

An aerial satellite image of a forested area, showing a mix of green, yellow, and brown tones. A white text box is centered in the upper half of the image. The left edge of the image has a white perforated border.

*Apport de la télédétection
et des capacités de la géomatique
à la cartographie écologique
à petite échelle*

IMAGE du QUÉBEC
par satellite

Québec 

D.S.

**APPORT DE LA TÉLÉDÉTECTION
ET DES CAPACITÉS DE LA GÉOMATIQUE
À LA CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE À PETITE ÉCHELLE**

Projet conjoint entre

**La Direction de la conservation et du patrimoine écologique
Ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF)**

et

**Le Service des technologies à référence spatiale
Ministère des Ressources naturelles (MRN)**

RAPPORT FINAL

France Boucher (MRN)

Chantal Seuthé (MRN)

Jean Bissonnette (MEF)

Tingxian Li (MEF)

Mai 1994

B9405R02

TABLE DES MATIÈRES

Liste des figures	ii
Liste des tableaux	iv
Liste des annexes	vi
Introduction	1
1. Données de base et équipements	3
2. Produits analysés	6
3. Analyse écologique	8
3.1 Analyse au niveau de la région naturelle	10
3.1.1 Mosaique LANDSAT-MSS	10
3.1.2 La mosaique NOAA du Québec en plan et en perspective	10
3.1.3 Image des classes d'élévation en plan et en perspective	11
3.1.4 LANDSAT-TM en plan	13
3.1.5 Les moyens traditionnels	13
3.2 Analyse au niveau des ensembles orographiques et des ensembles morpho-structuraux	21
3.2.1 LANDSAT-TM en plan et en perspective	21
3.2.2 Couples stéréoscopiques SPOT	27
3.2.3 RADAR ERS-1	28
3.2.4 Les moyens traditionnels	33
4. Synthèse des résultats	36
5. Déroulement du projet	40
6. Ressources utilisées / coûts	42
Conclusions et perspective	45
Références	47
Annexes	48

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1	Les Provinces et les régions naturelles du Québec	15
FIGURE 2	Mosaïque NOAA du Québec en plan	16
FIGURE 3	Image des classes d'élévation du Québec en plan	17
FIGURE 4	Vue en perspective de la région naturelle D10 «Plateau de la Sainte-Marguerite» à partir de la mosaïque NOAA du Québec	18
FIGURE 5	Vue en perspective de la région naturelle D10 «Plateau de la Sainte-Marguerite» à partir de l'image des classes d'élévation du Québec	18
FIGURE 6	Distribution des niveaux d'altitude de la région naturelle C2 «Dépression de Mont-Laurier»	19
FIGURE 7	Découpage de la région naturelle D10 «Plateau de la Sainte-Marguerite» en ensembles orographiques à l'aide d'une image LANDSAT-TM	23
FIGURE 8	Découpage de la région naturelle C2 «Dépression de Mont-Laurier» en ensembles orographiques à l'aide d'une mosaïque LANDSAT-TM	24
FIGURE 9	Vue en perspective de l'ensemble orographique D10-7 «Hautes collines parallèles de la Rivière aux Rochers» à partir d'une image LANDSAT-TM	25

FIGURE 10 Découpage de la région naturelle A2 «Complexe appalachien de la Beauce»
en ensembles morpho-structuraux à l'aide de couples
stéréoscopiques SPOT 29

FIGURE 11 Découpage de la région naturelle D10 «Plateau de la
Sainte-Marguerite» en ensembles morpho-structuraux à l'aide
d'un couple stéréoscopique SPOT 30

FIGURE 12 Découpage partiel de la région naturelle D10 «Plateau
de la Sainte-Marguerite» en ensembles morpho-structuraux
à l'aide d'une section d'une image RADAR ERS-1 32

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1	Données utilisées dans le projet	5
TABLEAU 2	Les unités écologiques à petite échelle	9
TABLEAU 3	Comparaison entre les différents produits analysés et les documents traditionnels pour dresser la cartographie des <u>régions naturelles</u>	20
TABLEAU 4	Description de l'ensemble orographique D10-7 «Hautes collines parallèles de la Rivière aux Rochers» à partir d'une image LANDSAT-TM	26
TABLEAU 5	Description de l'ensemble morpho-structural D10-1-1 «Plateau du Grand Lac des Rapides» à partir d'un couple stéréoscopique SPOT	31
TABLEAU 6	Comparaison entre les différents produits analysés et les documents traditionnels pour dresser la cartographie des <u>ensembles orographiques</u>	34
TABLEAU 7	Comparaison entre les différents produits analysés et les documents traditionnels pour dresser la cartographie des <u>ensembles morpho-structuraux</u>	35
TABLEAU 8	Rôle des différents produits dans les deux volets de la cartographie écologique	38

TABLEAU 9	Comparaison entre les produits issus de la télédétection et les outils traditionnels pour la cartographie écologique	39
TABLEAU 10	Temps alloué par le personnel du STARS	42
TABLEAU 11	Temps alloué par le personnel de la DCPE du MEF	42

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A	Images SPOT et LANDSAT utilisées dans le projet	48
ANNEXE B	Traitement des images LANDSAT-TM	53
ANNEXE C	Création des vues en perspective des images LANDSAT-TM	56
ANNEXE D	Numérisation et ajustement des limites des régions naturelles en vue de leur superposition aux images	60
ANNEXE E	Création des vues en perspective à l'échelle du Québec	63

INTRODUCTION

La Direction de la conservation et du patrimoine écologique (DCPE) du ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF) a le mandat de réaliser une cartographie écologique à petite échelle de l'ensemble du Québec. Quelle que soit l'échelle, la cartographie écologique comporte deux volets :

- la mise en évidence de la structure écologique du territoire par **découpage** d'unités spatiales et leur **caractérisation générale**;
- la **description** du contenu des unités spatiales, c'est-à-dire la composition et l'organisation interne.

La carte écologique à petite échelle ne peut être réalisée d'une façon efficace qu'avec une analyse visuelle en trois dimensions du territoire qui est difficilement réalisable à partir des sources de données conventionnelles. En effet, la DCPE considère que les moyens conventionnels dont elle dispose (photographies aériennes, cartes topographiques, cartes thématiques, données bibliographiques, etc.) sont soit insuffisants, soit trop coûteux, soit tout simplement inappropriés pour des études à petites échelles.

C'est ainsi que la DCPE s'est adressée au Service des technologies à référence spatiale (STARS) du ministère des Ressources naturelles (MRN) afin d'explorer les possibilités offertes par les outils de la télédétection et les capacités de la géomatique. Il s'agissait de tester une série de produits composés d'images satellitaires (NOAA, LANDSAT-TM et MSS, SPOT, RADAR) et de modèles numériques d'élévation et d'analyser leur potentiel pour contribuer à la cartographie écologique à petite échelle de 1:5 000 000 à 1:250 000. Ces produits, fonction de la résolution des données, couvrent l'ensemble du Québec et trois territoires cibles particuliers : la Beauce, Sept-Îles et Papineau-Labelle. Ces territoires pilotes ont été sélectionnés en fonction de la disponibilité des données de télédétection et des données topographiques.

L'analyse a été réalisée selon trois (3) niveaux de perceptions du territoire (3 échelles de cartographie), allant du plus général au plus détaillé :

- les régions naturelles (1:5 000 000 à 1:1 000 000);
- les ensembles orographiques (1:1 000 000 à 1:500 000);
- les ensembles morpho-structuraux (1:500 000 à 1:250 000).

Ce projet devait permettre à la Direction de la conservation et du patrimoine écologique de :

- Connaître les possibilités de la télédétection et des modèles numériques d'élévation pour dresser la carte écologique à petite échelle;
- Dresser un bilan des avantages et des inconvénients pour chacun des produits qui seront exploités en terme de faisabilité et de rentabilité;
- Formuler des recommandations pour la poursuite du projet de réalisation de la cartographie écologique du Québec à petite échelle.

1. DONNÉES DE BASE ET ÉQUIPEMENTS

Les données utilisées dans ce projet regroupent des images satellitaires, sous format analogique ou numérique, un modèle numérique d'élévation et des cartes topographiques numériques. Voici la liste et la description de ces données :

- La mosaïque NOAA du Québec (résolution de 1 km) en format numérique. Elle a été réalisée en 1992 par le Service des technologies à référence spatiale dans le but de produire une affiche intitulée «Image du Québec par satellite» (Coulombe et Grenon, 1992). C'est une mosaïque de quatre images NOAA qui ont été classifiées et accentuées de façon à mettre en évidence les grands types de couvert. Ces grandes classes sont les suivantes : zone dominée par le roc, forêt ouverte, forêt à dominance résineuse, forêt à dominance feuillue, zone urbaine, lande boisée et à lichen, brûlis, forêt mixte, zone agricole et zone couverte par les nuages;
- Une mosaïque d'images LANDSAT-MSS (résolution de 50 m X 80 m) sur papier photographique, couvrant tout le Québec, à l'échelle 1:1 000 000. Elle a été réalisée par un assemblage de feuillets qui donnent un format final de 165 X 203 cm.;
- Quatre couples stéréoscopiques SPOT panchromatique et un couple SPOT multispectral sur papier photographique 26 cm X 26 cm (résolution de 10 mètres);
- Une image RADAR ERS-1 sur papier photographique (résolution de 25 mètres);
- Quatre images LANDSAT-TM en format numérique (résolution de 30 mètres);
- Le modèle numérique d'altitude (MNA) pour l'ensemble du Québec. Ce MNA a été tiré d'un modèle couvrant l'ensemble du globe terrestre et fourni par EOSAT. Ce modèle a une résolution de cinq minutes d'arc en X et en Y alors que la résolution en Z est de un mètre;

- Les limites des régions naturelles du Québec. Les limites proviennent d'une carte du découpage préliminaire qui a été effectué en 1992 par la Direction de la conservation et du patrimoine écologique, à l'aide de nombreux documents dont la mosaïque LANDSAT-MSS citée précédemment;

- Les fichiers numériques des cartes topographiques 1:250 000 du gouvernement du Canada.

Le tableau 1 dresse la liste de l'ensemble des données utilisées dans le projet pour chacun des territoires pilotes et pour la province entière. Par ailleurs, les caractéristiques détaillées des images LANDSAT-TM et SPOT et la surface couverte par chaque type d'image, pour les trois territoires pilotes du projet, sont données à l'annexe A.

La réalisation du projet a bénéficié du nouveau système TÉLÉDEQ mis en fonction au STARS en 1992-1993. Ce système est composé d'une station de travail SUN Sparcstation 10, incluant les périphériques suivants : disque externe, écran couleur de 21 pouces, lecteur de disque compact, unité d'archivage (exabyte et cassette 1/4 de pouce), table numérisante Gentian, imprimante laser couleur et un traceur de type HP (draftpro EXL).

Le logiciel ARC/INFO disponible sur TÉLÉDEQ a été utilisé. Son module traitant de la modélisation des surfaces est tout particulièrement exploité dans ce projet pour la création des modèles numériques d'élévation. Le traitement des images satellitaires ainsi que certaines vues en perspectives (logiciel FLY) ont été effectués avec le système de traitement d'images PCI également disponible sur TÉLÉDEQ. Le module VUE3D de ISTAR a également été sollicité pour les vues en perspective, car il offre plus de possibilités, dont celle de superposer des couches vectorielles à une image en perspective.

Même si les traitements réalisés pour obtenir les produits ont été effectués selon l'équipement et les logiciels disponibles sur TÉLÉDEQ, la démarche générale est indépendante de ces derniers et pourrait être réalisée sur d'autres équipements.

TABLEAU 1

Données utilisées dans le projet

SECTEUR D'ÉTUDE	NO DE CARTE SNRC 1:250 000 (N)	IMAGES				AUTRES
		LANDSAT	SPOT	RADAR	NOAA	
Beauce-Appalaches (RN - A2)*	21L	Scène TM du 27/08/89 (N)	3 couples stéréo de 1990 et 1991 (P)	Aucune		
Sept-Îles (RN - D10)*	22J	Scène TM du 16/06/91 (N)	1 couple stéréo de 1989 (P)	Image ERS-1 du 07/06/92 (P)		
Papineau-Labelle (RN - C2)*	31G	Feuille 31J06 TM du 17/06/87 (N)	1 couple stéréo de 1989 (P)	Aucune		
	31J	Feuille 31G14 TM du 17/06/87 (N)				
Québec		Mosaïque MSS (P)			Mosaïque (N)	MNE Québec (N)

* : Voir Figure 1 : carte des régions naturelles

N : Format numérique

P : Format papier photographique

SNRC : Système national de référence topographique

2. PRODUITS ANALYSÉS

Dans le cadre de ce projet, certaines données-image ont été utilisées sous forme analogique et sans traitement car elles offraient déjà une bonne appréciation du relief, lequel est un facteur écologique important. C'est le cas des produits 1, 2 et 3 décrits ci-après. D'autre part, les images LANDSAT-TM ont été traitées numériquement afin de pouvoir les superposer à des documents cartographiques et d'améliorer les contrastes entre les classes d'occupation du sol. Le produit 4 représente des vues en plan de ces images et le produit 5 des vues en perspective. Les autres produits, issus de l'intégration de documents-image et de documents cartographiques, ont été réalisés en plan (produits 6 et 8) et en perspective (produits 7 et 9). Les vues en perspective ont permis de diversifier les outils à composante topographique que le MEF a analysés et considérés pour la cartographie écologique.

Les produits analysés sont les suivants :

- (1) **couples stéréoscopiques SPOT.** La stéréoscopie, utilisant des reproductions sur papier des images SPOT à l'échelle 1:500 000, est reconstituée à l'aide d'un stéréoscope miroir standard, utilisé pour la photo aérienne;
- (2) **image RADAR ERS-1.** Sur une image RADAR, les effets d'ombrage créés par l'angle d'incidence permettent de mettre en évidence certains éléments du relief et la structure géologique sur une seule image, sans véritable stéréoscopie;
- (3) **mosaïque LANDSAT-MSS.** Cette mosaïque sur papier en noir et blanc a servi à établir les limites préliminaires des régions naturelles;
- (4) **images LANDSAT-TM en plan.** Ces images sont des compositions colorées faites à partir des bandes rouge (TM03), proche infrarouge (TM04) et moyen infrarouge (TM05). Elles ont été corrigées et accentuées (description des traitements à l'annexe B);

(5) images LANDSAT-TM en perspective. Elles ont été réalisées par la combinaison des images avec les modèles numériques d'élévation formés à partir des fichiers 1:250 000 des courbes de niveau (réalisation décrite à l'annexe C). Elles illustrent l'état de la végétation et de l'occupation du sol, vu en relief;

(6) mosaïque NOAA du Québec en plan, sur laquelle sont superposées les limites préliminaires des régions naturelles (processus de numérisation et de superposition de ces limites décrit à l'annexe D);

(7) mosaïque NOAA du Québec en perspective, sur laquelle sont également superposées les limites des régions naturelles. Les vues en perspective ont été réalisées en combinant un modèle numérique d'élévation (MNE) à l'image (réalisation décrite à l'annexe E). Ces vues montrent la végétation générale du Québec en relief;

(8) image des classes d'élévation du Québec en plan, sur laquelle sont superposées les limites préliminaires des régions naturelles. L'image des classes d'élévation a été créée à partir d'une classification des valeurs d'altitude du modèle numérique d'élévation par tranches de 50 m. Cette image illustre donc, par un dégradé de couleurs, l'évolution du relief de la province. Des statistiques ont été faites à partir des valeurs d'élévation du MNE et de l'image des classes d'élévation. Pour chacune des régions naturelles, ces statistiques comprennent : la superficie totale de la région, la superficie pour chaque tranche d'élévation et finalement, la valeur moyenne et l'écart-type des niveaux d'altitude de la région. Ces statistiques ont alimenté la description des régions naturelles;

(9) image des classes d'élévation en perspective, sur laquelle sont superposées aussi les limites des régions naturelles. Les vues en perspective ont été réalisées en combinant un MNE à l'image (réalisation décrite à l'annexe E).

