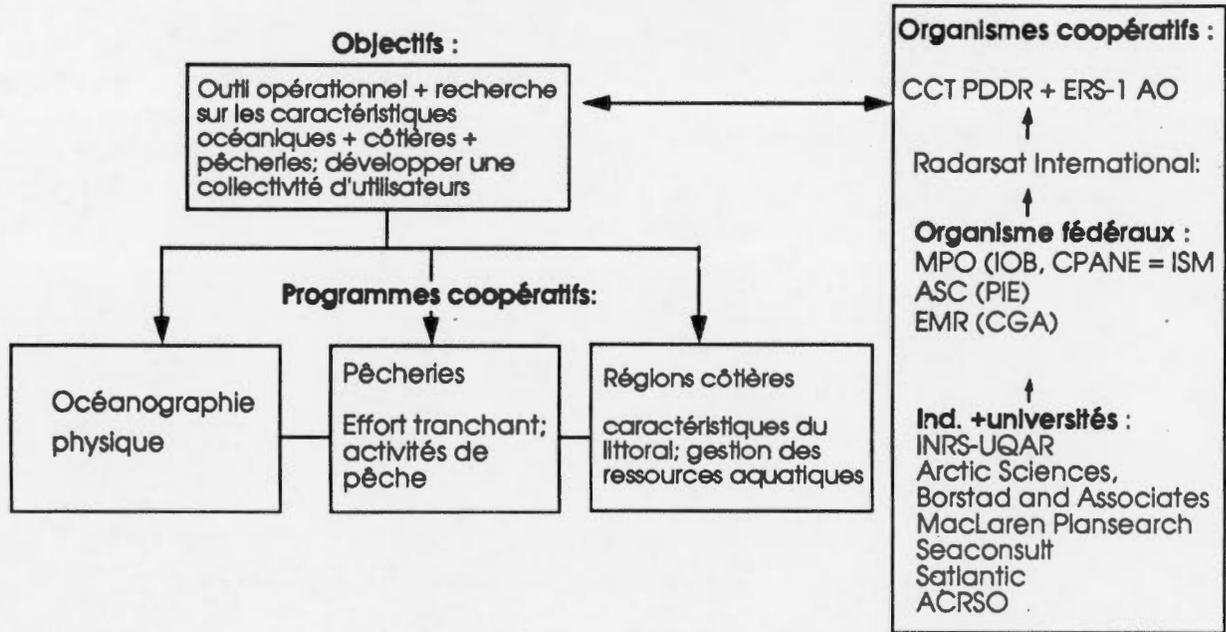
Stratégies

- Activités coopératives avec divers centres et organismes publics et privés.
- Projets de démonstration des données RAS ERS-1 dans le cadre des activités AO pour ERS-1 au CCT.
- Participation aux programmes de transfert de technologies et aux ateliers; promotion de produits à valeur ajoutée.

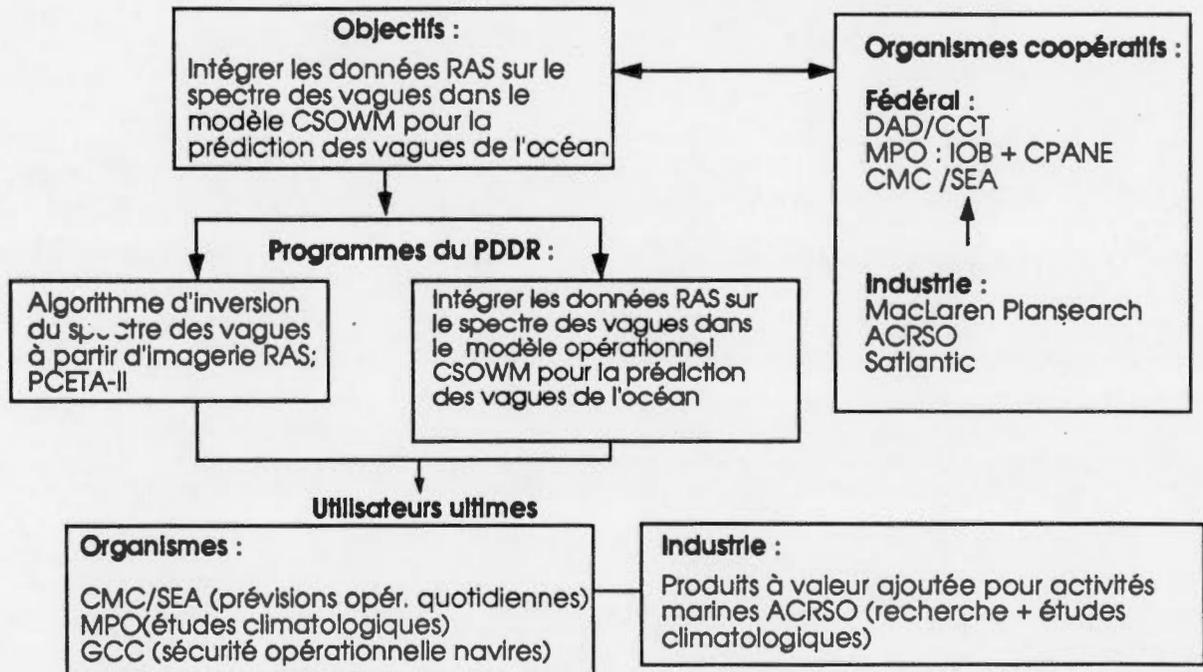
Réalisations

- Algorithme d'inversion de spectre des vagues de l'océan, en collaboration avec IOB et MacLaren Plansearch Ltd.
- Intégration des données RAS sur le spectre des vagues dans le modèle opérationnel de prédiction des vagues de l'océan du SEA (CSOWM)

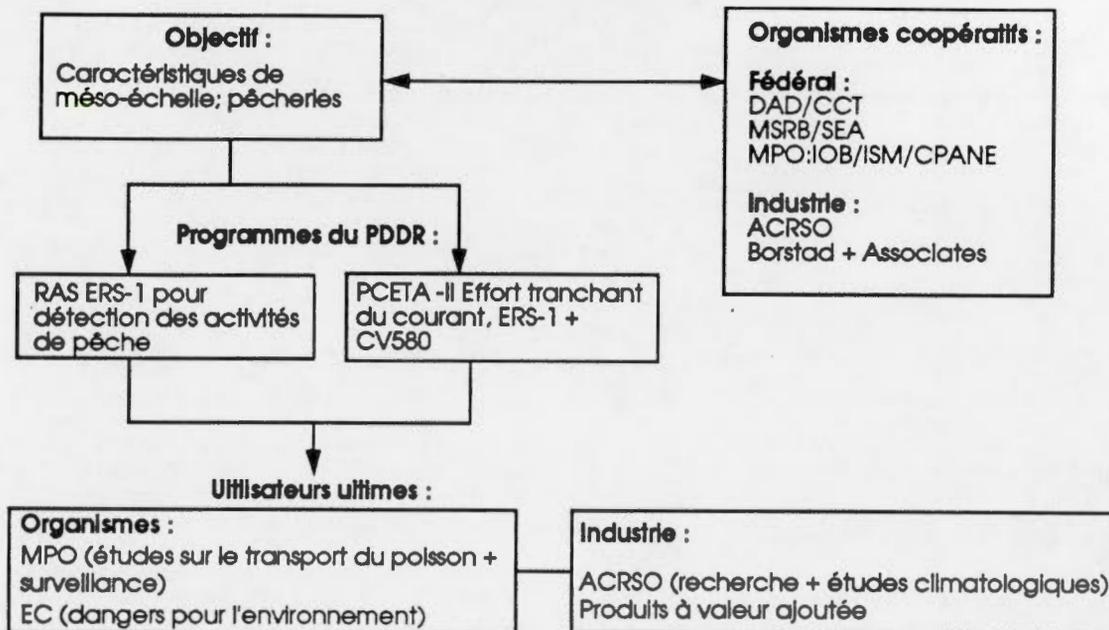
Structure du programme



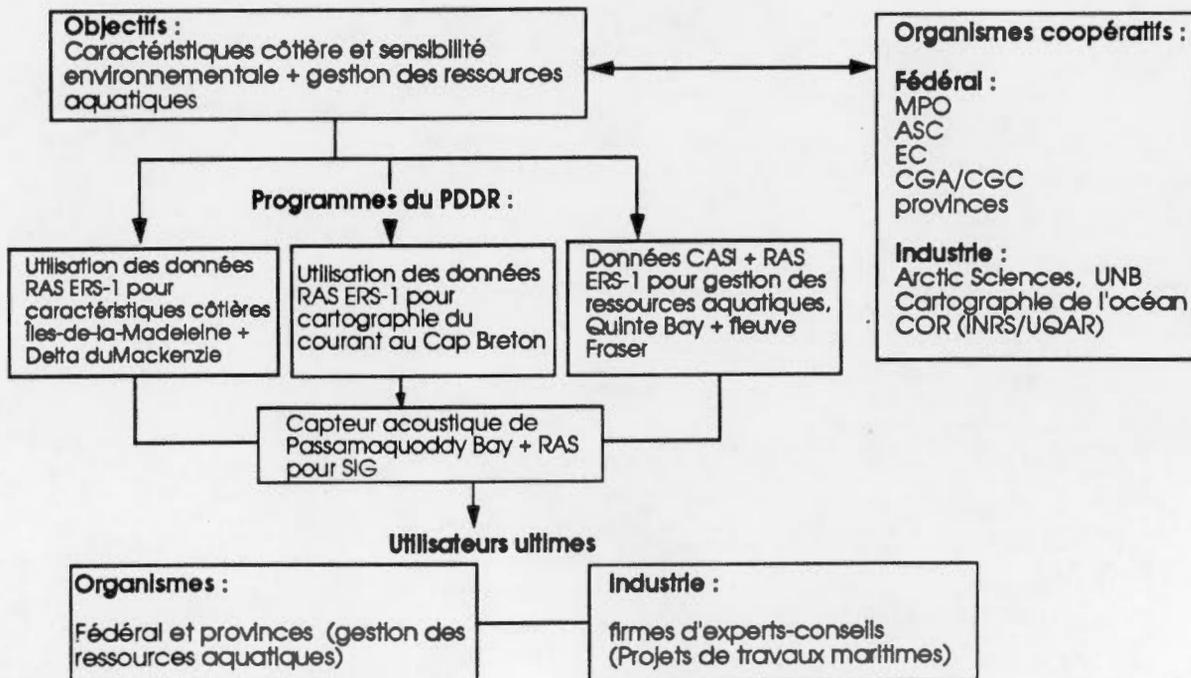
Océanographie physique



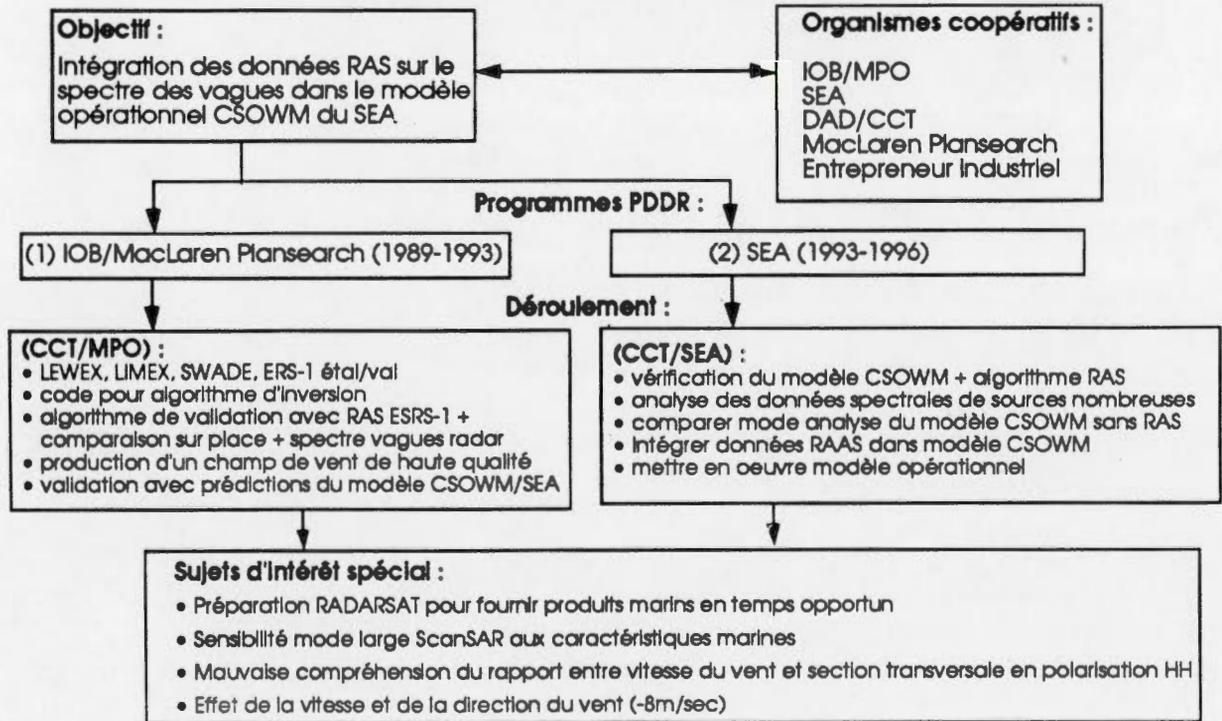
Pêcheries



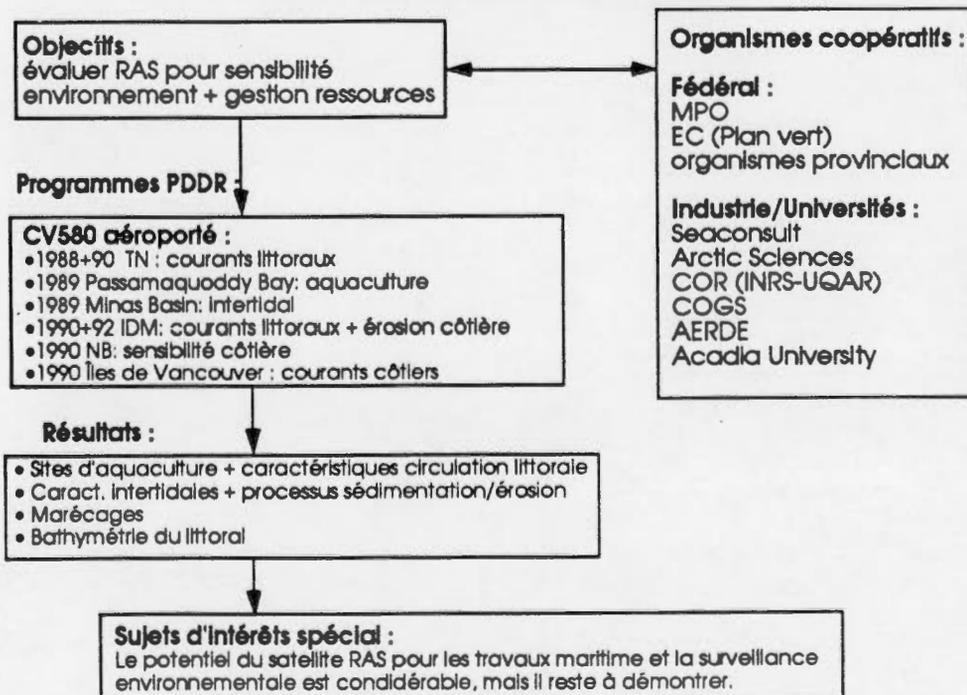
Zones côtière



Intégration des données RAS sur le spectre des vagues dans le modèle CSOWM du SEA



Surveillance côtière

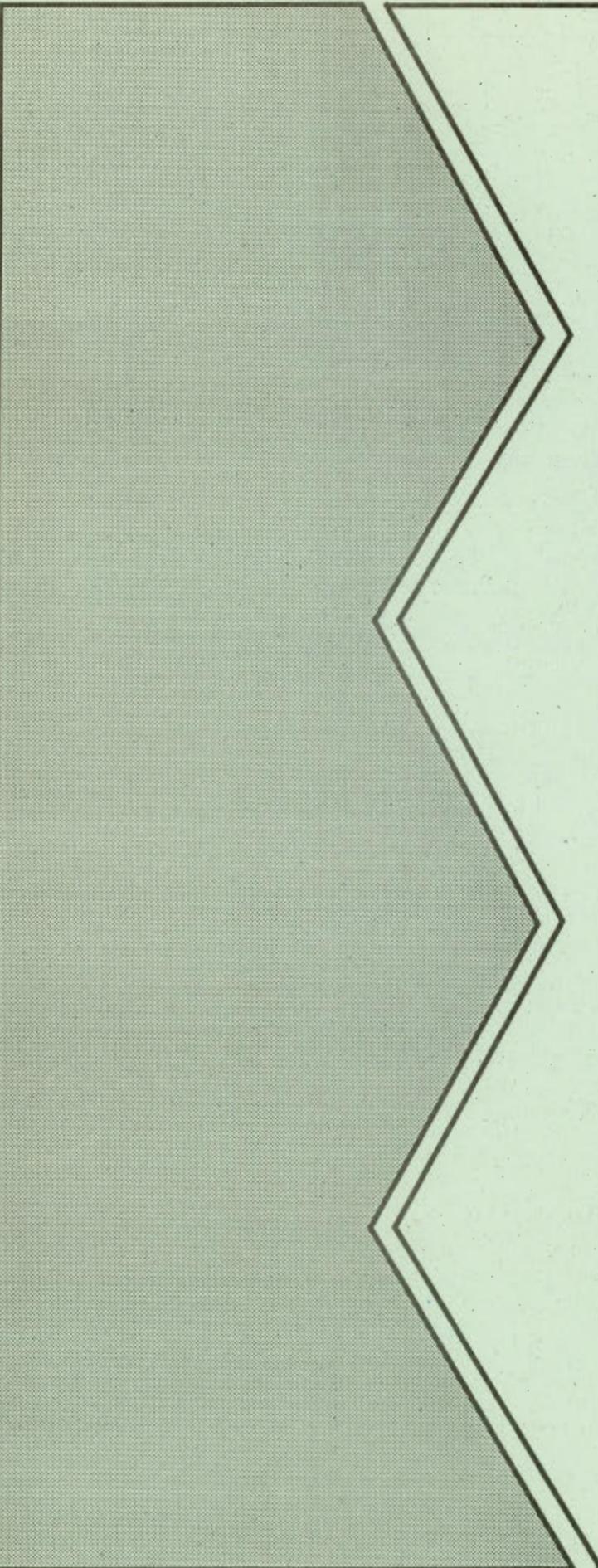


Initiatives futures

- Objectifs
 - Développer l'application de RADARSAT

- Programmes nationaux
 - Surveillance des ressources aquatiques au moyen de CASI, MEISS + RAS
 - Radar HF + ERS-1 pour courants
 - SeaWifs + RAS ERS-1 pour productivité maritime + évaluation des stocks de poisson

- Programme internationaux
 - ERS-1 + RAS aéroporté pour mangliers
 - Détection de déversement pétroliers avec Norvégiens



Recommandations - Océans¹

Présenté par

Cathryn Bjerkelund

Coordonnatrice PDDR / Océans

Centre canadien de télédétection

¹ Nota : la séance de l'après-midi a été tenue avec la participation des intervenants du domaine des glaces.

