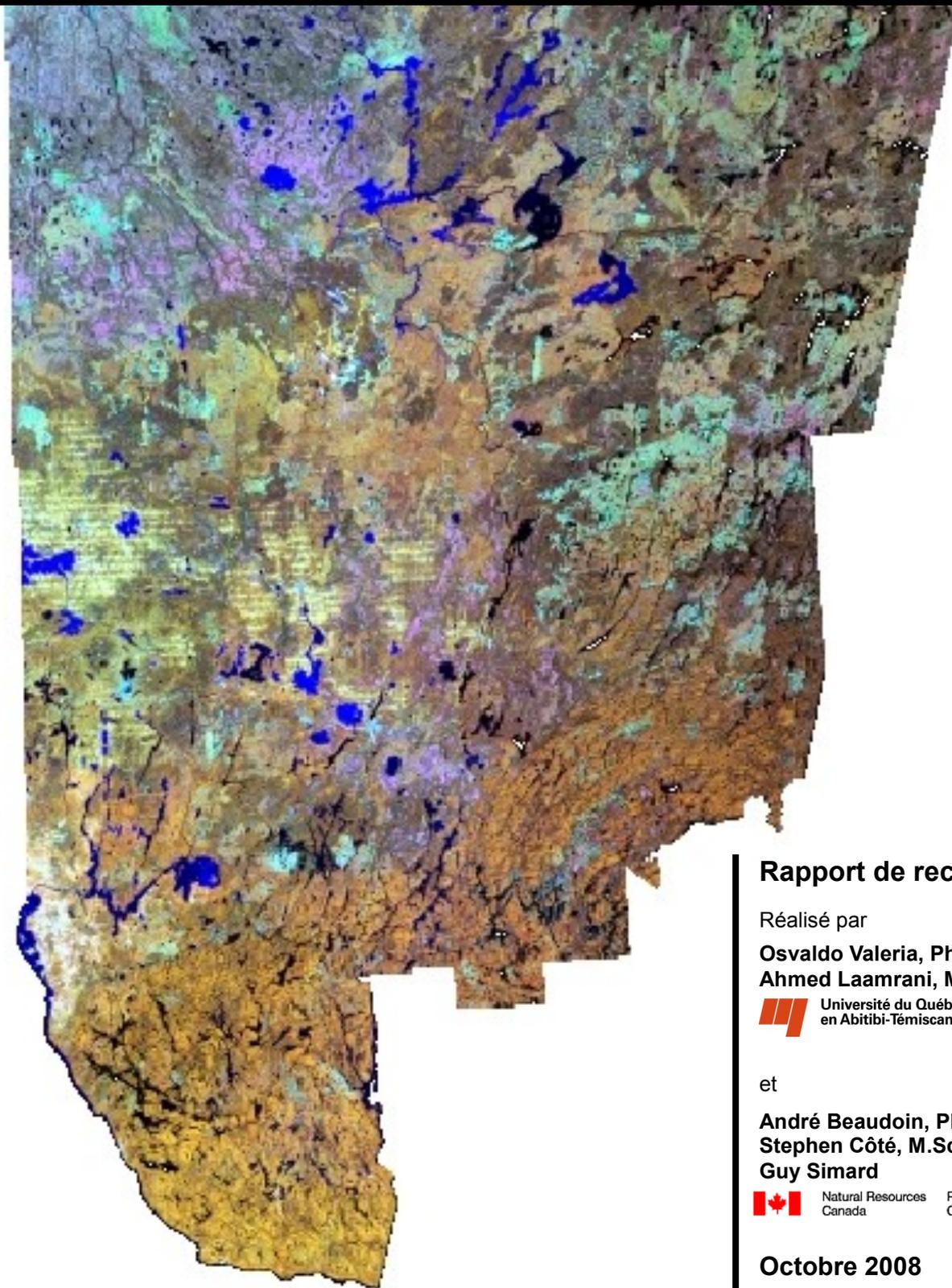


Rapport de
**L'ÉTAT DE LA FORÊT EN ABITIBI-TÉMISCAMINGUE
ET AU NORD-DU-QUÉBEC** à l'aide d'outils de télédétection



Rapport de recherche

Réalisé par

**Oswaldo Valeria, Ph.D.
Ahmed Laamrani, M.Sc.**



Université du Québec
en Abitibi-Témiscamingue

et

**André Beaudoin, Ph.D.
Stephen Côté, M.Sc
Guy Simard**



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Octobre 2008

**RAPPORT DE L'ÉTAT DE LA FORÊT
EN ABITIBI-TÉMISCAMINGUE
ET AU NORD-DU-QUÉBEC
À L'AIDE D'OUTILS DE TÉLÉDÉTECTION**

Par

Oswaldo Valeria, Ahmed Laamrani, André Beaudoin, Stephen Côté et Guy Simard

Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue et Ressources naturelles Canada

Rouyn-Noranda, Québec, Canada

Octobre, 2008

REMERCIEMENTS

De nombreux collaborateurs et partenaires ont contribué à la réalisation de ce projet.

Merci aux membres du comité consultatif pour leur implication et contributions à alimenter les discussions qui ont permis de réaliser le présent rapport.

MEMBRES DU COMITÉ CONSULTATIF

Mario Poirier, Biol., et **Luc Belisle**, Biol.
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec

Pierre Cartier, ing.f., M.Sc.
Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue

Isabelle Lessard, M.Sc.
Association forestière de l'Abitibi Témiscamingue

Geneviève Labrecque, ing.f.
Tembec – Gestion des ressources forestières, Québec

Merci à tout le personnel de la compagnie GEO-3D pour la prise de photos aériennes géoréférencées Geo-3D qui se sont avérées d'une très grande précision. Nous tenons également à remercier M. Hervé Caron pour son support dans la photo-interprétation des images aériennes.

Ce projet a bénéficié du support très apprécié de Marie-Eve Sigouin du Centre technologique des résidus industriels (CTRI) ainsi que Marie-Hélène Longpré et Badradine Laib de la Chaire industrielle CRSNG-UQAT-UQAM en aménagement forestier durable de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue au niveau de la révision du document.

Un merci tout spécial à Madame Marie Boisvert de Développement économique Canada ainsi qu'à son équipe pour leur support financier dans ce projet.

*Ce projet reçoit l'appui
de Développement économique Canada
et de Ressources naturelles Canada*

Canada 

Chaire 
INDUSTRIELLE CRSNG - UQAT - UQAM
**en aménagement
forestier durable**

AVANT-PROPOS

L'omniprésence et la diversité des services que la forêt génère font que l'état de santé de cet écosystème est au cœur des préoccupations des habitants de l'Abitibi-Témiscamingue (AT) et du Nord-du-Québec (NQ). De plus, par ses activités sur le territoire forestier, l'industrie forestière joue un rôle important dans la gestion de la forêt et elle est appelée à respecter tous les critères d'aménagement forestier durable.

Afin de répondre à l'ensemble des préoccupations entourant l'état de la forêt, un premier atelier régional a été organisé conjointement en 2003 par l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) et le Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides (SCF-CFL), pour explorer le potentiel des satellites comme outils disponibles permettant d'obtenir des images d'un grand territoire et de suivre son évolution dans le temps à des coûts relativement faibles et en peu de temps. Au terme de ce premier atelier, les participants (MRNF¹, industrie forestière, Association forestière, MRC, etc.) ont manifesté l'intérêt pour que la région se dote de l'expertise et des outils de télédétection opérationnels pour l'observation et le suivi des milieux forestiers dans la région d'AT et du NQ. Ainsi, l'UQAT et le CFL ont été mandatés pour réaliser une cartographie de tout le territoire qui permettrait le suivi périodique de certains indicateurs d'aménagement forestier durable. Les résultats de cette étude font l'objet du présent rapport et les compilations réalisées proviennent des images satellitaires de quatre périodes (1985, 1995, 2000, 2005).

Cette compilation vise à contribuer de manière significative à une meilleure compréhension de la situation régionale de l'état de la forêt autant pour le grand public que pour l'ensemble des décideurs. Elle permettra d'évaluer l'atteinte des objectifs d'aménagement forestier durable et servira également d'assise à l'élaboration des futurs plans régionaux d'aménagement forestier entamés par les commissions forestières régionales de l'AT et du NQ.

¹ Ministère des Ressources naturelles et de la Faune

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	II
AVANT-PROPOS	III
TABLE DES MATIÈRES	V
LEXIQUE ET ACRONYMES	VI
LISTE DES FIGURES.....	VII
LISTE DES TABLEAUX	XI
SOMMAIRE	XIII
INTRODUCTION.....	1
SECTION 1 : BESOIN D’UN SUIVI DE L’ÉTAT DE LA FORÊT	2
SECTION 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODOLOGIE.....	5
2.1 RÉGION À L’ÉTUDE	5
2.2 IDENTIFICATION DES PRÉOCCUPATIONS ET SÉLECTION D’INDICATEURS	7
2.3 SOURCE DES DONNÉES	11
2.4 MÉTHODE DE DÉTECTION DES CHANGEMENTS.....	11
2.5 MÉTHODE DE PRÉTRAITEMENTS DES IMAGES SATELLITAIRES	11
2.5.1 Corrections géométriques.....	11
2.5.2 Corrections radiométriques.....	12
2.6 MÉTHODE DE CLASSIFICATION DES IMAGES SATELLITAIRES	12
2.7 VALIDATION DES RÉSULTATS DE LA CLASSIFICATION.....	13
SECTION 3 : RÉSULTATS	15
3.1 ÉVOLUTION DES INDICATEURS POUR LA RÉGION ADMINISTRATIVE DE L’ABITIBI-TÉMISCAMINGUE	16
3.2 ÉVOLUTION DES INDICATEURS POUR LA RÉGION ADMINISTRATIVE DU NORD-DU-QUÉBEC.....	23
3.3 ÉVOLUTION DES INDICATEURS POUR CHACUNE DES MRC DE L’ABITIBI-TÉMISCAMINGUE.....	31
3.3.1 MRC de Rouyn-Noranda	32
3.3.2 MRC d’Abitibi-Ouest.....	37
3.3.3 MRC d’Abitibi	42
3.3.4 MRC du Témiscamingue.....	47
3.3.5 MRC de la Vallée-de-l’Or	52
SECTION 4 : CONSTAT GÉNÉRAL SUR L’ÉTAT DE LA FORÊT	57
4.1 RÉSULTAT GLOBAL POUR L’AT ET MISES EN GARDE	57
4.2 FIABILITÉ DES RÉSULTATS.....	60
SECTION 5 : CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	63
RÉFÉRENCES	65
ANNEXE 1 :SOURCE DES DONNÉES	67
ANNEXE 2: MÉTHODE DE CLASSIFICATION DES IMAGES.....	69
ANNEXE 3: LÉGENDE REPRÉSENTANT LES 48 CLASSES THÉMATIQUES UTILISÉES	71
ANNEXE 4: DESCRIPTION DU CALCUL DE LA PRÉCISION.....	75

LEXIQUE ET ACRONYMES

AT : Abitibi-Témiscamingue

CD : Couvert dense

CF : Couvert feuillu

CFL : Centre de foresterie des Laurentides

CM : Couvert mélangé

CO : Couvert ouvert

CR : Couvert résineux

DEC : Développement Économique Canada

ETM+: Enhanced Thematic Mapper Plus

IADF : Indicateurs d'aménagement durable des forêts

IR : Infra-rouge

MRC : Municipalités régionales de comté

MRNF : Ministère des Ressources naturelles et de la Faune

NQ : Nord-du-Québec

PIR : Proche infra-rouge

PJ : Peuplement jeune

PM-SA : Peuplement mature et suranné

SCF : Service canadien des forêts

SR : Surface régénérée

SV : Surface végétalisée

SV-SR : Surface végétalisée ou régénérée

TFIP : Territoire forestier improductif

TFIP-TNF : Territoire forestier improductif ou non-forestier

TFP : Territoire forestier productif

TM: Thematic Mapper

TNF : Territoire non forestier

TPF-PERT : Territoire à potentiel forestier après perturbation

UQAT : Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Délimitation des images Landsat couvrant la zone d'étude en AT et au NQ (A). <i>Chaque image (carrée) couvre une superficie d'environ 34000 km².</i> La localisation de la province de Québec (B). Les différentes provinces naturelles du Québec (C).....	5
Figure 2. Les carrés blancs représentent les 9 images Landsat qui ont été assemblées pour générer la mosaïque 2000. L'image de droite montre une portion de l'image à haute résolution.....	6
Figure 3. Schéma des classes d'indicateurs utilisées pour l'analyse de l'état de la forêt.....	10
Figure 4. Cette figure montre 4 sous-images satellitaires acquises à des dates différentes (1985, 1995, 2000 et 2005) au-dessus d'un même territoire au nord de la MRC d'Abitibi-Ouest. Cette composition de canaux (4,5,3) permet de visualiser la forêt résineuse en brun foncé, la forêt feuillue en jaune orangé, les zones en régénération en jaune et les zones sans végétation (coupes forestières) en vert bleuté. Plus le vert bleuté est clair, plus la coupe est récente.	13
Figure 5. Exemple d'une photo aérienne numérique géoréférencée (en haut, à droite) utilisée dans la validation de l'image satellitaire (en bas). Le carrée jaune correspond à la portion couverte par celle d'en haut et où on reconnaît le résineux jeune comme classe dominante (classe primaire) ainsi qu'un mélange dense à tendance feuillue comme classe secondaire. L'image d'en haut couvre une superficie d'environ 400 x 600 m alors que celle en bas en couvre l'équivalent de 9 km x 9 km.....	14
Figure 6. Territoire de la région de l'Abitibi-Témiscamingue (08).....	16
Figure 7. Répartition des superficies selon les différentes classes de l'indicateur 1 (forestier/non-forestier) dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue en 1985, 1995, 2000 et 2005.....	17
Figure 8. Comparaison de la proportion du territoire forestier productif, improductif, perturbé et non-forestier entre 1985 et 2005 pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue.....	18
Figure 9. Répartition des superficies selon les différentes classes de l'indicateur 2 (Stades de développement) en 1985, 1995, 2000 et 2005 pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue.....	19
Figure 10. Comparaison de la proportion du territoire forestier productif occupé par les différents stades de développement des peuplements forestiers entre 1985 et 2005 pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue.	19
Figure 11. Répartition des superficies selon les différentes classes de l'indicateur 3 (types de couvert forestier) en 1985, 1995, 2000 et 2005 pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue.....	21
Figure 12. Comparaison de la proportion du territoire occupé par les différents types de couvert des peuplements forestiers matures, surannés et jeunes entre 1985 et 2005 pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue.	21

Figure 13. Répartition des superficies selon les différentes classes de l'indicateur 4 (Densité du couvert) en 1985, 1995, 2000 et 2005 pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue.....	22
Figure 14. Comparaison de la proportion du territoire forestier productif occupé par les différentes densités de couvert entre 1985 et 2005 pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue.....	23
Figure 15. Portion de la région (10) du Nord-du-Québec couverte par les images satellites.....	23
Figure 16. Répartition des superficies selon les différentes classes de l'indicateur 1 (Forester/non-forestier) dans la région du Nord-du-Québec en 1985, 1995, 2000 et 2005.....	25
Figure 17. Comparaison de la proportion du territoire forestier productif, improductif, perturbé et non-forestier entre 1985 et 2005 pour la région Nord-du-Québec.....	25
Figure 18. Répartition des superficies selon les différentes classes de l'indicateur 2 (stades de développement) en 1985, 1995, 2000 et 2005 pour la région Nord-du-Québec.....	26
Figure 19. Comparaison de la proportion du territoire forestier productif occupé par les différents stades de développement des peuplements forestiers entre 1985 et 2005 pour la région Nord-du-Québec.....	27
Figure 20. Répartition des superficies selon les différentes classes de l'indicateur 3 (types de couvert forestier) en 1985, 1995, 2000 et 2005 pour la région Nord-du-Québec.....	28
Figure 21. Comparaison de la proportion du territoire occupé par les différents types de couvert des peuplements forestiers matures, surannés et jeunes entre 1985 et 2005 pour la région Nord-du-Québec.....	29
Figure 22. Répartition des superficies selon les différentes classes de l'indicateur 4 (Densité du couvert) en 1985, 1995, 2000 et 2005 pour la région Nord-du-Québec.....	30
Figure 23. Comparaison de la proportion du territoire forestier productif occupé par les différentes densités de couvert entre 1985 et 2005 pour la région Nord-du-Québec.....	30
Figure 24. Territoire de la MRC de Rouyn-Noranda.....	32
Figure 25. Carte thématique de l'évolution du territoire forestier (indicateur 1) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de Rouyn-Noranda.....	33
Figure 26. Carte thématique de l'évolution des stades de développements (indicateur 2) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de Rouyn-Noranda.....	34
Figure 27. Carte thématique de l'évolution des types de couverts (indicateur 3) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de Rouyn-Noranda.....	35
Figure 28. Carte thématique de l'évolution de la densité du couvert (indicateur 4) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de Rouyn-Noranda.....	36
Figure 29. Territoire de la MRC d'Abitibi-Ouest.....	37

Figure 30. Carte thématique de l'évolution du territoire forestier (indicateur 1) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de l'Abitibi-Ouest.	38
Figure 31. Carte thématique de l'évolution des stades de développements (indicateur 2) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de l'Abitibi-Ouest.	39
Figure 32. Carte thématique de l'évolution des types de couverts (indicateur 3) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de l'Abitibi-Ouest.	40
Figure 33. Carte thématique de l'évolution de la densité du couvert (indicateur 4) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de l'Abitibi-Ouest.	41
Figure 34. Territoire de la MRC d'Abitibi.	42
Figure 35. Carte thématique de l'évolution du territoire forestier (indicateur 1) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC d'Abitibi.	43
Figure 36. Carte thématique de l'évolution des stades de développements (indicateur 2) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC d'Abitibi.	44
Figure 37. Carte thématique de l'évolution des types de couverts (indicateur 3) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC d'Abitibi.	45
Figure 38. Carte thématique de l'évolution de la densité du couvert (indicateur 4) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC d'Abitibi.	46
Figure 39. Territoire de la MRC du Témiscamingue.	47
Figure 40. Carte thématique de l'évolution du territoire forestier (indicateur 1) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC du Témiscamingue. Il faut noter l'absence de données dans la partie sud-est de l'image 1985.	48
Figure 41. Carte thématique de l'évolution des stades de développements (indicateur 2) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC du Témiscamingue. Il faut noter l'absence de données dans la partie sud-est de l'image 1985.	49
Figure 42. Carte thématique de l'évolution des types de couverts (indicateur 3) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC du Témiscamingue. Il faut noter l'absence de données dans la partie sud-est de l'image 1985.	50
Figure 43. Carte thématique de l'évolution de la densité du couvert (indicateur 4) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC du Témiscamingue. Il faut noter l'absence de données dans la partie sud-est de l'image 1985.	51
Figure 44. Territoire de la MRC de la Vallée-de-l'Or.	52
Figure 45. Carte thématique de l'évolution du territoire forestier (indicateur 1) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de la Vallée-de-l'Or.	53

Figure 46. Carte thématique de l'évolution des stades de développements (indicateur 2) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de la Vallée-de-l'Or.	54
Figure 47. Carte thématique de l'évolution des types de couverts (indicateur 3) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de la Vallée-de-l'Or.	55
Figure 48. Carte thématique de l'évolution de la densité du couvert (indicateur 4) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de la Vallée-de-l'Or.	56
Figure 49. Territoire forestier productif (indicateur 1) par MRC, en 1985, 1995, 2000 et 2005.	57
Figure 50. Territoire forestier improductif (indicateur 1) par MRC, en 1985, 1995, 2000 et 2005.	57
Figure 51. Couverture en peuplements jeunes par MRC (indicateur 2), en 1985, 1995, 2000 et 2005.	58
Figure 52. Couverture en peuplements feuillus (indicateur 3) par MRC, en 1985, 1995, 2000 et 2005.	58
Figure 53. Couverture en peuplements résineux (indicateur 3) par MRC, en 1985, 1995, 2000 et 2005.	59
Figure 54. Couverture en peuplements denses par MRC, périodes 1985, 1995, 2000 et 2005.	59
Figure 55. Couverture en peuplements ouverts par MRC, périodes 1985, 1995, 2000 et 2005.	60
Figure 56. Schématisation des diverses étapes méthodologique des traitements d'images.	69

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Les indicateurs sélectionnés ainsi que les classes au sol correspondantes.....	9
Tableau 2. Description des acronymes utilisés pour qualifier les classes d'indicateurs.....	10
Tableau 3. Proportion du territoire selon les classes de l'indicateur 1 (Territoire forestier) pour l'ensemble de la région de l'Abitibi-Témiscamingue en 1985, 1995, 2000 et 2005.	17
Tableau 4. Proportion du territoire selon les stades de développement des superficies forestières productives pour l'ensemble de la région de l'Abitibi-Témiscamingue en 1985, 1995, 2000 et 2005.....	19
Tableau 5. Proportion du territoire selon les types de couvert (feuillus, résineux, mélangé) des superficies forestières productives pour l'ensemble de la région de l'Abitibi-Témiscamingue en 1985, 1995, 2000 et 2005.....	21
Tableau 6. Proportion du territoire selon la densité des couverts forestiers (dense, ouvert) des superficies forestières productives pour l'ensemble de la région de l'Abitibi-Témiscamingue en 1985, 1995, 2000 et 2005.....	22
Tableau 7. Proportion du territoire selon les classes de l'indicateur 1 (Territoire forestier) pour l'ensemble de la région du Nord-du-Québec en 1985, 1995, 2000 et 2005.....	24
Tableau 8. Proportion du territoire selon les stades de développement des superficies forestières productives pour l'ensemble de la région Nord-du-Québec en 1985, 1995, 2000 et 2005.	26
Tableau 9. Proportion du territoire selon les types de couvert (feuillus, résineux, mélangés) des superficies forestières productives pour l'ensemble de la région Nord-du-Québec en 1985, 1995, 2000 et 2005.....	28
Tableau 10. Proportion du territoire selon la densité du couvert forestier (dense, ouvert) des superficies forestières productives pour l'ensemble de la région Nord-du-Québec en 1985, 1995, 2000 et 2005.	29
Tableau 11. Ensemble d'indicateurs et de classes pour la MRC de Rouyn-Noranda en 1985, 1995, 2000 et 2005.....	32
Tableau 12. Ensemble d'indicateurs et de classes pour la MRC d'Abitibi-Ouest en 1985, 1995, 2000 et 2005.....	37
Tableau 13. Ensemble d'indicateurs et de classes pour la MRC d'Abitibi en 1985, 1995, 2000 et 2005.	42
Tableau 14. Ensemble d'indicateurs et classes pour la MRC du Témiscamingue en 1985, 1995, 2000 et 2005.	47
Tableau 15. Ensemble d'indicateurs et classes pour la MRC de la Vallée-de-l'Or en 1985, 1995, 2000 et 2005.....	52
Tableau 16. Vérification de l'exactitude de la classification des indicateurs pour l'Abitibi-Témiscamingue et le Nord-du-Québec.	61

Tableau 17. Vérification de l'exactitude de la classification des indicateurs pour les MRC de l'Abitibi-Témiscamingue.	61
Tableau 18. Caractéristiques des capteurs Landsat 5 TM et Landsat 7 ETM+	67
Tableau 19. Légende OTDD détaillée des 48 classes utilisées pour construire les indicateurs.....	71
Tableau 20. Exemple de matrice de confusion.....	75

La forêt représente l'une de nos plus grandes richesses naturelles. Il s'agit d'une ressource renouvelable mais qui est sensible aux pressions telles que la colonisation, la mécanisation des opérations forestières et l'explosion démographique à l'échelle de la planète. Même si la forêt était jadis considérée comme une ressource inépuisable, déjà au 19^e siècle on se préoccupait de son état. Aujourd'hui, nos forêts sont au cœur de l'actualité.

Pour avoir un portrait juste de l'évolution des forêts en Abitibi-Témiscamingue et au Nord-du-Québec, un groupe de chercheurs de l'UQAT et leurs collègues du Service canadien des forêts à Québec ont eu la bonne idée de prendre un peu de recul et de regarder la forêt depuis l'espace grâce aux images satellitaires LANDSAT. Pour ce faire, ils ont utilisé 32 images datant de 1985, 1995, 2000 et 2005 pour un total de 12 millions d'hectares couvrant l'Abitibi-Témiscamingue et la forêt sous aménagement du Nord-du-Québec suivi sur une période de 20 ans. Le comité s'est donné pour mission de surveiller quatre indicateurs d'état de la forêt qui correspondent à des grandes préoccupations du public québécois. Les résultats obtenus sont complémentaires aux produits élaborés par le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune tels l'élaboration des portraits statistiques et comportent une marge d'erreur acceptable liée essentiellement aux limites de l'imagerie satellitaire LANDSAT à l'égard de la résolution spatiale, des dates d'acquisition parfois défavorables et de la confusion dans la distinction de certains types de couverts forestiers.

L'étude détaillée de quatre indicateurs par imagerie satellite nous permettent d'affirmer que :

1- La forêt productive a perdu près de 3% de sa superficie au cours des 20 dernières années, soit près de 190 000 ha. Ce recul est principalement dû à l'augmentation du territoire improductif (ex : chemins forestiers, emprises et sentiers, extraction minière, gravières, etc.) et dans une moindre mesure à l'augmentation du territoire non forestier (ex : agriculture). Dans certains territoires sous aménagement forestier où le réseau routier est complètement développé, il n'est pas rare de retrouver près de 4 à 5 % du territoire improductif liés aux routes et emprises.

