

1042550

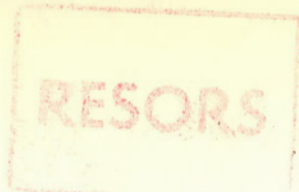


Energy, Mines and
Resources Canada

Canada Centre for
Remote Sensing

Énergie, Mines et
Ressources Canada

Centre Canadien
de Télédétection



APPLICATION DE LA TÉLÉDÉTECTION À LA CARTOGRAPHIE DE L'ARCTIQUE

J.M. Harvie
J. Cihlar
C. Goodfellow

This document was produced
by scanning the original publication.

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

Manuel de l'utilisateur 82-1
Décembre 1982

APPLICATION DE LA TÉLÉDÉTECTION À LA CARTOGRAPHIE DE L'ARCTIQUE

J.M. Harvie
J. Cihlar
C. Goodfellow

Manuel de l'utilisateur 82-1
Décembre 1982

**Centre canadien de télédétection
Énergie, Mines et Ressources Canada (Ottawa)**

Also available in English

Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1983
N° de cat. M77-12/82-1F
ISBN 0-662-92384-7

RÉSUMÉ

Ce manuel décrit les techniques d'analyses visuelles et numériques de données acquises par satellite. Ces techniques permettent d'obtenir des résultats précis qui favorisent la rentabilité de la cartographie des territoires arctiques. Cet ouvrage se divise en trois sections: la cartographie de l'occupation du sol, la cartographie du couvert végétal et la cartographie écologique.

ABSTRACT

This Manual presents a review of the satellite data analysis techniques that provide the most accurate and cost-effective results in mapping arctic terrain. The techniques, based on visual and digital analysis of remotely sensed data, are discussed in three sections entitled land cover mapping, vegetation mapping and ecological mapping.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1. Introduction	1
2. Cartographie de l'occupation du sol arctique	1
2.1 Techniques	2
2.1.1 Techniques d'analyse visuelle	2
2.1.2 Techniques d'analyse numérique	2
2.1.2.1 Classification dirigée	2
2.1.2.2 Classification non dirigée	3
2.2 Discussion	4
3. Cartographie du couvert végétal arctique	4
3.1 Techniques	5
3.1.1 Analyse visuelle des produits photographiques LANDSAT	5
3.1.2 Analyse visuelle de l'imagerie LANDSAT accentuée photographiquement	5
3.1.3 Analyse visuelle de l'imagerie LANDSAT accentuée numériquement	6
3.1.4 Techniques d'analyse numérique	7
3.1.4.1 Classification dirigée	7
3.1.4.2 Classification non dirigée	7
3.2 Discussion	8
4. Cartographie écologique de l'Arctique	8
4.1 Techniques	9
4.1.1 Analyse visuelle de produits photographiques LANDSAT	9
4.1.2 Techniques d'analyse numérique	10
4.1.2.1 Techniques de classification dirigée	10
4.1.2.2 Techniques de classification non dirigée	11
4.1.2.3 Analyse numérique de données multidates	12
4.2 Discussion	12
5. Résumé	13
6. Bibliographie	15
7. Annexes - Tableaux 1 à 11	19
Glossaire	41
Références	63

1. INTRODUCTION

En raison de la présence de pergélisol, le Nord canadien est très sensible aux effets de sa mise en valeur. Il est soumis à des pressions qui résultent surtout de la recherche de nouvelles sources de pétrole, de gaz naturel, de métaux de base et d'uranium ainsi que de l'aménagement de sites hydro-électriques. Il s'ensuivra vraisemblablement des résultats marquants et persistants sur l'environnement. Du fait des caractéristiques exceptionnelles des régions septentrionales du Canada, même des perturbations environnementales minimes (qui ne prêteraient pas à conséquences dans le Sud) peuvent avoir d'importantes répercussions sur la végétation, sur la couche de pergélisol, sur la faune et sur l'équilibre écologique de la région. Il est donc important de surveiller soigneusement l'impact des projets de mise en valeur sur l'environnement pour permettre aux responsables de sa gestion de prendre des décisions judicieuses.

Les difficultés inhérentes à la surveillance et à la cartographie de l'environnement des régions septentrionales tiennent surtout à l'étendue et à l'inaccessibilité du territoire. La cartographie du Nord selon les méthodes classiques est extrêmement coûteuse et longue. Par conséquent, les cartes et photographies aériennes les plus récentes du Nord du Canada remontent souvent à 30 et 40 ans et sont de piètre qualité. Il est donc nécessaire de trouver une technique de cartographie rapide et économique, capable de fournir, d'une part, une vue synoptique* de la région tout entière et, d'autre part, des données qui permettent de dresser des cartes très détaillées.

La cartographie de l'occupation du sol, celle de la couverture végétale et celle du milieu biophysique sont donc les trois grands types de classification qui servent à caractériser la surface du terrain. Certaines d'entre elles offrent plus de détails que d'autres; ainsi, la cartographie de l'occupation du sol est la plus simple et celle du milieu biophysique la plus complexe. Par exemple, dans le premier type de cartographie, les zones peuvent être définies comme étant recouvertes ou non de végétation. Dans le deuxième type, les catégories seront établies selon le type de végétation. Pour la cartographie du milieu biophysique, une parcelle de terre se classe en fonction de ses caractéristiques biotiques et abiotiques. En

d'autres termes, on examine la végétation en tant qu'indicateur d'autres caractéristiques telles que le type de sol, la profondeur du pergélisol et le relief.

Les spécialistes reconnaissent généralement l'utilité de la télédétection par satellite en vue de la cartographie de l'occupation du sol. Des examens pratiqués à l'aide de diverses techniques d'analyse démontrent que les classifications les plus détaillées, telles que la cartographie du milieu biophysique, donnent d'assez bons résultats pour des régions arctiques présentant un caractère homogène.

D'importantes recherches ont été effectuées dans le domaine de la classification des terres du point de vue écologique et dans le domaine de la cartographie de la couverture végétale à partir des données LANDSAT. Malgré tout, les données provenant de satellite font rarement l'objet d'une utilisation opérationnelle, sauf à titre de technique de classification préliminaire pour des techniques au sol ou aériennes. Notons que les environnements arctiques et subarctiques seraient les plus propices aux levés par satellites vu la possibilité d'établir des relations prévisibles entre les types de végétation et les dépôts superficiels.

Le présent manuel décrit les techniques d'analyse visuelle et numérique de données acquises par satellite. Ces techniques permettent d'obtenir des résultats précis qui favorisent la rentabilité de la cartographie des territoires arctiques. L'ouvrage se divise en trois sections: la cartographie de l'occupation du sol, la cartographie du couvert végétal et la cartographie écologique.

2. CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL ARCTIQUE

La cartographie de l'occupation du sol demande la délimitation des caractéristiques superficielles générales telles que l'existence ou l'absence de végétation sur le sol, la présence d'eau, de glace ou de roches; elle peut permettre la production d'une carte à caractère général ou peut servir de technique de classification préliminaire applicable à la cartographie de zones complexes hétérogènes qui exigent l'acquisition de données plus détaillées. Puisque la collecte de données détaillées est limitée dans sa quantité par certains facteurs comme les coûts élevés, l'étendue de la zone ainsi que la brièveté de la période d'échantillonnage, l'emploi d'une méthode de collecte de données des plus efficaces s'impose. La classification des

* Une définition des mots soulignés est donnée dans le glossaire.

images provenant de satellite facilite le processus de collecte des données parce qu'elle permet de diviser de grandes zones (chaque scène LANDSAT couvre 34 252 km²) en parcelles de terrain uniformes. Cette classification peut alors servir à établir un système plus efficace d'échantillonnage des sols utile à la cartographie de la couverture végétale et du milieu biophysique.

2.1 TECHNIQUES

L'analyse des données recueillies par satellite s'effectue au moyen de techniques visuelles et numériques. Cependant, les résultats des recherches indiquent (voir le tableau 1 en annexe) que les techniques d'analyse numérique (Howarth, 1976; Boydell, 1974; Thie et coll., 1974; Tarnocai et Kristof, 1976) conviennent mieux que les méthodes visuelles à la cartographie de l'occupation du sol (Boydell, 1974).

2.1.1 Techniques d'analyse visuelle

L'imagerie acquise par le balayeur multi-spectral de LANDSAT comprend des images en noir et blanc dans les quatre bandes spectrales, des compositions colorées et des images accentuées par des méthodes numériques. On a tenté de déterminer le potentiel d'application de ces produits à la cartographie de l'occupation du sol arctique. Dans chaque cas, les renseignements obtenus se sont avérés insuffisants pour la cartographie du terrain (Boydell, 1974). Il faut cependant signaler que les chercheurs ont réussi à produire des cartes d'autres environnements (essentiellement la forêt boréale) donnant une classification plus détaillée, à l'aide de techniques d'analyse visuelle (Prout, 1977; Karpuk, 1978; Thie, 1976a, 1976b). De même, Russell et Boyd (1977) ont réussi à identifier trois classes d'occupation du sol au Yukon: des forêts, des zones non forestières et des zones recouvertes d'eau, en analysant visuellement des données photographiques.

2.1.2 Techniques d'analyse numérique

2.1.2.1 Classification dirigée

La classification dirigée, appliquée aux données LANDSAT enregistrées sur bandes pour ordinateur (BO), permet de localiser et d'identifier des zones d'occupation du sol semblables en entraînant l'ordinateur à reconnaître les signatures spectrales caractéristiques des différents types d'occupation du sol. Pour ce faire, on utilise des zones dont l'occupation est connue et qui se trouvent sur les images provenant de satellite. Par conséquent, il est préférable que les zones

d'entraînement soient situées près d'un point de repère distinct ou d'une forme de terrain distincte. Bien que les photographies aériennes classiques (à grande échelle) servent généralement à localiser les zones d'entraînement (la nature générale de ce type de cartographie ne justifiant pas le temps et les dépenses supplémentaires nécessaires pour réaliser les levés sur le terrain), les photographies aériennes prises à moyenne et même à haute altitudes fournissent suffisamment de détails pour délimiter des zones d'entraînement sur des images prises dans l'Arctique (Boydell, 1974). Une fois que l'entraînement est achevé, tous les pixels présentant les mêmes signatures spectrales, comme l'indique l'ordinateur, sont regroupés parce qu'ils appartiennent au même groupe d'occupation du sol. On répète ce processus pour chaque thème.

On peut identifier plusieurs types d'occupation du sol en utilisant la technique de classification dirigée (tableau 1). Boydell (1974) a réussi à cartographier des eaux claires, des siltés marins, des eaux à forte teneur en silt, la roche en place, des moraines et des graviers. Howarth (1976) a identifié des surfaces recouvertes d'eau, de neige et de glace, de végétation et de solifluxion libre, de plages soulevées et de solifluxion entravée ainsi que des surfaces de plateaux altérées. Cette étude n'a cependant pas permis d'identifier avec certitude les très petites zones d'occupation du sol distinctes et il a donc fallu créer une classe spéciale. Néanmoins, il a été possible de localiser les limites entre les différents types d'occupation du sol (Howarth, 1976), particulièrement dans les zones de couvert végétal de faible densité (Boydell, 1974).

Les produits résultant de la classification dirigée peuvent comprendre des images obtenues à l'aide d'imageurs à faisceau électronique, des cartes binaires thématiques, des cartes thématiques à thèmes multiples, des photographies en couleurs de l'écran vidéo, et des tracés en couleurs de thèmes. On peut utiliser ces produits pour des travaux sur le terrain ou bien les reproduire et les agrandir par des procédés photographiques.

Les facteurs jugés nécessaires pour effectuer une classification exacte dans le Nord comprennent un couvert végétal de densité faible à modérée au-dessus de la ligne d'arborescence, des terrains exempts de neige et des données de haute qualité dans au moins deux des bandes spectrales du balayeur multispectral de LANDSAT, de préférence les bandes 5 et 6 (Boydell, 1974). La présence de petites parcelles de gravier dans des zones

recouvertes de végétation peut réduire l'exactitude de l'identification de la végétation (Howarth, 1976).

La réalisation du processus de classification dirigée nécessite beaucoup moins de temps que l'analyse visuelle de photographies aériennes de la même zone. Boydell (1974) a fait remarquer que, pour sa zone d'étude, l'analyse numérique réduisait dans une proportion de 66 à 75 % le temps nécessaire à l'interprétation de photographies aériennes. En fait, la production d'une carte d'une zone d'étendue moyenne, de la dimension d'environ quatre clichés LANDSAT, nécessiterait peut-être de trois à quatre semaines. À titre de comparaison, l'analyse visuelle de photographies aériennes impliquerait trois à quatre mois de travail. Il faut mentionner que les processus d'analyse numérique des images et de fabrication des extrants sont bien plus efficaces depuis la publication des résultats de Boydell. En revanche, le nombre de détails résultant des sources différentes de données varie considérablement. Par conséquent, il est difficile d'utiliser le temps comme critère d'évaluation d'une analyse technique à moins que les extrants ne soient identiques.

2.1.2.2 Classification non dirigée

La classification non dirigée fait appel à une méthode qui est à peu près l'inverse de celle qui a été utilisée pour la classification dirigée. Au lieu de commencer avec des zones connues et d'essayer de répartir chaque pixel dans l'une des classes connues, la classification non dirigée permet de regrouper les pixels en groupements présentant des caractéristiques spectrales semblables. Les groupes ainsi définis ne sont identifiés qu'une fois la classification achevée. On peut employer divers algorithmes mathématiques pour effectuer les groupements selon les bandes spectrales.

Il existe une variante de cette classification non dirigée: il s'agit de la méthode appliquée par Thie et coll. (1974) et Tarnocai et Kristof (1976) à la zone entourant l'île Richards (69 °N) dans le delta du Mackenzie. Dans ce cas, une partie des données obtenues a été choisie et divisée en groupes présentant les mêmes caractéristiques spectrales; pour ce faire, on a utilisé un algorithme de groupement. Les statistiques telles que la moyenne des valeurs spectrales et les matrices de covariance ont été calculées pour chaque groupe. Les données statistiques ont été comprimées dans deux bandes spectrales, soit le visible [0,5 à 0,7 microns (μm)] et l'infrarouge réfléchi (de 0,7 à 1,1 μm). Trois grandes catégories (zones recouvertes de

végétation, zones non recouvertes de végétation et eau) ont été définies par suite de l'étude du rapport de la réponse spectrale du visible à celle de l'infrarouge; on a pu y parvenir parce que chaque grande zone d'occupation du sol a souvent une gamme spectrale caractéristique. Par exemple, les surfaces recouvertes de végétation reflètent généralement une plus grande quantité d'énergie dans l'infrarouge réfléchi que dans le spectre du visible. Par conséquent, le rapport de la réponse spectrale du visible à celle de l'infrarouge est inférieur à 1,00. De même, les rapports des zones non recouvertes de végétation (où la réflexion est plus élevée dans le visible que dans les régions recouvertes de végétation) se situent entre 1,00 et 1,30, tandis que ceux de l'eau (où l'absorption de l'infrarouge est très élevée) sont égaux ou supérieurs à 1,40. Des données de terrain, obtenues à l'aide de survols réalisés en hélicoptère et d'échantillons prélevés à certains sites, ont été nécessaires pour répartir les zones marginales ou de transition dans l'une des trois grandes catégories.

On a effectué la classification au moyen d'une technique informatique de reconnaissance des formes qui a donné 22 classes spectrales. On a identifié ces 22 classes à l'aide des données de terrain. Ces données ont, à leur tour, permis de décrire les classes spectrales en fonction des éléments constituant un écosystème, par exemple, la végétation, les formes du terrain, le sol, et les formations superficielles. Au cours de cette étude, un certain nombre de classes spectrales ont été combinées en raison de leur petite superficie et du chevauchement de zones d'occupation du sol semblables. Ce processus a permis de définir neuf groupements terrestres et six groupements de masses d'eau. Les résultats de cette classification se trouvent sur deux cartes alphanumériques produites par imprimante ligne par ligne, l'une montrant les classes de terrains, mais une seule classe de masse d'eau, tandis que l'autre montrait neuf catégories de masses d'eau, mais une seule classe de terrain. On a constaté que l'exactitude générale qui permettait d'identifier ces catégories était de l'ordre de 88 % (Tarnocai et Kristof, 1976).

La qualité des résultats de la classification non dirigée dépend de la saison pendant laquelle sont captées les images provenant de satellite. L'imagerie multitemporelle (ou diachronique) qui comprend des images prises tant en été qu'en hiver semble optimale parce qu'elle aide à relier des phénomènes phénologiques, l'évolution des maladies et des symptômes de stress par manque d'eau, à d'autres paramètres physiographiques tels que les formes du

terrain, les sols, le relief, l'exposition, et l'eau (Thie et coll., 1974). Grâce à la faible élévation du soleil et à la couverture de neige, les images prises en hiver permettent de délimiter des systèmes écologiques et de faire ressortir le relief. De même, ces images servent à établir des cartes de la végétation en ce sens que les signatures composites résultant de la hauteur et de la densité des peuplements peuvent être calculées et servir à identifier la végétation. Les images prises en été servent surtout à démontrer la composition des peuplements (Thie et coll., 1974).

L'utilisation de la télédétection par satellite associée aux photographies existantes en noir et blanc et à certains types de télédétection aérienne coûterait, selon les estimations de Thie et coll. (1974), de 1,20 à 2,30 \$/km² dans le Nord du Canada. Un programme rapide d'inventaire des ressources appliqué à une zone de la taille du Manitoba (424 760 km²) coûterait environ 500 000 \$ et demanderait de trois à quatre ans de travaux. Donc par rapport aux méthodes classiques de levés, l'approche par satellite est rentable pour un inventaire rapide des ressources.

2.2 DISCUSSION

Il est très difficile de comparer les performances des diverses techniques d'analyse pour établir des cartes de l'occupation du sol arctique. Les techniques de classification dirigée et non dirigée sont un bon moyen de classement préliminaire des types de l'occupation du sol. Etant donné que ni des résultats détaillés ni l'exactitude des résultats n'ont généralement été signalés, on ne peut recommander, pour la cartographie thématique préliminaire, une technique plutôt qu'une autre.

La technique utilisée par Tarnocai et Kristof (1976) est nettement plus complexe que les autres et démontre comment on peut inclure davantage de renseignements détaillés dans une carte simple et généralisée lorsque ces renseignements sont nécessaires ou qu'ils deviennent disponibles. Si l'exactitude que l'on peut obtenir est acceptable, cette technique pourrait devenir opérationnelle et permettre, rapidement et économiquement, de dresser des cartes du couvert végétal et du milieu biophysique, ou des deux (Thie, 1974). Les études réalisées jusqu'à présent ne permettent pas de généralisations quant aux limites des performances des données du balayeur multispectral de LANDSAT dans les applications associées à la cartographie de l'occupation du sol. Cela est dû en particulier à la rareté d'études récentes fondées sur

l'analyse de l'amélioration des données de satellite. On a émis l'idée que les données du balayeur multispectral de LANDSAT ne remplaceront jamais la photographie aérienne comme technique opérationnelle de cartographie de terrains à petite échelle (Boydell, 1974). Cependant, les premières se sont avérées utiles pour la cartographie générale de l'occupation du sol, de même qu'un outil précieux pour les projets de cartographie préliminaire ou pour les projets répartis en plusieurs étapes.

3. CARTOGRAPHIE DU COUVERT VÉGÉTAL ARCTIQUE

Pour être efficace, une technique d'analyse devrait permettre d'identifier les principaux types de végétation arctique et subarctique. Les principaux types de végétation physiognomique qu'on trouve dans les milieux arctique et subarctique comprennent les bosquets d'arbrisseaux, nains ou non, les forêts feuillues, les forêts mixtes, les forêts de conifères, les marécages, les tourbières, les terrains boisés mixtes et les terrains à conifères (Anderson, 1976). Les sections de cartes de végétation apparaissent sur les images fournies par satellite sous forme de zones homogènes (pures), de zones hétérogènes (mêlées) ou de zones présentant des combinaisons de sections trop petites pour être reproduites séparément sur une carte (mosaïque). Les composantes environnementales telles que la géologie superficielle et le type de sol ne sont pas directement incluses dans la cartographie du couvert végétal du sol. Cependant, les classes de végétation peuvent ressembler aux classes d'utilisation des terres en raison des perturbations anthropiques, jusqu'à présent limitées, dans la majeure partie de l'Arctique (Anderson, 1976).