Programme / Séance de la matinée

- Présentation des participants et de leur domaine d'intérêt

- Travaux présentés
 - *Cathryn Bjerkelund*: ERS-1 et activités RDDP au CCT - *Scott Akenhead* : Activités chez Borstad and Associates
 - *David Fissel* : Activités chez Arctic Sciences
 - *Daniel DeLisle* : Activités au COR (INRS-UQAR)
 - *Pierre Larouche* : Activités à IML/MPO
 - *Fred Dobson* : Activités à IOB/MPO
 - *Howard Edel* : Activités à MPO

Domaines à soutenir

1. Caractéristiques des océans
 - Circulation océanique
 - Courants / remous
 - Vagues internes
 - Délimitation / convergence

Utilisations ultimes :

- Pêcheries / Navigation
- Défense
- Science

2. Modélisation des vagues de l'océan²

- Climatologie des vagues
- Vagues de tempête
- Prévisions régionales des vagues

Utilisations ultimes :

- Travaux côtiers
- Navigation / Pêcheries

3. Régions côtières³

- Vagues et courants
- Brassage des marées
- Régimes littoraux

Utilisations ultimes :

- Travaux maritimes
- Aquaculture
- Action en cas d'urgence environnementale

Commentaire

1. Les données RAS ne peuvent être utilisées isolément; elles doivent être intégrées à d'autres produits pour permettre des analyses approfondies; leur développement doit être plus poussé.
2. Mission multi-capteurs pour RADARSAT-'N' pour mieux répondre aux besoins du domaine des océans (altimètre, diffusomètre)

² Le RAS peut aussi procurer des données utiles pour la modélisation de champs de vent; ceci peut améliorer grandement les prévisions des vents et ajouter au potentiel de développement de produits à valeur ajoutée.

³ Une question qui revient fréquemment en rapport à l'analyse d'imagerie RAS ERS-1 est à savoir si les phénomènes océaniques et atmosphériques sont effectivement observés. Plus d'expérience doit être acquise dans l'analyse de l'imagerie RAS des régions côtières.

Programme / Séance de l'après-midi :

Séance conjointe Glaces / Océans sur les exigences RADARSAT

- Présentations
 - *David Lapp* : Activités chez RSI
 - *John Falkingham* : Activités au Centre des glaces
 - *Richard Olsen* : Activités ACEOS

Discussion

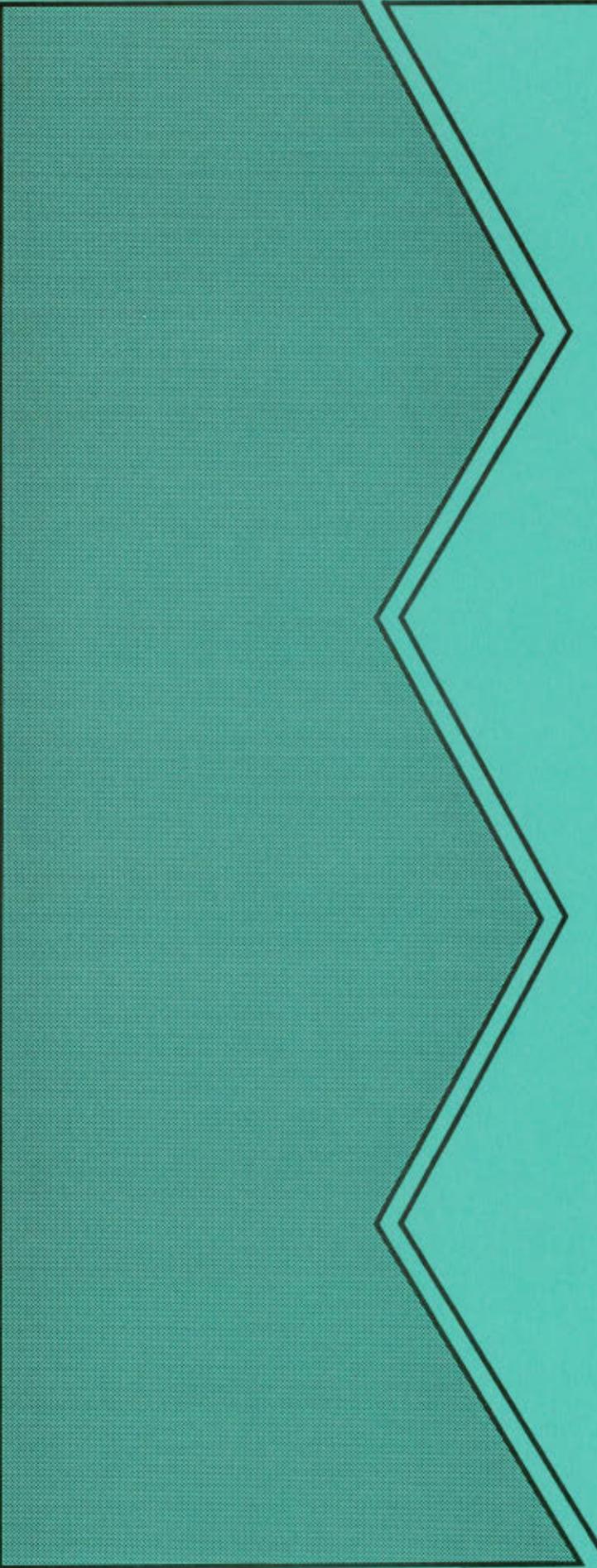
- Livraison des données (format, délais)
- Produits à valeur ajoutée (gouvernement/industrie)
- Scénarios opérationnels pour données de livraison rapide (conflits?)
- Configuration actuelle du processeur (comment répondra-t-il à nos besoins?)

Sujets d'intérêt commun - Domaines des glaces et des océans

- La viabilité de la télédétection marine passe par la satisfaction des besoins dans les domaines des glaces et des océans; contrôle du CGEC.
 - Question : Concurrence gouvernement / IVA
- Le CGEC non disposé à confier la fourniture de services à valeur ajoutée à l'industrie : trois modèles d'interaction CGEC/industrie sont proposés.
 - Besoins d'un mécanisme équitable aux fins de discussion (p. ex. : non-divulgateion)
 - Industrie invitée à proposer des mécanismes de coopération innovateurs
- ACRSO est en désaccord à l'effet que seules les grandes entreprises peuvent concurrencer; les marchés à créneaux sont mieux desservis par les petites entreprises flexibles ou par les consortiums.
- Le plus gros client individuel est le gouvernement; IVA ne doit pas seulement se substituer au gouvernement, mais développer de nouveaux marchés (sur le plan international, p. ex.)

Actions - Groupe de travail sur les glaces et les océans

1. Examiner la possibilité de combiner Glaces et Océans en un seul groupe de travail
2. IVA invité à soumettre des propositions de services coopératifs au CGEC
3. Organiser un forum pour définir les occasions que présentent les produits à valeur ajoutée sur les plans national et international (PDDR, RSI, ASC, IVA)
 - Clarification des rôles respectifs de RSI et de l'industrie concernant la distribution des données et les produits à valeur ajoutée.
4. Le groupe Océans doit proposer un processeur pour produits prioritaires et à valeur ajoutée aux stations de réception pour réduire les coûts des télécommunications (groupe de travail sur les océans)



**Programme RAS aéroporté -
État d'avancement et
nouveaux développements**

par

Laurence Gray

Division de l'acquisition des données

Centre canadien de télédétection

Programme RAS aéroporté : état d'avancement et nouveaux développements

- Rôle du RAS aéroporté
- État d'avancement et nouveaux développements
 - Améliorations depuis la réunion du PDDR de 1990
 - Ce que nous pouvons et ne pouvons pas faire aujourd'hui
 - Ce que l'avenir nous réserve

Rôle du RAS aéroporté

Le RAS C/X du CCT est un matériel de R-D de classe internationale de grande utilité dans les domaines suivants:

- Fourniture de données
 - Développement d'applications existantes
 - R-D de nouvelles applications pour données RAS
- R-D de technologie RAS
- Enrichir l'industrie canadienne et réduire les dépenses du CCT/SLCT
- Soutenir la commercialisation du projet RADARSAT initial par des projets de démonstration tels GlobeSAR
- Soutenir les phases futures du projet RADARSAT en fournissant les installations de R-D pour optimiser le rendement du RAS spatioporté.

Nouveaux développements depuis 1990

- Processeur d'azimut bi-canal (1/2 faisceau)
- Nouvelle caractéristique de compensation de mouvement en temps réel
- Imagerie Quad-pol en bande-C sur deux VPS
- Corrections radiométriques pour toutes les géométries
- Enregistreur de données-images Exabyte (presque prêt)
- Matériel de navigation SNV et SPCM

Choix de configuration RAS

Nouveau choix : Modes "Normal" et "Quad-pol"

<p>Mode Normal</p> <p>Bandes C et X</p> <p>Polarisation habituelle</p> <p>Géométries habituelles</p> <p>etc...</p>

<p>Mode "Quad-pol"</p> <p>Bande C seulement</p> <p>HH et VV plein faisceau</p> <p>ou</p> <p>HH, HV, VV, VH</p> <p>Demi-faisceau</p>
--

Nouveaux développements (non opérationnels)

- Matériel et logiciels d'étalonnage
- Données polarimétriques à bande C
(avec phase inter-canaux)
- Interférométrie
(répétition de piste, lecture transversale et, sous peu, longitudinale)

Développements futurs

- Interférométrie longitudinale
- Magnétophones à enregistrement hélicoïdal (signaux de données)
- Altimètre radar
- Entraînement azimutal amélioré

(remplacement/amélioration de vieil équipement)
(Canal d'ondes kilométriques?)

Résumé de ce qui est possible et impossible

- **Possible**
 - Fournir des données en bande C et X de haute qualité avec flexibilité de géométrie, polarisation, haute résolution, bons délais de restitution, etc.
 - Peuvent être acquises sur site choisi sur demande.
- **Impossible**
 - Fournir des produits calibrés sur une base routinière
 - Fournir des ortho-images ou MNE opérationnellement
 - Fournir des données en bande C toutes polarimétries
- **Solution.....**
 - Transfert de technologie

The CCRS Airborne SAR- More Advances in Remote Sensing Capabilities*

R.K. Hawkins, A.L. Gray, C.E. Livingstone, M.J. Lalonde,
T.I. Lukowski, P.W. Vachon, and P.S. Daleman
Canada Centre for Remote Sensing,
3484 Limebank Road, Ottawa K1A 0Y7
Tel: (613) 998-9060 FAX: (613) 993-5022

Abstract

Since their commissioning in 1986 and 1988, the CCRS C- and X-band SARs have logged several thousand imaging hours in Canada, USA, South America, and Europe. The instruments have undergone a series of upgrades including: polarimetric and interferometric capabilities at C-band, multichannel real-time processing, more flexible geometries, improved navigation, motion-compensation, and recording systems, as well as system changes required to support the new operational modes. This paper reviews these upgrades and presents a user perspective on these new capabilities.

*For circulation at the RDDP Workshop held at Gananoque, Ontario, Jan 26-28, 1993. Based on a paper originally presented at the Canadian Symposium for Remote Sensing June 1-4, 1992.

INTRODUCTION

CCRS operates¹ a Convair-580 aircraft equipped with X- and C-band Synthetic Aperture Radars (SARs). The system was described generally in [7] after the commissioning of the C-band hardware and later when X-band [8] was added. The original systems allowed multi-polarization (HH and HV or VV and VH) simultaneously at X and C-band over a wide range of geometries at two range resolutions and has been the mainstay of radar remote sensing research in Canada for a number of years. The system has provided:

- Data for SAR applications development for example [16, 17, 10, 1];
- Data for R/D in SAR processor development [12];
- Data for development of new SAR modes and technology [3];
- A means for Canadian companies to market advanced airborne SAR data worldwide; and,
- High performance data for assessment in applications of spaceborne and airborne SAR.

Continued international use of the CV-580 is expected to help attract attention and users to RADARSAT, for example through the Globe-SAR project.

This paper provides an update from a user perspective to new system facilities and upgrades since the earlier reviews [7, 8]. The upgrades include: polarimetric and interferometric C-band capabilities; multi-channel real-time processing; more flexible geometries; improved navigation, motion-compensation and recording systems; as well as system changes required to support the new operational modes. Also, CCRS DAD has invested in hardware and in the development of software to help calibrate, process, and analyze the new SAR data products.

¹ Through contracts with *Innotech Aviation* and *Intera*.

MOTION-COMPENSATION AND PHASE-INTEGRITY UPGRADES

From 1990-1992, a major upgrade to the SAR motion-compensation system was designed and implemented under a contract to *MacDonald Dettwiler and Associates* (MDA) of Richmond, B.C. The overall objective of this work was end-to-end phase integrity through the airborne sensor and associated G-SAR ground processor. The motion-compensation system controls two important functions: one related to antenna steering (mainly radiometric in nature); and the other, to data phase corrections (mainly focus and geometric related²). Both functions relate to compensation for excursions from the reference track. Together they have profound effects on the overall image quality including radiometry, phase, and geometry. The improved system features incorporate:

- A great circle reference track model, instead of the damped version of the actual track previously used;
- Adaptive, decreasing memory filters after switch on, instead of the long time constant ones;
- Use of body accelerations to derive excursions from the reference track, as opposed to horizontal frame accelerations;
- Continuous phase projections across the swath, instead of the block projections; and,
- Three-axis (pitch over azimuth over elevation) antenna steering, instead of the two-axis (azimuth over elevation) system.

The resulting system has been shown in flight trials to exceed design limits and significantly outperform the previous implementations.

² Here too, there is secondary coupling to radiometry and of course to the phase of the signal data and down-stream complex data products.

INTERFEROMETRIC MODE

Based on SAR data collected on July 20, 1990, it was shown that interference could be observed by coherently combining pairs of either X- or C-band airborne SAR images from separate passes over the same test site [4]. Repeat-pass interferometry with airborne SAR opens the possibility for temporal coherence studies and differential interferometric SAR experiments with the flexibility afforded by the airborne platform. In this work, a loss of coherence was observed at both C- and X-band for forested areas under light to moderate winds; the height of a building was estimated; and the movement of a radar reflector was measured to an accuracy on the order of one millimetre. The latter experiment reinforced the expectation that differential SAR interferometry, based on data from three or more satellite passes, will, under some conditions, be able to detect and measure changes on the surface of the earth to a fractional radar wavelength scale.

In July 1991, the first dual-antenna interferometric experiment [3] was performed with the Convair 580. Cross-track interferometry for derivation of terrain elevation depends on measurement of the phase difference in the data from a remote target as seen from two receive antennas displaced in the across-track plane. This phase difference can be related to the *incidence angle* at which that target is imaged. This, coupled with the range information implicit in radar measurements, allows a measurement of the height of the target. In the initial assessment of height uncertainty, height noise of 1.5 to 5 m rms was obtained for high resolution (6 m slant range, 0.8 m azimuth) pixels. With more averaging, height noise could be reduced. There is also a possibility of height bias errors which can be reduced or eliminated by using terrain control points.

A second cross-track InSAR flight was flown on February 7, 1992, over the *Kananaskis* and *Three Hills* test sites. In this case, aircraft position was subsequently determined through the use of differential GPS³. Through the use of differential GPS, we hope to be able ultimately to do radar mapping without the benefit of control points. Initial results from the *Kananaskis* test site; contour plots, perspective views

³Global Positioning System, by using an aircraft GPS receiver and three ground receivers at surveyed points, it is possible to refine aircraft position to an accuracy normally less than 10 metres.

etc. are quite encouraging and rival surveys done by traditional methods. It should also be stressed that the synergy that exists with the radar data implicitly registered with a DTM through interferometry, through geocoding and radiometric calibration, is yet to be exploited and represents an important new avenue for applications research.

This mode of imaging is to be regarded as experimental rather than operational due to the complex data analysis required. CCRS expects that the interferometric capability will be transferred to Canadian industry once the proof of concept to operational mapping is achieved.

Later in 1993 we expect to take delivery of a new double antenna structure designed to allow *along-track interferometry*. By comparing the phase of images produced from the two antennas displaced in the along-track direction, it is possible to accurately measure the velocity of targets moving towards or away from the radar. The applications to be investigated initially include measurement of sea ice drift velocities, ocean currents, and some ocean wave parameters.

POLARIMETRIC MODE

The first polarimetric measurements [9] with the CCRS SAR were completed in 1989 when a collaboration with DND/DREO allowed a demonstration/proof of concept implementation at X-band. In polarimetry, the object is to *simultaneously*⁴ collect coherent signal returns, both amplitude and phase, from the same target in all orthogonal polarization combinations: HH, HV, VV, and VH. The idea behind polarimetric measurements is that the complex polarization matrix derived from a target provides a further handle on its classification.

Installation and initial testing of polarimetric capability at C-band was completed in March, 1992. The implementation is similar to the original X-band sys-

⁴Before polarimetry, data collection was possible only when more than one pass was taken. In this case, it is likely that phase coherence between data sets is lost and the required simultaneity is not achieved.

tem with the SAR operated at double PRF and successive transmit pulses interleaved between H and V polarizations. Both like- and cross-polarization signals are simultaneously received for each pulse⁵. A new robust switching network was designed and built by COMDEV for the C-band installation. Calibration studies [14] have shown that reliable calibration could be obtained for the early X-band data using special techniques. Preliminary calibration studies using the C-band polarimeter have shown that the system distortion matrix is diagonal prior to any calibration work demonstrating that the switch and antenna isolation characteristics are indeed very good.

Prototype software for full polarimetric SAR processing exists at CCRS and is under test. Plans to move this capability to a production environment are in an embryonic state at present.

The new switch and interface capability, shown in Fig. 2 also has two interesting side benefits which are not necessarily related to the complex data analysis. These involve double PRF and properties of the RF switch:

1. Simultaneous HH and VV full swath real-time processing at C-band. This involves switching polarization on successive pulses in the normal polarimetric mode, but processing two channels in real time.
2. Double PRF recording with no polarization switching to increase azimuth bandwidth. This will be of interest to users who may be limited by the now almost critical sampling in azimuth, for example in imaging moving targets such as the ocean.

In general, polarimetric and interferometric processing, involve a complex set of post flight data manipulations that cannot be regarded as operational at CCRS. Investigators interested in either capability are therefore encouraged to approach CCRS using a collaborative rather than customer stance.

⁵In the CCRS implementation, four receivers separate the data streams but in principle only two are required.

RECORDING, REAL-TIME PROCESSING, AND CONFIGURATION UPGRADES

In response to requirements for more real-time processing diversity, more versatile data recording and more flexible geometry; three basic changes were made to the system. Figure 1 gives an overview of the new recording and other system architecture features now available.

Dual-channel Processing

CCRS has always had the real-time (7-look⁶) capability to process either receive channel (like- or cross-polarization) from each radar band (X or C). In 1991, we offered for the first time the capability to process simultaneously in real time half-swath data from both receive channels. When polarimetric switching is added, the possibilities increase as given in Table 1.

