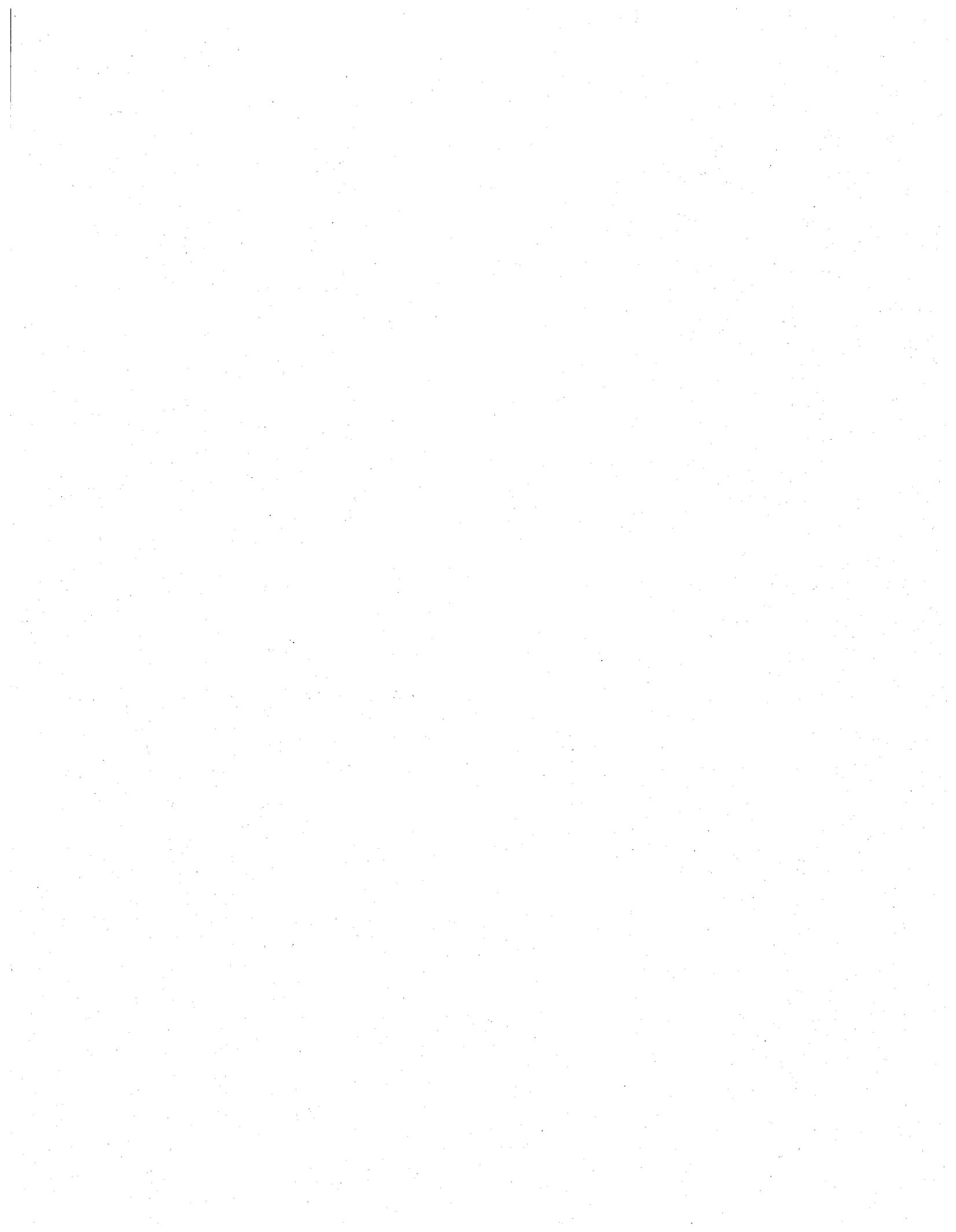


**MISE À JOUR DE L'ALGORITHME DE
CARTOGRAPHIE DE LA PRÉSENCE DE
NEIGE AU SOL À PARTIR DES DONNÉES
OPTIQUES DU CAPTEUR NOAA-AVHRR**

---RAPPORT FINAL---

Rapport de recherche No R-1171

2010



**MISE À JOUR DE L'ALGORITHME DE CARTOGRAPHIE DE LA
PRÉSENCE DE NEIGE AU SOL À PARTIR DES DONNÉES OPTIQUES DU
CAPTEUR NOAA-AVHRR**

---RAPPORT FINAL---

Préparé par :

Sophie Roberge

Karem Chokmani

INRS-ETE

En collaboration avec :

Danielle De Sève

Institut de recherche d'Hydro-Québec

Rapport no. R1171

Présenté à

Hydro-Québec

Août 2010

AVANT-PROPOS

L'équipe de télédétection de l'INRS-ETE a été mandatée par l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ) pour réaliser la mise à jour de l'algorithme de cartographie de la présence de neige au sol à partir des données optiques du capteur NOAA-AVHRR.

Le premier chapitre présente les travaux menés par l'INRS-ETE sur le développement d'algorithmes pour le suivi par télédétection satellitaire de la couverture de neige au sol ainsi que la nature des services et des livrables demandés par Hydro-Québec. Le deuxième chapitre traite des caractéristiques du capteur optique NOAA-AVHRR. Quant au troisième chapitre, il détaille la démarche méthodologique utilisée pour réaliser la mise à jour de l'algorithme de cartographie de la présence de neige au sol développé par l'INRS-ETE. Le dernier chapitre résume le contenu des livrables.

Les auteurs remercient Danielle DeSève (Institut de recherche d'Hydro-Québec) pour le soutien financier accordé à ce projet et Rasim Latifovic (Centre Canadien de Télédétection) pour avoir fourni les applications de prétraitement des images NOAA-AVHRR.

Par souci de confidentialité, les annexes qui détaillent le code informatique des algorithmes développés par l'INRS-ETE ne sont pas disponibles dans la version publique du présent rapport.

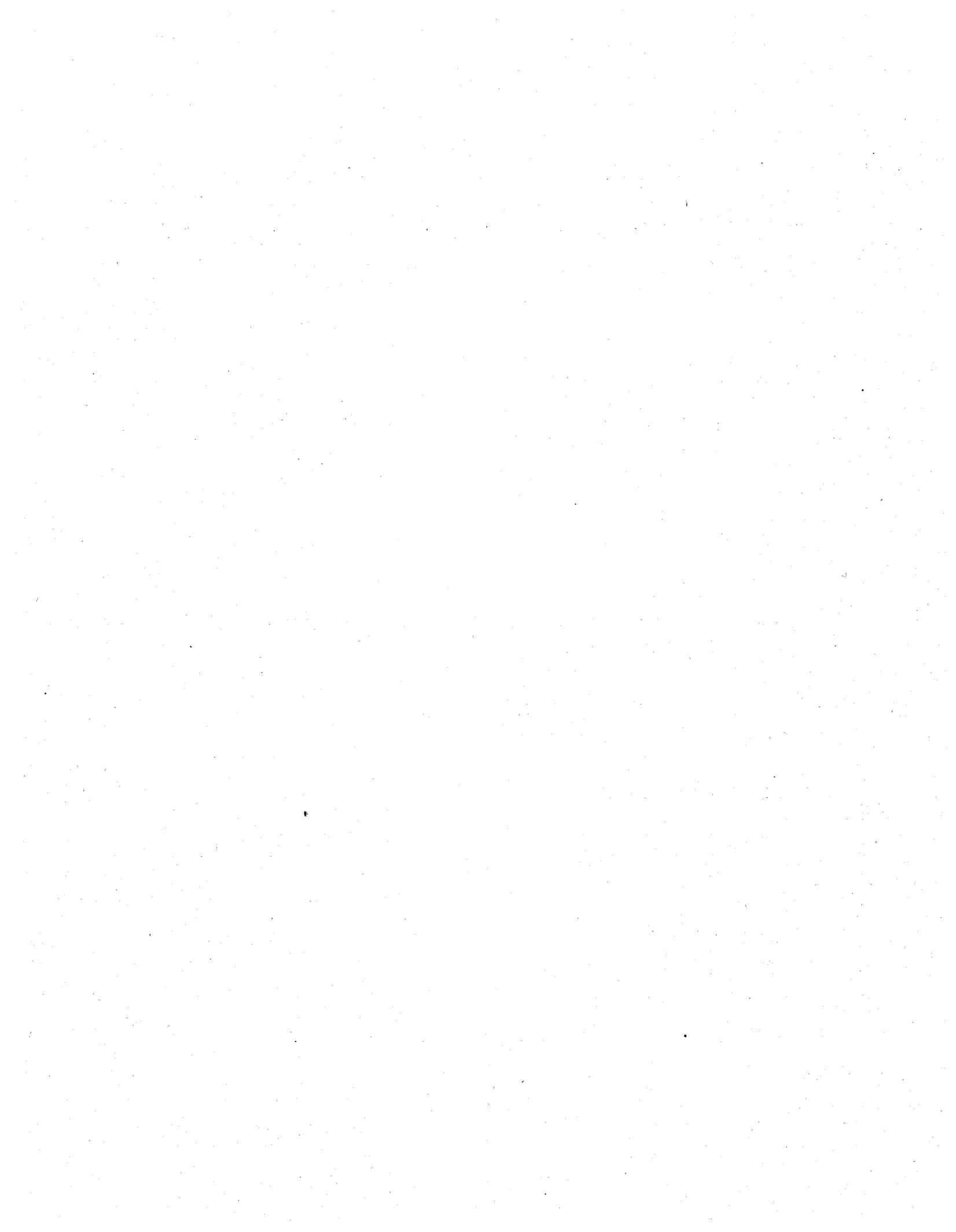


TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	i
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES	vii
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION	1
1.1. Problématique de la cartographie du couvert nival	1
1.2. Algorithme de cartographie de la présence de neige au sol développé par l'INRS....	2
1.3. Nature des services demandés par Hydro-Québec	5
CHAPITRE 2 : CARACTÉRISTIQUES DES CAPTEURS NOAA-AVHRR	7
CHAPITRE 3 : DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE	9
3.1. Constitution de la base de données	10
3.2. Description du système EODM	14
3.3. Prétraitement des images NOAA-AVHRR.....	18
3.4. Exportation des bandes EODM en format pix	18
3.5. Correction manuelle de la distorsion géométrique	19
3.6. Classification des images NOAA-AVHRR	21
3.6.1. Algorithme de classification adapté à la bande spectrale 3B	21
3.6.2. Présentation de la version adaptée de l'algorithme de classification.....	22
3.6.3. Algorithme de classification adapté à la bande spectrale 3A	22
3.7. Exportation des cartes de neige dans un fichier annuel	23
CHAPITRE 4 : RÉSULTATS	25
4.1. Constitution de la base de données	25
4.2. Version adaptée de l'algorithme de classification à la bande 3A.....	26
CONCLUSIONS	29
RÉFÉRENCES	31
ANNEXE 1 : Guide de configuration de l'application EODM_NRT	33
ANNEXE 2 : Guide de configuration de l'application EODM	44
ANNEXE 3 : Code informatique de l'algorithme EODM2pix.eas	48
ANNEXE 4 : Code informatique de l'algorithme Classif_NOAA3B_v2010.eas	51
ANNEXE 5 : Code informatique de l'algorithme Classif_NOAA3A_V2010.eas	55

ANNEXE 6 : Code informatique de l'algorithme Classif_annee.eas	59
ANNEXE 7 : Répartition de la bande 3 disponible dans les images en fonction de la date d'acquisition	63
ANNEXE 8 : Bandes incluses dans les fichiers annuels	65

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Valeurs des seuils de classification des images NOAA-AVHRR (extrait de Chokmani <i>et al.</i> , 2009).....	4
Tableau 2 :	Matrice de confusion des résultats de la classification des échantillons de pixels qui ont servi pour valider l'algorithme de classification des images NOAA-AVHRR (extrait de Chokmani <i>et al.</i> , 2009).....	5
Tableau 3 :	Caractéristiques des capteurs NOAA-AVHRR.....	7
Tableau 4 :	Paramètres de conversion de la radiance en température pour chaque satellite (NOAA, 1998, 2009).....	22
Tableau 5 :	Répartition du nombre d'images acquises par satellite en fonction de l'année.....	25
Tableau 6 :	Valeurs du seuil 5 de classification des images NOAA-AVHRR (version adaptée pour la bande 3A).....	26
Tableau 7 :	Matrice de confusion des résultats de la classification des échantillons de pixels qui ont servi pour valider l'algorithme de classification des images NOAA-AVHRR adapté à la bande 3A, pour la période du 1er avril au 31 mai.....	26
Tableau 8 :	Matrice de confusion des résultats de la classification des échantillons de pixels qui ont servi pour valider l'algorithme de classification des images NOAA-AVHRR adapté à la bande 3A, pour la période du 16 mars au 31 mai.....	27
Tableau 9 :	Description du contenu des sous-répertoires de l'application EODM_NRT.exe.....	34
Tableau 10 :	Correspondance entre les sorties EODM et les canaux AVHRR.....	39

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Organigramme de l'algorithme de classification des images NOAA-AVHRR (extrait de Chokmani <i>et al.</i> , 2009).....	3
Figure 2 :	Organigramme des traitements appliqués aux images quotidiennes NOAA-AVHRR.....	9
Figure 3 :	Exemple d'une page de résultats du catalogue CLASS	10
Figure 4 :	Couverture de la scène acquise le 18 mars 2009 à 17h23 par le satellite N18	11
Figure 5 :	Couverture de la scène acquise le 18 mars 2009 à 17h24 par le satellite N18	11
Figure 6 :	Exemple d'interférence dans le contenu numérique de la scène acquise le 31 mars 2004 à 18h00 par le satellite N16	12
Figure 7 :	Métadonnées internes de la scène acquise le 18 mars 2009.....	13
Figure 8 :	Localisation des sous-images (<i>chips</i>) pour améliorer la géo-référence de l'image (extrait de Latifovic <i>et al.</i> , 2005)	17
Figure 9 :	Exemple de la répartition des points de contrôle et de leur erreur RMS.....	20
Figure 10 :	Image NOAA-AVHRR prétraitée du 28 avril 2006	20
Figure 11 :	Image NOAA-AVHRR prétraitée du 28 avril 2006 corrigée manuellement ...	21
Figure 12 :	Contenu du répertoire EODM_NRT	33
Figure 13 :	Contenu du fichier cfg.txt	34
Figure 14 :	Contenu du fichier ChipCombo.txt	35
Figure 15 :	Contenu du fichier Process.bat	36
Figure 16 :	Fichiers créés lors de l'exécution du fichier Process.bat.....	38
Figure 17 :	Contenu du fichier log.txt	43
Figure 18 :	Contenu du répertoire EODM.....	44
Figure 19 :	Contenu du fichier traitement.bat	45
Figure 20 :	Commande DOS à taper pour lancer EODM.exe	46
Figure 21 :	Fichiers créés lors de l'exécution du fichier traitement.bat	47
Figure 22 :	Contenu du fichier log.txt.....	47

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

1.1. Problématique de la cartographie du couvert nival

Le couvert nival occupe une place prépondérante dans le cycle hydrologique canadien et joue un rôle important dans les phénomènes de rétroaction climatique. Le suivi de l'état du couvert nival se base essentiellement sur le réseau d'observations locales d'Environnement Canada. En raison de sa faible densité et de sa distribution spatiale non-optimale, ce réseau ne permet pas de fournir des données à travers les différentes régions du pays et ce, avec une bonne résolution temporelle et une assez longue période d'observation. Il devient alors difficile de suivre l'état de surface sur de longues périodes ainsi que l'évolution du couvert nival pendant les phases critiques telles que l'établissement du couvert nival en automne ou la fonte de la neige au printemps.

L'équipe de télédétection de l'INRS-ETE a retenu les capteurs AVHRR à bord du satellite NOAA (visible et infrarouge, 1 km de résolution) et SSM/I à bord du satellite DMSP (micro-ondes passives, 25 km de résolution) pour développer des algorithmes de cartographie de la neige adaptés aux conditions du Québec. Le choix de ces capteurs repose sur le fait que les deux offrent une longue série d'observations quotidiennes de la surface terrestre d'une qualité constante, ce qui les rend appropriées pour les études de changement climatique et le suivi temporel de l'état de la surface terrestre. Par ailleurs, la longue série historique ainsi développée offrirait la possibilité de pouvoir s'intégrer aux résultats générés à partir des capteurs de nouvelle génération, comme MODIS et ASMR-E (Chokmani *et al.*, 2009).

En 2003, une procédure opérationnelle de suivi de la couverture de la neige au sol à l'aide des images NOAA-AVHRR a été développée (Chokmani *et al.*, 2004; Chokmani *et al.*, 2005; Chokmani *et al.*, 2006). En parallèle, une méthode simple pour la détection de la couverture de la neige à partir des données micro-ondes passives du capteur SSM/I (Langlois, 2003; Langlois *et al.*, 2004). Plusieurs auteurs ont démontré l'intérêt de l'utilisation conjointe des données satellitaires dans le visible et l'infrarouge et dans les micro-ondes passives pour cartographier l'étendue de la neige et suivre son évolution dans le temps et dans l'espace (Bitner *et al.*, 2002; Cordisco *et al.*, 2003; Koskinen *et al.*, 1999; Ramsay, 1998; Romanov *et al.*, 2000; Simic *et al.*, 2004; Tait *et al.*, 2001). Par conséquent, il a été décidé de combiner les deux capteurs et de développer une procédure de fusion de la cartographie de la neige obtenue à l'aide des données optiques du capteur AVHRR et celles obtenues à l'aide du capteur de micro-ondes passives SSM/I. Cette procédure alliera la haute résolution spatiale du capteur AVHRR à la capacité de SSM/I de pénétrer les nuages.

1.2. Algorithme de cartographie de la présence de neige au sol développé par l'INRS

L'algorithme de classification des images NOAA-AVHRR développé par Chokmani *et al.* (2009) est conçu pour distinguer trois catégories de surfaces, à savoir les nuages, la neige et la non-neige. Il est constitué d'une combinaison de six seuils séquentiels, allant du moins restrictif au plus sévère. Un pixel qui réussit à passer à travers tous les seuils est alors classé comme neige, sinon il est catégorisé comme nuages ou non-neige (Figure 1).