2- Depuis 20 ans, la superficie des forêts matures a diminué d'un million d'hectares, soit de 19% dans le Nord-du-Québec et de 7% en Abitibi-Témiscamingue. Sur le territoire étudié, 81% des forêts productives étaient des forêts matures en 2005. En comparant les données de 1985 et de 2005, on constate que notre forêt vit un véritable baby-boom. Les changements dans la pyramide des âges se font principalement au profit des superficies révégétalisées après perturbation (incluant des semis) ainsi qu'au stade de régénération. Ces superficies ont augmenté de 82% en 20 ans, soit une augmentation de 627 000 ha. La cure de rajeunissement s'explique par les coupes forestières au fil des ans, par les feux de forêts, mais également par le fait que la forêt boréale se régénère lentement, donc que les effets rajeunissants des coupes et des feux se font sentir sur de plus longues périodes. La MRC de la Vallée-de-l'Or est celle qui a connu le rajeunissement le plus marqué de sa forêt, soit une diminution de 16% de sa forêt mature. Par le fait même, la proportion de la forêt en révégétalisation ou en régénération a augmenté de 270%, soit 207 000 ha.

3- La forêt résineuse a connu une diminution de 1,1 million d'hectares en 20 ans, particulièrement dans le Nord-du-Québec. Ceci n'est pas surprenant puisque l'industrie forestière de notre région est d'abord tournée vers les résineux. Pour l'Abitibi-Témiscamingue, c'est la MRC de la Vallée-de-l'Or qui a connu la plus forte diminution de sa forêt résineuse avec 200 000 ha, soit 24% de son couvert résineux.

La réduction des superficies résineuses se fait au profit des essences feuillues (enfeuillage). Suite à une perturbation comme un feu ou une coupe, ce sont le plus souvent les feuillus intolérants (surtout le peuplier faux-tremble) qui gagnent en abondance. En accord avec la succession naturelle des peuplements, les essences résineuses se retrouvent en sous-étage et prendront plusieurs décennies avant de redevenir majoritaires dans le peuplement forestier. En attendant, on vit avec la génération des feuillus. Pour l'industrie, on doit d'abord s'inquiéter si l'enfeuillage comporte trop d'essences non-commerciales comme le saule ou l'aulne, ce que ne peut cependant distinguer l'imagerie satellitaire.

En chiffres, l'analyse des images satellitaires a révélé que 1% des territoires du Nord-du-Québec étaient dominés par les feuillus en 1985 alors qu'ils représentaient 4% en 2005. Pour l'Abitibi-Témiscamingue, la proportion des feuillus est passée de 9 à 14%. Dans l'ensemble, on observe une augmentation de la superficie feuillue de 480 000 hectares dont 111 000 ha dans la seule MRC du Témiscamingue.

4- La forêt dense dans le Nord-du-Québec occupait 31% du territoire en 1985 alors qu'elle ne représente que 19% en 2005. Le même recul s'observe, dans une moindre mesure, pour l'Abitibi-Témiscamingue qui voit sa forêt dense passer de 58 à 52% du territoire. Pour ces deux territoires, on parle d'une diminution de près d'un million d'hectares de forêt dense en 20 ans largement expliquée par les perturbations naturelles (feu, insectes) et la récolte forestière. Cependant, nous demeurons prudents sur ce point étant donné la plus grande marge d'erreur liée à cet indicateur.

C'est la Vallée-de-l'Or qui se démarque par la diminution du couvert dense (diminution de 27%, soit 483 166 ha) et l'augmentation du couvert ouvert la plus importante de l'Abitibi-Témiscamingue (augmentation de 51%, soit 166 600 ha).

Les résultats présentés ici montrent à quel point la forêt subit dans le temps les effets des perturbations naturelles et de l'action humaine. Le recul des forêts denses, l'augmentation des forêts feuillues et le rajeunissement de la forêt nous démontrent à quel point nous travaillons sur une ressource vivante qui possède une dynamique propre. Tous les chiffres présentés ici, malgré qu'on doive prendre en compte l'incertitude leur étant associée, ont de quoi en inquiéter plusieurs. Il reste maintenant à évaluer si ces changements et les changements futurs n'atteignent pas la capacité de cet écosystème à se régénérer et continuer d'offrir des biens et des services pour les générations actuelles et futures. Dans ce sens, le suivi réalisé avec les images satellitaires assorti avec des analyses plus poussées est primordial afin de continuer à apporter des mesures additionnelles pour un suivi de l'état de santé de nos forêts à des intervalles appropriés.

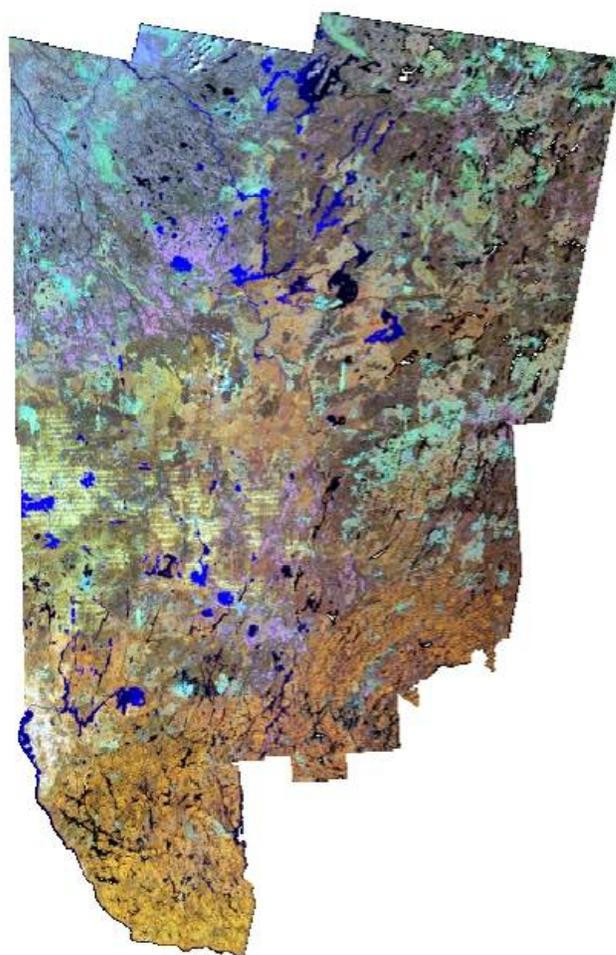
INTRODUCTION

Ce rapport sur l'état de la forêt vise à transmettre aux décideurs, aux agents de développement économiques et à la population de l'Abitibi-Témiscamingue (AT) et du Nord-du-Québec (NQ) un ensemble d'informations afin de favoriser un développement durable de l'industrie forestière de la région.

Dans la première section, une mise en contexte démontre l'importance de cette industrie pour la région et le virage auquel elle est actuellement confrontée. Une description sommaire des caractéristiques de la région étudiée ainsi que la méthodologie et les données utilisées (annexe 1) seront ensuite présentées. Une description plus détaillée de la méthodologie adoptée pour la réalisation du portrait de la forêt en Abitibi-Témiscamingue se retrouve à l'annexe 2.

Une troisième section présente les analyses et interprétations sur les données quantitatives obtenues concernant l'évolution des indicateurs, aussi bien pour les grandes régions de l'AT et du NQ que pour chacune des cinq municipalités régionales de comté (MRC) de l'AT. Des cartes d'indicateurs, des graphiques et des tableaux accompagnent les résultats pour chaque MRC et leurs évolutions respectives sur une période de 20 ans. Une discussion concernant l'apport de l'information forestière obtenue à la connaissance générale de l'état de la forêt suivra la présentation des différents résultats.

Afin de valider les résultats obtenus avec la méthode utilisée dans le présent projet, des données issues d'autres travaux, notamment ceux de Global Forêt Watch of Canada (GFWC) et le Système d'Information Forestière par Tesselle (SIFORT) du MRNF, seront présentées à titre comparatif. Finalement, nous concluons ce rapport en mettant la lumière sur les points saillants de l'étude. Quelques questions importantes sur l'avenir de la forêt en AT et au NQ seront suivies des recommandations qui se dégagent de la présente étude. En particulier, cette section souligne les aspects originaux de la télédétection comme outil de suivi de l'état des forêts, les objectifs qui ont été atteints dans le cadre de l'étude et les limites de la méthode utilisée.



SECTION 1 : Besoin d'un suivi de l'état de la forêt

En plus de constituer une source de vie pour des milliers d'espèces d'animaux, d'oiseaux, de plantes et d'insectes, la forêt boréale canadienne constitue une composante importante de l'histoire, de l'économie et de la culture des Canadiens. Les produits et les retombées économiques reliés aux ressources forestières font partie intégrante de la vie quotidienne des gens et de l'économie du pays. Selon le Ministère des Ressources naturelles du Canada², l'industrie forestière a contribué à hauteur de 2,9% au produit intérieur brut (PIB) du Canada en 2005. À l'instar des autres régions ressources du Québec, l'Abitibi-Témiscamingue (AT) et le Nord-du-Québec (NQ) sont des régions où l'industrie forestière joue un rôle de premier plan dans l'économie locale. En effet, la région de l'AT occupait, en 1999, le deuxième rang sur le plan de la production de bois d'œuvre au Québec avec 14,5 % du total dans le groupe de production sapin, épinette, pins et mélèzes (SEPM). En 1999, cette région comptait près de 6000 emplois dans les domaines de la première et de la deuxième transformation³.

La diffusion du film *L'erreur boréale* en 1999 a secoué autant la population que le monde politique et a suscité un débat sur la question de la responsabilité collective devant la surexploitation de la forêt boréale québécoise et son impact sur les écosystèmes. À la suite de l'émoi créé par la sortie de ce film, et pour faire état de la situation, le Gouvernement a créé la Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise connue sous le nom de la commission Coulombe.

Un portrait de la forêt québécoise permettrait, entre autres, de contribuer à assurer un suivi adéquat de la forêt tout en respectant sa capacité de régénération. Pour l'instant, les outils disponibles au Québec (ex. cartes écoforestières et les portraits statistiques produits par le MRNF) ne permettent pas forcément de remplir tout ces objectifs et par conséquent de représenter de manière précise l'évolution des superficies forestières de chaque région.

« Une des lacunes les plus importantes soulevées en 2004 par la commission Coulombe est le manque d'un portrait systématique de l'état de la forêt québécoise. »

À l'instar des autres régions du Québec, la question de la situation des forêts en Abitibi-Témiscamingue est un sujet brûlant d'actualité et les contribuables québécois se sentent de plus en plus concernés par l'état de la forêt publique, qui couvre plus de 90% du territoire. Pour répondre aux préoccupations croissantes du public, il est impératif de dresser un portrait juste et actuel de la couverture forestière et de pouvoir le comparer avec sa situation passée afin d'en suivre l'évolution.

Dès 2003, un atelier régional réunissant des chercheurs de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT), les municipalités régionales de comté (MRC), l'Association forestière de l'Abitibi-Témiscamingue (AFAT) et quelques entreprises forestières (ex. Tembec) est arrivé à la conclusion qu'un portrait de l'état général de la forêt en AT et dans le NQ permettant de faire le suivi de son évolution dans le temps devenait une nécessité pressante, autant pour les intervenants du milieu que pour le grand public de plus en plus sensibilisé à l'aménagement des forêts publiques.

Pour réaliser ce portrait, un comité de consultation composé de représentants de l'AFAT, des MRC, de Tembec et du MRNF a été formé au début de 2004 afin de discuter de la stratégie à poursuivre et des outils nécessaires à la réalisation du portrait en question.

Des chercheurs de l'UQAT et du Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides (SCF-CFL), ont donc été mandatés pour réaliser un portrait de l'état général de la forêt en AT et au NQ à l'aide de données de télédétection dans le cadre d'un projet *Initiatives Régionales Stratégiques* (IRS) financé en grande partie par Développement Économique Canada (DEC).

² Voir : <http://www.nrcan.gc.ca/cfs-scf/sof>

³ Page web CRIQ, 2000

Précisons que les membres du comité consultatif étaient unanimes au fait que les images satellitaires sont présentement les seuls outils disponibles qui permettent, à des coûts relativement faibles et en peu de temps, d'obtenir des images d'un grand territoire et d'en suivre l'évolution dans le temps. En effet, les participants ont exprimé leur désir de voir combler les besoins de la région de l'Abitibi-Témiscamingue en outils de télédétection opérationnels pour l'observation et le suivi des milieux forestiers.

La télédétection désigne la collecte à distance d'informations sur des paramètres physiques donnés (i.e. superficies forestières) et dont les images sont recueillies en continu depuis les années 1980. Elle offre une multitude d'outils pouvant être adaptés afin d'effectuer le suivi de la forêt ainsi que sa régénération.

Les objectifs du projet étaient donc :

- quantifier l'évolution de quatre indicateurs forestiers pour l'ensemble de la région de l'AT et du NQ à partir des images satellitaires Landsat datant de 1985, 1995, 2000 et 2005 ;
- informer le public de l'état des forêts dans les deux régions et de leurs évolutions ;
- fournir aux utilisateurs de la forêt dans ces deux régions des outils d'analyse qui leur permettent de s'assurer que les pratiques forestières contribuent à l'aménagement durable des forêts.

Le portrait a également été réalisé pour chacune des cinq municipalités régionales de comté (MRC) composant le territoire de l'AT. Le découpage géographique par MRC a été priorisé par rapport à d'autres types de découpages (i.e., zone écologiques, domaine bioclimatique) car il correspond davantage aux préoccupations du public qui se reconnaît davantage dans les limites administratives de son territoire.

Tel que souligné dans les conclusions de ce rapport, les données issues des images Landsat traitées ont permis de dresser un portrait de l'évolution des différents indicateurs qui s'est avéré d'une exactitude élevée dans certaines MRC. Une telle affirmation est supportée par une approche de validation basée sur la comparaison de ces images avec des photos aériennes géoréférencées de la région acquises en 2005.

Finalement, cette étude jette les bases qui permettront aux deux régions de se doter d'un système de gestion et de suivi à long terme afin de mesurer les progrès réalisés en aménagement forestier durable des forêts au fil du temps.

Il importe de souligner que ce rapport vise à mettre en évidence les tendances générales dans l'évolution des quatre indicateurs choisis. Bien que des efforts aient été déployés pour assurer l'exactitude des informations, les résultats obtenus comportent une marge d'erreur liée essentiellement aux limites des capteurs et à la résolution spatiale des images Landsat (un pixel⁴ de 30m x 30m au niveau du sol) ainsi qu'aux données utilisées pour leur validation. L'utilisateur accepte les données comme elles sont et assume tous les risques associés à une telle utilisation. L'UQAT et le CFL n'assument aucune responsabilité pour les dommages indirects ou directs encourus suite à l'utilisation des données.

⁴ Le pixel représente la plus petite unité homogène d'une image satellite

SECTION 2 : Matériel et méthodologie

2.1 Région à l'étude

Notre aire d'étude est située dans les régions administratives de l'Abitibi-Témiscamingue (08) et du Nord-du-Québec (10). Elle couvre une superficie d'environ 141 800 km² (plus de trois fois la superficie de la Suisse⁵) et est située entre 79° 44' et 74° 44' de longitude Ouest et 46° 01' et 51° 19' de latitude Nord (figure 1A).

Du point de vue géographique, ce sont des régions de basse altitude situées au Nord-Ouest de la province de Québec (Figure 1B). Ce territoire englobe des paysages très variés de la forêt boréale, allant de la forêt feuillue au sud à la forêt mélangée et résineuse au nord. En plus de son gradient longitudinal et latitudinal, ce territoire a été modelé principalement par des perturbations naturelles tels les feux dans sa portion nord et les insectes et chablis dans sa portion sud. À cela, s'ajoute des perturbations anthropiques qui ont façonné le territoire depuis sa colonisation et se sont accrues avec la mécanisation de l'industrie forestière vers la fin du XX^e siècle.

Étant donné l'immensité du territoire étudié, 32 images satellites datant de 1985, 1995, 2000 et 2005 ont été requises pour couvrir les 12 millions d'hectares de l'Abitibi-Témiscamingue et la forêt sous aménagement du Nord-du-Québec (figure 2).

Ce vaste territoire chevauche principalement trois grandes provinces naturelles⁶, soit la province F - basses terres de l'Abitibi-Témiscamingue et de la baie James, la province G - Hautes terres de Mistassini et la province C - Laurentides méridionales (figure 1C).

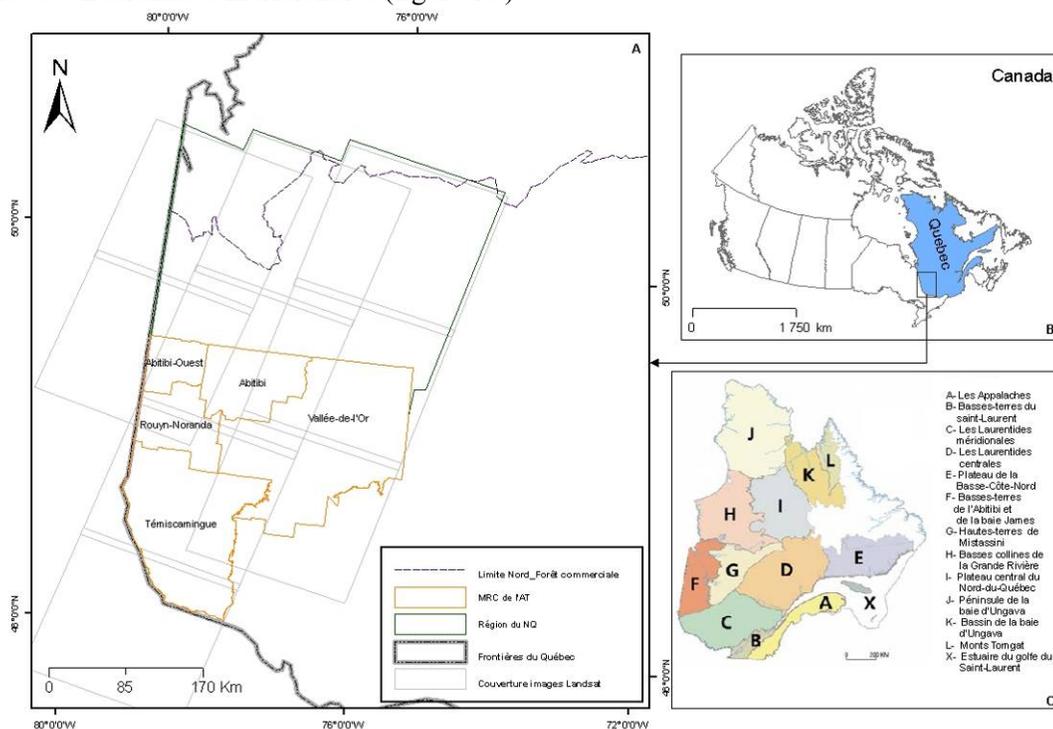


Figure 1. Délimitation des images Landsat couvrant la zone d'étude en AT et au NQ (A). Chaque image (carrée) couvre une superficie d'environ 34000 km². La localisation de la province de Québec (B). Les différentes provinces naturelles du Québec (C).

⁵ 41 290 km²; source CIA world factbook: <http://www.cia.gov>

⁶ Aires protégées au Québec, Les provinces naturelles Niveau I du cadre écologique de référence du Québec. Ministère de l'Environnement 2000, 87 p.

Les basses-terres de l'Abitibi et de la baie James correspondent à une plaine légèrement inclinée qui décroît lentement, de 350 m au sud et à l'est jusqu'au niveau de la mer sur les rivages de la baie James. Au sud, le socle rocheux est constitué de tonalité entrecoupée de bandes subparallèles de basalte alors qu'au nord, les gneiss dominent. Les épisodes particuliers du quaternaire ont laissé d'épais dépôts de limons et d'argiles sur lesquels se sont développées de grandes tourbières. Le climat est généralement froid et modérément humide. Sur les sols minéraux, la sapinière à bouleau blanc domine dans la partie méridionale et cède sa place à la pessière à mousses vers le nord. Sur les sols organiques, les pessières dominent les groupements boisés alors que les formations basses à éricacées ou herbacées et sphaignes prédominent dans les tourbières.

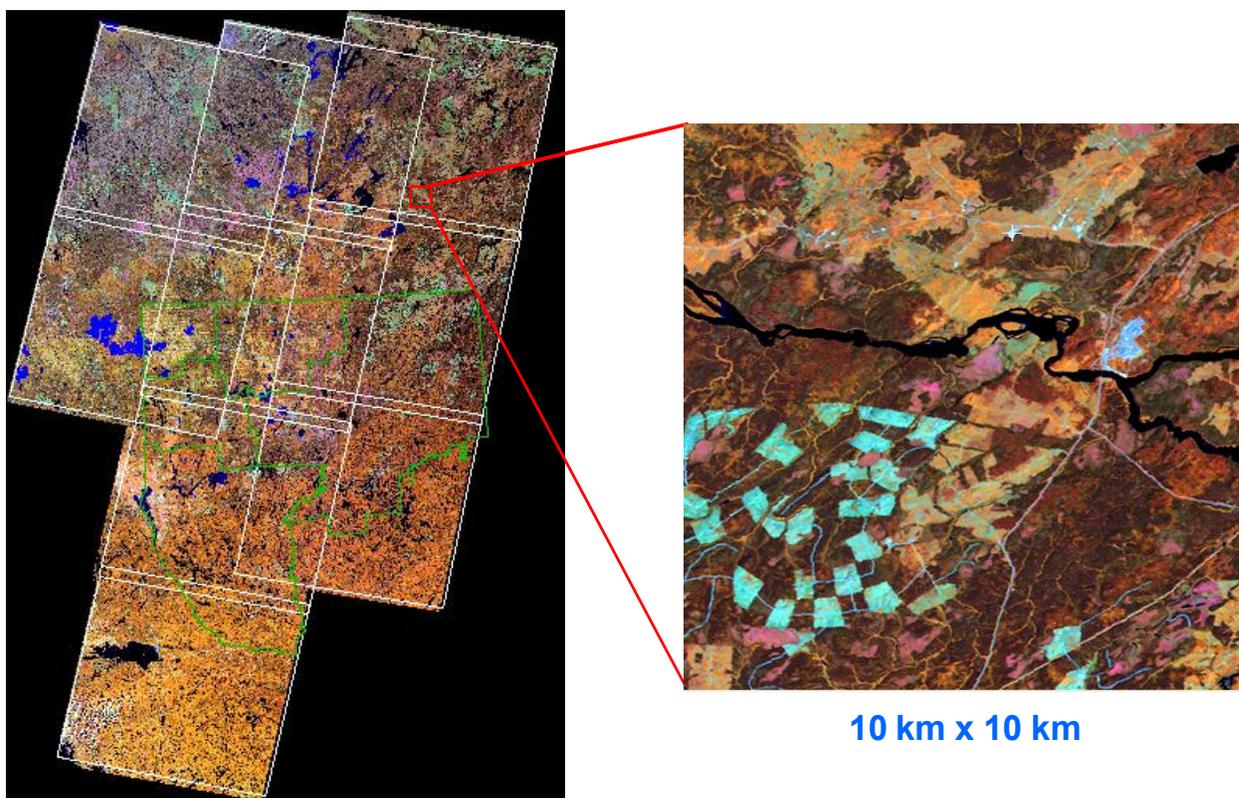


Figure 2. Les carrés blancs représentent les 9 images Landsat qui ont été assemblées pour générer la mosaïque 2000. L'image de droite montre une portion de l'image à haute résolution.

Au sud, les limons et argiles du lac proglaciaire Barlow-Ojibway dominent, alors que sur les buttes et collines, on trouve des dépôts glaciaires minces en association avec de nombreux affleurements rocheux. Au centre, le till de Cochrane est associé à d'importantes tourbières entrecoupées par les sables et graviers de la moraine d'Harricana. Au nord, les tourbières sont encore prédominantes en association avec les argiles et limons marins de la mer de Tyrrell et quelques sables littoraux.

Les hautes-terres de Mistassini, quant à elles, correspondent à un grand plateau parsemé de collines. Le socle rocheux est surtout constitué de tonalite entrecoupée d'étroites bandes de basalte et de roches sédimentaires (dolomie) autour du lac Mistassini et des monts Otish. Les dépôts glaciaires, souvent épais, sont les plus importants; ils sont accompagnés de dépôts fluvio-glaciaires. Sur ces sols, un climat froid et modérément humide favorise l'installation généralisée de résineux: les forêts ouvertes et denses de la pessière noire à mousses, accompagnées de pinèdes grises qui révèlent l'importance des feux sur les sols les plus secs. Les tourbières occupent une bonne partie du territoire, surtout dans la partie sud. Le réseau

hydrographique comprend des rivières d'importance moyenne, mais également un grand nombre de lacs, dont le lac Mistassini (près de 2 200 km²).