3. ANALYSE ÉCOLOGIQUE

La cartographie écologique est un système hiérarchique de perception et d'expression écologique du territoire. La cartographie procède par régionalisations successives d'entités spatiales de plus en plus petites qui se traduit par une série de niveaux de perception qui s'emboîtent les uns dans les autres (Jurdant et al., 1977; Beauches et al., 1994; Li et al., 1994). Chacun de ces niveaux de perception correspond à une organisation spatiale du milieu naturel mise en évidence par une ou plusieurs variables écologiques (Ducruc, 1991).

Dans le présent projet, les unités écologiques de petite à très petite échelle sont en ordre décroissant des niveaux de perception : les régions naturelles, les ensembles orographiques et les ensembles morpho-structuraux (tableau 2).

Les unités écologiques sont caractérisées ou décrites par les variables suivantes :

- géologie (tectonique, lithologie);
- relief (forme, patron, altimétrie);
- hydrographie;
- géomorphologie (matériaux meubles);
- climat;
- végétation;
- faune;
- occupation des sols.

La contribution des différents produits de la télédétection est évaluée selon les deux volets de la cartographie écologique pour chaque niveau de perception. De plus, ces produits issus de la télédétection et des modèles numériques d'élévation sont ensuite comparés à des outils ou des documents dits «traditionnels» tels que les cartes thématiques et les études sectorielles à l'échelle régionale ou locale.

TABLEAU 2**Les unités écologiques à petite échelle**
(adapté de Beauchesne et al. 1994)

UNITÉ ÉCOLOGIQUE	DÉFINITION	ECHELLE	FACTEURS DE DÉCOUPAGE
Région naturelle (RN) (superficie : 5 000 - 50 000 km ²)	Unité territoriale située à l'intérieur d'une province naturelle, caractérisée par une tectonique et une lithologie régionales.	1:1 000 000 à 1:5 000 000	Tectonique d'envergure régionale, lithologie, relief, hydrographie
Ensemble orographique (EO) (superficie : 1 000 - 5 000 km ²)	Unité territoriale située à l'intérieur d'une région naturelle, caractérisée par une lithologie et un relief structural particuliers.	1:500 000 à 1:1 000 000	Style tectonique, lithologie, relief, hydrographie
Ensemble morpho-structural (EM) (superficie : 100-500 km ²)	Unité territoriale située à l'intérieur d'un ensemble orographique, caractérisée par un patron particulier du relief.	1:250 000 à 1:500 000	Relief, géologie structurale, lithologie

3.1 ANALYSE AU NIVEAU DE LA RÉGION NATURELLE

Le découpage préliminaire des régions naturelles (figure 1) a été réalisé avec la mosaïque MSS couvrant le Québec et d'autres documents tels : les cartes géologiques et les cartes topographiques.

Il sera question dans cette section de la comparaison entre les différents produits ayant trait à la caractérisation générale et à la description des régions naturelles :

- Mosaïque LANDSAT-MSS (MSSQ);
- Mosaïque NOAA du Québec en plan et en perspective (NOAA);
- Image des classes d'élévation du Québec en plan et en perspective (CLAE);
- LANDSAT-TM en plan (TM).

3.1.1 Mosaïque LANDSAT-MSS

La MSSQ est le support physique qui a servi au découpage des régions naturelles. En effet, elle a fait ressortir les grandes unités tectoniques révélées par les cartes géologiques. De plus, quelques autres facteurs utilisés pour le découpage sont perceptibles sur ce document, par exemple : le réseau hydrographique, les grands phénomènes géomorphologiques résultant des épisodes du Quaternaire comme les Basses-Terres de la Baie-James (invasion marine, glacio-lacustres, etc.) (Thie, 1976).

Même si la mosaïque LANDSAT-MSS a été réalisée il y a plusieurs années, elle a permis de porter un regard global sur le territoire, ce qui est essentiel pour la cartographie écologique.

3.1.2 La mosaïque NOAA du Québec en plan et en perspective

L'analyse de la mosaïque NOAA du Québec en plan (figure 2) est faite directement sur le document imprimé. La mosaïque NOAA ne peut servir au découpage des régions naturelles ni à son amélioration parce que la végétation n'est pas un facteur permanent du milieu et par conséquent, elle n'est pas employée comme un facteur de découpage. De plus, on constate, outre

quelques unités qui seront approfondies plus loin, qu'il n'y a pas vraiment de concordance entre les limites des régions naturelles et la mosaïque des classes de végétation de NOAA.

En ce qui concerne la caractérisation générale des régions naturelles, les patrons et les dominances ou les gradients des grands types végétaux sont plus ou moins visibles dans certaines régions (K4, E3, D6, F2, K3). Les informations fournies par NOAA sur ces régions semblent intéressantes et pourraient être utiles pour la description (caractérisation) des régions naturelles en terme du couvert végétal actuel. Il faut néanmoins rester prudent et compléter ou confirmer cette description par d'autres sources d'information.

À titre d'exemple, la limite de D6 concorde assez bien avec la classe de forêt résineuse de NOAA. Ceci s'explique par le relief et le niveau altitudinal de cette région naturelle qui a un relief de hautes collines favorisant la forêt résineuse dense. La description générale de la végétation de D6 à partir de NOAA peut ainsi s'exprimer : «dominance de forêts résineuses denses».

Pour ce qui est de la mosaïque NOAA du Québec en perspective, il est difficile d'obtenir une vision globale de bonne qualité portant sur plus du quart du Québec. Le macro-relief d'une ou de plusieurs régions naturelles adjacentes est perceptible mais l'image NOAA atténue l'effet tridimensionnel. La figure 4 donne un exemple d'une vue en perspective de la région naturelle D10 «Plateau de la Sainte-Marguerite». Les informations véhiculées par la mosaïque NOAA en perspective sont les mêmes que la mosaïque NOAA en plan.

En conclusion, nous estimons que l'utilité de NOAA en plan et encore plus en perspective, reste marginale, les informations sur la végétation sont complémentaires mais ne peuvent servir seules comme source d'information même pour décrire le couvert végétal.

3.1.3 Image des classes d'élévation en plan et en perspective

L'image des classes d'élévation en plan offre une vue générale des différences altimétriques du Québec (figure 3). Elle met en évidence les niveaux altimétriques et la pente générale du macro-

relief de la plupart des régions naturelles. Quelques exemples sont présentés ci-dessous :

macro-relief :	- dépression	C2, C5, D2
	- massif	C8, D7
	- plateau	C10, D8
Niveau altimétrique :	- de base	F1 : 250 m - 350 m C12 : 400 m - 450 m
	- des sommets	C8 : 750 - 1100 m
Orientation générale des pentes :	C11	NO → SE
	D11	N → S
	D7	SE → NE

La superficie des classes altitudinales des régions naturelles a été évaluée en classes de 100 m. Ceci nous a permis de quantifier rapidement les niveaux de référence de base à l'aide d'histogrammes (figure 6).

La visualisation en perspective de l'image des classes d'élévation fait ressortir le macro-relief des régions naturelles. La figure 5 présente un exemple de vue en perspective de la région naturelle D10 «Plateau de la Sainte-Marguerite» qui est composée de nombreuses vallées et de quelques sommets plus élevés. La région naturelle et l'angle de prise de vue de la figure 5 sont les mêmes qu'à la figure 4, ceci permet d'apprécier l'effet tridimensionnel nettement amélioré de l'image des classes d'élévation par rapport à celui de la mosaïque NOAA.

En conclusion, ce sont les produits classes d'élévation en plan et en perspective qui offrent beaucoup de possibilités pour la caractérisation générale des régions naturelles.

3.1.4 LANDSAT-TM en plan

Comparativement à la mosaïque LANDSAT-MSS, l'image LANDSAT-TM est nettement améliorée tant au niveau de la résolution que de l'utilisation des bandes spectrales. Ces caractéristiques améliorent la perception des caractères tectoniques en rehaussant le réseau de fractures, le réseau de plissements, le patron du relief et les phénomènes quaternaires. Le type de couvert végétal (feuillus et résineux) paraît mieux que sur LANDSAT-MSS. Cependant, ces informations sont encore trop générales pour décrire adéquatement la végétation à ce niveau.

De plus, l'ensemble des scènes LANDSAT-TM présentement disponibles au gouvernement du Québec ne couvrent pas tout le Québec et, à notre connaissance, il n'y a pas encore de mosaïque faite à partir de LANDSAT-TM. Une scène TM offre néanmoins une fenêtre souvent assez grande pour avoir une bonne couverture d'une région naturelle.

Les images LANDSAT-TM sont donc utilisées en complémentarité avec la mosaïque MSS pendant le découpage préliminaire. Les scènes disponibles ont permis de préciser les limites préliminaires des régions naturelles et leur caractérisation générale.

La fenêtre qu'offre une scène LANDSAT-TM permet aussi d'identifier et de délimiter les ensembles orographiques qui contiennent les régions naturelles. Les ensembles orographiques constituent la structure de base de la région naturelle et c'est à partir de ce niveau de perception que la description détaillée des régions est faite. La section 3.2 porte sur le découpage et la description de ces ensembles.

3.1.5 Les moyens traditionnels

Comme il a été mentionné précédemment, une panoplie de documents complémentaires a contribué au découpage et à la caractérisation générale des régions naturelles. En effet, les documents géologiques fournissent la trame de fond des grands phénomènes tectoniques continentaux et régionaux ainsi que les informations sur la lithologie. Les cartes topographiques

au 1:250 000 ont servi à préciser les limites des régions naturelles et à caractériser certains paramètres altimétriques. Mais la caractérisation des paramètres altimétriques est assez ardue comparativement à l'image des classes d'élévation en perspective. Un premier essai de caractérisation de la végétation à l'aide de cartes des synthèses forestières produites par le MRN au 1:250 000 a aussi été effectué. Les cartes de synthèses forestières sont, la plupart du temps, produites par une classification particulière d'images LANDSAT-TM.

Il nous semble que l'apport de la télédétection ne remplace pas les documents traditionnels mais ajoute une dimension plus synthétique en abordant le territoire globalement. Le tableau 3 compare l'apport des différents produits de télédétection et des outils traditionnels pour la cartographie des régions naturelles.

Les analyses précédentes montrent que les produits utilisés sont pertinents pour le découpage et la caractérisation générale des régions naturelles mais ne sont pas tous adaptés à leur description détaillée. Cette description doit être réalisée avec des outils adaptés aux niveaux de perception inférieurs.