Les seuils de l'algorithme ont été calculés à partir des données radiométriques (T4, ΔT_{45} , NDVI, ΔT_{34} et A1) des pixels consacrés à l'étalonnage. Par exemple, le 99^e percentile de la température de la bande 4 des pixels de neige correspond au premier seuil (T4max) et le 1^{er} percentile au deuxième seuil (T4min). Par la suite, pour chaque seuil, la variation des valeurs du percentile en fonction de la date d'acquisition des images (en jour-julien) a été étudiée et une fonction polynomiale du second degré lui a été ajustée. Le Tableau 1 présente les valeurs des seuils de l'algorithme de classification des images AVHRR pour la période printanière (du 1^{er} avril au 31 mai). Il est à noter que les équations présentées ne sont valides que pour la période allant du 91^e jour-julien au 151^e, c'est-à-dire du 1^{er} avril au 31 mai. Au-delà de cette période, les équations de calculs des seuils doivent être adaptées (Chokmani *et al.*, 2009).

La nouvelle version de l'algorithme de classification ainsi étalonné (les seuils varient en fonction de la date) a été appliquée aux échantillons de pixels indépendants réservés pour la validation afin d'en mesurer la performance. Le Tableau 2 présente les résultats de comparaison entre ces échantillons de pixels et les résultats de leur classification dans chaque catégorie de surfaces identifiées à l'aide de l'algorithme. Il est à noter que l'algorithme réussit à identifier les trois catégories de surface avec un taux de succès élevé de l'ordre de 97%. Les nuages sont identifiés avec un taux de succès quasi parfait. En revanche, quoique la neige ait été classée avec un taux dépassant les 93%, elle a été la classe la plus affectée par l'erreur d'omission (près de 7% des pixels ont été classés dans l'une ou l'autre des deux autres classes). Ceci est explicable par le fait que l'algorithme tel qu'il est défini est un algorithme sévère à l'endroit de la classe neige. En d'autres termes, l'algorithme étant basé sur les percentiles de la classe neige, les pixels de neige se trouvant aux extrémités des histogrammes de distribution des différents paramètres de classification sont exclus au profit des deux autres classes, ce qui se traduit par une légère sous-estimation de la présence de la neige (Chokmani *et al.*, 2009).

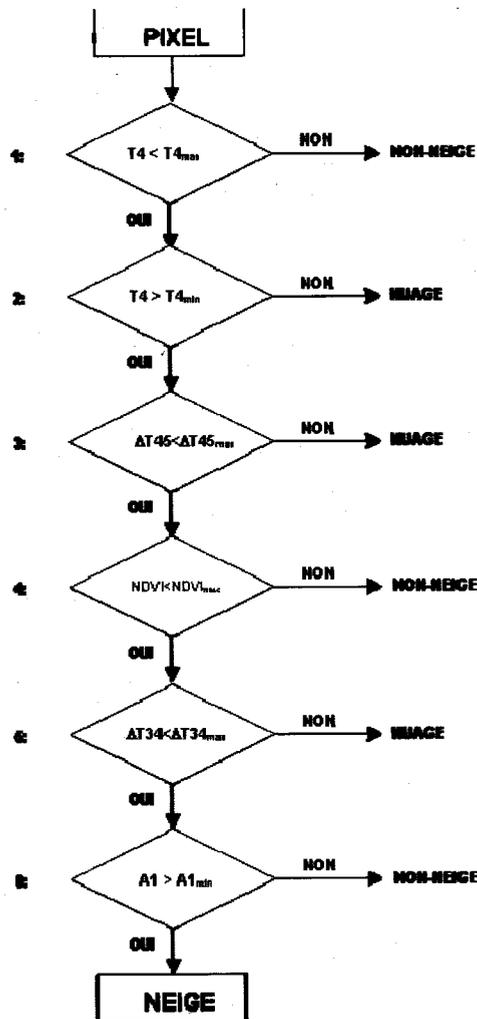
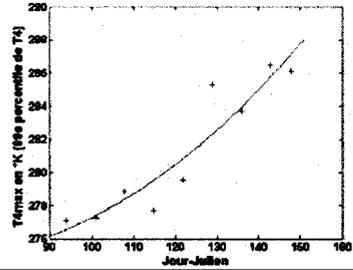
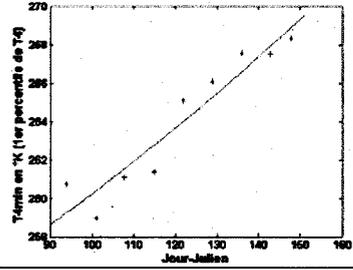
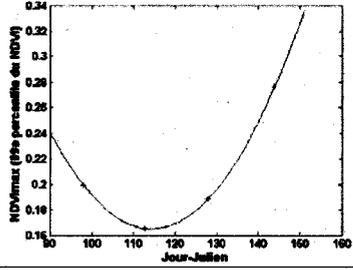
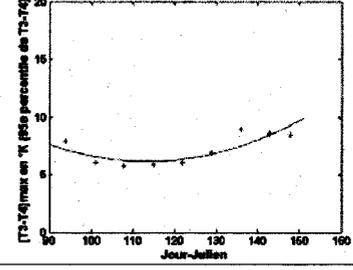
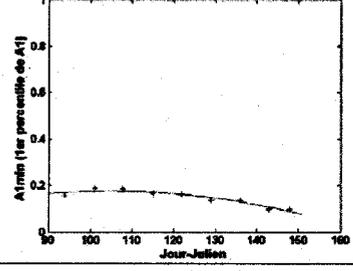


Figure 1 : Organigramme de l'algorithme de classification des images NOAA-AVHRR (extrait de Chokmani *et al.*, 2009)

1. Le pixel doit avoir une valeur de température dans la bande 4 (T_4) inférieure à la température maximale que pourrait avoir la neige. Sinon, le pixel est classé autre que neige ou nuage; 2. Le pixel doit aussi avoir une valeur de température dans la bande 4 (T_4) supérieure à la température minimale que pourrait avoir la neige. Sinon, le pixel est classé en nuages (plus froids que la neige); 3. Le pixel doit avoir une différence de température entre les bandes 4 et 5 (ΔT_{45}) inférieure à celle des voiles nuageux. Sinon, le pixel est classé en nuages; 4. Le pixel doit avoir un indice de végétation NDVI inférieur au maximum que pourrait avoir la neige. Sinon, le pixel est classé autre que neige ou nuage. Les valeurs de NDVI varient entre 1 et -1. Normalement, la neige présente des valeurs de NDVI négatives ou de faibles valeurs positives; 5. Le pixel doit avoir une différence de température entre les bandes 3 et 4 (ΔT_{34}) inférieure à la valeur maximale que pourrait avoir la neige. Sinon, le pixel est classé en nuages. Dans la bande 3 (infrarouge moyen), la réflectance de la neige est beaucoup plus basse que celle des nuages bas; 6. Le pixel doit avoir une valeur de réflectance dans la bande 1 (A_1) supérieure à la valeur minimale de l'albédo que pourrait avoir la neige. Sinon, le pixel est classé autre que neige ou nuage. La neige a normalement un albédo dans le visible supérieur aux autres surfaces.

Tableau 1 : Valeurs des seuils de classification des images NOAA-AVHRR (extrait de Chokmani *et al.*, 2009)

Seuil	Équation/Valeur en fonction de J*	Graphique
(1) T4max	$T4max=1,682.10^{-3}.J^2-0,2105.J+281,491$	
(2) T4min	$T4min=0,358.10^{-3}.J^2+0,0923.J+247,43$	
(3) ΔT45max	$\Delta T45max=2^{\circ}K$	NA
(4) NDVImax	$NDVImax=0,127.10^{-3}.J^2-0,0291.J+1,832$	
(5) ΔT34max	$\Delta T34max=2,702.10^{-3}.J^2-0,6135.J+40,967$	
(6) A1min	$A1min=-0,048.10^{-3}.J^2+0,01.J-0,355$	

* J : Jour-Julien

Tableau 2 : Matrice de confusion des résultats de la classification des échantillons de pixels qui ont servi pour valider l'algorithme de classification des images NOAA-AVHRR (extrait de Chokmani *et al.*, 2009)

Échantillons de validation	Catégorie de surface	Nombre total de pixels de validation	Classification en % (arrondi)		
			Neige	Non-neige	Nuages
	Neige	62430	93%	04%	03%
	Non-neige	14533	01%	98%	01%
	Nuages	62542	00%	00%	100%
Taux de succès global					97%

1.3. Nature des services demandés par Hydro-Québec

Les services demandés par Hydro-Québec sont :

1. Adaptation de l'algorithme de calibration et de correction radiométrique déjà développé par l'INRS-ETE pour les capteurs AVHRR-9, 11 et 14 aux données du capteur de nouvelle génération (AVHRR-KLM);
2. Import et prétraitement manuel d'une sélection d'images AVHRR-KLM acquises durant la période de fonte entre 2000 et 2009 (1^{er} avril au 31 mai de chaque année);
3. Adaptation de la version originale de l'algorithme développé à l'INRS-ETE pour la cartographie du couvert nival pendant la période de fonte aux données AVHRR-KLM et son application sur la sélection d'images pour l'élaboration de cartes de couverture de neige sur l'ensemble du territoire québécois;
4. Rédaction d'un rapport de recherche.

Et les livrables :

1. Un rapport de recherche décrivant la démarche méthodologique et les résultats;
2. Le code informatique de l'algorithme de calibration et de correction radiométrique adapté aux images AVHRR-KLM;
3. Le code informatique de l'algorithme de cartographie de la neige adapté aux images AVHRR-KLM;
4. Une copie des images traitées (neige, non-neige);
5. Assistance pour les ressources de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec pour qu'elles puissent réaliser les étapes de traitement d'images de manière autonome.

CHAPITRE 2 : CARACTÉRISTIQUES DES CAPTEURS NOAA-AVHRR

Les caractéristiques spatiales et spectrales du capteur NOAA-AVHRR sont présentées dans le Tableau 3. Les satellites de la série AVHRR-KLM sont dotés d'une sixième bande spectrale couvrant le proche infrarouge (1,58-1,68 μm , bande 3A) permettant ainsi une meilleure discrimination entre la neige et les nuages (NOAA, 2009). La particularité de cette bande spectrale est qu'elle contient seulement la composante d'énergie terrestre réfléchie (contrairement à la bande de l'infrarouge moyen (3,55-3,95 μm , bande 3B) qui est en fait un mélange d'énergie terrestre émise et réfléchie). Par conséquent, la procédure de traitement de cette bande spectrale ne sera pas la même dans l'algorithme de cartographie de la neige.

Tableau 3 : Caractéristiques des capteurs NOAA-AVHRR

Paramètres spatiaux						
Angle de balayage	$\pm 55,4^\circ$					
Champ balayé	2700 km					
Résolution spatiale	1,1 x 1,1 km au nadir 2,4 x 6,9 km à la limite du champ balayé					
Paramètres spectraux						
Capteur AVHRR/2 (ancienne génération)						
Satellites	NOAA-9 (F), -11 (H) et -14 (J)					
Canal	1	2	3	4	5	
Région spectrale	Rouge	Proche infrarouge	Infrarouge moyen	Infrarouge thermique	Infrarouge thermique	
Bande spectrale (μm)	0,58-0,68	0,725-1,10	3,55-3,95	10,3-11,3	11,5-12,5	
Codage	10 bits pour tous les canaux					
Paramètres spectraux						
Capteur AVHRR/3 (nouvelle génération)						
Satellites	NOAA-15 (K), -16 (L), -17 (M), -18 (N) et -19 (P)					
Canal	1	2	3A	3B	4	5
Région spectrale	Rouge	Proche infrarouge	Proche infrarouge	Infrarouge moyen	Infrarouge thermique	Infrarouge thermique
Bande spectrale (μm)	0,58-0,68	0,725-1,10	1,58-1,68	3,55-3,95	10,3-11,3	11,5-12,5
Codage	10 bits pour tous les canaux					

CHAPITRE 3 : DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

Les traitements appliqués aux images quotidiennes NOAA-AVHRR sont synthétisés dans la Figure 2 et seront détaillés au cours des pages suivantes.

Figure 2 : Organigramme des traitements appliqués aux images quotidiennes NOAA-AVHRR

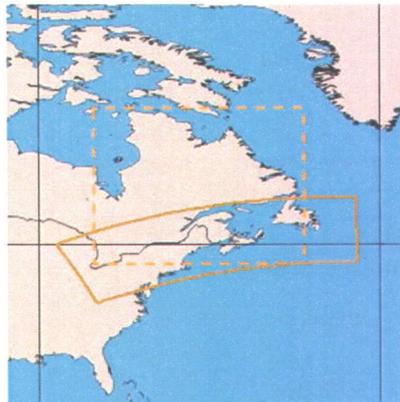
3.1 Constitution de la base de données

Afin de pouvoir suivre l'évolution de la couverture de neige au sol pendant la phase critique de fonte printanière, les images quotidiennes NOAA-AVHRR acquises du 16 mars (75^e jour-julien) au 31 mai (151^e jour-julien) de chaque année ont été utilisées. Il est important de mentionner que les images quotidiennes du 16 mars au 31 mars (90^e jour-julien) n'avaient pas été retenues lors de la calibration de l'algorithme original, valable du 1^{er} avril au 31 mai seulement. Ces dates ont été ajoutées à la période initiale en raison du fait que le processus de fonte de la neige peut s'enclencher dès la mi-mars; une validation des résultats de la classification devra éventuellement être faite pour cette période. Les images du début de l'après-midi ont été privilégiées. Les images de mi-journée sont moins sensibles aux effets topographiques, qui se manifestent par des variations dans les conditions d'illumination.

Les images quotidiennes AVHRR-KLM ont été commandées gratuitement à partir du catalogue CLASS de la NOAA (www.class.ngdc.noaa.gov). L'auteur a fait une recherche manuelle dans le catalogue CLASS. Or cette étape s'est avérée particulièrement longue dans la mesure où CLASS ne permet pas à ses utilisateurs de commander plus de cent images à la fois, ce qui nous a amené à parcourir le catalogue une année à la fois (Figure 3). À cela s'ajoute aussi le fait que nous avons dû examiner le contenu de chaque image acquise entre 17h00 et 20h00 UTC afin de vérifier la qualité de leur couverture spatiale. L'image offrant la meilleure couverture spatiale du Québec a été commandée (Figure 4, Figure 5). Certaines images de l'année 2004 présentaient des interférences majeures dans leur contenu numérique (Figure 6). Ces dernières ont alors été remplacées par des images acquises un peu plus tôt durant la journée, soit entre 16h00 et 17h00 UTC, pour en limiter le nombre.

73	<input type="checkbox"/>	12726093	High Resolution Picture Transmission (HRPT) 1KM Level 1B (AVHRR_HRPT)	34987	2009-03-18 16:03:31.132	2009-03-18 16:15:24.300	N17	NSS.HRPT.NM.D09077.S1603.E16 15.B3498787.MI
74	<input type="checkbox"/>	12726463	High Resolution Picture Transmission (HRPT) 1KM Level 1B (AVHRR_HRPT)	19719	2009-03-18 17:23:43.566	2009-03-18 17:34:48.234	N18	NSS.HRPT.NN.D09077.S1723.E17 34.B1971919.MI
75	<input type="checkbox"/>	12726563	High Resolution Picture Transmission (HRPT) 1KM Level 1B (AVHRR_HRPT)	19719	2009-03-18 17:24:43.566	2009-03-18 17:39:06.400	N18	NSS.HRPT.NN.D09077.S1724.E17 39.B1971919.WI
76	<input type="checkbox"/>	12727473	High Resolution Picture Transmission (HRPT) 1KM Level 1B (AVHRR_HRPT)	19719	2009-03-18 17:32:26.546	2009-03-18 17:45:16.047	N18	NSS.HRPT.NN.D09077.S1732.E17 45.B1971919.SF
77	<input type="checkbox"/>	12727463	High Resolution Picture Transmission (HRPT) 1KM Level 1B (AVHRR_HRPT)	19719	2009-03-18 17:33:41.678	2009-03-18 17:41:43.994	N18	NSS.HRPT.NN.D09077.S1733.E17 41.B1971919.SF
78	<input type="checkbox"/>	12727223	High Resolution Picture Transmission (HRPT) 1KM Level 1B (AVHRR_HRPT)	19720	2009-03-18 19:02:30.733	2009-03-18 19:16:37.400	N18	NSS.HRPT.NN.D09077.S1902.E19 16.B1971920.MI
79	<input type="checkbox"/>	12727033	High Resolution Picture Transmission (HRPT) 1KM Level 1B (AVHRR_HRPT)	19720	2009-03-18 19:06:19.566	2009-03-18 19:19:27.900	N18	NSS.HRPT.NN.D09077.S1906.E19 19.B1972020.WI
80	<input type="checkbox"/>	12727593	High Resolution Picture Transmission (HRPT) 1KM Level 1B (AVHRR_HRPT)	56392	2009-03-18 21:10:30.856	2009-03-18 21:23:09.857	N15	NSS.HRPT.NK.D09077.S2110.E21 23.B5639292.MI

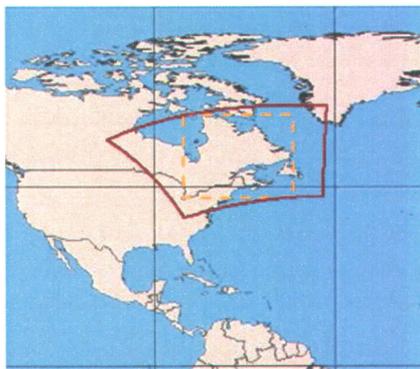
Figure 3 : Exemple d'une page de résultats du catalogue CLASS



Click on the thumbnail to view the full image.

Temporal (Geographic Overlap):	
Start Date:	End Date:
2009-03-18 17:32:19.960	2009-03-18 17:34:47.37
Seconds:	Direction:
148	Ascending
Spatial (Geographic Overlap):	
1. NW Lat,Long:	2. NE Lat,Long:
44.96 , -87.63	51.12 , -48.09
3. SW Lat,Long:	4. SE Lat,Long:
37.28 , -82.27	42.66 , -47.75

Figure 4 : Couverture de la scène acquise le 18 mars 2009 à 17h23 par le satellite N18



Click on the thumbnail to view the full image.