Les Laurentides méridionales couvrent la partie sud-ouest du bouclier canadien au Québec. Elles sont faites d'assemblages de collines, de plateaux, de dépressions et de quelques massifs plus élevés. Le socle rocheux est surtout constitué de gneiss recouvert de dépôts glaciaires minces. Au sud, le climat y est le plus clément du Québec alors qu'il passe à froid et humide au nord où il y est localement très humide sur les massifs les plus élevés. Sous l'influence du climat, la végétation passe successivement de l'érablière à la sapinière à bouleau jaune, puis à la sapinière à bouleau blanc et même à la sapinière à épinette noire dans les milieux les moins favorables. Au nord de la province naturelle, quelques grands lacs et réservoirs donnent naissance à un réseau hydrographique bien développé dont les axes majeurs sont ceux des rivières des Outaouais, Gatineau et Saint-Maurice.

2.2 Identification des préoccupations et sélection d'indicateurs

Les préoccupations entourant la forêt sont très nombreuses et même parfois contradictoires dépendamment des intérêts des groupes d'utilisateurs. Ces préoccupations font appel à une meilleure gestion, contrôle, accès, partage, respect de l'environnement, etc. Afin de répondre à quelques-unes de ces préoccupations par le biais de notre projet, nous avons effectué une consultation auprès de différents organismes régionaux œuvrant dans des projets de Gestion Intégrée des Ressources (GIR Lac Turgeon, GIR Rouyn-Noranda, ZEC Kipawa, Réserve faunique de LaVérendrye). Ces organismes, en opération depuis quelques années, avaient déjà entamé au préalable un travail d'identification des préoccupations sur leurs propres territoires recoupant une grande partie du territoire à l'étude. Suite à ces rencontres, nous avons dressé une synthèse des principales préoccupations ayant trait à l'environnement forestier, au paysage forestier, au réseau routier, à la faune et à la biodiversité, aux activités récréotouristiques ainsi qu'aux retombées générées par l'activité forestière. Parmi celles-ci, nous avons retenu les préoccupations pouvant être traitées avec des données spatiales. Par la suite, une liste d'indicateurs potentiels a été élaborée et priorisée par le comité consultatif. Les indicateurs sélectionnés devaient être mesurables par télédétection et répondre directement aux préoccupations soulevées par le grand public concernant la quantification des changements du couvert forestier dans le but d'élaborer le suivi à long terme de l'évolution de la forêt. Le tableau 1 présente les indicateurs ainsi que les classes d'indicateurs retenus. La description des classes d'indicateurs est issue des classes de couverture terrestre de l'inventaire national du Canada⁷.

INDICATEUR 1- TERRITOIRE FORESTIER PRODUCTIF VS TERRITOIRE NON FORESTIER

La question centrale sur laquelle le comité consultatif s'est penché concerne la quantification globale de la ressource forestière. Il faut noter que très peu de données permettent actuellement de répondre à cette question, et ce, tant au niveau spatial que temporel. Nous avons alors proposé de mesurer l'évolution de cet indicateur selon quatre classes. Ces classes comprennent le territoire forestier productif (TFP), le territoire non forestier (TNF), le territoire à potentiel forestier après perturbations (TPF-PERT) et le territoire forestier improductif (TFIP).

Tout au long de la démarche, la définition du TFP a soulevé plusieurs difficultés et questionnements touchant à la définition de ce qui est forêt et non forêt. Contrairement à la définition de Ressources naturelles Canada (Cauboue et al., 1996) qui considère la forêt comme étant une formation végétale relativement grande dominée principalement par des arbres, nous avons opté pour une définition du TFP qui tient compte de la spécificité des images satellitaires utilisées. En accord avec le comité consultatif, nous avons établi que par territoire forestier productif, on entend toutes les surfaces couvertes d'arbres ou d'arbustes forestiers dont la densité⁸ est supérieure à 25%, incluant les surfaces en développement (surfaces végétalisées et en régénération) issues de perturbations naturelles et/ou anthropiques. Ces surfaces en développement ont souvent une signature spectrale différente de celles qui ont subi une

⁷ Inventaire forestier national du Canada (<http://nfi.nfis.org/>)

⁸ Densité du couvert forestier : couverture relative du sol de la projection de la cime des arbres de 7 mètres et plus.

perturbation relativement récente. Ces dernières réfléchissent une grande quantité de rayonnements dans le proche infrarouge (PIR⁹), tandis qu'une surface où la régénération s'est installée absorbe plus de rayonnements dans les plages PIR du spectre visible. Les classes utilisées pour définir TFP, TNF, TFIP et TPF-PERT sont décrites de façon détaillée dans le tableau 1.

INDICATEUR 2- STADE DE DÉVELOPPEMENT DES PEUPEMENTS FORESTIERS

Puisque la quantification globale de la forêt, rapportée par l'indicateur 1, n'avait pas pour objectif de discriminer en fonction de la structure verticale de la forêt et de l'effet des perturbations (anthropiques et naturelles) dans le temps, un deuxième indicateur a été retenu. Ce dernier permet de quantifier l'importance relative des superficies forestières en fonction de leur stade de développement selon trois classes : peuplements matures et surannés (PM-SA), peuplements jeunes (PJ) ainsi que ceux en développement (surfaces végétalisées (SV) ou en régénération (SR)). Cet indicateur permet d'illustrer l'évolution du paysage forestier dans le temps afin d'évaluer la capacité de résilience des écosystèmes.

INDICATEUR 3- TYPE DE COUVERT FORESTIER

L'indicateur 3 caractérise le type de couverts forestiers selon trois classes principales : un couvert résineux (CR), feuillu (CF) ou mélangé (CM). Cet indicateur permet de répondre à plusieurs questions concernant, entre autres, les effets des perturbations naturelles et l'augmentation ou la diminution de certains types de peuplements dans le paysage ou l'intérêt de récolte pour un type de couvert en particulier.

Cet indicateur permet d'approfondir l'analyse du territoire et le contraster avec les effets par exemple de l'abondance ou l'absence de certaines espèces animales, végétales ou d'insectes dans une portion du territoire. L'effet d'une pression accrue sur un type de couvert en particulier pourrait également être étudié.

En Abitibi-Témiscamingue et au Nord-du-Québec, le couvert résineux comprend des peuplements où l'on trouve des sapins, des pins, des épinettes, mélèzes et/ou des cèdres. Sous un couvert feuillu, on trouve des bouleaux, des peupliers et/ou des érables. Un couvert est dit mixte ou mélangé lorsqu'il regroupe des résineux et des feuillus et que ni l'un ou l'autre ne compte pour plus de 75% du peuplement.

INDICATEUR 4- DENSITÉ DES COUVERTS FORESTIERS

Afin de se rapprocher d'une mesure permettant de qualifier l'état de la forêt, un dernier indicateur a été retenu. Celui-ci permet de mesurer l'évolution du couvert selon sa densité en fonction des classes dense (CD) et ouverte (CO). Une analyse combinée entre le type de couvert, stade de développement et densité du couvert forestier permet de comprendre la pression (perturbations) subie par cet écosystème ainsi que son évolution dans le temps. Il est également possible de relier ces résultats aux données climatologiques afin d'analyser la réponse de l'écosystème forestier aux changements climatiques.

AUTRES INDICATEURS

Lors de l'exercice de sélection d'indicateurs pour ce projet, d'autres indicateurs ont également été analysés : biomasse forestière, agents perturbateurs (feu, insectes, maladies) etc. Toutefois, les données Landsat disponibles ainsi que les techniques que nous possédons ne nous permettent pas de réaliser des estimations satisfaisantes à ce moment. L'amélioration continue de la qualité des données pourrait contribuer à répondre à cette problématique dans un avenir proche.

La description des indicateurs au Tableau 1 intègre les classes retenues pour chacun de ceux-ci. Les classes eau, nuages et ombre ont été exclues du calcul des indicateurs alors que les classes SV et SR accompagnent les indicateurs 3 et 4 afin de compléter la couverture cartographique (figure 3).

⁹ PIR= Longueur d'onde du proche infrarouge (2500 - 830 nm).

Tableau 1. Les indicateurs sélectionnés ainsi que les classes au sol correspondantes.

Indicateurs	Code	Classes au sol
1. Forêt-Non Forêt	TFP	Territoire forestier productif : Arbustes hauts, régénération résineuse, feuillue et mélangée, brûlis végétalisés, coupes végétalisées, résineux dense et ouvert, feuillu dense et ouvert, mélangé dense et ouvert
	TNF	Territoire non forestier : Terrains dénudés, urbains et agricoles, lichens, mousse, lande alpine et à arbuste, roc
	TPF- PERT	Territoire à potentiel forestier après perturbation : Brûlis et coupes récentes
	TFIP	Territoire forestier improductif : Milieux humides arborés, arbustifs et herbacés, résineux/feuillus/mélangés épars et landes boisées résineuses
2. Stade de développement	SV	Surface végétalisée : Arbustes bas, brûlis végétalisés, coupes végétalisées
	SR	Surface régénérée : Arbustes hauts, régénération résineuse, régénération feuillue, régénération mélangée
	PJ	Peuplement jeune : Résineux jeunes et feuillus jeunes
	PM-SA	Peuplement mature et suranné : Résineux moyens et ouverts à fond de mousse/lichens, feuillu dense et ouvert, mélangé dense à tendance résineuse/feuillue/résineuse - feuillue, mélangé ouvert à tendance résineuse/feuillue/résineuse-feuillue
	TFIP- TNF	Territoire forestier improductif ou non-forestier : Milieux humides arborés, arbustifs et herbacés, résineux/feuillus/mélangés épars et landes boisées résineuses, terrains dénudés, urbains et agricoles, lichens, mousse, lande alpine et à arbuste, roc
3. Type de couvert	SV-SR	Surface végétalisée ou régénérée : Arbustes hauts/bas, brûlis végétalisés, coupes végétalisées, régénération résineuse, régénération feuillue, régénération mélangée
	CF	Couvert feuillu : Feuillus dense mature/jeune et ouvert
	CR	Couvert résineux : Résineux denses jeunes/matures, résineux ouverts et moyens
	CM	Couvert mélangé : Mélangé dense à tendance résineuse/feuillue/résineuse-feuillue, mélangé ouvert à tendance résineuse/feuillu/résineuse-feuillue
	TFIP- TNF	Territoire forestier improductif ou non-forestier : Milieux humides arborés, arbustifs et herbacés, résineux/feuillus/mélangés épars et landes boisées résineuses, terrains dénudés, urbains et agricoles, lichens, mousse, lande alpine et à arbuste, roc
4. Types de Densité	SV-SR	Surface végétalisée ou régénérée : Arbustes hauts/bas, brûlis végétalisés, coupes végétalisées, régénération résineuse, régénération feuillue, régénération mélangée
	CD	Couvert dense : Résineux vieux dense et jeune dense, Feuillu dense mature et dense jeune, mélangé dense à tendance résineuse/feuillue/résineuse-feuillue
	CO	Couvert ouvert : Résineux moyens à fond de mousse/lichens, résineux ouverts à fond de mousse/lichens, Feuillu ouvert, mélangé ouvert à tendance résineuse/feuillue/résineuse-feuillue
	TFIP- TNF	Territoire forestier improductif ou non-forestier : Milieux humides arborés, arbustifs et herbacés, résineux/feuillus/mélangés épars et landes boisées résineuses, terrains dénudés, urbains et agricoles, lichens, mousse, lande alpine et à arbuste, roc

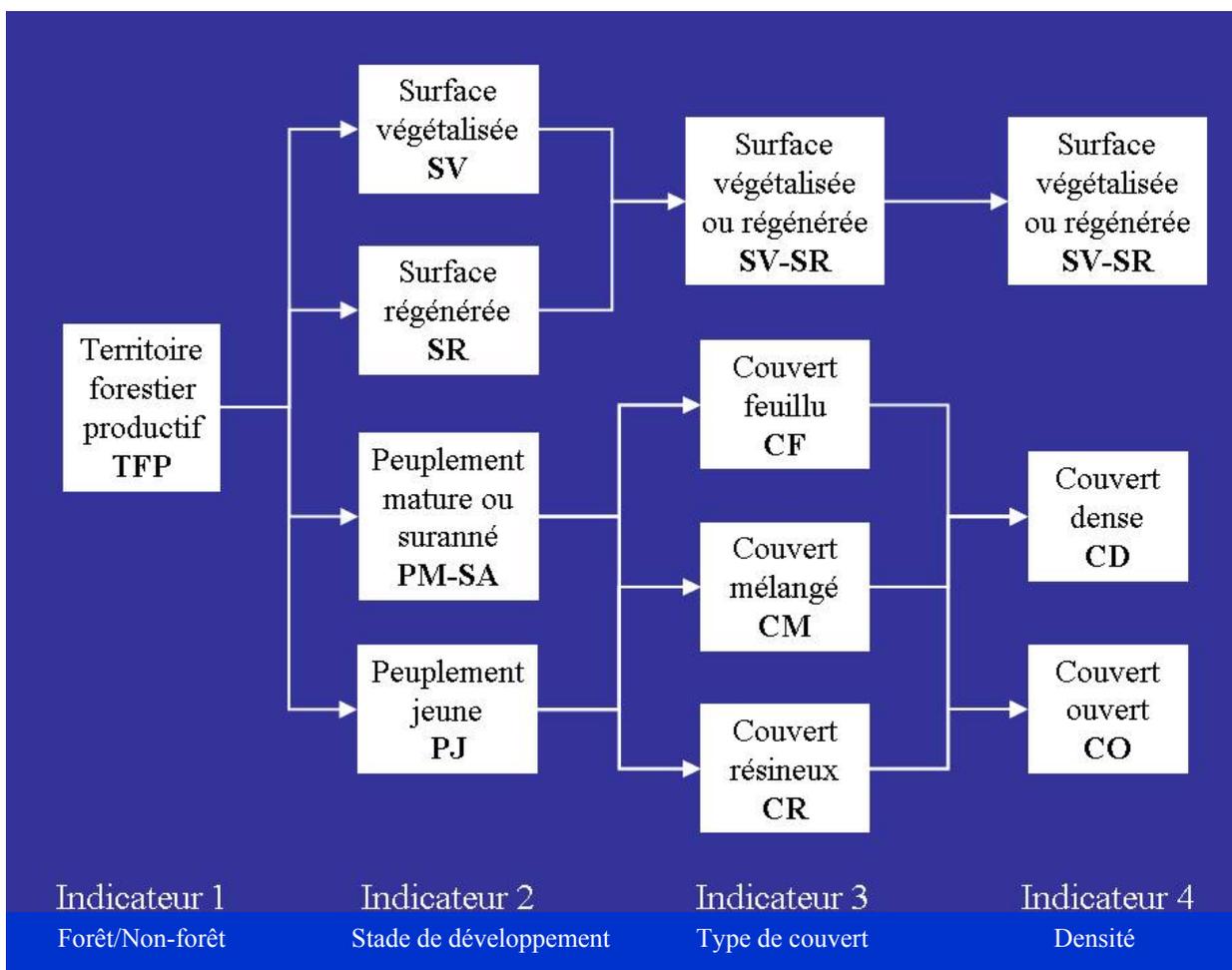


Figure 3. Schéma des classes d'indicateurs utilisées pour l'analyse de l'état de la forêt.

Afin d'alléger la présentation des différents indicateurs, les acronymes des différentes classes relatives à ceux-ci sont parfois utilisés lors de la présentation des résultats (Tableau 2).

Tableau 2. Description des acronymes utilisés pour qualifier les classes d'indicateurs.

Indicateur	1				2				3			4		Autre	
Classe indicateur	TFP	TNF	TFIP	TPF-PERT	SV	SR	PJ	PM-SA	CF	CR	CM	CD	CO	EAU	NUL
Description	Territoire forestier productif	Territoire non forestier	Territoire forestier improductif	Territoire à potentiel forestier après perturbation	Surface végétalisée	Surface régénérée	Couvert jeune	Peuplements mature et suranné	Couvert feuillu	Couvert résineux	Couvert mélangé	Couvert forestier dense	Couvert forestier ouvert	Eau	Absence de données

2.3 Source des données

Ce rapport repose sur la compilation de données provenant principalement d'images satellitaires Landsat acquises par la NASA à différentes périodes de temps (1985, 1995, 2000, 2005). Il s'agit des données les plus couramment utilisées pour la cartographie et l'analyse de l'évolution des régions forestières. La réalisation de ce projet a nécessité l'achat de 32 images satellitaires multispectrales réparties sur les quatre périodes.

Afin d'assurer une qualité optimale des résultats, les 32 images satellitaires ont été sélectionnées en fonction de leur grande qualité (couverture nuageuse et voiles atmosphériques absents ou très minimes) et de leur fiabilité pour la cartographie forestière (images acquises durant la période estivale où le développement de la végétation est à son maximum). Chaque image satellitaire couvre une superficie de près de 34 000 km², soit 185 x 185 km et est composée de plusieurs bandes spectrales qui peuvent être différemment combinées suivant les besoins des analyses et la nature des objets ciblés. Dans notre cas, la composition colorée utilisée est créée en affichant la bande 4 en rouge, la bande 5 en vert et la bande 3 en bleue. Cette combinaison 453 est couramment utilisée pour contraster les différents types de végétations¹⁰.

En plus des images Landsat, nous avons utilisé des données de sources variées, notamment des cartes d'utilisation du sol, un modèle numérique d'altitude (MNA), des photos aériennes géoréférencées et une couche vectorielle des limites des MRC. Les différentes images satellitaires ont été analysées et interprétées en collaboration avec l'équipe de recherche du Centre de foresterie des Laurentides (CFL) du Service canadien des forêts (SCF).

2.4 Méthode de détection des changements

L'approche retenue repose sur une méthode de détection des changements communément utilisée dans le domaine de la télédétection. Cette méthode a été appliquée avec succès sur des territoires semblables à ceux de l'AT et le NQ¹¹. Elle consiste à classer les images de télédétection acquises à des dates différentes au-dessus d'un même territoire et à comparer les résultats pour en extraire les changements. Cette approche a permis d'obtenir un portrait complet de la région d'étude à des dates différentes et d'identifier non seulement tous les pixels¹² (cellule de 30 m x 30 m) qui ont changé d'état entre les prises de données, mais aussi d'identifier la nature de ces changements. Cependant, pour fournir des résultats satisfaisants, cette méthode requiert que des prétraitements soient appliqués aux différentes images pour les rendre comparable et que des sites d'entraînement et de validation soient disponibles pour assurer l'exactitude des classifications obtenues.

2.5 Méthode de prétraitements des images satellitaires

Les différents prétraitements appliqués aux images sont présentés en deux étapes, soit les corrections géométriques et radiométriques.

2.5.1 Corrections géométriques

Dans un premier temps, les images reçues en format brut sont lues et converties dans un format adapté au logiciel de traitement des images GEOMATICA de la compagnie canadienne PCI afin d'extraire les informations sur les bandes spectrales et les segments orbitaux qui sont nécessaires à la correction géométrique. Par la suite, une ortho-rectification est appliquée sur toutes les images. Cette opération consiste à appliquer une transformation orthogonale dans laquelle la position de chaque pixel est calculée en coordonnées x, y et z dans une projection cartographique par un processus de ré-échantillonnage. Les images ortho-rectifiées résultantes sont ainsi géo-localisées et sont intégrées dans un système d'information géographique (SIG) pour les analyses spatio-temporelles subséquentes des indicateurs.

¹⁰ Beaubien et al. 1999.

¹¹ Franklin et al. 2002 et Sachs et al. 1998.

¹² Pixel : unité de base d'une image numérique

2.5.2. Corrections radiométriques

Les corrections radiométriques des images consistent dans un premier temps à transformer les images en réflectance afin de normaliser le signal réfléchi. Ensuite, ces images subissent une normalisation de la radiométrie afin d'obtenir le même type de contraste dans tout le territoire. Le but de la normalisation est de créer une mosaïque d'images (assemblage des images en une seule) couvrant le territoire à l'étude pour chaque période. Finalement, un rehaussement est appliqué sur les mosaïques pour la classification. Le but de ce processus est l'accentuation des contrastes pour augmenter la distinction des tons entre les différents éléments d'une image. Une description détaillée de ces différentes techniques se trouve à l'annexe 2.

2.6 Méthode de classification des images satellitaires

L'objectif de la classification d'une image satellite en télédétection est de rassembler l'ensemble des pixels de l'image en un nombre limité de classes correspondant aux grands éléments ou thème de l'image (eau, conifères, feuillus, coupes, etc.). La méthode adoptée dans ce rapport est la classification ECM¹³ à partir des canaux du proche infrarouge (PIR- canal 4), du moyen infrarouge (MIR- canal 5) et du visible (VIS- canal 3). Beaubien et al. (2000) ont démontré que cette composition 453 facilite la discrimination visuelle parmi diverses classes du couvert forestier. En effet, dans un environnement de forêt boréale, cette composition permet de visualiser la forêt résineuse en brun foncé, la forêt feuillue en jaune orangé, les zones sans végétation en vert bleuté, les zones en régénération en jaune et l'eau en bleu et/ou noir (figure 4).

La classification ECM est conçue pour saisir la majorité de l'information dans une image rehaussée et pour convertir l'image en une classification. Elle comprend les quatre étapes suivantes: (a) Le rehaussement numérique du contraste dans le but d'accentuer les différences entre diverses classes du couvert forestier de sorte qu'elles puissent être facilement distinguées les unes des autres; (b) Une classification non supervisée de l'image qui consiste en une classification par ordinateur basée sur l'information numérique de tous les objets de l'image qui constituent des groupes homogènes de pixels et qui représentent des classes intéressantes sur le territoire étudié. Lors de cette procédure, le nombre de classes qui seront formées avec les données a été spécifié à 150 au départ mais réduit à environ 90 à la fin du processus; (c) Une reclassification supervisée des signatures spectrales choisies basée sur l'identification d'objets appelés "sites d'entraînements" qui servent de référence pour les autres pixels de l'image. Durant cette étape, nous avons surtout procédé à l'ajout de plusieurs classes qui semblaient manquantes; (d) Une agglomération des regroupements spectraux résultants dans 48 classes thématiques prédéfinies¹⁴ représentant les mêmes types de couverture au sol et qui ont été d'abord filtrées¹⁵ en utilisant un filtre modal de 3 x 3 pixels puis regroupées à leur tour selon les quatre indicateurs précédemment décrits.

Par la suite, les résultats de l'évolution des indicateurs pour les quatre périodes ont été générés sous forme de cartes pour l'ensemble du territoire de l'AT et ses cinq MRC ainsi que pour une portion du territoire du NQ. Les mêmes cartes détaillées à l'échelle de 1/250 000 ont été reproduites et publiées sur le site internet : <http://web2.uqat.ca/abitibiwatch/>

¹³ Beaubien et al. 1999 et 2000.

¹⁴ Exemple de la légende des 48 classes thématiques utilisé pour l'observation de la terre dans l'Annexe 3.

¹⁵ Un filtre modal consiste à attribuer l'information prédominante parmi les pixels à l'ensemble du filtre, dans ce cas-ci à 9 pixels.

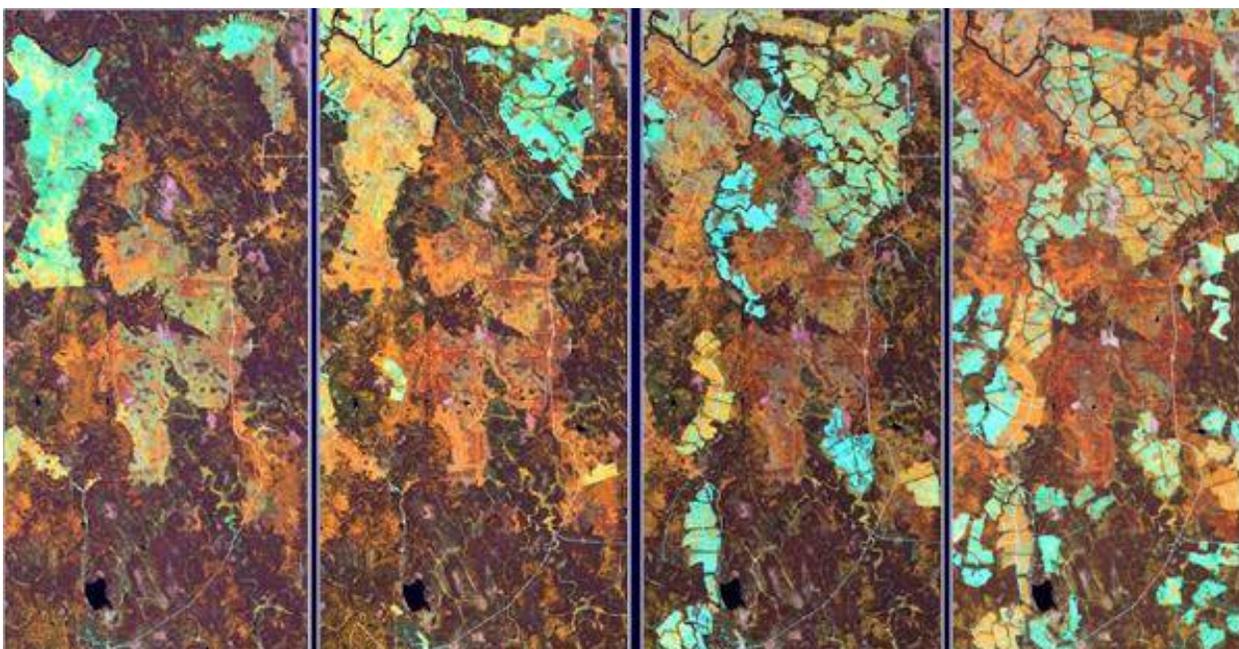


Figure 4. Cette figure montre 4 sous-images¹⁶ satellitaires acquises à des dates différentes (1985, 1995, 2000 et 2005) au-dessus d'un même territoire au nord de la MRC d'Abitibi-Ouest. Cette composition de canaux (4,5,3) permet de visualiser la forêt résineuse en brun foncé, la forêt feuillue en jaune orangé, les zones en régénération en jaune et les zones sans végétation (coupes forestières) en vert bleuté. Plus le vert bleuté est clair, plus la coupe est récente.