EXABYTE Recording

To accommodate the need for real-time processed data recording on computer compatible media and cash in on advances in new technology, CCRS contracted *Knudsen Engineering* to complement the existing HDDT recording and formatting to a CEOS compatible [11] exabyte format. Four exabyte tapes are simultaneously produced: one for each of the two real-time processors, and two backups.

The new tape format also includes important ancillary data previously keyed in during transcription: ground speed, mode, polarizations, etc. This system is now being used in parallel with the HDDT recording and when fully commissioned, will replace the image HDDTs.

⁶The real-time formatter originally developed by *Knudsen Engineering*, the Alice Formatter in Fig. 1, also provides a 28-look, half-resolution product by averaging 4 of the original RTD pixels. This product is not available on exabyte.

Flexible Geometry

The initial configuration of the CCRS SARs called for 3 basic imaging geometry modes: *nadir*, *narrow swath* and *wide swath*. Nadir and narrow swath modes had 6 m slant range resolution and wide swath, 20 m resolution with geometries beginning at incidence angles of 45, 0, and 45° respectively. In 1991, CCRS introduced the concept of *variable range gate delay* for these modes so that the near edge of the swath could be arbitrarily placed (and the far edge moved accordingly). This feature allows users to concentrate their data acquisitions as their experiment requires, without straining the radar to meet unrealistic imaging geometries.

NAV SYSTEM UPGRADES

Near the heart of a successful SAR system is its motion detection system. CCRS uses a Litton-92 INS⁷. In 1988, CCRS introduced a universal navigation system (UNS) which Kalman filters the many diverse navigation inputs available to the system: INS, DMEs, Omega, barometric altimeter *etc.* The UNS provides a suite of more accurate parameters which in turn help in both navigating the aircraft and in providing post flight data recovery. The advantages of GPS and differential GPS are being incorporated into the system and the benefit of using these enhanced capabilities in providing input to the SAR motion-compensation system is also being investigated.

Since knowledge of operating altitude is key to SAR geometry; an in-house project to develop an accurate radar altimeter to operate at normal SAR acquisition altitudes was initiated in 1992. This altimeter averages and filters over 256 instances of the nadir return from the SAR compressed pulse to provide an estimate of the true flying height above terrain with an accuracy of 2 m. Noise power is continuously estimated to set realistic thresholds for the nadir return detection process. All altimeter data is recorded on PC-MAID. The altimeter will be integrated into the overall SAR system.

⁷During the mo-comp upgrade, errors in several output parameters of this system were detected and measures were taken to circumvent these.

CALIBRATION

The utility of a sensor for applications development is usually⁸ enhanced by precise calibration. For SAR this involves characterization in terms of phase, geometry, and radiometry.

Radiometry has been stressed at CCRS through *in-situ* measurements of the antenna pattern through a contract to *MPB Technologies* using the NRC radar range facilities in Ottawa and through empirical testing [5]; systematic analysis of the calibration methodology [2, 15]; and in careful tracking of system upgrades. Stabilities to the order of 1 dB are routinely possible; however, work with point targets for precision calibration is recommended. Commercialization of research code developed at CCRS is being planned for 1993; so that users may have access to routinely calibrated products.

Phase [13] and geometric calibration [3] are also being pursued but mainly under the auspices of polarimetry and interferometry.

CONCLUSIONS

The CCRS airborne SAR continues to offer a suite of operational and experimental data collection modes to support the research community in development of radar remote sensing applications. Its wide range of geometry, polarization diversity, phase coherence, interferometric channel, resolution, and site specific coverage capabilities ensure that Canadian researchers can acquire the very best possible data for applications development. In this way, the airborne facility is invaluable for RADARSAT 'readiness', and as a tool to complement experiments and demonstration missions with ERS-1 and RADARSAT data. In many ways, satellites and aircraft are complementary platforms and we would encourage the remote sensing community to access this unique facility through collaboration, technology transfer, and data requests.

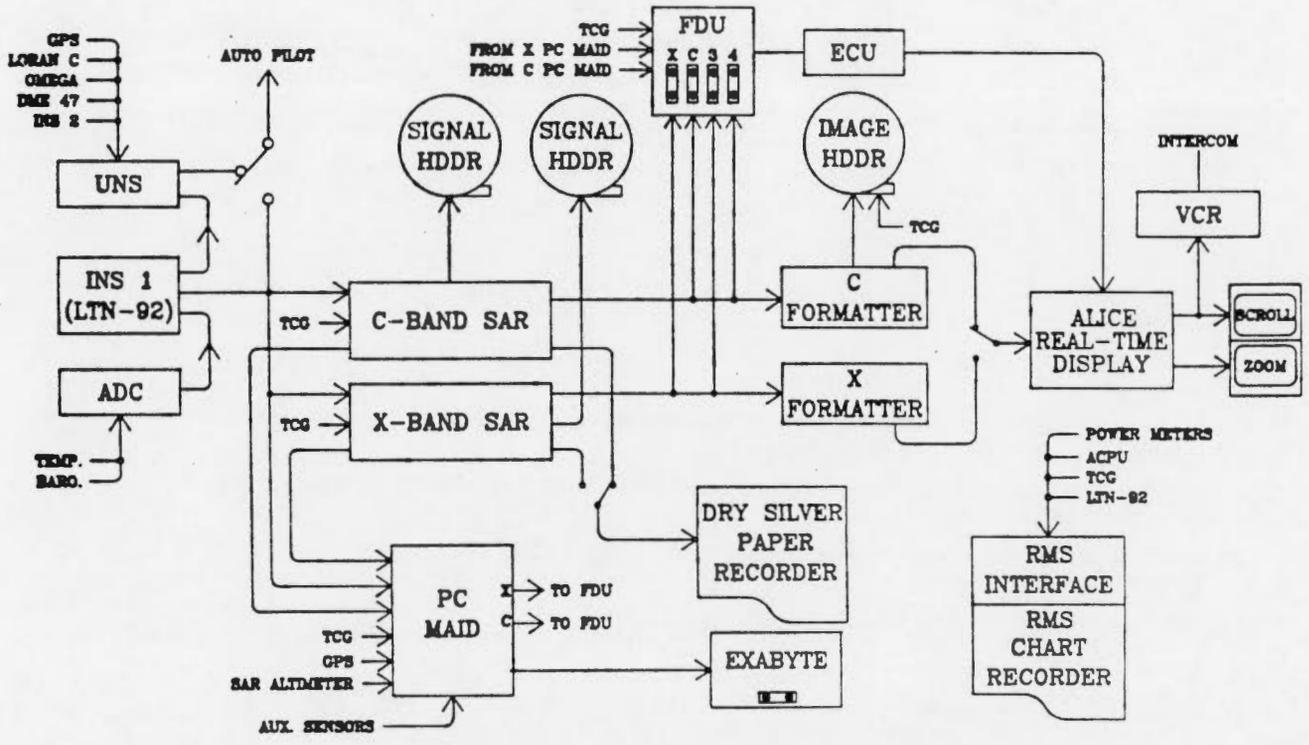
⁸There are of course exceptions, such as certain mapping applications.

Table 1: Real-time Processor/Signal Recording Options.

Polarization Mode	Band	Transmit Pol	Processed Subswath	RTP Processed Pols/ Signal Recorded Pols
Normal	X and/or C	H	Full Near half or Far half	HH or HV HH and HV
		V	Full Near half or Far half	VV or VH VV and VH
Quad-pol	C only	H and V	Full Near half or Far half	(HH or HV) and/or (VV or VH) (HH and HV) and/or (VV and VH)

References

- [1] Brisco, B., R.J. Brown (1990) "Drought stress evaluation in agricultural crops using CHH SAR data", *Can. JRS* 16, No. 3, pp. 39-45.
- [2] Gray, A.L., P.W. Vachon, C.E. Livingstone, T.I. Lukowski, "Synthetic Aperture Radar Calibration using Reference Reflectors", *IEEE TGRS*, vol. 28, No. 3, pp. 374-383, 1990.
- [3] Gray, A.L., K. Mattar, P.J. Farris-Manning "Airborne SAR Interferometry for Terrain Elevation", proceedings *IEEE IGARSS 1992 Digest*, pp. 1589-1591, 1992.
- [4] Gray, A.L., P.J. Farris-Manning "Repeat-Pass Interferometry with Airborne Synthetic Aperture Radar", to be published *IEEE GSRS*, Jan., 1993, 20p.
- [5] Hawkins, R.K., "Determination of Antenna Elevation Pattern for Airborne SAR Using the Rough Target Approach", *IEEE TGRS* 28, No. 5, pp. 896-905, 1990.
- [6] Hawkins, R.K., A.L. Gray, C.E. Livingstone, M.J. Lalonde, T.I. Lukowski, P.W. Vachon, "The CCRS Airborne SAR- Advances in Remote Sensing Capabilities", Proceedings of the 15th Canadian Symposium on Remote Sensing, June 1-4, Toronto, pp. 499-505, 1992.
- [7] Livingstone, C.E., A.L. Gray, R.K. Hawkins, J.G. Halbertsma, R.A. Deane, R.B. Olsen (1987) "The CCRS C-band Radar - System Description and Test Results", (1987) in *Proceedings of the 11th Canadian Symposium on Remote Sensing*, Waterloo, Ontario, June 22-25, pp. 503-518.
- [8] Livingstone, C.E., R.K. Hawkins, A.L. Gray, R.B. Olsen (1988) "CCRS C/X Airborne Synthetic Aperture Radar: An R and D Tool for the ERS-1 Time Frame", *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 3, No. 10, pp. 11-20.
- [9] Livingstone, C.E., T.I. Lukowski, M.T. Rey, J.R.C. Lafontaine, J.W. Campbell, R. Saper, and R. Wintjes, (1990) "CCRS/DREO Synthetic Aperture Radar Polarimetry: Status Report", in *IGARSS'90*, pp. 1671-1674.
- [10] Livingstone, C.E., and M.R. Drinkwater (1991) "Spring Time C-Band SAR Backscatter Signatures of Labrador Sea Ice: Measurements vs Modelling Predictions", *IEEE TGRS* 29, No. 1, pp. 29-41.
- [11] Park, W. "C/X SAR RTD CEOS Compatible Tape format", CCRS Technical Document, STD-TM-91-741, 30p, 1992.
- [12] Raney, R.K., and P.W. Vachon, "A Phase Preserving SAR Processor", Proc. *IGARSS'89/12th Canadian Symposium on Remote Sensing*, Vancouver, Canada July 10-14, 1989, pp. 2588-2591.
- [13] Touzi, R., C.E. Livingstone, T.I. Lukowski, J.R.C. Lafontaine (1991) "External Calibration of the CCRS polarimetric SAR with Extended and Point Targets", in *Proceedings of the CEOS SAR Calibration Workshop*, DLR, October, 1991.
- [14] Touzi, R., C.E. Livingstone, J.R.C. Lafontaine, T.I. Lukowski "Consideration of Antenna Gain and Phase Patterns for Calibration of Polarimetric SAR Data", submitted to *IEEE TGRS*.
- [15] Ulander, L.M.H., R.K. Hawkins, C.E. Livingstone, and T.I. Lukowski (1991) "Absolute Radiometric Calibration of the CCRS SAR", *IEEE TGRS* 29, No. 6, pp. 922-933.
- [16] Vachon, P.W., R.B. Olsen, C.E. Livingstone, and N.G. Freeman (1988) "Airborne SAR Imagery Of Ocean Surface Waves Obtained During LEWEX: Some Initial Results", *IEEE TGRS*, Vol. 6, No. 5, pp. 548-561.
- [17] Vachon, P.W., and R.K. Raney, "Resolution of the Ocean Wave Propagation Direction in SAR Imagery", *IEEE TGRS*, vol. 29, No. 1, pp. 105-112.



CV 580 SAR DATA ACQUISITION SYSTEM

Figure 1: SAR System Configuration.

This figure shows the new system features of the upgraded SAR including the UNS and the recording of RTP data on HDDR and/or Exabyte.

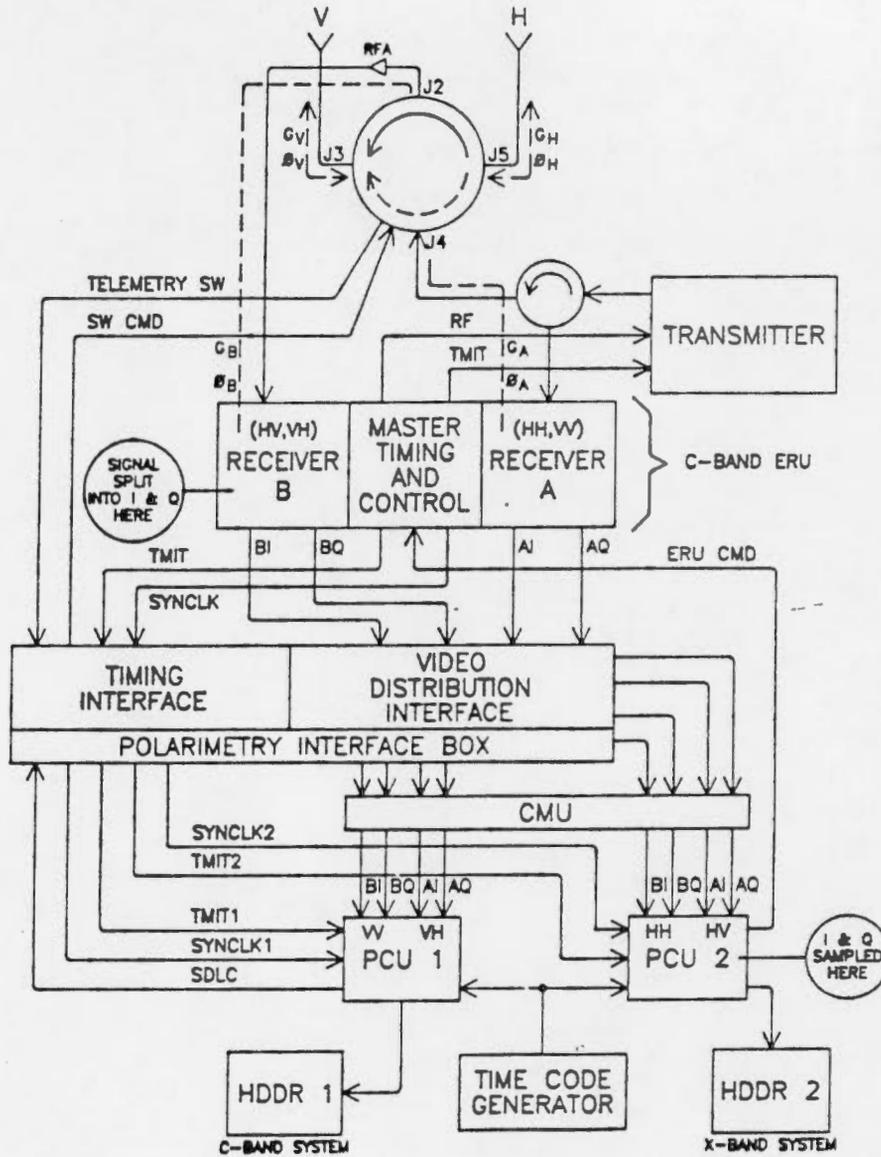
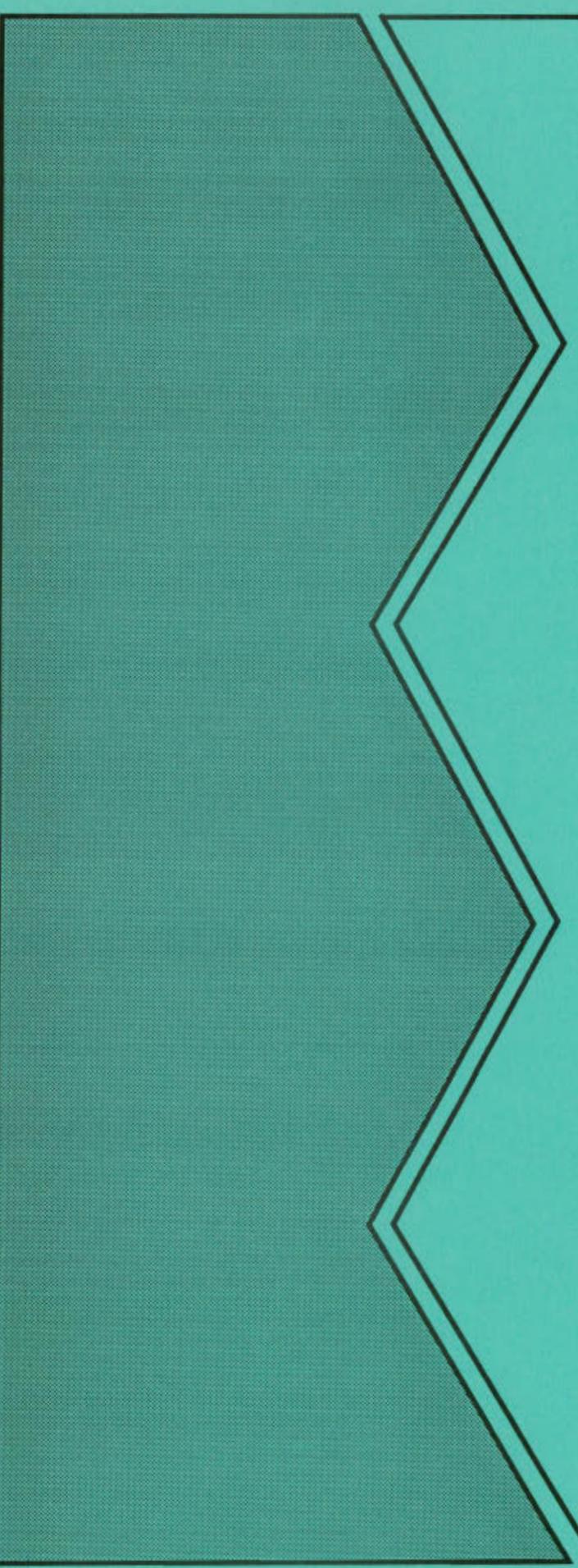


Figure 2: Polarimetry Switch.

This figure shows the signal path for the new C-band polarimetry switch. The switch is activated by a controller for each PRI, and directs the transmitter pulse to one of the antennas for transmission and the received signals from both antennas to the appropriate receivers. In polarimetric mode, the PRF is doubled and the transmit polarization is alternated between H and V.