Temporal (Geographic Overlap):	
Start Date:	End Date:
2009-03-18 17:32:19.960	2009-03-18 17:38:57.168
Seconds:	Direction:
398	Ascending
Spatial (Geographic Overlap):	
1. NW Lat,Long:	2. NE Lat,Long:
56.83 , -101.44	65.37 , -46.71
3. SW Lat,Long:	4. SE Lat,Long:
37.28 , -82.27	42.66 , -47.75

Figure 5 : Couverture de la scène acquise le 18 mars 2009 à 17h24 par le satellite N18

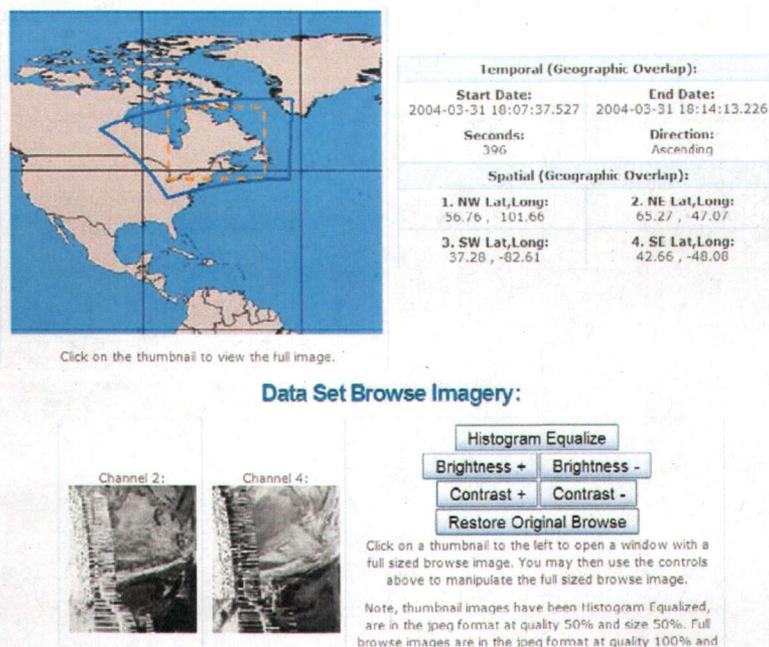


Figure 6 : Exemple d'interférence dans le contenu numérique de la scène acquise le 31 mars 2004 à 18h00 par le satellite N16

Le catalogue CLASS ne fournit aucune information sur la bande spectrale 3 disponible dans l'image au moment de passer la commande. Ce fait nous a amenés à vérifier la ligne 143 des métadonnées internes de chacune des images afin d'obtenir cette information (Figure 7). Ainsi, 0 indique la présence du canal 3B et 1 la présence du canal 3A (NOAA, 2009). Cette information a été consignée dans un chiffrier électronique contenant la liste complète des images. C'est d'ailleurs en parcourant cette liste que nous avons soupçonné que la disponibilité de la bande spectrale du proche infrarouge (bande 3A) était liée à certains satellites. Il s'agit des satellites NOAA-16, NOAA-17 et NOAA-19.

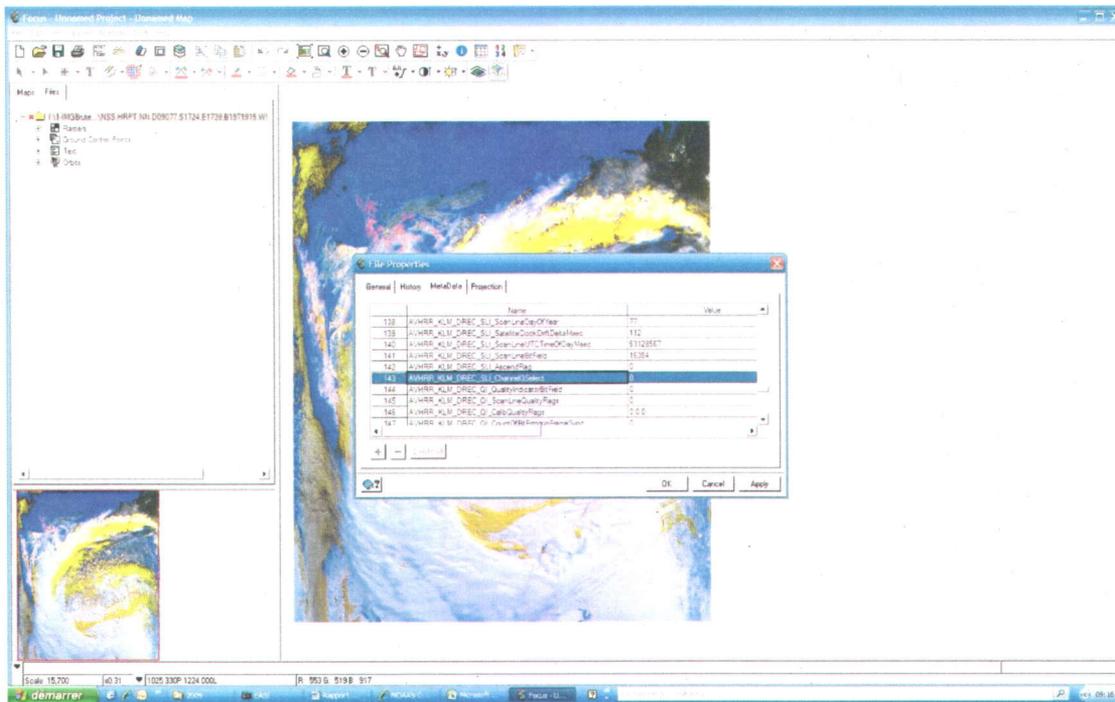


Figure 7 : Métadonnées internes de la scène acquise le 18 mars 2009

L'auteure a notamment envoyé un e-mail à la NOAA afin d'obtenir plus de renseignements concernant la disponibilité du canal 3 dans les images. Voici leur réponse à ce sujet (NOAA, comm. pers.):

A while back our parent organization, National Environmental Satellite Data and Information Service (NESDIS), has reviewed the requirements for the use of AVHRR channels 3a and 3b on the operational NOAA satellites. A "best scenario" operating configuration was determined for two satellite operations, at that time for NOAA-16 and 17. The final configuration, established on May 1, 2003, is as follows:

Afternoon satellites (NOAA-16, NOAA-18, NOAA-19) - channel 3b always on (no 3a switching) Morning satellites (NOAA-15 and NOAA-17) - switch channels at the terminator such that 3a is on during daylight and 3b is on during night.

This decision was made after analysis of information provided by each of the offices of NESDIS. In summary, the analysis concluded that channel 3a is required only from one satellite, once per day, either AM or PM for most products and research needs. The selected scenario was determined to be the best compromise to best address competing requirements. It allows NESDIS to meet the 3b requirements for all products and provide continuous global coverage for fire detection and monitoring.

There were instances for testing and research that channel 3a was turned on. There's no metadata apart from opening each file to determine which channel was active, but as you already learned, channel 3b is the predominant channel for the reasons stated above.

Suite à ce message, nous avons effectué une nouvelle recherche dans le catalogue CLASS, en portant une attention particulière aux images acquises entre 16h00 et 17h00 UTC par le satellite NOAA-17 sur la période de 2004 à 2009, ainsi que pour le satellite NOAA-19 pour

l'année 2009. Cette recherche additionnelle a permis d'augmenter le nombre d'images ayant la bande spectrale 3A.

3.2 Description du système EODM

Le Centre Canadien de Télédétection a développé le système EODM (*Earth Observation Data Manager*) pour offrir aux utilisateurs canadiens de données satellitaires des produits NOAA-AVHRR de résolution spatiale de 1 km fiables pour le suivi historique de l'état de la surface terrestre et de qualité comparable aux autres capteurs.

Le système EODM réalise cinq traitements sur les données AVHRR selon un processus automatisé : (1) l'importation des données, le contrôle de qualité et la calibration; (2) le géocodage et son raffinement par des points de contrôle au sol; (3) le ré-échantillonnage de l'image; (4) l'identification des éléments de la scène par un algorithme de classification; (5) la production d'images composites à ciel clair (Latifovic *et al.*, 2005). Nous décrivons que les trois premiers traitements du système EODM dans le présent rapport étant donné que nous utiliserons notre algorithme de classification (au lieu de celui proposé par le CCT) et nous ne produirons pas d'images composites.

Importation des données, contrôle de qualité et calibration

En se basant sur les informations contenues dans l'en-tête du fichier, EODM initialise le module approprié pour réaliser la conversion des données dans le format interne, ajuste les lignes manquantes, et effectue l'analyse et le raffinement des données de calibration interne pour calculer le *gain* et l'*offset* spécifiques à chaque ligne de balayage. Une série de tests de contrôle a été implantée dans le système EODM afin de prévenir les erreurs d'estimation de ces deux paramètres.

La formule générale de calibration des canaux optiques AVHRR est la suivante :

$$L_{Ei} = \frac{C_{Ei} - C_{Oi}}{G_i}$$

Où i représente le canal AVHRR (1, 2 ou 3A), L_{Ei} est la radiance terrestre ($W/m^2.cm^{-1}.sr$), C_{Oi} et G_i sont l'*offset* et le *gain*, respectivement, et sont calculés selon les équations suivantes :

$$\begin{aligned} C_{Oi} &= A \times (\text{nombre de jours écoulés depuis le lancement du capteur}) + B \\ G_i &= C \times (\text{nombre de jours écoulés depuis le lancement du capteur}) + D \end{aligned}$$

Où les coefficients A, B, C et D sont spécifiques à chaque canal i et sont mis à jour à différents intervalles de temps.

Géocodage et ré-échantillonnage des images

La correction géométrique du système EODM utilise un modèle orbital pour calculer la position du satellite, la géométrie de balayage du capteur AVHRR ainsi que l'orientation

relative du Soleil et de la Terre. L'orbite de navigation dans le système EODM a été élaborée comme un système en deux étapes. La première étape consiste en l'initialisation simultanée du modèle orbital Brouwer-Lyddane, qui utilise les éphémérides publiés dans les bulletins TBUS (*TIROS Bulletin United States*), et l'initialisation du modèle orbital SGP4, qui utilise les éphémérides TLE (*command two-line elements*) produits par le NORAD. Le choix du modèle orbital dépend de l'époque des éphémérides TBUS ou TLE. Celui dont les données sont les plus près de l'heure d'acquisition de la scène AVHRR sera sélectionné.

La localisation et la géométrie de vue pour chaque pixel de l'image sont calculées à partir du modèle orbital initialisé selon les éphémérides les plus appropriés. Cette information est ensuite utilisée pour ré-échantillonner les images brutes dans la projection conique conforme de Lambert (LCC). L'erreur de prédiction de la position du centre de masse du satellite conduit à un décalage systématique de l'image le long de l'orbite du satellite, conduisant ainsi à une erreur dans le nombre de lignes. Lorsque l'époque des éphémérides est près de l'heure d'acquisition, l'erreur de prédiction de l'orbite du satellite est généralement petite (moins de 2-3 km). Cette erreur augmente avec le délai entre l'époque de l'éphéméride et l'heure d'acquisition de la scène. L'erreur est approximativement de l'ordre de 1-3 km lorsque le délai est de moins de 24 heures mais peut croître jusqu'à 10-30 km avec un délai d'une semaine.

En raison de la croissance lente de la prédiction de l'orbite du satellite en fonction du temps, cette erreur peut être considérée comme un décalage systématique le long de l'orbite pour une scène particulière. Cette erreur peut facilement être corrigée par la méthode des points de contrôle au sol et en appliquant une translation linéaire à l'ensemble de l'image. La dérive de l'horloge du satellite provoque un effet similaire (décalage par rapport à l'orbite) et peut être corrigée de la même manière. Les autres types d'erreurs sont celles associées à l'incertitude des angles d'attitude du satellite (roulis, lacet, tangage) ou le désalignement de l'instrument.

La deuxième étape de la définition de l'orbite de navigation est la procédure de raffinement de la géo-référence. Le raffinement de la géo-référence des pixels pour prendre en compte les décalages systématiques ainsi que les incertitudes dans les angles d'attitude du satellite est réalisé de manière automatique avec des points de contrôle au sol par une procédure de comparaison de sous-images (*chip-matching*). La procédure de comparaison de sous-images est réalisée sur la scène AVHRR transformée en projection LCC utilisant un modèle orbital nominal de géo-référence. Lorsque la procédure de comparaison de sous-images est complétée, les paramètres d'une polynomiale du second degré minimisant les erreurs de localisation des sous-images sont déterminés. Cette transformation polynomiale du second degré est appliquée à l'ensemble des coordonnées de l'image.

Deux bases de données sous-images, une pour l'été et l'autre pour l'hiver, sont utilisées dans la procédure de comparaison de sous-images. Ces bases de données ont été extraites à partir d'orbites AVHRR ayant une géo-référence précise et un ciel sans nuages. Chacune des bases de données contiennent plusieurs milliers de sous-images montrant une gamme d'éléments linéaires de terrain (trait de côte, rive de lac, tracé de rivière). Les sous-images

sont réparties uniformément au Canada, au Groenland, en Alaska, et le nord des États-Unis (Figure 8). Chaque sous-image est une image de 64 pixels x 64 pixels extraite à partir des bandes AVHRR dans le proche infrarouge et l'infrarouge thermique. La bande dans le proche infrarouge est utilisée parce qu'elle fournit un meilleur contraste entre l'eau et la surface terrestre. L'infrarouge thermique est utilisé pour les orbites de nuit et d'hiver.

Pour localiser de manière précise une sous-image à l'intérieur d'un couloir de balayage, une procédure de comparaison d'images digitales basée sur une surface de corrélation a été implantée. Une image AVHRR et une sous-image ayant chacune une grille de coordonnées communes sont systématiquement déplacées en x et en y dans une fenêtre de recherche. Une surface de couplage est ainsi générée et le couplage est quantifié à l'aide du coefficient de corrélation de Pearson. L'emplacement de la meilleure position de couplage est calculé systématiquement selon la valeur maximale de corrélation.

Très souvent, le coefficient de corrélation ne peut garantir à lui seul une localisation précise à la sous-image. Une fausse valeur de maximum de corrélation dans la surface de couplage peut se produire lorsqu'il y a présence d'ombres, de nuages, ou de bruit dans les données. Pour cette raison, seules les sous-images ayant des forts coefficients de corrélation ($R^2 > 0.70$) sont retenues. La sélection finale des points de contrôle au sol est faite selon les règles suivantes : (1) l'erreur dominante est l'erreur de localisation le long du tracé de l'orbite, qui peut être positive ou négative. Le déplacement suggéré des points de contrôle au sol doit se faire dans la même direction que l'orbite du satellite; (2) s'il y a présence de nuages dans la région de recherche, la procédure de comparaison de sous-images ne sera pas réalisée. Un seuil conservatif dans le visible est utilisé comme un indicateur de la présence de nuages; (3) si le déplacement suggéré dépasse la moitié de la fenêtre de recherche, la sous-image n'est pas retenue car sa meilleure position se trouve à l'extérieur de cette fenêtre; (4) les sous-images qui réussissent à passer au travers des trois premières règles sont utilisées pour calculer le déplacement moyen le long des axes x et y (AD_x , AD_y), de même que leur écart type (S_x , S_y). Des seuils de déplacement T_x et T_y utilisés pour déterminer la liste finale de points de contrôle au sol sont calculés à partir de la relation $T_{x,y} = 2.045S_{x,y}^{0.5791}$.

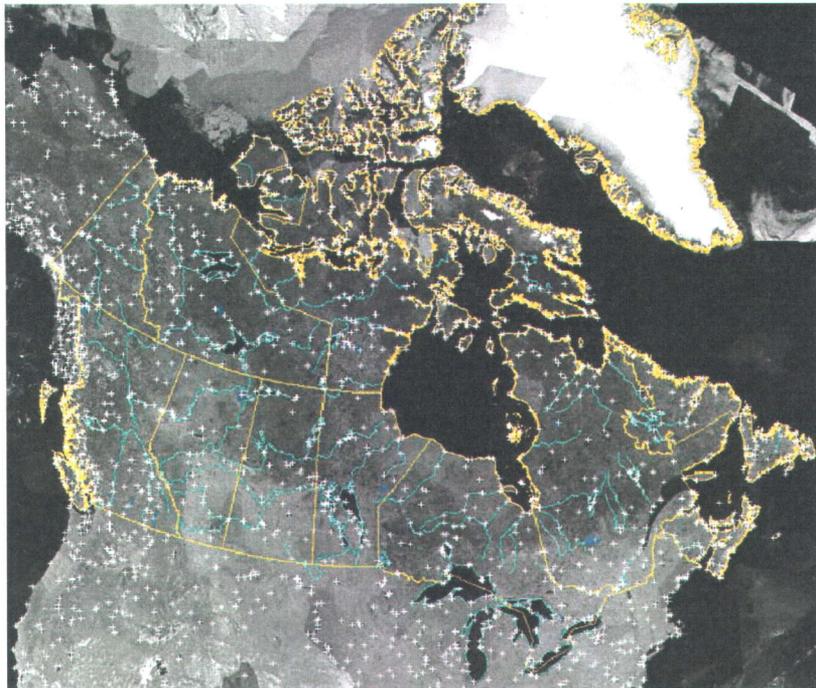


Figure 8 : Localisation des sous-images (*chips*) pour améliorer la géo-référence de l'image (extrait de Latifovic *et al.*, 2005)

Un nombre important de points de contrôle au sol dans la base de données sous-images assure un meilleur taux de succès pour la correction géométrique des images. La géo-rectification finale des images est implantée par une procédure d'estimation des moindres carrés utilisant les points de contrôle au sol ainsi sélectionnés. La précision de la géo-référence est calculée à partir de l'erreur RMS pour chaque point de contrôle au sol. Cette méthode permet d'assurer la précision de la localisation des pixels seulement à proximité du point de contrôle au sol, cependant. Très souvent, les points de contrôle au sol ne sont pas distribués uniformément dans la scène. Pour ce cas particulier, la correction basée sur un modèle polynomial quadratique peut causer des distorsions significatives dans les zones de l'image où il n'y a pas de point de contrôle au sol. Deux règles supplémentaires ont été implantées pour contrôler la précision : (1) la magnitude de la distorsion est calculée comme étant la différence entre la localisation des pixels déterminés par le modèle orbital et le modèle polynomial du second degré. Si cette différence excède trois écarts types ($AD_x \pm 3S_x$, $AD_y \pm 3S_y$) estimé à partir des points de contrôle au sol, le pixel est identifié comme ayant de la distorsion; (2) un *convex hull buffer* est utilisé pour départager les zones de l'image n'ayant aucune distorsion où une haute précision de géo-référence est atteinte.