La plupart des travaux portant sur la cartographie du couvert végétal septentrional se sont concentrés sur la zone de la forêt boréale (voir Prout, 1977 - Labrador; Karpuk, 1978 - Alberta; Rubec et Wickware, 1978 - Ontario). Les conclusions tirées concernant l'efficacité et l'exactitude des diverses présentations LANDSAT et les types d'analyse pour la zone de la forêt boréale ne peuvent s'appliquer directement aux milieux arctiques ou subarctiques (Karpuk, 1978). Cependant, les techniques qui s'avèrent efficaces pour la zone de la forêt boréale sont vraisemblablement tout aussi efficaces dans l'arctique. On a effectué certaines recherches, particulièrement sur la cartographie du couvert végétal arctique, dont les travaux effectués par Lyon et George (1979), Anderson (1976), McKendrick et coll. (1974), Cihlar et coll. (1978) et Thie et coll. (1974).

3.1 TECHNIQUES

On a appliqué plusieurs techniques d'analyse à la cartographie du couvert végétal arctique, soit l'analyse visuelle de l'imagerie obtenue par satellite, l'analyse visuelle de l'imagerie obtenue par satellite avec accentuation numérique d'images et l'analyse numérique des images enregistrées sur bande pour ordinateur.

3.1.1 Analyse visuelle des produits photographiques LANDSAT

Les compositions colorées courantes obtenues à l'aide des bandes 4, 5 et 7 sont les images les plus fréquemment utilisées pour l'analyse visuelle du couvert végétal arctique (voir le tableau 2 en annexe). On peut utiliser diverses échelles, les plus fréquentes étant le 1/1 000 000 et le 1/250 000 (Anderson, 1976). En général, on a constaté que les images à petite échelle (1/1 000 000) peuvent servir à classifier de vastes peuplements (tels que la végétation de toundra sèche et de toundra humide), mais qu'elles ne peuvent servir à une cartographie plus détaillée. Si l'on augmente l'échelle de l'imagerie, on peut discerner visuellement plus de détails. On peut souvent améliorer l'identification des composantes de tels peuplements si l'on utilise des sources de données supplémentaires comme des données de terrain, des cartes topographiques ou des photographies aériennes. Ces données peuvent aussi servir à vérifier les classifications fondées sur l'imagerie de satellite.

Il est possible de parvenir à une classification des couverts végétaux plus complète et plus exacte en utilisant des images prises à différentes dates (multidates). Ainsi, en superposant des images prises à différentes saisons, on peut détecter des changements phénologiques dans la végétation et identifier les divers groupements. De plus, les caractéristiques saisonnières telles que la présence ou l'absence de neige, l'angle solaire, etc., mettent en relief certains éléments de la végétation.

Anderson (1976) a utilisé des superpositions temporelles pour la cartographie du couvert végétal de l'Alaska. A l'aide d'images LANDSAT en noir et blanc prises au printemps et en infrarouge couleur prises en été, à l'échelle 1/250 000, Anderson a pu réaliser une classification à deux niveaux, le premier étant basé sur la physionomie et le second indiquant des types généraux de communautés de plantes. Il a mis au point une table des relations les plus fréquentes entre la position physiographique grossière et la

végétation dans la zone d'étude. Grâce à cette table et grâce aux renseignements spectraux tirés des images prises au printemps et à l'été, il a produit une carte générale du couvert végétal à 1/250 000 qui s'est avérée correcte à 86,75 % après vérification. La carte a été agrandie à 1/63 360 pour permettre l'inscription d'annotations et pour en faciliter l'utilisation.

Anderson (1976) a conclu que l'étude des données acquises par le balayeur multispectral fournit un grand nombre de classes de couvert végétal. Cependant, précise-t-il, les données ne permettent pas la cartographie de classes de couvert de petite superficie qui sont normalement représentées sur des cartes à petite échelle. En outre, Anderson (1976) a fait remarquer que si l'on dispose de données supplémentaires, en particulier des renseignements physiographiques tirés de cartes topographiques, on peut alors dresser des cartes plus précises du couvert végétal.

Parmi les produits étudiés, les compositions colorées à l'échelle 1/250 000 semblent être les plus utiles pour l'analyse visuelle du couvert végétal arctique, les autres produits ne fournissant pas suffisamment de détails pour la classification. Ainsi que nous le mentionnons dans la discussion ci-après, les résultats de l'analyse visuelle peuvent souvent être améliorés après accentuation numérique des données.

3.1.2 Analyse visuelle de l'imagerie LANDSAT accentuée photographiquement

Plusieurs techniques d'accentuation photographique ont été étudiées en vue de leur utilisation individuelle ou combinée dans la cartographie du couvert végétal, mais les résultats se sont révélés peu concluants (voir le tableau 3 en annexe). Ces techniques ont généralement l'avantage de fournir plus de détails en évitant les dépenses attribuables à l'acquisition et à l'analyse des données numériques.

Les principaux procédés analogiques qui ont servi à établir des cartes du couvert végétal arctique sont: le procédé de synthèse de couleurs et l'équidensitométrie, à l'aide de diapositifs en noir et blanc d'une seule bande (McKendrick et coll., 1974). On peut réaliser la première méthode à l'aide du synthétiseur multibande. Cependant, le taux de réussite de cette technique est limité. Bien qu'on puisse reconnaître une relation entre la couleur et le type du couvert végétal, on peut faire une identification trop subjective en essayant d'appliquer ce rapport à des zones inconnues. L'utilisation des données de terrain ne semble

pas améliorer sensiblement la classification, en raison des difficultés que l'on éprouve à établir un rapport entre les données de satellite et les données de terrain.

Le procédé d'équidensitométrie n'est appliqué qu'à une seule bande du balayeur multispectral à la fois. Certains écotones (zones de transition) apparaissent sur les bandes 6 et 7, d'autres sur la bande 5. Les limites de densité déterminées par la bande 5 ne permettent pas de délimiter les écotones qui ne sont visibles que sur la bande 7; il en résulte des problèmes dans la cartographie du couvert végétal (McKendrick et coll., 1974).

3.1.3 Analyse visuelle de l'imagerie LANDSAT accentuée numériquement

L'analyse visuelle peut aussi s'effectuer sur des données numériques "brutes" ou accentuées (voir le tableau 4 à l'annexe). Le principal avantage de l'utilisation de données numériques réside dans leur teneur radiométrique supérieure, puisque toutes les différences spectrales enregistrées par le satellite sont conservées au lieu d'être soumises à une compression ou à une généralisation en vue de la production d'une épreuve photographique. Cette compression est inévitable puisque l'affichage photographique des 256 niveaux radiométriques ne produirait pas de niveaux de gris visuellement discernables. Par conséquent, les accentuations numériques des données du balayeur multispectral de LANDSAT sont plus utiles que les accentuations photographiques pour la cartographie du couvert végétal.

L'analyse visuelle de données brutes enregistrées sur bande pour ordinateur permettrait d'établir des cartes du couvert végétal arctique. On a constaté que l'on peut extraire plus de détails à partir d'images agrandies par un procédé informatique qu'à partir d'images courantes à l'échelle 1/1 000 000 (McKendrick et coll., 1974).

Johnston et Howarth (1980) ont examiné quatre techniques d'accentuation en vue de cartographier le couvert végétal subarctique du nord-ouest de l'Ontario: il s'agit de l'accentuation du contraste linéaire, de l'établissement de rapports de bandes en utilisant les bandes 7 et 4, du filtrage vidéo et de l'accentuation par composantes principales. De ces quatre techniques, seule l'accentuation du contraste linéaire s'est avérée satisfaisante. A l'aide de données numériques LANDSAT ayant subi des transformations radiométriques, des corrections géométriques et des corrections atmosphériques, Johnston et Howarth (1980) ont pu reconnaître deux classes

fondamentales de végétation (tourbières et marécages), une classe de transition, ainsi que certains détails propres au drainage. Les autres techniques d'accentuation n'ont pas permis de délimiter correctement les types de surface ou ont porté à croire à des similitudes d'occupation du sol qui, en fait, n'existaient pas.

Une autre application de l'accentuation numérique (Lyon et George, 1979) réalisée en Alaska a indiqué que l'établissement de rapports d'une bande à l'autre pouvait servir à la cartographie du couvert végétal. Au cours de cette expérience, on a soumis des données LANDSAT à un étalonnage radiométrique, à une déconvolution, à des rapports de bandes (dans les bandes 7 et 5) et à une accentuation des contours. On a constaté que cette accentuation constituait une méthode précise, rapide et rentable pour la cartographie de la végétation de la toundra alpine et de la tafa en l'absence de données de terrain.

Cihlar et coll. (1978) ont utilisé une classification non dirigée comme méthode d'accentuation numérique pour dresser des cartes du couvert végétal des Territoires du Nord-Ouest. Cette technique consistait en une classification initiale de la scène par utilisation de la méthode des moyennes dynamiques. Les thèmes obtenus grâce à ce procédé étaient, à eux seuls, insuffisants pour effectuer l'identification des classes utiles de terrain. Toutefois, on a constaté qu'en examinant visuellement l'image classifiée (à l'aide de photographies en couleur données par l'écran de visualisation ainsi que des compositions colorées dans les bandes 5, 6 et 7 et des cartes topographiques), les distributions spatiales de ces thèmes donnaient une accentuation qui a permis de délimiter 54 groupements, apparemment homogènes en termes de composition, de distribution et de texture. Il a fallu réaliser sur le terrain des travaux basés sur une méthode d'échantillonnage afin d'identifier les types de couvert végétal ainsi délimités. Ensuite, on a effectué une analyse par groupement pour obtenir plusieurs classes plus importantes ou groupements d'échantillonnage. Ainsi à la quatrième itération, on a obtenu un taux d'exactitude de 77 % (Cihlar et coll., 1978).

3.1.4 Techniques d'analyse numérique

Parmi les techniques d'analyse numérique disponibles, la classification dirigée a été employée plus fréquemment pour la cartographie du couvert végétal arctique et a aussi donné des résultats plus cohérents que la classification non dirigée. Les techniques d'analyse numérique peuvent donner lieu à un consensus

selon lequel, bien qu'elles fournissent des résultats plus détaillés et plus précis que l'analyse des produits visuels, elles ne peuvent être réalisées qu'à un coût plus élevé de données de terrain (voir le tableau 5 en annexe). En outre, une classification numérique ne peut s'appliquer avec succès qu'à une zone de faible dimension dans laquelle la végétation est uniforme et le terrain relativement plat.

3.1.4.1 Classification dirigée

Les applications plus détaillées de la classification dirigée à la cartographie du couvert végétal arctique ont utilisé des données enregistrées sur bandes pour ordinateur et agrandies à des échelles variant de 1/500 000 à 1/18 800 (McKendrick et coll., 1974; Lyon et George, 1979). En recourant à de grandes échelles, on peut identifier plus exactement des zones d'entraînement (de 30 à 100 pixels dans les études de Lyon et George, 1979 et de McKendrick et coll., 1974) et l'on obtient, par conséquent, une classification plus exacte. De sérieux problèmes peuvent se poser si l'on essaie d'établir une relation entre les données LANDSAT et les données de terrain et de localiser des zones d'entraînement; il faut donc faire preuve de prudence (McKendrick et coll., 1974).

La méthode la plus simple pour effectuer une classification dirigée est l'application de l'équidensitométrie numérique dans une seule bande. Cette technique a été utilisée par Hall et coll. (1979) en vue de l'identification d'un certain nombre de groupements selon la teneur en eau à la surface, et en vue d'étudier la repousse de la végétation après un incendie. Or, on s'est aperçu que les zones aquatiques, les bassins de lacs drainés, les chenaux de cours d'eau, les prairies mouillées et les sols élevés couverts de buttes de gazon pourraient être bien définis si l'on applique l'équidensitométrie à une image prise par un balayeur multispectral avant un incendie. Ces classes de couvert végétal, ainsi identifiées, ont été combinées en trois types de couvert végétal représentatifs de surfaces humides, intermédiaires et bien drainées, auxquelles s'ajoutait une classe pour les masses d'eau.

En fait, le processus réel de classification peut recourir à diverses techniques particulières d'analyse dirigée. C'est ainsi que pour la classification du couvert végétal on a examiné l'analyse discriminante par étapes de quatre bandes de balayeurs multispectraux ainsi que leurs six rapports (Lyon et George, 1979), l'extension des signatures par calcul statistique (McKendrick et coll., 1974) et des

cartes thématiques numériques superposées à codage par couleur (McKendrick et coll., 1974).

On a identifié jusqu'à huit classes de couverts (Lyon et George, 1979) à l'aide de la classification dirigée. L'exactitude variait de 66 à 99 % dans un cas (McKendrick et coll., 1974) et était supérieure à 85 % dans l'autre (Lyon et George, 1979). Toutefois, l'extrapolation des signatures spectrales était, en général, difficile, même pour les courtes distances (souvent comprises dans un même cliché LANDSAT) (McKendrick et coll., 1974).

3.1.4.2 Classification non dirigée

Les résultats de la cartographie de la végétation à l'aide de la classification non dirigée varient en qualité. Lyon et George (1979) ont indiqué que la classification non dirigée avait une valeur limitée particulièrement si les données de terrain sont limitées ou ne sont pas disponibles. Dans ce cas, on a conclu qu'il fallait recourir à un grand nombre de zones d'entraînement différentes pour expliquer la radiance de parcours et les nuances topographiques présentes dans une scène. Néanmoins, la classification non dirigée peut servir de technique d'accentuation avant l'analyse visuelle si l'on dispose de données de terrain suffisantes (Cihlar et coll., 1978).

Un problème qui touche toutes les techniques de classification numérique, mais qui est critique pour la classification non dirigée, résulte de la spécificité de la signature spectrale de chaque unité servant à la cartographie du couvert végétal. Divers facteurs influencent les signatures spectrales des divers types d'occupation du sol (par exemple la réflectance des sols, la réflectance des plantes et les effets atmosphériques). Du fait que ces facteurs varient dans le temps et dans l'espace, on ne peut présumer que la signature spectrale de chaque unité de terrain demeurera constante. L'amplitude des signatures spectrales dépend essentiellement de la région en question. Certains chercheurs ont trouvé des signatures spectrales très variables (Lyon et George, 1979), tandis que d'autres ont trouvé des changements minimes d'une saison à l'autre (Johnston et Howarth, 1980). Toutefois, un élément de surface étendu peut être représenté par une vaste gamme de valeurs spectrales. Par conséquent, une variété de thèmes ou de couleurs sur l'image résulte de la classification. Il est donc indispensable de pouvoir disposer de données de terrain détaillées afin de pouvoir identifier les divers thèmes.

L'analyse non dirigée sert à accentuer les données numériques pour l'analyse visuelle (Cihlar et coll., 1978). Cependant, la cohérence des signatures spectrales sur toute l'image n'est pas essentielle à la délimitation exacte des classes de couvert végétal, à condition que des classes adjacentes différentes donnent, sur l'image analysée, des classes spectrales différentes.

3.2 DISCUSSION

On estime que la cartographie non détaillée du couvert végétal à l'échelle 1/125 000 des régions septentrionales du pays coûterait environ 3,90 \$/km² si l'on utilisait les méthodes classiques. On peut raisonnablement affirmer que le travail de terrain inhérent à ces méthodes peut représenter 80 % du coût total (McQuillan, 1975). La réduction des coûts des travaux sur le terrain résultant d'une classification préliminaire des données acquises par satellite et d'une meilleure planification avant la réalisation des travaux sur le terrain aiderait considérablement à réduire les coûts de la cartographie du couvert végétal. Dans le cas des régions arctiques, une planification avant l'exécution des travaux sur le terrain réduirait de 20 % le coût de la cartographie du couvert végétal (McQuillan, 1975).

Le type de cartographie générale du couvert végétal requis par le travail préliminaire de terrain est rendu possible par n'importe laquelle des techniques étudiées. Toutefois, les données LANDSAT ne sont en mesure que d'une façon limitée, semble-t-il, de réaliser une cartographie détaillée du couvert végétal. Cela est dû surtout à la nature des données et non pas à la technique d'analyse. Jusqu'à présent, les résultats indiquent que l'analyse visuelle de l'imagerie multiscan LANDSAT agrandie et l'accentuation numérique, utilisées seules ou combinées, semblent fournir les classifications les plus cohérentes et les plus détaillées, à condition que l'on dispose de données de terrain suffisantes. La quantité de détails que chacune de ces techniques peut fournir semble varier selon la source de référence.

Les coûts des techniques et la disponibilité de l'équipement d'analyse nécessaire sont aussi des facteurs à considérer dans le choix de la technique appropriée. En effet, les produits visuels sont plus économiques du point de vue de l'acquisition (22 \$ pour un dispositif de composition colorée à 1/1 000 000 contre 230 \$ pour une bande pour ordinateur) et du point de vue de l'interprétation.

4. CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE DE L'ARCTIQUE

À n'importe quelle échelle, la cartographie écologique ou du milieu biophysique est le type le plus complexe de cartographie étudié dans le présent rapport. Outre les types de couvert végétal, la cartographie écologique comprend les éléments géomorphologiques, pédologiques, climatiques et hydrologiques. L'interaction et l'existence de nombreux éléments différents sont donc importantes dans la définition d'une unité écologique. Les quatre niveaux hiérarchiques de classification traditionnellement utilisés pour la cartographie du milieu biophysique, soit la région écologique, le district écologique, le système écologique, le type écologique et la phase écologique (Lacate, 1969) ont récemment été révisés et l'on a obtenu une classification plus détaillée. Ces classes représentent des zones progressivement plus petites et ayant des caractéristiques écologiques de plus en plus semblables (voir le tableau 6 à l'annexe). L'imagerie à grande échelle est donc nécessaire si l'on veut identifier les classes écologiques plus détaillées. Les principales caractéristiques des trois niveaux de classification importants dans la cartographie écologique de l'Arctique que l'on peut identifier à l'aide de la télédétection par satellite sont données au tableau 7 (voir l'annexe).

En général, on a constaté qu'on peut réaliser la cartographie du milieu biophysique des régions arctiques et subarctiques pour le niveau des systèmes écologiques à l'aide des données de satellite (McQuillan, 1975). En ce qui concerne la cartographie des systèmes écologiques de la zone boréale ainsi que la cartographie des types écologiques de la plupart des régions, il est préférable de recourir à la photographie aérienne à moyenne ou grande échelle (McQuillan, 1975).

On a entrepris la majorité des études concernant l'application des données du balayeur multispectral de LANDSAT à la classification terrestre du point de vue écologique dans les régions subarctiques (Kozlovic et Howarth, 1977 - île Penn, nord de l'Ontario) ou dans les régions de forêts ou de muskeg des basses terres du Nord (Thie, 1974, 1976a, 1976b - à Churchill, au Manitoba).

4.1 TECHNIQUES

Les techniques utilisées pour la cartographie écologique (voir le tableau 8 en annexe) comprennent diverses méthodes d'analyse visuelle et numérique; dans la plupart des cas, les techniques de télédétection associées à LANDSAT ne sont pas, à elles seules,

considérées comme opérationnelles pour ce type de cartographie. On utilise de façon opérationnelle les données de satellite au cours de l'interprétation visuelle des produits photographiques du balayeur multispectral de LANDSAT pour les activités préliminaires aux travaux sur le terrain (par ex., pour le choix des sites et la délimitation générale des régions écologiques) et dans le cadre d'un inventaire à plusieurs étapes (Wiken et coll., 1979; Russell et Boyd, 1977; Wiken et coll., 1980). En collaboration avec le Centre canadien de télédétection, la Commission géologique du Canada a entrepris un projet pour lequel les données de satellite jouent un rôle prépondérant. Ce projet utilise des données LANDSAT classifiées numériquement (classification dirigée) et des photographies aériennes pour la production de cartes de la géologie superficielle de certaines régions de l'Arctique canadien (Rencz et Shilts, 1982).

4.1.1 Analyse visuelle de produits photographiques LANDSAT

Les compositions colorées du balayeur multispectral de LANDSAT dans les bandes 4, 5 et 7 (composition colorée numéro 1) servent actuellement de principale source de données dans la technique d'échantillonnage à plusieurs étapes pour les cartes de la Collection de documents d'information sur l'utilisation des terres du Nord (CDIUTN), projet parrainé conjointement par Environnement Canada et par Affaires indiennes et du Nord Canada. L'une des composantes de cette collection comprend une série de cartes à 1/250 000 délimitant les districts écologiques du Nord (Wiken et coll., 1980).