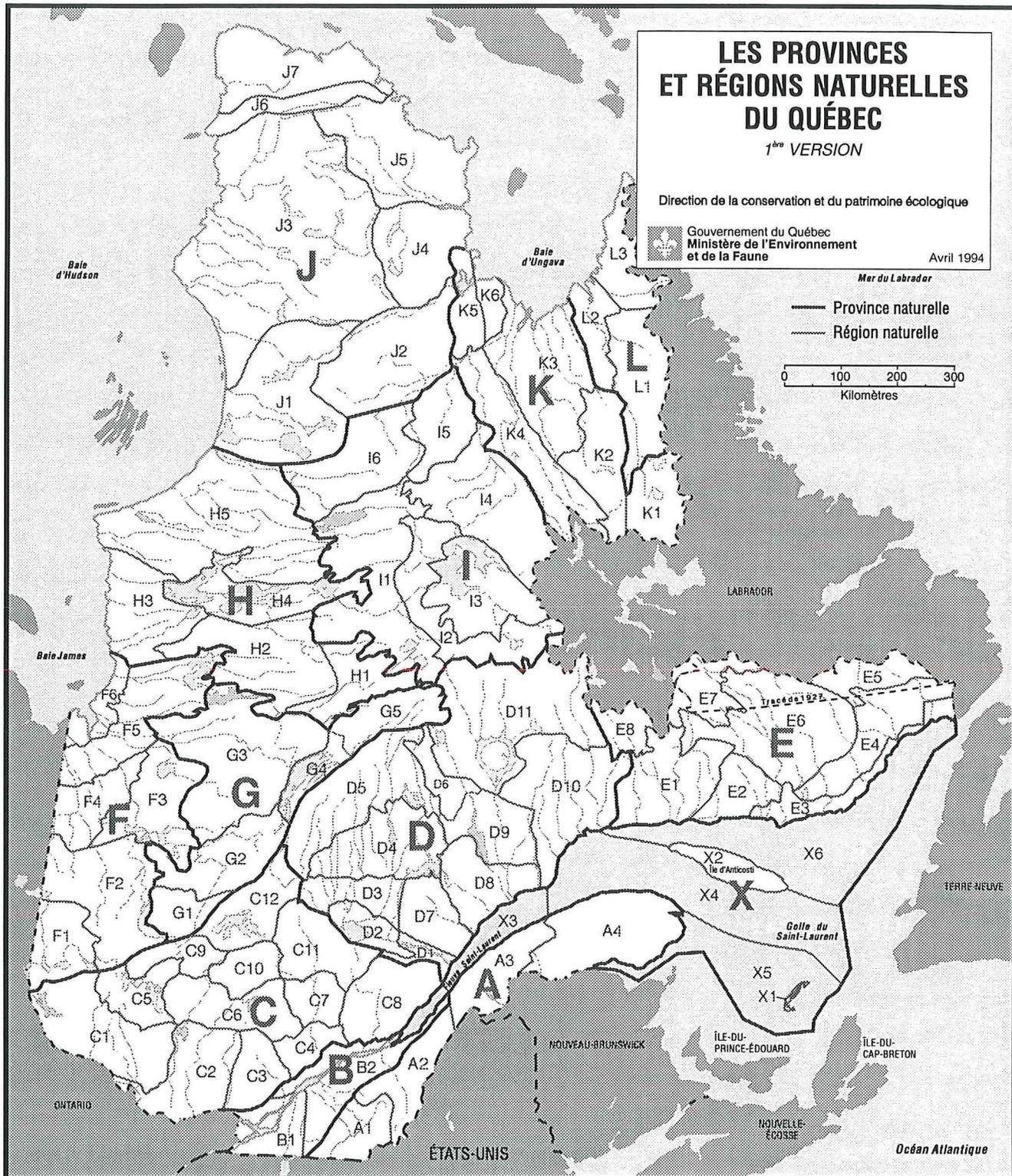


FIGURE 1 Les provinces et les régions naturelles du Québec

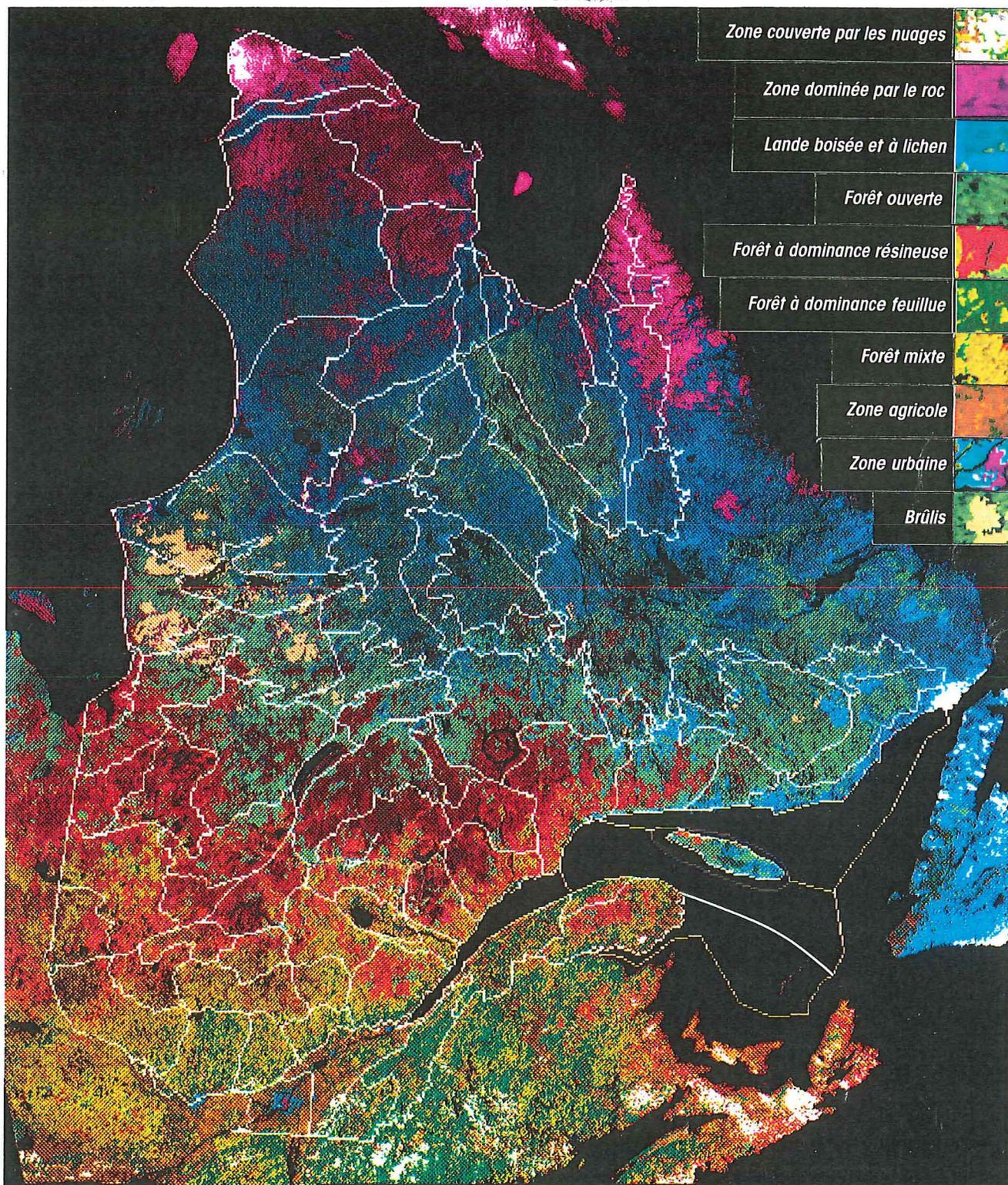


FIGURE 2 Mosaique NOAA du Québec en plan
 Les limites des régions naturelles sont superposées à cette image

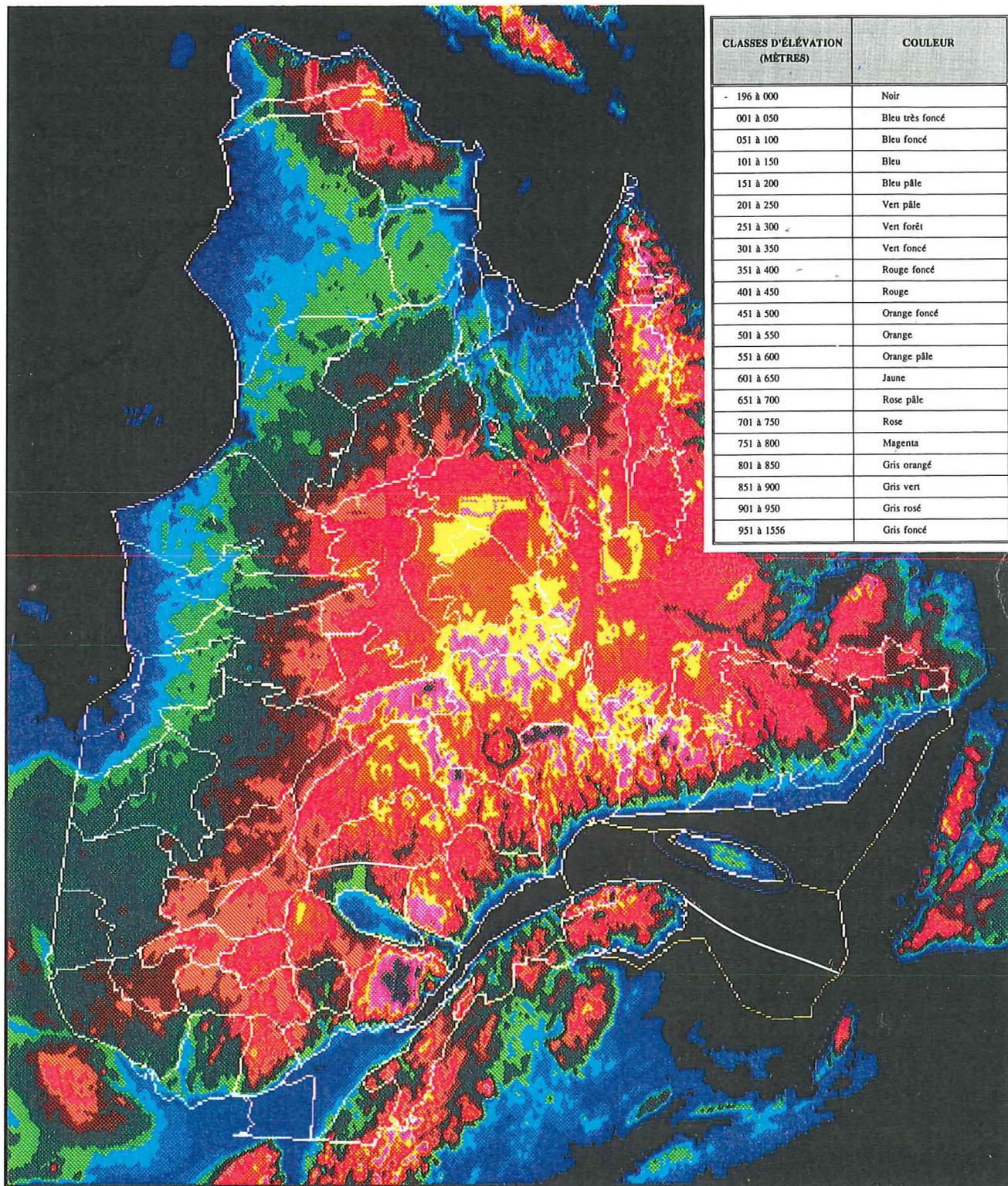


FIGURE 3 Image des classes d'élévation du Québec en plan
 Les limites des régions naturelles sont superposées à cette image



FIGURE 4 Vue en perspective de la région naturelle D10 «Plateau de la Sainte-Marguerite» à partir de la mosaïque NOAA du Québec

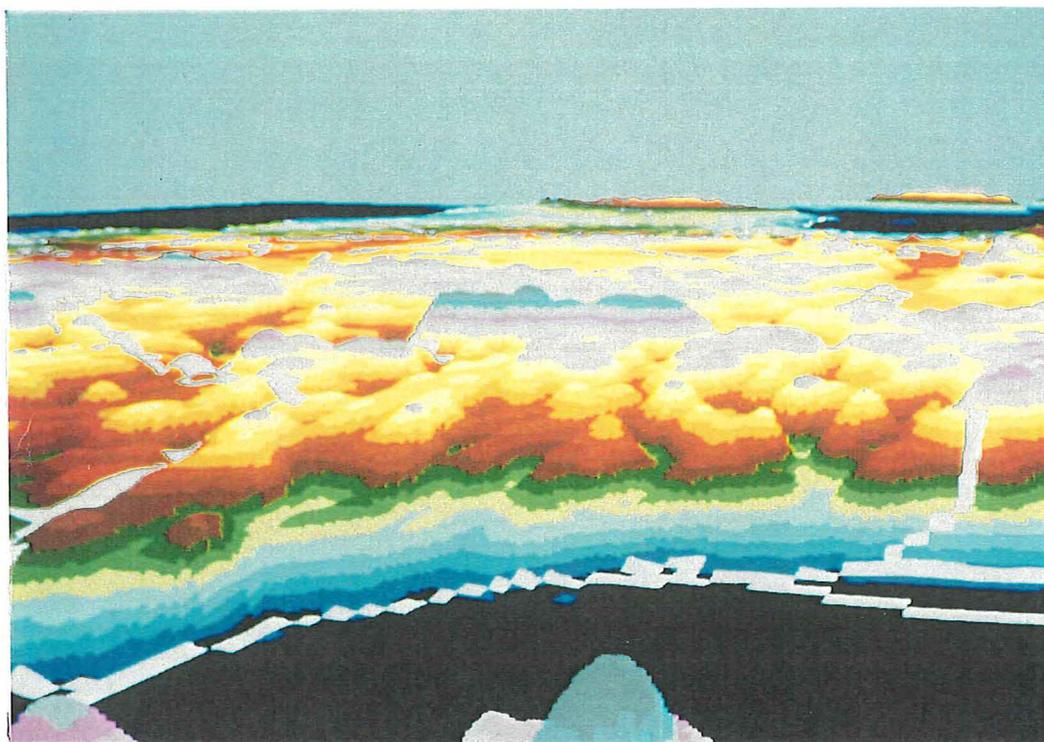


FIGURE 5 Vue en perspective de la région naturelle D10 «Plateau de la Sainte-Marguerite» à partir de l'image des classes d'élévation du Québec

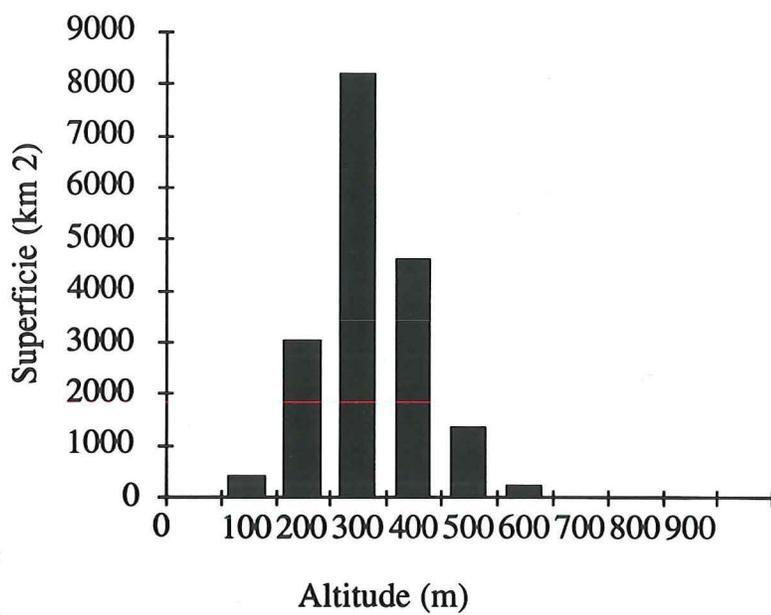


FIGURE 6 Distribution des niveaux d'altitude de la région naturelle C2 «Dépression de Mont-Laurier»

TABLEAU 3 Comparaison entre les différents produits analysés et les documents traditionnels pour dresser la cartographie des régions naturelles

	NOAA et MNE	Classes d'élévation et MNE du Québec	Mosaïque LANDSAT MSS	LANDSAT-TM et MNE	Moyens traditionnels
<u>Découpage et mise en évidence des structures</u>					
Vision de l'ensemble de la région naturelle	Oui à l'échelle du Québec	Oui à l'échelle du Québec	Oui à l'échelle d'une série de régions	Oui à l'échelle d'une région	Différent selon la source
Découpage	Inutile	Inutile	Essentielle	Très utile (raffine le découpage)	Essentiel (cartes géologiques, cartes topographique au 1 : 250 000 etc...)
Mise en évidence la structure tectonique	Impossible	Facile	Facile	Très facile	Facile (cartes géologiques, cartes topographiques)
<u>Description détaillée</u>					
Capacité de décrire le relief	Difficile	Possible (mésorelief seulement)	Possible (structure du relief)	Possible (structure du relief)	Difficile (cartes topographiques)
Évaluation de l'altimétrie (niv. des sommets, niv. de réf. de base, dénivellation, pentes et profils)	Impossible	Possible (niveaux altimétrique du mésorelief)	Impossible	Possible (lecture ponctuelle à l'écran)	Possible (cartes topographiques)
Perception de l'occupation du territoire	Impossible	Impossible	Difficile	Possible	Difficile (cartes topographiques)
Perception de la végétation	Difficile (trop générale)	Impossible	Impossible	Difficile (trop générale)	Possible (cartes forestières synthèse, études phyto-écologiques)
Perception du réseau hydrographique et des plans d'eau	Difficile	Impossible	Possible	Possible	Possible (carte des bassins versants et les cartes topo.)