Performance générale du système EODM

Près de 75% des orbites traitées possèdent une géo-référence précise, qui a été calculée à partir d'un nombre suffisant de points de contrôle au sol. Les autres 25% des segments d'orbites sont géo-référencées seulement à partir du modèle orbital, dont la précision de localisation des pixels dépend essentiellement de la qualité des éphémérides. Le taux de

succès est constant entre les années et dépend principalement de la taille de la scène, de la disponibilité des éphémérides, et de la qualité des données brutes. La taille de la scène influence le taux de succès car une longue orbite augmente la probabilité de trouver plus de points de contrôle au sol, et permet d'obtenir une meilleure géo-référence de l'image (Latifovic *et al.*, 2005).

3.3 Prétraitement des images NOAA-AVHRR

Les annexes 1 et 2 expliquent la procédure de configuration du système EODM et comment rédiger les paramètres de traitement automatique des images NOAA-AVHRR. La procédure a été préparée à la suite d'une formation offerte par le Dr. Rasim Latifovic (Centre Canadien de Télédétection) le 20 janvier 2010 et le 4 mars 2010 dans les locaux de l'INRS à lesquelles Sophie Roberge, Karem Chokmani et Danielle DeSève ont assisté. Une copie des exécutables ont été remis aux deux parties.

Il existe deux versions du système EODM. L'application EODM_NRT.exe est utilisée pour réaliser la calibration radiométrique et la correction géométrique des images satellitaires NOAA-AVHRR acquises par les capteurs de nouvelle génération (NOAA-15 à NOAA-19). Pour les anciens capteurs (NOAA-6 à NOAA-14), on utilise plutôt l'application EODM.exe.

Nous avons effectué un contrôle de qualité du prétraitement des images en ouvrant tous les fichiers log.txt. Ces fichiers indiquent s'il y a présence ou absence de distorsion spatiale dans les images, ou encore s'il y a un nombre insuffisant de point d'appui au sol visibles dû à la présence d'une couverture nuageuse dense. La base de données compte 744 images sans distorsion géométrique, 108 avec de la distorsion géométrique et 20 avec un nombre insuffisant de points d'appui au sol.

3.4 Exportation des bandes EODM en format pix

Algorithme : EODM2pix.eas

Description de l'algorithme :

Cette procédure EASI permet d'exporter les images binaires générées par les applications EODM et EODM_NRT dans un fichier *.pix renommé en fonction de la date d'acquisition de l'image AVHRR, d'attribuer au fichier le datum NAD83 et la projection conique conforme de Lambert.

L'intégrale du code informatique se trouve à l'annexe 3.

3.5 Correction manuelle de la distorsion géométrique

La correction de la distorsion a été réalisée manuellement avec la suite OrthoEngine de PCI. Nous avons pu corriger 41 images sur un total de 128; 87 scènes n'ont pas pu être corrigées manuellement parce qu'elles étaient trop nuageuses ou qu'il y avait un nombre insuffisant de points de contrôle visibles pour appliquer une correction polynomiale d'ordre 2, qui requiert un minimum de 12 points.

Procédure à suivre dans OrthoEngine :

1. Créer un projet utilisant une polynomiale comme modèle mathématique;
2. Définir les paramètres de la projection de sortie et des GCP;
 - a. Système de projection : Conique Conforme de Lambert (LCC)
 - i. Longitude de la vraie origine : 95°00'00"W
 - ii. Latitude de la vraie origine : 0°00'00"N
 - iii. Latitude du premier parallèle standard : 49°00'00"N
 - iv. Latitude du deuxième parallèle standard : 77°00'00"N
 - b. Ellipsoïde : GRS 1980
 - c. Taille des pixels : 1000 m
3. Créer des points de contrôle manuellement (Figure 9);
 - a. Nous avons pris les points de contrôle de sorte à ce qu'ils se répartissent sur l'ensemble du territoire, et à des endroits où il est facile de reconnaître le trait de côte sur l'image et la couche vectorielle de la géopolitique du Canada *Canada_geo_LCCcan.shp*. De plus, les points de contrôle ont été choisis pour minimiser l'erreur RMS au sol, c'est-à-dire de l'ordre de 1 pixel ou moins.
4. Effectuer la correction géométrique de l'image;
5. Reprojecter les images ortho-rectifiées;
 - a. Cette étape permet de nous assurer que la taille de l'image ortho-rectifiée est exactement la même que l'image initiale. Il est important d'appliquer cette étape puisque le script utilise une taille d'image prédéfinie. Il faut également s'assurer que les images ortho-rectifiées ne possèdent pas d'*overview*.
 - i. Taille de l'image : 1783 x 1950
 - ii. Coin supérieur gauche : 729998.866 E, 8303997.266 N
 - iii. Coin inférieur droit : 2512998.866 E, 6353997.266 N
 - iv. Taille des pixels : 1000 m

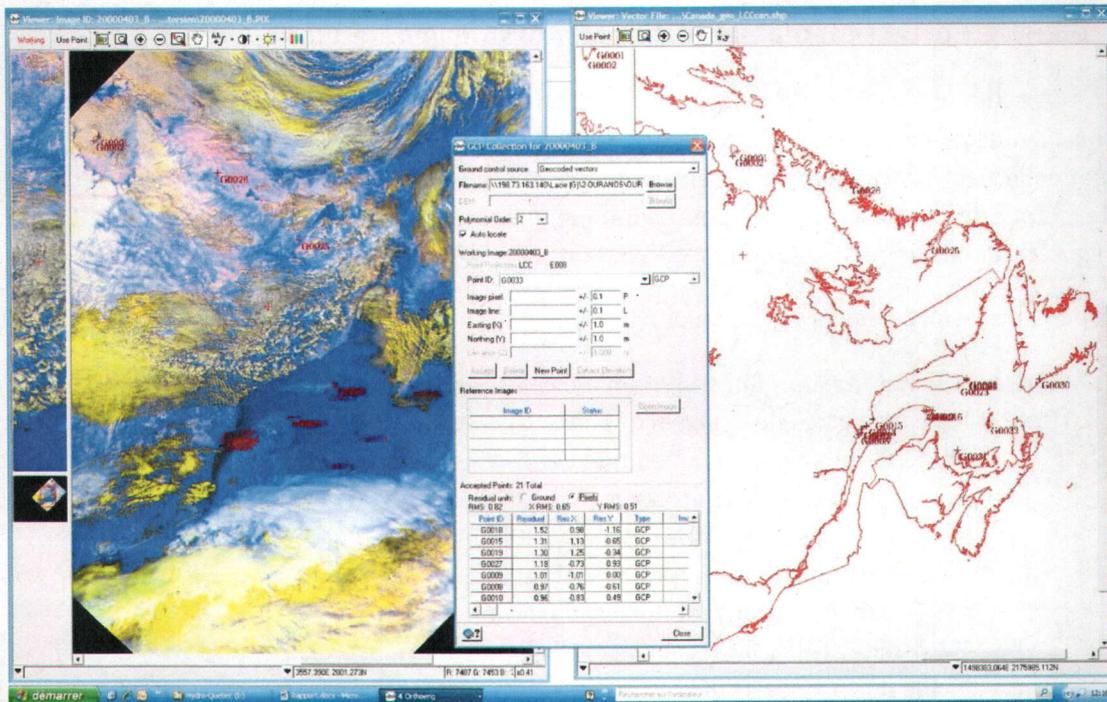


Figure 9 : Exemple de la répartition des points de contrôle et de leur erreur RMS

Les figures 10 et 11 illustrent la correction géométrique réalisée sur l'image du 28 avril 2006.

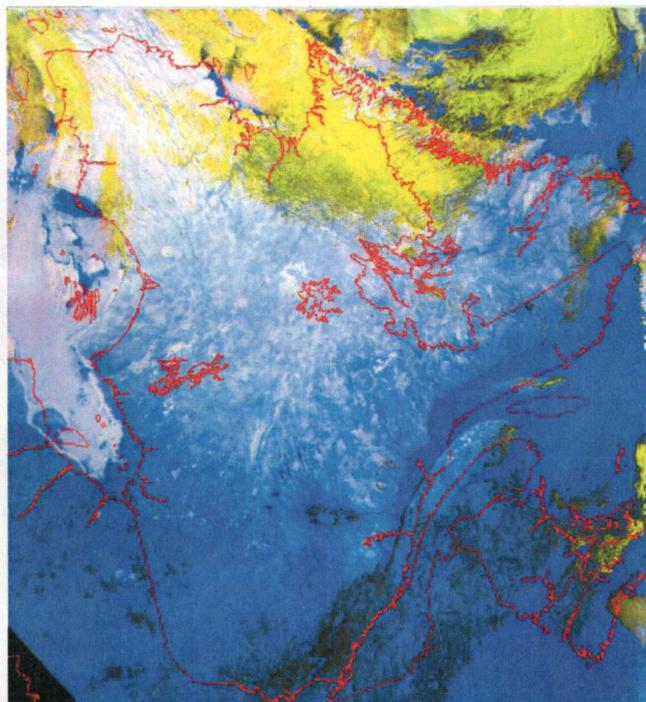


Figure 10 : Image NOAA-AVHRR prétraitée du 28 avril 2006

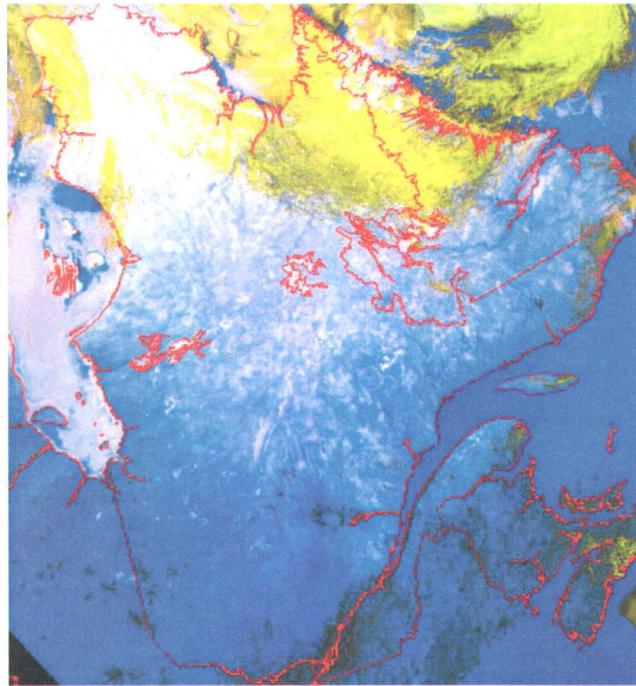


Figure 11 : Image NOAA-AVHRR prétraitée du 28 avril 2006 corrigée manuellement

3.6 Classification des images NOAA-AVHRR

3.6.1 Algorithme de classification adapté à la bande spectrale 3B

Algorithme : Classif_NOAA3B_v2010.eas

Description de l'algorithme :

L'algorithme de classification développé par l'INRS permet de traiter les images produites par le capteur AVHRR ancienne génération, c'est-à-dire pour les satellites NOAA-9, 11 et 14. L'algorithme d'origine a donc été adapté afin de prendre en compte les satellites de la série AVHRR-KLM. Les calculs de conversion de la radiance en température T_3 spécifiques aux satellites NOAA-15 à NOAA-19 ont été ajoutés au script d'origine (Tableau 4). L'équation 1 donne la relation qui permet d'exprimer la radiance d'un point sur la Terre en température équivalente d'un corps noir (NOAA, 2009) :

$$T_E^* = \frac{c_2 v_c}{\ln\left[1 + \left(\frac{c_1 v_c^3}{N_E}\right)\right]} \quad (\text{Éq. 1})$$

où T_E^* : température équivalente d'un corps noir (K)

N_E : radiance d'un point sur la Terre ($\text{mW}/(\text{m}^2\text{-sr}\cdot\text{cm}^{-1})$)

c_1 : première constante de Planck ($\text{mW}/(\text{m}^2\text{-sr}\cdot\text{cm}^{-4})$)

c_2 : deuxième constante de Planck (cm-K)

ν_c : longueur d'onde centrale (cm⁻¹)

Tableau 4: Paramètres de conversion de la radiance en température pour chaque satellite (NOAA, 1998, 2009)

Satellite	Intervalle de température	ν_c	c_1	c_2
NOAA-9	180-225 K	2670.93	1.1910659×10^{-5}	1.438833
	225-275 K	2674.81		
	275-320 K	2678.11		
NOAA-11	180-225 K	2663.50	1.1910659×10^{-5}	1.438833
	225-275 K	2668.15		
	275-320 K	2671.40		
NOAA-14	190-230 K	2638.652	1.1910659×10^{-5}	1.438833
	230-270 K	2642.807		
	270-310 K	2645.899		
	290-330 K	2647.169		
NOAA-15	180-340 K	2695.9743	1.1910427×10^{-5}	1.4387752
NOAA-16	180-340 K	2700.1148	1.1910427×10^{-5}	1.4387752
NOAA-17	180-340 K	2669.3554	1.1910427×10^{-5}	1.4387752
NOAA-18	180-340 K	2659.7952	1.1910427×10^{-5}	1.4387752
NOAA-19	180-340 K	2670.0000	1.1910427×10^{-5}	1.4387752

L'intégrale du code informatique se trouve à l'annexe 4.

3.6.2 Présentation de la version adaptée de l'algorithme de classification

L'algorithme de classification développé par Chokmani *et al.* (2009) s'applique seulement pour les images NOAA-AVHRR possédant la bande spectrale 3B. Une version adaptée de l'algorithme a donc été développée par l'INRS-ETE pour réaliser la classification de la bande spectrale 3A. La procédure d'étalonnage de l'algorithme adapté pour la bande spectrale 3A est similaire à celle décrite par Chokmani *et al.* (2009). Dans le cas présent, l'étalonnage a été réalisé à partir d'une série de 81 images des mois de mars, d'avril et de mai. Les images sélectionnées couvrent la période 2001-2009, à raison d'une image par semaine.

3.6.3 Algorithme de classification adapté à la bande spectrale 3A

Algorithme : Classif_NOAA3A_v2010.eas

Description de l'algorithme :

Cette version de l'algorithme de classification adapté au capteur AVHRR-KLM prend compte du nouveau seuil 5 calculé.

L'intégrale du code informatique se trouve à l'annexe 5.

3.7 Exportation des cartes de neige dans un fichier annuel

Algorithme : Classif_annee.eas

Description de l'algorithme :

Cette procédure EASI permet de transférer les canaux de la classification de la neige dans un fichier annuel, ce dernier comportant toutes les images de l'année concernée dans leur ordre chronologique (ex. : du 16 mars au 31 mai 2000).

L'intégrale du code informatique se trouve à l'annexe 6.

CHAPITRE 4 : RÉSULTATS

4.1. Constitution de la base de données

La base de données compte un total de 872 images quotidiennes AVHRR. Quarante-vingt-une d'entre elles ont été acquises par le capteur ancienne génération NOAA-14 et 791 par les capteurs nouvelle génération, soit les satellites NOAA-16 à NOAA-19. Le Tableau 5 donne le détail de la répartition du nombre d'images acquises par satellite en fonction de l'année.

Tableau 5 : Répartition du nombre d'images acquises par satellite en fonction de l'année

Année	NOAA-14 (NJ)	NOAA-16 (NL)	NOAA-17 (NM)	NOAA-18 (NN)	NOAA-19 (NP)	TOTAL
2000	77	0	0	0	0	77
2001	4	73	0	0	0	77
2002	0	77	0	0	0	77
2003	0	76	4	0	0	80
2004	0	44	46	0	0	90
2005	0	77	26	0	0	103
2006	0	10	23	67	0	100
2007	0	0	12	76	0	88
2008	0	0	3	77	0	80
2009	0	0	0	66	34	100
TOTAL	81	357	114	286	34	872

L'annexe 7 recense le type de bande 3 disponible pour chaque date d'acquisition. La base de données compte 336 images avec la bande A, 536 avec la bande B, et 101 dates dont les deux bandes sont disponibles (avec quelques heures d'intervalle entre les différents passages). La bande B est uniquement présente dans les images de 2000 puisque le capteur appartient à l'ancienne génération. La bande A, quant à elle, est seulement disponible en 2001, en 2002, et du 16 mars au 30 avril 2003 : ces images ont été acquises par le capteur NOAA-16 dont le canal A était activé. Le 1 mai 2003, la NOAA a désactivé le canal A de ce satellite au profit du canal B pour les raisons évoquées précédemment. La plupart des images acquises entre 2004 et 2009 sont issues de ce satellite (et possèdent par conséquent la bande B), à l'exception des quelques images acquises par le capteur NOAA-17 dont le canal A est en fonction. Par ailleurs, quelques scènes acquises par le satellite NOAA-19 possèdent la bande A. Il appert que le canal A de ce capteur a été désactivé à la mi-mai alors que la NOAA affirme qu'il n'a jamais été disponible.

4.2. Version adaptée de l'algorithme de classification à la bande 3A

Le seuil 5 (Tableau 6) de l'algorithme de classification des images NOAA-AVHRR adapté à la bande 3A a été calculé à partir d'une simulation aléatoire de 1000 itérations de la valeur de 99^e percentile de la classe neige sur un pas de temps de 14 jours. La régression du second degré calculée à partir de cette simulation aléatoire est statistiquement représentative, avec un r^2 de 0,8707 et un p -value de 0,0465. Par ailleurs, la forme de la courbe pourrait être attribuable à deux phénomènes, strictement hypothétiques. D'une part, la variation des propriétés optiques de la neige au cours de la fonte printanière pourrait être responsable de la baisse de réflectance mesurée et d'autre part, la végétation, qui devient de plus en plus dominante dans les pixels de neige, pourrait en expliquer l'augmentation.