2.7 Validation des résultats de la classification

Pour réaliser ce portrait de la forêt, la validation des résultats de la classification a nécessité que des sites de contrôle sur le terrain qui reflètent la situation actuelle de la forêt soient disponibles. En effet, à l'été 2005, l'UQAT et le SCF-CFL ont confié à la compagnie Geo-3D le mandat d'acquérir des séquences vidéo à bord d'un petit avion monomoteur en volant à basse altitude le long d'une ligne de vol prédéfinie qui traverse toutes les MRC de l'AT et du NQ. Ce type de donnée fournit des images géoréférencées en couleurs naturelles et avec une résolution au sol inférieur à 100 cm. La figure 5 illustre le processus de prise de données par Geo-3D.

Un total d'environ 40 000 photos ont été obtenues le long d'une ligne de vol longue de 1000 km avec un taux de chevauchement de l'ordre de 80% entre les photos. Grâce à leurs couleurs naturelles propices à une photo-interprétation visuelle précise (figure 5), ces données ont servi de base pour la validation des résultats de la classification 2000 et 2005.

Parmi les 40 000 photos aériennes acquises, un total de 6000 sites répartis dans toutes les MRC et le NQ (500 points/territoire), de manière à couvrir un maximum de variabilité spatiale ($p = 0.95$), ont fait l'objet d'une interprétation par trois photos interprètes indépendants. Ces sites ont été sélectionnés de façon aléatoire selon un protocole de validation développé conjointement avec le Centre de foresterie du Pacifique du Service Canadien des forêts de la Colombie-Britannique. Les résultats de cette photo-interprétation ont ensuite été compilés dans une base de données dans le but de générer une matrice de confusion¹⁷ (annexe 4) qui permet de mesurer la précision de l'information classifiée sur les images satellitaires.

Une matrice de confusion ou matrice de contingence permet d'effectuer une comparaison statistique en terme de rapprochement entre les résultats de la photo-interprétation (carte de référence) et les résultats de l'image classifiée.

¹⁶ Portion d'une image qui couvre environ 320 km² et centrée sur la position 49° 15'N et 78° 49'W

¹⁷ Matrice de confusion est un outil servant à mesurer la qualité d'un système de classification (Banko, 1998)

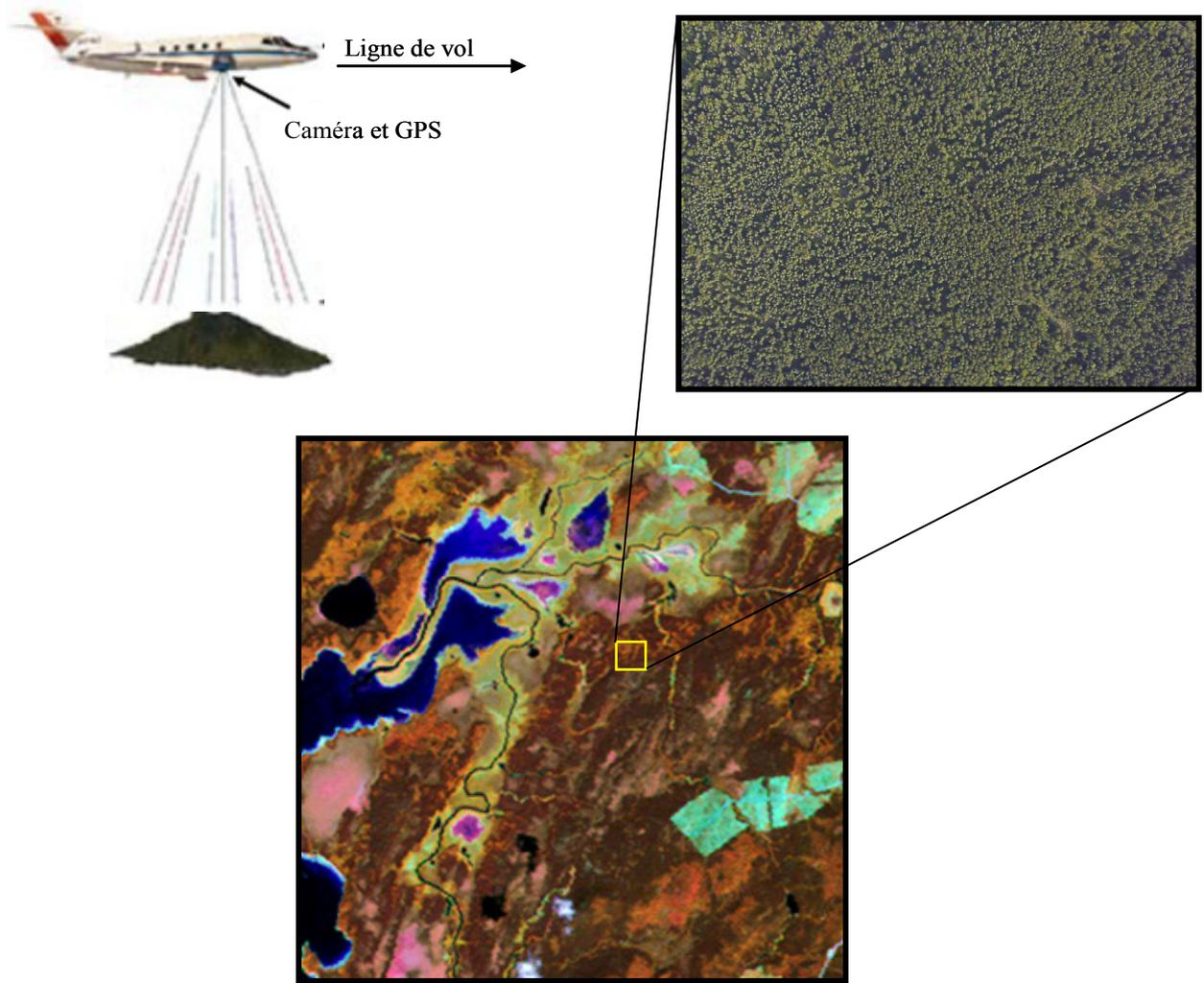


Figure 5. Exemple d'une photo aérienne numérique géoréférencée (en haut, à droite) utilisée dans la validation de l'image satellitaire (en bas). Le carrée jaune correspond à la portion couverte par celle d'en haut et où on reconnaît le résineux jeune comme classe dominante (classe primaire) ainsi qu'un mélange dense à tendance feuillue comme classe secondaire. L'image d'en haut couvre une superficie d'environ 400 x 600 m alors que celle en bas en couvre l'équivalent de 9 km x 9 km.

SECTION 3 : RÉSULTATS

Les données satellites sont disponibles sur l'ensemble du territoire de la région de l'Abitibi-Témiscamingue ainsi que du Nord-du-Québec. Un portrait régional de l'évolution de la forêt pour chacune de ces régions est présenté. Il serait possible de réaliser plusieurs types de découpage afin d'analyser l'évolution de la forêt, soit par domaine bioclimatique, unité d'aménagement forestier, canton ou autres. Cependant, dans le cadre du présent rapport, les limites des MRC ont été retenues afin de tracer des portraits plus locaux de l'évolution de la forêt selon chacun des indicateurs retenus.

Étant donné qu'un intervalle de presque dix ans sépare les deux premières séries de données utilisées pour cette étude, il est possible que pendant cet intervalle, la forêt ait subi certains changements sans que ceux-ci soient répertoriés dans nos données (ex : perturbations naturelles et/ou anthropiques). Par contre, la série de données disponible à partir de 1995 a un cycle de couverture constant de cinq ans permettant ainsi de détecter aisément les principales perturbations subies par la forêt.

Selon les années d'acquisition des images, les données concernant la superficie des territoires et la superficie pour la classe d'eau varient légèrement (0,5% du territoire). Cette situation s'explique en grande partie par une absence de données sur l'image causée principalement par la présence d'un couvert nuageux plus ou moins abondant. Ainsi, les données sont présentées en termes de proportion (%) et en valeurs absolues de superficie (hectares) pour fin de comparaison.



3.1 Évolution des indicateurs pour la région administrative de l'Abitibi-Témiscamingue

Selon la classification des images Landsat en 2005, la superficie totale¹⁸ de la région administrative de l'Abitibi-Témiscamingue (figure 6) est estimée à 64 717 km², dont environ 12 %¹⁹ est couvert par des plans d'eau et 5% de territoires forestiers improductifs. Elle regroupe cinq MRC et sa population totale compte près de 145 000 habitants (Statistique Canada, 2006).

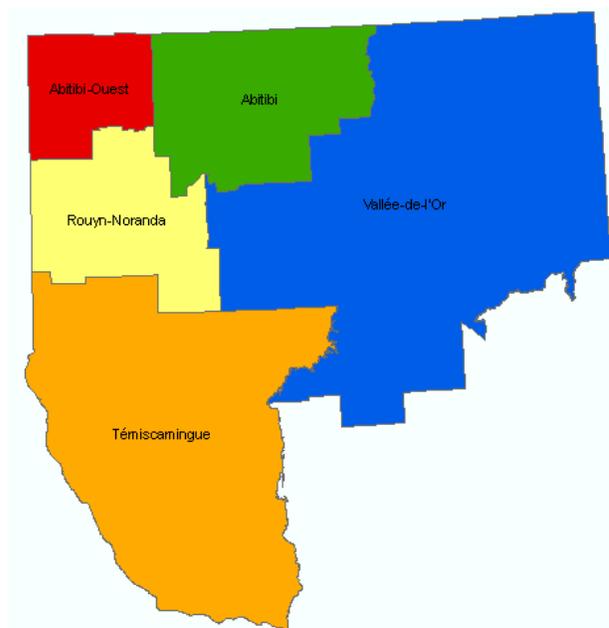


Figure 6. Territoire de la région de l'Abitibi-Témiscamingue (08).

INDICATEUR 1- TERRITOIRE FORESTIER PRODUCTIF VS TERRITOIRE NON FORESTIER

De façon générale, la représentation de chacune des classes demeure relativement constante pour chacune des années analysées. Toutefois, on observe une réduction de l'ordre de 1,7 % du territoire forestier productif (TFP) entre 1985 et 2005 et cette diminution est déjà perceptible en 1995. La même tendance est soulignée dans le rapport sur l'état des forêts québécoises pour la période 1995-1999 (MRNF, 2002). Le régime forestier québécois qui a été mis en application en 1986 pourrait expliquer en partie cette situation car les concessions sont remplacées par les CAAF. La forêt productive subit en effet de grandes pressions, notamment en ce qui a trait à l'exploitation forestière, le développement du réseau routier, l'exploration minière etc. On note également une augmentation des territoires forestiers improductifs (TFIP) de l'ordre de 31,4 % en 2005 par rapport à 1985.

Certains territoires, une fois perturbés, conservent leur potentiel forestier. Ces territoires à potentiel forestier après perturbation (généralement issus de récolte ou de feux de forêt) (TPF-PERT) ne dépassent pas 1% de l'ensemble du territoire de l'Abitibi-Témiscamingue pour chacune des années d'analyse (tableau 3 et figure 7). Toutefois, une diminution de 13,1 % du TPF-PERT est observée en 2005 par rapport à 1985 et elle est déjà perceptible en 2000. Ceci est dû en partie à une réduction des superficies perturbées par le feu ou le chablis d'au moins 5 % entre les mêmes périodes (MRNF, 2004).

Le tableau 3 montre l'évolution des superficies des territoires forestiers productifs, improductifs, non forestiers et des territoires à potentiel forestier après perturbation sur l'ensemble de la région de l'Abitibi-Témiscamingue pour les années 1985, 1995, 2000 et 2005 et la figure 7 représente l'évolution de ces proportions graphiquement.

¹⁸ Une légère différence est observée si l'on se compare aux 64 547 km² indiqué au rapport MRNF 2002: Rapport sur l'état des forêts québécoises 1995-1999.

¹⁹ Comparable à la superficie indiquée dans le rapport MRNF, 2002.

Tableau 3. Proportion du territoire selon les classes de l'indicateur 1 (Territoire forestier) pour l'ensemble de la région de l'Abitibi-Témiscamingue en 1985, 1995, 2000 et 2005.

Indicateur 1	1985		1995		2000		2005		Variation 1985-2005 (%)
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	
Terr. forestier productif (TFP)	5077451	78,45	5006611	77,36	5066542	78,29	4989436	77,10	-1,7
Terr. non-forestier (TNF)	286163	4,42	274121	4,24	278393	4,30	281278	4,35	-1,7
Terr. forestier improductif (TFIP)	238844	3,69	309202	4,78	292877	4,53	313892	4,85	31,4
Terr. à prod. forestière après perturbation (TPF-PERT)	61441	0,95	64102	0,99	52539	0,81	53380	0,82	-13,1
EAU	757067	11,70	735319	11,36	750629	11,60	778030	12,02	2,8
Sans donnée NUL	50882	0,79	82492	1,27	30707	0,47	55671	0,86	9,4

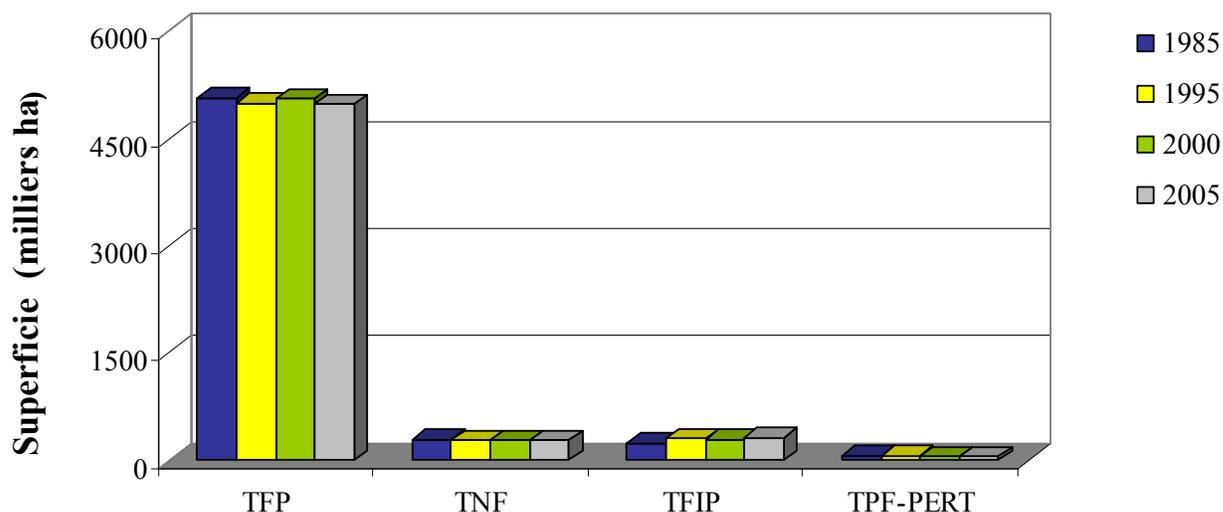


Figure 7. Répartition des superficies selon les différentes classes de l'indicateur 1 (forestier/non-forestier) dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue en 1985, 1995, 2000 et 2005.

La proportion du territoire forestier improductif (TFIP) et non forestier (TNF) représente environ 9 % de l'ensemble de l'Abitibi-Témiscamingue pour toutes les périodes analysées et demeure relativement constante dans le temps. En comparant le territoire forestier productif de 2005 à celui de 1985, on remarque que la diminution des superficies forestières (-88 015 ha) est substituée par des superficies à peu près équivalentes en régénération à partir de TFIP (75 048 ha). En d'autres mots, cet indicateur nous permet de constater que la vocation forestière du territoire, c'est-à-dire la production forestière, est demeurée relativement constante (figure 8).

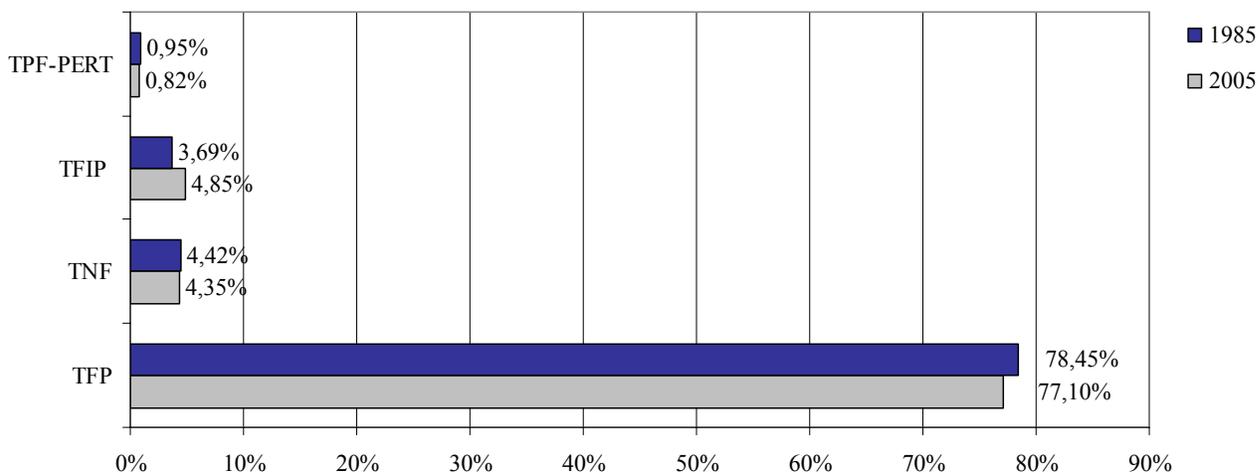


Figure 8. Comparaison de la proportion du territoire forestier productif, improductif, perturbé et non-forestier entre 1985 et 2005 pour la région de l’Abitibi-Témiscamingue.

INDICATEUR 2- STADES DE DÉVELOPPEMENT DES PEUPEMENTS FORESTIERS

Le stade de développement des peuplements forestiers correspond à la caractérisation de la structure verticale des peuplements du territoire défini comme forestier productif selon l’indicateur I. Cet indicateur permet de mesurer l’ampleur de la pression que subissent les peuplements matures et surannés autant de la part des perturbations naturelles (feux, insectes) que de l’industrie forestière.

En ce qui concerne les perturbations naturelles, l’année 1995 a atteint un niveau record avec près de 55 000 ha affectés par les feux de forêts. En 1999, les insectes défoliateurs ont affecté près de 165 000ha²⁰. La comparaison des données satellitaires entre les différentes années montre que les surfaces où la forêt est en développement (surface végétalisée et en régénération), qui représentaient 6,53% du territoire forestier productif en 1985, ont crû de 36,7% dans une période de 20 ans (figures 9 et 10). En effet, si l’on compare 2005 à 1985, on observe une diminution de l’ordre de 7% des peuplements matures et surannés pour ce territoire. Pour ces deux périodes à l’extrémité de notre gradient, des augmentations très importantes de 186% des surfaces végétalisées, 12% des surfaces en régénération et 63% des peuplements jeunes confirment que la forêt a rajeuni. Malgré cette augmentation des peuplements plus jeunes, la surface en régénération et végétalisée représente moins de 12% du territoire forestier productif de l’Abitibi-Témiscamingue et ce, pour toutes les périodes.



Le tableau 4 montre l’évolution des superficies occupées par les différents stades de développement sur l’ensemble de la région de l’Abitibi-Témiscamingue pour les années 1985, 1995, 2000 et 2005 tandis que la figure 9 représente l’évolution de ces proportions graphiquement pour ces mêmes périodes.

²⁰ Rapport sur l’état des forêts québécoises 1995-1999, 276 p. <http://www.mmf.gouv.qc.ca/publications/forets/quebec/Rapport-synt.pdf>

Tableau 4. Proportion du territoire selon les stades de développement des superficies forestières productives pour l'ensemble de la région de l'Abitibi-Témiscamingue en 1985, 1995, 2000 et 2005.

Indicateur 2	1985		1995		2000		2005		Variation 1985-2005 (%)
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	
Surface végétalisée (SV)	60014	0,93	61088	0,94	140151	2,17	171820	2,65	186,3
Surface en régénération (SR)	362359	5,60	580899	8,98	474319	7,33	405651	6,27	11,9
Peuplement jeune (PJ)	115865	1,79	126341	1,95	131897	2,04	188235	2,91	2,5
Peuplements matures et surannés (PM-SA)	4539213	70,14	4238283	65,49	4320175	66,76	4223730	65,26	-7,0

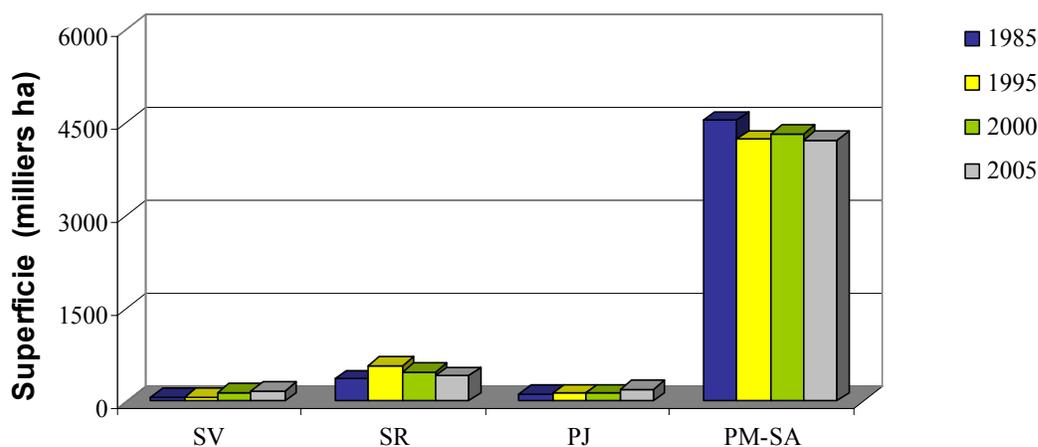


Figure 9. Répartition des superficies selon les différentes classes de l'indicateur 2 (Stades de développement) en 1985, 1995, 2000 et 2005 pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue.

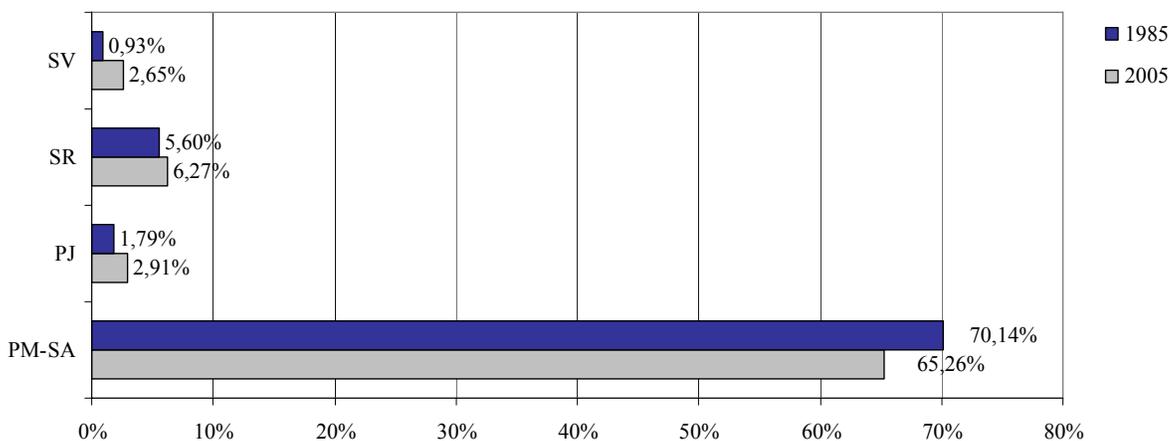


Figure 10. Comparaison de la proportion du territoire forestier productif occupé par les différents stades de développement des peuplements forestiers entre 1985 et 2005 pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue.

INDICATEUR 3– TYPES DE COUVERT FORESTIER

Les types de couverts forestiers correspondent à la classification des classes de peuplements jeunes ou matures et surannés (voir indicateur 2) selon trois types de couvert : résineux, feuillus et mélangés (tableau 5).



Si l'indicateur 2 montrait une certaine pression sur les peuplements matures, l'indicateur 3 permet de préciser que cette pression est davantage orientée sur les peuplements résineux. En effet, une diminution de l'ordre de 26% de ce type de couvert est observée entre 1985 et 2005, cette dernière étant déjà perceptible et importante en 1995 (figure 11). Les analyses montrent qu'en 1985, les peuplements résineux, feuillus et mélangés représentaient respectivement des proportions de 19, 9 et 43% du territoire forestier productif, alors qu'en 2005, ils en représentent respectivement 14, 14 et 39% (figure 11).