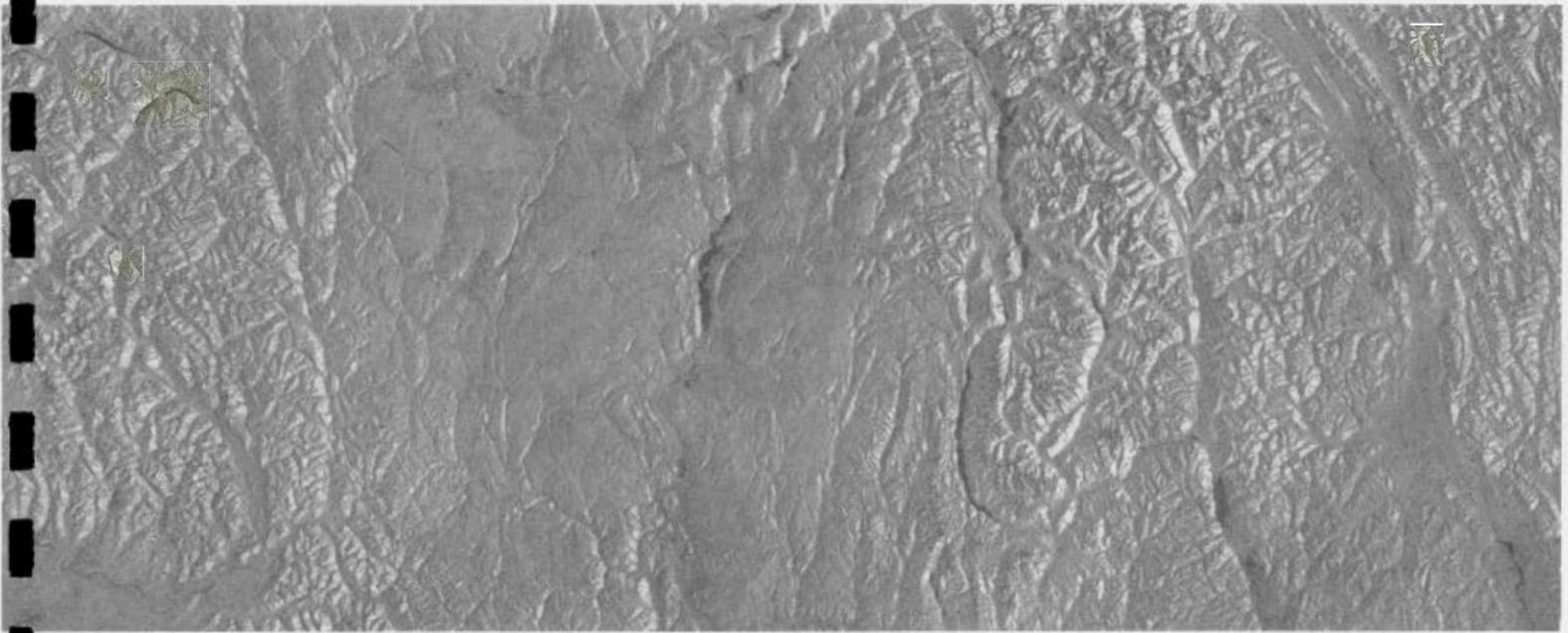


Étalonnage géométrique d'images RAS spatioporté

par

Bert Guindon

Centre canadien de télédétection



Colombie-Britannique Méridionale

Cette mosaïque a été créée en fusionnant des données de 53 scènes du ERS-1 acquises lors de passages descendants entre le 17 avril et le 25 août 1992. Chaque scène a fait l'objet d'une correction géométrique à l'aide de données d'un modèle altimétrique numérique (DMAN) de niveau 1. La zone s'étendant de 49° à 51° de latitude nord et de 114° à 124° de longitude ouest englobe la ville de Vancouver (à l'angle inférieur gauche) et toute une gamme de régions topographiques dont les montagnes Rocheuses, la vallée de l'Okanagan et les chaînes Côtières. La ville de Calgary se trouve à l'angle supérieur droit où la transition entre le piedmont et la prairie plus plane est apparente (copyright ASE 1992).

Étalonnage géométrique

Le procédé complet de production d'ortho-imagerie échantillonnée régulièrement sur une projection cartographique¹

Principales sources d'erreurs géométriques en imagerie spatiale²

- Éphémérides des engins spatiaux ~ 1 km
- Attitude ~ 100 m
- Précision du contrôle au sol - 10 à 50 m
- Parallaxe de terrain / fonction du capteur

Importance comparée du parallaxe de terrain

- Facteur d'échelle topographique (FET)
 - Déplacement horizontal apparent par erreur verticale unitaire³

Capteur	Configuration	FET
LANDSAT		0.075
SPOT HRV	2 DEGRÉS	0.041
	15 DEGRÉS	0.307
	27 DEGRÉS	0.599
RADARSAT	STANDARD (N)	2.32
	STANDARD (F)	0.96
	STANDARD (N)	1.80
	STANDARD (W)	1.50

¹ Le CCT oeuvre à la correction géométrique opérationnelle depuis longtemps déjà.

² Le développement de produits opérationnels et conviviaux pour RADARSAT constitue une occasion pour les entreprises du secteur privé et leurs clients.

³ Noter la marge d'erreur relativement importante pour le RAS spatioporté (>1).

Principales sources de données numériques d'élévation pour terrains de grandes surfaces

- **ETOPO-5**
 - Globale
 - Échantillonnage 5 arcs minute
- **Carte numérique du monde**
 - Global
 - Échelle 1:1 000 000
 - Échantillonnage 0,5 à 1,0 km
- **Données numériques d'élévation de terrain (DNET)**
 - Régions choisies (15-20 % du Canada, É-U. au complet)
 - Échelle : 1:250 000⁴

Erreurs de géocodage associées aux erreurs de DNET⁵

MODE RADATSAT	ERREUR DE RÉOLUTION	
	AZIMUT	DISTANCE
STANDARD (N)	1.59	2.23
STANDARD (F)	1.59	1.87
SCANSAR (N)	0.89	1.03
SCANSAR (W)	0.44	0.50

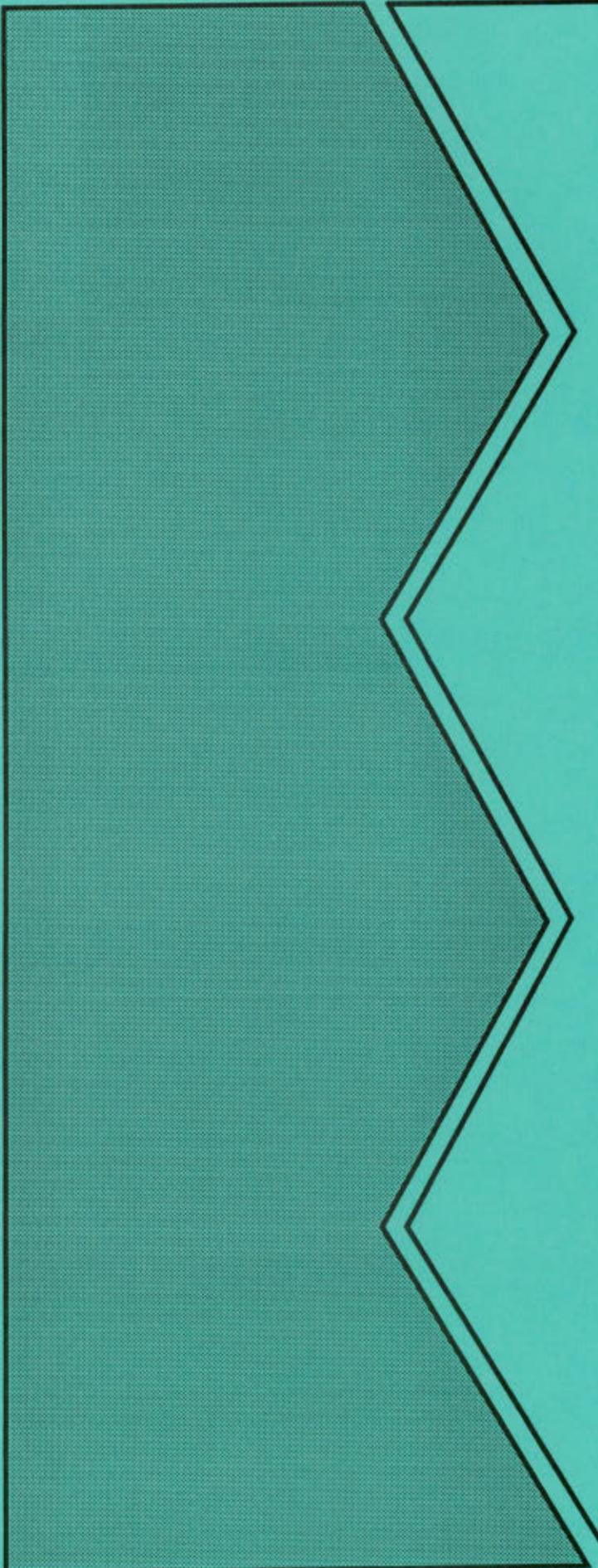
⁴ Noter que les MNE ne sont pas disponibles à faibles résolutions sur une bases globale.

⁵ Les erreurs sont de l'ordre de 50 m dans chaque dimension avec de bonnes données de point d'appui; l'erreur d'élévation réelle est importante.

Questions en rapport avec l'interprétation de scènes géométriquement étalonnées

- Nature du couplage entre l'étalonnage radiométrique et géométrique
- Inhomogénéité des caractéristiques spatiales dans l'imagerie géométriquement étalonnée
- Limites imposées à l'imagerie étalonnée par des données auxiliaires utilisées dans le processus d'étalonnage⁶

⁶ La principale raison de cette limite est l'insuffisance de MNE détaillés.



**Guide d'initiation à
l'étalonnage d'images
RAS ERS-1**

par

Chuck Livingstone

Division de l'acquisition des données

Centre canadien de télédétection

Exigences pour l'étalonnage d'imagerie RAS

- Mesurer les propriétés physiques de la couverture du terrain à partir d'images RAS
- Comparer les signatures de la couverture du terrain en différents lieux et différents moments
- Combiner les mesures tirées d'images RAS à d'autres informations spatiales des bases de données permanentes (SIG)
- Cartographie
- Algorithmes d'extraction automatique d'informations

Étalonnage d'images RAS

- Qu'est-ce que c'est?
- Pourquoi faire?
- Comment faire?
- Limites et problèmes
(en ingénierie, rien n'est gratuit)

Éléments d'étalonnage

1. Corriger les effets d'instrumentation sur les données-images

- Correction des effets géométriques du capteur et d'imagerie
 - Correction du diagramme de rayonnement RAS
 - Correction des pertes par étalement

- Correction d'imagerie
 - Deux plans de présentation d'image
 - distance-temps (coordonnées radar naturelles)
 - distance au sol (projetée sur un ellipsoïde)

- Correction du gain du groupe-capteur
 - Correction composite pour :
 - Puissance de l'émetteur
 - Gain du récepteur
 - Gain du processeur

2. Corriger les effets du relief du terrain dans les données-images

- Requier un MNT

- Correction radiométrique
 - Correction de pente de terrain

- Correction géométrique
 - Position planimétrique de distance-temps et hauteur de terrain

Images RAS : Données générales

- Les radars mesurent la distance entre le radar et la cible (distance-temps)
 - Le système de coordonnées naturelles pour les images radar est le plan distance-temps

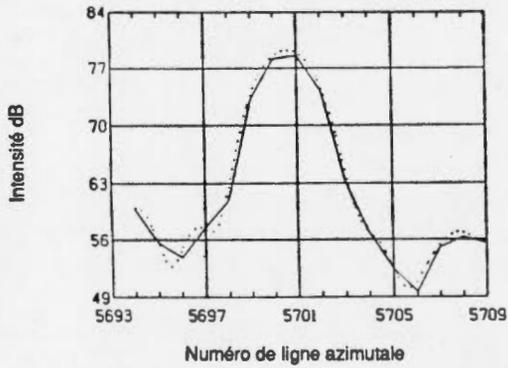
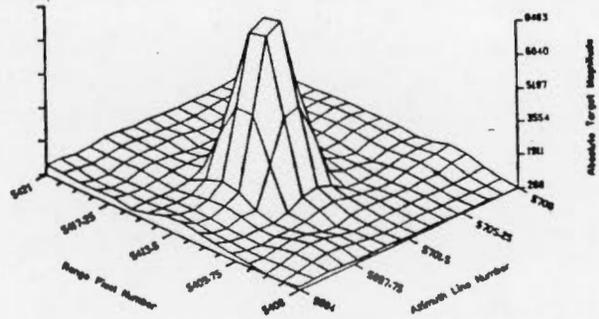
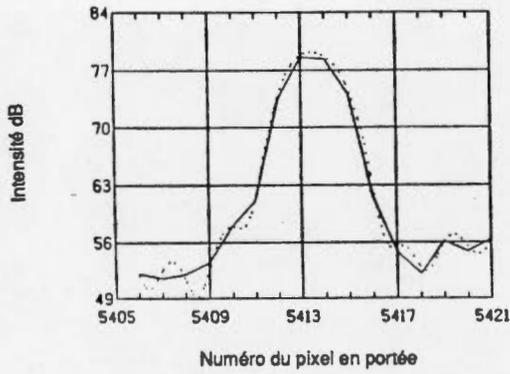
- Résolution du radar en portée = largeur de réponse impulsionnelle en portée
 - Déterminée par la largeur de bande du radar et par le processeur
 - Fondamentale au contenu informationnel d'une image

- Résolution RAS en azimut = largeur de réponse impulsionnelle en azimut
 - Déterminée par la largeur de bande en azimut (doppler) et par le processeur
 - Valeur minimum : la 1/2 de la longueur de l'antenne à 1 visée
 - Fondamentale au contenu informationnel d'une image

- Une image RAS numérique est un assemblage de données de sortie d'un processeur RAS
 - Le nombre d'échantillons n'est pas simplement relié au contenu informationnel de l'image
 - L'intervalle entre échantillons en portée < résolution en portée
 - L'intervalle entre échantillons en azimut < résolution en azimut
 - Les intervalles entre échantillons sont appelés "espacement des pixels".

- Une image RAS combine les propriétés physiques du terrain et la géométrie du radar et imageante

Analyse des crêtes UNIDISK 22 juillet 1992



STATISTIQUES DE CRÊTES	
données d'entrée	
minimum	
maximum	
emplacement de la crête	
pixel	
PSLR (azimuth)	
données interpolées	
portée 3dB largeur (m)	
azimuth 3dB largeur (m)	
réponse intégrée	
rectangle équivalent	
longueur en portée rectangle	
longueur en azimuth rectangle	

Stirlingville, 1^{er} novembre

Correction des effets géométriques du RAS ERS-1 et du processeur RAS

Données de sortie étalonnées : section efficace en radar normalisée, σ^0 Image

- Les paramètres physiques dépendent de la couverture du terrain, des conditions environnementales et de l'angle d'incidence.

$$\sigma^0(x,y) = (D_{N_{xy}}^2 - D_{N_n}^2) \sin(\theta(x,y)) \left(\frac{r_{x,y}}{R_0^3} \right) \frac{1}{K}$$

- Coordonnées-image : y portée
x azimut
- Données numériques :
- Magnitude d'image D_N
- Plancher de bruit d'image D_{Nn}
- Angle d'incidence local
(à l'élément de terrain
cartographié en x,y) $\theta(x,y)$
- Portée oblique du
point-image (x,y) $R(x,y)$
- Portée oblique référentielle R_0
- Constante d'étalonnage contenant
les données d'équation du radar
et le gain du processeur K
(spécifique au produit-image)

Produits-Images du processeur de la Station de Gatineau

- Images RAS à référence géographique haute résolution (SGF)
 - Détection par visées multiples (3.3)
 - Projection dystopographique (sur géoïde au niveau de la mer)
 - Résolution en portée 30 m
 - Résolution en azimut 30 m
 - Espacement des échantillons en portée 12,5 m
 - Espacement des échantillons en azimut 12,5 m
 - Cellules de distance dans le faisceau 8000

- Détection par visées multiples (MLD)
 - Projection portée-sol ou portée oblique
 - Résolution en portée

sol	30,0 m
oblique	13,0 m
 - Résolution en azimut

30m	
-----	--
 - Espacement des échantillons en portée

sol	12,5 m
oblique	7,9 m
 - Espacement des échantillons en azimut

sol	12,5 m
azimut	4v/PRF ¹
 - Cellules de portée dans le faisceau

sol	8000
oblique	6250

¹ Données tirées du rapport d'ordre d'exécution du RAS - doivent être requises.

Processeur de la Station de Gatineau

Les images RAS traitées sont projetées sur un modèle géoïde au niveau moyen de la mer

- Modèle ellipsoïde Goddard (Géoïde GEM-6)

$$R_e = R_{ee} \sqrt{\frac{\cos(\lambda)^2 + \left(\frac{R_{ep}}{R_{ee}}\right)^4 \sin(\lambda)^2}{\cos(\lambda)^2 + \left(\frac{R_{ep}}{R_{ee}}\right)^2 \sin(\lambda)^2}}$$

R_e = rayon terrestre à la latitude λ en m

R_{ee} = rayon terrestre à l'équateur 6 378 144 m

R_{ep} = rayon terrestre aux pôles 6 356 759 m

Les portées de balayage courtes et longues dans l'en-tête de la BCO sont définies du satellite au géoïde.

Les latitudes et longitudes courtes, moyennes et longues de balayage pour chaque ligne de portée sont définies sur le géoïde dans l'en-tête de la BCO.

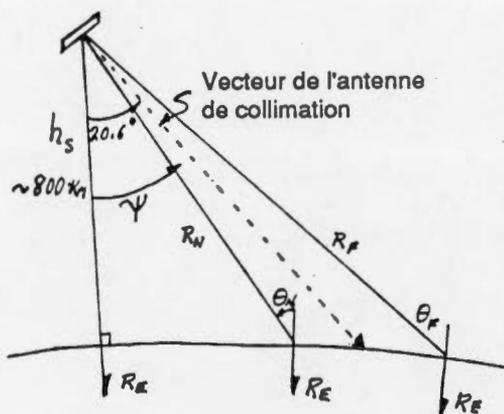
L'espacement des échantillons de distance-sol est défini sur le géoïde.

Les projections de portée-sol sont calculées sur le géoïde à partir d'images de portée oblique par la transformation $(\sin(\theta_o))^{-1}$, (θ_o étant l'angle d'incidence des points d'échantillonnage de portée oblique sur le géoïde) et sont rééchantillonnées à 25 m à l'aide d'un interpolateur d'ajustement des courbes.

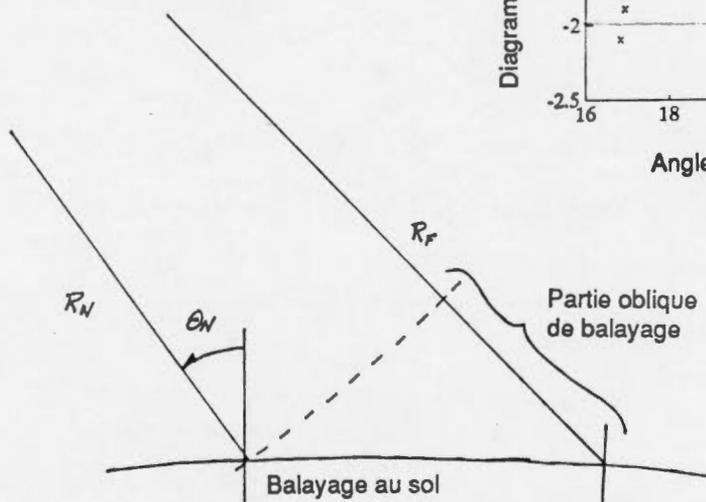
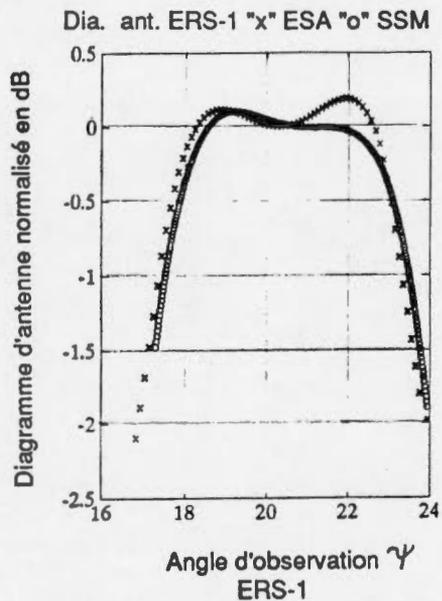
Le déplacement des points-image va selon la hauteur du terrain $h/\cos(\theta_o)$.