Tableau 6 : Valeurs du seuil 5 de classification des images NOAA-AVHRR (version adaptée pour la bande 3A)

Seuil	Équation/Valeur en fonction de J*	Graphique
(5) A3max	$A3max = 4,34255 \cdot J^2 - 1,01124 \cdot J + 0,689636$	

Nous avons évalué le résultat de la classification des échantillons de pixels de l'algorithme de classification adapté à la bande 3A (Tableau 7), pour la période du 1^{er} avril au 31 mai. L'algorithme adapté réussit à identifier les trois catégories de surface avec un taux de succès élevé de l'ordre de 96%. Ce résultat concorde avec le taux de succès global de 97% calculé pour l'algorithme original (Tableau 2); une différence de 1% est considérée comme étant non-significative. L'algorithme de classification adapté à la bande 3A s'avère aussi fiable que celui de la bande 3B.

Tableau 7 : Matrice de confusion des résultats de la classification des échantillons de pixels qui ont servi pour valider l'algorithme de classification des images NOAA-AVHRR adapté à la bande 3A, pour la période du 1^{er} avril au 31 mai

		Classification				Succès	Omission
		Neige	Non-neige	Nuages	Total		
Observations	Neige	5801	524	384	6709	86%	14%
	Non-neige	1	4096	108	4205	97%	3%
	Nuages	2	12	14250	14264	100%	0%
	Total	5804	4632	14742	25178		
	Commission	0%	12%	3%	96%		
Kappa							0,93

Nous avons également évalué le résultat de classification pour la période du 16 mars au 31 mai (Tableau 8). Le taux de classification global, le coefficient Kappa ainsi que les erreurs d'omission et de commission sont identiques à ceux calculés pour la période initiale du 1^{er} avril au 31 mai. L'algorithme de classification des images NOAA-AVHRR adapté pour la bande 3A peut donc être utilisé sur les images du mois de mars.

Tableau 8 : Matrice de confusion des résultats de la classification des échantillons de pixels qui ont servi pour valider l'algorithme de classification des images NOAA-AVHRR adapté à la bande 3A, pour la période du 16 mars au 31 mai

		Classification					
		Neige	Non-neige	Nuages	Total	Succès	Omission
Observation	Neige	7252	585	461	8298	87%	13%
	Non-neige	1	4149	111	4261	97%	3%
	Nuages	2	12	17109	17123	100%	0%
	Total	7255	4746	17681	29682		
Commission		0%	13%	3%	96%		
Kappa							0,93

Dix fichiers annuels, intitulés Classif_2000 à Classif_2009.pix, comportant chacun 77 cartes de neige quotidiennes, ont ainsi été produits. Ces derniers constituent les livrables. Dans les cas où il y avait les deux bandes disponibles pour la même journée, seule la scène possédant la bande 3A a été incluse dans le fichier annuel. L'annexe 8 fourni le détail sur les bandes incluses dans les fichiers annuels.

CONCLUSIONS

Les principales réalisations du projet sont énumérées ci-dessous.

- Les exécutables EODM.exe et EODM_NRT.exe, qui nous ont été fournis par le Centre Canadien de Télédétection, permet de réaliser la calibration radiométrique ainsi que la correction géométrique des images NOAA-AVHRR issues des deux générations de capteurs, selon un processus automatisé. Ils remplacent désormais l'algorithme de calibration et de correction radiométrique déjà développé par l'INRS-ETE.
- L'algorithme de cartographie de la présence de neige au sol a été adapté au capteur AVHRR-KLM. Deux versions de l'algorithme sont disponibles : l'une est spécifique à la bande spectrale du proche infrarouge et l'autre pour l'infrarouge moyen.
- Une base de données de 872 images AVHRR-KLM acquises durant la période de fonte entre 2000 et 2009 (du 16 mars au 31 mai de chaque année) a été constituée. La totalité des images ont été prétraitées et classifiées avec les algorithmes de cartographie de la couverture de neige au sol adaptés aux images AVHRR-KLM.
- Deux algorithmes de cartographie de la couverture de neige adaptés aux images AVHRR-KLM peuvent être utilisés par Hydro-Québec, selon la disponibilité de la bande 3 (proche infrarouge ou infrarouge moyen) dans les images à analyser. Les algorithmes ne sont valables que pour les scènes acquises entre 12h00 et 15h00 à l'heure du Québec, du 16 mars au 31 mai.

RÉFÉRENCES

- Bitner, D., Carroll, T. Cline, D. and Romanov, P., 2002. An assessment of the differences between three satellite snow cover mapping techniques. *Hydrological Processes*, 16: 3723-3733.
- Chokmani, K., Bernier, M., Beaulieu, V., Philippin, M. et Slivitsky, M., 2004. Suivi spatio-temporel du couvert nival à l'aide des données NOAA-AVHRR. R-719, Institut National de la Recherche Scientifique – Eau, Terre et Environnement, Québec, Canada.
- Chokmani, K., Bernier, M. et Gauthier, Y., 2006. Suivi spatio-temporel du couvert nival du Québec à l'aide des données NOAA-AVHRR. *Revue des Sciences de l'Eau*, 19(3): 163-179.
- Chokmani, K., Bernier, M., Pâquet, L.-M., Goïta, K., Royer, A., Comtois-Boutet, F., Turcotte, M., Zhang, Y., Forcier, L.-C. et Massalabi, A., 2009. Développement d'algorithmes pour le suivi par satellite de la couverture de neige au sol à l'échelle du bassin versant. R-1103, Institut National de la Recherche Scientifique – Eau, Terre et Environnement, Québec, Canada.
- Chokmani, K., Bernier, M. and Slivitsky, M., 2005. Validation of a method for snow cover extent monitoring over Quebec (Canada) using NOAA-AVHRR data. *EARSeL eProceedings*, 4(1): 106-118.
- Cordisco, E., Prigent, C. and Aires, F., 2003. Sensitivity of satellite observations to snow characteristics, *IEEE IGARSS 2003*, Toulouse, France.
- Koskinen, J., Metsamaki, S., Grandell, J., Janne, S., Matikainen, L. and Hallikainen, M., 1999. Snow monitoring using radar and optical satellite data. *Remote Sensing of Environment*, 69: 16-29.
- NOAA, 1998. NOAA Polar Orbiter Data (POD) User's Guide. Satellite and data description for NOAA-14 and earlier.
- NOAA, 2009. NOAA KLM User's Guide. Satellite and data description of NOAA's polar-orbiting satellites from NOAA-15 and later.
- Langlois, A., 2003. Étude de la variation spatio-temporelle du couvert nival par télédétection micro-ondes passives et validation du Modèle Régional Canadien du Canada (MRCC). Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada.
- Langlois, A., Royer, A., Fillol, E., Frigon, A. and Laprise, R., 2004. Evaluation of the snow cover variation in the Canadian regional climate model over eastern Canada using passive microwave satellite data. *Hydrological Processes*, 18: 1127-1138.

- Latifovic, R., Trishchenko, A.P., Chen, J., Park, W.B., Khlopenkov, K.V., Fernandes, R., Pouliot, D., Ungureanu, C., Luo, Y., Wang, S., Davidson, A. And Cihlar, J., 2005. Generating historical AVHRR 1 km baseline satellite data records over Canada suitable for climate change studies. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 31: 324-346.
- Ramsay, B.H., 1998. The interactive multisensory snow and ice mapping system. *Hydrological Processes*, 12: 1537-1546.
- Romanov, P., Gutman, G. And Csisar, I., 2000. Automated monitoring of snow cover over North America with multispectral satellite data. *Journal of Applied Meteorology*, 39: 1866-1880.
- Simic, A., Fernandes, R., Brown, R., Romanov, P. and Park, W., 2004. Validation of VEGETATION, MODIS, and GOES+SSM/I snow cover products over Canada based on surface snow depth observations. *Hydrological Processes*, 18: 1089-1104.
- Tait, A., Barton, J.S. and Hall, D.K., 2001. A prototype MODIS-SSM/I snow-mapping algorithm. *International Journal of Remote Sensing*, 22(17): 3275-3284.

ANNEXE 1 : Guide de configuration de l'application EODM_NRT

Objectif de l'application

L'application EODM_NRT.exe permet de réaliser la calibration radiométrique et la correction géométrique des images satellitaires AVHRR acquises par les capteurs NOAA-15 à NOAA-19.

Emplacement des fichiers

Les fichiers de cette application sont sauvegardés dans le répertoire intitulé EODM_NRT, tel que montré dans la Figure 12.

L'algorithme possède deux parties exécutables : EODM_NRT.exe et OrbitComposite.exe. Seul le premier sera utilisé pour réaliser la calibration radiométrique et la correction géométrique des images NOAA-AVHRR.

Les données ont été organisées en quatre sous-répertoires. Le Tableau 9 détaille leur contenu.

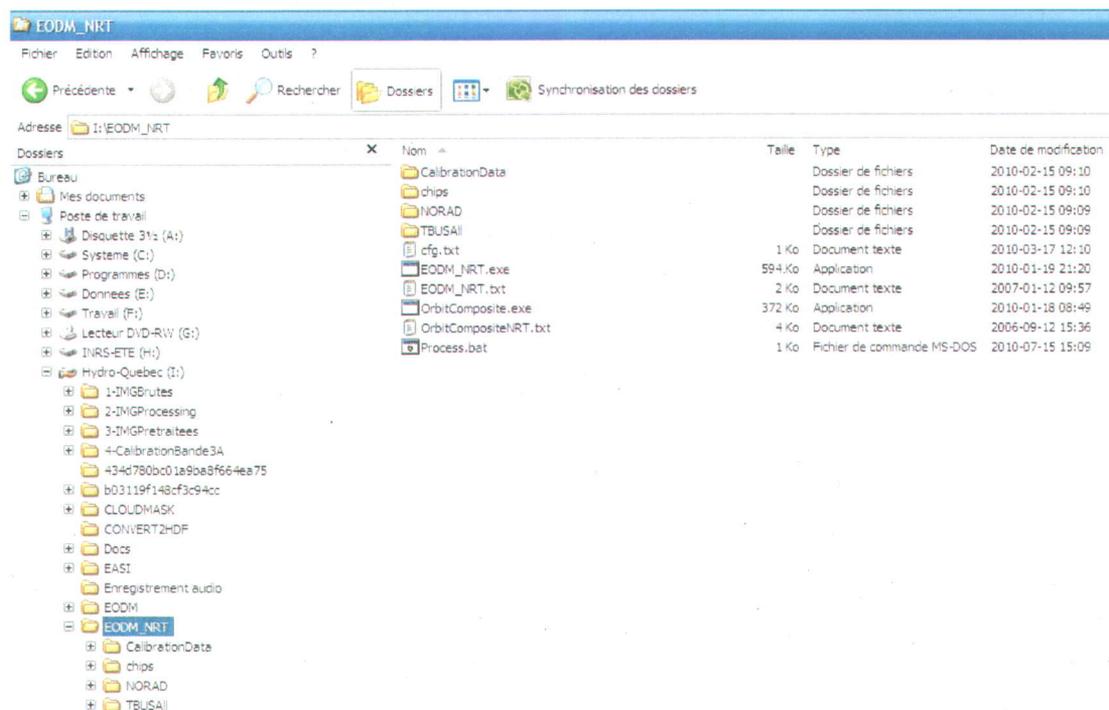


Figure 12 : Contenu du répertoire EODM_NRT

**Tableau 9 : Description du contenu des sous-répertoires de l'application
EODM_NRT.exe**

Nom du sous-répertoire	Description du contenu
CalibrationData	Contient les mises à jour des paramètres de calibration de chaque capteur
chips	Contient la base de données de sous-images utilisée pour la procédure de <i>chip-matching</i> telle que décrite à la section 2.3
NORAD	Contient les éphémérides TLE de chaque capteur
TBUSALL	Contient les éphémérides TBUS de chaque capteur

Paramètres à modifier dans les fichiers

Étape 1 :

Spécifier le chemin d'accès aux sous-répertoires CalibrationData, chips, NORAD et TBUS dans le fichier de configuration intitulé *cfg.txt*; les autres paramètres demeurent inchangés. La Figure 13 montre le contenu de ce fichier.

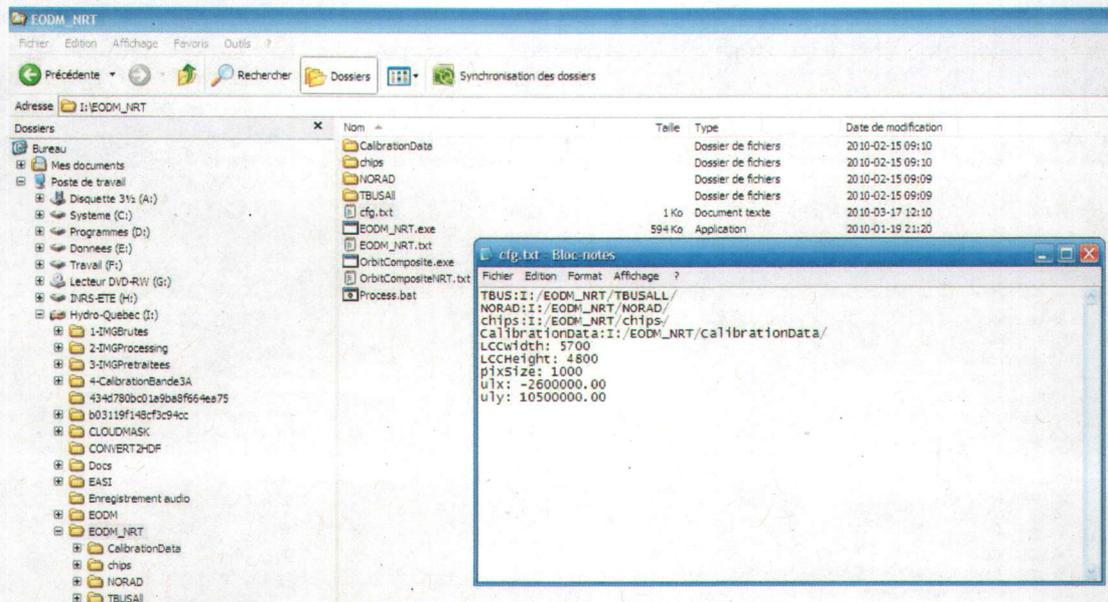


Figure 13 : Contenu du fichier *cfg.txt*

Nous avons reproduit ci-dessous le contenu du fichier *cfg.txt* où les caractères en gras de couleur rouge représentent la portion du chemin d'accès qui doit être mise à jour en fonction de la structure de notre système informatique.

TBUS: **I:/EODM_NRT/TBUSALL/**
 NORAD: **I:/EODM_NRT/NORAD/**
 chips: **I:/EODM_NRT/chips/**

Étape 2 :

Spécifier le chemin d'accès aux chips dans le fichier intitulé ChipCombo.txt. Ce dernier se trouve dans le sous-répertoire chips (Figure 14).

Pour ce fichier en particulier, il faut :

1. Désélectionner l'option Lecture seule (*Read-only*) dans les propriétés du fichier;
2. Modifier le chemin d'accès de tous les chips avec la fonction *Remplacer tout*;
3. Enregistrer le fichier;
4. Sélectionner à nouveau l'option Lecture seule dans les propriétés du fichier;

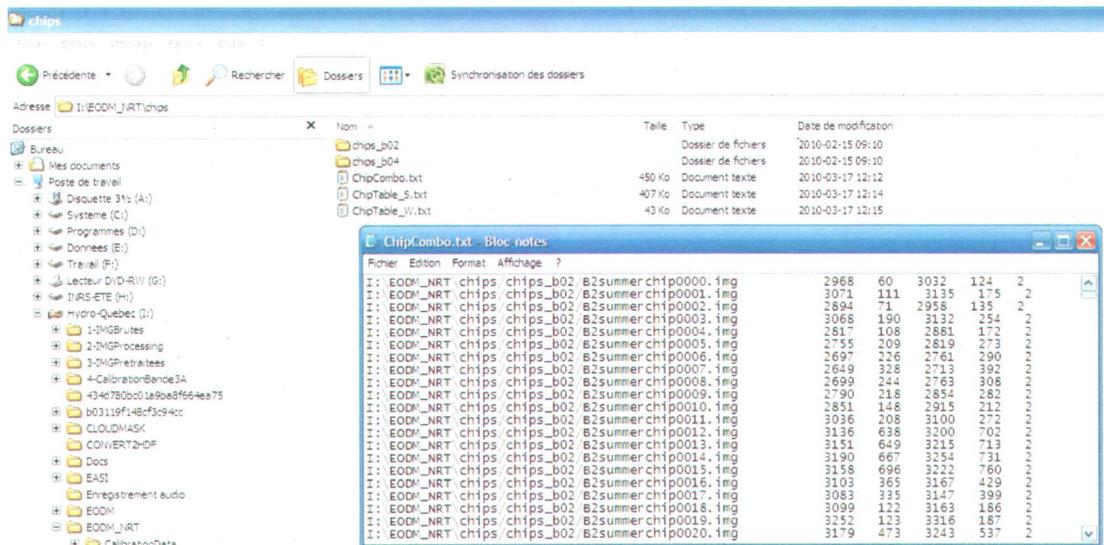


Figure 14 : Contenu du fichier ChipCombo.txt

Nous avons reproduit ci-dessous un extrait du contenu du fichier ChipCombo.txt et identifié en caractères gras de couleur rouge la partie du chemin d'accès qui doit être mise à jour en fonction de la structure de notre système informatique.

```

I:\EODM_NRT\chips\chips_b02\B2summerchip0000.img 2968 60 3032 124 2
I:\EODM_NRT\chips\chips_b02\B2summerchip0001.img 3071 111 3135 175 2
I:\EODM_NRT\chips\chips_b02\B2summerchip0002.img 2894 71 2958 135 2
I:\EODM_NRT\chips\chips_b02\B2summerchip0003.img 3068 190 3132 254 2
I:\EODM_NRT\chips\chips_b02\B2summerchip0004.img 2817 108 2881 172 2
[...]
```

Étape 3 :

Appliquer la procédure de l'étape 2 sur les fichiers intitulés ChipTable_S.txt et ChipTable_W.txt

Étape 4 :

Spécifier les chemins d'accès des arguments et le type d'image AVHRR à corriger dans le fichier intitulé Process.bat. La Figure 15 montre son contenu.