L'imagerie LANDSAT est le seul type de données qui soit utilisé au cours des diverses phases de la cartographie des districts écologiques. Les compositions colorées datant de la fin du printemps ou du début de l'été sont assemblées sous forme de mosaïques et examinées en même temps que des cartes topographiques à 1/1 000 000 et 1/500 000; on obtient ainsi une indication du nombre et de la complexité des districts écologiques pour la région en question. Par la suite, on utilise des cartes de travail plus détaillées en même temps que les clichés LANDSAT afin de délimiter les districts écologiques sur un fond de carte topographique à 1/250 000. De même, on décrit les unités selon la surface, l'apparence et la variété des éléments de terrain.

Les examens préalables aux travaux sur le terrain sont réalisés par analyse de photographies aériennes en noir et blanc (à 1/60 000), ce qui permet de vérifier la délimitation des frontières et d'obtenir des renseignements superficiels plus détaillés (par ex., formes

locales du terrain, conditions de drainage, réseaux de phénomènes souterrains, etc.). De même, on met au point un mode d'échantillonnage optimal sur le terrain et l'on détermine les zones qui bénéficieraient d'une interprétation stéréoscopique.

L'imagerie LANDSAT sert aussi aux travaux sur le terrain et aux étapes postérieures associées au programme CDIUTN. Sur le terrain, les images LANDSAT constituent une référence facile à utiliser et servent à établir des transects éventuels lorsque les conditions météorologiques locales sont défavorables. Les limites préliminaires des districts écologiques sont revues au cours d'un nouvel examen des compositions colorées LANDSAT en même temps que des diapositives couleur de 35 mm qui ont été prises sur le terrain (Wiken et coll., 1980).

Kozlovic et Howarth (1977) ont utilisé l'analyse visuelle de données LANDSAT pour établir la cartographie du milieu physique du nord-ouest de l'Ontario de la même manière qu'elles ont été utilisées pour le programme CDIUTN. (Wiken et coll., 1980). À l'aide d'un diapositif infrarouge fausses couleurs (composition colorée numéro 1) agrandie, Kozlovic et Howarth ont identifié quatre grandes classes et quinze sous-classes (voir le tableau 9 en annexe) dont les limites ont été reportées sur un fond de carte à 1/250 000 à l'aide d'une lunette de transfert à focale variable. Pour tirer parti de tous les détails disponibles sur l'image, les zones d'intérêt des bandes 4, 5 et 6 ont été agrandies par procédé numérique par un système d'analyse d'images multispectrales. Une interprétation visuelle a été opérée sur les zones par projection d'un diapositif extrait d'une bande pour ordinateur sur un fond de carte à 1/140 000. La photographie aérienne infrarouge couleur à 1/70 000 ainsi que des données recueillies lors de visites sur le terrain ont servi à identifier les classes qui avaient été délimitées visuellement sur la composition colorée originale. La classification résultant des données LANDSAT ressemblait à celle qui a été obtenue de photographies aériennes et a été effectuée bien plus rapidement. Quinze classes biophysiques ont été identifiées grâce aux données du balayeur multispectral de LANDSAT contre dix-neuf à l'aide des photographies aériennes. Les classes qui n'ont pas été identifiées étaient très petites ou présentaient des caractéristiques spectrales semblables. La facilité d'identification est partiellement attribuable aux faibles variations de tonalité et de forme représentées par l'imagerie LANDSAT. Il faut cependant noter que les données de terrain tirées de photographies aériennes et de visites sur le terrain sont

essentielles pour obtenir une identification exacte (Kozlovic et Howarth, 1977).

D'autres essais de cartographie écologique par analyse visuelle ont été moins fructueux. L'analyse des épreuves sur papier d'images multidates à 1/1 000 000 a donné une classification médiocre. En effet, une classe du niveau des systèmes écologiques a mal été classifiée et ce à un taux minimal de 21 % (Thie, 1976a et 1976b). De même, les classes spectrales définies étaient si étendues que leur valeur était réduite; en effet des 50 types écologiques caractéristiques de la zone, seuls quelques-uns ont pu être identifiés sur l'imagerie de satellite. Par conséquent, il a fallu fusionner les classes pour constituer 15 groupes plus vastes (Thie, 1976b).

Une autre technique examinée par Thie (1976a et 1976b) est l'analyse visuelle de compositions colorées agrandies numériquement (1/250 000). Bien que cette technique ait permis de définir les systèmes écologiques de façon plus précise que ne le permettait l'imagerie ordinaire à 1/1 000 000, les épreuves à 1/250 000 n'ont pas permis d'améliorer la précision globale de la classification. En outre, l'analyse de l'imagerie agrandie s'est avérée plus coûteuse et plus longue à effectuer (voir le tableau 10 en annexe).

4.1.2 Techniques d'analyse numérique

Les techniques d'analyse dirigée et non dirigée ont été évaluées en vue de la cartographie du milieu biophysique. D'après les résultats obtenus, ce type de cartographie par analyse numérique n'est pas particulièrement pratique dans les régions de muskeg et de forêt boréale (Thie, 1974). Les classifications pour les écosystèmes arctiques et subarctiques ont été plus réussies (Kozlovic et Howarth, 1977; George et coll., 1977).

4.1.2.1 Techniques de classification dirigée

Les techniques de classification dirigée ont été appliquées avec de bons résultats à la cartographie écologique dans la zone subarctique. Kozlovic et Howarth (1977) ont effectué une classification satisfaisante du milieu biophysique de l'île Penn en utilisant le système d'analyse d'images multispectrales. La classification par le maximum de vraisemblance fondée sur des échantillons d'entraînement d'au moins 50 pixels, appliquée aux données affichées avec agrandissement de deux, a permis de détecter 13 des 15 classes qui pouvaient être identifiées visuellement sur les produits photographiques du balayeur

multispectral de LANDSAT (section 4.1.1; voir le tableau 9 en annexe). Un nouvel entraînement a permis d'améliorer davantage l'exactitude de la classification. Bien que l'extension des signatures ait donné une classification assez précise, on a remarqué que, lorsqu'on essayait de classifier les zones extérieures aux zones d'entraînement, on obtenait une classification qui avait tendance à ne représenter que les associations générales de végétation et de drainage au lieu de représenter l'ensemble des relations biophysiques.

La classification dirigée des données du balayeur multispectral de LANDSAT a servi de source d'information pour une surveillance écologique de plusieurs niveaux dans la région de la baie d'Hudson (Wickware et coll., 1980). A l'aide du seuil à n dimensions et de sites d'entraînement identifiés sur des photographies couleur et infrarouge couleur de 70 mm à 1/2 000, huit classes spectrales ou thèmes, au premier niveau de classification, ont été identifiés. On a analysé visuellement d'autres photographies aériennes à diverses échelles en vue de la délimitation de trois autres niveaux détaillés (systèmes, types et phases écologiques). Une certaine confusion est apparue lors de l'identification de certains thèmes, et notamment à propos des estrans, des marécages à buissons, et des cordons littoraux dépourvus de végétation ou à végétation clairsemée, mais la classification dirigée a été jugée suffisamment précise pour permettre une classification écologique générale (Wickware et coll., 1980).

La géologie superficielle (1/125 000) du lac Kaminak (T.N.-O.) (SNRC 55L) a été cartographiée par Rencz et Shilts (1982) à l'aide de la classification dirigée. Les unités de cartes identifiées étaient des unités biophysiques qui ont été caractérisées par une association unique de végétation et des matériaux superficiels. Les cartes correspondraient probablement au niveau des systèmes écologiques, dans la classification biophysique (Thie, 1976b). Dans tous les cas, la cartographie de ces unités s'est effectuée avec une exactitude supérieure à 79 % et il a été possible d'établir des divisions plus précises (particulièrement pour les tills et les alluvions) sans que l'exactitude n'en souffre. On a produit des tracés en couleur portant sur une zone de 2 200 x 2 000 pixels au maximum à des échelles variant entre 1/50 000 et 1/250 000, ce qui a facilité l'interprétation des signatures spectrales (groupements) en tant que thèmes (unités d'occupation du sol). En outre, les auteurs ont déclaré qu'une connaissance approfondie des associations de végétation, des sédiments superficiels et des

relations habituelles entre ces deux éléments constitue une composante essentielle de ce projet, de même que des futurs projets de cartographie.

Grâce à la classification dirigée et à la règle de décision du maximum de vraisemblance, Thie (1976a) a pu identifier dix classes différentes dans la région boréale septentrionale près de Churchill (Manitoba), avec une exactitude d'environ 80 %. Les classes comprenaient des champs de pierres, de l'eau, des polygones de tourbe, des plateaux de tourbe, des sables recouverts de lichens, des marécages réticulés, des carex avec mélèzes et, parfois, des épinettes noires, et un certain nombre d'associations d'arbres. Par rapport aux 50 types écologiques qu'on a pu identifier visuellement, grâce aux photographies aériennes en noir et blanc à 1/100 000 et aux travaux sur le terrain (Thie, 1976a et 1976b), les classes délimitées numériquement avaient une définition si vague que la valeur de l'information était limitée. En outre, on a constaté que, puisque les extensions de signature ne fournissaient pas de classification fiable, l'entraînement devait être répété pour chaque district écologique, compte tenu d'une moyenne de 5 à 20 districts écologiques par cliché de satellite (Thie, 1976b). Par conséquent, Thie (1976a et 1976b) ne recommandait pas la classification numérique des données du balayeur multispectral de LANDSAT pour la cartographie du milieu biophysique. Thie a conclu que, même si la classification automatique était prometteuse pour la cartographie du couvert végétal, elle ne fournissait pas de renseignements sur les formes du terrain, qui constituent la base de la plupart des travaux de cartographie des écosystèmes, et que ses applications étaient donc limitées. Son utilisation se limiterait aux zones non perturbées qui sont très simples des points de vue écologique et physiographique.

4.1.2.2 Techniques de classification non dirigée

On recourt surtout à la classification non dirigée en vue de la classification préliminaire et non définitive des données du balayeur multispectral de LANDSAT. Ces dernières, comme nous l'avons déjà signalé, servent à l'évaluation des terrains, à la sélection des zones d'entraînement et aux travaux sur le terrain. On a examiné à cette fin divers algorithmes statistiques.

A l'aide des quatre bandes, Wickware et coll. (1980) ont appliqué la technique de classification par la méthode des moyennes dynamiques à une région subarctique située dans la baie d'Hudson. On a constaté que les résultats

étaient satisfaisants pour la classification préliminaire de la zone d'étude, pour la sélection de zones d'entraînement et pour la localisation des lignes de vol et de transects.

George et coll. (1977) ont appliqué avec succès une méthode de classification non dirigée à la cartographie de l'écologie de l'Alaska en utilisant l'algorithme de groupement statistique et l'algorithme du maximum de vraisemblance. La photo-interprétation de compositions colorées du balayeur multispectral de LANDSAT et d'épreuves en noir et blanc dans la bande 7 (à une échelle de 1/250 000) a permis d'établir une carte préliminaire des formes du terrain et des associations végétales, qui a servi à affecter provisoirement des types de couvert aux classes spectrales résultant de la classification numérique. Les auteurs ont constaté que la classification non dirigée fournissait davantage de données qu'on ne pouvait en obtenir grâce à l'interprétation de photographies (avec identification de 13 classes). Une certaine confusion est apparue lors de la classification, car divers types de sols et de couvert végétal ont été inclus dans une seule classe spectrale (par ex., estrans, lacs drainés, écoulements de lave, affleurements de granite et anciens incendies de forêts). Cependant, l'utilisation de sources supplémentaires (comme des cartes topographiques et des images LANDSAT prises en hiver, qui mettent en relief les formes du terrain) ont considérablement atténué ce problème. L'extrait (copies en clair en couleurs corrigées de l'erreur géométrique à des échelles de 1/250 000 et 1/63 360 et des résumés de l'information sous forme de tableaux établis par permis de package) a permis d'obtenir des produits utiles pour les travaux sur le terrain, pour les travaux d'analyse et pour la visualisation.

Outre la technique d'échantillonnage par groupement et la technique informatique de reconnaissance des formes étudiées à la section 2.1.2.2 pour la cartographie de l'occupation du sol, Tarnocai et Kristof (1976) ont utilisé des données de terrain pour établir la cartographie écologique dans la zone située aux environs de l'île Richards. Les 22 classes spectrales identifiées à l'aide de cette méthode ont été groupées de deux façons avant d'être affichées sur des cartes: 1) en classes terrestres, et 2) en classes aquatiques. On a établi une relation étroite entre les classes spectrales et les systèmes terrestres et aquatiques identifiés sur le terrain. Dans cette étude, les types de l'occupation du sol arctique identifiés ont fait l'objet d'une relation étroite avec d'autres composantes des écosystèmes tels que

les formes du terrain, les matériaux associés et les sols (Tarnocai et Kristof, 1976).

La classification non dirigée à l'aide de la méthode de l'histogramme à quatre dimensions avec sélection des seuils par l'utilisateur a aussi fait l'objet d'un examen en vue de son utilisation pour la cartographie écologique (Thie, 1976a). Bien que des thèmes détaillés de cartes aient été créés à l'aide de cette technique, ils n'étaient pas souvent reliés aux classes terrestres. Pour obtenir une bonne relation, il aurait fallu davantage de temps et de données de terrain qu'il n'en faut généralement pour effectuer la classification dirigée.

4.1.2.3 Analyse numérique de données multitudes

Les classifications dirigée et non dirigée ont fait l'objet d'un examen en vue de leurs utilisations pour la cartographie écologique à l'aide d'une imagerie multitemporelle. Thie (1976b) a constaté qu'en ajoutant un canal de données acquises en hiver (bande 5) à trois canaux de données acquises en été (bandes 5, 6 et 7), on obtenait une classification plus exacte. Ceci était vrai quand la végétation présente était assez haute et assez dense pour pénétrer la couche de neige et réduire sa réflectance. Dans le cas contraire, l'addition des données saisies en hiver réduisait l'exactitude de la classification au lieu de l'améliorer (Thie, 1976b).

4.2 DISCUSSION

L'utilité des données de satellite pour la cartographie écologique semble varier selon la nature de la région à cartographier, l'échelle cartographique, et le type de renseignements requis. Pour les régions arctiques et subarctiques, la photographie aérienne à moyenne échelle (1/70 000) contient plus de détails qu'il n'en faut pour la cartographie du milieu biophysique, particulièrement compte tenu du délai imparté (Kozlovic et Howarth, 1977; Wiken et coll., 1980). La présence de détails étrangers complique et allonge l'analyse des photos aériennes. L'analyse visuelle des données du balayeur multispectral de LANDSAT associée aux données de terrain s'est donc avérée efficace pour ce type de travail (Kozlovic et Howarth, 1977; Wiken et coll., 1980; George et coll., 1977). Les techniques d'analyse numérique semblent généralement donner des informations qui, même si elles sont utiles pour les étapes préliminaires de la cartographie écologique, ont une valeur limitée pour la cartographie détaillée (Wickware et coll., 1980; Thie 1976a et 1976b; Tarnocai et Kristof, 1976). Cependant, la

gamme de 8 à 15 classes reconnaissables à l'aide des techniques d'analyse numérique pourrait donner une carte écologique suffisamment détaillée dans une zone qui est homogène et qui n'a pas été perturbée.

Dans les environnements de muskeg et de forêt boréale, la télédétection par satellite ne s'est pas avérée efficace pour la cartographie du milieu biophysique au niveau des systèmes écologiques ou même des districts écologiques. L'incapacité de reconnaître bon nombre des classes terrestres sur l'imagerie acquise par le balayeur multispectral de LANDSAT (attribuable, en partie, à l'insuffisance de détails, à une médiocre résolution, et à un manque de renseignements sur le relief topographique) force à regrouper de nombreux types d'occupation du sol en une seule classe, ce qui donne un faible nombre de classes à caractère hétérogène, n'ayant pas de valeur utilisable.

Les principaux avantages qu'on attendait de la télédétection par satellite dans l'Arctique sont la promptitude par laquelle on obtiendrait des données et des analyses, la facilité de traiter les données, de même qu'une couverture annuelle complète à un coût sensiblement moindre que selon une autre méthode.

On peut se faire une idée des répercussions économiques des techniques de télédétection par satellite sur la cartographie du milieu biophysique de l'Arctique en examinant le programme CDIUTN (section 4.1.1). Le budget annuel affecté à la cartographie des districts écologiques dans le cadre de ce programme est de 21 000 \$, exclusion faite des traitements, et de six mois-personnes de travail pour établir une carte d'une zone de 246 000 km² (environ 27 coupures de carte à 1/250 000) (Wiken et coll., 1980). La classification complète des districts écologiques revient donc à 9 \$/km² (0,09 \$/ha), soit 780 \$ et 4,5 jours-personnes par coupure de carte. Etant donné un budget de fonctionnement aussi bas et une zone à cartographier aussi vaste, les données LANDSAT sont essentielles. Wiken et coll. (1980) ont noté qu'un seul vol diagonal au-dessus de chaque coupure de carte absorberait environ 90 % du budget total. En outre, l'analyse visuelle de photographies aériennes avant l'exécution des travaux sur le terrain (environ 8 500 photographies à 1/60 000) demanderait plus de 1 000 h de travail. Etant donné qu'on ne dispose que de 900 h au total, cette entreprise est tout à fait irréalisable (Wiken et coll., 1980).

McQuillan (1975) a fait remarquer qu'en utilisant les données du balayeur multispectral de LANDSAT et en effectuant des vérifications au

sol, on réduirait de 20 % la durée totale et le coût d'un inventaire rapide des ressources. Un levé biophysique du nord du Canada effectué par des techniques classiques coûterait généralement (selon l'ampleur des travaux) de 18 à 61 millions de dollars soit 2,30 \$ à 8,50 \$/km². Le même levé pratiqué à l'aide de la télédétection ne coûterait que 9,4 à 18 millions de dollars soit 1,20 \$ à 2,30 \$/km² (0,01 \$ à 0,02 \$/ha). Donc, l'utilisation de la télédétection pourrait représenter une économie de 9 à 43 millions de dollars. En outre, le levé pourrait s'effectuer en trois à cinq années contre dix à vingt années pour un levé de type classique (Thie et coll., 1974). Plus récemment, George et coll., (1977) ont estimé qu'on pourrait établir des cartes du couvert végétal et des sols couvrant une zone de 1,6 million d'hectares au coût de 130 000 \$ (soit 8 \$/ha), y compris l'acquisition des données, les coûts d'informatique, la main-d'oeuvre nécessaire aux travaux sur le terrain et les coûts d'affrètement d'hélicoptères.

Un levé à partir de données LANDSAT ne serait pas aussi détaillé qu'un levé classique. Toutefois, la célérité avec laquelle on peut le réaliser, sans compter son coût sensiblement inférieur, en font un instrument précieux de cartographie du Nord. On attache un intérêt marqué au Nord, de même qu'à la nécessité de la planification et du zonage. On attache aussi de l'importance à la gestion de la faune et des forêts, à la planification et à la surveillance des travaux techniques et de construction. Pour toutes ces raisons, les données LANDSAT, même présentées de façon très générale, sont très utiles. Elles le deviendront vraisemblablement même de plus en plus, à mesure que les techniques évolueront.

5. RÉSUMÉ

Le présent document porte sur l'utilisation des données fournies par satellite pour les opérations simples de cartographie de l'occupation du sol, du couvert végétal et de l'écologie ou du milieu biophysique. En général, les études ont démontré qu'on peut reconnaître de vastes classes pour chacun des trois types de cartographie (voir le tableau 11 en annexe). L'analyse visuelle des produits du balayeur multispectral de LANDSAT s'est avérée la technique la plus utile pour les types de cartographie plus complexes en terme d'exactitude, de coûts et de cohérence des résultats. Les techniques d'analyse numérique ont généralement donné de meilleurs résultats pour les classifications simples de l'occupation du sol dans des zones relativement homogènes.

Les produits LANDSAT ne sont pas nouveaux et l'on ne s'attend pas à ce qu'ils soient la seule source de données utilisée pour la cartographie opérationnelle de l'occupation du sol arctique. Ils constituent cependant un élément clé d'une technique d'échantillonnage en plusieurs étapes ou à titre de source accessoire de données et peuvent occasionner d'importantes économies dans les coûts des travaux préliminaires, des travaux réalisés sur le terrain et des travaux d'analyse.