3.2 ANALYSE AU NIVEAU DES ENSEMBLES OROGRAPHIQUES ET DES ENSEMBLES MORPHO-STRUCTURAUX

Comme on l'a spécifié précédemment, le découpage et la caractérisation générale des ensembles orographiques sont nécessaires pour la description détaillée des régions naturelles. Les ensembles orographiques demeurent néanmoins un niveau de cartographie écologique en soit. Pour leur part, les ensembles morpho-structuraux constituent le niveau de cartographie écologique qui permet de mettre en évidence un patron géologique structural et/ou un relief particulier.

Cette section compare donc les différents produits testés pour le découpage et la description des ensembles orographiques et des ensembles morpho-structuraux. Les produits utilisés pour la cartographie de ces ensembles sont :

- LANDSAT-TM en plan et en perspective (TM);
- Couples stéréoscopiques SPOT (SPOT);
- RADAR ERS-1 (ERS-1).

3.2.1 LANDSAT-TM en plan et en perspective

La résolution d'une image TM (30 m) est proche de celle requise pour la cartographie des ensembles orographiques. De plus, une scène TM couvre en général plusieurs ensembles orographiques, ceci favorise une perception globale des phénomènes étudiés.

Les images TM mettent en évidence le patron structural du socle et, par conséquent, l'organisation du relief. Elles permettent aussi de visualiser la structure du réseau hydrographique, de décrire la forme et la configuration relative des plans d'eau. Les images TM aident à identifier, d'une part, les différentes composantes (unités spatiales) du relief au niveaux des ensembles orographiques et, d'autre part, à décrire leur organisation. Il est cependant difficile de caractériser adéquatement les types de matériaux meubles. Les images TM en perspective sont des produits très appropriés pour le découpage des ensembles orographiques. Par contre,

l'image TM en plan ou en perspective est trop générale pour faire la cartographie des ensembles morpho-structuraux. Les figures 7 et 8 illustrent le découpage des ensembles orographiques à l'aide d'images LANDSAT-TM.

Les images TM accentuées permettent de distinguer les différents types de végétation, par exemple : les zones résineuses, les zones feuillues et les secteurs tourbeux. Ces informations restent encore trop générales pour décrire la composition de la végétation comprise dans les ensembles orographiques. Il est possible de percevoir et de décrire l'occupation du sol en identifiant les secteurs agricoles, les secteurs de production forestière et les zones urbaines. Le tableau 4 donne un exemple de description d'ensembles orographiques à l'aide d'une scène LANDSAT-TM.

L'analyse des images TM en perspective a permis de visualiser l'organisation des différents éléments du relief. Cette combinaison ne permet pas toutefois de circonscrire de façon précise les ensembles orographiques sans l'apport des cartes topographiques sur papier. L'analyse de l'image en perspective fait ressortir davantage le réseau de fractures et de plissements qui sont des indices de styles tectoniques. En déplaçant le curseur sur l'image, le logiciel Vue3D permet d'apprécier les données altimétriques, soit : les niveaux des sommets, les niveaux de référence de base et la dénivellation. L'organisation du relief est facilement illustrable sur différents documents à partir de photos d'écran ou d'impression couleur de l'image (figure 9).

Par contre, Vue3D ne permet pas de faire l'examen d'une scène entière parce qu'il génère une image très décimée qui nous fait perdre certains éléments de l'image. Cette contrainte est liée au logiciel qui a une fenêtre limitée à 800 par 800 pixels tandis qu'une scène TM comprend plus de 6 000 par 6 000 pixels, ce qui limite un peu l'analyse à l'écran. Cependant, le problème d'images décimées ne se présente pas lors de l'examen de superficies plus petites où le nombre des pixels est réduit au maximum à un pixel sur deux. Par ailleurs, on ne peut pas imprimer une vue en perspective directement à partir de ce logiciel, on doit d'abord importer l'image dans un autre logiciel pour procéder à son impression.

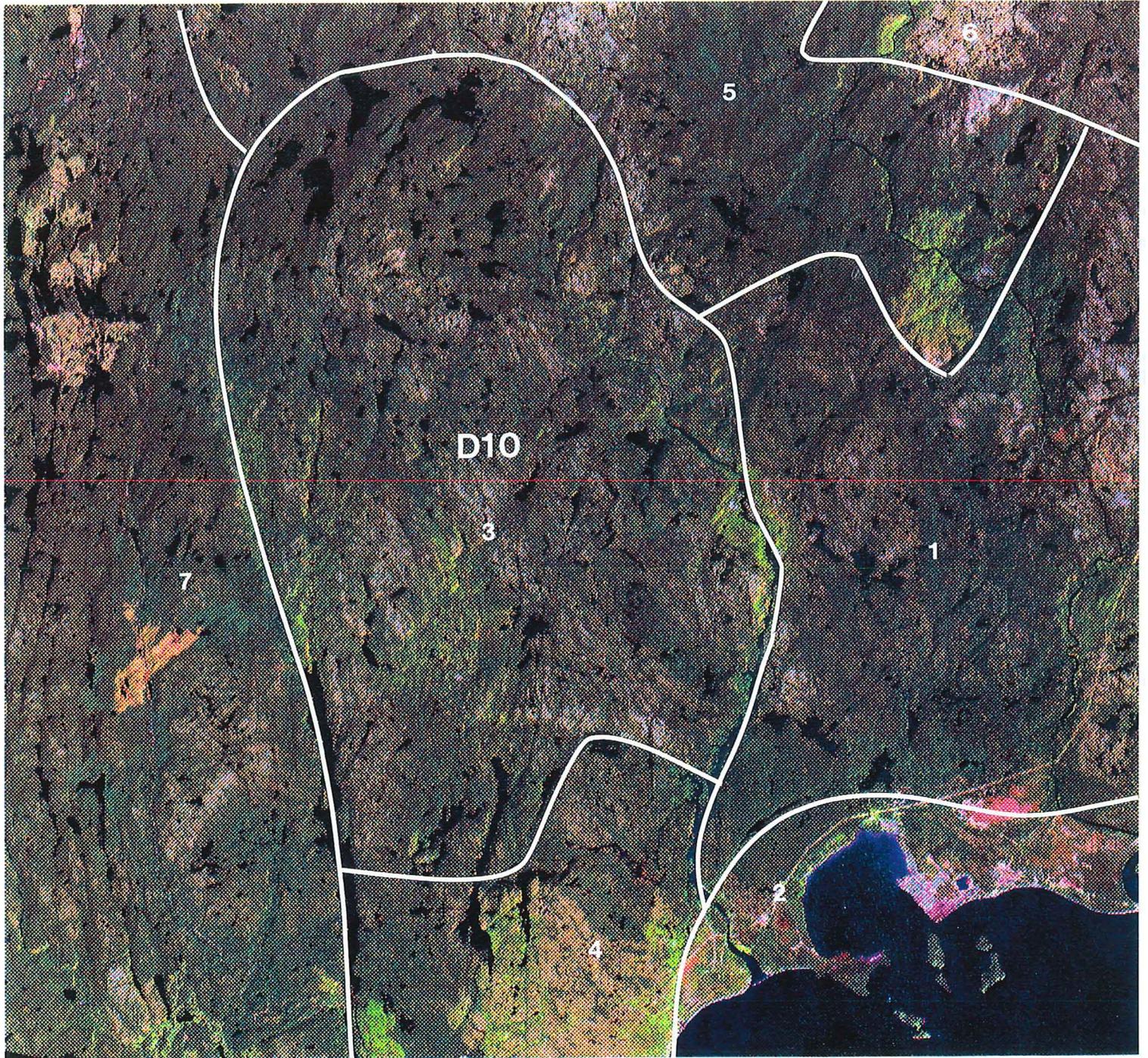


FIGURE 7 Découpage de la région naturelle D10 «Plateau de la Sainte-Marguerite» en ensembles orographiques à l'aide d'une image LANDSAT-TM

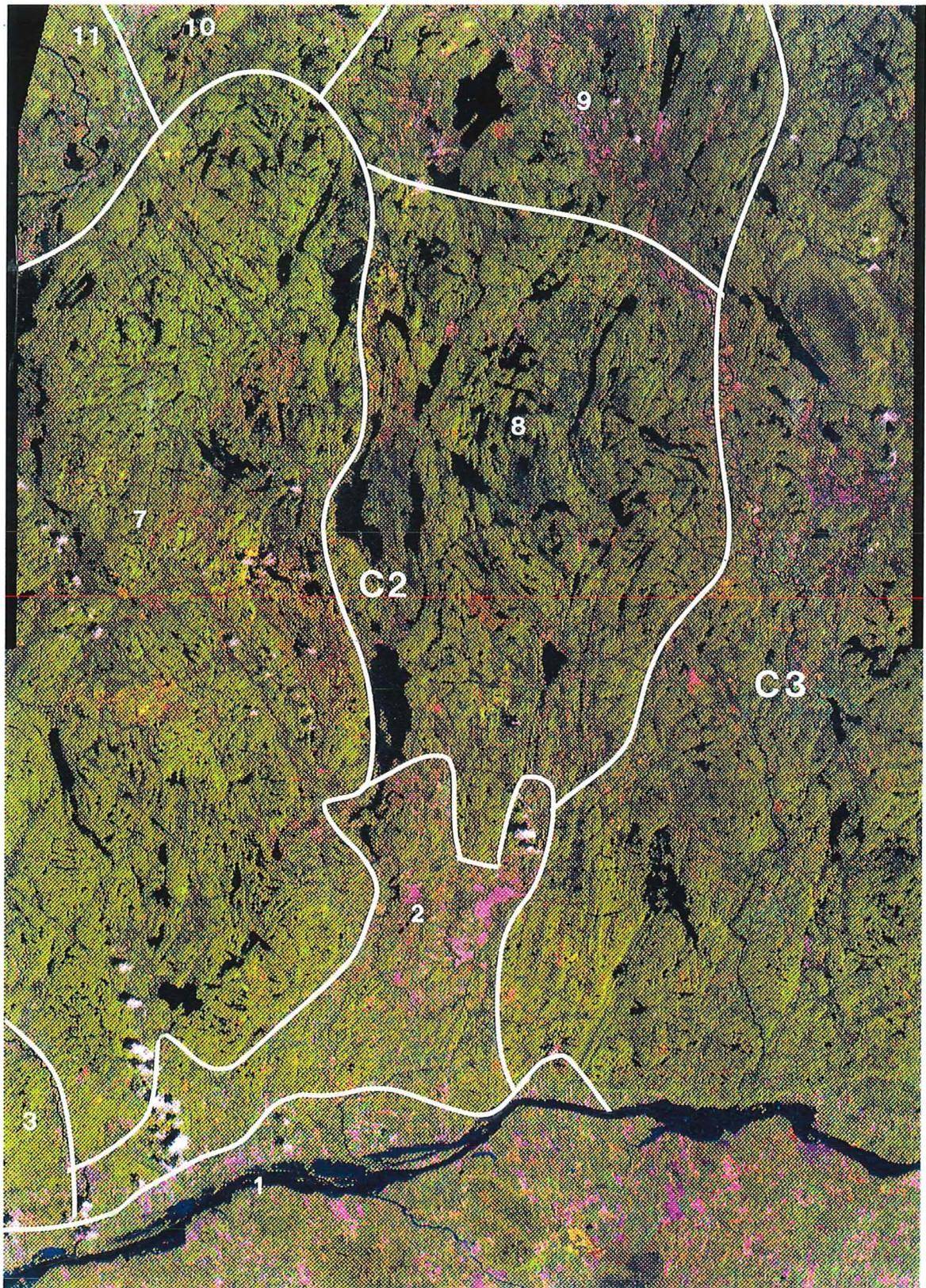


FIGURE 8 Découpage de la région naturelle C2 «Dépression de Mont-Laurier» en ensembles orographiques à l'aide d'une mosaïque LANDSAT-TM

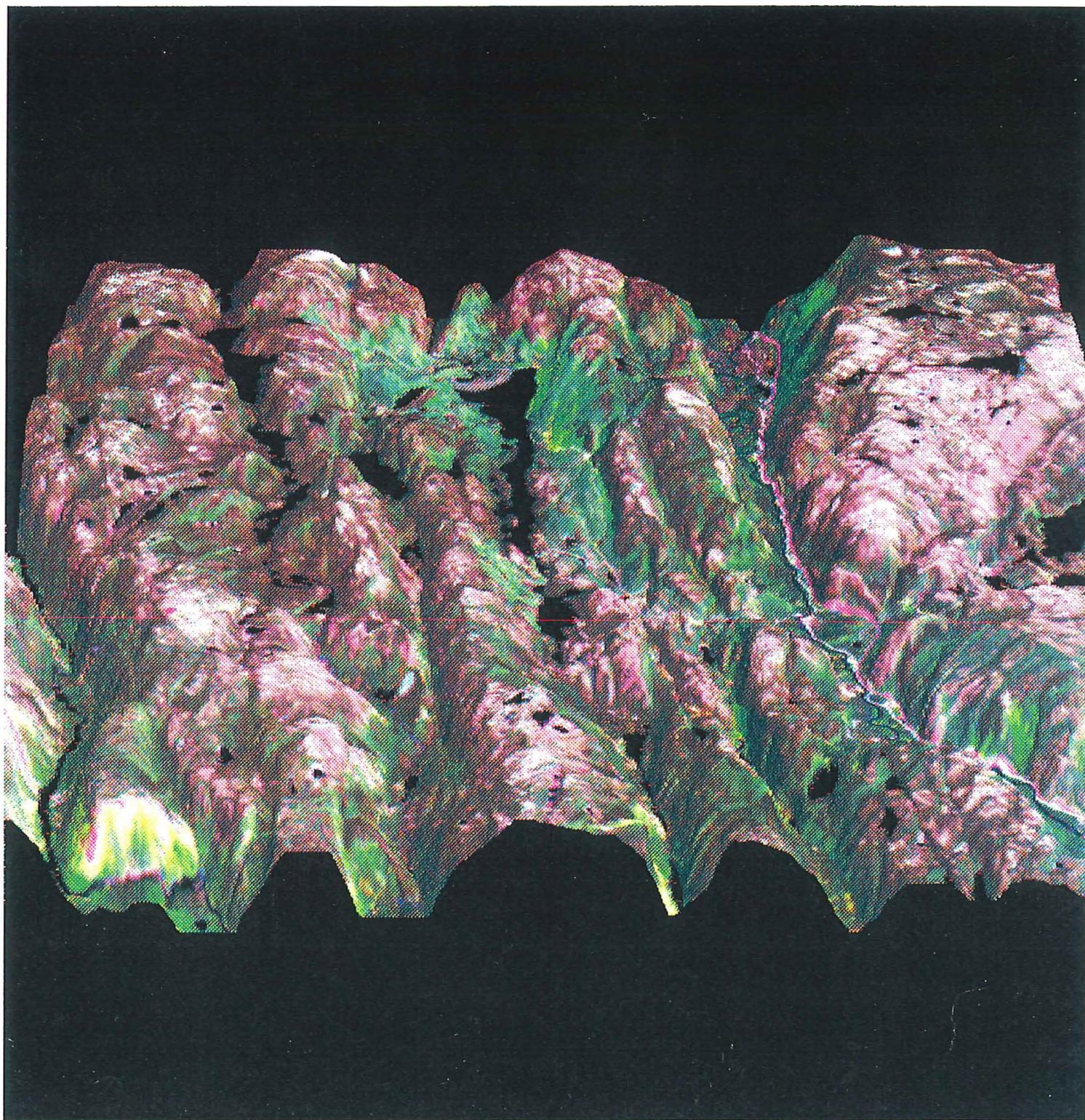


FIGURE 9 Vue en perspective de l'ensemble orographique D10-7 «Hautes collines parallèles de la Rivière aux Rochers» à partir d'une image LANDSAT-TM