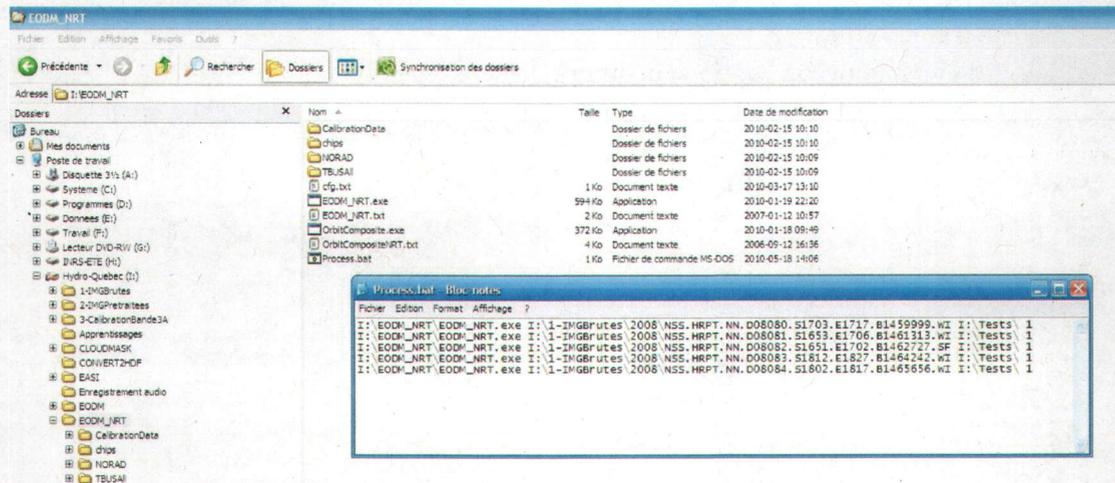


Figure 15 : Contenu du fichier Process.bat

Pour ce fichier en particulier, il faut :

1. Spécifier le chemin d'accès de l'application EODM_NRT.exe;
2. Spécifier le chemin d'accès de l'image AVHRR à traiter;
3. Spécifier le chemin d'accès de l'image AVHRR résultante;
4. Spécifier le format de l'image (1 = NSS, 4 = NATAS)

IMPORTANT : les arguments doivent être séparés par une espace.

Nous avons reproduit ci-dessous un extrait du contenu du fichier Process.bat et identifié en caractère gras de couleur rouge la partie du chemin d'accès qui doit être mise à jour en fonction de la structure de notre système informatique.

```
I:\EODM_NRT\EODM_NRT.exe  
I:\1-IMGBrutes\2009\NSS.HRPT.NN.D09106.S1721.E1736.B2012828.WI I:\2-  
IMGProcessing\ 1  
I:\EODM_NRT\EODM_NRT.exe  
I:\1-IMGBrutes\2009\NSS.HRPT.NP.D09106.S1814.E1829.B0097777.WI I:\2-  
IMGProcessing\ 1
```

L'exécution de l'application EODM_NRT.exe produit 14 fichiers pour chacune des images AVHRR traitées (Figure 16). Les fichiers qui nous intéressent plus particulièrement sont les images binaires .IMG contenant les six canaux AVHRR, la géométrie de vue ainsi que la qualité du traitement (

Tableau 10). Une particularité des images binaires est que les valeurs de réflectance et de température de brillance sont exprimées sans décimales. Une mise à l'échelle doit être réalisée au moment de la classification des images.

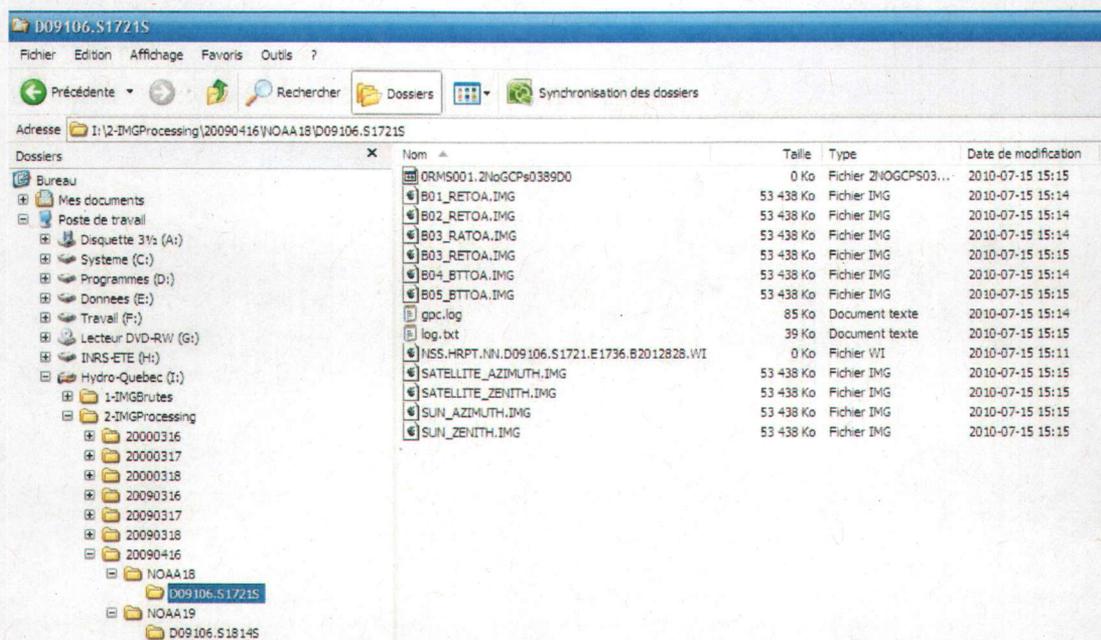


Figure 16 : Fichiers créés lors de l'exécution du fichier Process.bat

Tableau 10 : Correspondance entre les sorties EODM et les canaux AVHRR

Sortie EODM*	No. de canal AVHRR	Contenu du canal AVHRR
B01_RETOA.IMG	Canal 1	Réflectance au sommet de l'atmosphère entre 0,58 et 0.68 μm (VIS)
B02_RETOA.IMG	Canal 2	Réflectance au sommet de l'atmosphère entre 0,725 et 1,10 μm (NIR)
B03_RATOA.IMG	Canal 3b	Radiance (mélange d'énergie émise et réfléchi) au sommet de l'atmosphère entre 3,55 et 3,95 μm (MIR)
B03_RETOA.IMG	Canal 3a	Réflectance (énergie réfléchi seulement) au sommet de l'atmosphère entre 1,58 et 1,68 μm (NIR)
B04_BTTOA.IMG	Canal 4	Température de brillance au sommet de l'atmosphère entre 10,3 et 11,3 μm (IR)
B05_BTTOA.IMG	Canal 5	Température de brillance au sommet de l'atmosphère entre 11,5 et 12,5 μm (IR)
SATELLITE_AZIMUTH.IMG		Angle azimutal du satellite
SATELLITE_ZENITH.IMG		Angle zénithal du satellite
SUN_AZIMUTH.IMG		Angle azimutal du soleil
SUN_ZENITH.IMG		Angle zénithal du soleil

*Les images binaires sont codées en format *16-bits unsigned* et possèdent une taille de 5700 pixels x 4800 lignes.

Le fichier intitulé log.txt contient les métadonnées contenues dans l'en-tête du fichier, telle que l'information générale, l'information sur la qualité des données, les paramètres de conversion de la radianc, les données de navigation, le modèle orbital utilisé, les paramètres de calibration depuis le lancement du capteur. Il fournit également la liste des points de contrôle utilisés pour le raffinement de la géoréférence de l'image, les résultats de la corrélation ainsi que la qualité de la correction géométrique. Le fichier spécifie si l'image contient de la distorsion géométrique ou non.

Nous avons reproduit ci-dessous le contenu du fichier log.txt de l'image NSS.HRPT.NN.D09106.S1721.E1736.B2012828.WI.

```
-----
File: I:\1-IMGBrutes\2009\NSS.HRPT.NN.D09106.S1721.E1736.B2012828.WI
***** DATA SET HEADER RECORD *****
GENERAL INFORMATION
Data Set Creation                :NSS
NOAA Level 1b Version Number    :5
NOAA Level 1b Version Year      :2007
NOAA Level 1b Version Day of Year :116
Logical Record Length           :15872

Count of Header Records in this DataSet :1
Data set name                    :
```

Processing Block Identification	:3767944
Spacecraft 2, 4, 6, 7 -> NOAA 15,16,17,18	:7
Instrument 1-LAC,2-GAC,3-HRPT	:306
Data type code 1-LAC,2-GAC,3-HRPT	:3
Start of Data Set Day Count 0:00 1 Jan 1950	:21655
Start of Data Set Year (e.g., 1999)	:2009
Start of Data Set Day of Year (e.g., 365)	:106
Start of Data Set UTC Time of Day in milliseconds	:62467170
End of Data Set Day Count 0:00 1 Jan 1950	:21655
End of Data Set Year (e.g., 1999)	:2009
End of Data Set Day of Year (e.g., 365)	:106
End of Data Set UTC Time of Day in milliseconds	:63371503
Year of Last CPIDS Update (e.g., 1999)	:2009
Day of Year of Last CPIDS Update (e.g.,365)	:105

DATA SET QUALITY INFOMATION

Second Instrument Status	:65306
Count of Data Records in this Data Set	:2454
Count of Calibrated, Earth Located Scan Lines in	:5237
Count of Missing Scan Lines	:65
Count of Data Gaps in this Data Set	:16
Count of Data Frames Without Frame Sync Word Errors:	0
Count of PACS Detected TIP Parity Errors	:554
Sum of All Aux.Sync Err.Detected in the Input Data	:3743
Time Sequence Error	:15

RADIANCE CONVERSION

Ch 1 Solar Filtered Irradiance in Wavelength	:130.300000
Ch 1 Equivalent Filter Width in Wavelength	:0.079000
Ch 2 Solar Filtered Irradiance in Wavelength	:246.000000
Ch 2 Equivalent Filter Width in Wavelength	:0.247000
Ch 3a Solar Filtered Irradiance in Wavelength	:13.500000
Ch 3a Equivalent Filter Width in Wavelength	:0.055000
Ch 3b Central Wavenumber	:2659.800000
Ch 3b Constant 1	:-1.703880
Ch 3b Constant 2	:1.003049
Ch 4 Central Wavenumber	:928.146000
Ch 4 Constant 1	:-0.437250
Ch 4 Constant 2	:1.001395
Ch 5 Central Wavenumber	:833.253000
Ch 5 Constant 1	:-0.253420
Ch 5 Constant 2	:1.000944

NAVIGATION

Reference Ellipsoid Model ID	:
Nadir Earth Location Tolerance [km]	:20.000000
Epoch Year	:2009
Day of Epoch Year for Orbit Vector	:105
Epoch UTC Time of Day in milliseconds	:72000000

Semi-major Axis in	[km]	:7239.219410
Eccentricity		:0.002209
Inclination	[Degrees]	:98.897000
Argument of Perigee	[Degrees]	:146.283420
Right Ascension of the Ascending Node	[Degrees]	:49.571960
Mean Anomaly in Degrees		:30.759430

Position Vector X Component	[km]	:-4638.009360
Position Vector Y Component	[km]	:-5529.243450
Position Vector Z Component	[km]	:352.123460
Velocity Vector X-dot Component	[km/sec]	:-1.117399
Velocity Vector Y-dot Component	[km/sec]	:0.459134
Velocity Vector Z-dot Component	[km/sec]	:-7.335613

Earth/Sun Distance Ratio :1.016882

Constant Roll Attitude Error	[Degrees]	:0.100000
Constant Pitch Attitude Error	[Degrees]	:0.000000
Constant Yaw Attitude Error	[Degrees]	:0.000000

Orbit's NewNumberOfScanLines= 2452; Scanline=2453
 NORAD: EpochYear=2009, EpochMonth=4, EpochDay=16, EpochHour=17, EpochMinute=17

TBUS: EpochYear=2009, EpochMonth=4, EpochDay=16, EpochHour=0, EpochMinute=16
 USE NORAD Model

Radimetric callibration Ch3,4,5 at TOA

Sensor: 18
 Radimetric callibration and reflectance TOA Ch1,2,3a

Day Since Launch: 1427
 PWL calibration coefficients
 Sun-Earth distance ratio Ds=1.016882
 Exo-atmospheric solar irradiance E01=1649.367089 (W/m2/um) for channel 1
 Exo-atmospheric solar irradiance E02=995.951417 (W/m2/um) for channel 2
 Exo-atmospheric solar irradiance E03=245.454545 (W/m2/um) for channel 3a
 Radiance conversion
 Channel 3b Central Wavenumber=2659.800000 C1= -A =-1.703880 C2= 1/B = 1.003049
 Channel 4 Central Wavenumber=928.146000 C1= -A =-0.437250 C2= 1/B = 1.001395
 Channel 5 Central Wavenumber=833.253000 C1= -A =-0.253420 C2= 1/B = 1.000944
 Channel 3 Scaling gain=-0.002320 Scaling intercept=2.302702
 Georeferencing refinement based on GCPs from chip images
 X Model coeff.
 B1=-11.575551
 B2=1.006306
 B3=-0.002821
 B4=0.000002
 B5=-0.000001

B6=-0.000001
Coefficient of determination $r^2=0.999999$
Standard error of the predicted $X=0.601049$
Average difference $\sqrt{(Y-Y')^2}=0.599598$

Number of GCP = 389 used for model fitting

Chip: $x=4740.000000$ $y=3561.000000$ Image: $x=4738.000000$ $y=3557.000000$
R2=0.911190

Chip: $x=4863.000000$ $y=3648.000000$ Image: $x=4861.000000$ $y=3643.000000$
R2=0.702553

Chip: $x=4671.000000$ $y=3548.000000$ Image: $x=4669.000000$ $y=3543.000000$
R2=0.950349

Chip: $x=4792.000000$ $y=3520.000000$ Image: $x=4791.000000$ $y=3515.000000$
R2=0.822478

Chip: $x=4892.000000$ $y=3594.000000$ Image: $x=4890.000000$ $y=3589.000000$
R2=0.871299

[...]

Chip: $x=5004.000000$ $y=3855.000000$ Image: $x=5002.000000$ $y=3851.000000$
R2=0.954346

Chip: $x=3785.000000$ $y=2207.000000$ Image: $x=3782.000000$ $y=2202.000000$
R2=0.839685

Chip: $x=4075.000000$ $y=2553.000000$ Image: $x=4074.000000$ $y=2548.000000$
R2=0.846264

Chip: $x=4042.000000$ $y=2527.000000$ Image: $x=4039.000000$ $y=2522.000000$
R2=0.948096

Chip: $x=4118.000000$ $y=2567.000000$ Image: $x=4117.000000$ $y=2561.000000$
R2=0.852722

Y Model coeff. B1=4.409620

Y Model coeff. B2=-0.005291

Y Model coeff. B3=1.001470

Y Model coeff. B4=-0.000000

Y Model coeff. B5=0.000001

Y Model coeff. B6=-0.000000

Coefficient of determination $r^2=-1.000000$

Standard error of the predicted $Y=0.832494$

Average difference $\sqrt{(Y-Y')^2}=0.830349$

Difference $\sqrt{x^2+y^2}; =1.195804$

It has no distortion

Number of GCP = 389 used for model fitting

EODM NRT start at : Thursday, July 15, 2010, 16, 10, 59

EODM NRT end at : Thursday, July 15, 2010, 16, 15, 20

À ce jour nous avons identifié trois messages possibles concernant la qualité de la distorsion géométrique des images par le système EODM_NRT: présence de distorsion (*it has*

ANNEXE 2 : Guide de configuration de l'application EODM

Objectif de l'application

L'application EODM.exe permet de réaliser la calibration radiométrique et la correction géométrique d'images satellitaires AVHRR acquises par les capteurs NOAA-6 à 14.

Emplacement des fichiers

Les fichiers de cette application sont sauvegardés dans le répertoire intitulé EODM, tel que montré dans la Figure 18. L'algorithme possède un seul exécutable : EODM.exe. Les données ont été organisées en deux sous-répertoires : NORADALL et TBUS.

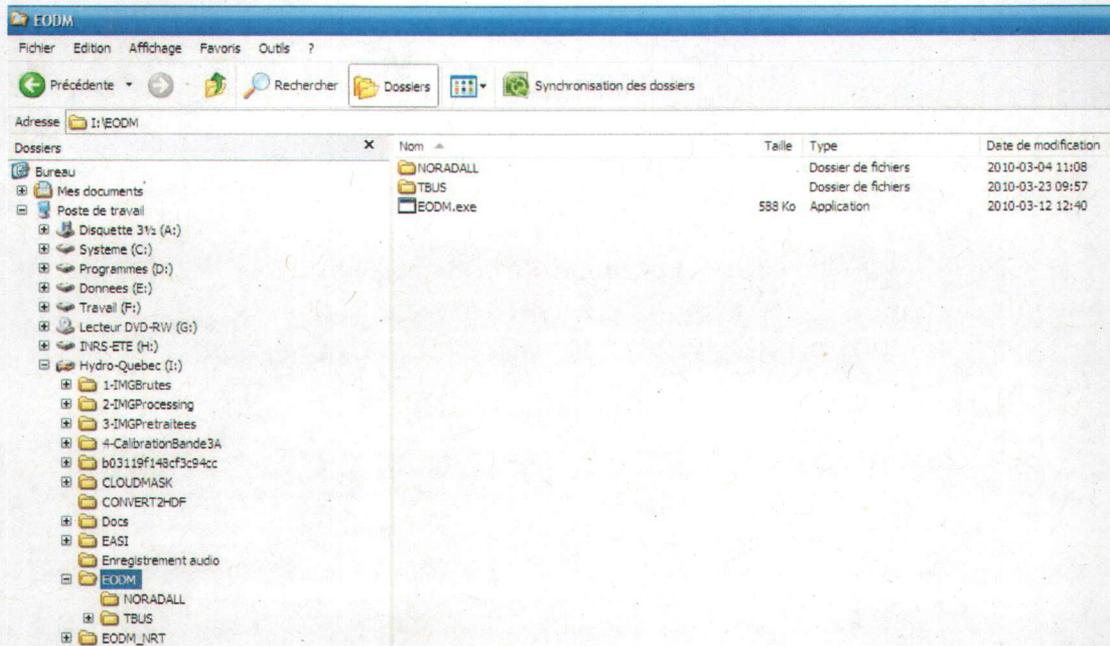


Figure 18 : Contenu du répertoire EODM

Paramètres à modifier dans les fichiers

Étape 1 :

Créer un fichier .bat dans le même répertoire que l'exécutable (Figure 19). Pour ce fichier en particulier, il faut :

1. Spécifier le chemin d'accès de l'application EODM.exe;
2. Spécifier le chemin d'accès de l'image AVHRR à traiter;

3. Spécifier le chemin d'accès au répertoire TBUS;
4. Spécifier le chemin d'accès au répertoire NORADALL;
5. Spécifier le chemin d'accès de l'image AVHRR résultante;
6. Spécifier le chemin d'accès au fichier ChipTable_S.txt (il s'agit du même fichier que celui utilisé par EODM_NRT.exe);
7. Spécifier le chemin d'accès au fichier ChipTable_W.txt (il s'agit du même fichier que celui utilisé par EODM_NRT.exe);
8. Spécifier le *To do*: 1;
9. Spécifier le *Time correction*: 0;

IMPORTANT : les arguments doivent être séparés par une espace.