On prévoit que les données provenant de satellite en vue de la cartographie de l'occupation du sol auront de plus en plus d'importance à mesure que les capteurs seront améliorés. Par exemple, LANDSAT-4, qui a été lancé en 1982, comporte un balayeur multispectral appelé capteur TM (cartographie thématique). Ce capteur donnera une meilleure résolution au sol (30 m x 30 m contre 80 m x 80 m pour le capteur actuel) ainsi que de meilleures résolutions radiométriques et spectrales. Il en résultera une augmentation de renseignements et une plus grande précision spatiale des images, ce qui permettra d'améliorer l'exactitude de la cartographie de l'occupation du sol. Le satellite français SPOT (Satellite probatoire pour l'observation de la Terre), qui doit être lancé en 1986, aura deux caractéristiques importantes, soit une meilleure résolution spatiale et une couverture stéréoscopique.

Compte tenu de ces progrès dans l'acquisition des données, on prévoit que les satellites deviendront une source de données de plus en plus importante pour la cartographie de l'occupation du sol arctique. Cependant, ces progrès doivent s'accompagner de la mise au point de meilleures techniques d'analyse, si l'on veut être en mesure d'exploiter pleinement ces données à l'avenir.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Anderson, J.H., 1976. On Vegetation Mapping in Alaska Using LANDSAT Imagery: for NASA under contract titled Identification; Definition and Mapping of Terrestrial Ecosystems in Interior Alaska, 133 p. plus cartes.
- Boydell, A.N., 1974. Evaluation of the Potential Uses of Earth Resources Technology Satellite (ERTS-1) Data for Small Scale Terrain Mapping in Canada's North. Actes de la Société internationale de photogrammétrie, Banff (Alb.), p. 329-340.
- Cihlar, J., Thompson, D.C., et Klassen, G.H., 1978. Mapping Vegetation at 1:1 Million from LANDSAT Imagery. Cinquième symposium canadien de télédétection, Victoria (C.-B.), p. 427-440.
- Condit, C.D., et Chavez Jr., P.S., 1979. Basic Concepts of Computerized Digital Image Processing for Geologists. Geological Survey Bulletin 1462, U.S. Printing Office, Washington (D.C.), 16 p.
- General Electric Co., 1976. Landsat Data Users Handbook. Landsat Investigation Support. Code 902.6 NASA, Goddard Space Flight Center, Greenbelt (Md.).
- George, T.H., Stringer, W.J., et Baldrige, J.N., 1977. Reindeer Range Inventory in Western Alaska from Computer-Aided Digital Classification of Landsat Data. Proceedings of the Eleventh International Symposium on Remote Sensing of the Environment (vol. 1), Ann Arbor (Mich.), p. 671-681.
- Hall, D.K., Ormsby, J.P., Johnson, L., et Brown, J., 1979. Landsat Digital Analysis of the Initial Recovery of the Kokolik River Tundra Fire Area, Alaska. NASA Technical Memorandum 80602, NASA, Goddard Space Flight Center, Greenbelt (Md.), 15 p.
- Howarth, P.J., 1976. Mapping of the Canadian High Arctic From Landsat-1 Digital Data, université McMaster, Hamilton (Ont.), 3 p.
- Johnston, I.L., et Howarth, P.J., 1980. Digital Enhancements for Vegetation Mapping in a Subarctic Environment. Sixième symposium canadien de télédétection, Halifax (N.-É.), p. 405-412.
- Karpuk, E.W., 1978. Ecological Land Classification South-East of Lesser Slave Lake, Alberta Using Airborne and Landsat Remote Sensing. Thèse de maîtrise, université McMaster, Hamilton (Ont.), 290 p.
- Kozlovic, N.J., et Howarth, P.J., 1977. Biophysical Mapping in Northwestern Ontario from Aircraft and Satellite Remote Sensing Data. Quatrième symposium canadien de télédétection, Québec (Qué.), p.27-33.
- Lacate, D.S., 1969. Guidelines for Biophysical Land Classification. Publication 1264 du Service canadien des forêts, Ottawa (Ont.), 61 p.
- Lyon, J.G., et George, T.L., 1979. Vegetation Mapping in the Gates of the Arctic National Park. Proc. of the 45th Annual Meeting (vol. II) of the Am. Soc. of Photogrammetry, Washington (D.C.), p. 483-497.
- McKendrick, J.D., Scorup, P.C., Mitchell, W.W., et Branton, C.I., 1974. Identification of Phenological Stages and Vegetation Types for Land Use Classification. Contrat NAS5-21633, Type 3, Rapport final, NASA, Goddard Space Flight Center, Greenbelt (Md.), 105 p.
- McQuillan, A.K., 1975. Benefits of Remote Sensing in Canadian Northern Resource Development. Research Report 75-6AX, Centre canadien de télédétection, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa (Ont.), 79 p.
- Prout N.A., 1977. The Mapping of Ecological Land Units of Labrador Utilizing Landsat Imagery. Quatrième symposium canadien de télédétection, Québec (Qué.), p. 282-293.

- Reeves, R.G. (éd.), 1975. Manual of Remote Sensing. 2 vol. American Society of Photogrammetry, Falls Church (Va.), 2144 p.
- Rencz, A.N., et Shilts, W.W., 1982. Surficial geology mapping from LANDSAT. Kaminak Lake, N.W.T. Actes du septième symposium canadien de télédétection, Winnipeg (Man.), p. 358-363.
- Rubec, C.D., et Wickware, G.M., 1978. Automated Land Classification in the Boreal Zone Using Landsat Digital Data. Actes du cinquième symposium canadien de télédétection, Victoria (C.-B.), p. 127-135.
- Russell, D., et Boyd, C., 1977. Summer 1977, Reports - Habitat Section, rapport interne non publié, Yukon Game Branch (Yuk.), p. 22-25.
- Spatial Data Systems Inc., 1975. Computer Eye - Handbook of Image Processing. 1^{re} éd. Goleta (Calif.), 68 p.
- Swain, P.H., et Davis, S.M., (éd.), 1978. Remote Sensing - The Quantitative Approach. McGraw-Hill Inc., New York (N.Y.), 396 p.
- Tarnocai, C., et Kristof, S.J., 1976. Computer-Aided Classification of Land and Water Bodies Using Landsat Data, Mackenzie Delta Area, N.W.T., Canada. Alpine and Arctic Research, vol. 8, no. 2, p. 151-159.
- Thie, J., 1974. Remote Sensing for Northern Inventories and Environmental Monitoring. Prepared for the National Workshop to Develop an Integrated Approach to Northern Baseline Data Inventories, Toronto (Ont.), 7 p.
- Thie, J., 1976a. Evaluation of Remote Sensing Techniques for Biophysical Land Classification in the Churchill Area, Manitoba. Thèse de maîtrise, Department of Soil Science, Université du Manitoba, Winnipeg (Man.).
- Thie, J., 1976b. An Evaluation of Remote Sensing Techniques for Ecological (Biophysical) Land Classification in Northern Canada. Proceedings of the First Meeting of the Canadian Committee on Ecological (Biophysical) Land Classification, Petawawa (Ont.), p. 129-147.
- Thie, J., Tarnocai, C., Mills, G.E., et Kristof, S.J., 1974. A Rapid Resource Inventory for Canada's North by Means of Satellite and Airborne Remote Sensing. Actes du deuxième symposium canadien de télédétection, Guelph (Ont.), p. 199-215.
- Wickware, G.M., Sims, R.A., Ross, R.K., et Cowell, D.W., 1980. The Application of Remote Sensing Techniques for an Ecological Land Survey of the Snow Goose Colony at Cape Henrietta Maria, Hudson Bay. Actes du sixième symposium canadien de télédétection, Halifax (N.-É.), p. 387-395.
- Wiken, E.B., Pierce, T.W., et Ironside, G.R., 1980. Multistage Remote Sensing in Exploratory Ecodistrict Land Classification. Actes du sixième symposium canadien de télédétection, Halifax (N.-É.), p. 63-71.
- Wiken, E.B., Welch, D.M., Ironside, G., et Taylor, D.G., 1979. Ecological Land Survey of the Northern Yukon. Proceedings of the Second Canadian Committee on Ecological Land Classification, Victoria (C.-B.), p. 361-372.

Tableau 1. MÉTHODES DE CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL ARCTIQUE (fin)

PROBLÈME À RÉSoudre ET RÉFÉRENCE	TYPE DE DONNÉES	TYPE D'ANALYSE	CATÉGORIES IDENTIFIÉES	EXACTITUDE	OBSERVATIONS
Cartographie de l'occupation du sol de l'Extrême- Arctique (Howarth, 1976)	- données LANDSAT sur BO	- CIAS classification dirigée	- eau; neige et glace; végétation et solifluxion libre; plages soulevées et solifluxion entravée; surfaces altérées de plateaux		- cartographie thématique préliminaire, fondamen- tale et rapide
Cartographie de l'occupation du sol arctique (Tarnocai et Kristof, 1976; Thie et coll., 1974) Voir tableau 8	- données LANDSAT sur BO	- LARS échantillonnage par groupement, statistiques de groupement servant de données d'en- traînement pour la technique de reconnaissance des formes	- 3 grandes catégories: végétation, absence de végétation et masses d'eau - subdivisions (spectrales) en 22 classes, reconnais- sance à l'aide de données de terrain Voir tableau 8	88 % (maximum)	- problèmes en cas de petites zones et de zones de transition

Tableau 2. MÉTHODES VISUELLES POUR LA CARTOGRAPHIE DU COUVERT VÉGÉTAL ARCTIQUE

PROBLÈME À RÉSoudre ET RÉFÉRENCE	TYPE DE DONNÉES	TYPE D'ANALYSE	CATÉGORIES IDENTIFIÉES	EXACTITUDE	OBSERVATIONS
Cartographie du couvert végétal de l'Alaska (Anderson, 1976)	1) composition infrarouge fausse couleur (bandes 4, 5, 7) à 1/1 083 400	interprétation visuelle à l'aide des couleurs, formes et types	7 classes de couleurs: 1) bosquets d'arbrisseaux; 2) végétation de toundra sèche; 3) toundra humide; 4) traces d'incendie; 5) végétation sénescence; 6) hautes-terres et zones montagneuses avec végétation clairsemée ou inexistante; 7) végétation de toundra sèche avec prédominance d'herbe	excellente classification générale du couvert végétal	- échelle trop petite pour permettre une définition précise des types de couvert végétal - l'utilisation de cartes topographiques ou de données de terrain pourrait améliorer la classification
	2) composition infrarouge fausse couleur à 1/250 000	interprétation visuelle	5 classes de couleurs: 1) forêt de conifères; 2) forêt de décidus; 3) bosquets d'arbrisseaux décidus; 4) végétation de tourbières; 5) arbrisseaux nains, végétation de toundra avec herbes et mousses Également 21 unités en "mosaïque" ou "hétérogènes"	contient plus de renseigne- ments que n'importe quelle carte publiée pour la zone	- plus efficace pour la cartographie de la végétation sur de vastes zones que les méthodes classiques

Tableau 2. MÉTHODES VISUELLES POUR LA CARTOGRAPHIE DU COUVERT VÉGÉTAL ARCTIQUE (suite)

PROBLÈME À RÉSoudre ET RÉFÉRENCE	TYPE DE DONNÉES	TYPE D'ANALYSE	CATÉGORIES IDENTIFIÉES	EXACTITUDE	OBSERVATIONS
Cartographie du couvert végétal de l'Alaska (Anderson, 1976) (fin)	3) noir et blanc au printemps et composition infrarouge fausse couleur en été à 1/250 000	interprétation visuelle d'images combinée avec renseignements physiographiques tirés de cartes topographiques	2e itération: 9 classes physiologiques subdivisées en types généraux de communautés (classification modifiée de la végétation selon Viereck et Fosberg)	degré d'exactitude de la carte - 86,75 %	- chaque unité de carte doit être accompagnée d'un texte - cartographie exécutée à 1/250 000 et agrandie à 1/63 360 - printemps: la présence de neige met en relief la hauteur et la densité du couvert végétal - été: mise en relief de la présence de feuilles et de réflectance par le proche infrarouge
	4) épreuves agrandies photographi- quement (1/250 000) - printemps: noir et blanc - été: compositions colorées	interprétation visuelle fondée sur des rensei- gnements spectraux et spatiaux et sur des renseignements physiographiques et écologiques	11 classes d'utilisation du sol - pâturages, dicotylédones herbacées, lichens, arbrisseaux - pâturages, herbacées dans une zone récemment incendiée (dicotylédones, herbes) - pâturages, arbrisseaux et broussailles - pâturages, arbrisseaux et broussailles, récemment incendiés		- renseignements généraux sur la botanique, plus nombreux que ceux des précédentes cartes du couvert végétal pour les zones en question - utilise le système de classification de l'utilisation des sols d'Anderson et coll. (1976), et met en relief les unités de cartes qui pourraient contenir des arbres de taille commerciale - les classes de toundra de niveau II ne peuvent être délimitées

Tableau 2. MÉTHODES VISUELLES POUR LA CARTOGRAPHIE DU COUVERT VÉGÉTAL ARCTIQUE (fin)

PROBLÈME À RÉSOUTRE ET RÉFÉRENCE	TYPE DE DONNÉES	TYPE D'ANALYSE	CATÉGORIES IDENTIFIÉES	EXACTITUDE	OBSERVATIONS
			<ul style="list-style-type: none"> - forêt de décidus - forêt de conifères - forêt mixte - terres mouillées, boisées - terres mouillées, non boisées (tourbières, marécages) - terrain dénudé, fle sablonneuse - toundra (arbrisseaux, arbrisseaux nains, herbacées, semi-désert) 		

Tableau 3. MÉTHODES VISUELLES POUR LA CARTOGRAPHIE DU COUVERT VÉGÉTAL ARCTIQUE
À L'AIDE DE DONNÉES ACCENTUÉES PHOTOGRAPHIQUEMENT

PROBLÈME À RÉSOUTRE ET RÉFÉRENCE	TYPE DE DONNÉES	TYPE D'ANALYSE	CATÉGORIES IDENTIFIÉES	EXACTITUDE	OBSERVATIONS
Cartographie du couvert végétal de l'Alaska (McKendrick et coll., 1974) Voir tableau 5	1) produits visuels	- procédé de synthèse de couleurs à l'aide de diapositifs en couleur de marque 3M - analyse visuelle			- impossibilité de produire des cartes à des échelles assez grandes
	2) produits visuels (bandes 4, 5, 7)	- synthétiseur multibande - analyse visuelle	permet de reconnaître la relation entre une couleur et des types de couvert végétal		- difficulté d'établir une relation entre les données de satellite et les données de terrain - l'interprétation visuelle dans les zones inconnues est très subjective
	3) produits visuels	- équidensitométrie - analyse visuelle			- insatisfaisant - impossibilité de reproduire tous les écotones par équidensito- métrie à partir d'une seule bande du balayeur multispectral

Tableau 4. MÉTHODES VISUELLES POUR LA CARTOGRAPHIE DU COUVERT VÉGÉTAL ARCTIQUE
À L'AIDE DE DONNÉES ACCENTUÉES NUMÉRIQUEMENT (fin)

PROBLÈME À RÉSoudre ET RÉFÉRENCE	TYPE DE DONNÉES	TYPE D'ANALYSE	CATÉGORIES IDENTIFIÉES	EXACTITUDE	OBSERVATIONS
Cartographie du couvert végétal subarctique du nord-ouest de l'Ontario (Johnston et Howarth, 1980) (fin)		4) accentuation par composantes principales		insatisfaisante	- types de couverts généraux visibles, mais les similitudes des occupations du sol sur l'image étaient irréalistes
Cartographie du couvert végétal des T.N.-O. (Cihlar et coll., 1978)	- BO corrigées de l'erreur géomé- trique, combinées avec des composi- tions colorées (bandes 5, 6, 7)	- CIAS classification non dirigée de scènes entières - données d'entraî- nement groupées à l'aide de la méthode des nuées dynamiques - puissant filtre spatial servant à enlever l'aspect moucheté - photos couleur d'affichage et épreuves binaires à 1/1 000 000 - interprétation visuelle de photos couleur (ainsi que de compositions colorées et de cartes topographiques) pour délimiter les zones présentant une occupation du sol homogène - travaux sur le terrain - identification des types d'occupation du sol - groupement selon le type de couverture en pourcentage - 4e et 9e itération	- terrains nus rocheux - steppe à lichens - toundra à lichens - toundra à arbris- seaux nains - lichens - toundra à arbris- seaux nains - carex - toundra à buttes de gazon - prairies à carex - forêt de transition	77 % à la 4e itération	- imagerie d'été - optimale - impossibilité de se fier à l'hypothèse du caractère spectral unique (changements de réflectance des sols, conditions atmosphé- riques etc.) - les signatures spectrales ne sont faibles que sur une base relative et locale. Il faut donc prélever sur le terrain des échantillons pour chaque unité afin de déterminer la composi- tion du couvert végétal - l'étude, qui porte sur une zone d'environ 95 000 km ² , réalisée avec 8 mois-personnes, n'aurait pas été possible sans LANDSAT

Tableau 5. MÉTHODES NUMÉRIQUES POUR LA CARTOGRAPHIE DU COUVERT VÉGÉTAL ARCTIQUE

PROBLÈME À RÉSOUDRE ET RÉFÉRENCE	TYPE DE DONNÉES	TYPE D'ANALYSE	CATÉGORIES IDENTIFIÉES	EXACTITUDE	OBSERVATIONS
Cartographie du couvert végétal de l'Alaska (Lyon et George, 1979)	BO LANDSAT 1/63 360	- classification dirigée, 30 pixels pour chacune des huit classes de couvert végétal utilisées comme zones d'entraînement; analyse discriminante par étapes portant sur les quatre canaux et sur leurs six rapports	- forêt d'épinettes - forêt mixte - terres boisées à lichens - toundra alpine - forêt feuillue - arbrisseaux - eau	égale ou supérieure à 85 %	- technique plus utile que l'analyse visuelle, nécessite cependant davantage de données de terrain et un traitement numérique plus poussé
Cartographie du couvert végétal de l'Alaska (McKendrick et coll., 1974) Voir tableau 3	- BO LANDSAT 1/18 800 - 1/500 000	- classification dirigée - zone d'entraînement de 50 à 100 pixels, taille déterminée par les distributions de fréquences (intensités de mode, variances) - impression numérique avec codage par couleur - établissement de cartes d'après les photos d'affichages	- terres mouillées - forêt feuillue - herbe/aulnes - toundra - épinettes rabougries - épinettes commerciales - forêt mixte et végétation rabougrée - grands arbrisseaux - peupliers		- les données numériques (compositions colorées agrandies et cartes thématiques) sont plus exactes et plus détaillées que les produits visuels - l'extrapolation des signatures du balayeur multispectral n'a pas été réussie pour des distances atteignant 161 km - problèmes dans l'établissement de relation entre les données LANDSAT et les données de terrain ainsi que l'emplacement des zones d'entraînement

Tableau 5. MÉTHODES NUMÉRIQUES POUR LA CARTOGRAPHIE DU COUVERT VÉGÉTAL ARCTIQUE (fin)

PROBLÈME À RÉSOUTRE ET RÉFÉRENCE	TYPE DE DONNÉES	TYPE D'ANALYSE	CATÉGORIES IDENTIFIÉES	EXACTITUDE	OBSERVATIONS
Cartographie du couvert végétal de l'Alaska (Hall et coll., 1979)	BO LANDSAT (bande 7)	- équidensitométrie numérique à un seul canal	- eau - bassins lacustres drainés (végéta- tion très mouillée) - végétation de type 1 - végétation de type 2 (la plus sèche)		- limites spectrales utilisées pour reconnaître la repousse du couvert végétal après un incendie, principal objectif de l'étude, qui ne s'attachait pas beaucoup à identifier les types de couvert végétal