L'étalonnage des données RAS est la transformation des valeurs numériques d'échantillons d'images traitées dans le plan de portée oblique du radar (ou dans une projection de géoïde) en assemblage planimétrique de paramètres géophysiques.

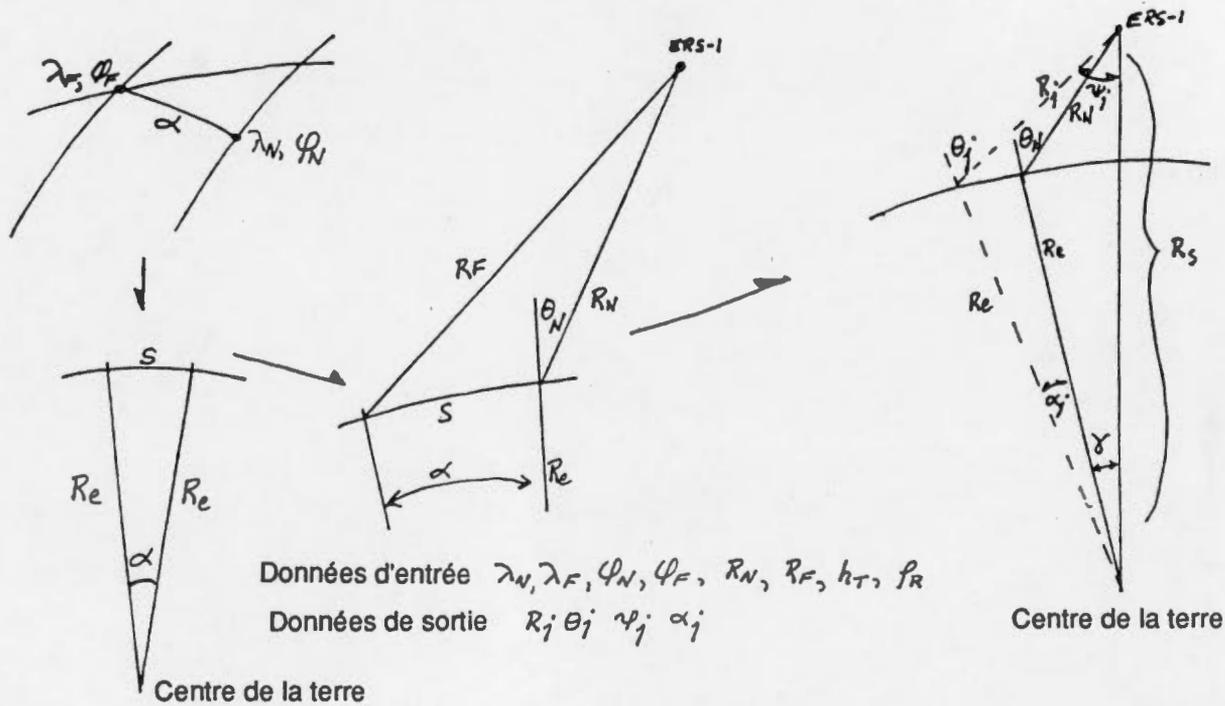
Géométrie de l'imagerie RAS ERS-1



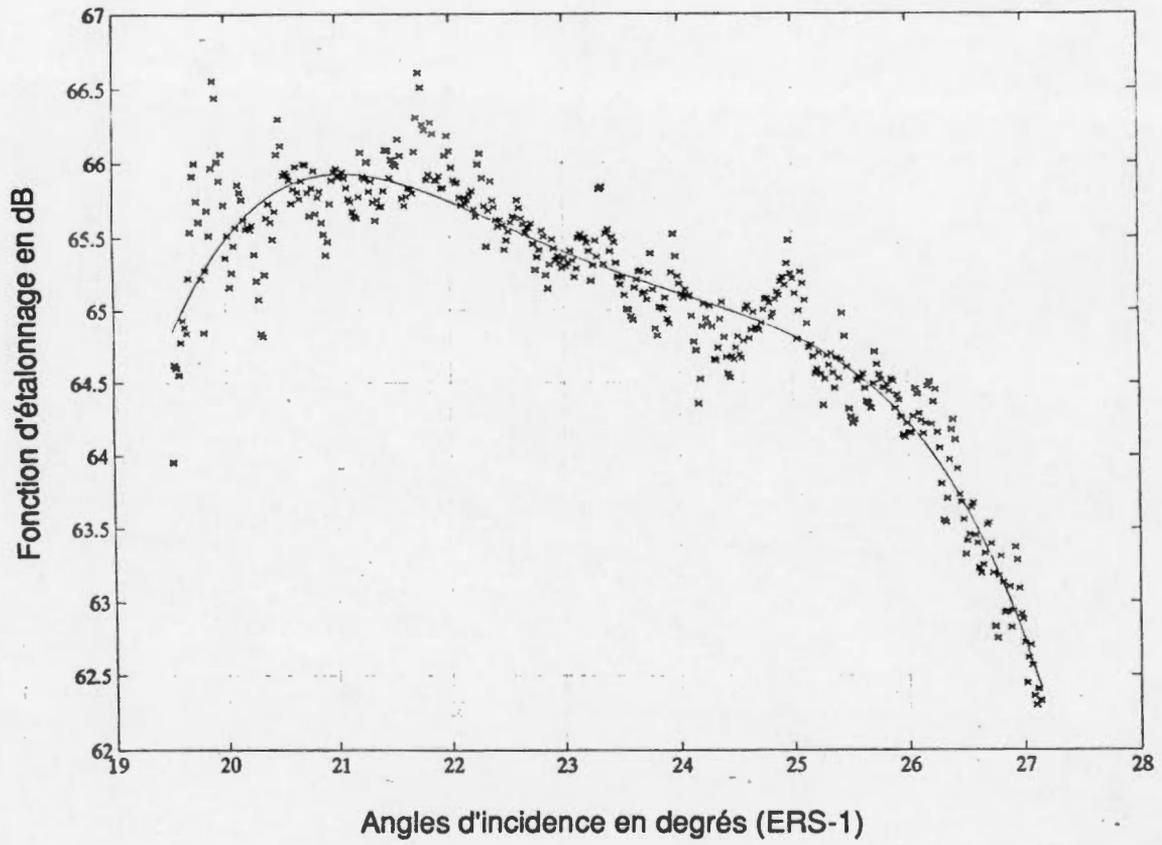
Vue développée

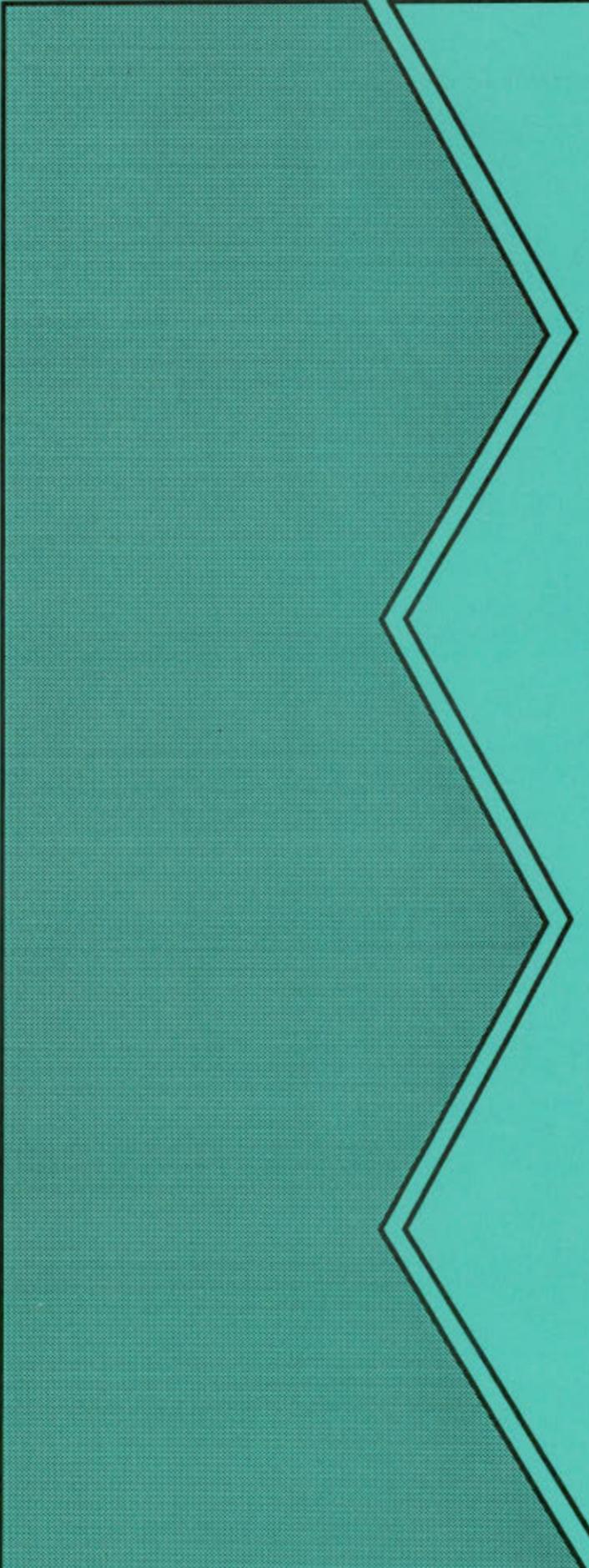


Calcul d'étalonnage géométrique



Fonctions d'étalonnage LPF avec ajustement polynomial





**Centre canadien de traitement
des données RADARSAT
et produits proposés**

par

David Lapp

Directeur, Développement d'applications
RADARSAT International Inc.

Organisation et dotation en personnel

- Déménagement du siège de RSI à Richmond, C.-B.
 - Regroupement du centre des données et du siège de RSI dans l'ancien bâtiment de MDA
 - Réaffectation de sept membres du personnel d'Ottawa à Richmond
 - Opérationnel à compter du 18 janvier 1993

- Le bureau de RSI à Ottawa demeure ouvert
 - Liaison et consultation CCT/ASC
 - Liaison avec le Centre des glaces du SEA et autres ministères du gouvernement; développement de contrats
 - Comptoir de commandes ERS-1 et ventes de données
 - Ventes et services pour données LANDSAT et SPOT, région de l'Est du Canada
 - Négociation et mise en oeuvre de contrats
 - Groupes de travail sur les applications RADARSAT
 - GlobeSAR
 - Programme d'éducation et développement du matériel en collaboration avec CCT/ASC

Développement d'applications et de produits

- Projets de démonstration nationaux et développement de produits
 - Groupes de travail sur les applications RADARSAT
 - Programmes PDDR du CCT

- PAT du CCT et programmes provinciaux
 - Études de cas rentables
 - Simulations RADARSAT
 - Interprétation et fusion de données
 - Développement de produits-images et dérivés
 - Livraison des données et communication
 - Industrie des produits à valeur ajoutée

- Projets de démonstration internationaux et développement de produits
 - Groupes de travail RADARSAT
 - GlobeSAR '93
 - Projet GOSAP (É.-U.)
 - Expérience norvégienne de déversement pétrolier
 - I.P. ERS-1 et J-ERS-1
 - Industrie international des produits à valeur ajoutée

- Rapports avec l'industrie des produits à valeur ajoutée
 - Ententes de non-divulgence avec Intera, Noetix, Terrain Resources, AERDE et Norland Science and Engineering Ltd.
 - Autres discussions au sujet de ces ententes
 - Travail avec Geomatics International et PCI sur les projets ERS-1
 - Appel d'offres de l'industrie pour GlobeSAR
 - Séminaires de formation et d'éducation en interprétation des données RAS sur les glaces

Développement et évaluation de marchés

- Étude de marché de ISTC sur les occasions pour l'industrie canadienne des produits à valeur ajoutée
 - Le rapport pour la Phase I est presque terminé
 - Les constatations préliminaires sont présentées ici pour la première fois

- Étude du marché nordique pour débouchés en temps quasi-réel pour RADARSAT
 - Étude coopérative avec la Norvège et la Suède
 - Étude des pays nordiques dont la Norvège, la Suède, la Finlande et le Danemark

Étude de faisabilité (pour ISTC)

Contexte

- Ventes projetées de données RADARSAT pour 1995-1999 = 187 millions de dollars
- Ventes de données par région (projeté)

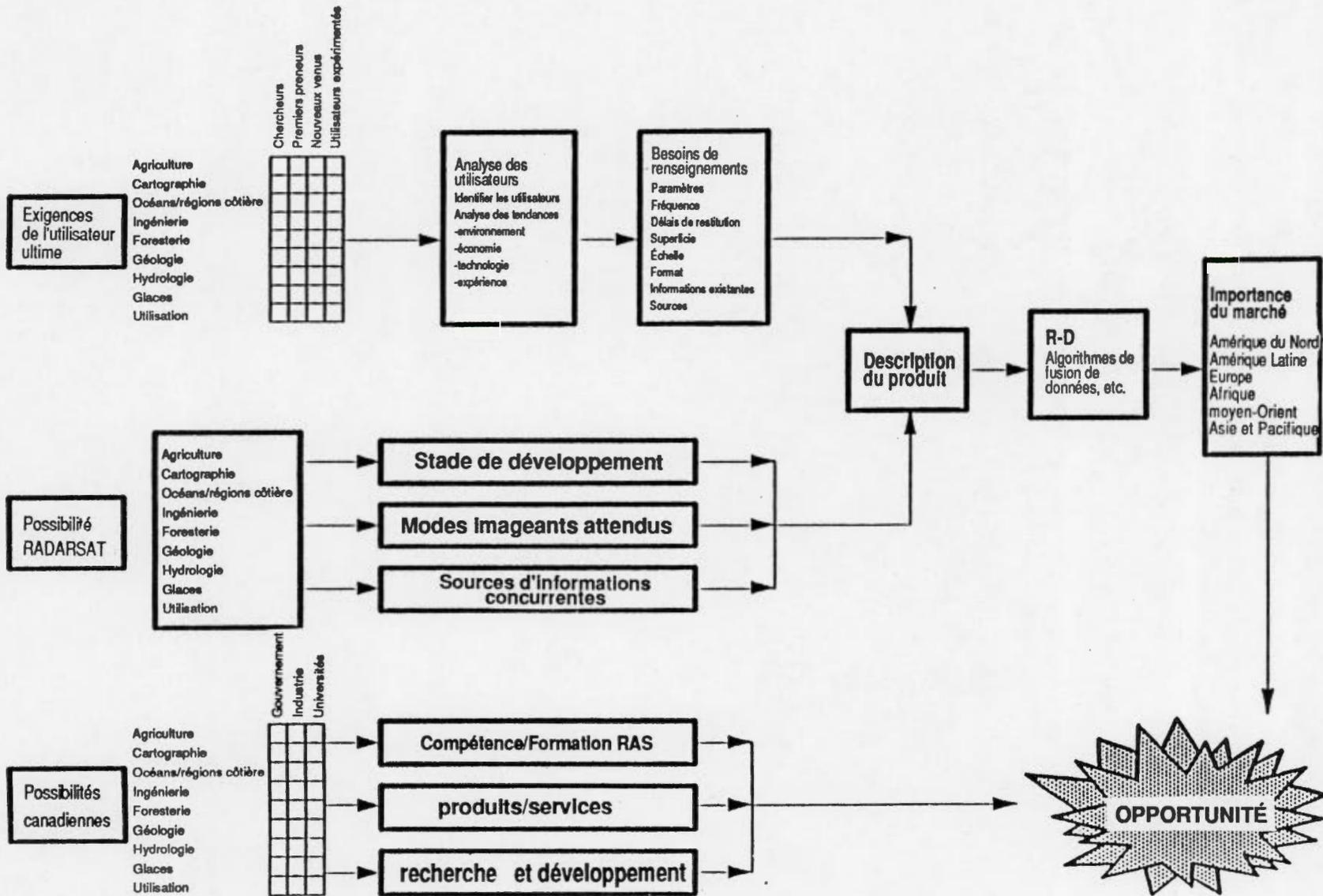
Asie et Pacifique	25 %
Europe	25 %
Amérique du Nord	20 %
Amérique Latine	15 %
Moyen-Orient	10 %
Afrique	5 %
- Le rapport de la valeur ajoutée aux ventes de données est de 7:1
Ceci représente d'importantes occasions d'affaires internationales pour les entreprises à valeur ajoutée.
- Plus spécifiquement, où et quelles sont les occasions d'affaires?

Objectifs de l'étude

- Phase 1
 - Définir les caractéristiques des produits requis pour le soutien des opérations et la prise de décisions
 - Déterminer quelles sont les compétences au sein de l'industrie canadienne de la valeur ajoutée qui pourraient être utilisées pour satisfaire aux exigences.
 - Résumer quelles sont les besoins de produits pour les applications et la capacité de satisfaire à la demande.
- Phase 2
 - Définir les caractéristiques des produits afin de déterminer les occasions d'affaires.
 - Développer une stratégie pour promouvoir la production des produits et des services nécessaires pour satisfaire à la demande.

Méthodologie

- Évaluer les besoins de l'utilisateur ultime pour les différents segments du marché et applications diverses.
- Déterminer les possibilités RADARSAT pour différentes applications.
- Définir les produits et la R-D requis pour développer ces produits.
- Évaluer les tendances du marché ainsi que le volume et la concurrence qui agiront sur la demande pour ces produits.
- Analyser les capacités canadiennes en fonction des exigences définies et déterminer les occasions d'affaires.



Constatations préliminaires

- Les "nouveaux venus" représentent un important segment qui présente d'importantes occasions :
 - Ils utilisent des données pour leurs décisions opérationnelles;
 - Ils ont des capacités limitées de traitement, d'analyse et d'interprétation des données;
 - Ils requièrent des produits à valeur ajoutée et conviviaux.

- Il existe peu d'applications RADARSAT opérationnelles ailleurs que dans les domaines des glaces et de la géologie :
 - D'où une haute priorité pour le développement d'applications radar.

- Les données radar sont complexes et le marché est faiblement préparé à leur égard :
 - D'où le besoin d'algorithmes d'extraction, d'interfaces simplifiées pour rendre les données accessibles à la majorité du marché.

- Exigences de données en temps réel de certaines applications (Glaces, Océans, Hydrologie) :
 - Processeur RAS rapide, exigences de livraison rapide, systèmes intégrés.