Cette diminution est certainement liée au fait que les attributions obtenues par les compagnies forestières atteignent presque 80% pour les peuplements résineux entre 1995-1999 (MRNF, 2004). De plus, c'est au cours des périodes 1993, 1994 et 1995 que la récolte forestière en résineux atteint des sommets de 88, 87 et 77% respectivement par rapport à la possibilité forestière établie à près de 4 millions de mètres cubes par année²¹. Selon la même source, la récolte a atteint en moyenne 68% de la possibilité forestière dans le cas des résineux et 32% dans celui des feuillus durant la période 1990-1999. Ces données permettent d'expliquer la diminution du couvert forestier résineux constatée en 2005 par rapport aux autres périodes analysées.

On observe également un gain très important des superficies de peuplements feuillus qui atteignent 58% en 2005 comparativement à 1985 (589 317 versus 931 485 ha). À la même période, une diminution des peuplements mélangés de 9% a été observée (figure 12). Ceci nous permet d'avancer l'hypothèse qu'une augmentation des peuplements feuillus est en cours à un rythme relativement constant depuis 1995 ou même 1985. En effet, l'analyse des données du programme d'inventaire décennal (sous la forme de données SIFORT) montre qu'en 1974, la proportion des feuillus, peu importe leur stade de développement, était inférieure d'au moins 14% à celle de 1984²² (MRNF, 2004). La faible récolte des peuplements feuillus, soit 32% de la possibilité forestière établie à près de 2,5 millions de mètres cubes, peut aussi expliquer cette augmentation²³. Toutefois, étant donné que les données satellites ne nous permettent pas d'identifier l'importance et la composition des espèces en sous-couvert, il est difficile de savoir si cette augmentation du couvert feuillu est composée d'essences commerciales ou non. Une augmentation de la proportion des essences non commerciales telles l'aulne ou le saule, au détriment des essences commerciales, aurait des répercussions importantes pour l'industrie du bois. Des études à l'échelle du peuplement sont nécessaires pour mieux caractériser la dynamique des peuplements feuillus (Laquerre, 2007).

²¹ Rapport MRNF 2002

²² Prise de vue aérienne de chaque programme d'inventaire décennal: 1^e inventaire: 1975, 2^e inventaire : 1984, 3^e inventaire : 1994

²³ Rapport MRNF 2002

Tableau 5. Proportion du territoire selon les types de couvert (feuillu, résineux, mélangé) des superficies forestières productives pour l'ensemble de la région de l'Abitibi-Témiscamingue en 1985, 1995, 2000 et 2005.

Indicateur 3	1985		1995		2000		2005		Variation 1985-2005 (%)
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	
Couvert feuillu (CF)	589317	9,11	656882	10,15	789655	12,20	931485	14,39	58,1
Couvert résineux (CR)	1237998	19,13	1274428	19,69	991600	15,32	912876	14,11	-26,3
Couvert mélangé (CM)	2827763	43,69	2433313	37,6	2670816	41,27	2567603	39,67	9,2

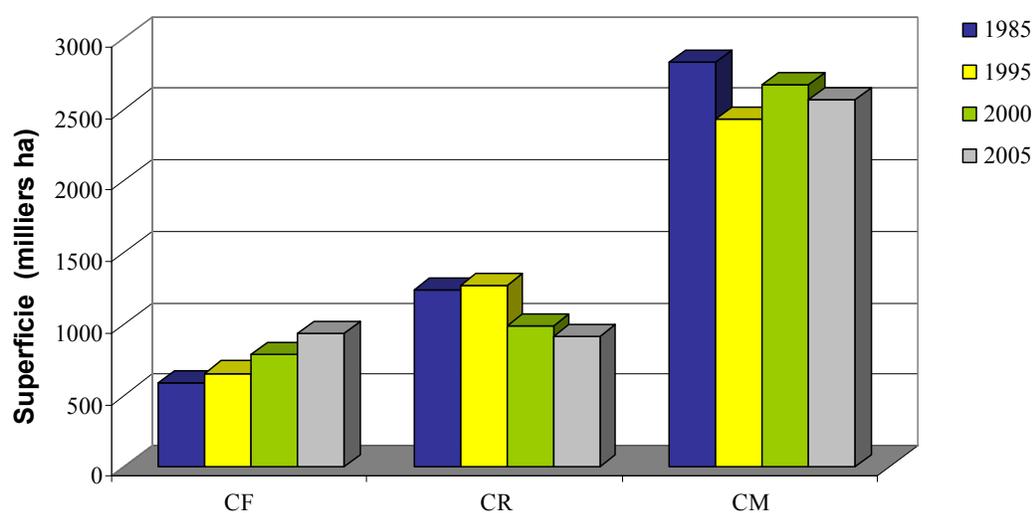


Figure 11. Répartition des superficies selon les différentes classes de l'indicateur 3 (types de couvert forestier) en 1985, 1995, 2000 et 2005 pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue.

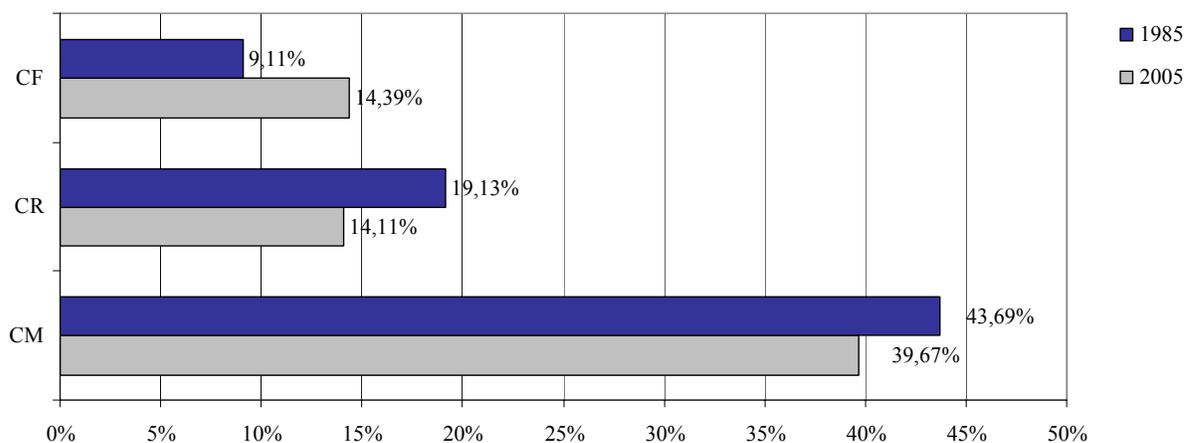


Figure 12. Comparaison de la proportion du territoire occupé par les différents types de couvert des peuplements forestiers matures, surannés et jeunes entre 1985 et 2005 pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue.

INDICATEUR 4— DENSITÉ DES COUVERTS FORESTIERS

La densité du couvert forestier est calculée selon deux classes : ouvert²⁴ et dense²⁵. Puisqu'aucune densité ne pourrait être attribuée aux surfaces végétalisées et en régénération, celles-ci ne sont pas incluses dans le calcul de cet indicateur.

Le tableau 6 et la figure 13 révèlent qu'en 2005, la superficie du couvert forestier de forte densité (CD) a connu une diminution de l'ordre de 12%, soit une perte de 435 532 ha par rapport à 1985. En 1985, 82% du territoire forestier productif était dense alors qu'en 2005, cette proportion n'est que de 76% (figure 14). La diminution des peuplements denses est perceptible dès 1995 et une légère augmentation de l'ordre de 5% est observée en 2005 comparativement à 2000.

Tableau 6. Proportion du territoire selon la densité des couverts forestiers (dense, ouvert) des superficies forestières productives pour l'ensemble de la région de l'Abitibi-Témiscamingue en 1985, 1995, 2000 et 2005.

Indicateur 4	1985		1995		2000		2005		Variation 1985-2005 (%)
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	
Couvert dense (CD)	3796070	58,66	3250641	50,23	3189130	49,28	3360538	51,93	-11,5
Couvert ouvert (CO)	859007	13,27	1113982	17,21	1262942	19,51	1051426	16,25	22,4

Une tendance opposée est observée pour les peuplements ouverts. Ainsi, on constate une augmentation de 47% en 2000 par rapport à 1985, alors qu'elle n'est que de 22% en 2005. Cette augmentation des peuplements ouverts pourrait être attribuée à la récolte des forêts denses ainsi qu'aux infestations d'insectes (ex. livrée des forêts) qui ont été observées entre 2000 et 2001 dans la région²⁶. Ainsi, l'augmentation du couvert dense en 2005 peut être expliquée par une diminution de la pression exercée par les insectes ravageurs et la fermeture de couvert forestier.

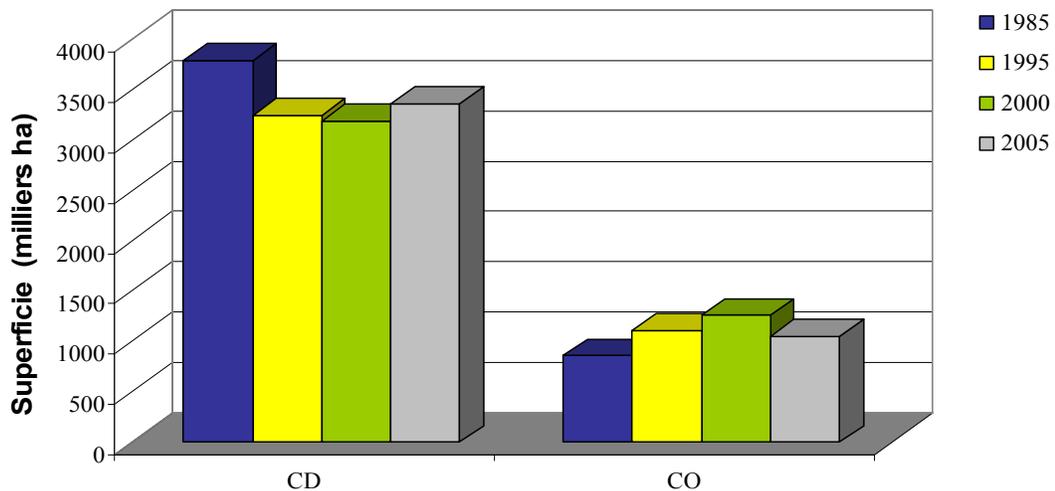


Figure 13. Répartition des superficies selon les différentes classes de l'indicateur 4 (Densité du couvert) en 1985, 1995, 2000 et 2005 pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue.

²⁴ Densité du couvert entre 25 à 60% et le peuplement occupe 75% et plus de la surface.

²⁵ Densité du couvert supérieur à 60% et le peuplement occupe 75% et plus de la surface.

²⁶ Voir Rapport MRNF 2004.

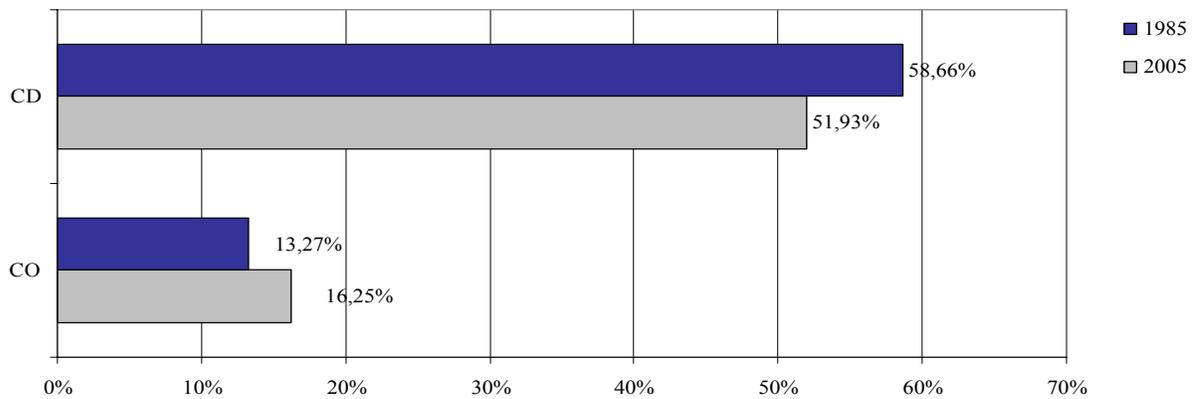


Figure 14. Comparaison de la proportion du territoire forestier productif occupé par les différentes densités de couvert entre 1985 et 2005 pour la région de l’Abitibi-Témiscamingue.

3.2 Évolution des indicateurs pour la région administrative du Nord-du-Québec

La région administrative du Nord-du-Québec (10) couvre un territoire forestier vaste d’environ 92 322 km² (figure 15) principalement constitué de territoire public (98%)²⁷. Elle englobe 3 municipalités (Lebel-sur-Quévillon, Baie James et Matagami) et plusieurs localités non municipalisées (ex. Villebois, Beaucanton, Val-Paradis, Miquelon, Desmaraisville). Ce territoire est peu peuplé (10 446 habitants).

Le territoire couvert par cette étude correspond à la couverture des images Landsat qui varie entre 50% (images 1985 et 1995) à 75% (images 2000 et 2005) du territoire forestier du NQ²⁸. Environ 8,6% du territoire étudié est couvert par des plans d’eau et des territoires forestiers improductifs (20 %). Il est à noter que la portion du territoire sans données correspond à 5 % pour l’année 1995 et elle atteint 1% pour les 3 autres périodes. Ceci peut expliquer en partie les variations observées entre les années à l’étude.

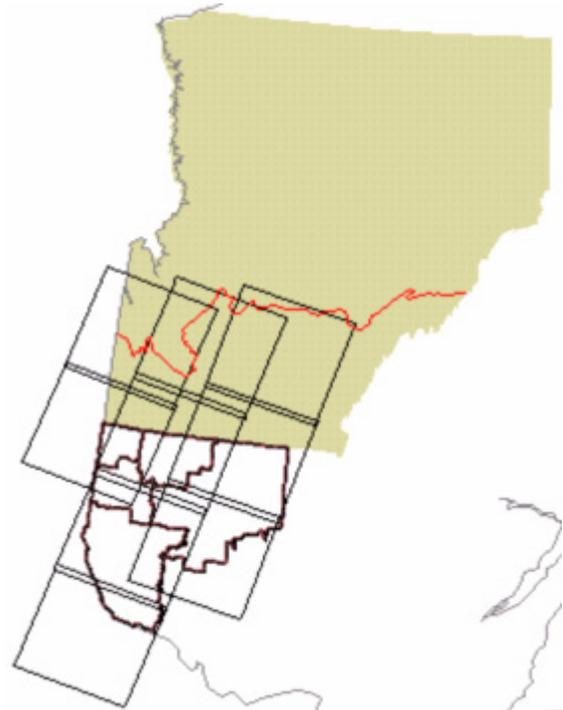


Figure 15. Portion de la région (10) du Nord-du-Québec couverte par les images satellites.

INDICATEUR 1- TERRITOIRE FORESTIER PRODUCTIF VS TERRITOIRE NON FORESTIER

Ce territoire est soumis aux pressions exercées autant par les perturbations naturelles qu’anthropiques. En effet, les superficies brûlées atteignaient plus de 134 000 ha²⁹ en 2002 et plus de 5 millions de mètres cubes pour la récolte au cours de la même période³⁰. Toutefois, le territoire forestier productif perturbé ne

²⁷ Rapport MRNF 2004

²⁸ La limite nord coïncide avec la limite de la forêt commerciale (ligne en pointillé rouge dans la figure)

²⁹ Voir page 32 du document <http://www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/portraits-forestiers/PortraitForestier 08-10.pdf>

³⁰ Chapitre 5 portraits statistiques Québec MRNF (section 05-02-02)

représente que 2,4% du territoire analysé (tableau 7). De plus, pour cette même classe, une diminution de l'ordre de 10 % est observée en 2005 par rapport à 1985, alors qu'elle est beaucoup plus marquée en 1995 (30%). C'est en 1996 et en 1997 que de grandes superficies ont été affectées par les feux, soit près de 160 000 ha et 75 000 ha respectivement³¹. Pour les mêmes périodes, peu d'effet des insectes défoliateurs ont été rapportés.

En ce qui concerne le territoire forestier productif, il demeure relativement constant pour la période d'analyse bien qu'une diminution de 3% soit observée en 2005 en comparaison avec 1985, ce qui représente environ 110 434 ha (tableau 7 et figure 16). À l'inverse, le territoire forestier improductif a augmenté de 19,7 % pour la période 1985 -2005. Toutefois, il ne représente que 2,29 % du territoire en 1985 (figure 17).

Tableau 7. Proportion du territoire selon les classes de l'indicateur 1 (Territoire forestier) pour l'ensemble de la région du Nord-du-Québec en 1985, 1995, 2000 et 2005.

Indicateur 1	1985		1995		2000		2005		Variation 1985-2005 (%)
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	
Terr. forestier productif (TFP)	3493915	67,88	3326423	64,63	3555505	69,07	3383481	65,73	-3,2
Terr. non-forestier (TNF)	117995	2,29	70216	1,36	85667	1,66	82687	1,61	-29,9
Terr. forestier improductif (TFIP)	897355	17,43	972019	18,89	908649	17,65	1073942	20,86	19,7
Terr. à prod. forestière après perturbation (TPF-PERT)	121783	2,37	85540	1,66	104300	2,03	109780	2,13	-9,9
EAU	456334	8,87	431433	8,38	431047	8,37	440101	8,55	-3,6
Sans donnée NUL	60103	1,17	261170	5,07	62285	1,21	57363	1,11	-4,6

³¹ Rapport MRNF 2002

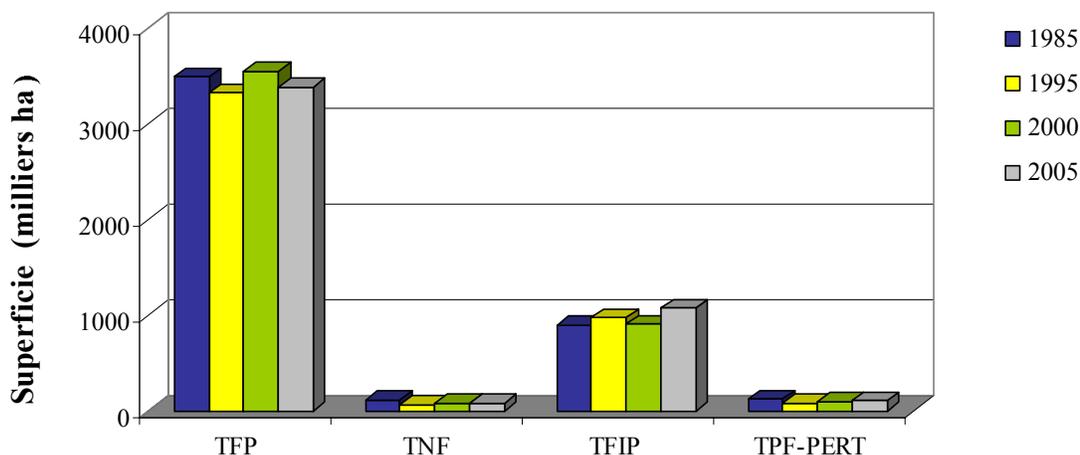


Figure 16. Répartition des superficies selon les différentes classes de l'indicateur 1 (Forester/non-forestier) dans la région du Nord-du-Québec en 1985, 1995, 2000 et 2005.

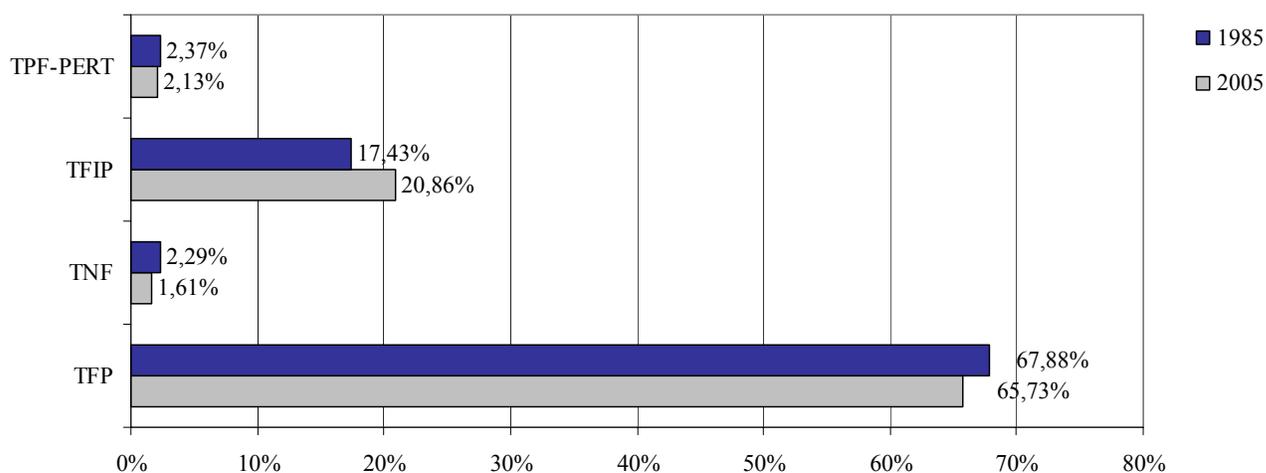


Figure 17. Comparaison de la proportion du territoire forestier productif, improductif, perturbé et non-forestier entre 1985 et 2005 pour la région Nord-du-Québec.

INDICATEUR 2- STADES DE DÉVELOPPEMENT DES PEUPEMENTS FORESTIERS

Pendant les 20 années écoulées entre la première et la quatrième année à l'étude (1985 vs 2005), la proportion de peuplements matures et surannés a diminué de façon significative. Les données disponibles³² montrent une forte pression de la récolte forestière qui atteint, pour cette région, 110, 117 et 92 % de la possibilité forestière en 1996, 1997 et 1998 respectivement. Ceci s'explique par la récupération du bois brûlé au cours des mêmes périodes. Selon nos données, cette diminution de l'ordre de 19% du territoire forestier est compensée par une augmentation des surfaces végétalisées (SV) et régénérées (SR) qui se sont accrues de 192 et 128 % respectivement en 2005 par rapport à 1985 (tableau 8 et figure 18). La classe régénération représente presque 12 % du territoire en 2005 alors qu'en 1985, elle n'était que de 5,12 %, ce qui représente un gain de 336 758 ha (figure 19). Dans le cas des surfaces végétalisées, le gain est de 135 438 ha. Nos données confirment donc l'information rapportée par le ministère des Ressources naturelles et de la faune lors de leur deuxième inventaire décennal³³ dans lequel on compte près de

³² Rapport MRNF 2002

³³ Source : MRNF, 2004

530 000 ha en régénération suite aux coupes totales, interventions partielles et plantations. La proportion des peuplements jeunes dans le territoire est restée quasiment stable autour de 1 % durant les quatre périodes. Toutefois, une augmentation de 17 % est observée en 2005 par rapport à 1985.

Tableau 8. Proportion du territoire selon les stades de développement des superficies forestières productives pour l'ensemble de la région Nord-du-Québec en 1985, 1995, 2000 et 2005.

Indicateur 2	1985		1995		2000		2005		Variation 1985-2005 (%)
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	
Surface végétalisée (SV)	70509	1,37	74187	1,44	168944	3,28	205947	4,00	192,1
Surface en régénération (SR)	263640	5,12	414901	8,06	473839	9,21	600398	11,66	127,7
Peuplement jeune (PJ)	43062	0,84	48405	0,94	36697	0,71	50267	0,98	16,7
Peuplements matures et sur-annés (PM-SA)	3116703	60,55	2788930	54,19	2876025	55,87	2526868	49,09	+18,9

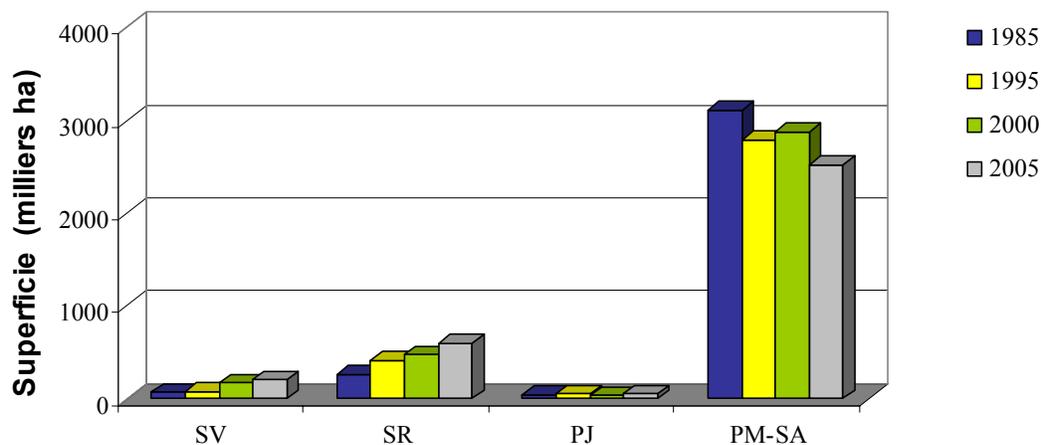


Figure 18. Répartition des superficies selon les différentes classes de l'indicateur 2 (stades de développement) en 1985, 1995, 2000 et 2005 pour la région Nord-du-Québec.