TABLEAU 4 Description de l'ensemble orographique D10-7 «Hautes collines parallèles de la Rivière aux Rochers» à l'aide d'une image LANDSAT-TM

Nom de l'ensemble orographique	Les hautes collines parallèles de la Rivière aux Rochers
Géologie <ul style="list-style-type: none"> - Tectonique - Géologie 	<p>Zone tectonique cassante subparallèle orientée nord-sud</p> <p><i>Roches métamorphiques principalement composées de migmatites; migmatites à trame de complexe gneissique et de paragneiss*</i></p>
Physiographie Relief <ul style="list-style-type: none"> - Forme - Patron Altimétrie <ul style="list-style-type: none"> - Niveau de base - Niveau des sommets - Dénivellation - Pentes - Profils Hydrographie <ul style="list-style-type: none"> - Cours d'eau - Plan d'eau 	<p>Hautes collines et vallées encaissées</p> <p>Séquence de collines allongées subparallèles orientées nord-sud séparées par des vallées encaissées</p> <p>-</p> <p>550 m à 750 m</p> <p>300 m à 350 m</p> <p>30 % à 60 %*</p> <p>n/d</p> <p>Les rivières suivent le réseau de fractures de l'ensemble orographique, ce qui forme un réseau parallèle ou en treillis</p> <p>Il y a de nombreux lacs (moyens et grands) au fond des vallées et quelques petits lacs à la tête des petits cours d'eau</p>
Végétation	<p>Cet ensemble orographique est principalement dominé par les résineux et les plus hauts sommets sont dénudés</p>
Occupation du sol	<p>Ce territoire est principalement utilisé à des fins de production ligneuse (coupes forestières au nord)</p>

* Information provenant d'autres sources que LANDSAT-TM

Lors de l'analyse de l'image TM en plan et en perspective, il a été possible de se repérer efficacement sur une carte topographique au 1 : 250 000 à l'aide des routes et des lacs qui sont visibles sur l'image par satellite. Cet avantage permet de faire le lien entre d'autres types de documents aussi utilisés pour la description et le découpage des ensembles orographiques.

En somme, les produits LANDSAT-TM en plan et en perspective se prêtent très bien au découpage et à la description des ensembles orographiques. De plus, Il serait possible d'exploiter plus à fond l'analyse du modèle numérique d'élévation pour tirer des informations altimétriques comme : les classes de pentes, les niveaux des sommets, les niveaux de référence de base, etc.

3.2.2 Couples stéréoscopiques SPOT

Les couples stéréoscopiques SPOT permettent de visualiser le relief en 3D sans recours à une plate-forme informatique, simplement par l'utilisation d'un stéréoscope. Cette caractéristique est d'autant plus importante que le relief est le facteur déterminant pour le découpage des ensembles morpho-structuraux. L'échelle de SPOT correspond aux ensembles morpho-structuraux et à la limite inférieure des ensembles orographiques. Les scènes stéréoscopiques SPOT couvrent plusieurs ensembles morpho-structuraux mais, dans la plupart des cas, elles couvrent seulement certaines parties des ensembles orographiques. En effet, elles mettent en évidence les patrons qui donnent des indices sur la présence de joints tectoniques. Les scènes peuvent servir directement de support au découpage.

Les couples stéréoscopiques SPOT ont donc servi à faire le découpage et la description des ensembles morpho-structuraux de façon précise et rapide (figures 10 et 11). De plus, ils ont été utilisés pour raffiner le découpage et faire la description de certaines parties des ensembles orographiques même s'ils ne couvrent que partiellement ces derniers. Les unités situées aux extrémités des scènes SPOT sont difficilement caractérisables parce qu'on ne peut distinguer l'ampleur des phénomènes et par conséquent, on ne peut déterminer le niveau cartographique auxquels ils appartiennent. Lorsque l'on dispose de plusieurs paires stéréoscopiques comme dans le cas du secteur Beauce-Appalaches, il est possible de mieux distinguer les ensembles

orographiques des ensembles morpho-structuraux. Cependant, si les ensembles orographiques sont déjà circonscrits par une autre méthode, il est possible de décrire leur organisation interne de façon très précise et rapide. Un exemple de descriptions d'un ensemble morpho-structural à partir d'une scène SPOT est donné au tableau 5.

En conclusion, les images SPOT stéréoscopiques permettent d'identifier, d'une part, les différentes composantes du relief et, d'autre part, de décrire leur organisation pour les ensembles orographiques et les ensembles morpho-structuraux. Cependant, la couverture de SPOT est plus adéquate pour le découpage et la description des ensembles morpho-structuraux.

3.2.3 RADAR ERS-1

RADAR ERS-1 n'étant pas stéréoscopique et les bandes spectrales étant restreintes, l'information que l'on peut en tirer est assez minime. Bien que la superficie couverte par cette image soit sensiblement plus grande que celle des scènes SPOT, les scènes ERS-1 ne permettent pas de visionner la majorité des ensembles orographiques d'une région naturelle. Les éléments du relief orientés perpendiculairement au capteur sont rehaussés par rapport à d'autres qui sont orientés parallèlement et ne sont pas perceptibles et par conséquent, le découpage risque d'être biaisé et incomplet. Il est possible de bien faire ressortir certaines lignes de force utilisées pour le découpage des ensembles orographiques et des ensembles morpho-structuraux car ils sont soulignés par le réseau de fractures et le réseau hydrographique.

Il a été possible, à partir de l'image ERS-1 (figure 12), de délimiter seulement une partie des contours des ensembles orographiques et morpho-structuraux tirés du couple stéréoscopique SPOT. Cependant, il est inadéquat pour décrire l'organisation des éléments du relief dans ses différentes unités. Il est exclu, sans l'apport d'un modèle numérique d'élévation, d'obtenir l'information altimétrique. De plus, la caractérisation des régions naturelles ou des ensembles orographiques au niveau des dépôts meubles, de l'occupation du sol et de la végétation est pratiquement impossible à faire.

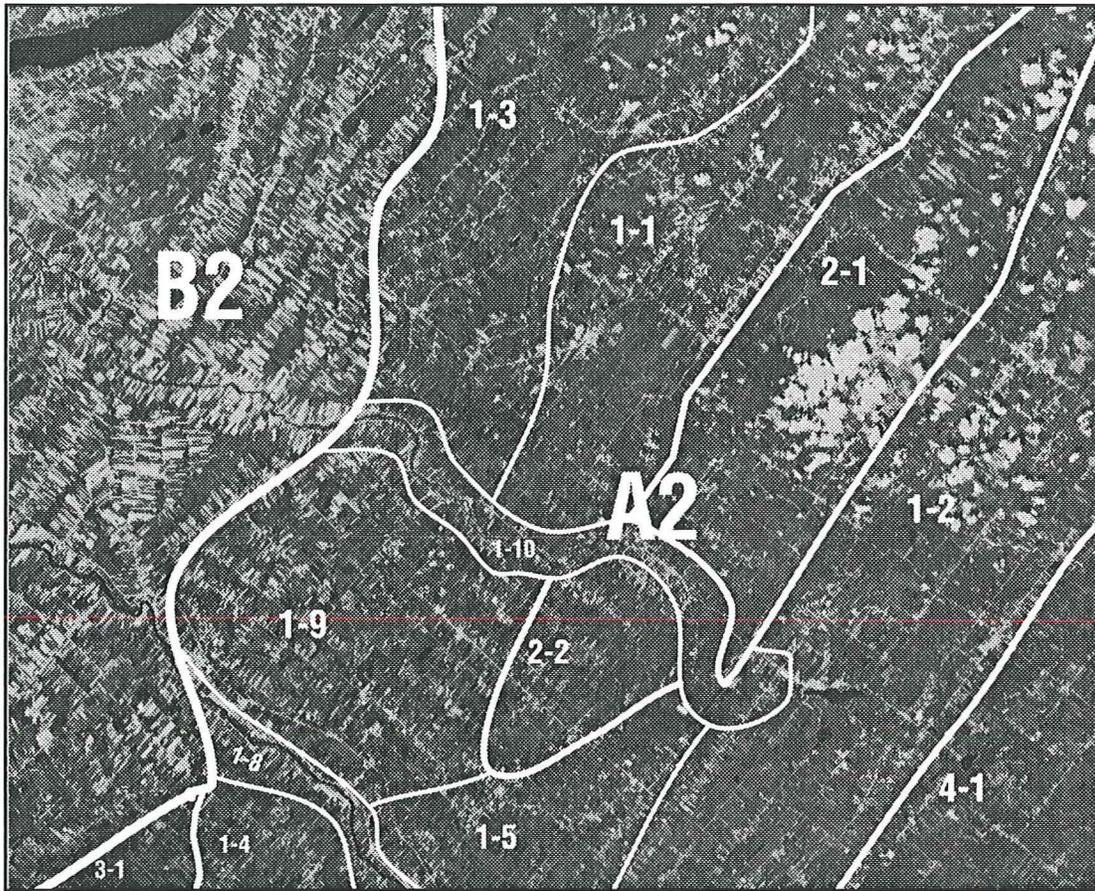


FIGURE 10 Découpage de la région naturelle A2 «Complexe appalachien de la Beauce» en ensembles morfo-structuraux à l'aide de couples stéréoscopiques SPOT



FIGURE 11 Découpage de la région naturelle D10 «Plateau de la Sainte-Marguerite» en ensembles morpho-structuraux à l'aide d'un couple stéréoscopique SPOT

TABLEAU 5 Description de l'ensemble morpho-structural D10-1-1 «Plateau du Grand Lac des Rapides» à partir d'un couple stéréoscopique SPOT

Nom de l'ensemble morpho-structural	Le Plateau du Grand Lac des Rapides
<p>Géologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tectonique - Géologie 	<p>-</p> <p><i>Roches métamorphiques principalement composées de migmatites; migmatites à trame de complexe gneissique et de paragneiss*</i></p>
<p>Physiographie</p> <p>Relief</p> <ul style="list-style-type: none"> - Forme - Patron <p>Altimétrie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Niveau de base - Niveau des sommets - Dénivellation - Pentes - Profils <p>Hydrographie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cours d'eau - Plan d'eau 	<p>Plateau fracturé</p> <p>La surface érodée du plateau du grand Lac des Rapides est inclinée du nord au sud et caractérisée par un réseau de fractures orthogonales. Le pourtour de cet ensemble est caractérisé par des escarpements profonds</p> <p>Faibles à moyennes</p> <p>Le réseau hydrographique suit le réseau de fractures, ce qui forme un réseau rectangulaire</p> <p>Quelques lacs allongés (moyens et grands) sont situés surtout dans la partie est de l'unité, les lacs de plus petite superficie sont répartis dans l'ensemble de l'unité</p>
<p>Végétation</p>	<p>n/d</p>
<p>Occupation du sol</p>	<p>Production forestière</p>

* Information provenant d'autres sources que les scènes stéréoscopiques

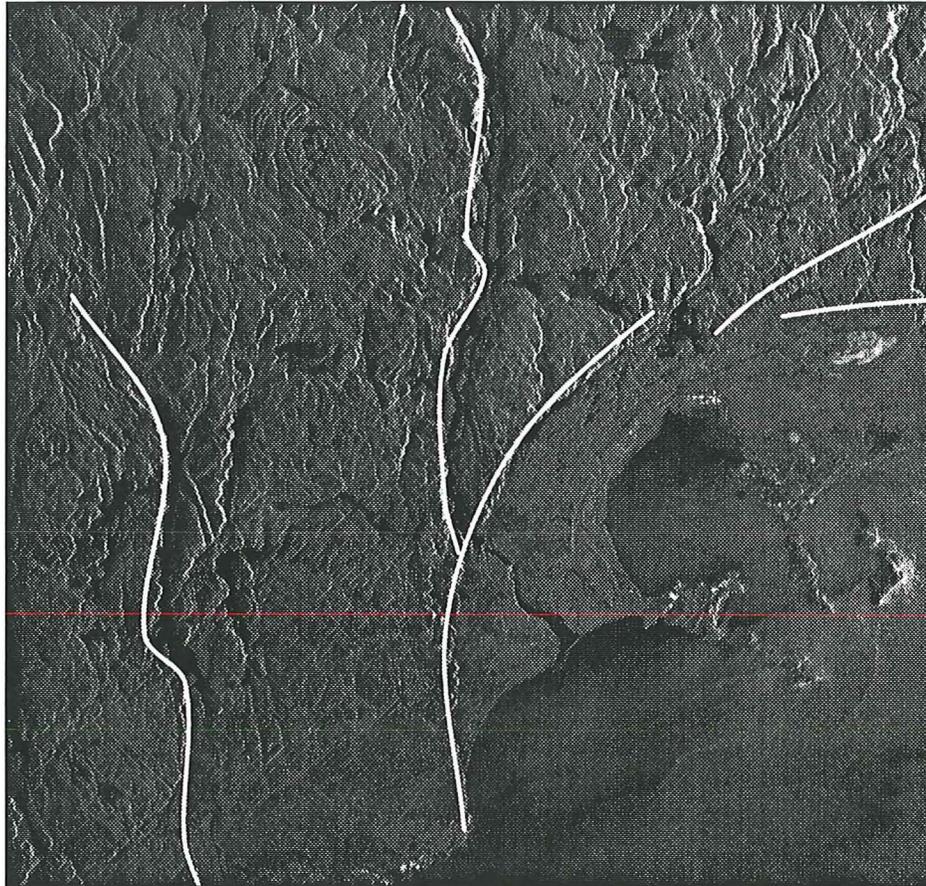


FIGURE 12 Découpage partiel de la région naturelle «le plateau de la Sainte-Marguerite» en ensembles morfo-structuraux à l'aide d'une section d'une image RADAR ERS-1

Cette technologie est complémentaire mais non essentielle pour la caractérisation des régions naturelles, pour la délimitation des ensembles orographiques et des ensembles morpho-structuraux. L'annonce de la possibilité de voir en stéréoscopie avec ces images semble être prometteuse et permettra éventuellement de résoudre certains problèmes.