Tableau 6. SYSTÈME DE CLASSIFICATION ÉCOLOGIQUE DES SOLS

SYSTÈME DE CLASSIFICATION ÉCOLOGIQUE DES SOLS	ÉCHELLES DE CARTES ASSOCIÉES	NIVEAU DE LA PLANIFICATION ASSOCIÉE	MOYENS ASSOCIÉS DE TÉLÉDÉTECTION
Province écologique	1/10 000 000 à 1/5 000 000	international	LANDSAT
Région écologique	1/3 000 000 à 1/1 000 000	national à international	LANDSAT et photographies aériennes à haute altitude
District écologique	1/500 000 à 1/250 000	régional à national	photographies aériennes à haute altitude et LANDSAT
Système écologique	1/250 000 à 1/100 000	municipal à sous-régional	photographies aériennes classiques (1/50 000)
Type écologique	1/50 000 à 1/10 000	local	photographies aériennes à faible altitude (1/25 000)
Phase écologique	1/10 000 à 1/2 500	détaillé	photographies aériennes détaillées

Source: Wiken et coll., 1980

Tableau 7. CRITÈRES DE RECONNAISSANCE POUR LES LEVÉS ÉCOLOGIQUES DE L'ARCTIQUE

NIVEAU DE GÉNÉRALISATION	GÉOMORPHOLOGIE	SOLS	VÉGÉTATION	CLIMAT	EAU	ÉCHELLE DE CARTE UTILISÉE
Région écologique	formes régionales et assemblage de formes régionales	assemblage de sous-groupes	régions à plantes	macroclimat ou mésoclimat, ou les deux	sous-bassins et grands bassins hydrographiques	1/1 000 000
District écologique	assemblages de formes locales et de certaines formes régionales	assemblage d'associations de sols	districts de plantes	mésoclimat ou vaste micro-climat, ou les deux	bassins secondaires et petits bassins hydrographiques; assemblages de petits lacs et de lacs intermédiaires	1/500 000
Système écologique	formes locales et certains assemblages de formes locales	associations de sols et assemblage d'associations de sols	associations de plantes	microclimat à grande ou petite échelle, ou les deux	subdivisions de grandes rivières, petits bassins hydrographiques, groupes de petits lacs	1/250 000

Source: Wiken et coll., 1979

Tableau 8. MÉTHODES DE CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE DE L'ARCTIQUE

PROBLÈME À RÉSOUTRE ET RÉFÉRENCE	TYPE DE DONNÉES	TYPE D'ANALYSE	CATÉGORIES IDENTIFIÉES	EXACTITUDE	OBSERVATIONS
Cartographie écologique des T.N.-O. (Wiken et coll., 1980)	- mosaïques en couleur LANDSAT, cartes topogra- phiques à 1/500 000 et 1/1 000 000	- visuelle	- nombre, caractère et variabilité approximatives des unités de carte des districts écologiques		- utilisée à l'échelle opérationnelle pour le programme CDIUTN - clichés pris à la fin du printemps et au début de l'été avec, de préférence, une couver- ture nuageuse de moins de 10 %
	- diapositifs de composition colorée LANDSAT (CCI) - avec, en plus, des photographies aériennes en noir et blanc et des photographies obliques en couleur de 35 mm	- visuelle - visuelle	- classification initiale de la zone à étudier en unités de cartes - limites des unités de carte mieux définies et définitives, ensemble de données plus détaillées		- la superficie de l'élément doit être supérieure à 5 ha pour être clairement détectée; LANDSAT est donc l'outil le plus approprié pour les éléments régionaux, qui s'étendent sur des superficies de 1 000 à 3 000 km ² (par ex., formes régionales du terrain, drainage régional et réseaux de lacs, vastes communau- tés végétales)
Cartographie du milieu biophysique et du couvert végétal de l'Alaska (George et coll., 1977)	1) LANDSAT épreuves à 1/250 000 a) compositions colorées, en été b) noir et blanc, bande 7, en hiver	- visuelle	- carte provisoire des formes du terrain et des associations végétales		- sert à établir des corrélations provisoi- res de catégories spectrales et de communautés végétales et à estimer le nombre de catégories spectrales

Tableau 8. MÉTHODES DE CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE DE L'ARCTIQUE (suite)

PROBLÈME À RÉSoudre ET RÉFÉRENCE	TYPE DE DONNÉES	TYPE D'ANALYSE	CATÉGORIES IDENTIFIÉES	EXACTITUDE	OBSERVATIONS
Cartographie du milieu biophysique et du couvert végétal de l'Alaska (George et coll., 1977) (fin)	2) BO - été	<ul style="list-style-type: none"> - classification non dirigée, algorithme de groupement statistique appliqué à des données choisies au hasard plus choix d'additions particulières à (1) - classification de scènes entières en utilisant l'algorithme du maximum de vraisemblance - exécutée indépendamment pour chaque scène 	<ul style="list-style-type: none"> - estrans - lacs drainés - sols polygonaux à centre affaissé - plaines alluviales inondables - toundra à touffes d'herbe - toundra sèche à touffes d'herbe - prairies de montagne - toundra alpine - crêtes nues, terrains rocheux, plateaux de lave - toundra à grands arbrisseaux - grands arbrisseaux - buissons d'épinettes blanches - trace d'incendies récents 	<ul style="list-style-type: none"> - contient plus de détails que (1) 	<ul style="list-style-type: none"> - chaque scène est effectuée indépendamment; la classification n'est donc pas nécessairement la même sur chaque scène et les couleurs ne correspondent pas nécessairement - nécessité de travaux sur le terrain (pour identifier les espèces de plantes, la productivité, le type de sol) - quelques communautés végétales et quelques sols sont représentés par plus d'un type de végétation et par plus d'un type de sol - il faut donc les séparer en utilisant les données de terrain ou les combiner - estimation du coût (y compris l'acquisition des données, les travaux sur le terrain, les coûts des traitements informatiques et d'affrètement d'hélicoptères) 130 000 \$ pour 1 600 000 ha, soit 8 \$/ha

Tableau 8. MÉTHODES DE CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE DE L'ARCTIQUE (suite)

PROBLÈME À RÉSoudre ET RÉFÉRENCE	TYPE DE DONNÉES	TYPE D'ANALYSE	CATÉGORIES IDENTIFIÉES	EXACTITUDE	OBSERVATIONS
Cartographie écologique, delta du Mackenzie (Tarnocai et Kristof, 1976) Voir tableau 1	BO LANDSAT	<ul style="list-style-type: none"> - classification non dirigée, échantillonnage par groupement, groupements utilisés par la technique informatique de reconnaissance des formes - identification des classes fondée sur les données de terrain 	<ul style="list-style-type: none"> 22 classes spectrales combinées en 9 classes terrestres (plus l'eau): - marécages (très mouillés, carex et végétation aquatique flottante) - marécages (mouillés, carex, saules et végétation aquatique) - marécages (à forte densité de carex et de saules) - tourbières - petites terres mouillées le long des rives de lac et tourbières - hautes-terres (toundra à arbrisseaux) - littoral dépourvu de végétation, cordons littoraux, eaux peu profondes - littoral partiellement recouvert de végétation, lits de lacs drainés - lacs ou étangs peu profonds 	88 % (maximum)	<ul style="list-style-type: none"> - données de terrain requises sous la forme exacte des transects survolés par hélicoptère, visites sur le terrain, photographies de 35 mm, cartes en courbes de niveau et images LANDSAT - les zones de transition ont suscité des problèmes d'identification - groupement des classes nécessaire - classes terrestres et classes de masses d'eau décrites selon les composants de leur écosystème

Tableau 8. MÉTHODES DE CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE DE L'ARCTIQUE (suite)

PROBLÈME À RÉSOLVRE ET RÉFÉRENCE	TYPE DE DONNÉES	TYPE D'ANALYSE	CATÉGORIES IDENTIFIÉES	EXACTITUDE	OBSERVATIONS
Classification écologique des sols (inventaire des ressources) du nord du Canada (Thie et coll., 1974)	1) photographiques	- visuelle	- relativement détaillées	détails suffi- sants pour la cartographie du milieu biophysique à 1/250 000	- préparation en un jour environ - plus laborieuse, donne moins d'information que le no 1
	2) idem, multirate	- visuelle à l'aide du synthétiseur multibande			
	3) BO corrigée de l'erreur radiométrique	- numérique	- grands types de végétation, par exemple, polygones de tourbe, champs de pierres soulevées par le gel, plateaux de tourbe, carex gelé et marécages à carex et mélèzes, marécages côtelés		- région subarctique - bonne; basses-terres - trop détaillée; région boréale - classifica- tion médiocre
	4) voir Tarnocai et Kristof (1976)				
Classification écologique des sols près de Churchill (Manitoba) (Thie, 1976a et b)	1) images à 1/1 000 000	- visuelle	- 149 systèmes écologiques combinés à 15 classes terrestres pour obtenir une classi- fication avec une exactitude acceptable	- classifi- cations erronées excessives - au mieux 21 % de clas- sification erronée	- méthode d'interpréta- tion de données de satellite la plus rentable - classes très générales, valeur limitée
	2) composition colorée à 1/250 000, agrandie numériquement	- visuelle	- 167 systèmes écologiques - réduites aux 15 mêmes classes terrestres	- inférieure au no 1 pour la classifi- cation - délimitation des systèmes écologiques plus exacte	- l'analyse demande davantage de temps (75 à 90 h contre 15 à 20 h pour le no 1) - utilisée seulement dans les zones simples et étendues nécessitant un inventaire préliminaire rapide

Tableau 8. MÉTHODES DE CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE DE L'ARCTIQUE (suite)

PROBLÈME À RÉSOLVRE ET RÉFÉRENCE	TYPE DE DONNÉES	TYPE D'ANALYSE	CATÉGORIES IDENTIFIÉES	EXACTITUDE	OBSERVATIONS
Classification écologique des sols près de Churchill (Manitoba) (Thie, 1976a et b)	3) BO corrigée de l'erreur radiométrique	- classification dirigée (système d'analyse d'images multispectrales), règle de décision du maximum de vraisemblance - données d'entraî- nement modifiées par utilisation de statistiques de classes	- carex - épinettes noires - mélèzes; épinettes noires en terrain ouvert; champs de pierres; saules - aulnes - bouleaux; eau; plateaux de tourbe; polygones de tourbe; lichens - sable - till; tourbières réticulées; pas de classification	- classification erronée pour 20 % de l'ensemble de la zone	- classes trop générales pour la cartographie du milieu biophysique, conviennent au couvert végétal - l'entraînement doit être répété pour chaque district - plus coûteuse
	4) BO corrigée de l'erreur radiométrique	- classification non dirigée, méthode multidimensionnelle, seuils choisis par l'utilisateur			- fournit des classes plus étroites que le no 3, mais elles ne sont souvent pas reliées aux classes terrestres - facteurs limitatifs (nos 3 + 4): manque d'information détaillée sur le relief, résolu- tion inappropriée pour la végétation complexe ou perturbée

Tableau 8. MÉTHODES DE CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE DE L'ARCTIQUE (suite)

PROBLÈME À RÉSoudre ET RÉFÉRENCE	TYPE DE DONNÉES	TYPE D'ANALYSE	CATÉGORIES IDENTIFIÉES	EXACTITUDE	OBSERVATIONS
Cartographie du milieu biophysique du nord-ouest de l'Ontario (Kozlovic et Howarth, 1977)	1) diapositifs de composition colorée (CC1) - photographies aériennes CIR à 1/70 000 utilisées comme données de terrain	- visuelle avec agrandissement - agrandissement numérique - échelle de carte finale - 1/140 000	4 grandes classes, 15 sous-classes (voir tableau 9)	- les classes correspondent très étroitement avec celles identifiées sur les photographies	- à ces niveaux de détails, l'analyse visuelle des données LANDSAT est plus rapide et plus facile que l'interprétation des photographies aériennes - les photographies aériennes sont essen- tielles comme données de terrain
	2) BO	- classification dirigée (système d'analyse d'images multispectrales) - algorithme du maximum de vraisemblance - image visualisée agrandie deux fois - extension du fichier des signatures	13 des 15 classes identifiées	satisfaisante encourageante	- bonne pour étendre rapidement la classi- fication, bons résultats particulière- ment dans les environ- nements simples - cette méthode donne autant de détails que la méthode no 1

Tableau 8. MÉTHODES DE CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE DE L'ARCTIQUE (fin)

PROBLÈME À RÉSOUTRE ET RÉFÉRENCE	TYPE DE DONNÉES	TYPE D'ANALYSE	CATÉGORIES IDENTIFIÉES	EXACTITUDE	OBSERVATIONS
Levés écologiques d'une colonie d'oies blanches - baie d'Hudson (Wickware et coll., 1980)	- BO, toutes bandes - photographies couleur de 70 mm et CIR à 1/2 000, utilisées pour le choix de zones d'entraînement	- classification non dirigée, méthode des moyennes dynamiques puis - classification dirigée à n dimensions	- eaux marines - lacs, étangs, rivières - estrans - marécages saumâtres de prairies avec graminoïdes - bosquets, marécages saumâtres de prairies - marécages de graminoïdes/ arbrisseaux - cordons littoraux à lichens - cordons littoraux sans végétation/à végétation clairsemée	- 21 % des pixels ne sont pas classifiés - exactitude de classification non déterminée l'inspection visuelle laisse penser que cette méthode est satisfaisante pour une classi- fication générale	- les problèmes liés à la complexité spectrale et aux pixels des contours aboutissent à une classification erronée - délimitation des principales zones d'habitat (oies blanches) réalisée par groupement des couleurs des thèmes - les données de satellite font partie d'une classification à niveaux multiples (les autres niveaux utilisant des photo- graphies aériennes à grande échelle)
Cartographie de la géologie superficielle (Rencz et Shilts, 1982)	BO LANDSAT	- classification dirigée avec les bandes 4, 5 et 7 - le traitement se fait par traceur en couleur raccordé à l'unité centrale	- till, sédiments alluviaux et marins; affleure- ments rocheux (20 à 80 % du couvert végétal); affleurements rocheux (80 % de roches); moraines côtelées; eskers et plages; eaux troubles; eau	85 %	- nécessite de bons renseignements sur les zones d'entraînement - problèmes importants dans la distinction des moraines côtelées recouvertes de blocs et des affleurements rocheux - limites bien définies

Tableau 9. CLASSES IDENTIFIÉES PAR INTERPRÉTATION VISUELLE D'UN DIAPOSTIF DE COMPOSITION COLORÉE N° 1 (BANDES 4, 5 ET 6) PAR UN SYSTÈME D'ANALYSE D'IMAGES MULTISPECTRALES PROJETÉES À 1/140 000
Île Penn, Nord-Ouest de l'Ontario

1. Eau (bleu moyen à foncé)	1A. eau trouble	(bleu moyen)
	1B. eau claire	(bleu foncé)
2. Sol dénudé (blanc à bleu pâle)	2A. estran	(bleu pâle à gris)
	2B. sable nu	(blanc)
3. Végétation - réflectance dans le proche infrarouge relativement faible (gris à gris-brun)	3A. prairies à carex	(gris à brun)
	3B. lichens	(gris moyen linéaire)
	3C. terres boisées à épinettes - lichens	(gris pâle linéaire tâcheté)
4. Végétation - forte réflectance dans le proche infrarouge (rose à rouge)	4A. prairies à tourbe	(rose pâle)
	4B. estran récent	(pêche)
	4C. estran salant ancien	(rouge moyen)
	4D. marais de transition	(rouge-gris)
	4E. forêt d'épinettes et plateaux boisés à tourbe	(rouge vif à rouge-brun)
	4F. prairies à carex couvertes d'arbrisseaux	(rouge-orange)
	4G. prairies à carex couvertes de conifères	(brun moyen)
	4H. cours d'eau et végétation associée	(zones linéaires à méandres, très variables)

Source: Kozlovic et Howarth, 1977

Tableau 10. DURÉE, COÛT ET VALEUR RELATIVE DE DIVERSES TECHNIQUES DE TÉLÉDÉTECTION POUR LA CARTOGRAPHIE DU MILIEU BIOPHYSIQUE DANS LE NORD DU MANITOBA

TECHNIQUE	DURÉE ET COÛT/13 000 km ² (excepté les travaux sur le terrain)			VALEUR D'INFORMATION
	DURÉE (h)	MATÉRIAUX	MAIN-D'OEUVRE	(max. 100)
1/1 000 000 - visuelle	15-20	100 \$	600 \$	8-10
1/250 000 - visuelle	80-100	100 \$	3 000 \$	15
Automatisée - classification dirigée	15-20	2 000 \$	600 \$	5-10
Fond de carte écologique à 1/100 000	120-160	200 \$	4 800 \$	75

Source: Thie, 1976b

Tableau 11. VALEUR DES DONNÉES LANDSAT POUR LA CARTOGRAPHIE DE CLASSES GÉNÉRALES DE TERRAIN DANS L'ARCTIQUE

APPLICATION	TECHNIQUE	ALGORITHME/ TYPE DE DONNÉES	NIVEAU DE RÉUSSITE
1. Cartographie de l'occupation du sol	visuelle	compositions colorées	élevé (1)+
	numérique	classification dirigée non dirigée	élevé élevé (1)
2. Cartographie du couvert végétal	visuelle	compositions colorées	moyen-élevé (1)
	visuelle/analogue	synthétiseur multispectral équidensitométrie	faible (1) faible (1)
	visuelle/numérique	accentuation du contraste linéaire	moyen-élevé (1)
		établissement de rapports d'une bande à une autre	faible (1) - moyen (1)
		moyennes dynamiques/ non dirigée	moyen-élevé (1)
numérique	dirigée non dirigée	moyen-élevé faible (1)	
3. Cartographie écologique	visuelle	CIR à 1/250 000 multidate à 1/1 000 000	moyen-élevé+
	numérique	dirigée non dirigée	moyen faible-moyen

(1) Indique qu'une seule source justifie cette opinion.
+ Indique que cette opinion a été contredite ailleurs.

GLOSSAIRE

Les sources des définitions du présent glossaire sont indiquées par un numéro à la suite de chaque entrée.