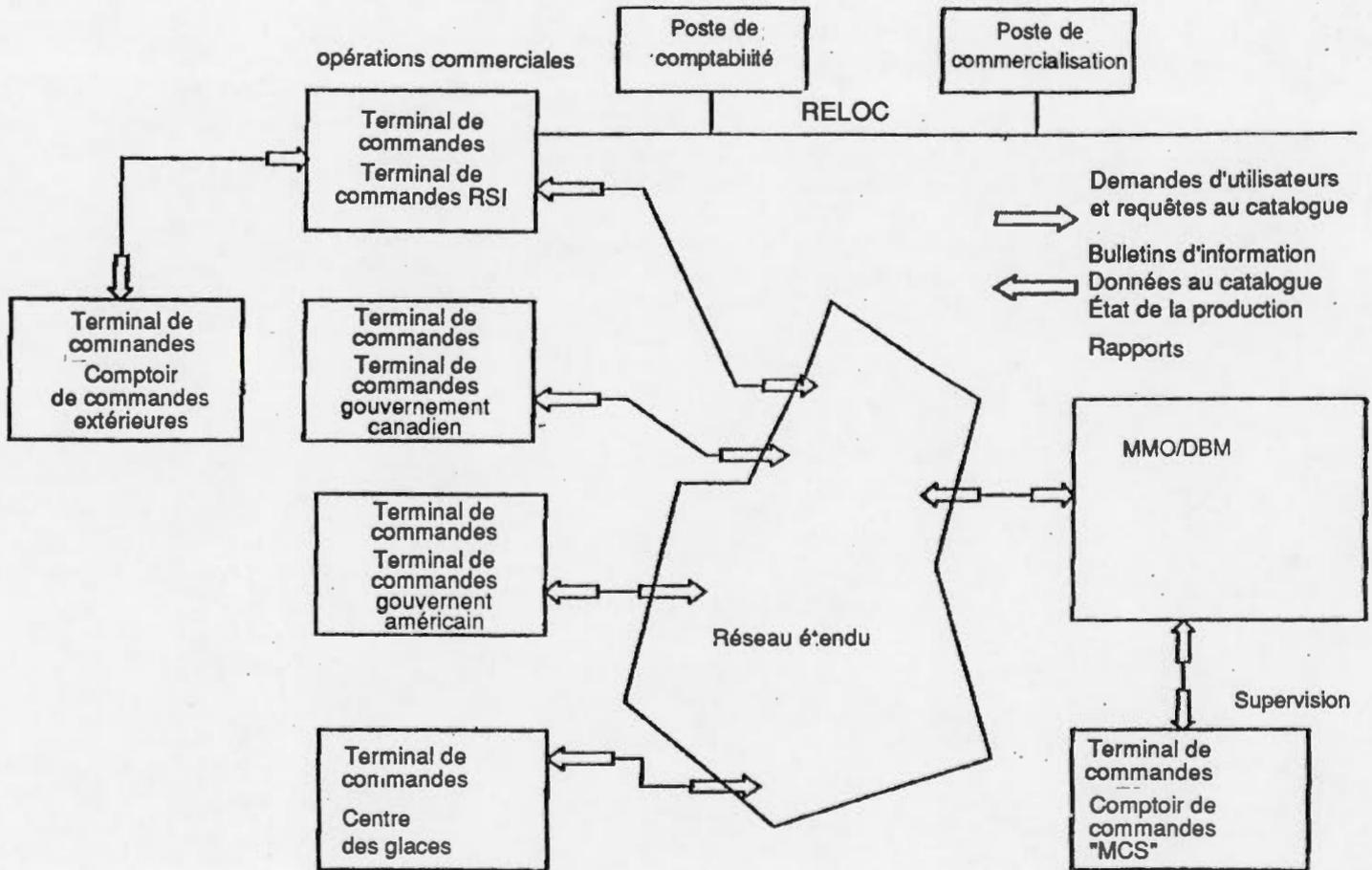
- Bon nombre des nouveaux venus utilisent/évaluent la technologie SIG. La tendance est aux solutions spécifiques aux applications et au fusionnement du traitement des images et des technologies SIG.
 - Le marché est favorable aux solutions basées sur la technologie SIG avec utilisation des données RADARSAT aux fins de contrôle.

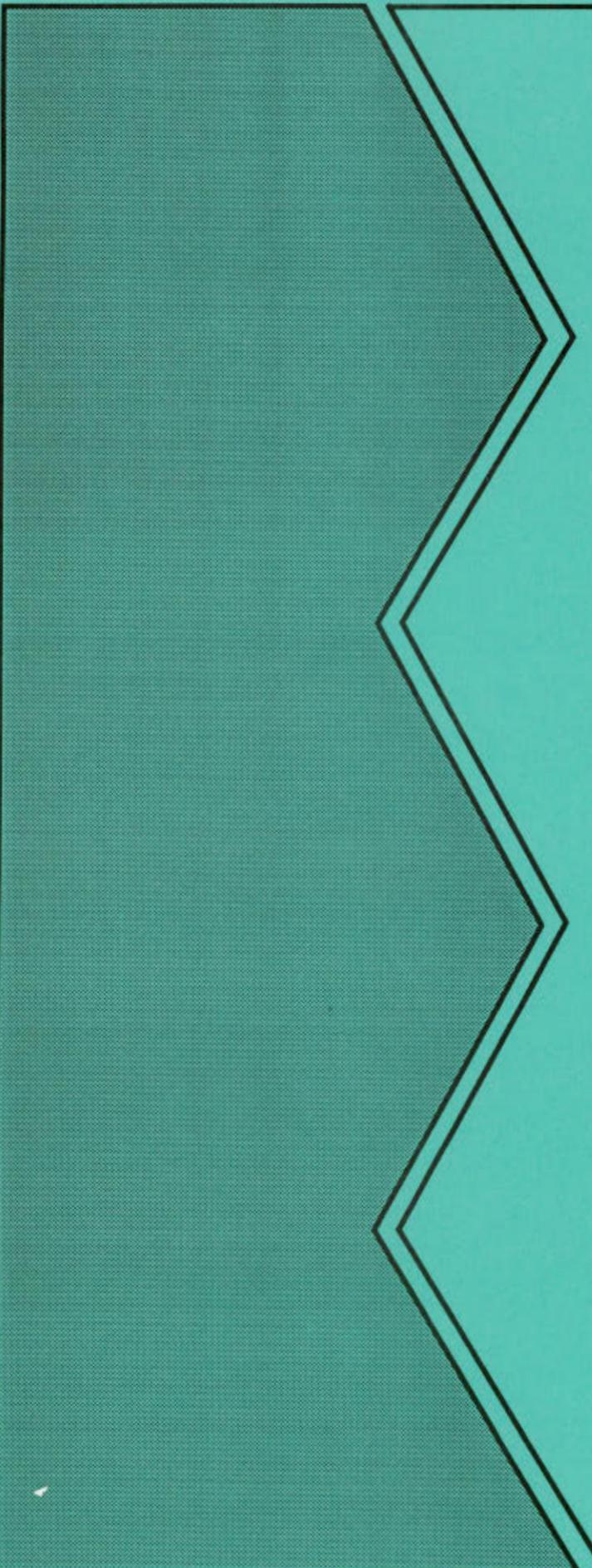
Centre canadien de traitement des données RADARSAT - Révision de la conception préliminaire (PDR)¹

- La conception du CPDF satisfait aux impératifs majeurs
 - Permet le traitement des données dans tous les modes opérationnels du satellite
 - Satisfait aux normes de qualité d'image
 - Système de production commerciale
 - Satisfait aux exigences initiales de débit et de délai
 - Permet la restitution rapide des données (CGEC : 3h)
 - 1/10 temps réel (5 fois plus rapide qu'ERS-1)
 - Offre un rapport intéressant au niveau complexité et coûts opérationnels à long terme
 - Combine simplicité de design et flexibilité opérationnelle
 - Les routes d'ajout de valeur sont identifiées pour répondre à l'accroissement de la demande
 - Conçu de manière à s'intégrer dans l'ensemble du système RADARSAT
 - Permet la réutilisation de SARDPF

¹ La livraison du processeur de données RADARSAT est prévue pour octobre 1994. Le processeur est construit par MDA. Les études de design mettent l'emphasis sur la flexibilité du système en fonction du débit de données et des exigences opérationnelles.

Comptoir de commandes et configuration MMO/DBM





Conclusion

par

Robert O'Neil

Directeur, Bureau des projets désignés
Centre canadien de télédétection

Atelier sur les occasions commerciales RADARSAT

- Comprendre l'interface entre RSI et les entreprises offrant des produits et des services à valeur ajoutée
- Données RADARSAT politique, produits et prix
- Définir les occasions qu'offre le marché international aux entreprises canadiennes et déterminer s'il est possible d'aider celles-ci à pénétrer le marché international

L'atelier doit avoir lieu au printemps 1993.

Séances d'information régionales

- Sous l'égide de l'ASC et avec la participation du CCT et de RSI
- Présentations sur les applications, les occasions d'affaires, etc. dans le cadre du programme RADARSAT
- Préparées en fonction des réalités régionales

Les séances d'information régionales doivent avoir lieu au printemps 1993.

Séances d'initiation aux applications

- Organisés par PDDR / CCT
- Semblables aux ateliers précédents (~20) organisés par PAT/PDDR/CCT
- Dans divers centres au Canada, possiblement combinés aux séances d'information régionales en certains endroits.

Les séances d'initiation aux applications doivent débuter au printemps 1993.

Ateliers spécialisés

- Organisés par les coordonnateurs des divers domaines du CCT
- Semblables aux ateliers déjà tenus sur une base régulière dans certaines disciplines

Groupes de travail du CCT

- Anciens groupes de travail technique du CCT
- Traiteront de l'ensemble des sujets dans le cadre de leur discipline, y compris technologie et applications
- Participation du milieu des utilisateurs, de l'ASC et de RSI
- A court terme, se concentreront sur RADARSAT, mais sans exclure les autres sources de données de télédétection.

Fonds PDDR pour propositions spontanées

- Voir note en fin de texte

- Éléments clés
 - Développement de produits et de services commerciaux
 - Proposition technique brève soulignant les débouchés
 - Engagement de l'utilisateur final ... contribution de \$ au contrat

- Le budget pour l'année fiscale 1993-1994 doit dépasser 500 000 \$¹

Plan spatial à long terme

- Programme pour utilisateurs de données RADARSAT (PUDR)
 - Prolongement du PDDR visant à augmenter le niveau d'activité au sein du milieu utilisateur

- Initiatives spécifiques pour le développement de systèmes d'informations dans divers ministères du gouvernement fédéral

- Le plan doit être présenté au printemps 1993

¹Un total de 700 000 \$ était disponible pour l'année fiscale 1992-1993 mais, en raison du temps que requiert l'élaboration d'une proposition, la plus grande part de cet argent a été engagée dans d'autres activités commerciales. Dans l'avenir, le budget total annuel atteindra le voisinage du million de dollars (en tenant compte, naturellement, du fait que certains projets seront reconduits d'une année à l'autre).

GlobeSAR

- Suite de SAREX 92 ... tour du monde avec le CV-580

- Programme de quatre années pour promouvoir le programme RADARSAT et faire connaître RSI

- Production de données aux fins de simulation² et de développement d'applications

- Organiser des séminaires et des séances de formation dans les pays clients

- Effort considérable du CCT pour trouver du soutien
 - Organismes de développement internationaux (ACDI, IRDC, ONU, etc.)
 - Pays clients

- RSI a préparé un communiqué international à l'intention du secteur privé
 - Les entreprises étrangères ne peuvent participer qu'en coopération avec des entreprises canadiennes.

² Le terme simulation doit être utilisé avec circonspection. Il existe, au Canada, des logiciels permettant de simuler les pixels et le scintillement produit par RADARSAT, en transformant une image RAAS existante dont les caractéristiques sont connues. Un logiciel distinct peut simuler les effets produits par les changements d'élévation à l'aide de données MNE. Les deux logiciels ne sont pas combinés. Il n'existe aucun logiciel qui simule les effets inhérents aux différences d'angle d'incidence (fonction de rétrodiffusion requise), de polarisation, de fréquence, de couverture au sol, etc. Ainsi, la simulation des images RADARSAT est très limitée et il importe de prévenir les utilisateurs de ne pas tirer de conclusions à partir de l'examen de telles simulations. L'utilisation d'imagerie CV-580 (pixels de 6 m) pour simuler les images RADARSAT peut conduire à des attentes irréalisables.

Programme d'évaluation des données RADARSAT (PEDR)

- Trois volets
 - Les occasions pour la communauté scientifique internationale³ sont gérées de la même façon que les AO de la NASA; sous l'égide de l'ASC et de la NASA.
 - Un nombre limité de démonstrations commerciales internationales sont organisées par RSI.
 - Possibilité pour des Canadiens d'obtenir de faibles quantités de données (de n'importe quelle région du globe) aux fins de développement et de démonstration d'applications, de produits ou de services; organisé par l'ASC et le CCT.
- Dans le cadre du programme spatial à long terme, un financement pourrait être obtenu pour soutenir l'infrastructure du PUDR ainsi que les participants canadiens (documentation, conférences régionales, conférence finale, équipe de soutien aux utilisateurs).

³ La NASA et le NOAA ont obtenu des droits sur les données RADARSAT en échange du lancement du satellite. Dans le cadre du protocole d'entente, la NASA a indiqué son intention d'utiliser ces données pour une AO. Une AO internationale est une entreprise à la fois considérable et très complexe. Le CCT et l'ASC se sont assurés que les chercheurs canadiens allaient pouvoir participer à ce segment. À l'occasion de l'atelier du PDDR, plusieurs participants ont exprimé leur inquiétude de voir le Canada céder à la NASA l'initiative de cette entreprise et céder ainsi une part du contrôle, de l'exploitation et du prestige associés à son propre satellite. Une grande inquiétude a aussi été exprimée devant le fait que la NASA distribuait d'énormes sommes d'argent et de données aux chercheurs des É.-U. et des pays alliés. Certaines applications et certaines capacités industrielles allaient bénéficier de développement et venir ensuite concurrencer les entreprises canadiennes. Le CCT et l'ASC étudieront ces questions plus avant; toutefois, un effort énorme demeure attendu de la communauté canadienne au début de l'ère RADARSAT. La capacité canadienne de répondre à la demande est limitée, et il n'est pas évident qu'un financement additionnel constituerait une solution à ce problème.

Correction topographique pour imagerie RADARSAT

- L'ASC, le CCT et RSI examinent des moyens d'intégrer un certain niveau de correction topographique dans les produits RADARSAT standard.
- Certains systèmes d'analyse d'images offrent une possibilité de traitement des données MNE (p. ex. les DETD pour certaines parties du Canada et la totalité des É.-U.) et de correction d'imagerie RAS (c.-à-d. élimination du déplacement parallaxe dû aux différentes élévations des pixels).

Autres sources de données RAS

- A titre de membre associé de l'ASE, le Canada a fait et continuera de faire d'importantes contributions financières à :
 - ERS-1
 - ERS-2
 - ASAR/POEM
- Le CCT a une entente de recherche utilisant l'imagerie J-ERS-1 avec NASDA/Japan (issue d'une AO pour J-ERS-1).
- Nécessité d'accepter (ou d'exploiter) la complémentarité (ou le potentiel de concurrence) de ces ensembles de données avec celles de RADARSAT-1, -2 et -3.

Remerciements

J'aimerais exprimer mon appréciation sincère à tous ceux et celles qui ont participé à l'atelier du PDDR de Gananoque. Collectivement, nous avons discuté des besoins et de questions qui se rapportent à l'utilisation efficace de l'imagerie RADARSAT, ce qui aura eu pour effet de nous aider, d'ici au lancement du satellite, à mieux concentrer nos ressources limitées. A mon avis, beaucoup de choses ont été accomplies et, bien que le défi soit de taille, j'ai confiance que le projet RADARSAT sera couronné de succès, au Canada et à l'étranger.

Ron Brown, Terry Pultz, Frank Ahern, Vern Singhroy, Cathryn Bjerkelund et Mike Manore (coordonnateurs du PDDR) ont planté le décor, guidé les débats et rapporté les conclusions : ils ont fait un excellent travail. Les progrès enregistrés dans chacun des domaines sont le fruit de leur travail de préparation, de leur compétence et de leur ardeur. Je les remercie de leur coopération.

J'aimerais aussi remercier Chuck Livingstone, Laurence Gray, Bert Guindon et David Lapp, qui ont contribué des présentations spéciales sur des sujets d'intérêt général. Ces sujets sont importants et ont suscité énormément d'intérêt, comme l'ont démontré les débats qui ont suivi.

Dirk Werle a assemblé et révisé ces pages avant leur impression, afin d'assurer une certaine cohérence au niveau du contenu et de la présentation. Sa connaissance du PDDR et des attentes des utilisateurs nous est infiniment précieuse.

L'introduction de bière et d'affiches a ajouté une connotation ... intéressante à la démarche technique et scientifique de l'atelier. Les soirées ont, à mon avis, été des plus utiles et des plus agréables. L'envergure et la qualité du travail m'ont réellement épaté. Le succès de cet atelier dépend largement du travail de tous ceux qui ont préparé les affiches et mis au point les démonstrations, probablement sans savoir exactement où l'expérience allait mener.

En terminant, j'aimerais souligner le travail de Louise Dorval, responsable de l'organisation de l'atelier, et de Marion Normoyle, qui l'a assistée dans ce travail. La tenue d'un atelier réunissant 150 participants de tous les coins du pays représente une tâche énorme et une masse considérable de détails à soigner. Le succès indéniable de cet atelier est un témoignage de leur compétence et de leur diligence. Je m'estime fort heureux de compter Mmes Dorval et Normoyle parmi mes collègues de travail.