3.2.4 Les moyens traditionnels

Comme pour le cas de régions naturelles, le découpage, mais surtout la description, doivent être faits à partir d'une panoplie de documents complémentaires. Les documents géologiques fournissent les informations lithologiques. La carte topographique au 1:250 000 a servi pour préciser les limites des ensembles orographiques et celles des ensembles morpho-structuraux pendant le découpage à l'aide de changements brutaux du relief et pour décrire certains paramètres altimétriques.

L'utilisation combinée des documents traditionnels et des produits issus de la télédétection permet d'augmenter l'efficacité de la cartographie de ces deux niveaux cartographiques. Les tableaux 6 et 7 comparent l'apport des différents produits de télédétection et des outils traditionnels pour chacun des deux niveaux.

TABLEAU 6 Comparaison entre les différents produits analysés et les documents traditionnels pour dresser la cartographie des ensembles orographiques

	LANDSAT-TM et MNE	SPOT	RADAR ERS-1	Moyens traditionnels
<u>Découpage et mise en évidence des structures</u>				
Vision globale des ensembles orographiques	Oui (vue globale)	Non (vue partielle)	Non (vue partielle)	Variable selon le type de document
Découpage	Très utile	Utile	Utile	Très utile (cartes géologiques, cartes topographique, etc....)
Mise en évidence la structure tectonique	Très facile	Très facile	Facile (dépend de l'orientation des éléments)	Facile (cartes géologiques, cartes topographiques)
<u>Description détaillée</u>				
Capacité de décrire le relief	Possible (vue en perspective)	Possible	Impossible	Possible (cartes topographiques)
Évaluation de l'altimétrie (niv. des sommets, niv. de réf. de base, dénivellation, pentes et profils)	Possible (lecture ponctuelle à l'écran)	Possible (évaluation partielle)	Impossible	Possible (cartes topographiques)
Perception de l'occupation du territoire	Très bonne	Possible (évaluation partielle)	Impossible	Possible (cartes topographiques)
Perception de la végétation	Difficile (trop générale)	Difficile	Impossible	Possible (cartes de synthèse forestières, études phyto-écologiques)
Perception du réseau hydrographique et des plans d'eau	Possible	Possible	Difficile	Possible (cartes topographiques)

TABEAU 7 Comparaison entre les différents produits analysés et les documents traditionnels pour dresser la cartographie des ensembles morpho-structuraux

	LANDSAT-TM et MNE	SPOT	RADAR ERS-1	Moyens traditionnels
<u>Découpage et mise en évidence des structures</u>				
Vision globale des ensembles morpho-structuraux	Non (vue trop générale)	Oui (vue globale)	Oui (vue globale)	Variable selon le type de document
Découpage	Inutile	Utile	Utile	Très utile (cartes géologiques, cartes topographique, etc....)
Mise en évidence la structure tectonique	Très facile	Très facile	Facile (dépend de l'orientation des éléments)	Facile (cartes géologiques, cartes topographiques)
<u>Description détaillée</u>				
Capacité de décrire le relief	Difficile (trop générale)	Possible	Impossible	Possible (cartes topographiques)
Évaluation de l'altimétrie (niv. des sommets, niv. de réf. de base, dénivellation, pentes et profils)	Possible, mais trop générale (lecture ponctuelle à l'écran)	Possible (évaluation des classes de pentes)	Impossible	Possible (cartes topographiques)
Perception de l'occupation du territoire	Possible	Difficile	Impossible	Possible (cartes topographiques)
Perception de la végétation	Difficile (trop générale)	Difficile	Impossible	Possible (cartes de synthèse forestières, études phyto-écologiques, photos aériennes)
Perception du réseau hydrographique et des plans d'eau	Possible	Possible	Difficile	Possible (cartes topographiques)

4. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Les produits issus de la télédétection sont porteurs de plusieurs types d'information que les outils traditionnels ne peuvent fournir de façon efficace à petite échelle, par exemple : la tectonique, le patron du relief, l'hydrographie, le couvert végétal et l'occupation du sol. En général, ils offrent une vue systémique et ils peuvent servir de support au découpage et à la caractérisation générale ou à la description à différents niveaux de la cartographie écologique.

Les produits de télédétection ne sont pas tous utiles au même degré pour chacun des niveaux cartographiques. Selon la superficie couverte, l'échelle et la résolution, certains produits sont plus appropriés pour les niveaux supérieurs, tandis que d'autres sont plus appropriés pour les niveaux inférieurs. Ainsi la mosaïque à l'échelle du Québec provenant de LANDSAT-MSS a été utilisée pour le découpage et la caractérisation générale des régions naturelles. LANDSAT-TM en plan et en perspective est tout désigné pour les ensembles orographiques tandis que SPOT stéréoscopique est plus propice pour la cartographie des ensembles morpho-structuraux.

Les produits de télédétection ont servi aux deux volets de la cartographie écologique, c'est-à-dire le découpage et la description. Pour ce qui est du découpage, la mosaïque LANDSAT-MSS et les scènes LANDSAT-TM ont eu un apport majeur pour la cartographie des régions naturelles. LANDSAT-TM utilisé conjointement avec les cartes topographiques et dans une moindre proportion, SPOT, ont contribué au découpage des ensembles orographiques dans les trois secteurs pilotes. Les scènes SPOT stéréoscopiques se sont avérées idéales pour découper les ensembles morpho-structuraux. L'image RADAR ERS-1 donne une information incomplète pour le découpage des ensembles orographiques et des ensembles morpho-structuraux, car le RADAR ne rehausse que les éléments structuraux qui sont perpendiculaires à la direction de visée du capteur.

La caractérisation générale et la description des principaux niveaux cartographiques s'est faite à partir des produits utilisés pour le découpage. Dans le cas des régions naturelles, la mosaïque NOAA et l'image des classes d'élévation peuvent apporter quelques informations générales sur la végétation et sur les paramètres altimétriques. Les produits de la télédétection offrant un

niveau plus détaillé comme LANDSAT-TM en plan et en perspective et SPOT permettent de décrire l'état actuel de l'occupation de territoire de même que l'organisation du relief et quelques paramètres altimétriques. Pour ce qui est de RADAR ERS-1, son utilité pour la description du relief est plutôt faible puisque ces images ne possèdent pas de véritable stéréoscopie et n'ont pas une grande dynamique spectrale. Le tableau 8 dresse un bilan de la contribution des différents produits de télédétection utilisés pour les deux volets de la cartographie écologique.

Les produits de télédétection et les outils traditionnels sont plus que des documents complémentaires (tableau 9), car leurs utilisations combinées forment une synergie qui améliore nettement la cartographie écologique à petite et très petite échelle.

TABEAU 8

Rôle des différents produits dans les 2 volets de la cartographie écologique

NIVEAU DE PERCEPTION CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE	MSSQ	NOAA	CLAE EN PERSPECTIVE	TM	TM EN PERSPECTIVE	SPOT STÉRÉO	RADAR ERS-1
Région naturelle	<ul style="list-style-type: none"> ▸ découpage support au découpage ▸ caractérisation <p><i>contribution majeure</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▸ caractérisation 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ caractérisation <p><i>contribution importante</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▸ découpage ▸ caractérisation ▸ description <p><i>contribution importante</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▸ description à l'aide du niveau inférieur 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ description à l'aide du niveau inférieur 	
Ensemble orographique				<ul style="list-style-type: none"> ▸ découpage support au découpage ▸ caractérisation ▸ description <p><i>contribution majeure</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▸ caractérisation ▸ description 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ découpage support au découpage ▸ caractérisation ▸ description <p><i>contribution majeure</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▸ découpage
Ensemble morpho-structural						<ul style="list-style-type: none"> ▸ découpage support au découpage ▸ caractérisation ▸ description <p><i>contribution majeure</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▸ découpage

MSSQ : Mosaique LANDSAT-MSS du Québec
 CLAE : Image des classes d'élévation du Québec

TABLEAU 9 Comparaison entre les produits issus de la télédétection et les outils traditionnels pour la cartographie écologique

Caractéristiques	Niveau de perception privilégié	Découpage et caractérisation générale	Description						
			Tectonique	Relief			Hydrographie	Géomorphologie	Végétation
Produits				Forme	Patron	Altimétrie			
Produits de télédétection et des capacités de la géomatique									
MSSQ	RN	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Nulle	Moyenne	Moyenne	Nulle
NOAA	RN	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	Moyenne
CLAE en plan	RN	Moyenne	SO	SO	SO	Bonne	SO	SO	SO
CLAE en perspective	RN	SO	SO	Faible	Nulle	Bonne	SO	SO	SO
LANDSAT-TM	EO, RN	Excellente	Excellente	Bonne	Bonne	Nulle	Excellente	Faible	Moyenne
TM en perspective	EO	Bonne	Excellente	Excellente	Excellente	Excellente	Excellente	Faible	Moyenne
SPOT stéréo	EM, EO	Excellente	Excellente	Excellente	Excellente	Excellente	Excellente	Bonne	Faible
RADAR ERS-1	EM, EO	Moyenne	Bonne	Faible	Faible	SO	Bonne	SO	SO
Outils traditionnels									
Cartes géologiques	RN, EO	Bonne	Excellente	SO	SO	SO	SO	SO	SO
Cartes topo. (1 : 250 000)	RN, EO, EM	Bonne	Faible	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	SO	SO
Cartes forestières synthèse	RN, EO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	Bonne
Étude phyto- écologique	RN, EO, EM	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	Bonne

RN : Région naturelle

EO : Ensemble orographique

EM : Ensemble morpho-structural

SO : Sans objet

5. DÉROULEMENT DU PROJET

Les travaux se sont échelonnés sur une période de un an, soit de mars 1993 à mars 1994. Les ressources humaines n'ont toutefois pas été assignées à temps plein sur ce projet durant toute l'année. Les étapes majeures ont été les suivantes :

- mars 1993 :
 - élaboration du projet.

- juillet 1993 :
 - signature de l'entente;
 - création des produits en plan et en perspective de la mosaïque NOAA du Québec.

- août 1993 :
 - création des produits en plan et en perspective de l'image des classes d'élévation couvrant le Québec;
 - élaboration des statistiques à partir du modèle numérique d'élévation du Québec et de l'image des classes d'élévation du Québec.

- août-sept. 1993 :
 - sessions d'interprétation des produits en plan et en perspective de la mosaïque NOAA du Québec et de l'image des classes d'élévation du Québec.

- novembre 1993 :
 - fin de l'interprétation des couples stéréoscopiques pour les trois secteurs cibles.

- janvier 1994 :
 - fin de la réalisation des produits en plan et en perspective des images LANDSAT pour les trois secteurs cibles.

- février 1994 :
 - sessions d'interprétation des produits en perspective des images LANDSAT.

- mars 1994 : - fin des travaux, écriture du rapport.

- décembre 1994 : - diffusion du rapport final.

6. RESSOURCES UTILISÉES / COÛTS

TEMPS CONSACRÉ PAR LE PERSONNEL:

Le temps alloué au projet a été réparti selon le type d'activité réalisée par les professionnels qui ont collaborés au projet. Les tableaux 10 et 11 indiquent le temps consacré respectivement par le personnel du STARS (MRN) et de la DCPE (MEF).

TABLEAU 10
TEMPS ALLOUÉ PAR LE PERSONNEL DU STARS

	Cueillette d'information	Planification	Développement	Traitement	Analyse	Rédaction	TOTAL
France Boucher	20 hrs	140 hrs	195 hrs	385 hrs	50 hrs	210 hrs	1000 hrs
Mario Hinse		160 hrs		35 hrs			195 hrs
André Grenon			20 hrs				20 hrs
Chantal Seuthé					10 hrs	40 hrs	50 hrs
TOTAL	20 hrs	300 hrs	215 hrs	420 hrs	60 hrs	250 hrs	1265 hrs (181 jrs/pers)

TABLEAU 11
TEMPS ALLOUÉ PAR LE PERSONNEL DE LA DCPE DU MEF

	Travaux sur le terrain	Analyse	Rédaction	TOTAL
Jean Bissonnette	210 hrs	595 hrs	140 hrs	945 hrs
Tingxian Li	210 hrs	140 hrs	35 hrs	385 hrs
TOTAL	420 hrs	735 hrs	175 hrs	1 330 hrs (190 jrs/pers.)

COÛTS DES DONNÉES DU PROJET

► Données topographiques :

- Quatre feuillets numériques 1:250 000 du Fédéral : 2 052 \$ (513 \$ par feuillet)
- Six cartes papier 1:50 000 : 57,50 \$ (9,60 \$ par carte)
- Modèle numérique d'élévation du Québec : aucun coût

► Images satellitaires :

Toutes les images LANDSAT, SPOT et RADAR utilisées dans le projet étaient déjà dans la collection gouvernementale. La mosaïque NOAA du Québec n'a occasionné aucun coût puisqu'elle a été réalisée dans le cadre d'un projet antérieur.

COÛTS À ENVISAGER DANS UN CADRE OPÉRATIONNEL

Les coûts ci-après sont indicatifs des coûts de base des données et des temps requis pour réaliser les produits conçus dans ce projet.

► Coûts des images (au 1^{er} avril 1994) :

- Scène LANDSAT-TM corrigée en diapositive : 2 500 \$
- Scène LANDSAT-TM corrigée de format numérique (3 bandes spectrales) : 3 650 \$
- Couple stéréoscopique SPOT non corrigé en diapositive : 3 400\$
- Couple stéréoscopique SPOT corrigé en diapositive : 5 600\$

Un quadrant LANDSAT-TM est moins cher qu'une scène complète mais il n'est cependant pas quatre fois moins cher.

Pour ce qui est des images SPOT, l'achat d'une section plus petite que la scène complète est moins cher mais inapproprié.

Ces coûts, incluant les corrections, sont ceux de la compagnie RADARSAT international. Les images peuvent aussi être achetées brutes et être corrigées par des entreprises québécoises pour environ le même coût.

- ▶ Coût d'un MNE 1:250 000 :
 - coût d'un feuillet numérique 1:250 000 : 513 \$
 - temps de traitement du feuillet pour en arriver au modèle : 1 journée

- ▶ Coût d'une combinaison LANDSAT et MNE :
 - 1/2 journée de travail

- ▶ Coûts d'analyse :
 - Mosaïque NOAA du Québec en plan et en perspective : 2 semaines/personne
 - Image des classes d'élévation en plan et en perspective : 2 semaine/personne
 - Temps d'interprétation d'un couple stéréoscopique SPOT : 2 semaines/personne
 - Temps d'interprétation d'une image RADAR : 1 semaine/personne
 - Temps d'interprétation d'une image LANDSAT en plan : 2 semaines/personne
 - Temps d'interprétation d'une image LANDSAT en perspective : 4 semaines/personne. Pour une image LANDSAT en perspective, le temps d'interprétation sur la machine est de 1 journée pour une dimension d'un feuillet 1:250 000

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVE

Les produits réalisés et utilisés dans le cadre de ce projet, issus de la télédétection et des capacités de la géomatique, ont non seulement démontré leur utilité à l'un ou l'autre volet ou niveau de la cartographie écologique, mais ils ont donné, dans certains cas, des résultats concrets, qui seront utilisés par le MEF.