Accentuation des contours: technique de traitement numérique visant à rehausser les limites entre les éléments qui montrent des différences subtiles de luminosité le long de leurs contours¹⁴. (Edge enhancement)

Accentuation d'image: procédé de modification de l'aspect d'une image de façon que l'interprète puisse en extraire davantage d'information. L'accentuation peut se faire par des méthodes numériques ou photographiques (par exemple, accentuation des contours, réduction du bruit, filtrage spatial, lissage de l'image)⁹. (Image enhancement)

Accentuation du contraste: (1) processus d'accroissement du contraste. Ce contraste dépend de l'image et de son moyen de reproduction, par exemple, photographie, écran télévision. (2) Pour une image photographique, tout procédé d'accroissement du contraste de la photographie, par exemple, filtres, qualités de papier, intensification. (3) Dans le cas d'une image numérique, algorithme informatique qui permet d'accroître la gamme des valeurs numériques de l'image de façon que les valeurs les plus élevées sur l'original se rapprochent de la valeur maximale (255) sur la reproduction, et que les valeurs les plus basses se rapprochent de la valeur minimale (0), avec répartition, en conséquence, des valeurs en jeu. L'ampleur de l'accroissement est reliée aux moyens de reproduction et aux contrastes originaux dans certaines parties de l'image. Il existe plusieurs algorithmes de ce genre, par exemple, accentuation linéaire, accentuation par tables, égalisation par histogramme^{26, 7}. (Contrast stretch)

Accentuation du contraste linéaire: type particulier d'accentuation du contraste dans lequel les valeurs numériques minimales et maximales de la série de données d'entrée sont choisies par l'utilisateur et réaffectées aux valeurs les plus basses et les plus élevées du produit final. Les valeurs intermédiaires sont espacées également dans toute la gamme de l'extrait⁶. (Linear contrast stretch)

Accentuation par composantes principales: transformation linéaire avec une amplitude de variance la plus grande possible pour le premier composant et des valeurs décroissantes de variance pour chaque composant ultérieur³². (Principal components enhancement)

Algorithme (terminologie informatique): énoncé des mesures à suivre pour résoudre un problème. Un algorithme peut se présenter sous la forme d'une description, d'une note explicative ou d'un diagramme ou schéma annoté²³. (Algorithm)

Analogique: désigne la représentation, au moyen de quantités physiques continuellement variables, par exemple, pour décrire une quantité physique qui varie normalement de façon continue, telle une tension ou la position d'un axe²⁰. (Analog)

Analyse discriminante par étapes: forme d'analyse discriminante dans laquelle le calcul de la fonction discriminante n'est pas simplement basé sur les variables originales considérées dans leur ensemble, mais les variables sont plutôt introduites séparément et consécutivement par ordre de pouvoir discriminatoire. Cette méthode a l'avantage de permettre de reconnaître l'importance relative de chaque variable dans la classification des échantillons en différents groupes. La classification des variables selon leur pouvoir de prévision permet à l'analyste de se concentrer sur les facteurs qui sont importants pour la classification en groupes, ce qui permet donc de réduire les coûts de la collection et du traitement des données¹⁹. (Stepwise discriminant analysis)

Analyse par discriminants multiples: méthode statistique qui permet d'affecter des échantillons, selon une méthode de probabilité, à des populations précédemment définies en fonction d'un certain nombre de variables considérées simultanément¹⁹. (Multiple discriminant analysis)

ARIES (Applied Resource Image Exploitation System): système de traitement numérique d'image conçu et construit par DIPIX Systems Ltd. pour le Service canadien des forêts, essentiellement pour des applications forestières²⁸. (ARIES)

Balayeur à tambour: appareil qui permet de balayer et d'enregistrer deux niveaux de gris ou plus, provenant habituellement d'une lumière réfléchie par une image fixée sur un tambour rotatif². (Drum scanner)

Balayeur multispectral (MSS): système non imageur qui utilise un miroir rotatif et un capteur à faisceau de fibres optiques. Le miroir balaie d'un côté à l'autre et enregistre successivement les signaux (valeurs numériques) des pixels successifs, un couloir à la fois. Ces valeurs peuvent être soit enregistrées sur bande magnétique (s'il s'agit d'un balayeur aéroporté), soit transmises à des stations de réception (dans le cas d'un balayeur spatial). Le déplacement longitudinal de la plate-forme porteuse positionne le capteur à un emplacement situé le long de la ligne de vol ou de la trajectoire orbitale où il peut détecter un couloir adjacent. L'amplitude des signaux enregistrés peut être convertie en une image donnant ainsi un produit semblable à une photo du terrain qui a été couvert^{14, 7}. (Multispectral scanner)

Balayeur multispectral, balayeur de LANDSAT (MSS): le balayeur de LANDSAT 1 et 2 recueille des données en couvrant la surface de la Terre simultanément en plusieurs bandes spectrales. Il s'agit alors d'un balayeur à quatre bandes, soit la gamme de bandes spectrales de 0,5 à 1,1 μm réfléchie par le soleil. LANDSAT-3 comprend une bande supplémentaire dans l'infrarouge thermique. Ces bandes sont appelées bandes 4, 5, 6, 7 et 8, et fonctionnent dans les longueurs d'onde de 0,5 à 0,6 μm , de 0,6 à 0,7 μm , de 0,7 à 0,8 μm , de 0,8 à 1,1 μm et de 10,4 à 12,6 μm respectivement¹⁴. (Multispectral scanner, LANDSAT MSS)

Bande passante: dans les filtres numériques, il s'agit de la fréquence spatiale des données transmises par le filtre. Les filtres passe-haut transmettent des données de haute fréquence, tandis que les filtres passe-bas transmettent des données de basse fréquence⁹. (Pass)

Bande pour ordinateur (BO): (1) support linéaire qui permet d'emmagasiner des renseignements, adapté aux entrées ou aux sorties sur ordinateur, par exemple, une bande magnétique. (2) Bande qui peut être perforée, revêtue ou imprégnée de substances magnétiques ou sensibles aux effets optiques, et peut être utilisée pour l'introduction, l'emmagasinage ou l'extraction de données. Ces données sont emmagasinées en série dans plusieurs canaux en travers de la bande, transversalement au mouvement de lecture ou d'écriture²⁴. (Computer-compatible tape)

Bande spectrale: intervalle du spectre électromagnétique compris entre deux longueurs d'onde, deux fréquences ou deux nombres d'onde. Un capteur donné (par ex., un radiomètre ou une émulsion de chambre de prise de vues) est conçu pour mesurer ou capter l'énergie reçue par le satellite et provenant de cette région du spectre. Aussi appelé intervalle spectral²³. (Spectral band)

Bruit: (1) tout bruit indésirable. Par extension, toute perturbation indésirable dans une bande de fréquence utile, comme des ondes électriques indésirables dans un canal ou dans un appareil de transmission. (2) Une oscillation erratique, intermittente ou statistiquement aléatoire²³. (Noise)

Canal: (1) (communication électronique) (A) voie unique de transmission de signaux électriques, habituellement pour la distinguer d'autres voies parallèles; (B) bande de fréquences. Le mot "voie" doit être interprété dans le sens large du terme et doit comprendre la séparation par division en fréquences ou par division temporelle. Le terme canal peut désigner une voie à sens unique ou à deux sens. (2) (ordinateurs) (A) Voie le long de laquelle des signaux peuvent être envoyés, par exemple, canal de données, canal de sortie. (B) Portion d'un support de stockage qui est accessible à un poste de lecture donné, par exemple, une piste,

une bande. (3) (théorie de l'information) Combinaison de médias et d'équipement de transmission capables de recevoir des signaux en un point donné et de livrer des signaux connexes en un autre point²⁰. (Channel)

Capteur: tout dispositif qui recueille de l'énergie et la présente sous une forme qui permet d'extraire des renseignements sur l'environnement. Un capteur de télédétection n'est pas un capteur en contact physique ou direct avec l'objet en cours d'étude. Les capteurs peuvent être passifs (comme l'infrarouge thermique et les hyperfréquences), et ils utilisent alors le rayonnement électromagnétique produit par la surface de la Terre ou par l'objet à détecter, ou actifs (comme le radar), et ils fournissent alors leur propre source d'énergie. Les chambres de prise de vues aériennes utilisent le rayonnement électromagnétique naturel ou artificiel externe par rapport à l'objet ou à la surface à détecter²³. (Sensor)

Capteur TM: balayeur multispectral qui fait partie de la charge utile de LANDSAT-4 et dont la résolution au sol et la résolution radiométrique sont plus grandes que celles du balayeur précédent (le champ de visée instantané étant de 30 m x 30 m au lieu de 80 m x 80 m pour le balayeur précédent), et les bandes spectrales plus étroites²². (Thematic mapper)

Capteur vidicon à retour de faisceau (VRF): imageur des satellites LANDSAT qui se compose de trois caméras vidicon pour LANDSAT-1 et -2, opérant dans les bandes spectrales du vert, du rouge et de l'infrarouge photographique. LANDSAT-3 utilise trois capteurs panchromatiques. Au lieu d'être produites sur émulsion, les images sont formées sur la surface photosensible d'un tube à vide. L'image est balayée par un faisceau électronique et transmise aux stations réceptrices au sol. Voir vidicon⁹. (Returnbeam vidicon)

Carte alphanumérique à échelle produite par imprimante ligne par ligne: carte alphanumérique corrigée de l'erreur géométrique pour correspondre à des échelles particulières de carte⁷. (Scaled alphanumeric line printer map)

Carte alphanumérique produite par imprimante ligne par ligne: extrant tracé sur papier obtenu à l'aide d'une imprimante ligne par ligne, sur laquelle l'emplacement d'un caractère alphanumérique peut être associé à une coordonnée géographique. Différents caractères correspondent à différents thèmes d'une carte ou d'une image, ou à différents niveaux de luminance énergétique existant dans une image⁷. (Alphanumeric line printer map)

Carte binaire à l'échelle: carte thématique binaire dont la géométrie a été corrigée pour se conformer à des échelles de carte standard ou sélectionnées par l'utilisateur⁷. (Scaled binary map)

Carte binaire thématique: extrant sur papier produit par une imprimante électrostatique sur laquelle l'emplacement des zones noires ou blanches peut être associé à des régions géographiques. Sur une carte binaire, une zone peut être comprise dans le thème; elle est alors imprimée en noir. Elle peut ne pas en relever; elle est alors imprimée en blanc^{7, 24}. (Binary thematic map)

Carte thématique: carte indiquant l'emplacement et la distribution de certaines particularités (thèmes)³². (Thematic map)

Champ de visée instantané (IFOV): (1) terme désignant particulièrement le champ de visée étroit des radiomètres à balayage de façon que, bien que le balayage s'étende sur 120°, seul le rayonnement électromagnétique d'une faible zone soit enregistré à tout moment. (2) Champ de visée d'un radiomètre à balayage dont le mécanisme de balayage est arrêté. (3) Exprimé en unité de longueur ou de surface (par ex., en mètres ou en hectares), c'est une mesure qui dépend de l'altitude^{23, 29}. (Instantaneous field of view)

Charge utile: désigne la charge montée à bord d'un avion ou d'un engin spatial et qui est distincte de l'équipement nécessaire au fonctionnement du véhicule pendant le vol²³. (Payload)

CIAS (Système d'analyse numérique des images du Centre canadien de télédétection): système interactif d'analyse numérique d'image mis au point et exploité par le Centre canadien de télédétection. Il se compose de deux sous-systèmes: le sous-système CIAS-70 basé sur une version modifiée de l'Image-100 de General Electric, et le sous-système CIAS-40 centré sur un microdensitomètre couleur PDS. Ce système sert à analyser les données de télédétection fournies par des plates-formes aériennes ou spatiales¹. (CIAS)

Cible: objet présent à la surface de la Terre qui offre un intérêt particulier dans des recherches effectuées par télédétection⁹. (Target)

Classification: groupement d'unités géographiques en classes selon des règles de décision fondées sur des caractéristiques communes reconnaissables sur des images de télédétection. Ces caractéristiques sont alors associées aux données de terrain, généralement recueillies au cours de levés sur le terrain; les rapports établis servent à attribuer aux classes des noms et descriptions revêtant une certaine importance du point de vue environnemental⁷. (Classification)

Classification dirigée: méthode informatique par laquelle chaque vecteur de mesure est affecté à une classe selon une règle de décision spécifiée, où les classes possibles ont été définies en fonction des zones d'entraînement représentatives dont l'identité est connue²⁹. (Supervised classification)

Classification non dirigée: dans la reconnaissance des formes, procédé qui consiste à trouver des associations ou groupements naturels dans un espace de signature créé à partir des données numériques de télédétection pour une zone représentative au sol. Pour chaque groupement, on calcule les statistiques spectrales qui sont alors utilisées pour classer une plus grande zone qui est semblable à la zone d'entraînement. On identifie les groupements spectraux en comparant leurs caractéristiques spectrales avec les renseignements géographiques sur les types d'occupation du sol de la zone^{14, 7}. (Unsupervised classification)

Classification par le maximum de vraisemblance: critère de décision statistique qui permet de classer des éléments d'image en classes spectrales informatiques en fonction des calculs de probabilité. Ce calcul s'effectue d'après la valeur du pixel en question et d'après la moyenne, la variance et la covariance des classes spectrales. Un élément d'image est affecté à la classe pour laquelle il présente le maximum de probabilité. Ce test peut aussi servir à résoudre un chevauchement de résultats de classification obtenus avec d'autres tests³². (Maximum likelihood classifier)

Classification par parallélépipèdes: méthode qui permet, après entraînement sur une certaine zone, d'identifier les valeurs numériques minimales et maximales dans chacune des quatre bandes spectrales pour déterminer les limites spectrales de cette classe. Chaque pixel de l'image est alors comparé au parallélépipède défini pour cette classe; s'il est compris dans ses limites, il est considéré comme faisant partie de cette classe. On peut répéter l'opération pour autant de classes que l'on veut^{32, 7}. (Parallelepiped classifier)

Composition colorée: image produite en affectant des couleurs primaires spécifiques à des bandes spectrales particulières. Les deux compositions colorées standard (CC) pour les données du balayeur multispectral de LANDSAT sont la CC1 et la CC2. Dans la première, la CC1, la bande 4 apparaît en bleu, la bande 5 en vert et la bande 7 en rouge; la CC1 est utilisée en agriculture, en foresterie, pour les études sur le stress de la végétation et sur le débit solide. Dans la seconde, la CC2, la bande 5 est en rouge, la bande 6 en vert et la bande 7 en bleu; la CC2 est particulièrement utile pour les études hydrologiques et les études sur les bassins hydrographiques)^{23, 7}. (Colour composite)

Contour: limite d'un objet dans une photographie ou dans une image habituellement caractérisée par un changement assez brusque de la valeur des teintes de gris de l'intérieur immédiat de la limite, à l'extérieur immédiat de cette limite¹³. (Edge)

- Contraste:** (1) sur une image photographique, proportion de lumière transmise ou réfléchie par les zones les plus transparentes et les plus opaques d'un négatif ou d'un positif. Son logarithme est la gamme de densité²⁶. (2) Sur une image numérique, rapport de la valeur numérique maximale à la valeur numérique minimale de l'image⁷. (3) Dans les communications électroniques, degré de différence de ton entre les zones claires et sombres d'une image de télévision ou d'un fac-similé²¹. (4) Dans la vision, différence d'apparence de deux parties d'un champ de vision vues simultanément ou successivement²⁶. (Contrast)
- Coordinatographe:** (1) type de numériseur graphique comprenant une table, une pointe de lecture et le matériel électronique nécessaire pour détecter et enregistrer la position de la pointe. Sur le graphique (par ex., une carte) fixé à la table, l'utilisateur déplace la pointe au-dessus des éléments désirés de la carte. L'abscisse et l'ordonnée des éléments figurant sur la table sont alors introduits dans l'ordinateur^{1, 8, 7}. (Digitizing tablet). (2) Numériseur consistant en une surface plane et stable illuminée par-dessus ou par-dessous, et sur laquelle est fixée l'image⁷. (Flatbed digitizer)
- Copie en clair:** (1) caractères dactylographiés ou imprimés sur papier, produits en même temps que l'information est copiée ou convertie en langage machine, que la personne ne peut lire directement. (2) Copie imprimée produite sous forme directement lisible; par exemple, rapports imprimés, listages, documents, résumés²⁴. (Hard copy)
- Correction atmosphérique:** procédé de correction des niveaux de gris d'une image en fonction des effets atmosphériques tels que la luminance énergétique, dans une direction donnée, et l'extinction, qui ne sont pas reliés aux propriétés réfléchissantes des cibles à étudier⁷. (Atmospheric effects correction)
- Correction géométrique:** la suppression des erreurs géométriques dues au capteur, à la plateforme ou à la scène, de façon que les données se conforment à une projection désirée. Cela implique la création d'une nouvelle image numérique par nouvel échantillonnage de l'image numérique d'entrée⁹. (Geometric correction)
- Couple stéréoscopique:** couple de photographies qui se chevauchent et qui se prêtent à l'examen stéréoscopique²³. (Stereo pair)
- Curseur:** en télédétection, dispositif de positionnement ou de localisation sur un écran de visualisation actionné par un clavier alphanumérique pour introduire des coordonnées, ou actionné manuellement par un manche à balai ou autre dispositif interactif de positionnement. Il peut prendre la forme d'un point, d'une croix ou d'un rectangle de proportions variables^{8, 7}. (Cursor)
- Déconvolution:** technique de correction qui, appliquée à la télédétection, permet de faire disparaître l'effet radiométrique de brouillage horizontal produit par un système sur une image⁷. (Deconvolution)
- Densité (D):** (1) mesure du degré de noircissement d'un film, d'une plaque ou d'un papier exposé après développement, ou de l'image directe (dans le cas d'un imprimé). On la définit strictement comme étant le logarithme de l'opacité optique, où l'opacité est le rapport de la lumière incidente à la lumière transmise (ou réfléchie) ou transmissivité, T, soit $D = \log (1/T)$. Elle varie selon qu'on utilise une lumière diffuse ou spéculaire. (2) Souvent utilisée dans un sens général pour désigner les intensités relatives de données de télédétection^{23, 29}. (Density (D))
- Diapositif:** positif d'une image sur support transparent pouvant être projeté sur écran ou être visionné sur une table lumineuse. (Transparency)
- Dispositif interactif de positionnement:** dispositif qui est actionné manuellement pour localiser un emplacement déterminé, habituellement sur un écran de visualisation. La localisation est identifiée sur l'écran et est ensuite enregistrée par l'ordinateur. Les appareils utilisés peuvent être une tablette, un levier, une

"souris", une boule roulante, un curseur ou un crayon lumineux². (Interactive positioning device)

Distance focale: distance mesurée le long de l'axe optique à partir du centre optique (près du point nodal) de l'objectif jusqu'au plan où a lieu la mise au point de l'image d'un objet très lointain²³. (Focal length)

Données analogiques et numériques: les données analogiques impliquent une continuité, tandis que les données numériques se rapportent à des états discrets. De nombreux signaux peuvent être utilisés sous forme soit analogique, soit numérique, le moyen de transport de l'information étant son caractère distinctif. Le contenu de l'information d'un signal analogique est véhiculé par la valeur ou l'amplitude de certaines caractéristiques du signal telles que l'amplitude, la phase ou la fréquence d'une tension, l'amplitude ou la durée d'une impulsion, l'angle d'un axe ou la pression d'un fluide. Pour extraire l'information nécessaire, il faut comparer la valeur ou l'amplitude du signal avec une norme. Le contenu de l'information d'un signal numérique se rapporte aux états discrets du signal tels que la présence ou l'absence d'une tension, un contact en position ouvert ou fermé, l'existence ou l'absence d'une perforation à certains endroits d'une carte perforée. On donne une signification au signal en attribuant des valeurs numériques ou d'autres renseignements aux diverses combinaisons possibles des états discrets du signal²⁰. (Analog and digital data)

Données de terrain: données recueillies sur le terrain contribuant à la vérification de l'interprétation de données de télédétection. Ces données doivent généralement être recueillies en même temps que les données de télédétection. Il s'agit généralement de données relatives à la météorologie et aux types et conditions de sol et de couvert végétal^{23, 7}. (Ground data, "ground truth": jargon)

Échelle: l'échelle d'une photo ou d'une image désigne le rapport de la distance sur l'image à la distance au sol correspondante. L'échelle de la photographie varie d'un point à l'autre en raison des déplacements occasionnés par le tangage et le relief, mais elle correspond généralement à f/H où f est la distance principale (distance focale) de la chambre de prise de vues et H est l'altitude relative de la chambre par rapport à l'altitude moyenne du sol. Les données de télédétection peuvent se caractériser par une échelle d'acquisition et par l'échelle de l'image (ou par les deux) telle qu'elle est visualisée pour analyse. La photographie à petite échelle implique des échelles d'acquisition d'environ 1/60 000 à 1/400 000; les échelles classiques vont de 1/12 000 à 1/30 000 et les photographies à grande échelle vont de 1/500 à 1/5 000. Généralement (à paramètres équivalents) on peut voir davantage de détails sur les images à grande échelle. L'échelle peut être exprimée en "unités équivalentes" (par ex., 1 mm = 25 m), ce peut être une "échelle numérique" (par ex., 1/25 000) ou un "rapport" (par ex., 1:25 000)^{23, 14}. (Scale)

Écran de visualisation (tube à rayons cathodiques): les trois types d'écran sont: (a) les terminaux à balayage récurrent, qui utilisent une technologie semblable à celle de la télévision avec lignes (de balayage) horizontales de pixels tracées l'une après l'autre pour produire une image; (b) des terminaux passagers ou à régénération de vecteurs, qui doivent continuellement retracer les vecteurs formant l'image (en général de 30 à 60 fois par seconde); et (c) des terminaux à tube à mémoire qui peuvent conserver l'image mise en mémoire pendant au moins une heure sauf en cas d'effacement⁸. (Cathode ray tube)

Élément (maille): surface élémentaire délimitée, formant partie d'un ensemble. Voir aussi élément de résolution au sol, élément de résolution²⁷. (Cell)

Élément de résolution: élément constitutif et le plus élémentaire de la zone des teintes de gris dans une image examinée par un chercheur. Un élément de résolution se définit par ses coordonnées spatiales. Les éléments de résolution ou les formations d'éléments de résolution peuvent parfois constituer l'unité de base de reconnaissance des formes dans les données sous forme d'image¹⁸. (Resolution cell)

Élément de résolution au sol (télédétection): zone de terrain couverte par le champ de visée instantané d'un capteur. La taille d'élément de résolution au sol est déterminée par la position du système de télédétection et par le champ de visée instantané du détecteur⁹. (Ground resolution cell)

Élément d'image (pixel): (1) unité discrète d'une image qui est définie par les coordonnées spatiales d'un élément de résolution et par la(les) valeur(s) numérique(s) de cet élément. (2) Les coordonnées spatiales des éléments d'une image peuvent être données en paires (pixel, ligne); le pixel se rapporte au nombre d'éléments dans la direction horizontale ou colonnes et la ligne se rapporte au nombre d'éléments dans la direction verticale par rapport à l'origine définie. L'origine d'une image est habituellement le coin supérieur gauche au contraire de l'origine utilisée pour les graphiques, qui est le coin inférieur gauche⁷. (Picture element; pixel)