Robert O'Neil, le 31 janvier 1993

Note de fin de texte

Propositions spontanées (PS) dans le cadre du programme de développement de données radar (PDDR)

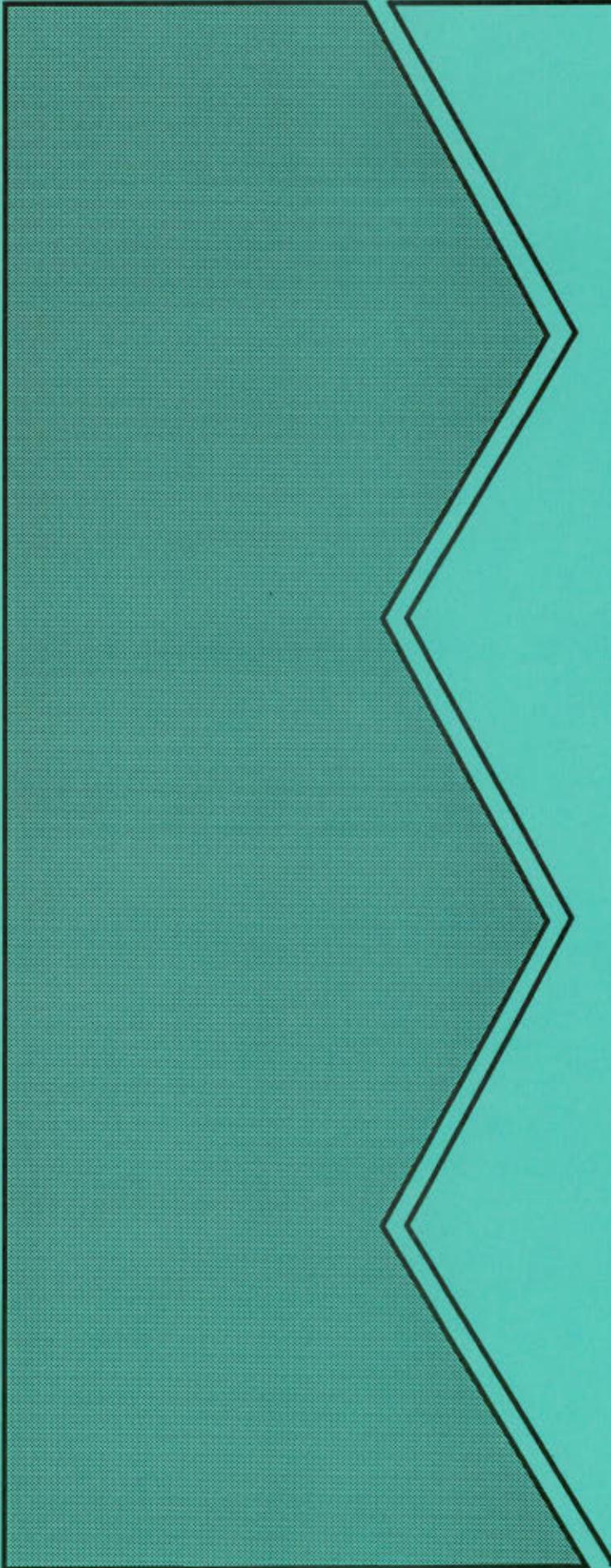
Dans le but de favoriser le développement de produits et de services commercialement viables basés sur l'utilisation des données du radar à antenne synthétique (RAS) RADARSAT, le PDDR acceptera d'examiner les propositions non sollicitées. Peu de propositions seront vraiment non sollicitées : la plupart auront été le fruit du développement de l'industrie des services, des clients, d'organismes provinciaux et fédéraux et du CCT. Les critères de sélection d'une PS sont encore au stade d'élaboration, mais demeureront flexibles. Voici quelques principes directeurs :

- *Le projet devra développer ou démontrer la capacité du secteur privé de fournir des produits ou des services aux usagers basés sur ou utilisant des données RADARSAT standard.*
- *Les projets peuvent inclure le développement des algorithmes, analyses ou logiciels de production nécessaires, ou la démonstration d'un concept opérationnel utilisant les données ERS-1, J-ERS-1 ou ALMAZ pour simuler les données RADARSAT. Vu les limites du budget actuel du PDDR, il est peu probable que le fonds disponible pour les PS puisse contribuer au développement de l'infrastructure qui requièrent les importants systèmes d'informations pour effectuer le seul contrôle routinier. (Le développement, la mise en oeuvre et l'exploitation de tels systèmes sont proprement du domaine de l'organisme responsable du contrôle opérationnel).*
- *L'utilisateur ultime du produit ou service pourra être le secteur privé, le secteur de l'enseignement (matériel didactique ou pédagogique), ou un organisme provincial ou fédéral. Le CCT n'est pas un utilisateur ultime.*
- *Comme toutes les activités financées par le PDDR, l'activité proposée doit être orientée vers la satisfaction d'un besoin réel au Canada. Il est possible de mener le projet de telle sorte que les résultats, produits ou services, puissent être commercialisés à l'étranger aussi.*
- *L'utilisateur ultime doit s'engager à acheter le produit ou le service du secteur privé sur une base continue. Un scénario de rechange commercialement viable peut exister lorsqu'il existe de nombreux utilisateurs ultimes tous disposés à acheter sur une base occasionnelle.*
- *Le projet en cause devrait attirer contributeurs autres que le PDDR. Ceux-ci peuvent inclure des clients, les organismes responsables du secteur économique visé et divers programmes de subventions (le PARI, p. ex.). Les contributions doivent être faites en argent, argent qui pourra être dépensé par le secteur privé pour l'aider à atteindre les objectifs mentionnés dans sa proposition. Il va de soi que bien des projets nécessiteront des contributions en nature : données, accès à des bases de données, etc.*
- *La technologie résultante sera la propriété de l'entrepreneur du secteur privé; le CCT sera en droit de s'attendre à ce que l'entrepreneur lui verse des redevances (basées sur ses revenus) en reconnaissance de sa contribution au projet. D'autres contributeurs pourraient en exiger de même.*
- *La proposition ne doit pas nécessairement être volumineuse, mais doit couvrir tous les aspects d'usage : objectifs de production, méthodes, échéancier, autres participants, marchés ciblés, sources de financement, financement attendu du PDDR. La proposition doit être adressée à :*

R. O'Neil
Directeur, Bureau des projets désignés
Centre canadien de télédétection
588, rue Booth, pièce 401
Ottawa (Ontario)
K1A 0Y7

Téléphone : (613) 947-1245 Télécopieur : (613) 947-1383

La proposition sera évaluée par un jury composé de coordonnateurs du PDDR, de représentants de l'organisme fédéral ou provincial responsable (s'il s'agit, p. ex., d'un projet en géologie, la Commission géologique du Canada sera invitée à formuler son avis) et de l'utilisateur ultime; d'autres organismes de financement pourraient aussi être appelés à se prononcer.



Annexe 1

Présentations d'affiches



Ottawa (Ontario)

La région de la capitale nationale, transformée ITS /RAS ERS-1/bandes TM de Landsat, avec la permission de M. Akhavi, College of Geographic Sciences (copyright ASE 1992)

Airborne SAR for Surficial Geology Mapping (David Graham, Doug Grant)

An Airborne C-Band SAR Image of the Schefferville Digital Transect
(Hardy Granberg *et al.*)

Clearcut Mapping Accuracy Using Multidate Winter Airborne SAR Imagery
(Al Banner, Frank J. Ahern)

Crop Discrimination in Western Canada with ERS-1 Imagery
(Ron Brown, Roy Dixon, Dave Bedard)

Dynamique Côtière aux Iles-de-la-Madeleine, Télédétection par Radar CV-580
et ERS-1 (Daniel DeLisle, Georges Drapeau)

ERS-1 Radiometric Calibration
(Tom Lukowski, Bob Hawkins, K.J. Draper, P.L. Hamm)

ERS-1 Canadian Images/Images canadiennes *CD-ROM demonstrations*
(Steve d'Apollonia)

Inventory Applications Development at the Newfoundland Forest Service
(John Drieman)

Modelisation du signal radar en fonction de la profondeur de pénétration
(Johanne Boisvert)

PC SAR: A PC-Based Airborne/Spaceborne SAR Processor (Bernard
Armour)

Preliminary Evaluation of ERS-1 Data for the Marathon Area, Ontario
(David Graham, Andy Rencz)

Seasonality of 6° Over Snow Covered Sea Ice: Implications for Operational
Use of SAR Data (David Barber, Ellsworth LeDrew)

Texture Measures for the Classification of Agricultural Crops in Southwestern
Ontario (Paul Treitz, Philip Howarth, Otto Rotunno, Eric Soulis,
Nicholas Kouwen)

The Radarsat Tutor / demonstration (Ron Saper)

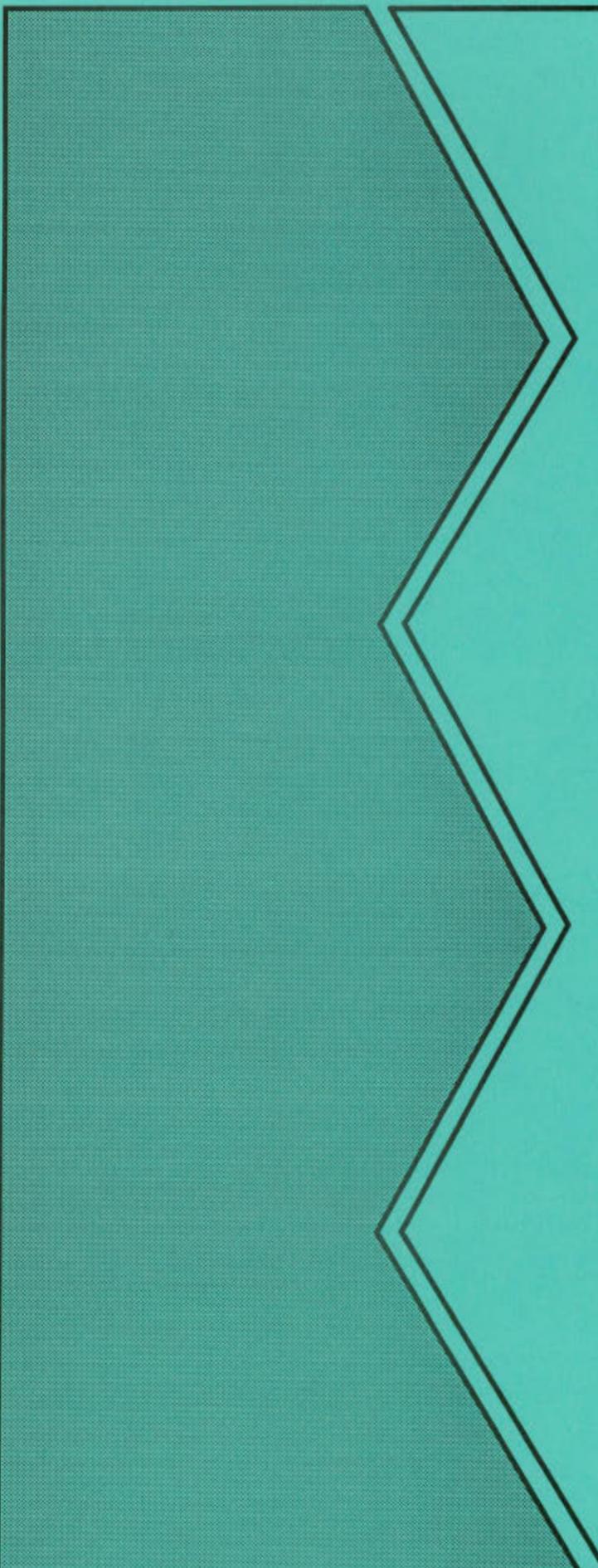
The Observations of Surface Soil Moisture from SAR Data
(Huaibin Geng)

The Integration of Airborne Radar and Geophysical Data for Reconnaissance
Geological Mapping in the Marathon-Schreiber Area, Northeastern Ontario
(David Graham)

Automated Ice Tracking (Mike Manore)

Comparison Between ERS-1 and VIR Digital Satellite Imagery for Potato Crop

- Monitoring in Prince Edward Island
(Richard Dobbins, Paul Nixon, Ken Korporal)
- Computer Demonstration of PCI's Radarsoft Software (Cameron Bowie)
- Data Integration Techniques Using Radar Data (Jeff Harris)
- Development of Techniques for the Use of Synthetic Aperture Radar Satellite Data in Imaging Ocean Waves for Coastal Zone Applications
(David Fissel)
- Digital Image Processing and Interpretation of ERS-1 SAR Data (Manou Akhavi)
- EarthView: A Geocoding Application Using DTED and SAR Data / demonstration (Jim Ehrismann)
- ERS-1 User's Guide *demonstration* (French/English) (Ron Saper)
- ERS1 / CV-580 Images (Mike Manore)
- Evaluation of SPOT, C Band SAR and DEM for Detection and Classification of Chignecto Bay Wetlands, N.S. (John Weston, Manou Akhavi)
- Mapping with SAR Interferometry (Laurence Gray)
- Radar Remote Sensing Imagery of Coastal Regions on CD-ROM
(Dirk Werle)
- Remote Sensing for Soil Conservation in Canada
(John Naunheimer, Ron Brown, Brian Brisco, Dave Bedard)
- SAR Simulation of Boreal Forest (Black Spruce) (George Xu)
- Soil Moisture Estimation with SAR
(Brian Brisco, Dave Bedard, John Nauheimer, Ron Brown)
- Structural Interpretation of the Baskatong Area from SAR Images
(K. Sharma, Vern Singhroy)
- The Effects of Changes in Soil Moisture and Rainfall on SAR Data Crop Classification (John Fischer)
- Use of Satellite Data for Short Term Stream Flow Forecasting with the Hydrotel Model (Monique Bernier, Jean-Pierre Fortin)
- Géomorphologie Structurale. Analyse de l'Astroblème de Charlevoix par Télédétection (Robert Desjardins)



Annexe 2

Liste des participants

AERDE Environmental Research
5112 Prince Street
P.O. Box 1002, Station M
Halifax, Nova Scotia
B3J 2X1

Mr. Dirk Werle
T: 902-423-2211
F: 902-477-4477

AERDE Environmental Research
c/o Canada Centre for Remote
Sensing
588 Booth Street, 2nd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. Brian Tittley
T: 613-947-1270
F: 613-947-1385

Agriculture Canada
Centre for Land and Biological
Resources Research (CLBRR)
Ottawa, Ontario
K1A 0C6

Mr. Ted Huffman
T: 613-995-5011
F: 613-996-0646

Agriculture Canada
LRRI / Soil Survey Unit
P.O. Box 20280
Fredericton, New Brunswick
E3B 4Z7

Mr. Sherif Fahmy
T: 506-452-3260
F: 506-452-3316

Arctic Sciences Limited
1986 Mills Road, R.R. 2
Sidney, British Columbia
V8L 3S1

Mr. David Fissel
T: 604-656-0177
F: 604-656-2162

ASA Consulting Limited
Argo Building B10
P.O. Box 2025
Dartmouth, Nova Scotia
B2W 3X8

Ms. Ewa Dunlap
T: 902-465-5535
F: 902-464-9602

Atlantic Centre for Remote Sensing of
the Oceans
(ACRSO)
6155 North Street, Suite 301
Halifax, Nova Scotia
B3K 5R3

Mr. Brian Whitehouse
T: 902-455-0099
F: 902-455-4271

Atlantis Scientific Systems Group Inc.
1827 Woodward Drive, Suite 300
Ottawa, Ontario
K2C 0P9

Mr. Bernie Armour
T: 613-727-1087
F: 613-727-5853

Atlantis Scientific Systems Group Inc.
1827 Woodward Drive, Suite 300
Ottawa, Ontario
K2C 0P9

Mr. Jim Ehrismann
T: 613-727-1087
F: 613-727-5853

Borstad Associates Ltd.
Suite 100, Marine Technology Centre
9865 West Saanich Road
Sidney, British Columbia
V8L 3S1

Mr. Scott Akenhead
T: 604-656-5633
F: 604-656-3646

Bureau du projet RADARSAT
110 O'Connor, pièce 200
Ottawa (Ontario)
K1A 1A1

M. Jean Muller
T: 613-991-2047
F: 613-993-5021

Bureau du Projet RADARSAT
110, rue O'Connor, pièce 200
Ottawa (Ontario)
K1A 1A1

M. Denis Auger
T: 613-990-5277
F: 613-993-5021

Bureau du Projet RADARSAT
110, rue O'Connor, pièce 200
Ottawa (Ontario)
K1A 1A1

M. Marcel St. Pierre
T: 613-993-8908
F: 613-993-5021

Canadian Centre for Marine
Communications
P.O. Box 8454
St. John's, Newfoundland
A1B 3N9

Dr. Ken Butt
T: 709-579-4872
F: 709-579-0495

Canadian Space Agency
RADARSAT Project Office
110 O'Connor Street, 2nd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 1A1

Mr. Joseph McNally
T: 613-993-7912
F: 613-993-5021

Canarctic Shipping Limited
150 Metcalfe Street, 19th Floor
Ottawa, Ontario
K2P 1P2

Mr. Robert Gorman
T: 613-234-8414
F: 613-234-9747

Carleton University
Department of Earth Sciences
Ottawa, Ontario
K1S 5B6

Mr. Eric Dekemp
T: 613-788-2600 x4395
F: 613-788-4490

Carleton University
Ottawa-Carleton Geoscience Centre
Ottawa, Ontario
K1S 5B6

Ms. Josée Levesque
T: 613-788-2600
F: 613-788-4301

Centre canadien de teledetection
588, rue Booth, 3e etage
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mme Lucie Vallée
T: 613-947-1294
F: 613-947-1385

Centre Oceanographique de Rimouski
310, allée des Ursulines
Rimouski (Quebec)
G5L 3A1

M. Daniel Delisle
T: 418-724-1650
F: 418-723-7234

Cold Regions Remote Sensing
284 Liard Street
Stittsville, Ontario
K2S 1A6

Ms. Lyn Arsenault
T: 613-836-4003
F: 613-836-7571

College of Geographic Sciences
50 Elliott Road, P.O. Box 10
Lawrencetown, Annapolis County
Nova Scotia B0S 1M0

Dr. Manou Akhavi
T: 902-584-2226
F: 902-584-7211

Corporation d'information
géographique du N.-B.
C.P. 6000
Fredericton, Nouveau Brunswick
E3B 5H1

M. Réjean Castonguay
T: 506-453-3917
F: 506-453-3898

DataQuest Incorporated
Woodside Ocean Industries Park
1 Research Drive
Dartmouth, Nova Scotia
B2Y 4M9

Mr. Steve D'Apollonia
T: 902-465-6615
F: 902-466-6889

Dendron Resource Surveys Ltd.
880 Lady Ellen Place, Suite 206
Ottawa, Ontario
K1Z 5L9

Dr. Udo Nielsen
T: 613-725-2971
F: 613-725-1716

Dendron Resource Surveys Ltd.
c/o Canada Centre for Remote
Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. Al Banner
T: 613-947-1296
F: 613-947-1385

Dendron Resource Surveys Ltd.
c/o Canada Centre for Remote
Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. Ian McKirdy
T: 613-947-1318
F: 613-947-1385

Dendron Resource Surveys Ltd.
c/o Canada Centre for Remote
Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. Ron Pietsch
T: 613-947-1317
F: 613-947-1385

Devel-Tech Incorporated
243 Nesslin Terrace
Saskatoon, Saskatchewan
S7K 0V6

Dr. Kit Sarkar
T: 306-933-1020
F: 306-933-0180

Drieman Curtis Incorporated
89 Windson Street
Corner Brook, Newfoundland
A2H 6S5

Mr. John Drieman
T: 709-637-2341
F: 709-634-4378

Earth Observations Laboratory
Institute for Space and Terrestrial
Science
North York, Ontario
M3J 3K1

Mrs. Irene Rubinstein
T: 416-665-5410
F: 416-665-2032

EarthSat Resource Survey
4-84 Lonsdale Avenue
North Vancouver, British Columbia
V7M 2E6

Dr. Vince Campbell
T: 604-985-4585
F: 604-985-4586

Energie, mines et ressources
Centre canadien de télédétection
588, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0Y7

M. Thierry Toutin

T: 613-947-1365
F: 613-947-1408

Energie, mines et ressources
Centre canadien de télédétection
c/o Université du Québec
INRS-Eau
2800, rue Einstein, Suite 105
C.P. 7500
Sainte Foy (Québec)
G1V 4C7

Mme Monique Bernier

T: 418-654-2585
F: 418-654-2600

Energy, Mines & Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Ms. Jean Game

T: 613-947-1216
F: 613-947-1382

Energy, Mines & Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 4th Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. Fred Campbell

T: 613-947-1227
F: 613-947-1383

Energy, Mines & Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 4th Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. Ko Fung