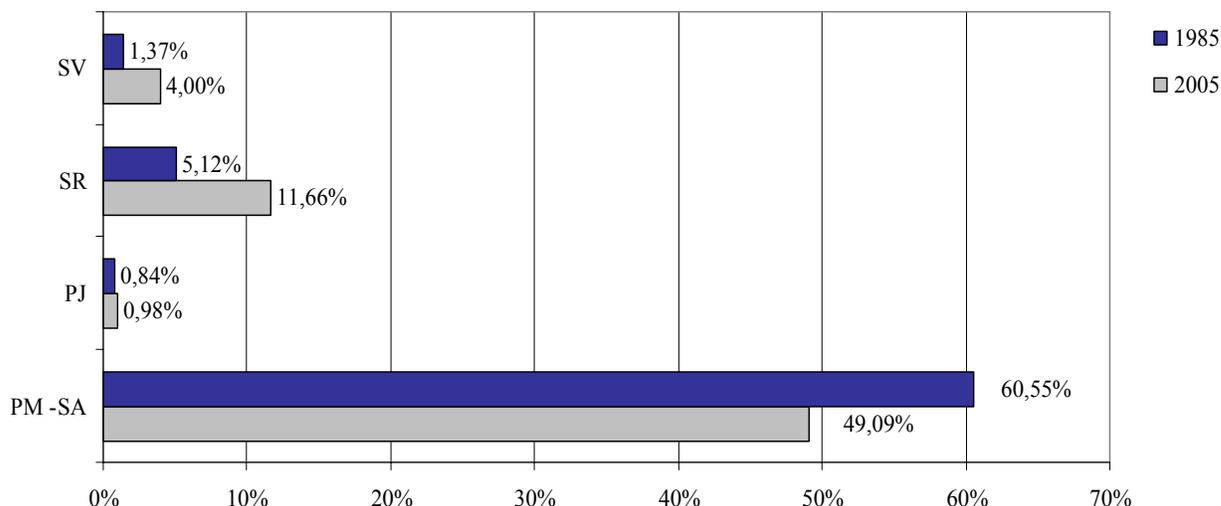


Figure 19. Comparaison de la proportion du territoire forestier productif occupé par les différents stades de développement des peuplements forestiers entre 1985 et 2005 pour la région Nord-du-Québec.

INDICATEUR 3 – TYPE DE COUVERT FORESTIER

Des changements importants ont eu lieu au cours des vingt dernières années, principalement en ce qui concerne l'augmentation du couvert feuillu (245%) et une diminution du couvert résineux (33%) (tableau 9 et figure 20). Effectivement, l'augmentation du couvert feuillu atteint 141 359 ha de plus en 2005 comparativement à 1985. En effet, le couvert feuillu gagne en proportion sur le territoire en passant de 1,2% en 1985 à 3,8% en 2005 (figure 21). Des données supplémentaires sont nécessaires pour expliquer l'ensemble des causes de cette augmentation. Cependant, la récolte des peuplements résineux (100% de la possibilité forestière en 1995-1999), les feux de forêt qui ont fortement affecté la région en 1996 et 1997 ainsi que la faible récolte des peuplements feuillus (35% de la possibilité) peuvent expliquer en grande partie cette augmentation. D'autres phénomènes liés, entre autres, à l'augmentation de la saison de croissance ou de la température moyenne annuelle au cours des dernières décennies (0,5 °C 1985 – 1,0 °C 2004³⁴), pourraient avoir favorisé l'installation des essences intolérantes et expliquer ce gain.

La diminution du couvert résineux atteint 33% en 2005, soit une perte de 782 016 ha par rapport à l'année 1985 (tableau 9). Cette diminution est constante dans toutes les périodes d'analyse, même pour 1985 lorsqu'elle est comparée aux données du premier inventaire décennal du MRNF où une diminution d'au moins 15% y est observée par rapport au deuxième inventaire décennal^{35 36}.

En ce qui concerne la couverture des peuplements mélangés, elle demeure relativement constante et une augmentation de 8% est observée en 2005 par rapport à 1985. En effet, la proportion du territoire couvert par les peuplements mélangés varie entre 14 et 19% pour l'ensemble des périodes d'analyse.



³⁴ Voir CRIACC : http://www.criacc.qc.ca/climat/suivi/byebye05/yvo_f.html

³⁵ Année de la prise de vue aérienne de chaque programme d'inventaire décennal: - 1^e inventaire : 1975, 2^e inventaire 1989, 3^e inventaire 1998.

³⁶ Source : MRNF, 2004

Tableau 9. Proportion du territoire selon les types de couvert (feuillus, résineux, mélangés) des superficies forestières productives pour l'ensemble de la région Nord-du-Québec en 1985, 1995, 2000 et 2005.

Indicateur 3	1985		1995		2000		2005		Variation 1985-2005 (%)
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	
Couvert feuillu (CF)	57614	1,12	121576	2,36	128245	2,49	198973	3,87	245,4
Couvert résineux (CR)	2361322	45,87	2005666	38,97	1758908	34,17	1579305	30,68	-33,1
Couvert mélangé (CM)	740831	14,39	710093	13,8	1025569	19,92	798857	15,52	7,8

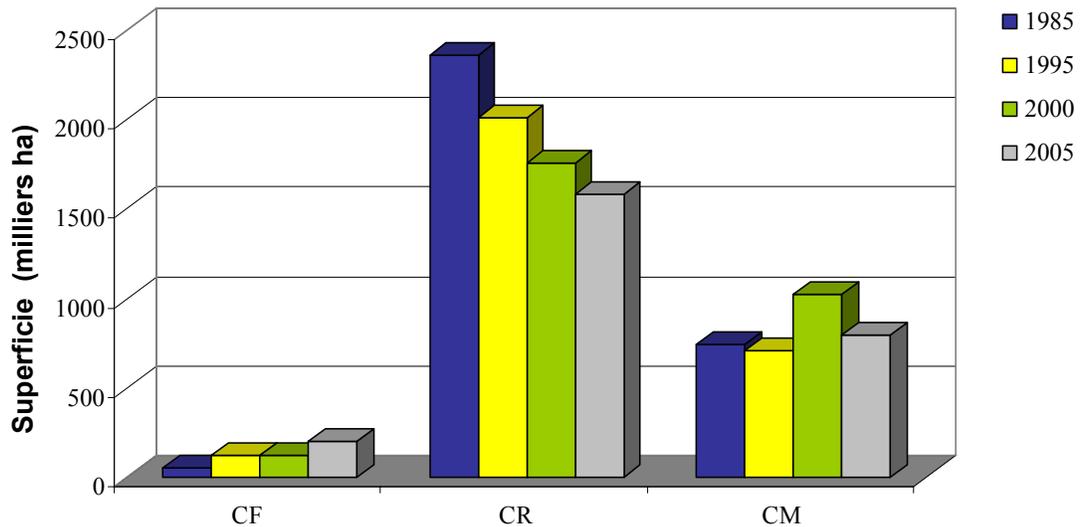


Figure 20. Répartition des superficies selon les différentes classes de l'indicateur 3 (types de couvert forestier) en 1985, 1995, 2000 et 2005 pour la région Nord-du-Québec.

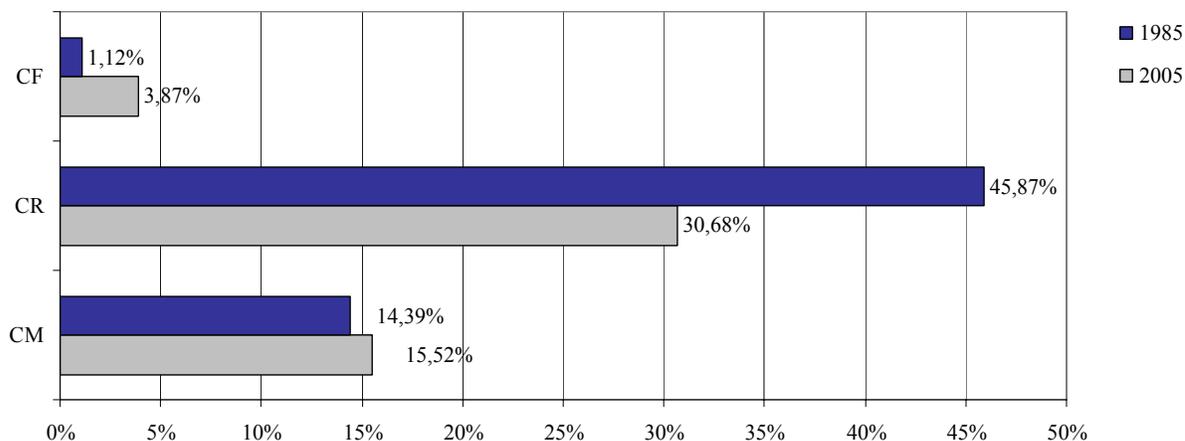


Figure 21. Comparaison de la proportion du territoire occupé par les différents types de couvert des peuplements forestiers matures, surannés et jeunes entre 1985 et 2005 pour la région Nord-du-Québec.

INDICATEUR 4— DENSITÉ DU COUVERT FORESTIER

Le constat effectué pour l’Abitibi-Témiscamingue peut être également appliqué à la région du Nord-du-Québec. En effet, il y a également eu une diminution constante et importante du couvert dense, de l’ordre de 37%, pour la période 1985-2005 atteignant près de 595 998 ha (tableau 10 et figure 22). Les peuplements denses qui occupaient 51% du territoire forestier productif en 1985, en occupent seulement 39% en 2005 (figure 23). Cela s’explique principalement par la récolte forestière qui vise des peuplements matures généralement à plus forte densité et avec plus de volume à l’hectare. Par contre, cette diminution n’est pas compensée par l’augmentation du couvert ouvert qui atteint seulement 1 % en 2005 en comparaison avec 1985. On peut penser qu’une partie importante de cette transition peut être expliquée par l’augmentation de 159 % de surfaces végétalisées et régénérées pour la même période de 20 ans (Tableau 8). Cet élément pourrait constituer un indice sur la vitesse avec laquelle la régénération forestière évolue sur ce territoire.



Tableau 10. Proportion du territoire selon la densité du couvert forestier (dense, ouvert) des superficies forestières productives pour l’ensemble de la région Nord-du-Québec en 1985, 1995, 2000 et 2005.

Indicateur 4	1985		1995		2000		2005		Variation 1985-2005 (%)
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	
Couvert dense (CD)	1606174	31,2	1164712	22,63	1180462	22,93	1010176	19,63	-37,1
Couvert ouvert (CO)	1553592	30,18	1672623	32,50	1732260	33,65	1566959	30,44	0,9

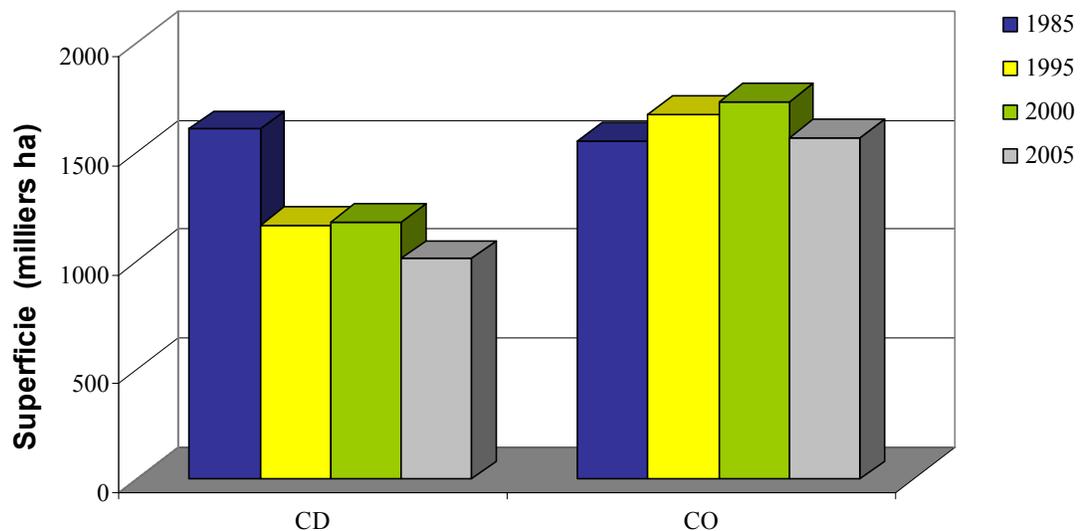


Figure 22. Répartition des superficies selon les différentes classes de l'indicateur 4 (Densité du couvert) en 1985, 1995, 2000 et 2005 pour la région Nord-du-Québec.

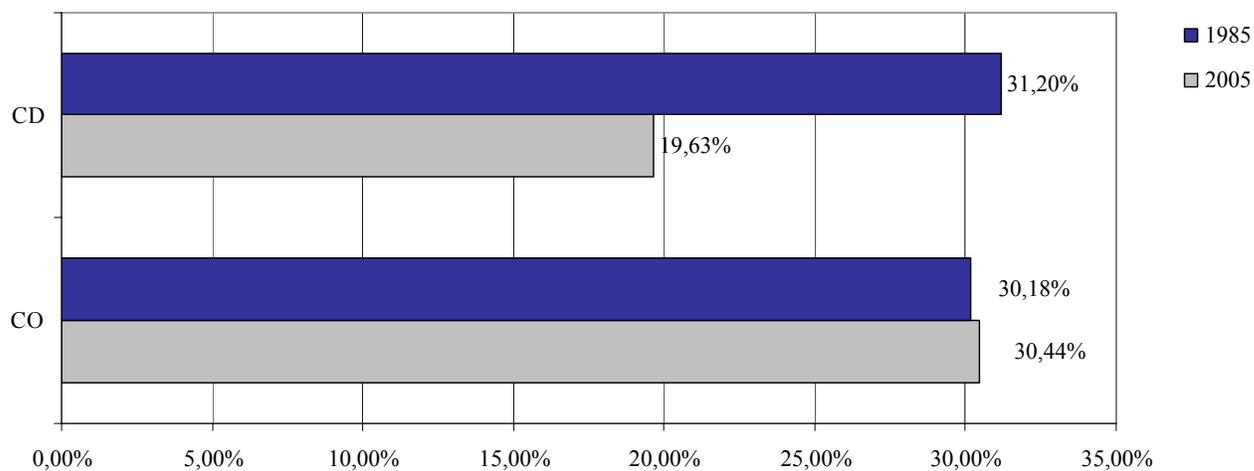
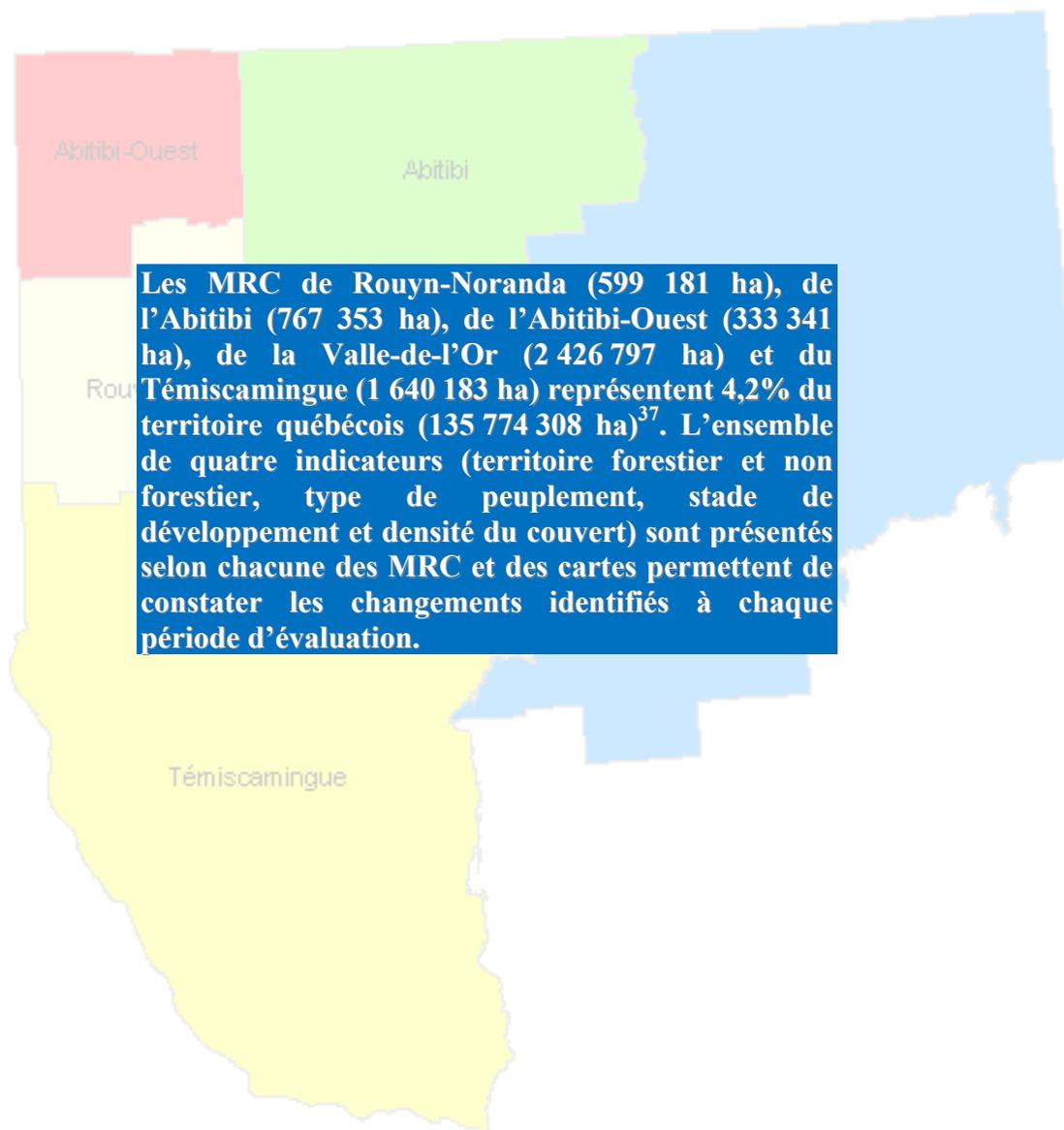


Figure 23. Comparaison de la proportion du territoire forestier productif occupé par les différentes densités de couvert entre 1985 et 2005 pour la région Nord-du-Québec.

3.3 Évolution des indicateurs pour chacune des MRC de l'Abitibi-Témiscamingue



³⁷ Source : Statistique Canada, recensements 1991, 1996 et 2001. Les superficies en terre de Statistique Canada n'incluent pas la superficie des plans d'eau (lacs, rivières, etc.).

3.3.1 MRC de Rouyn-Noranda

Selon la classification des images Landsat, la superficie traitée couvre un territoire d'environ 648 260 ha (figure 24), avec près de 8 % de ce territoire couvert par des plans d'eau (lacs et rivières). Cette MRC est la plus densément peuplée de l'Abitibi-Témiscamingue et elle compte près de 40 000 habitants.

L'ensemble des indicateurs estimés pour la MRC de Rouyn-Noranda pour les années 1985, 1995, 2000 et 2005 sont présentés dans le tableau 11 en termes de pourcentages et de superficies. Une carte illustrant les changements spatiaux pour l'ensemble des indicateurs entre 1985 et 2005 est présentée aux figures 25, 26, 27 et 28 respectivement.



Figure 24. Territoire de la MRC de Rouyn-Noranda.

Tableau 11. Ensemble d'indicateurs et de classes pour la MRC de Rouyn-Noranda en 1985, 1995, 2000 et 2005.

Indicateurs	Classes indicateurs	1985		1995		2000		2005		Variation 1985-2005
		(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(%)
1	TFP	538623	83,10	525984	81,10	538005	83,00	534036	82,38	-0,9
	TNF	34380	5,30	36333	5,60	32115	5,00	32495	5,01	-5,5
	TFIP	14943	2,30	27141	4,20	21997	3,40	21825	3,37	46,1
	TPF-PERT	7413	1,10	6652	1,00	4667	0,70	6776	1,05	-8,6
	EAU	51467	7,90	49740	7,70	51460	7,90	53113	8,19	3,2
	NUL	1432	0,20	2409	0,40	14	0,00	13	0,00	-99,1
2	SV	7897	1,50	12729	2,40	19748	3,70	22875	3,53	189,7
	SR	65564	12,2	142912	27,20	63681	11,80	36394	5,61	-44,5
	PJ	28057	5,20	14415	2,70	16392	3,00	26571	4,10	-5,3
	PM-SA	437105	81,2	355928	67,70	438184	81,40	448197	69,14	2,5
3	CF	76883	16,5	48822	13,20	78584	17,30	141116	21,77	83,5
	CR	78543	16,9	113507	30,60	85804	18,90	57562	8,88	-26,7
	CM	309736	66,6	208015	56,20	290188	63,80	276090	42,59	-10,9
4	CD	341604	73,4	172734	46,60	212032	46,60	352085	54,31	3,1
	CO	123558	26,6	197609	53,40	242545	53,40	122683	18,93	-0,7

RÉSUMÉ DE L'ÉTAT DE LA FORÊT POUR LA MRC DE ROUYN-NORANDA

Indicateur 1

Le territoire forestier productif constitue près de 82% du territoire (indicateur 1) et demeure constant durant toute la période d'analyse. Notons toutefois l'augmentation de 46 % du territoire forestier improductif qui passe de 14 943 ha en 1985 à 21 825 ha en 2005. Cette augmentation est déjà très marquée en 1995 (82% d'augmentation par rapport à 1985). Bien que la qualité des images obtenues en 2000 et 2005 soit supérieure à celle de 1985 et 1995 (presqu'aucune absence de données), cela ne suffit pas à expliquer la proportion plus élevée de TFIP en 2000 ou en 2005.

La figure 25 montre l'état de l'indicateur 1 pour l'année 1985 en haut et 2005 en bas de la page. Le territoire semble stable en terme de modification du paysage. En effet, l'empreinte de 1985 est encore visible pour les classes TNF et TFIP. Ces classes sont en majeure partie issues de l'utilisation du territoire habité de la MRC de Rouyn-Noranda. L'augmentation du territoire forestier improductif est visible au sud du lac Opasatica (sud ouest de la MRC), au nord du lac Basserode (sud de la carte) et dans le secteur sud de la municipalité de Mont-Brun (nord est de la MRC). On observe également l'apparition d'une perturbation importante au nord du lac Simon (est de l'image).

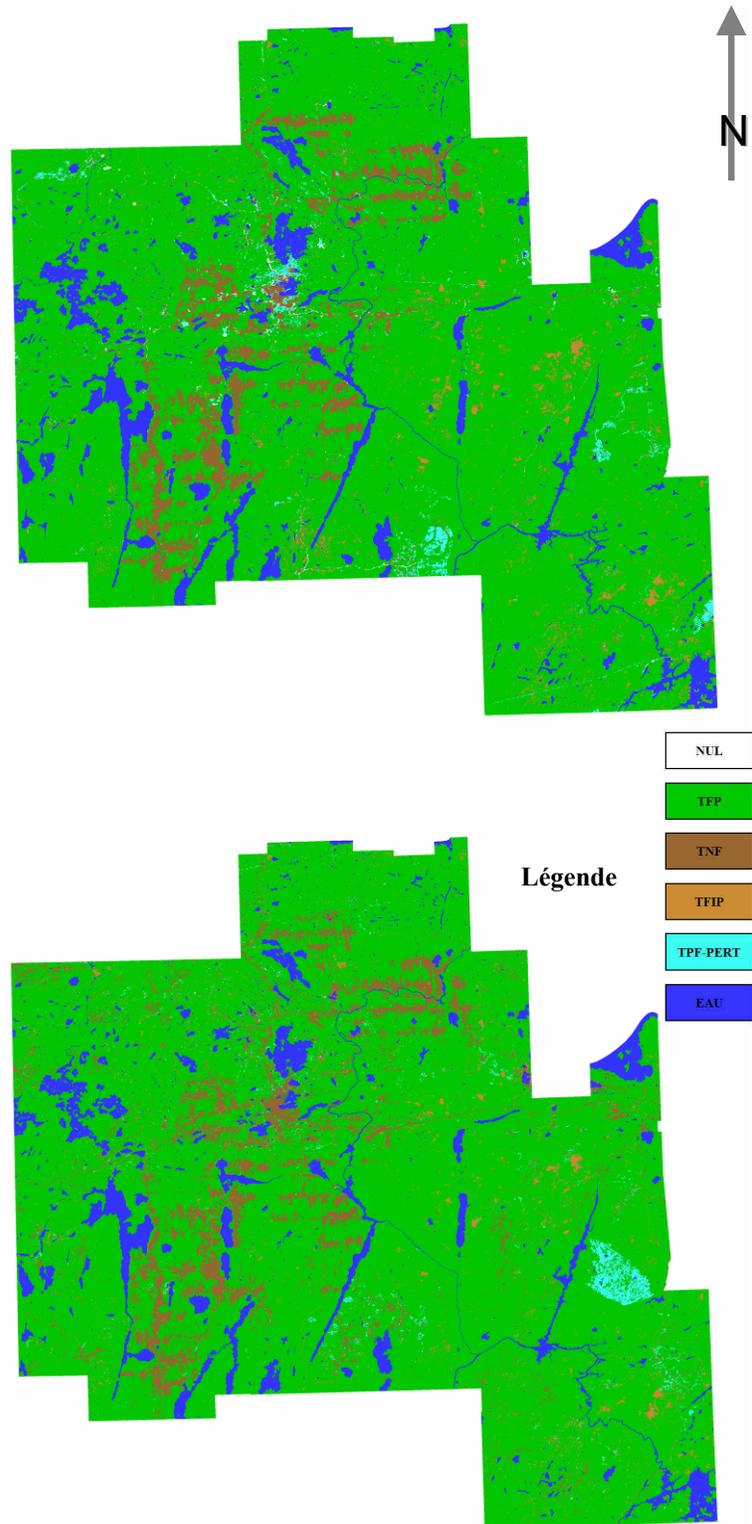


Figure 25. Carte thématique de l'évolution du territoire forestier (indicateur 1) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de Rouyn-Noranda.