Élément identifiable: le plus petit objet qu'on peut reconnaître par photo-interprétation⁷. (Recognition element)

Émulsion infrarouge couleur: type de film qui est sensible à une vaste gamme de longueurs d'onde allant de l'ultraviolet jusqu'au proche infrarouge. En pratique, les longueurs d'onde de l'ultraviolet, du violet et du bleu disparaissent par filtration. Les trois couches du film infrarouge couleur (Kodak Aerochrome Infrared Film Z443) sont sensibles au vert, au rouge et au rayonnement infrarouge au lieu du bleu, du vert et du rouge utilisés pour présenter le spectre visible. Les tons varient avec la saturation de l'image, le lot de films, les conditions d'entreposage et ainsi de suite. En général, les objets réfléchissant le vert apparaissent en bleu, les objets réfléchissant le rouge apparaissent en vert et ceux qui réfléchissent l'infrarouge, tels que la chlorophylle de la végétation, apparaissent en rouge¹¹. (Colour infrared film)

Ensemble des signatures: ce sont les données présentées sous la forme d'une image qui permettra d'en extraire des renseignements. Il peut être équivalent à l'espace d'observation, mais il consiste souvent en données, sous forme d'images, qui ont été traitées au préalable en fonction des erreurs radiométriques et géométriques ou de ces deux types d'erreurs. D'autres transformations peuvent être appliquées aux données, ce qui empêche souvent de distinguer l'ensemble des signatures de l'espace d'observation originel¹⁶. (Feature space)

Entraînement: procédé par lequel on "apprend" à un ordinateur, par examen de certains "échantillons" de l'image, à identifier des signatures spectrales particulières comme étant représentatives d'un certain type de couverture. Pour la classification dirigée, on choisit des échantillons caractéristiques d'entraînement pour chaque classe afin de définir des groupes de coordonnées dans l'espace spectral. Les zones d'entraînement de tous les principaux types de couverture d'une zone servent à la classification non dirigée⁶. (Training)

Épreuve par contact: épreuve photographique produite par exposition de la matière sensible en contact avec le négatif²⁶. (Contact print)

Équidensitométrie: procédé qui permet de transformer le ton gris continu d'une photographie (habituellement un diapositif) en une série d'intervalles de densité, chacun correspondant à une gamme particulière de densités. L'équidensitomètre permet d'affecter une couleur unique à chaque intervalle et d'afficher l'image affectée d'un code de couleur sur un écran de téléviseur couleur. Voir aussi équidensitométrie numérique^{9, 7}. (Density slicing)

Équidensitométrie numérique: procédé analogue à l'équidensitométrie qui consiste à subdiviser la gamme de valeurs numériques d'une image numérique en une série d'intervalles ou tranches, chacun correspondant à une série particulière de valeurs comprises dans l'image. On affecte une couleur unique à chaque tranche pour affichage sur un écran de téléviseur couleur. Voir aussi équidensitométrie⁷. (Level slicing)

- Équilibre chromatique:** (1) couleur générale d'une reproduction en couleurs (par exemple, une photographie), spécialement par rapport à la neutralité de ses tons de gris, ou par rapport à une norme déjà définie^{26, 7}. (2) Rajustement des intensités des couleurs d'impression ou de visualisation d'une reproduction en couleurs de façon à reproduire une échelle de gris ou une autre norme comme telle^{26, 7}. (3) Rajustement des circuits alimentant les trois canons à électrons d'un tube de téléviseur couleur afin de compenser les différences propres à l'efficacité des trois phosphores émettant trois couleurs différentes sur l'écran de visualisation²¹. (Colour balance)
- Espace des décisions:** espace dans l'ensemble des particularités correspondant à une classe particulière; défini au moyen de fonctions discriminantes et utilisé pour classer des vecteurs de données dont l'association en classes est inconnue²⁹. (Decision region)
- Espace d'observation:** cette expression désigne le caractère dimensionnel de l'imagerie telle qu'elle est observée par l'imageur (ou les imageurs). Les données du balayeur multispectral de LANDSAT correspondent à un espace d'observation à quatre dimensions. On estime normalement que l'espace d'observation comprend des données brutes¹⁶. (Observation space)
- Estompage:** dans le tirage d'une épreuve, procédé qui consiste à intercepter la lumière pour éviter qu'elle n'atteigne certaines parties du papier sensible et éviter que ces zones ne soient reproduites sur l'épreuve. Dans le tirage par projection, on y parvient en insérant un support opaque de forme et de dimension appropriées entre l'objectif et le plateau et dans le tirage d'épreuve par contact soit en variant l'éclairage dans certaines zones du négatif, soit en insérant un papier transparent ou opaque entre la source de lumière et le négatif. On peut aussi effectuer automatiquement cet estompage au moyen d'imprimantes électroniques ou fluorescentes²³. (Dodging)
- Établissement de rapports de bande:** dans le traitement, fonction qui permet à un analyste de diviser des données d'une bande ou de plusieurs bandes par les données d'une autre bande ou de plusieurs autres bandes. Après cette opération, les données sont échelonnées sur une gamme de valeurs numériques allant de 0 à 256. Les trois techniques courantes sont: 1) le rapport de bandes spectrales adjacentes, b) le rapport de la différence à la somme de bandes adjacentes et c) le rapport de chaque bande à la somme des quatre bandes (normalisation). Cette opération s'effectue pixel par pixel et demande donc une superposition exacte des bandes¹⁴. (Ratioing)
- Étalonnage:** action ou processus qui consiste à comparer certaines mesures particulières d'un instrument avec un étalon ou une référence²³. (Calibration)
- Extension des signatures:** utilisation des statistiques d'entraînement obtenues à propos d'une zone géographique pour classer des données de zones semblables, mais éloignées; comprend les considérations de changements et autres conditions géographiques et temporelles, qui peuvent occasionner des différences dans le niveau des signaux pour des classes d'intérêt distinctes²⁹. (Signature extension)
- Fenêtre mobile:** technique utilisée pour agrandir une partie de l'image visualisée à partir d'une bande pour ordinateur afin de permettre une meilleure sélection de petites zones d'entraînement³². (Windowing)
- Fichier des signatures:** collection des valeurs de réflectance dans les quatre bandes spectrales du balayeur multispectral de LANDSAT qui sont utilisées dans l'identification des pixels par le système d'analyse d'image du Centre canadien de télédétection (CIAS)²⁹. (Signature file)
- Filtrage du bruit:** procédé qui permet d'atténuer ou de faire disparaître de l'image le bruit ou les fréquences spatiales de haute intensité résultant d'une perturbation électrique. On réduit alors l'aspect granulaire et l'on obtient des formes et des contours plus nets⁶. (Noise filtering)

- Filtrage numérique:** le filtrage sert à accentuer ou à atténuer les changements brusques de luminosité de pixels adjacents. L'accentuation des changements s'effectue par des filtres passe-haut ou par accentuation des contours. L'atténuation des changements, par filtres passe-bas, permet de faire disparaître les bruits et de lisser l'image. Les trois groupes fondamentaux de techniques de filtrage numérique sont le filtrage du bruit, le filtrage vidéo et le filtrage thématique⁶. (Digital filtering)
- Filtrage thématique:** application de techniques de filtrage pour améliorer l'apparence de données classifiées ou thématiques afin d'en faciliter l'interprétation⁶. (Thematic filtering)
- Filtrage vidéo:** méthode d'accentuation spatiale conçue pour produire des changements dans l'apparence de la texture d'une image. L'accentuation des contours et l'adoucissement des images sont deux types de filtrage vidéo⁶. (Video filtering)
- Filtre:** tout mécanisme qui permet de modifier les signaux optiques, électriques ou numériques conformément à des critères déterminés. Il peut servir à extraire une sous-série particulière de données d'une série plus importante contenant des données inutiles, à éliminer le bruit, ou à accentuer certains aspects d'une série de données. Voir filtrage numérique, filtrage du bruit, filtrage thématique, filtrage vidéo²⁹. (Filter)
- Filtre spatial:** mécanisme de transformation d'image, qu'on peut utiliser avec des photographies ou des images numériques et qui maintient habituellement la correspondance de un à un entre les coordonnées spatiales (x, y) de l'image originale et celles de l'image corrigée par le filtre et sert généralement à atténuer le bruit ou à accentuer certaines caractéristiques de l'image⁹. (Spatial filter)
- Fonction discriminante:** combinaison linéaire de variables qui définit un plan multidimensionnel séparant efficacement deux groupements de points dans l'espace dimensionnel X^{19} . (Discriminant function)
- Forme:** (1) dans une épreuve photographique, la régularité et l'emplacement caractéristique des tons et textures. Comme adjectifs descriptifs de formes, citons "régulière", "irrégulière", "aléatoire", "concentrique", "radiale" ou "rectangulaire". (2) Relations entre tous paramètres plus ou moins indépendants d'une réponse, par ex., la forme dans le domaine de la fréquence de la réponse d'un objet²³. (Pattern)
- Fréquence spatiale:** nombre de changements par 2,5 cm² dans l'échelle des gris sur toute une image. Une faible fréquence spatiale indique une zone de luminosité relativement uniforme et une fréquence spatiale élevée indique un degré élevé de contraste et de détails²⁵. (Spatial frequency)
- Grille:** réseau de lignes horizontales et perpendiculaires, à intervalles réguliers, qui permettent de localiser des points sur une carte ou une photographie aérienne au moyen d'un système de coordonnées²⁷. (Grid)
- Grille de mesure d'une superficie par dénombrement de points:** technique de mesure d'une superficie qui consiste à superposer des diapositifs sur une image photographique ou sur une carte. Chaque point représente une mesure de superficie spécifique, A, que l'on calcule à partir du nombre de points par 2,5 cm² et à partir de l'échelle de l'image. La superficie de tout élément donné se calcule en dénombrant les points recouvrant cet élément et en les multipliant par A⁷. (Dot-area-grid)
- Groupement:** (1) groupe homogène d'unités très "semblables" les unes aux autres. La "similitude" entre une unité et une autre est habituellement déterminée par la similitude spectrale et par la proximité physique ou par les deux facteurs à la fois³⁴. (2) Analyse d'une série de vecteurs-mesures qui permet de détecter leurs tendances inhérentes à former des groupements dans un espace de mesure pluridimensionnel. (Cluster, Clustering)

- Groupement par histogramme à quatre dimensions:** technique de classification non dirigée dans laquelle on présume que les sommets de l'histogramme à quatre dimensions sont associés à des types particuliers de couvertures et que chaque sommet est le centre d'un groupement. Chaque pixel de la série d'entraînement est affecté à un groupement si ses coordonnées spectrales coïncident avec les limites d'un parallélépipède contenant tous les vecteurs du groupement. Par itérations successives, on agrandit le parallélépipède et l'on affecte au groupement approprié les pixels non classés⁶. (Four-dimensional histogram clustering)
- Héliosynchrone:** orbite d'un satellite terrestre dans laquelle le plan orbital est proche des pôles et l'altitude est telle que le satellite passe, deux fois par jour à la même heure solaire locale, au-dessus de tous les endroits du globe situés à la même latitude²³. (Sun synchronous)
- Histogramme:** visualisation graphique d'une série de données montrant la fréquence d'apparition (le long de l'axe vertical) de mesures ou de valeurs distinctes (le long de l'axe horizontal); distribution de la fréquence d'un échantillon²⁹. (Histogram)
- Histogramme à quatre dimensions:** liste des fréquences relatives propres aux valeurs numériques existant dans les quatre bandes. Par exemple, 2, 4, 6, 6 pourraient être les valeurs numériques d'un pixel dans les bandes LANDSAT 4, 5, 6 et 7 respectivement, et cette combinaison de valeurs peut être valable pour 10 pixels à l'intérieur de la zone particulière de l'image pour laquelle est établi l'histogramme. Cette liste contient toutes les combinaisons de valeurs numériques que l'on trouve dans la zone déterminée (2, 4, 6, 6) ainsi que le nombre de pixels (10)⁷. (Four-dimensional histogram)
- Image:** (1) représentation enregistrée d'un objet, produite par procédés optiques, électro-optiques, optico-mécaniques ou électroniques. Il s'agit d'un terme généralement utilisé lorsque le rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi par une scène n'est pas directement enregistré sur émulsion. (2) Représentation optique d'un objet, produite par un objectif, un miroir ou un autre système optique^{23, 9}. (Image)
- Image numérique:** (1) image représentée par une grille de données numériques. Les valeurs numériques représentent les signaux du rayonnement électromagnétique enregistrés par un balayeur en fonction des éléments de résolution au sol d'une scène. (2) Une image numérique peut être créée à partir d'une photographie par balayage de la photographie et attribution de valeurs numériques aux intervalles de densité (numérisation). (3) Les images numériques peuvent être composées à partir de données provenant de plusieurs bandes, par exemple, l'image multispectrale ou à partir de données recueillies à des dates différentes et intégrées, par exemple, l'image multodate ou multitemporelle⁷. (Digital image)
- Imageur à faisceau électronique:** appareil autonome de production d'épreuves photographiques basé sur le balayeur à faisceau électronique. Produit des négatifs noir et blanc dans une seule bande, utilisables dans la production des négatifs couleur originaux pour reproduction⁶. (EBIR Electron Beam Image Recorder)
- Imageur à faisceau laser:** instrument qui utilise un faisceau laser pour exposer une bande d'émulsion photographique³⁴. (Laser beam image recorder)
- Imageur couleur:** appareil autonome qui sert à produire des images couleur de haute résolution à l'aide d'une bande numérique faisant office de support d'entrée^{6, 14}. (Colour image recorder)
- Imprimante ligne par ligne:** périphérique qui imprime une ligne à la fois. Une série de caractères alphanumériques est donnée pour chaque position située le long de la ligne. La longueur maximale de la ligne varie d'un fabricant à l'autre, mais, en général, les imprimantes à haute vitesse ont de 120 à 130 colonnes. Cet appareil peut servir à dresser rapidement une liste ou, grâce à sa capacité d'espacer des symboles, peut servir de traceur². (Line printer)

- Imprimante/traceur électrostatique:** appareil qui permet d'imprimer des thèmes et des niveaux de luminance énergétique d'une image sous forme de zones claires ou sombres sur du papier. De minuscules points électrostatiques sont reproduits sur le papier qui est alors passé dans un révélateur liquide, ce qui produit une image en noir et blanc permanente^{4, 5, 7}. (Electrostatic printer/plotter)
- Infrarouge:** désigne l'énergie s'étendant de l'extrémité de la bande rouge du spectre visible à la bande des hyperfréquences du spectre électromagnétique, soit de 0,75 μm à 1 mm (1 000 μm). Parmi ces longueurs d'onde, les plus courtes (soit l'infrarouge photographique ou solaire) n'apparaissent qu'en plein jour et peuvent alors être enregistrées sur film. Les longueurs d'onde les plus longues (infrarouge thermique) peuvent être enregistrées à tout moment à l'aide d'enregistreurs thermiques ou d'appareils électroniques. Elles ne peuvent être enregistrées sur film²³. (Infrared)
- Infrarouge, photographique:** se rapporte à, ou désigne la bande du spectre électromagnétique dont les longueurs d'onde sont situées juste au-delà de la gamme rouge du spectre visible, comme le rayonnement émis par un corps chaud (au-dessus de 500°C); s'étend généralement de 0,7 à environ 1,0 μm , soit les limites utiles des sensibilités des émulsions²³. (Infrared, photographic)
- LANDSAT-4:** premier d'une nouvelle génération de satellites de télédétection des ressources terrestres qui, en plus des capacités actuelles de LANDSAT, se caractérise par une meilleure résolution spatiale et une meilleure sensibilité radiométrique, par un rythme plus rapide de fourniture de données et par une attention particulière à la détection des renseignements relatifs à la végétation. La charge utile comprend un balayeur multispectral à sept bandes appelé capteur TM dont le champ de visée instantané est de 30 m x 30 m pour les bandes 1 à 6 (0,45 à 2,35 μm) et de 120 m x 120 m dans la bande 7 (10,4 à 12,5 μm)²². (LANDSAT-4)
- Lunette de transfert à focale variable:** instrument mis au point par Bausch de Lomb pour permettre de visionner simultanément deux documents par superposition optique, soit une photographie et une carte. Les documents peuvent être superposés optiquement et manuellement et agrandis jusqu'à 14 fois. Cet instrument est surtout utilisé pour interpréter une image ou pour reporter les résultats de l'interprétation d'une image sur une carte¹². (Zoom Transfer Scope)
- Mesure de la superficie du thème:** copie en clair du système d'analyse d'image CIAS sur laquelle la superficie (nombre de pixels) se rapportant à chaque thème est imprimée sous forme de tableau⁷. (Theme area measurement)
- Méthodes des moyennes dynamiques:** technique de classification non dirigée qui permet, par des recherches répétées et des calculs statistiques (de moyennes et de distances), d'affecter chaque pixel de la série d'entraînement au groupement dont le centre est le plus rapproché. L'utilisateur détermine le nombre de centres de groupement (ou classes) et le programme désigne les centres de groupement. Après chaque itération, le centre de groupement est redéfini et devient la moyenne du groupement. Ce procédé se poursuit tant que la distance entre le centre de groupement et la moyenne est supérieure au seuil limite spécifié par l'utilisateur⁶. (Migrating means algorithm)
- Micron (μm):** unité de longueur égale à un millionième (10^{-6}) de mètre ou à un millième (10^{-3}) de millimètre²³. (Micron)
- Mosaïque:** assemblage de photographies ou d'images aériennes ou spatiales dont on a raccordé les bords pour former une représentation continue d'une partie de la surface de la Terre²³. (Mosaic)
- Nadir:** point du sol situé verticalement au-dessous du centre de l'objectif de la caméra²³. (Nadir)
- Niveaux de gris:** diverses teintes de gris sur une photographie, représentant la distribution spatiale de l'intensité de lumière telle qu'elle est réfléchie par la cible

originale de la caméra. La valeur des niveaux de gris d'une photo est donnée par un densitomètre qui mesure l'atténuation de lumière de l'émulsion (en n'importe quel point), ce qui donne une estimation de la transmittance de la lumière, souvent convertie en unités de densité photographique⁷. (Gray levels)

Numériseur (numérisateur): dispositif qui permet de convertir une mesure analogique en valeur numérique. En télédétection, une image photographique est "automatiquement" balayée par le numériseur qui effectue des relevés très précis en des points spécifiques (elle peut inclure tous les points ou elle peut être échantillonnée à intervalles préétablis) de l'emplacement x-y des points. Les autres paramètres peuvent aussi être mesurés en chaque point (par ex., densité des valeurs radiométriques). Ces relevés sont convertis sous forme numérique et sont enregistrés sur une bande pour ordinateur, qui peut alors servir à d'autres analyses sur un autre équipement. Il existe deux grands types de numériseur: les coordonatographes et les numériseurs à balayeur à tambour^{24, 7}. (Digitizer)

Numériseur à balayage: dispositif qui enregistre automatiquement une ligne particulière et, à intervalles préétablis, enregistre numériquement sa position par rapport à un système de coordonnées arbitraires². (Line-following digitizer)

Numériseur graphique: machine qui permet de mettre des renseignements cartographiques sous forme numérique pour introduction dans un ordinateur. Cette opération sert à mettre des données particulières sous une forme qui permet de les utiliser avec des données numériques existantes au lieu de numériser toute une image pour pouvoir procéder à une analyse numérique. Les tablettes graphiques et les numériseurs à balayage sont des types de numériseur graphique². (Graphic digitizer)

Numériseur ponctuel: curseur contrôlé manuellement qui détecte une position, habituellement par un procédé électromécanique. Un opérateur doit actionner l'enregistrement des éléments relatifs à une position ou toute autre information². (Point digitizer)

Orbite quasi polaire: type d'orbite d'un satellite qui suit une trajectoire presque circulaire passant près des pôles, sans passer directement au-dessus d'eux¹⁵. (Near-polar orbit)

Panchromatique: terme utilisé pour les émulsions sensibles à une gamme du rayonnement électromagnétique (c.-à-d., toute la région visible du spectre, soit de 0,4 à 0,7 μm ainsi que le rayonnement ultraviolet, soit de 0,3 à 0,4 μm)²³. (Panchromatic)