T: 613-947-1234
F: 613-947-1383

Energy, Mines & Resources
Canada Centre for Remote Sensing
c/o NRGIC
985 College Hill Road, P.O. Box 6000
Fredericton, N.B.
E3B 5H1

Mr. Tim Perrott

T: 506-452-3476
F: 506-453-3043

Energy, Mines & Resources
Canada Centre for Remote Sensing
c/o Yukon Renewable Resources
Parks/Resources & Regional
Planning Branch
P.O. Box 2703
Whitehorse, Yukon
Y1A 2C6

Ms. Chris Hutton

T: 403-667-8136
F: 403-667-3955

Energy, Mines & Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 2nd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. Joe Lam

T: 613-947-1365
F: 613-947-1408

Energy, Mines & Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Dr. Bob Ryerson

T: 613-947-1214
F: 613-947-1385

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Dr. Frank Ahern

T: 613-947-1295
F: 613-947-1385

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Ms. Cathryn Bjerkelund

T: 613-947-1260
F: 613-947-1385

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Dr. Ron Brown

T: 613-947-1263
F: 613-947-1385

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Dr. Lawrence Gray

T: 613-998-9060
F: 613-993-5022

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. Florian Guertin

T: 613-947-1356
F: 613-947-1408

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Dr. Bob Hawkins

T: 613-998-9060
F: 613-993-5022

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. Jean Claude Henein

T: 613-947-1274

F: 613-947-1385

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Dr. Vern Singhroy

T: 613-947-1215

F: 613-947-1385

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 4th Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Dr. Joji Iisaka

T: 613-947-1237

F: 613-947-1383

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Dr. Chuck Livingstone

T: 613-998-9060

F: 613-993-5022

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Dr. Paris Vachon

T: 613-998-9060

F: 613-993-5022

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 4th Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Dr. Robert O'Neill

T: 613-947-1245

F: 613-947-1383

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. Tom Lukowski

T: 613-998-9060

F: 613-993-5022

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Dr. George Xu

T: 613-947-1305

F: 613-947-1385

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 4th Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Ms. Diane Richardson

T: 613-947-1252

F: 613-947-1383

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. Mike Manore

T: 613-947-1281

F: 613-947-1385

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Dr. Hermann Kux

T: 613-947-1393

F: 613-947-1385

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, Room 213
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. Terry Pultz

T: 613-947-1316

F: 613-947-1385

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Dr. Leo Sayn-Wittgenstein

T: 613-947-1222

F: 613-947-1382

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 4th Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. Bert Guindon

T: 613-947-1235

F: 613-947-1383

Energy, Mines and Resources
Canada Centre for Remote Sensing
588 Booth Street, 4th Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

M. Robert Landry

T: 613-947-1241

F: 613-947-1383

Environment Canada
Atmospheric Environment Service
4905 Dufferin Street
Downsview, Ontario
M3H 5T4

Mr. Mohammed Shokr
T: 416-739-4906
F: 416-739-4221

Environment Canada
Atmospheric Environment Service
4905 Dufferin Street
Downsview, Ontario M3H 5T4

Mr. Laurie Wilson
T: 416-739-4910
F: 416-739-4221

Environment Canada
Atmospheric Environment Services
Ice Centre
Lassalle Academy, Block "E"
373 Sussex Drive, Room 302
Ottawa, Ontario
K1A 0H3

Mr. John Falkingham
T: 613-996-4552
F: 613-563-8480

Environment Canada / Ice Centre
373 Sussex Drive, Block E, 4th Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0H3

Mr. Brian Veale
T: 613-996-1550
F: 613-563-8483

Environment Canada
National Hydrology Research Institute
11 Innovation Boulevard
Saskatoon, Saskatchewan
S7N 3H5

Dr. Anthony Wankiewicz
T: 306-975-5757
F: 306-975-5143

Fisheries and Oceans
12th Floor, 200 Kent Street
Ottawa, Ontario
K1A 0E6

Mr. Howard Edel
T: 613-990-0314
F: 613-996-9066

Fisheries and Oceans
Bedford Institute of Oceanography
P.O. Box 1006
Dartmouth, Nova Scotia
B2Y 4A2

Mr. Fred Dobson
T: 902-426-3584
F: 902-426-7827

Forestry Canada
Petawawa National Forestry Institute
Chalk River, Ontario
K0J 1J0

Dr. Don G. Leckie
T: 613-589-2880
F: 613-589-2275

Forestry Canada
Petawawa National Forestry Institute
P.O. Box 2000
Chalk River, Ontario
K0J 1J0

Ms. Susan Yatabe
T: 613-589-2880
F: 613-589-2275

Fuller Communications
17 Mayfair Street
So. Burlington, U.S.A.
05403

Mr. R.G. Hest
T: 802-865-4699
F: 802-865-4699

Geological Survey of Canada
1 Observatory Crescent
Ottawa, Ontario
K2H 7V2

Mr. Jeff Harris
T: 613-995-2121
F: 613-952-0790

Geological Survey of Canada
1 Observatory Crescent
Ottawa, Ontario
K2H 7V2

Mr. John Broome
T: 613-995-6914
F: 613-952-9088

Geological Survey of Canada
1 Observatory Crescent
Ottawa, Ontario
K2H 7V2

Mr. David Viltoen
T: 613-995-1207
F: 613-952-9088

Geological Survey of Canada
401 LeBreton, Room 235
Ottawa, Ontario

Mr. Doug Grant
T: 613-992-5664
F: 613-992-2468

Geological Survey of Canada
601 Booth Street, Room 692
Ottawa, Ontario
K1A 0E8

Dr. Andy Rencz
T: 613-996-3387
F: 613-996-9990

Geological Survey of Canada
Terrain Sciences
401 LeBreton Street
Ottawa, Ontario
K1A 0E8

Mr. Allan Judge
T: 613-996-9323
F: 613-992-2468

Horler Information Incorporated
130 Albert Street, Suite 1006
Ottawa, Ontario
K1P 5G4

Dr. David Horler
T: 613-594-5155
F: 613-594-8679

Intera Information Technologies
Canada Ltd.
c/o Canada Centre for Remote
Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K2A 0Y7

Mr. David Bedard
T: 613-947-1259
F: 613-947-1385

Intera Information Technologies
Canada Ltd.
1000-645 7th Avenue South West
Calgary, Alberta
T2P 4G8

Dr. Brian Mercer
T: 403-266-0900
F: 403-265-0499

Intera Information Technologies
Canada Ltd.
1000-645 7th Avenue South West
Calgary, Alberta
T2P 4G8

Ms. Diane Thompson
T: 403-266-0900
F: 403-265-0499

Intera Information Technologies
Canada Ltd.
c/o Canada Centre for Remote
Sensing
588 Booth Street
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. John Nauheimer
T: 613-947-1286
F: 613-947-1385

Intera Information Technologies
Canada Ltd.
c/o Canada Centre for Remote
Sensing
588 Booth Street
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. Scott Paterson
T: 613-998-9060
F: 613-993-5022

Intera Information Technologies
Canada Ltd.
c/o Canada Centre for Remote
Sensing
588 Booth Street, 2nd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

M. Claude Morasse
T: 613-947-1284
F: 613-947-1385

Intera Information Technologies
Canada Ltd.
c/o CCRS
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Dr. Brian Brisco
T: 613-947-1262
F: 613-947-1385

Intera Information Technologies
Canada Ltd.
c/o Canada Centre for Remote
Sensing
588 Booth Street, 3rd Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. Dean Flett
T: 613-947-1269
F: 613-947-1385

Intera Information Technologies
Canada Ltd.
c/o Canada Centre for Remote
Sensing
588 Booth Street, Room 211
Ottawa, Ontario
K1A 0Y7

Mr. Dave Mullins
T: 613-947-1285
F: 613-947-1385

Intera Information Technologies
Canada Ltd.
c/o Canada Centre for Remote
Sensing
601 Booth Street, Room 597
Ottawa, Ontario
K1A 0E8

Mr. David Graham
T: 613-943-0205
F: 613-996-9295

Intera Information Technologies
Canada Ltd.
2 Gurdwara Road, Suite 200
Nepean, Ontario
K2E 1A2

Mr. Michael Kirby
T: 613-226-5442
F: 613-226-5529

International Institute for Aerospace
Survey and Earth Sciences (ITC)
Department of Earth Resource Surveys
350 Boulevard 1945
P.O. Box 6, 7500 AA Enschede
The Netherlands

Dr. Ernst Schetselaar
T: 31-53-874-278
F: 31-53-874386

J.F. Touborg Consultants Inc.
243 Woodland Drive
Oakville, Ontario
L6J 4W4

Mr. J.F. Touborg
T: 416-842-6915
F: 416-842-8296

MacDonald Dettwiler & Associates
13800 Commerce Parkway
Richmond, British Columbia
V6V 2J3

Mr. Kevin O'Neill
T: 604-278-3411
F: 604-278-2936

MacDonald Dettwiler & Associates
Systems Division
13800 Commerce Parkway
Richmond, British Columbia
V6V 2J3

Dr. Stuart Waterman
T: 604-278-3411
F: 604-278-2936

Memorial University of Newfoundland
C-CORE
St. John's, Newfoundland
A1B 3X5

Ms. Mona El-Tahan

T: 709-737-8373
F: 709-737-4706

Memorial University of Newfoundland
C-CORE
St. John's, Newfoundland
A1B 3X5

Dr. Rafaat Khan

T: 709-737-8373
F: 709-737-4706

Ministère de l'Énergie et des
Ressources
Centre de télédétection du Québec
1995, boul. Charest ouest
Sainte-Foy (Québec)
G1N 4H9

M. Mario Hinse

T: 418-646-9687
F: 418-644-4935

Ministère de l'Énergie et des
Ressources
Centre de télédétection du Québec
1995, boulevard Charest ouest
Sainte-Foy (Québec)
G1N 4H0

Mme Chantal Seuthé

T: 418-643-2167
F: 418-644-4935

Ministère de l'Énergie et des
Ressources
Service géologique de Québec
5700, 4e avenue ouest, Local A-209
Charlesbourg (Québec)
G1H 6R1

Dr. Kamal Sharma

T: 418-646-2641
F: 418-643-2816

Ministère des Forêts
Service de la comptabilité forestière
4e avenue ouest, local E-304
Charlesbourg (Québec)
G1H 6R1

Mme Linda Dion

T: 418-646-9042
F: 418-643-1690

MIR Teledetection Incorporated
291 Jean-Désy Street
Boucherville (Québec)
J4B 2B1

M. Michel Rheault

T: 514-495-2012
F: 514-495-4191

NASA Goddard Space Flight Centre
Geodynamics Branch, Code 921
Greenbelt, Maryland 20771
USA

Mr. Paul Lowman

T: 301-286-7520
F: 301-286-1616

Noetix Research Limited
280 Albert Street, Suite 904
Ottawa, Ontario
K2P 5G8

Mr. Tom Hirose

T: 613-235-1546
F: 613-238-1734

Ontario Geological Survey
Ministry of Northern Development and
Mines
Precambrian Geoscience Section
933 Ramsey Lake Road
Sudbury, Ontario
P3E 6B5

Mr. Norm Trowell

T: 705-670-5927
F: 705-670-5928

P.C.I. Incorporated
38 Auriga Drive, Suite 222
Nepean, Ontario
K2E 8A5

Mr. Cameron Bowie

T: 613-224-9511
F: 613-224-0645

P.C.I. Incorporated
50 West Wilmot Street
Richmond Hill, Ontario
L4B 1M5

Dr. Larry Morley

T: 416-764-0614
F: 416-764-9604

Pêches et Océans
B.P. 1,000
Mont-Joli (Québec)
G5H 3Z4

M. Pierre Larouche

T: 418-775-0569
F: 418-775-0542

Photosur Geomat (1991) Inc.
5160, boulevard Décarie, bureau 300
Montréal (Québec)
H3X 2H9

M. Alain Dombrowski

T: 514-369-5000
F: 514-369-5059

Provincial Remote Sensing Office
90 Sheppard Avenue East
North York, Ontario
M2N 3A1

Mr. Andrew P. Jano

T: 416-314-1313
F: 416-314-1337

Provincial Remote Sensing Office
Ministry of Natural Resources
90 Sheppard Avenue East, 4th Floor
North York, Ontario
M2N 3A1

Mr. John Fischer

T: 416-314-1324
F: 416-314-1337

Provincial Remote Sensing Office
Ministry of Natural Resources
90 Sheppard Avenue East, 4th Floor
North York, Ontario
M2N 3A1

Mr. Richard Mussakowski

T: 416-314-1331
F: 416-314-1337

Provincial Remote Sensing Office
Ministry of Natural Resources
90 Sheppard Avenue East, 4th Floor
North York, Ontario
M2N 3A1

Mr. Ian Ross

T: 416-314-1302

F: 416-314-1337

RADARSAT International
275 Slater Street, Suite 203
Ottawa, Ontario
K1P 5H9

Ms. Wendy Branson

T: 613-238-4970

F: 613-238-5425

RADARSAT International
275 Slater Street, Suite 1203
Ottawa, Ontario
K1P 5H9

Mr. David Lapp

T: 613-238-3543

F: 613-238-5425

Saskatchewan Research Council
15 Innovation Boulevard
Saskatoon, Saskatchewan
S7N 2X8

Mr. Jeff Whiting

T: 306-933-5423

F: 306-933-7817

Satlantic Limited
Richmond Terminal, Peir 9
3295 Barrington Street
Halifax, Nova Scotia
B3K 5X8

Mr. Richard Olsen

T: 902-492-4780

F: 902-492-4781

Sea Scan
16065 Fifth Line, R.R. 3
Albion, Caledon East, Ontario
L0N 1E0

Mr. Brian Wannamaker

T: 416-880-0528

F: 416-880-0528

SNC-Lavalin Inc.
Projet PROPERT
5160, boulevard Decarie, bureau 300
Montreal, Quebec
H3X 2H9

Dr. Sylvain Poirier

T: 514-369-5018

F: 514-369-5058

SNC-Lavalin Inc.
Projet PROPERT
5160, boulevard Decarie, bureau 300
Montréal (Québec)
H3X 2H9

M. Alain Poirier

T: 514-369-5017

F: 514-369-5058

Spectranalysis Inc.
139-125 Cross Avenue
Oakville, Ontario
L6J 2W8

Dr. Simsek Pala

T: 416-842-1964

F: 416-338-7655

Statistics Canada
Spatial Analysis and Geomatics
Applications
12th Floor, Jean Talon Building
Tunney's Pasture
Ottawa, Ontario
K1A 0T6

Mr. Richard Dobbins

T: 613-951-3860

F: 613-951-3868

Statistics Canada
Spatial Analysis and Geomatics
Applications
12th Floor, Jean Talon Building
Tunney's Pasture
Ottawa, Ontario
K1A 0T6

Mr. Paul Nixon

T: 613-951-4957

F: 613-951-3868

Terrain Resources Limited
204, 740-4 Avenue South
Lethbridge, Alberta
T1J 0N9

Mr. Malcolm G. Lowings

T: 403-329-0379

F: 403-320-6349

Terrestrial & Aquatic Environmental
Managers Limited
P.O. Box 2647
Melville, Saskatchewan
S0A 2P0

Mr. Michael Raine

T: 306-728-5397

F: 306-728-2055

Université de Laval
Département de Géodésie et
Télétection
Pavillon Casault
Ste Foy (Québec)
G1K 7P4

Dr. G. Edwards

T: 418-656-2530

F: 418-656-7411

Université de Laval
Département de Géodésie et
Télétection
Pavillon Casault
Ste Foy (Québec)
G1K 7P4

Dr. Keith Thomson

T: 418-656-2530

F: 418-656-7411

Université de Laval
Département de Géodésie et
Télétection
Pavillon Casault
Ste-Foy (Québec) G1K 7P4

Dr. Ester Boulianne

T: 418-656-2530

F: 418-656-7411

Université de Sherbrooke
CARTEL
Sherbrooke (Québec)
J1K 2R1

Mme Joanne Boisvert
T: 819-821-7180
F: 819-821-7944

Université de Sherbrooke
CARTEL
Sherbrooke (Québec)
J1K 2R1

Mr. Hualbin Geng
T: 819-821-7187
F: 819-821-7944

Université de Sherbrooke
CARTEL
Sherbrooke (Quebec)
J1K 2R1

M. Hardy Granberg
T: 819-821-7190
F: 819-821-7944

Université du Québec
INRS-Eau
2800, rue Einstein, suite 105
Case postale 7500
Sainte Foy (Québec)
G1V 4C7

M. Jean-Pierre Fortin
T: 418-654-2591
F: 418-654-2600

Université du Québec à Montréal
Département de Géographie
C.P. 8888, Succursale A
Montréal (Québec)
H3C 3P8

M. Robert Desjardins
T: 514-987-8236
F: 514-987-6784

University of Calgary
Department of Geography
2500 University Drive N.W.
Calgary, Alberta
T2N 1N4

Mr. Bradley Wilson
T: 403-220-5590
F: 403-282-6561

University of Guelph
Land Resource Science
Guelph, Ontario
N1G 2W1

Dr. Richard Protz
T: 519-824-4120
F: 519-824-5730

University of Guelph
Land Resource Science
Guelph, Ontario
N1G 2W1

Ms. Heather McNairn
T: 519-824-4120 x 4274
F: 519-824-5730

University of Manitoba
Department of Earth Sciences
Winnipeg, Manitoba
R3T 2N2

Dr. Woolf M. Moon
T: 204-474-9833
F: 204-261-7581

University of Sherbrooke
CARTEL
Sherbrooke, Quebec
J1K 2R1

Mr. Hardy Granberg
T: 819-821-7180
F: 819-821-7944

University of Wageningen
Department of Water Resources
Nieuwe Kanaal II
6709 PA Wageningen
The Netherlands

Mr. Joost vander Saanden
T: 31-8370-82765
F: 31-8370-84885

University of Waterloo
Department of Civil Engineering
Waterloo, Ontario
N2L 3G1

Mr. Nick Kouwen
T: 519-885-1211
F: 519-888-6197

University of Waterloo
Department of Civil Engineering
Waterloo, Ontario
N2L 3G1

Dr. Ric Soullis
T: 519-885-1211
F: 519-888-6197

University of Waterloo
Department of Geography
Faculty of Environmental Studies
Waterloo, Ontario
N2L 3G1

Dr. Philip J. Howarth
T: 519-885-1211, x 3404
F: 519-888-6768

University of Waterloo
Department of Geography
Faculty of Environmental Studies
Waterloo, Ontario
N2L 3G1

Mr. Paul Treitz
T: 519-885-1211, x 3997
F: 519-888-6768

University of Waterloo
Earth Observation Laboratory
200 University Avenue West
Waterloo, Ontario
N2L 3G1

Mr. David Barber
T: 509-885-1211, x 2689
F: 509-888-6768

University of Waterloo
Faculty of Environmental Studies
200 University Avenue West
Waterloo, Ontario
N2L 3G1

Dr. Ellsworth LeDrew
T: 519-885-1211, x 2783
F: 519-888-6768

Vantage Point International
1324 Cedarcroft Crescent
Gloucester, Ontario
K1B 5C8

Mr. Ron Saper
T: 613-747-0118
F: 613-747-0940

GSC/CGC OTTAWA



00G 03213261