C'est le cas, à l'échelle du Québec, de la mosaïque LANDSAT-MSS qui a servi à réaliser la carte du découpage des régions naturelles. Là où les documents étaient disponibles, les images LANDSAT-TM, qui ont une meilleure résolution, ont permis de préciser les limites. D'autre part, la mosaïque NOAA, en plan et en perspective, montrant le couvert végétal, n'a pu servir à ce découpage, ni à son amélioration, parce que la végétation n'est pas un facteur permanent du milieu. Elle a cependant été utile pour la caractérisation générale des régions naturelles, en terme d'actualisation du couvert végétal. En ce qui concerne l'image des classes d'élévation du Québec, l'information sur les niveaux altimétriques qu'elle véhicule facilite la caractérisation générale des régions naturelles en terme de relief.

Les images SPOT en stéréoscopie constituent également un produit très apprécié car il permet de visualiser le relief en 3 dimensions sans avoir recours à une plate-forme informatique. Ces images sont tout à fait adaptées au découpage et à la description des ensembles morpho-structuraux. L'utilisation de couples stéréoscopiques SPOT a non seulement amené une information pertinente pour la cartographie écologique à petite échelle (1:500 000 à 1:250 000), mais elle apporte un gain appréciable en ce qui concerne les temps d'interprétation. Le MEF continuera donc à utiliser ce produit sur une base courante dans ses opérations et plus particulièrement pour compléter la cartographie à petite échelle amorcée avec le projet.

Les images LANDSAT-TM combinées à un MNE ont permis d'apprécier le relief et de contribuer au découpage et à la description des ensembles orographiques. Cependant, elles ne constituent pas un outil de remplacement de SPOT, car elles ne permettent pas de se rendre au niveau de perception des ensembles morpho-structuraux. Néanmoins, le MEF entrevoit la

possibilité d'exploiter plus à fond les MNE pour tirer des informations altimétriques, comme l'altitude, la pente, la dénivellation relative, etc.

Quant aux images RADAR, qui étaient pressenties comme des images pouvant donner une impression du relief, dû à l'angle d'incidence, elles n'ont finalement pas été très probantes dans le cadre de ce projet. Mais spécifions qu'il s'agissait, dans ce cas-ci, d'images du capteur ERS-1 qui ont des problèmes particuliers de qualité radiométrique.

Les travaux de découpage des régions naturelles à l'échelle du Québec sont maintenant complétés et le MEF compte poursuivre leur caractérisation en utilisant principalement les images TM et SPOT en stéréoscopie. Cette opération devrait être largement alimentée grâce à la collection gouvernementale qui contient une couverture TM pour 80 % du territoire québécois. Les couples SPOT stéréo, pour leur part, sont coûteux, mais le rythme des travaux fera en sorte que les acquisitions devraient s'étaler sur une dizaine d'années. Par ailleurs, le MEF a actuellement en main des images RADAR du satellite SEASAT, qui sont de bonne qualité, et il croit pouvoir en tirer de l'information. Ce satellite n'est plus en fonction depuis 1978, mais il faut espérer que le satellite canadien RADARSAT qui sera lancé en 1995, donnera une qualité d'image comparable à ce dernier, voire supérieure.

RÉFÉRENCES

Coulombe, A. et A. Grenon, 1992. Réalisation du poster «Image du Québec par satellite». Bilan des travaux Centre de télédétection du Québec, Gouvernement du Québec, G9205RO1, 28 mai 1992, 21 p.

Beauchesne, P., J.P. Ducruc and V. Gérardin, 1995. Ecological mapping : a Framework for delimiting management unit for forest management. Environment Monitoring and Assessment journal (In press).

Li, T., J.P. Ducruc, V. Gerardin et J. Bissonnette, 1994. Les provinces naturelles et les régions naturelles : méthode et réalisation. In : compte rendu de la troisième conférence de la Société canadienne de l'écologie et de l'aménagement du paysage, Université Laval, Sainte-Foy, 1^{er} et 3 juin 1994 (en rédaction).

Jurdant, M., J.L. Bélair, V. Gérardin, J.-P. Ducruc, 1977. L'inventaire du capital-nature - Méthode de classification et de cartographie écologique du territoire. Série de la classification écologique du territoire, Pêche et Environnement Canada, Québec, 202 p.

Thie, J., 1976. An evaluation of remote sensing techniques for ecological (biophysical) land classification in northern Canada. In compte rendus de la 1^{ère} réunion du CCCET, Environnement Canada, série de la classification écologique du territoire N° 1 Petawawa (Ontario), Éd. par J. Thie & Gironside, pp. 129-151.

Ducruc, J.P., 1991. La cartographie écologique : son contenu et ses utilisations. Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement du Québec, Direction de la conservation et du patrimoine écologique, N° 41, 18 p.

ANNEXE A

Images SPOT et LANDSAT utilisées dans le projet

CARACTÉRISTIQUES DES IMAGES LANDSAT UTILISÉES

RÉGION	ORBITE	CAPTEUR	DATE	BANDES	RÉFÉRENCE SPATIALE
Beauce-Appalaches	13-28	TM	89/08/27	3,4,5	Feuillet 21L
Sept-Îles	11-25	TM	91/06/16	3,4,5	Scène entière*
Papineau-Labelle	15-28	TM	87/06/17	3,4,5	Feuillet 31J06
	15-28	TM	87/06/17	3,4,5	Feuillet 31G14

* Map Oriented

CARACTÉRISTIQUES DES IMAGES SPOT UTILISÉES

RÉGION	ORBITE	MODE	DATE	ANGLE DE PRISE DE VUE	CENTRE D'IMAGE (LAT-LONG)
Beauce-Appalaches	K630-J256	Panchro	90/06/08	- 31°	N 46°.56 W 70°.72
	K630-J256	Panchro	91/06/18	+ 22°	N 46°.56 W 70°.60
	K630-J257	Panchro	90/06/08	- 31°	N 46°.08 W 70°.86
	K630-J257	Panchro	91/06/18	+ 22°	N 46°.08 W 70°.83
	K630-J258	Panchro	90/06/08	- 31°	N 45°.60 W 70°.49
	K630-J258	Panchro	91/06/18	+ 22°	N 45°.60 W 71°.06
Sept-Îles	K635-J248	Panchro	89/07/31	- 17°	N 50°.37 W 56°.70
	K635-J248	Panchro	89/09/19	+ 31°	N 50°.37 W 66°.74
Papineau-Labelle	K621-J257	Multispectral	89/08/25	- 28°	N 45°.85 W 75°.22
	K621-J257	Multispectral	89/09/18	+ 25°	N 45°.85 W 75°.24

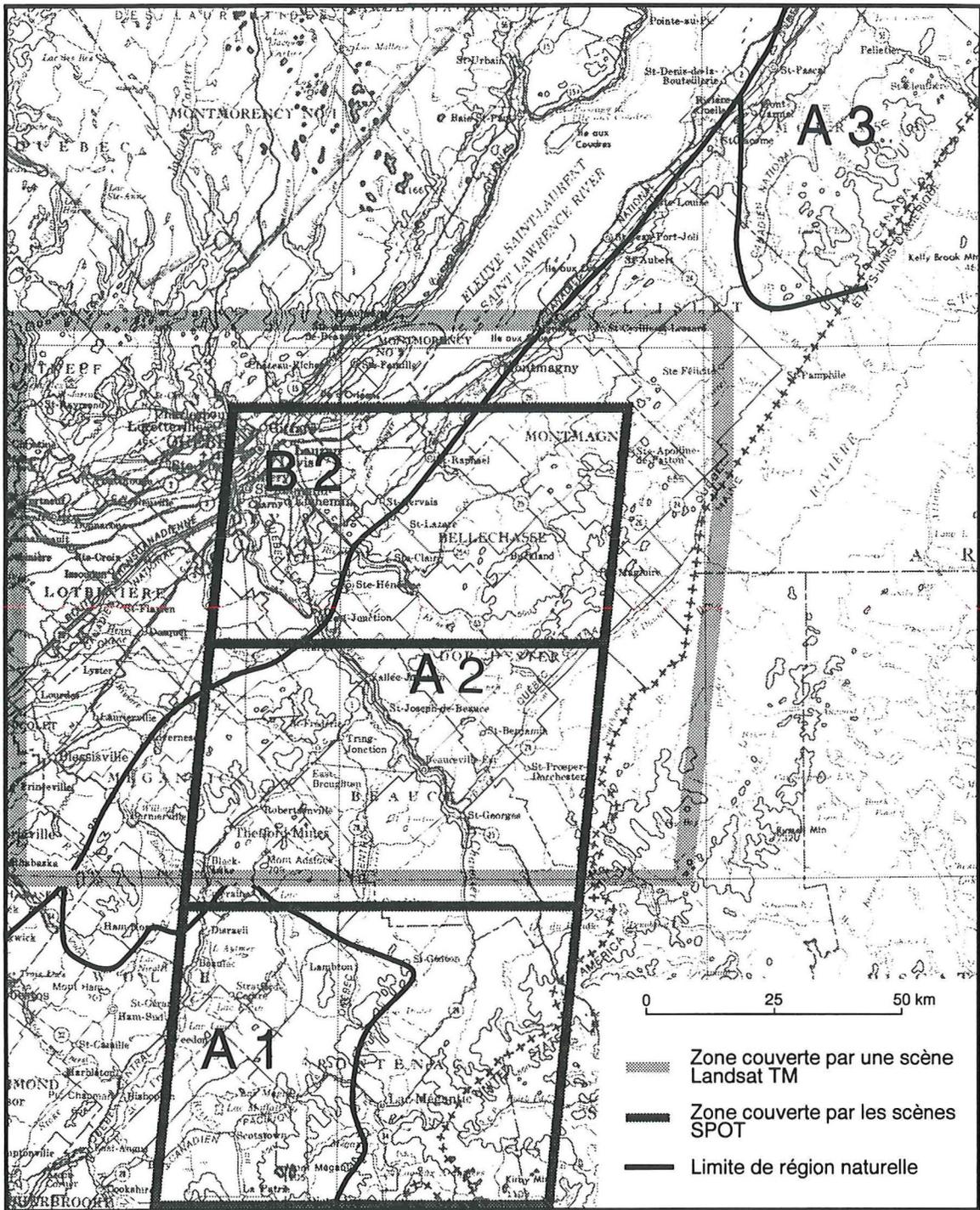


FIGURE A-1 Surface couverte par chaque type d'images pour le territoire de Beauce-Appalaches

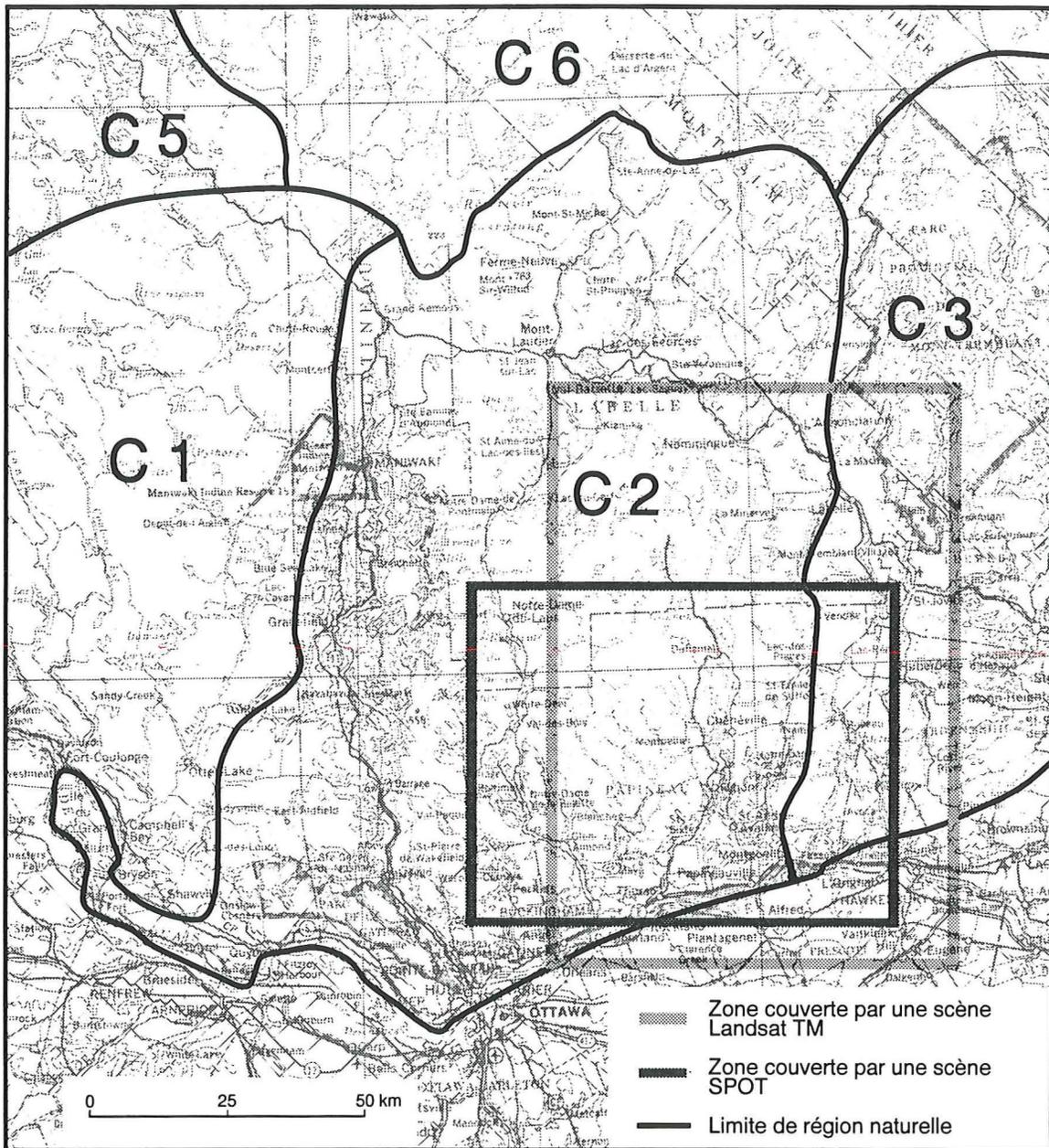


FIGURE A-2 Surface couverte par chaque type d'images pour le territoire de Papineau-Labelle