Particularité: (1) les termes "particularité" et "caractéristique" désignent un trait distinctif d'un individu ou d'une classe et sont utilisés comme synonymes. Ils font allusion à une propriété remarquable qui attire l'attention. Le terme CARACTÉRISTIQUE désigne une marque ou une qualité distinctive (ou une des qualités) toujours associée dans l'esprit à une personne ou à une chose particulière. PARTICULARITÉ désigne la caractéristique distincte ou inhabituelle qui fait ressortir un individu dans la classe à laquelle il appartient²⁷. (2) En matière de reconnaissance des formes, l'une des mesures d'une forme ou une transformation mathématique de ces mesures. (3) Dans les méthodes de reconnaissance des formes appliquées aux données de télédétection, une particularité est habituellement la mesure de la réflectance dans l'une des bandes du capteur ou une transformation mathématique de cette mesure. Le nombre de particularités (bandes) associées à une forme détermine ses dimensions^{29, 7}. (Feature)

Planimètre: appareil mécanique ou électronique utilisé pour mesurer la superficie d'une surface plane en suivant les contours de cette surface². (Planimeter)

Plan-variographe: appareil qui, par un dispositif optique, permet de transposer des données d'une source (image, diapositif ou carte) à une autre, à une échelle différente⁷. (Reflecting projector)

Plate-forme: appareil porteur de capteur, comme un satellite, un avion ou un ballon⁷.
(Platform)

Pointe de lecture: aiguille de forme particulière ou appareil qui sert dans un mécanisme d'enregistrement à indiquer les données à numériser ou à enregistrer (par ex., un curseur, un crayon ou une "souris")¹. (Stylus)

Procédé de synthèse de couleurs: procédé qui permet de reproduire essentiellement toutes les couleurs en superposant la lumière des trois couleurs fondamentales (bleu, vert, rouge) en diverses proportions²³. (Additive colour process)

Rayonnement électromagnétique: énergie propagée dans l'espace ou à travers des matières sous la forme d'une interaction croissante entre les champs électriques et magnétiques. Les rayons cosmiques, gamma, les rayons X et les rayonnements ultraviolet, visible, infrarouge, les hyperfréquences et autres ondes radio occupent diverses portions du spectre électromagnétique et ne diffèrent qu'en fréquence et en longueur d'onde^{23, 20}. (Electromagnetic radiation)

Reconnaissance des formes: classification des données d'entrée d'après les particularités ou attributs importants des données extraites d'une masse de détails non pertinents. Les principaux problèmes de la reconnaissance des formes sont: a) la représentation des données d'entrée, que l'on peut mesurer d'après les objets reconnus (il est souvent utile de considérer un vecteur de formes comme étant un point dans un espace euclidien à n dimensions); b) l'extraction des particularités ou attributs caractéristiques des données d'entrée reçues et la réduction des dimensions des vecteurs de formes ("traitement préliminaire" et "extraction des particularités"); c) la détermination des procédés de décision optimaux nécessaires au processus d'identification et de classification)³⁰. (Pattern recognition)

Règle de décision: série de critères statistiques de décision (fonctions discriminantes) qui sert à classer une image en mettant à l'essai chaque pixel en fonction des limites de décision dans la région de l'espace spectral. Les limites de décision sont habituellement établies pendant l'acquisition des signatures⁷. (Decision rule)

Résolution: mesure de la capacité d'un système optique de distinguer des signaux qui sont proches les uns des autres dans l'espace et dont les caractéristiques spectrales sont identiques. La résolution spatiale est la mesure de la plus petite séparation angulaire ou linéaire entre deux objets (habituellement exprimée en radians ou en mètres), un paramètre de résolution plus petit dénotant un pouvoir de résolution plus grand. La résolution spectrale est la mesure du caractère discret des largeurs de bande et de la sensibilité du capteur à distinguer entre les niveaux de gris; par exemple, pour LANDSAT-1 et -2, trois des capteurs étaient sensibles à une gamme de longueur d'onde supérieure à 0,1 μm , et pouvaient distinguer 128 niveaux d'intensité spectrale; le quatrième capteur était sensible à une gamme supérieure à 0,3 μm et pouvait distinguer 64 niveaux d'intensité. La résolution spatiale d'un système de télédétection dépend aussi du contraste spectral entre les objets présents dans la scène et en arrière-plan, de la forme des objets et du rapport signal/bruit du système²⁹. (Resolution)

Satellites LANDSAT: (1, 2, 3), série de satellites non habités, en orbite héliosynchrone de 920 km (575 mi) au-dessus de la surface de la Terre, qui enregistrent des données sur un balayeur multispectral (MSS) et une caméra vidicon à retour de faisceau (VRF) et transmettent des données à des stations de réception au sol. Au Canada, la réception des données en temps réel s'effectue à la station de Prince-Albert (Saskatchewan). Les satellites effectuent une orbite complète toutes les 103 minutes, et il leur faut 18 jours pour couvrir toute la Terre¹⁵. (LANDSAT satellites)

Scène: dans un système de télédétection passif, tout ce qui se produit, dans l'espace ou dans le temps, devant le capteur, y compris la surface de la Terre, la source d'énergie, et l'atmosphère que traverse l'énergie pendant son déplacement de sa source à la Terre et de la Terre au capteur²⁹. (Scene)

- Seuil:** limites supérieures et inférieures de données. Les valeurs supérieures et inférieures à ces limites sont affectées d'une nouvelle valeur³². (Threshold)
- Seuil à n dimensions:** méthode de classification dirigée par laquelle on affecte des pixels à des classes déterminées selon leurs coordonnées spectrales à n dimensions (ou un certain nombre de bandes). Si la signature spectrale d'un pixel apparaît un certain nombre minimal de fois (nombre limite préétabli) pour une classe donnée dans la série d'entraînement, le pixel est considéré comme faisant partie de cette classe. Le même fichier de signature à dimensions sert d'entrée pour les méthodes de classification non dirigée⁶. (N-d thresholding)
- Signature spectrale:** mesure quantitative de l'énergie spectrale réfléchie, transmise, absorbée ou émise par un objet à un ou plusieurs intervalles de longueur d'onde. On dit qu'un objet a une signature spectrale seulement si le régime caractéristique (mesure est très représentatif de toutes les unités de cette catégorie³². (Spectral signature)
- Spectre électromagnétique:** (1) système qui permet de classer, selon la longueur d'onde, toute l'énergie qui se déplace, harmoniquement, à la vitesse constante de la lumière. (2) Espace continu réparti, par convention, en segments arbitraires (par ex., ultraviolet, visible, radio)³³. (Electromagnetic spectrum)
- SPOT (Satellite Probatoire pour l'Observation de la Terre):** plate-forme à missions multiples qui doit être placée en orbite héliosynchrone de 600 à 1 200 km, le satellite SPOT est capable de transporter diverses charges utiles composées de capteurs. Le satellite, qui devrait être lancé par la France en 1985, transportera deux balayeurs identiques à haute résolution dans le visible capables de fonctionner dans deux modes, soit dans trois bandes multispectrales (le vert, de 0,49 à 0,59 μm ; le rouge, de 0,61 à 0,71 μm , et l'infrarouge réfléchi de 0,80 à 0,91 μm) et en panchromatique. La résolution au sol du système sera de 20 m dans le mode multispectral et de 10 m en panchromatique. En outre, le champ de visée instantané du système peut s'étendre jusqu'à 800 km (en utilisant un système de miroirs dans la voie optique), ce qui permet d'obtenir une couverture stéréoscopique d'orbite en orbite²². (SPOT)
- Statistiques de groupement:** statistiques fondées sur les moyennes et variances calculées pour un groupe de pixels¹⁴. (Cluster statistics)
- Superposition:** procédé d'alignement par translation-rotation par lequel deux images de géométrie semblable et des mêmes séries d'objets sont superposées l'une sur l'autre de façon à ce que les éléments de la même zone au sol apparaissent au même endroit sur les deux images¹⁸. (Registration)
- Superposition temporelle ou diachronique:** carte ou image d'une zone superposée à une autre carte ou image ou à plusieurs autres de la même zone et correspondant à des dates différentes. Les données numériques ou photographiques peuvent être ainsi superposées^{13, 7}. (Temporal overlay)
- Synthétiseur multibande:** instrument électronique de visualisation qui utilise l'imagerie noir et blanc multibande ou multibande (de géométrie identique) superposée et combinée à l'aide de différents filtres de couleur. Cet instrument permet d'obtenir une composition colorée de haute résolution; en variant la couleur et la luminosité, l'interprète peut souvent détecter les nuances^{12, 7}. (Colour additive viewer)
- Système d'analyse d'images multispectrales:** élément d'équipement d'analyse numérique qui était en service au Centre canadien de télédétection jusqu'en 1979. Composé d'un écran de télévision, d'un terminal et d'une mémoire Intel, il était interfacé à un ordinateur PDP-10. L'analyse était effectuée à l'aide de l'assortiment de programmes MICA⁷. (Multispectral Analyzer Display)
- Système de correction d'images numériques:** système mis au point par le Centre canadien de télédétection, qui produit des sous-scènes, traitées avec précision, de l'imagerie fournie par le balayeur multispectral de LANDSAT et compatibles avec les cartes du

SNRC (Système national de référence cartographique). Les bandes pour ordinateur sont produites après correction des erreurs géométrique et radiométrique; la fenêtre mobile de la sous-scène, couvre une superficie de 0,5° de latitude (58 km) sur 1,0° de longitude (de 20 à 85 km) avec des pixels mesurant 50 m de côté, alignés sur la grille de la projection universelle transverse de Mercator (UTM). Cette superficie correspond à quatre coupures de cartes à 1/50 000 ou à un quart de coupure de carte à 1/250 000. Tous les produits d'un emplacement particulier sont basés sur la même image de référence et le repérage se fait automatiquement¹⁰. (Digital image correction system) (2) Numériseur consistant en une surface plane et stable illuminée par-dessus ou par-dessous, et sur laquelle est fixée l'image⁷. (Flatbed digitizer)

Technique de la distance minimale: technique de "ré-échantillonnage" qui permet de calculer la valeur de luminosité d'un pixel dans une image corrigée en fonction de la valeur de luminosité du pixel le plus proche de l'emplacement du pixel dans l'image d'entrée²². (Nearest neighbour technique)

Temps réel ou en direct: (1) (acquisition de données en temps réel) caractéristique des satellites LANDSAT: les données sont recueillies par le capteur et sont transmises immédiatement aux stations de réception. (2) (Pour un ordinateur ou un système), opération ou autre réponse dans laquelle les réponses programmées à un événement et l'événement lui-même sont essentiellement simultanés^{7, 21}. (Real time)

Texture ou aspect: sur une épreuve photographique, fréquence de changement et d'agencement des tons. Comme adjectifs descriptifs de textures, citons: fine, moyenne, grossière, granulaire ou mouchetée²³. (Texture)

Thème: groupes ou classes de pixels identiques qui sont représentés numériquement de la même façon (codés par couleur) pour visualisation⁷. (Theme)

Ton: (1) toute variation, quelle qu'elle soit, de la saturation ou de la luminosité tant que la teinte demeure constante. (2) Zone de densité uniforme sur une image positive ou négative, qu'on distingue des parties sombres ou claires. Le nombre de tons perceptibles sur une épreuve papier varie en fonction de l'état d'adaptation de l'oeil. Le niveau de luminance énergétique des conditions de visionnement et les zones des tons. Dans des conditions appropriées, l'oeil peut distinguer entre 50 et 100 tons différents (teintes de gris) du noir au blanc. Il existe davantage de tons "tout juste" détectables si la zone est grande que si elle est petite²⁶. (Tone)

Transfert de bande à film: méthode qui permet de visualiser des données numérisées. Pour créer un produit de ce genre, les données accentuées, emmagasinées sur bande pour ordinateur sont transférées à un imageur (comme l'imageur à faisceau électronique ou l'imageur couleur), qui convertit les données en intensités de faisceau. Ces intensités servent à exposer l'émulsion qu'on peut agrandir ou imprimer afin d'obtenir un enregistrement couleur de l'accentuation^{6, 7}. (Tape-to-film product)

Transformations radiométriques: rajustements apportés aux données pour convertir les données multispectrales brutes en une série de mesures cohérentes sur le plan radiométrique. Ces transformations peuvent servir à compenser les irrégularités des capteurs ou les variations environnementales (par ex., lignes de données et bandes de mauvaise qualité)²⁹. (Radiometric transformations)

Transparence: (1) proportion de lumière incidente qui passe, sans aucune transformation, à travers un support transparent ou translucide. (2) En densitométrie, rapport de l'intensité de lumière transmise par une image à la lumière incidente. C'est l'inverse de l'opacité²⁶. (Transparency)

Valeur numérique: abréviation suggérée pour désigner les valeurs numériques de luminance énergétique s'étendant de 0 à 255, ou par équivalence, les valeurs numériques de luminance énergétique de 8 bits. Les valeurs de luminance énergétique

correspondant aux valeurs numériques utilisées par le CCT pour les images du balayeur multispectral de LANDSAT sont publiées dans Murphy, 1979. L'expression "valeur numérique de luminance énergétique" devrait être assortie de l'indication du capteur/plate-forme et de la gamme de valeurs⁷. (Digital value)

Vidicon: (1) tube de caméra de télévision, photoconducteur, à balayage électronique et à mémoire, qui réagit souvent aux rayonnements provenant d'au-delà de la région du visible, particulièrement utile dans les applications spatiales, étant donné qu'aucun film n'est nécessaire. (2) Appareil à balayage d'images. Voir capteur vidicon à retour de faisceau²³. (Vidicon)

Vision stéréoscopique: vision binoculaire, qui permet à l'observateur de visionner un objet simultanément dans deux perspectives différentes (comme deux photographies prises par une chambre à deux positions différentes) pour obtenir l'impression d'un modèle à trois dimensions²³. (Stereoscopic vision)

Vue synoptique: capacité de voir ou de mesurer des régions très étendues, en même temps et dans les mêmes conditions; par ex., la vue d'ensemble d'une grande partie de la surface de la Terre que l'on peut obtenir à partir de l'altitude de survol d'un satellite²⁹. (Synoptic view)

Zones d'entraînement: échantillons de données d'identité connue au sol, qui servent à reconnaître et à classer d'autres pixels correspondant à la même occupation du sol en fonction de leurs signatures spectrales⁷. (Training samples)

RÉFÉRENCES

- 1 American Congress on Surveying and Mapping, 1973. Automation Terms in Cartography. International Cartographic Association, Commission III - Automation in Cartography. ACSM, Washington (D.C.), 23 p.
- 2 Amidon, E., 1972. "Partial Glossary of Terms" in Geographical Data Handling, édition du symposium, Tomlinson, R.F. (éd.), vol. 2.
- 3 Anonyme. Microdensitometer System Manual. Perkin-Elmer, Baller and Chivens Divisions, South Pasadena (Calif.).
- 4 Anonyme, 1977. Operating Manual, Versatec, Santa Clara (Calif.).
- 5 Anonyme, 1975. Gould Product Reference Manual.
- 6 Division des applications du CCT 1980. Système d'analyse numérique d'images du Centre canadien de télédétection, EMR, Ottawa (Ont.).
- 7 Personnel de la Division des applications, Centre canadien de télédétection, EMR, Ottawa (Ont.), 1980-1981.
- 8 Bell-Northern Research. Virtual Graphics Machine: An Introduction. Ottawa (Ont.), 36 p.
- 9 Bernstein, R., 1978. Digital Image Processing for Remote Sensing. IEEE Press., John Wiley and Sons Inc., New York (N.Y.), p. 449-455.
- 10 Butlin, T.J.; F.E. Guertin; et S.S. Vishnubhatla, 1978. The CCRS Digital Image Correction System. 271-283. Cinquième symposium canadien de télédétection. Victoria (C.-B.).
- 11 Centre canadien de télédétection, 1977. Information Bulletin, Airborne Operation. 3e édition. Centre canadien de télédétection, EMR, Ottawa (Ont.), 112 p. et annexes.
- 12 Dixon, R.G., 1980. Analogue/Optical Equipment at CCRS: Descriptions, Access and Scheduling. Rapport interne, Centre canadien de télédétection, EMR, Ottawa (Ont.), 9 p.
- 13 Electromagnetic System Laboratories. 1975. Glossary of Statistical, Remote Sensing, and Image Processing Terms. Technical Memorandum No. TM-638. ESL Inc., Sunnyvale (Calif.), p. 181-217.
- 14 EROS Data Center, 1978. "Glossary of Remote Sensing Terms" in Review of Remote Sensing Terminology, Systems, Data, and Analysis Techniques, Reference Materials, PECORA IV, S Falls, Dakota du Sud. VII-1 - VII-17.
- 15 General Electric Co., 1976. Landsat Data Users Handbook. Landsat Investigation Support. Code 902.6, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt (Md.).
- 16 General Electric Co., 1975. Image 100 User Manual. Ground System Department, Space Division, General Electric Co., Daytona Beach (Fla.).
- 17 Goodenough, D.G., 1979. Système d'analyse numérique d'images du Centre canadien de télédétection, Journal canadien de télédétection, vol. 5 no 1, mai 1979, p. 3-17.
- 18 Haralick, R.M., 1973. Glossary and index to remotely sensed image pattern recognition concepts. Pattern Recognition, vol. 5, p. 391-403.
- 19 Honey, F.R., Prelat, A. et Lyon, R.J.P., 1974. Stansort: Stanford remote sensing laboratory pattern recognition and classification system. Proc. of the Ninth International Symposium on Remote Sensing of Environment, vol. II, Ann Arbor (Mich.), p. 897-905.

- 20 Jay, F. (éd. en chef), IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms. 2e édition. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York (N.Y.).
- 21 Lapedes, D.N. (éd. en chef), 1974. Dictionary of Scientific and Technical Terms. McGraw-Hill Book Company, New York (N.Y.), 1634 p. et annexes.
- 22 Lillesand, T.M., et Kiefer, R.W., 1979. Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley and Sons, New York (N.Y.), 612 p.
- 23 Reeves, R.G. (éd.), 1975. Glossary in Manual of Remote Sensing, vol. 11, Reeves, Anson, et Laden (éd.), American Society of Photogrammetry, Falls Church (Va.) p. 2061-2110.
- 24 Sippl, C.J., et Sippl, C.P., 1972. Computer Dictionary and Handbook. 2e édition. Howard W. Sams and Co., Inc., Indianapolis (Ind.), 778 p.
- 25 Spatial Data Systems, Inc., 1975. The Computer Eye - Handbook of Image Processing. 1re édition Goleta (Calif.), 68 p.
- 26 Spencer, D.A., 1973. The Focal Dictionary of Photographic Technologies. Focal Press Ltd., London, 725 p.
- 27 Stein, J. (éd. en chef), 1971. The Random House Dictionary of the English Language. Random House, New York (N.Y.), 2059 p.
- 28 Strome, W.M., 1980. Image Analysis in Canada for presentation to CCRS Digital Image Analysis Workshop, septembre 23-26, Calgary (Alb.).
- 29 Swain, P.H. et S.M. Davis (éd.), 1978. Remote Sensing - The Quantitative Approach. McGraw-Hill Inc., New York (N.Y.), p. 375-385.
- 30 Tou, J.T., et Gonzalez, R.C., 1974. Pattern Recognition Principles. Addison - Wesley Publishing Co., Reading (Mass.), 377 p.
- 31 Turpin, R.D. (auteur-éditeur), 1966. Definitions of Terms and Symbols Used in Photogrammetry in Manual of Photogrammetry (3e éd.) vol. no. 11, M.M. Thompson (éd.). American Society of Photogrammetry. Falls Church (Va.), p. 1125-1161.
- 32 U.S. Geological Survey, 1978. Introduction to Digital Image Analysis of Landsat Data for Bureau of Land Management. Workshop conducted jointly by USGS, EROS Data Center Sioux Falls, S. Dakota, and the Bureau of Land Management, Denver (Colo.).
- 33 U.S. Geological Survey, 1979. Landsat Data Users Handbook. U.S. Geological Survey, Arlington (Va.).
- 34 RESORS Keyword Dictionary, 1982 (inédit).

RESORS

DATE RECEIVED APR -2 1984

DATE CHECKED APR -2 1984

DATE INDEXED APR -2 1984