Indicateur 2

Les stades de développement restent constants pour la période d'analyse. Toutefois, ce sont les surfaces végétalisées (SV) qui montrent la plus forte augmentation avec environ 190% en comparant les données de 2005 par rapport à 1985.

La figure 26 ci-contre présente l'évolution des stades de développement pour la MRC de Rouyn-Noranda en 1985 (haut) et en 2005 (bas). Le paysage forestier en 2005 présente des signes de fragmentation par rapport à 1985. On observe un rajeunissement dispersé de la forêt et ceci est visible dans l'ensemble de la MRC (ex municipalités de Rollet, D'Alembert et Cadillac). La classe surface végétalisée (SV) est également visible dans l'ensemble de la MRC et elle est présentée en 2005 en petites unités dispersées. Malgré les modifications en 2005, on observe aussi que le couvert forestier vieilli par rapport à 1985. C'est le cas de la portion sud de la municipalité de Bellecombe à l'intersection entre le lac Caire et le Lac Caribou (sud de la MRC). Dans cette portion du territoire, l'empreinte de 1985 a presque totalement disparue en 2005.

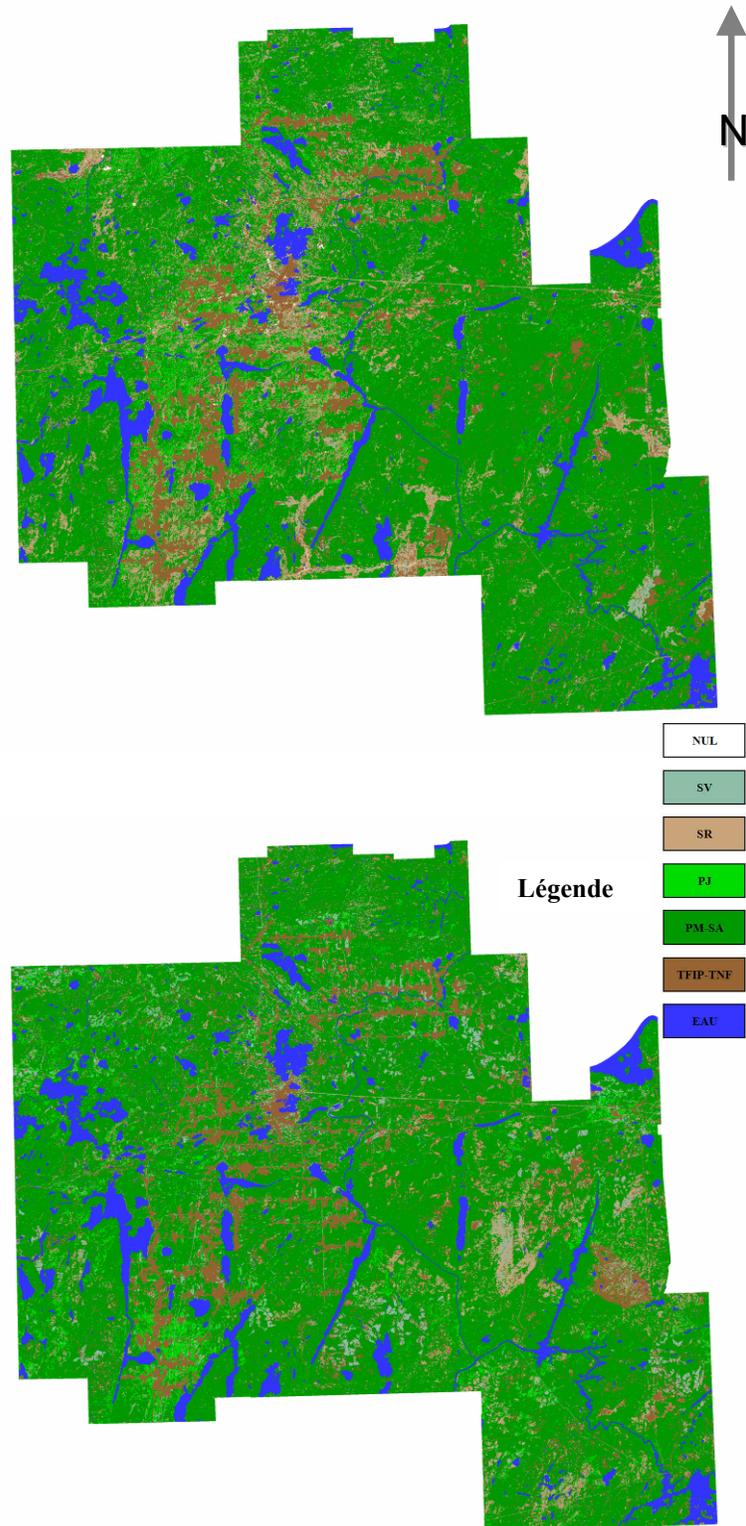


Figure 26. Carte thématique de l'évolution des stades de développements (indicateur 2) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de Rouyn-Noranda.

Indicateur 3

En ce qui a trait aux types de peuplements, la même tendance est observée qu'au niveau de la région de l'AT. En effet, les peuplements résineux et mélangés montrent une diminution en 2005 par rapport à 1985 de 26,7 et 10,9% respectivement. Par contre, une augmentation de 83% du couvert feuillu peut être observée en 2005.

La figure 27 affiche un changement important de la disponibilité des peuplements feuillus au détriment des résineux. La modification du couvert feuillu est visible dans l'axe nord-sud dans la partie plus habitée de la MRC. La progression déjà observée en 1985 s'est accentuée en 2005 autour du secteur rural où la présence des peuplements feuillus a augmenté. En effet, le couvert feuillu gagne du terrain autour du territoire forestier improductif (TFIP-TNF).

Dans la figure 27, on peut aussi observer que la taille des massifs forestiers de forêt résineuse et mélangée est plus réduite en 2005 par rapport à 1985. Ceci est perceptible dans la portion sud est de la MRC de Rouyn-Noranda, notamment à l'intersection entre les lacs Caron et Darlens. Les opérations forestières dans ce secteur contribuent certainement au changement de la dynamique forestière observée.

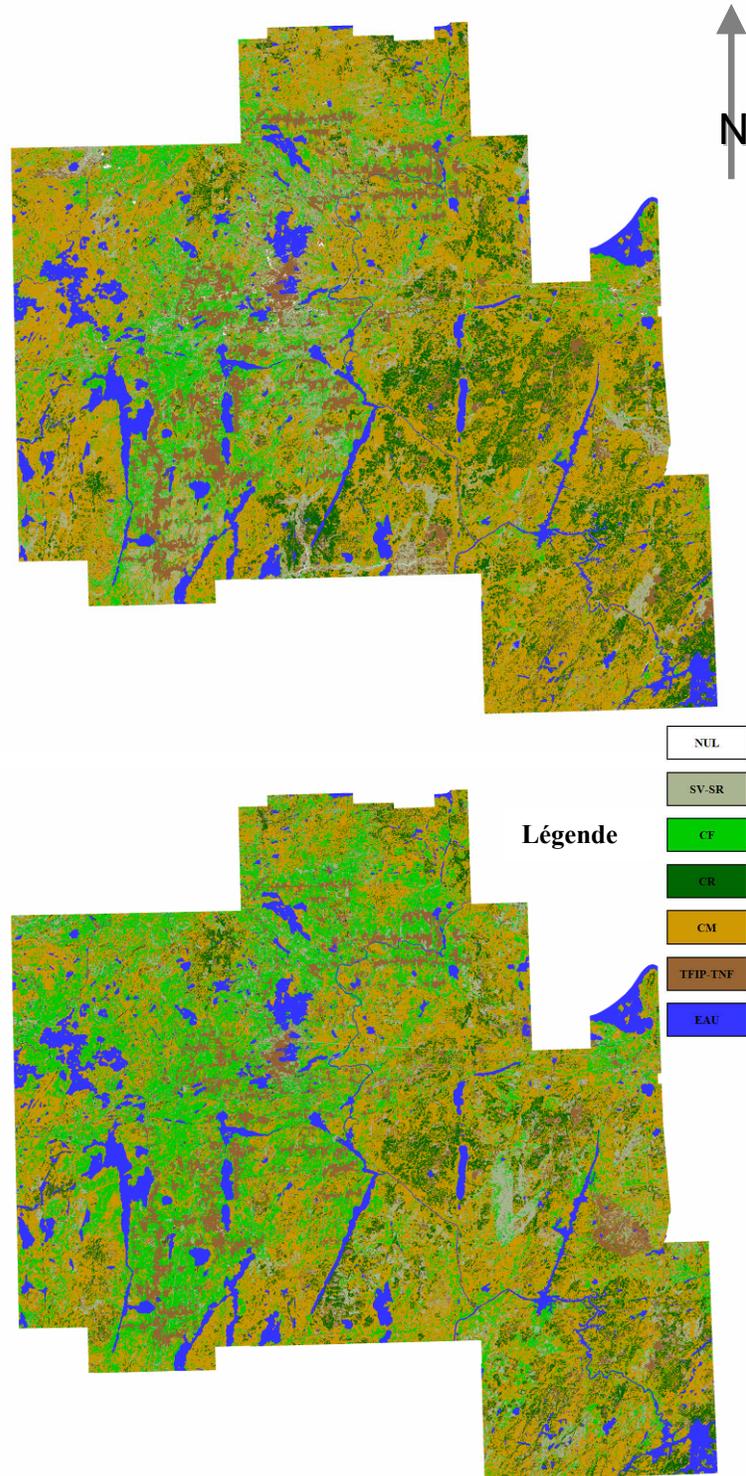


Figure 27. Carte thématique de l'évolution des types de couverts (indicateur 3) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de Rouyn-Noranda.

Indicateur 4

Quant aux données de la densité des couverts, la MRC de Rouyn-Noranda a connu une augmentation des couverts denses de 3,1% alors que les couverts ouverts ont subi une légère baisse de 0,7% au cours des vingt dernières années.

La figure 28 présente l'évolution de la densité du couvert forestier entre 1985 (haut) et 2005 (bas). Même si la proportion du couvert dense demeure relativement stable entre les deux périodes, les peuplements matures se trouvent dispersés dans le paysage. L'image ci-contre montre une augmentation de la fragmentation de la forêt en 2005 par rapport à 1985.

La classe surface végétalisée et régénérée (SV-SR) est aussi plus visible dans l'ensemble de la MRC dans l'image de 2005 (figure 28). Cependant, l'addition de la superficie totale de cette classe (SV-SR) a reculé en 20 ans (Tableau 11).

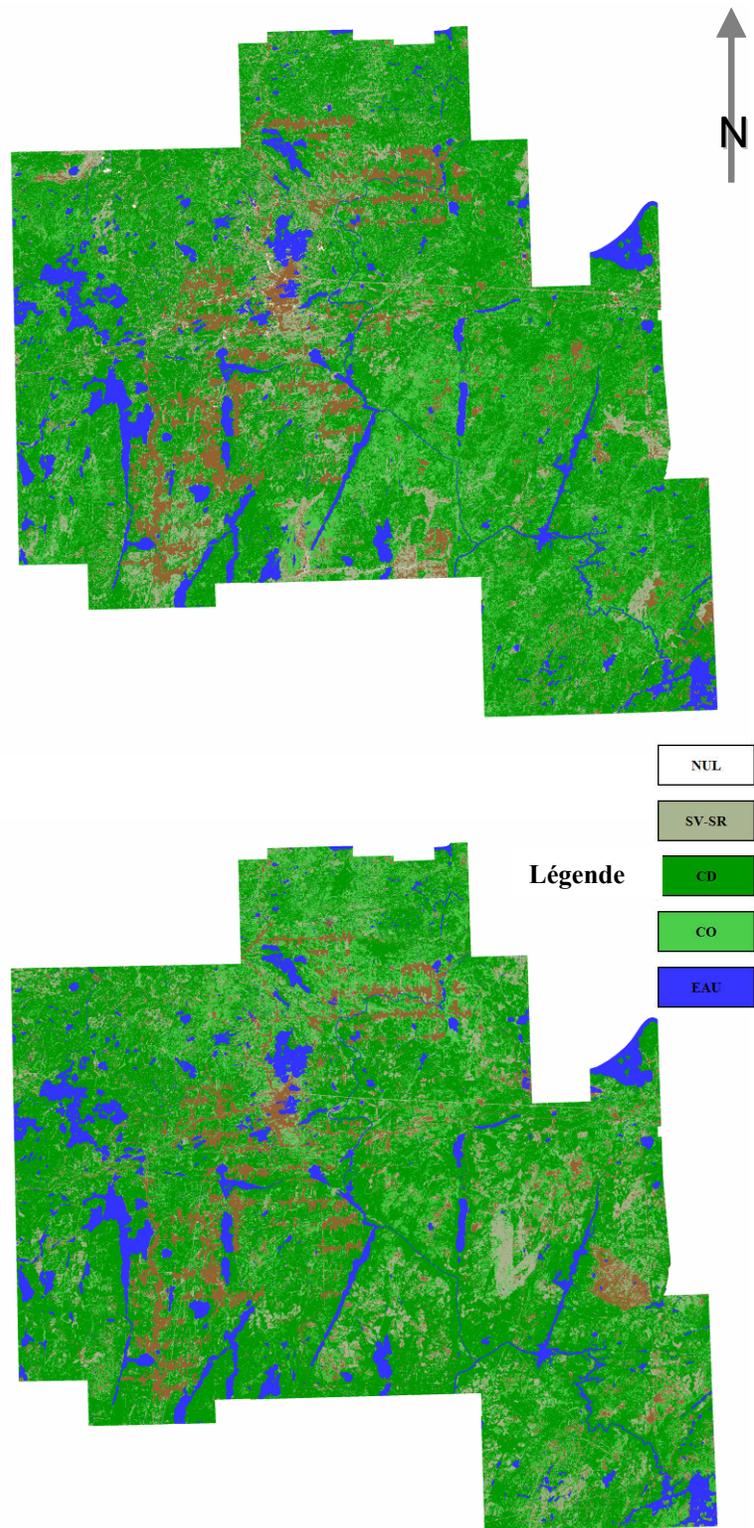


Figure 28. Carte thématique de l'évolution de la densité du couvert (indicateur 4) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de Rouyn-Noranda.

3.3.2 MRC d'Abitibi-Ouest

Le territoire analysé à l'aide des images satellites couvre une superficie d'environ 363 000 hectares (figure 29), dont près de 8% est couvert par des plans d'eau (lacs et rivières). La MRC d'Abitibi-Ouest, bien qu'elle soit une des plus petites en superficie, est toutefois comparable en terme de densité de population à la MRC de Rouyn-Noranda avec une population de près de 22 103 habitants.

L'ensemble des indicateurs estimés pour la MRC pour les années 1985, 1995, 2000 et 2005 sont présentés dans le tableau 12 en termes de pourcentages du territoire et de superficies. Les cartes thématiques pour chacun de ces indicateurs sont comparées afin de présenter l'évolution de l'état de la forêt entre les années 1985 et 2005 (figures 30, 31, 32 et 33).

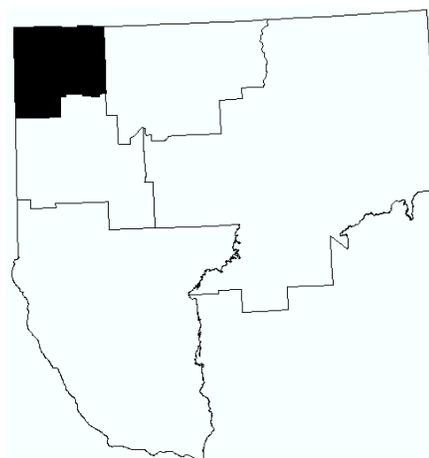


Figure 29. Territoire de la MRC d'Abitibi-Ouest.

Tableau 12. Ensemble d'indicateurs et de classes pour la MRC d'Abitibi-Ouest en 1985, 1995, 2000 et 2005.

Indicateurs	Classes indicateurs	1985		1995		2000		2005		Variation 1985-2005
		(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(%)
1	TFP	218712	60,25	218004	60,05	233173	64,23	229748	63,29	5,0
	TNF	88666	24,42	85414	23,53	77264	21,28	77902	21,46	-12,1
	TFIP	19481	5,37	23520	6,48	20175	5,56	22373	6,16	14,8
	TPF-PERT	3636	1,00	1754	0,48	2162	0,6	1408	0,39	-61,3
	EAU	29959	8,25	29632	8,16	30205	8,32	31473	8,67	5,1
	NUL	2578	0,71	4709	1,3	52	0,01	129	0,04	-95,0
2	SV	3980	1,10	3078	0,85	10879	3	19343	5,33	386,0
	SR	40019	11,02	79250	21,83	26457	7,29	24660	6,79	-38,4
	PJ	24783	6,83	8717	2,4	1698	0,47	8254	2,27	-66,7
	PM-SA	149930	41,30	126959	34,97	194139	53,48	177491	48,89	18,4
3	CF	43141	11,88	29901	8,24	42276	11,65	70306	19,37	63,0
	CR	34031	9,37	55601	15,32	49035	13,51	24478	6,74	-28,1
	CM	97541	26,87	50174	13,82	104526	28,79	90961	25,06	-6,7
4	CD	123869	34,12	35042	9,65	42375	11,67	90895	25,04	-26,6
	CO	50844	14,01	100634	27,72	153463	42,27	94850	26,13	86,5

RÉSUMÉ DE L'ÉTAT DE LA FORÊT POUR LA MRC D'ABITIBI-OUEST

Indicateur 1

La tendance générale observée pour cette MRC est très différente de celle de la région de l'Abitibi-Témiscamingue. En effet, elle s'éloigne de la tendance lorsqu'on parle d'augmentation du territoire forestier improductif puisque dans ce cas, elle ne dépasse pas 1% en 2005 par rapport à 1985. On note également une augmentation du territoire forestier productif de 5% à l'inverse de ce qui a été observé pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue.

L'évolution des types de couvert est présentée pour l'année 1985 (haut) et 2005 (bas) à la figure 30. La présence de rangs dans la MRC est très visible dans ces images ainsi que l'empreinte laissée par l'agriculture. Ce territoire a connu une diminution importante en 2005 du territoire non forestier (TNF) comparé à 1985. Ceci est probablement dû à une diminution de l'activité agricole dans cette MRC (ex. municipalité de Taschereau). Il faut noter également que la présence de nuages autour du Lac Abitibi (ouest de la MRC) affecte la qualité des informations dans cette région.

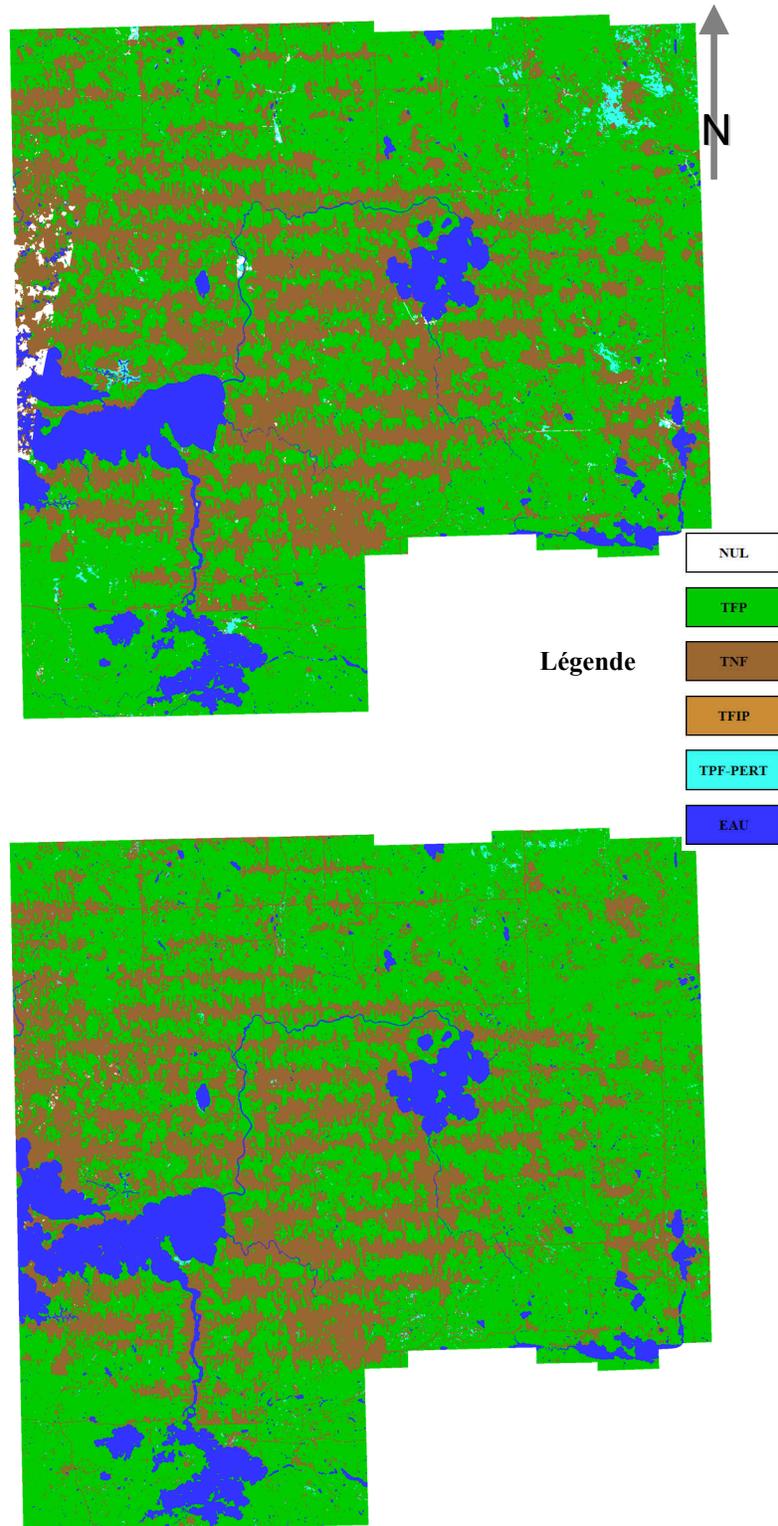


Figure 30. Carte thématique de l'évolution du territoire forestier (indicateur 1) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de l'Abitibi-Ouest.

Indicateur 2

La superficie des peuplements matures et surannés est en hausse de 18 % pour la période 1985 – 2005 et atteint presque 49 % du territoire en 2005. On note également une diminution de 67% des peuplements jeunes et d'une augmentation très importante de 386% pour les surfaces végétalisées. Il est à noter que les territoires en friches ont une signature spectrale proche de la classe surface végétalisée et peuvent contribuer à expliquer l'augmentation observée.

L'évolution des stades de développement pour le MRC de l'Abitibi-Ouest est présentée à la figure 31 à l'aide de deux images, 1985 (haut) et 2005 (bas). L'effet le plus visible sur ces images est la présence de surfaces végétalisées (SV) en 2005. En effet, la forme et la distribution de cette classe laissent croire à une augmentation de l'activité humaine dans l'ensemble de la MRC. À titre d'exemple, on remarque l'apparition de plusieurs chantiers de récolte dans la portion nord de la municipalité de Authier-Nord (nord est de la MRC).