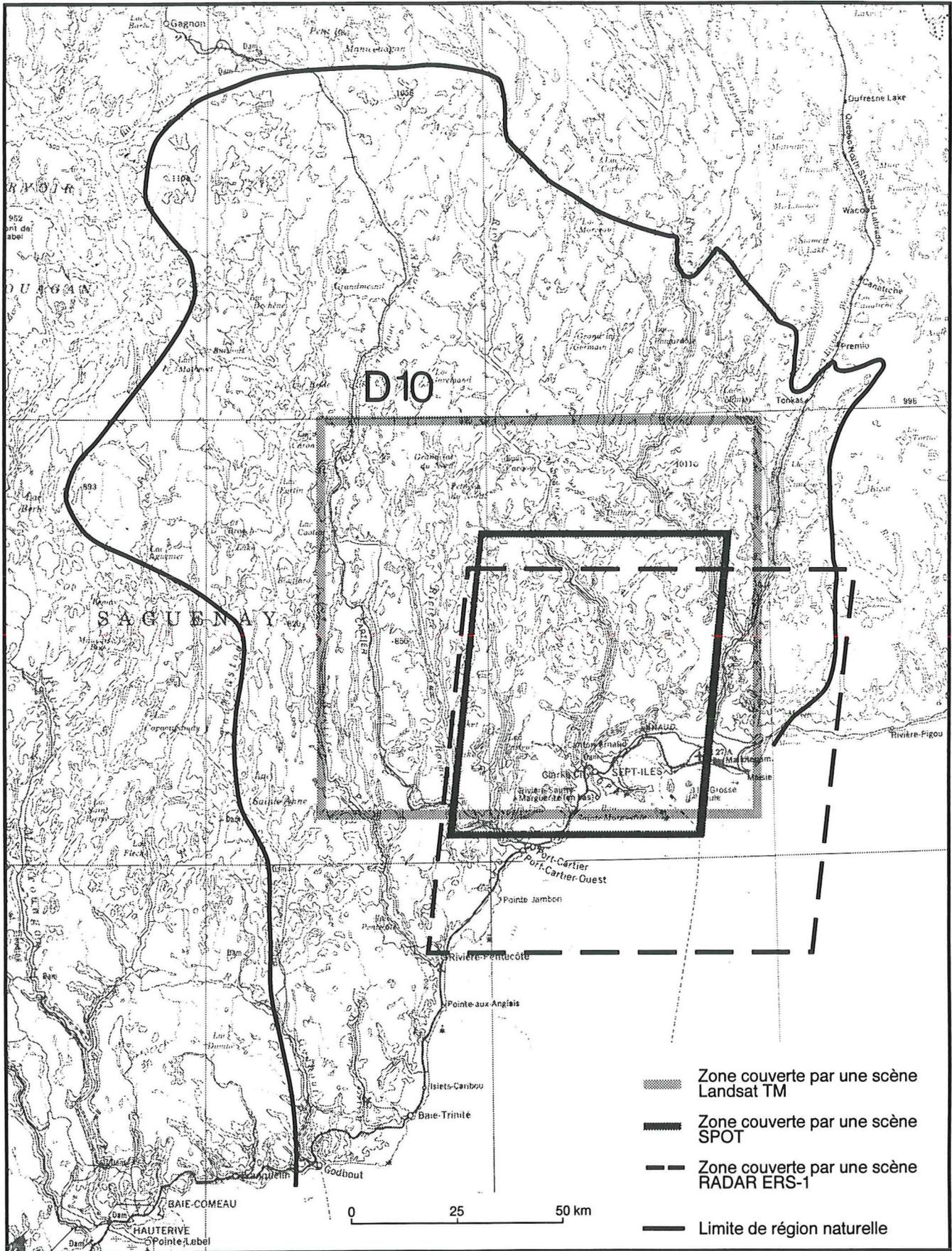


FIGURE A-3 Surface couverte par chaque type d'images pour le territoire de Sept-Îles

ANNEXE B

Traitement des images LANDSAT-TM

TRAITEMENT DES IMAGES LANDSAT-TM

Les traitements numériques réalisés sur les images satellitaires comprennent :

- 1) des corrections géométriques;
- 2) une accentuation.

Ces traitements ont été effectués à l'aide du logiciel de traitement d'images PCI.

1) Correction géométrique des images

La correction géométrique des images consiste à repositionner les éléments de l'image de façon à les rendre superposables aux cartes et à les référencer spatialement selon un système de projection cartographique particulier. Pour ce faire, des points de contrôle doivent être pris sur un document cartographique de référence, lesquels sont ensuite positionnés sur l'image.

Dans ce projet, les points de contrôle ont été captés sur des cartes 1:50 000 des secteurs d'étude. Pour le secteur de la Beauce, les intersections de routes ont servi de points de contrôle. Les routes offrent des points stables et d'une bonne précision. Pour ce qui est de la région de Sept-Îles, le choix des points a été cependant plus difficile étant donné qu'il y a peu de routes dans ce secteur, l'emplacement des points s'est limité aux contours des lacs et des rivières. Dans ce cas, la précision de la correction a été passablement diminuée.

2) Accentuation des images

L'accentuation des images a dû être effectuée afin de recueillir le plus d'informations possible sur l'état de l'occupation du sol, la structure géologique et l'hydrographie. Un étallement linéaire a été effectué sur chacune des bandes spectrales utilisées pour générer le composé coloré : TM03 (rouge), TM04 (infrarouge proche) et TM05 (infrarouge moyen), respectivement affichés avec les filtres bleu, vert et rouge. La gamme des niveaux de gris est alors plus vaste et l'image est ainsi plus nuancée.

Fonction de la date des images, l'état de la croissance de la végétation varie et cela peut influencer les résultats de l'accentuation. Il faut donc garder à l'esprit que si les mêmes traitements sont répétés sur d'autres images, les couleurs peuvent varier.

ANNEXE C

Création des vues en perspective des images LANDSAT-TM

CRÉATION DES VUES EN PERSPECTIVE DES IMAGES LANDSAT-TM

Les vues en perspective des images LANDSAT-TM ont été réalisées à l'aide du logiciel VUE3D en les combinant à un modèle numérique d'élévation formé à partir des courbes de niveau 1:250 000.

VUE3D est principalement un logiciel de visualisation de données cartographiques et satellitaires en plan et en perspective. Il offre plus de possibilités et de flexibilité que le logiciel FLY de PCI.

Ces vues sont gérées par différents paramètres, tels : l'azimuth et la distance d'observation, l'angle d'observation par rapport à l'horizontal et l'exagération du relief.

Pour pouvoir réaliser les vues en perspective des images, les opérations suivantes ont préalablement été effectuées :

- 1) Manipulation des images;
- 2) Formation des modèles numériques d'élévation;
- 3) Changement du format de données des images et des modèles.

1) Manipulation des images LANDSAT-TM

Pour que les images LANDSAT soient combinées au modèle numérique d'élévation afin de créer des vues en perspective, elles doivent être sous la même projection cartographique (UTM) et le même datum (NAD83) que le modèle. Fonction des images, elles ont dû être ajustées et/ou corrigées selon ce système de référence. De plus, les images ont dû être découpées pour couvrir la même région que le modèle et ainsi faciliter la superposition.

2) Formation du modèle numérique d'élévation

Le modèle numérique d'élévation a été créé à partir des courbes de niveaux des fichiers topographiques 1:250 000 à l'aide du SIG Arc/Info. L'équidistance des courbes de niveaux est de 100 et 200 pieds, la projection cartographique est UTM et le datum NAD83. Ces fichiers ont été acquis du fédéral sous le format DXF, ils peuvent cependant être acquis sous d'autres formats. La conversion de ces fichiers doit donc être effectuée à l'aide de l'utilitaire approprié.

Avant de passer à la formation du modèle, les données doivent être structurées. La structuration permet de créer la topologie et également de vérifier les erreurs dans le fichier, comme par exemple l'intersection de deux courbes de niveau. Même si les fichiers fédéraux sont supposés être exempts d'erreur, il peut en subsister. La formation du modèle est impossible ou partiellement impossible tant que ces erreurs ne sont pas éliminées.

Les courbes de niveau servent à créer un TIN qui est un format intermédiaire entre les courbes de niveau et le modèle numérique d'élévation. Le TIN (triangular Irregular Network) est une représentation d'une surface formée à partir de la valeur d'élévation de points espacés irrégulièrement et de lignes. À chacun de ces points, correspond les coordonnées en X et en Y et une valeur d'altitude. Ces points sont connectés pour former des triangles non superposés qui sont utilisés pour modeler la surface.

Le MNE est ensuite formé directement à partir du TIN. Il faut considérer la région couverte par les courbes de niveau et la région que le modèle doit couvrir tout en respectant la résolution spatiale désirée et le nombre de pixels. Le modèle est sous forme matricielle et chaque pixel possède une résolution donnée (25 mètres dans le cas présent). La résolution du modèle qui a été choisie est identique à celle de l'image pour permettre une meilleure superposition de ceux-ci. La valeur attribuée à chaque pixel est une valeur d'altitude, c'est pourquoi le modèle est structuré en 16 bits afin de pouvoir contenir des valeurs plus élevées que 255 qui est la valeur maximale des images en 8 bits.

3) Changement de format de données des images et des modèles numériques d'élévation

Le logiciel VUE3D possède son propre format de données. Puisque les images ont été traitées sur PCI et que les modèles ont été formés sur Arc/Info, leur conversion au format de VUE3D a dû être effectuée avant de les combiner avec ce logiciel.

ANNEXE D

Numérisation et ajustement des limites des régions naturelles en vue de leur superposition aux images

NUMÉRISATION ET AJUSTEMENT DES LIMITES DES RÉGIONS NATURELLES EN VUE DE LEUR SUPERPOSITION AUX IMAGES

Pour pouvoir superposer les limites des régions naturelles à la mosaïque NOAA du Québec et à l'image des classes d'élévation, il a fallu procéder en plusieurs étapes :

- 1) Numérisation des limites préliminaires des régions naturelles;
- 2) Correction géométrique des limites des régions naturelles par rapport à la mosaïque NOAA du Québec;
- 3) Intégration des limites à la mosaïque NOAA du Québec et à l'image des classes d'élévation.

1) Numérisation des limites des régions naturelles

La numérisation des limites préliminaires des régions naturelles est nécessaire pour les manipuler, les superposer et les intégrer aux images numériques. Elle a été réalisée à l'aide du système Arc/Info. Ce dernier permet beaucoup de flexibilité au niveau de la saisie et de la structuration des données. La saisie en tant que telle a été effectuée à partir d'une table numérisante sur laquelle a été déposée la carte du découpage préliminaire des unités naturelles. Les données ont été purifiées (fermeture des polygones,...) de façon à permettre leur structuration topologique. La carte ainsi structurée pourrait être utilisée à des fins d'analyse spatiale ultérieure. Ce fichier a été converti en format vectoriel accepté par le même système que celui utilisé pour le traitement des images, soit PCI. La manipulation des deux couches de données avec ce logiciel s'en trouve donc facilitée.

2) Correction géométrique des limites des régions naturelles par rapport à la mosaïque NOAA du Québec

La correction géométrique permet de mettre le fichier numérique des limites des régions naturelles dans la même projection cartographique que la mosaïque NOAA du Québec et l'image des classes d'élévation. Pour établir cette relation de transformation, des points de contrôle ont été captés entre les grilles de longitude/latitude respectives des limites et de l'image. Ce changement de projection aurait également pu être effectué à l'aide d'un logiciel approprié.

3) Intégration des limites à la mosaïque NOAA du Québec et à l'image des classes d'élévation

Une fois que la mosaïque NOAA du Québec et que les limites des régions naturelles se trouvent sous la même projection cartographique et dans le format de données PCI, l'affichage en plan de la superposition des limites à l'image se fait facilement. Cependant, les limites des régions naturelles ont du être intégrées sous forme de pixels dans l'image puisque le logiciel utilisé pour réaliser les vues en perspective de l'annexe A-4 ne permet pas de superposer des couches vectorielles à une image en perspective. Ceci signifie que les limites ont été converties du format vectoriel au format raster.

ANNEXE E

Création des vues en perspective à l'échelle du Québec

CRÉATION DES VUES EN PERSPECTIVE À L'ÉCHELLE DU QUÉBEC

Les vues en perspective sont réalisées par la combinaison d'une image et d'un modèle numérique d'élévation à l'aide d'un logiciel approprié. C'est le module FLY de PCI qui a été utilisé pour créer les vues en perspective de la mosaïque NOAA du Québec et de l'image des classes d'élévation. PCI est principalement un logiciel de traitement d'images, il possède également quelques utilités cartographiques et des capacités de visualisation d'images en perspective. Ces vues sont gérées par différents paramètres tels : l'azimuth et la distance d'observation, l'angle d'observation par rapport à l'horizontal et l'exagération du relief.

VUES EN PERSPECTIVE DE LA MOSAÏQUE NOAA DU QUÉBEC

Avant de réaliser les vues en perspective de la mosaïque NOAA du Québec avec le logiciel approprié, les étapes suivantes ont préalablement dû être franchies :

- 1) Correction géométrique du modèle numérique d'élévation par rapport à la mosaïque NOAA du Québec;
- 2) Ramener la résolution du modèle numérique d'élévation à la même valeur que celle de l'image.

1) Correction du MNE par rapport à la mosaïque NOAA du Québec

Le modèle numérique d'élévation du Québec a été tiré d'un modèle fourni par EOSAT couvrant tout le globe terrestre. Les coordonnées en longitude et latitude des coins de ce dernier étaient connues. Une formule de transformation a été établie pour calculer les coordonnées géographiques de points dans le modèle du Québec. Puis le modèle du Québec et l'image ont été mis sous la même projection cartographique. La fonction de transformation de la correction

géométrique a été établie en faisant le lien entre des points du modèle et la grille de longitude/latitude de l'image.

2) Ramener la résolution du modèle numérique d'élévation à la même valeur que celle de l'image

Le logiciel FLY de PCI utilisé pour former les vues en perspective requiert que le modèle et l'image aient la même résolution. La résolution du modèle a donc été ramenée à celle de l'image (25 mètres) qui est meilleure, la précision du modèle n'en est toutefois pas augmentée. L'opération inverse aurait causé une perte notable d'informations à l'image et elle aurait été presque inutilisable.

VUES EN PERSPECTIVE DE L'IMAGE DES CLASSES D'ÉLEVATION

L'image des classes d'élévation a été créée à partir du modèle numérique d'élévation du Québec. La classification a consisté à assigner une couleur par intervalle d'élévation de cinquante mètres. La valeur de l'intervalle a été déterminée de façon à offrir une vision adéquate sans avoir une surabondance de détails. Le choix de l'agencement des couleurs a été planifié pour donner une représentation facile à interpréter.

Étant donné que l'image provient du modèle, aucun traitement n'a dû être réalisé sur ceux-ci préalablement à la formation des vues en perspective. En effet, leur résolution ainsi que leur projection cartographique sont les mêmes.