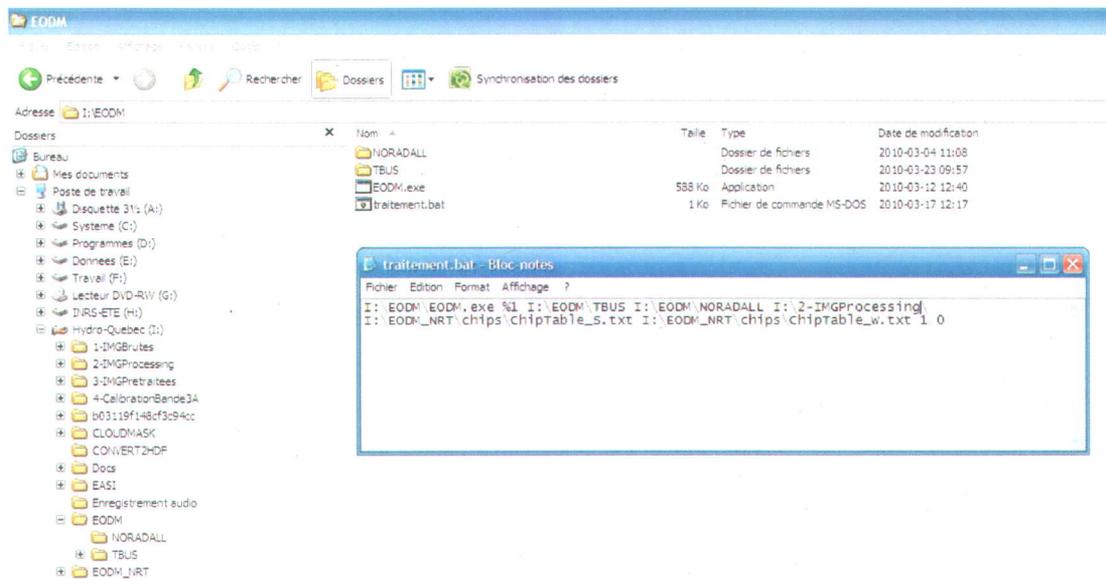


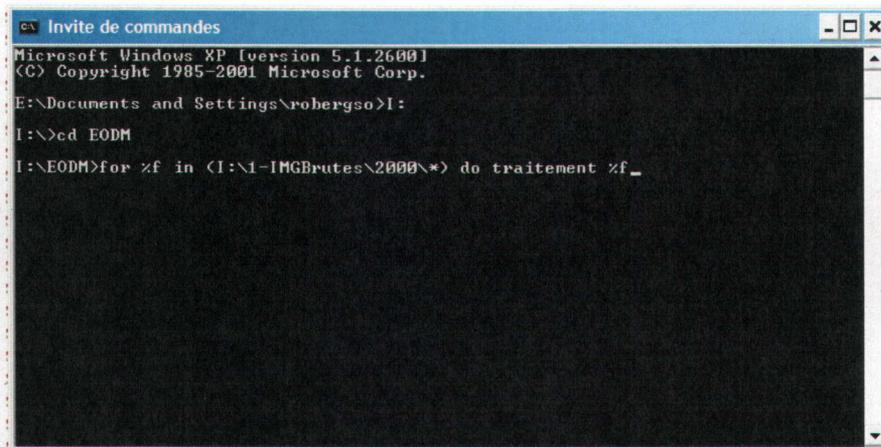
Figure 19 : Contenu du fichier traitement.bat

Nous avons reproduit ci-dessous le contenu du fichier traitement.bat où les caractères en gras de couleur rouge représentent la portion du chemin d'accès qui doit être mise à jour en fonction de la structure de notre système informatique.

**I:\EODM\EODM.exe %1 I:\EODM\TBUS I:\EODM\NORADALL I:\2-IMGProcessing\
 I:\EODM_NRT\chips\ChipTable_S.txt I:\EODM_NRT\chips\ChipTable_W.txt 1 0**

Étape 2 :

Lancer le fichier intitulé traitement.bat en inscrivant la commande DOS suivante :



```
Microsoft Windows XP [version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.
E:\Documents and Settings\robergsa>I:
I:\>cd EODM
I:\EODM>for %f in (I:\1-IMGBrutes\2000\*) do traitement %f_
```

Figure 20 : Commande DOS à taper pour lancer EODM.exe

où I:\1-IMGBrutes\2000\ représente le répertoire des images brutes que nous voulons traiter et l'astérisque (*) est un symbole générique pour signifier de prendre tout le contenu du répertoire.

L'exécution de l'application EODM_NRT.exe produit 13 fichiers pour chacune des images AVHRR traitées (Figure 21). Les fichiers qui nous intéressent plus particulièrement sont les images binaires *.IMG contenant les cinq canaux AVHRR, la géométrie de vue ainsi que la qualité du traitement. Le contenu des bandes est le même à l'exception que la bande B03_RETOA.IMG n'existe pas pour ces capteurs. Il faut donc veiller à copier une bande B03_RETOA.IMG vide dans le répertoire de chacune des images traitées avant de lancer la procédure d'exportation des bandes EODM en format *.pix.

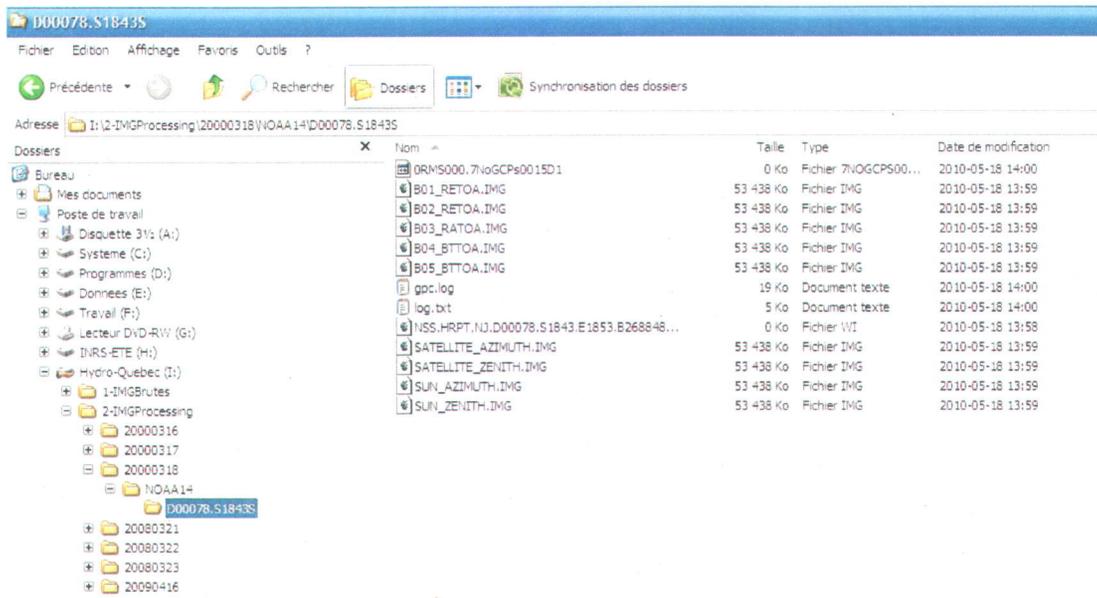


Figure 21 : Fichiers créés lors de l'exécution du fichier traitement.bat

Le fichier intitulé log.txt comporte les renseignements de l'en-tête de l'image, et notamment la qualité de la correction géométrique.

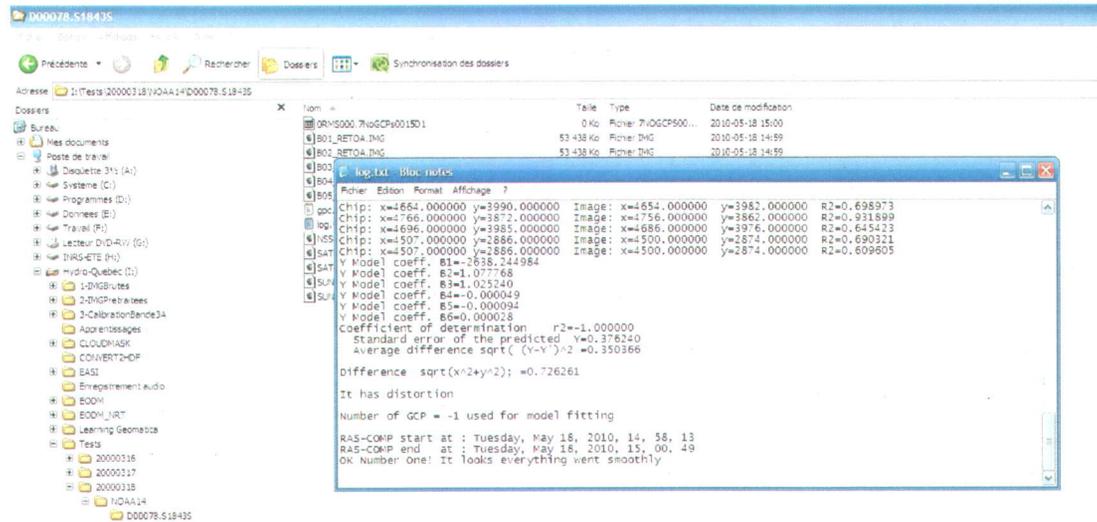


Figure 22 : Contenu du fichier log.txt

ANNEXE 3 : Code informatique de l'algorithme EODM2pix.eas

```
!-----  
! Auteurs: Karem Chokmani et Sophie Roberge  
! Date: 2 février 2010  
! But: Cette procédure EASI permet de regrouper les dix images binaires générées par l'application EODM_NRT  
! dans un fichier .pix renommé en fonction de la date d'acquisition de l'image AVHRR, et d'attribuer à ce fichier le  
! datum NAD83 et la projection conique conforme de Lambert  
!-----  
  
!-----  
! DÉCLARATION DES VARIABLES ET DÉFINITION DU RÉPERTOIRE DE TRAVAIL  
!-----  
  
!---Déclaration des listes de chemins d'accès et des fichiers à corriger  
local mstring image_annee, chemin_imageEODM, chemin_resultats, nom_bandes  
  
!---Lecture de la liste des chemins d'accès pour déposer les résultats  
chemin_resultats=text$import("chemin_resultats.txt")  
  
!---Parcourir la liste des chemins d'accès pour déposer les résultats  
local integer j  
for j=1 to F$LEN(chemin_resultats)  
  
!---Changement du répertoire de travail par défaut à celui figurant dans la liste de chemins d'accès  
call setcwd(chemin_resultats[j])  
p getcwd()  
  
!---Copier le fichier PRM.PRM dans le répertoire de travail  
Call CopyFile(GetPCIHome() + "/pro/PRM.PRM", "PRM.PRM")  
  
!---Lecture de la liste des chemins d'accès aux images produites par EODM et lecture de la liste des images de  
! sortie  
chemin_imageEODM=text$import("chemin_imageEODM.txt")  
image_annee=text$import("image_annee.txt")  
local integer i  
for i=1 to F$LEN(chemin_imageEODM)  
p chemin_imageEODM[i]  
  
!-----  
! Création des fichiers .pix  
!-----  
  
! MODULE CIM  
FILE=image_annee[i]+".PIX"  
TEX1=  
TEX2=  
DBSZ=1783, 1950  
PXSZ=1000, 1000  
DBNC=0, 0, 10, 0  
DBLAYOUT=  
run CIM  
  
!---Lecture de la liste des noms des images binaires produites par EODM  
! Attribution des canaux  
! Canal 1: B01_RETOA.IMG  
! Canal 2: B02_RETOA.IMG  
! Canal 3: B03_RATOA.IMG = channel 3b  
! Canal 4: B03_RETOA.IMG = channel 3a
```

```
! Canal 5: B04_BTTOA.IMG
! Canal 6: B05_BTTOA.IMG
! Canal 7: SATELLITE_AZIMUTH.IMG
! Canal 8: SATELLITE_ZENITH.IMG
! Canal 9: SUN_AZIMUTH.IMG
! Canal 10: SUN_ZENITH.IMG
nom_bandes=text$import("nom_bandes.txt")
```

```
!---Parcourir la liste des noms des images binaires
local integer k
for k=1 to F$LEN(nom_bandes)
```

```
!-----
! Transfert des images binaires dans le fichier image-annee en format AAAAMMJJ.pix
!-----
```

```
! Module IMAGERD
! Commentaire sur la définition du paramètre DBIW
! EODM_NRT est configuré de sorte à produire des scènes couvrant le Canada en entier. Nous avons appliqué un
"subsetting" à nos images afin de conserver uniquement la partie de l'image correspondant à notre territoire
d'étude, le Québec.
FILI=chemin_imageEODM[i]+"/"+nom_bandes[k]+".IMG"
FILO=image_annee[i]+".PIX"
DBIC=1
DBOC=k
DBIW=3330, 2196, 1783, 1950
DBOW=
STRUCTUR=5700, 4800, 1, 2, 0
DATATYPE="16U"
FLIP="OFF"
SWAPFL="NO"
run IMAGERD
endfor
```

```
!-----
! Définition du datum: NAD83
!-----
```

```
! MODULE DATUM
FILE=image_annee[i]+".PIX"
DBSL=1
EARTH="D-04"
REPORT=OFF
RUN DATUM
p "Le datum a été défini avec succès"
```

```
!-----
! Définition de la projection: conique conforme de Lambert
!-----
```

```
! MODULE PROSET
! Commentaire sur la définition du paramètre PROLAT
! EODM_NRT utilise l'équateur comme origine
FILE=image_annee[i]+".PIX"
DBGEO=1
DBSN=
DBSD=
BFORM=
BX1="-79.495676527"
BY1="63.931935194"
BX2="-64.780402083"
```

```
BY2="41.569517944"  
BXPXSZ="1000"  
BYPXSZ="1000"  
MAPUNITS="LCC"  
ELLIPS="8"  
PROLONG="-95"  
PROLAT="0"  
STPAR1="49"  
STPAR2="77"  
EFALSE="0"  
NFALSE="0"  
SCALE=  
PHEIGHT=  
LONG1=  
LAT1=  
LONG2=  
LAT2=  
AZIMUTH=  
LSATNUM=  
PATHNUM=  
RUN PROSET  
p "La projection a ete definie avec succes"  
endfor  
delete "prm.prm"  
endfor
```

```
!---Réinitialisation du répertoire de travail par défaut  
call setcwd(getpcihome()+"/user")
```

ANNEXE 4 : Code informatique de l'algorithme Classif_NOAA3B_v2010.eas

```
!-----  
! Auteurs: Karem Chokmani et Sophie Roberge  
! Date: 24 mars 2010  
! But: Ce programme permet d'appliquer l'algorithme de classification de la neige aux images NOAA-AVHRR  
!-----  
  
!-----  
! DÉCLARATION DES VARIABLES ET DÉFINITION DU RÉPERTOIRE DE TRAVAIL  
!-----  
  
!---Déclaration des listes de chemin d'accès et des fichiers à traiter  
local mstring image, chemin_resultats, listsat, listj  
local int sat, jj  
  
!---Lecture de la liste des chemins d'accès aux images prétraitées à classifier  
chemin_resultats=text$import("chemin_resultats.txt")  
  
!---Parcourir la liste des chemins d'accès aux images prétraitées à classifier  
local integer j  
for j=1 to F$LEN(chemin_resultats)  
  
!---Changement du répertoire de travail par défaut à celui figurant dans la liste de chemins d'accès  
call setcwd(chemin_resultats[j])  
p getcwd()  
  
!---Copier le fichier PRM.PRM dans le répertoire de travail  
Call CopyFile(GetPCIHome() + "/pro/PRM.PRM", "PRM.PRM")  
  
!---Lecture de la liste des images prétraitées à classifier, des numéros de satellites et des jours juliens  
image=text$import("Listimage.txt")  
listsat=text$import("Listsat.txt")  
listj=text$import("Listj.txt")  
local integer i  
for i=1 to F$LEN(image)  
p image[i]  
  
!-----  
! Création d'un fichier intermédiaire  
!-----  
  
! Module CIM  
FILE="intermed.pix"  
DBSZ=1783, 1950  
PXSZ=1000, 1000  
DBNC=0,0,0,5  
run CIM  
  
!-----  
! Transfert des données image du fichier prétraité au fichier intermédiaire  
!-----  
  
! Module III  
FIL=image[i]+".pix"  
FLO="intermed.pix"  
DBIC=1,2,3,5,6
```

```
DBOC=1,2,3,4,5
run III
p "Transfert des canaux du fichier pretraite au fichier intermediaire termine"
```

```
!-----
! Ajout d'un canal de 8 bits au fichier intermédiaire
!-----
```

```
! Module PCIMOD
FILE="intermed.pix"
PCIOP="ADD"
PCIVAL=1,0,0,0
MONITOR="OFF"
run PCIMOD
```

```
!-----
! Transformation des valeurs numériques en paramètres physiques
!-----
```

```
!---Ouverture de la base de données du fichier intermed.pix en mode écriture
call dbopen("intermed.pix","r+")
```

```
!---Conversion des valeurs mstring des numéros de satellites et des jours juliens en format integer
sat=f$value(listsat[i])
jj=f$value(listjj[i])
```

```
!---Mise à l'échelle des bandes 1, 2, 3, 4 et 5
%1=9.9999997e-005*%1
%2=9.9999997e-005*%2
%3=1.6700066-0.00167*%3
%4=0.0099999998*%4
%5=0.0099999998*%5
```

```
!---Calcul de T3
! La température est exprimée en radiance (énergie) dans les critères de sélection
! Les satellites NOAA-9, 11 et 14 utilisent différents intervalles de température, propres à chacun des capteurs
```

```
!---Calcul de T3 pour NOAA-9
! Intervalles de température: 180-225 K, 225-275 K, 275-320 K
if (sat=9 and %3>0.000121250 and %3<=0.008672228) then
%3=(1.4388833*2670.93)/ln(1+(1.1910659e-05*2670.93^3)/(%3))
endif
if (sat=9 and %3>0.008672228 and %3<=0.193562224) then
%3=(1.4388833*2674.81)/ln(1+(1.1910659e-05*2674.81^3)/(%3))
endif
if (sat=9 and %3>0.193562224 and %3<=1.381307903) then
%3=(1.4388833*2678.11)/ln(1+(1.1910659e-05*2678.11^3)/(%3))
endif
```

```
!---Calcul de T3 pour NOAA-11
! Intervalles de température: 180-225 K, 225-275 K, 275-320 K
if (sat=11 and %3>0.000121250 and %3<=0.008672228) then
%3=(1.4388833*2663.50)/ln(1+(1.1910659e-05*2663.50^3)/(%3))
endif
if (sat=11 and %3>0.008672228 and %3<=0.193562224) then
%3=(1.4388833*2668.15)/ln(1+(1.1910659e-05*2668.15^3)/(%3))
endif
if (sat=11 and %3>0.193562224 and %3<=1.381307903) then
%3=(1.4388833*2671.40)/ln(1+(1.1910659e-05*2671.40^3)/(%3))
endif
```

!---Calcul de T3 pour NOAA-14
! Intervalles de température: 190-230 K, 230-270 K, 270-310 K, 290-330 K

```
if (sat=14 and %3>0.000372988 and %3<=0.012571498) then
%3=(1.4388833*2638.652)/ln(1+(1.1910659e-05*2638.652^3)/(%3))
endif
if (sat=14 and %3>0.012571498 and %3<=0.149427222) then
%3=(1.4388833*2642.807)/ln(1+(1.1910659e-05*2642.807^3)/(%3))
endif
if (sat=14 and %3>0.149427222 and %3<=0.937655580) then
%3=(1.4388833*2645.899)/ln(1+(1.1910659e-05*2645.899^3)/(%3))
endif
if (sat=14 and %3>0.937655580 and %3<=1.987655964) then
%3=(1.4388833*2647.169)/ln(1+(1.1910659e-05*2647.169^3)/(%3))
endif
```

! Les satellites NOAA-15 à 19 utilisent un seul intervalle de température: 180-340 K

```
!---Calcul de T3 pour NOAA-15
if (sat=15 and %3>0.000140763 and %3<=3.029711264) then
%3=(1.4287752*2695.9743)/ln(1+(1.1910427e-05*2695.9743^3)/(%3))
endif
```

```
!---Calcul de T3 pour NOAA-16
if (sat=16 and %3>0.000140763 and %3<=3.029711264) then
%3=(1.4287752*2700.1148)/ln(1+(1.1910427e-05*2700.1148^3)/(%3))
endif
```

```
!---Calcul de T3 pour NOAA-17
if (sat=17 and %3>0.000140763 and %3<=3.029711264) then
%3=(1.4287752*2669.3554)/ln(1+(1.1910427e-05*2669.3554^3)/(%3))
endif
```

```
!---Calcul de T3 pour NOAA-18
if (sat=18 and %3>0.000140763 and %3<=3.029711264) then
%3=(1.4287752*2659.7952)/ln(1+(1.1910427e-05*2659.7952^3)/(%3))
endif
```

```
!---Calcul de T3 pour NOAA-19
if (sat=19 and %3>0.000140763 and %3<=3.029711264) then
%3=(1.4287752*2670.0000)/ln(1+(1.1910427e-05*2670.0000^3)/(%3))
endif
```

```
!-----
! Règles de la classification
!-----
```

```
p "Classification en cours..."
! Codes de classification
! Neige = 50
! Nuages = 150
! Non-neige = 255
if (%1<>0 and %4<310) then
if (%4>(0.001682*(jj^2)-0.2105*jj+281.491)) then
%6=50
elseif (%4<(0.000358*(jj^2)+0.0923*jj+247.430)) then
%6=150
elseif ((%4-%5)>2) then
%6=150
elseif (((%2-%1)/(%2+%1))>(0.000127*(jj^2)-0.0291*jj+1.832)) then
%6=50
elseif ((%3-%4)>(0.002701780071984*(jj^2)-0.613473096978943*jj+40.9666126222607)) then
```

```
%6=150
elseif (%1<(-0.000047941498784*(jj^2)+0.010089812996485*jj-0.355336166845035)) then
%6=50
else
%6=255
endif
else
%6=0
endif
```

```
!-----
! Ajout d'un canal de 8 bits au fichier prétraité pour recevoir le résultat de la classification
!-----
```

```
! Module PCIMOD
FILE=image[i]+".pix"
PCIOP="ADD"
PCIVAL=1,0,0,0
MONITOR="OFF"
run PCIMOD
MONITOR="ON"
```

```
!-----
! Transfert des données image du fichier intermédiaire au fichier prétraité
!-----
```

```
! Module III
FIL="intermed.pix"
FILO=image[i]+".pix"
DBIC=6
DBOC=11
run III
p "Transfert du resultat de la classification dans le fichier pretraite"
```

```
!---Fermeture du fichier intermed.pix et suppression
call dbclose("intermed.pix")
delete "intermed.pix"
endfor
delete "prm.prm"
endfor
```

```
!---Réinitialisation du répertoire de travail par défaut
call setcwd(getpcihome()+"/user")
```

ANNEXE 5 : Code informatique de l'algorithme Classif_NOAA3A_V2010.eas

```
!-----  
! Auteurs: Karem Chokmani et Sophie Roberge  
! Date: 14 mai 2010  
!  
! But: Ce programme permet d'appliquer l'algorithme de classification de la neige aux images NOAA-AVHRR  
!-----  
  
!-----  
! DÉCLARATION DES VARIABLES ET DÉFINITION DU RÉPERTOIRE DE TRAVAIL  
!-----  
  
!---Déclaration des listes de chemin d'accès et des fichiers à traiter  
local mstring image, chemin_resultats, listsat, listj  
local int sat, jj  
  
!---Lecture de la liste des chemins d'accès aux images prétraitées à classifier  
chemin_resultats=text$import("chemin_resultats.txt")  
  
!---Parcourir la liste des chemins d'accès aux images prétraitées à classifier  
local integer j  
for j=1 to F$LEN(chemin_resultats)  
  
!---Changement du répertoire de travail par défaut à celui figurant dans la liste de chemins d'accès  
call setcwd(chemin_resultats[j])  
p getcwd()  
  
!---Copier le fichier PRM.PRM dans le répertoire de travail  
Call CopyFile(GetPCHome() + "/pro/PRM.PRM", "PRM.PRM")  
  
!---Lecture de la liste des images prétraitées à classifier, des numéros de satellites et des jours juliens  
image=text$import("Listimage.txt")  
listsat=text$import("Listsat.txt")  
listjj=text$import("Listjj.txt")  
local integer i  
for i=1 to F$LEN(image)  
p image[i]  
  
!-----  
! Création d'un fichier intermédiaire  
!-----  
  
! Module CIM  
FILE="intermed.pix"  
DBSZ=1783, 1950  
PXSZ=1000, 1000  
DBNC=0,0,0,5  
run CIM  
  
!-----  
! Transfert des données image du fichier prétraité au fichier intermédiaire  
!-----  
  
! Module III  
FILI=image[i]+".pix"  
FILO="intermed.pix"  
DBIC=1,2,4,5,6  
DBOC=1,2,3,4,5
```

```

run III
p "Transfert des canaux du fichier pretraite au fichier intermediaire termine"

!-----
! Ajout d'un canal de 8 bits au fichier intermédiaire
!-----

! Module PCIMOD
FILE="intermed.pix"
PCIOP="ADD"
PCIVAL=1,0,0,0
MONITOR="OFF"
run PCIMOD

!-----
! Transformation des valeurs numériques en paramètres physiques
!-----

!---Ouverture de la base de données du fichier intermed.pix en mode écriture
call dbopen("intermed.pix","r+")

!---Conversion des valeurs mstring des numéros de satellites et des jours juliens en format integer
sat=f$value(listsat[i])
jj=f$value(listjj[i])

!---Mise à l'échelle des bandes 1, 2, 3, 4 et 5
%1=9.9999997e-005*%1
%2=9.9999997e-005*%2
%3=9.9999997e-005*%3
%4=0.0099999998*%4
%5=0.0099999998*%5

!-----
! Règles de la classification
!-----

p "Classification en cours..."
! Codes de classification
! Non-Neige = 50
! Nuages = 150
! Neige = 255
if (%1<>0 and %4<310) then
if (%4>(0.001682*(jj^2)-0.2105*jj+281.491)) then
%6=50
elseif (%4<(0.000358*(jj^2)+0.0923*jj+247.430)) then
%6=150
elseif ((%4-%5)>2) then
%6=150
elseif (((%2-%1)/(%2+%1))>(0.000127*(jj^2)-0.0291*jj+1.832)) then
%6=50
elseif ((%3)>(0.000043425540294*(jj^2)-0.010112382553320*jj+0.689636274373530)) then
%6=150
elseif (%1<(-0.000047941498784*(jj^2)+0.010089812996485*jj-0.355336166845035)) then
%6=50
else
%6=255
endif
else
%6=0
endif

```

```
!-----  
! Ajout d'un canal de 8 bits au fichier prétraité pour recevoir le résultat de la classification  
!-----
```

```
! Module PCIMOD  
FILE=image[i]+".pix"  
PCIOP="ADD"  
PCIVAL=1,0,0,0  
MONITOR="OFF"  
run PCIMOD  
MONITOR="ON"
```

```
!-----  
! Transfert des données image du fichier intermédiaire au fichier prétraité  
!-----
```

```
! Module III  
FIL="intermed.pix"  
FILO=image[i]+".pix"  
DBIC=6  
DBOC=11  
run III  
p "Transfert du resultat de la classification dans le fichier pretraite"
```

```
!---Fermeture du fichier intermed.pix et suppression  
call dbclose("intermed.pix")  
delete "intermed.pix"  
endfor  
delete "prm.prm"  
endfor
```

```
!---Réinitialisation du répertoire de travail par défaut  
call setcwd(getpcihome()+"/user")
```


ANNEXE 6 : Code informatique de l'algorithme Classif_annee.eas

```
!-----  
! Auteurs: Karem Chokmani et Sophie Roberge  
! Date: 29 mars 2010  
! But: Cette procédure permet de transférer tous les canaux de la classification de la neige dans un fichier annuel,  
ce dernier contenant toutes les images de l'année concernée dans leur ordre chronologique (ex.: du 16 mars  
2000 au 31 mai 2000)  
!-----  
  
!-----  
! DÉCLARATION DES VARIABLES ET DÉFINITION DU RÉPERTOIRE DE TRAVAIL  
!-----  
  
!---Déclaration des listes de chemins d'accès et des fichiers à traiter  
local mstring chemin, image, image_annuelle  
local string annee  
local integer compteur  
  
!---Lecture de la liste des chemins d'accès aux images classifiées à ajouter au fichier annuel  
chemin=text$import("chemin_resultats.txt")  
  
!---Parcourir la liste des chemins d'accès aux images classifiées à ajouter au fichier annuel  
local integer j  
for j=1 to F$LEN(chemin)  
  
!---Changement du répertoire de travail par défaut à celui figurant dans la liste de chemins d'accès  
call setcwd(chemin[j])  
p getcwd()  
  
!---Copier le fichier PRM.PRM dans le répertoire de travail  
call CopyFile(GetPCIHome() + "/pro/PRM.PRM", "PRM.PRM")  
  
!---Lecture du nom du fichier annuel à traiter  
image_annuelle=text$import("image_annuelle.txt")  
local integer i  
for i=1 to F$LEN(image_annuelle)  
  
!-----  
! Création du fichier annuel en format Classif_XXXX.pix  
!-----  
  
annee=f$extract(chemin[j], 21, 4)  
p annee  
  
! Module CIM  
FILE=image_annuelle[i]+".pix"  
DBSZ=1783, 1950  
PXSZ=1000, 1000  
DBNC=0,0,0,0  
run CIM  
  
!---Lecture de la liste des images classifiées à ajouter au fichier annuel  
image=text$import("listimage.txt")  
  
!---Parcourir la liste des images classifiées à ajouter au fichier annuel  
local integer k  
for k=1 to F$LEN(image)
```

```

!-----
! Ajout de nouveaux canaux de 8 bits au fichier annuel
!-----

! Module PICMOD
FILE=image_annuelle[i]+".pix"
PCIOP="ADD"
PCIVAL=1,0,0,0
MONITOR="OFF"
run PICMOD
MONITOR="ON"

!-----
! Décompte du nombre de canaux existants dans le fichier annuel
!-----

call dbopen(image_annuelle[i]+".pix", "r+")

!---Le compteur permet de calculer le nombre de canaux existants dans le fichier annuel afin de pouvoir insérer
les nouveaux canaux les uns après les autres
compteur=dbchannels(image_annuelle[i]+".pix")
call dbclose(image_annuelle[i]+".pix")

!-----
! Transfert du canal de la classification de la neige de chacune des images individuelles dans le fichier annuel
!-----

! Module III
FILE=image[k]+".pix"
FILO=image_annuelle[i]+".pix"
DBIC=11
DBOC=compteur
run III
p "La classification de l'image a ete transferee avec succes dans le fichier annuel"
p image[k]

!-----
! Récupération du nom de l'image classifiée pour attribuer la date d'acquisition de l'image dans le nouveau canal
!-----

call dbopen(image_annuelle[i]+".pix", "r+")

!---Modification de la description du contenu du canal
call DBWriteChanDesc(image_annuelle[i]+".pix", compteur, image[k])
call dbclose(image_annuelle[i]+".pix")
p "Le canal #", compteur, "a ete renommé avec succes dans le fichier annuel"

!-----
! Définition du datum
!-----

! Module DATUM
FILE=image_annuelle[i]+".pix"
DBSL=1
EARTH="D-04"
REPORT=OFF
run DATUM

!-----
! Définition de la projection
!-----

```

```
! Module PROSET
FILE=image_annuelle[i]+".pix"
DBGEO=1
BX1="-79.495676527"
BY1="63.931935194"
BX2="-64.780402083"
BY2="41.569517944"
BXPXSZ="1000"
BYPXSZ="1000"
MAPUNITS="LCC"
ELLIPS="8"
PROLONG="-95"
PROLAT="0"
STPAR1="49"
STPAR2="77"
EFALSE="0"
NFALSE="0"
run PROSET
endfor
endfor
delete "prm.prm"
endfor
```

```
!---Réinitialisation du répertoire de travail par défaut
call setcwd(getpcihome()+"/user")
```


ANNEXE 7 : Répartition de la bande 3 disponible dans les images en fonction de la date d'acquisition

Date	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
16/03	B ¹⁴	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
17/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
18/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
19/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
20/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
21/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
22/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
23/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
24/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
25/03	B ¹⁴	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸
26/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
27/03	B ¹⁴	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
28/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
29/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
30/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
31/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
01/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
02/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
03/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
04/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
05/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
06/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
07/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸
08/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
09/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
10/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
11/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
12/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
13/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
14/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
15/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
16/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
17/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
18/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
19/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
20/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁷ , B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
21/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁶	A ¹⁹ , B ¹⁸
22/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
23/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
24/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
25/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸

26/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
27/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
28/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
29/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
30/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
01/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
02/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
03/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
04/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
05/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
06/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
07/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
08/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
09/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
10/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
11/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
12/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
13/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹ , B ¹⁸
14/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
15/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
16/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
17/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
18/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
19/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
20/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
21/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
22/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
23/05	B ¹⁴	B ¹⁴	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
24/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
25/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
26/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
27/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
28/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
29/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
30/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
31/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷ , B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸

L'exposant indique le numéro de satellite

ANNEXE 8 : Bandes incluses dans les fichiers annuels

Date	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
16/03	B ¹⁴	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
17/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
18/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
19/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
20/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
21/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
22/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
23/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸
24/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
25/03	B ¹⁴	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁷	B ¹⁸
26/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
27/03	B ¹⁴	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸
28/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
29/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
30/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
31/03	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸
01/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
02/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
03/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
04/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
05/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
06/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
07/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁷	B ¹⁸
08/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
09/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸
10/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
11/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
12/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
13/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸
14/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
15/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
16/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
17/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
18/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	A ¹⁹
19/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
20/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁷	A ¹⁹
21/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁶	A ¹⁹
22/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	A ¹⁷	B ¹⁸	A ¹⁹
23/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
24/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
25/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
26/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸

27/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
28/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
29/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
30/04	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
01/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	A ¹⁹
02/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹				
03/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
04/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
05/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	A ¹⁹
06/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
07/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
08/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
09/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
10/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
11/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
12/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
13/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	A ¹⁹
14/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸
15/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
16/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
17/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
18/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁹
19/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
20/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
21/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
22/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
23/05	B ¹⁴	B ¹⁴	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
24/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
25/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸
26/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
27/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
28/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹				
29/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
30/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	A ¹⁷	A ¹⁷	A ¹⁷	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁹
31/05	B ¹⁴	A ¹⁶	A ¹⁶	B ¹⁶	A ¹⁷	B ¹⁶	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸	B ¹⁸

L'exposant indique le numéro de satellite