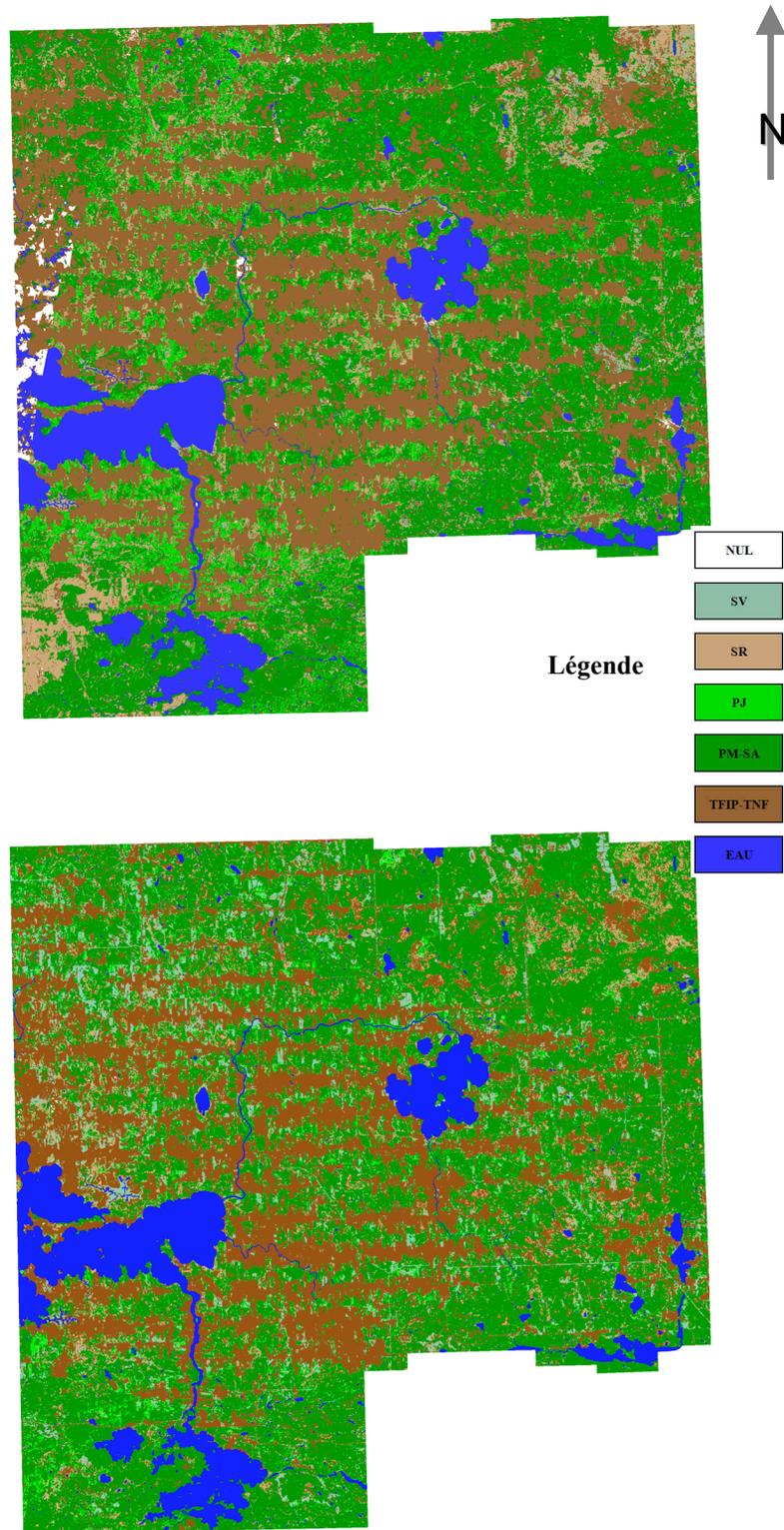


Figure 31. Carte thématique de l'évolution des stades de développements (indicateur 2) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de l'Abitibi-Ouest.

Indicateur 3

Pour l'ensemble de la période d'étude, les peuplements résineux et mélangés sont en diminution de 28 et 7% respectivement. De plus, une augmentation du couvert feuillu de 63% vient confirmer la tendance à l'enfeuillage observée au niveau régional.

La figure 32 présente l'évolution des types de couvert entre 1985 (haut) et 2005 (bas). La diminution du couvert résineux est plus visible au nord des municipalités de Saint-Lambert, Autier-nord, Val Saint Gilles et Taschereau. Le couvert feuillu est aussi bien présent à l'ouest du lac Hébecourt (municipalité du lac Duparquet) en 2005 alors qu'en 1985, on observe une bonne proportion de surfaces végétalisées et en régénération (SV-SR). Cette portion du territoire a fait l'objet de coupes importantes dans les années 1970 (voir indicateur 4). En vingt ans, la forêt s'est régénérée et la classe de couvert feuillu (CF) apparaît dominante en 2005.

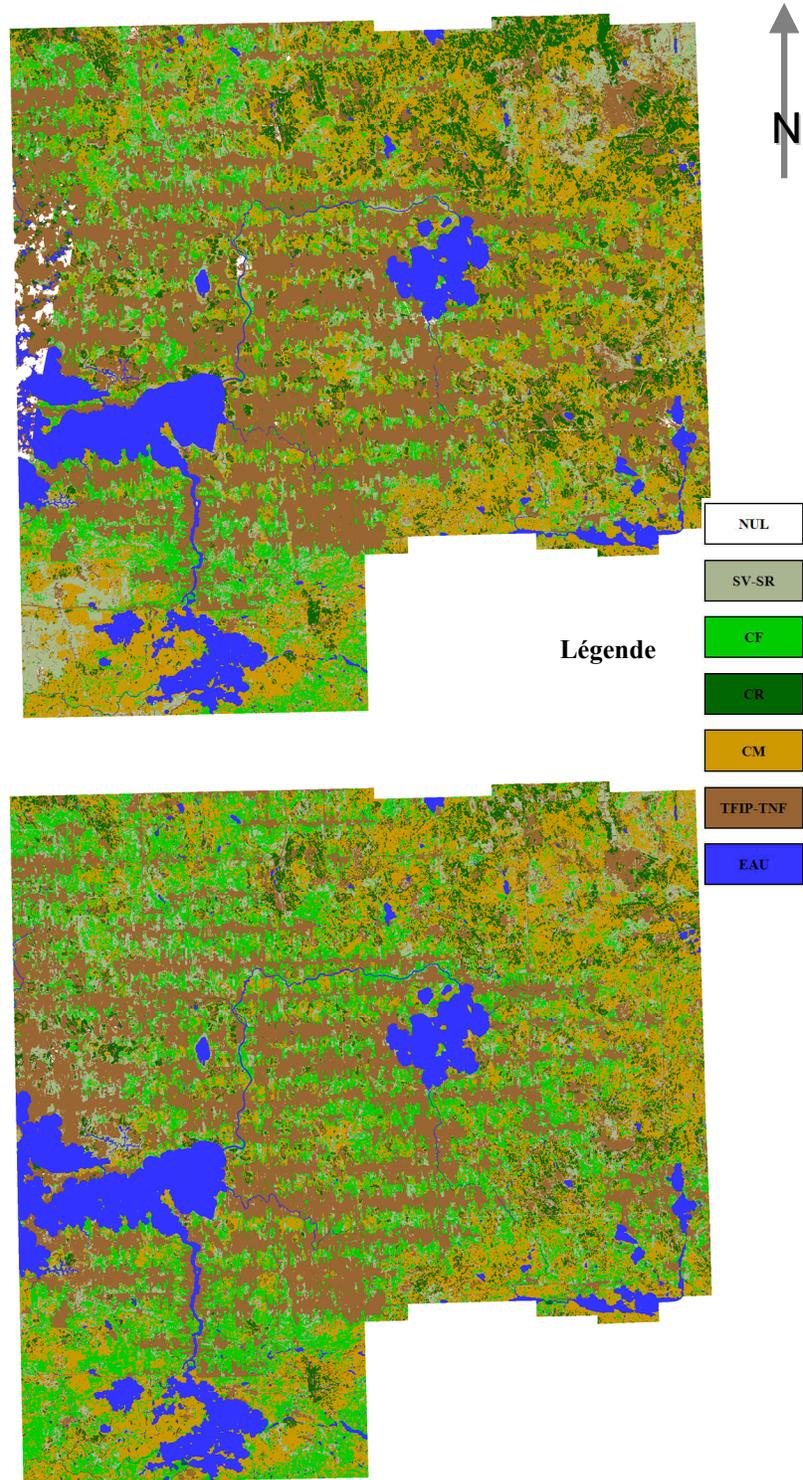


Figure 32. Carte thématique de l'évolution des types de couverts (indicateur 3) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de l'Abitibi-Ouest.

Indicateur 4

On observe une ouverture au niveau de la densité du couvert. En effet, il y a une augmentation de 86% des peuplements ouverts et une diminution de 27% des peuplements denses pour la période 1985-2005.

L'évolution de la densité du couvert est présentée à la figure 33 pour 1985 (haut) et 2005 (bas). L'apparition des peuplements plus ouverts est généralisée dans l'ensemble de la MRC de l'Abitibi-Ouest à l'exception près de la Forêt d'enseignement et de recherche et ses environs dans la municipalité du Lac Duparquet. Effectivement, on observe une reconstitution des peuplements denses suite aux coupes des années 1970. Les peuplements denses se présentent de manière dispersés dans le territoire et forment des agrégats de plus petite taille que ceux de 1985.

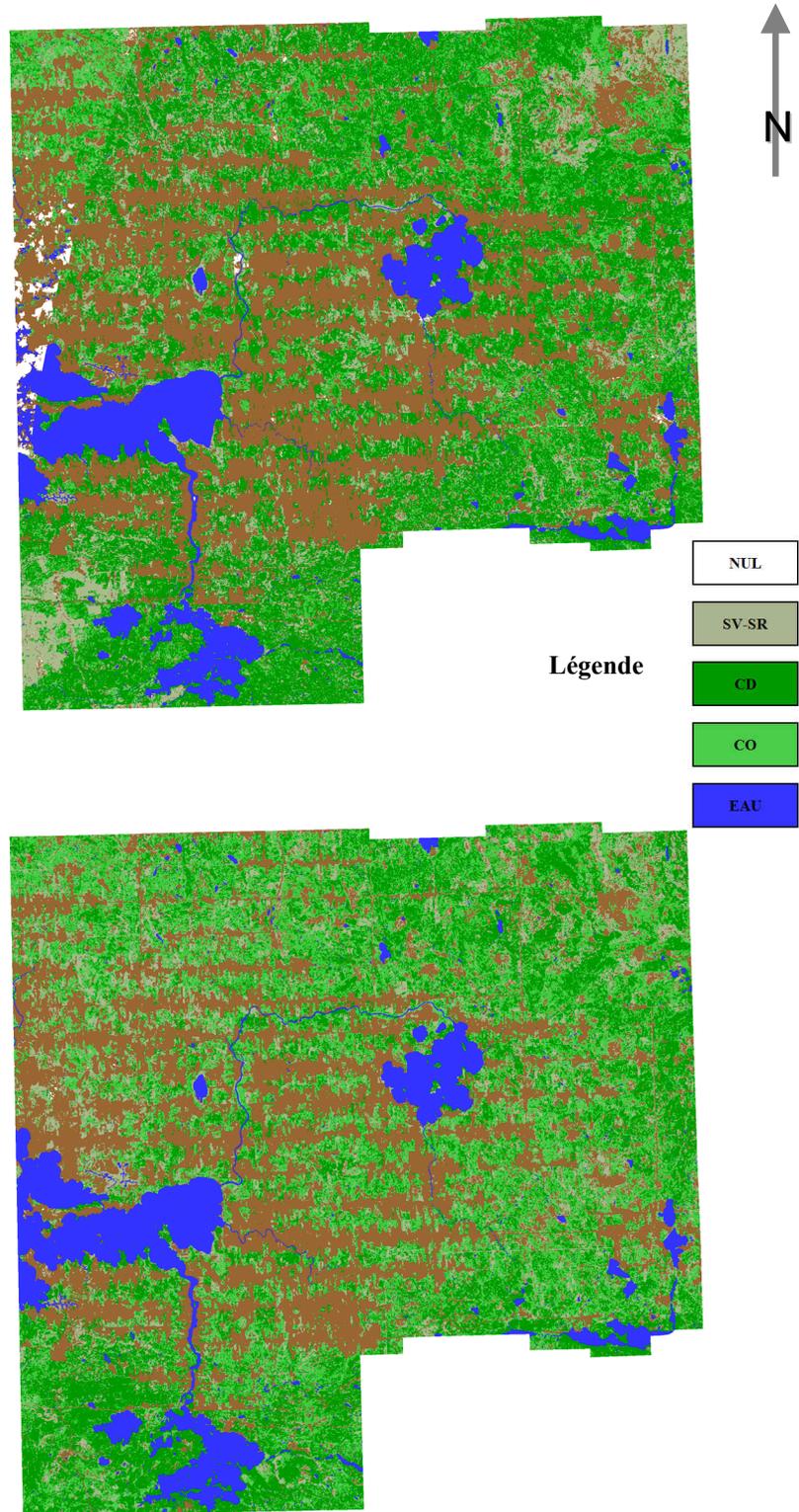


Figure 33. Carte thématique de l'évolution de la densité du couvert (indicateur 4) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de l'Abitibi-Ouest.

3.3.3. MRC d'Abitibi

Un total de 794 600 hectares ont été analysés avec les images Landsat pour ce territoire (figure 34), dont près de 4 % sont couverts par des plans d'eau (lacs et rivières) et environ 9 % de terrains forestiers improductifs. La population de cette MRC atteignait 24 304 habitants en 2006³⁸.



Figure 34. Territoire de la MRC d'Abitibi.

L'ensemble des indicateurs estimés pour la MRC pour les années 1985, 1995, 2000 et 2005 sont présentés dans le tableau 13 en termes de pourcentages du territoire et de superficies. La carte thématique pour l'ensemble des indicateurs illustre l'évolution des classes dans le paysage entre les années 1985 et 2005 (figure 35, 36, 37 et 38).

Tableau 13. Ensemble d'indicateurs et de classes pour la MRC d'Abitibi en 1985, 1995, 2000 et 2005.

Indicateurs	Classes indicateurs	1985		1995		2000		2005		Variation 1985-2005 (%)
		(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	
1	TFP	611759	76,99	608954	76,64	629092	79,17	619585	77,97	1,3
	TNF	66127	8,32	62439	7,86	59830	7,53	61345	7,72	-7,2
	TFIP	65895	8,29	80575	10,14	71147	8,95	75695	9,53	14,9
	TPF-PERT	11296	1,42	7253	0,91	4358	0,55	5315	0,67	-52,9
	EAU	30719	3,87	29915	3,76	30089	3,79	31846	4,01	3,7
	NUL	8816	1,11	5476	0,69	96	0,01	826	0,10	-90,6
2	SV	10869	1,37	7372	0,93	17681	2,23	32009	4,03	194,5
	SR	81933	10,31	98197	12,36	94735	11,92	65960	8,30	-19,5
	PJ	21839	2,75	30540	3,84	20420	2,57	26004	3,27	19,1
	PM-SA	497119	62,56	472845	59,51	496256	62,45	495611	62,37	-0,3
3	CF	57014	7,18	68597	8,63	50430	6,35	114212	14,37	100,3
	CR	169356	21,31	194085	24,43	164238	20,67	105456	13,27	-37,7
	CM	292587	36,82	240703	30,29	302008	38,01	301947	38,00	3,2
4	CD	374826	47,17	283852	35,72	262673	33,06	307520	38,70	-18,0
	CO	144132	18,14	219534	27,63	254003	31,97	214096	26,94	48,5

³⁸ Source: Statistique Canada 2006

Indicateur 1

Pour l'ensemble de cette MRC, une augmentation de 1,3% de la superficie du territoire forestier productif (TFP) est observée au cours de la période de vingt ans. Cette tendance est opposée à celle de l'ensemble de la région de l'AT. Cela peut être expliquée par une diminution de près de 53% du territoire à potentiel forestier et perturbé accompagné d'une diminution de 7% du territoire non forestier (TNF) et ce, pour la même période. Cependant, une augmentation de près de 15% du territoire forestier improductif (TFIP) est à noter en 2005 par rapport à 1985. Cela est possiblement dû, en grande partie, à la construction de routes qui a atteint au total, en 2005, près de 479 km³⁹ et qui compte pour 21% du réseau de l'AT. Il faut cependant noter que la qualité des données obtenues en 2005 a permis de diminuer l'absence des données (NUL) de 9 000 ha et de contribuer ainsi à une augmentation des autres classes (Tableau 13).

La figure 35 montre une diminution du territoire non forestier (TNF) au profit du territoire forestier productif (TFP). Un bon exemple est le village de Guyenne qui montre une diminution de la superficie TNF de 35 à 27 ha en vingt ans (secteur sud du Lac Chicobi).

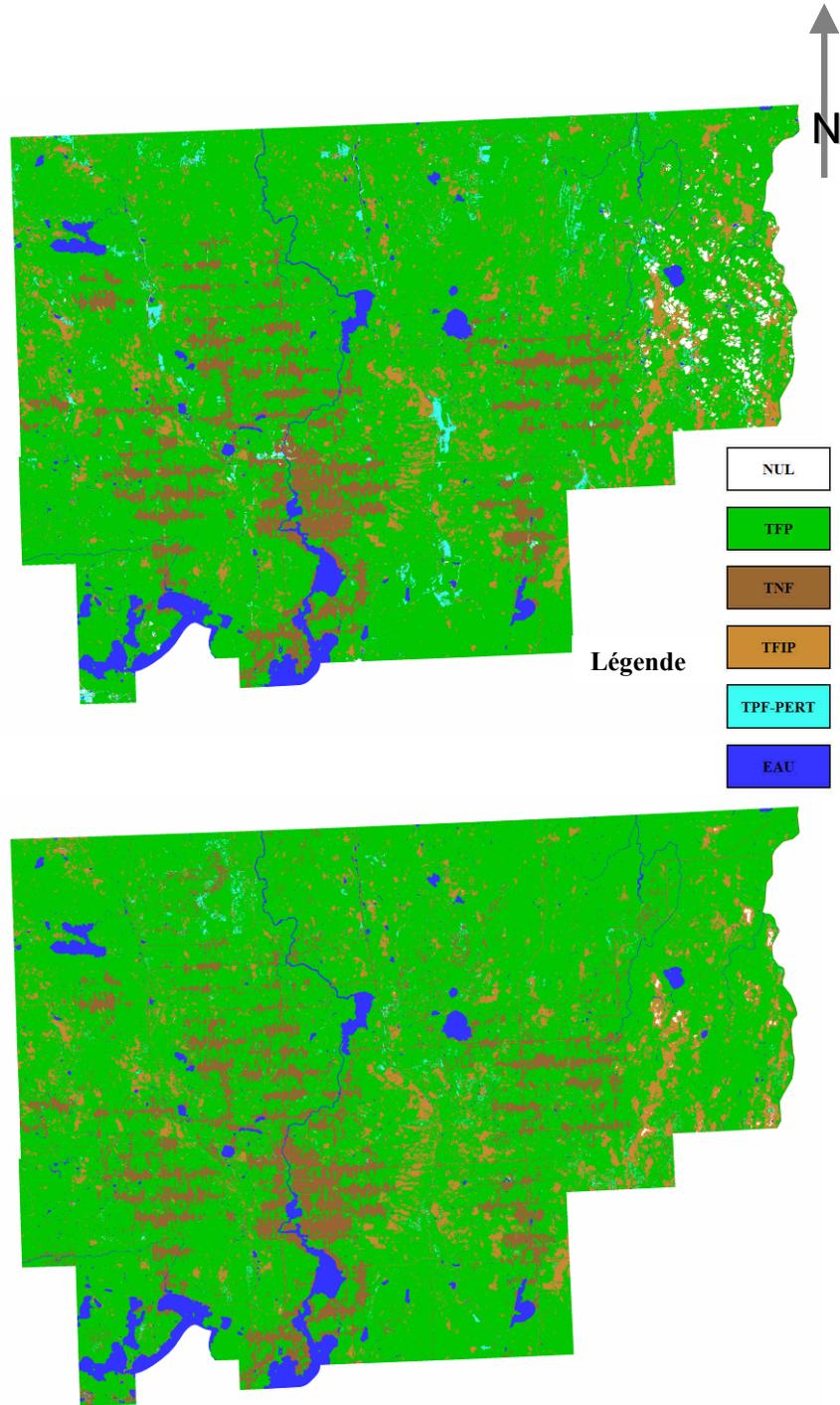


Figure 35. Carte thématique de l'évolution du territoire forestier (indicateur 1) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC d'Abitibi.

³⁹ Source Observatoire de l'AT. <http://www.observat.qc.ca/Statistiques/Transport.htm>

Indicateur 2

En ce qui a trait à la couverture végétalisée comprenant les secteurs récemment déboisés ou perturbés, une augmentation importante de 194% est observée en 2005 par rapport au début de la période d'analyse. Cela est accompagné d'une augmentation des peuplements jeunes de près de 19%, ce qui contribue au rajeunissement du couvert forestier. Toutefois, la superficie couverte par des peuplements matures et surannés (PM-SA) est demeurée relativement constante pour toutes les périodes.

La figure 36 présente l'évolution des stades de développement pour la MRC d'Abitibi. Un fait remarquable entre ces deux images est la transition des classes d'âge dans la partie nord de la MRC (ex. municipalités du Lac Chicobi, Saint-Dominique du Rosaire et Lac Despinnasy). En effet, on observe un vieillissement des classes d'âge SR vers PM-SA lors de la période d'étude. On observe également l'empreinte laissée par la coupe en 2005 représentée ici par la classe surface végétalisée (SV) et qui est particulièrement visible dans la municipalité de Berry.

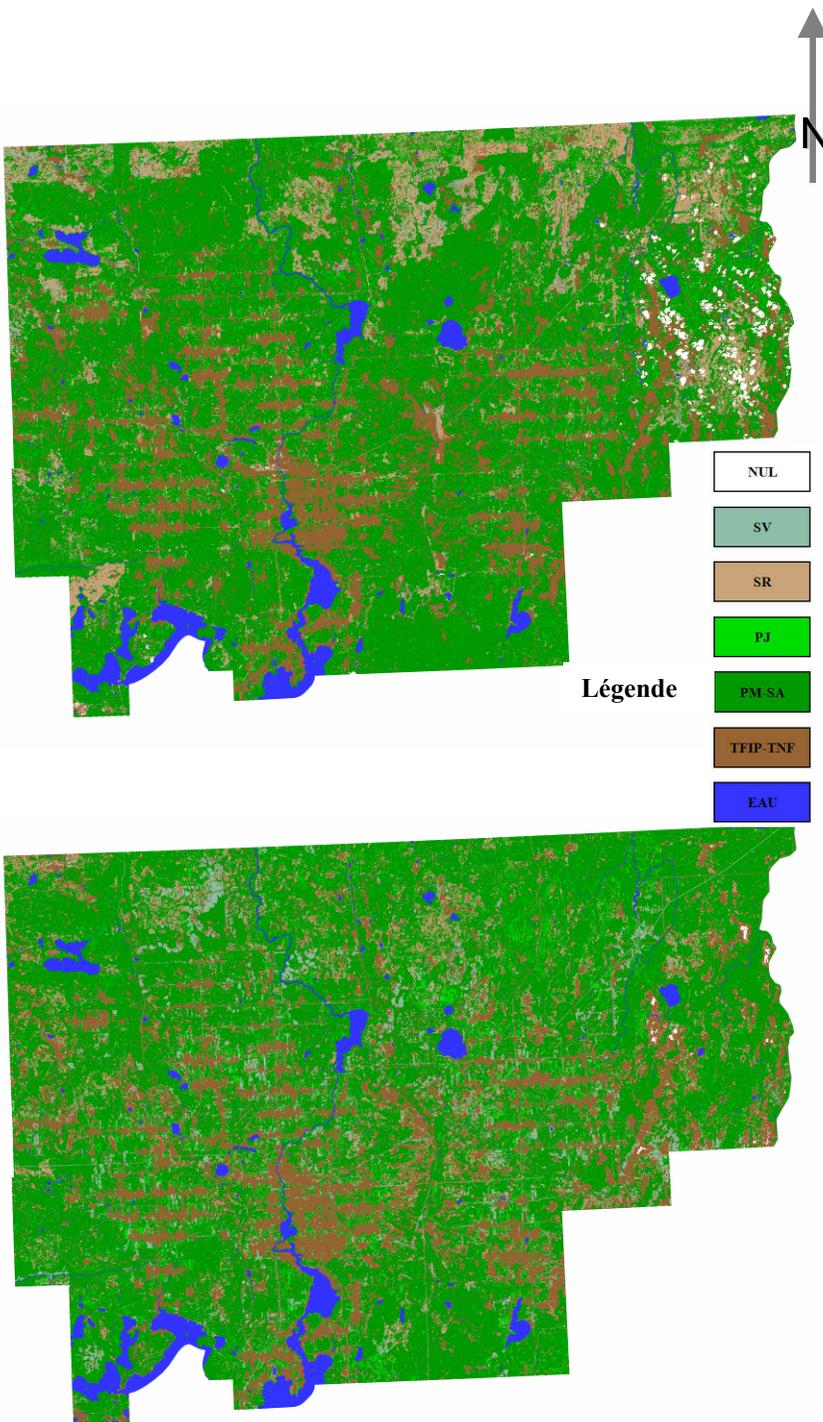


Figure 36. Carte thématique de l'évolution des stades de développements (indicateur 2) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC d'Abitibi.

Indicateur 3

À l'image de ce que l'on observe au niveau de la région de l'AT, la proportion des peuplements feuillus est à la hausse (100%) et celle des résineux à la baisse (38%) durant la période de vingt ans pour cette MRC.

La figure 37 montre une abondance marquée des peuplements feuillus au pourtour de l'ensemble des rangs de la MRC en 2005. De plus, les secteurs en régénération au nord de la MRC apparaissent vingt ans plus tard dominés principalement par des peuplements mélangés. Ces images révèlent la dynamique de la forêt sur ce territoire suite à une perturbation. Un autre fait particulier est la diminution du couvert résineux dans l'ensemble du territoire où la taille des agglomérats de forêt résineuse est plus petite. Prenons encore l'exemple de la municipalité de Berry où les peuplements ayant fait l'objet de la coupe en 2005 ou avant étaient composés principalement de la classe CR.

L'image de 1985 présente une proportion plus importante de la couverture nuageuse (classe Nul) comparée à 2005, surtout dans la partie est de la MRC.

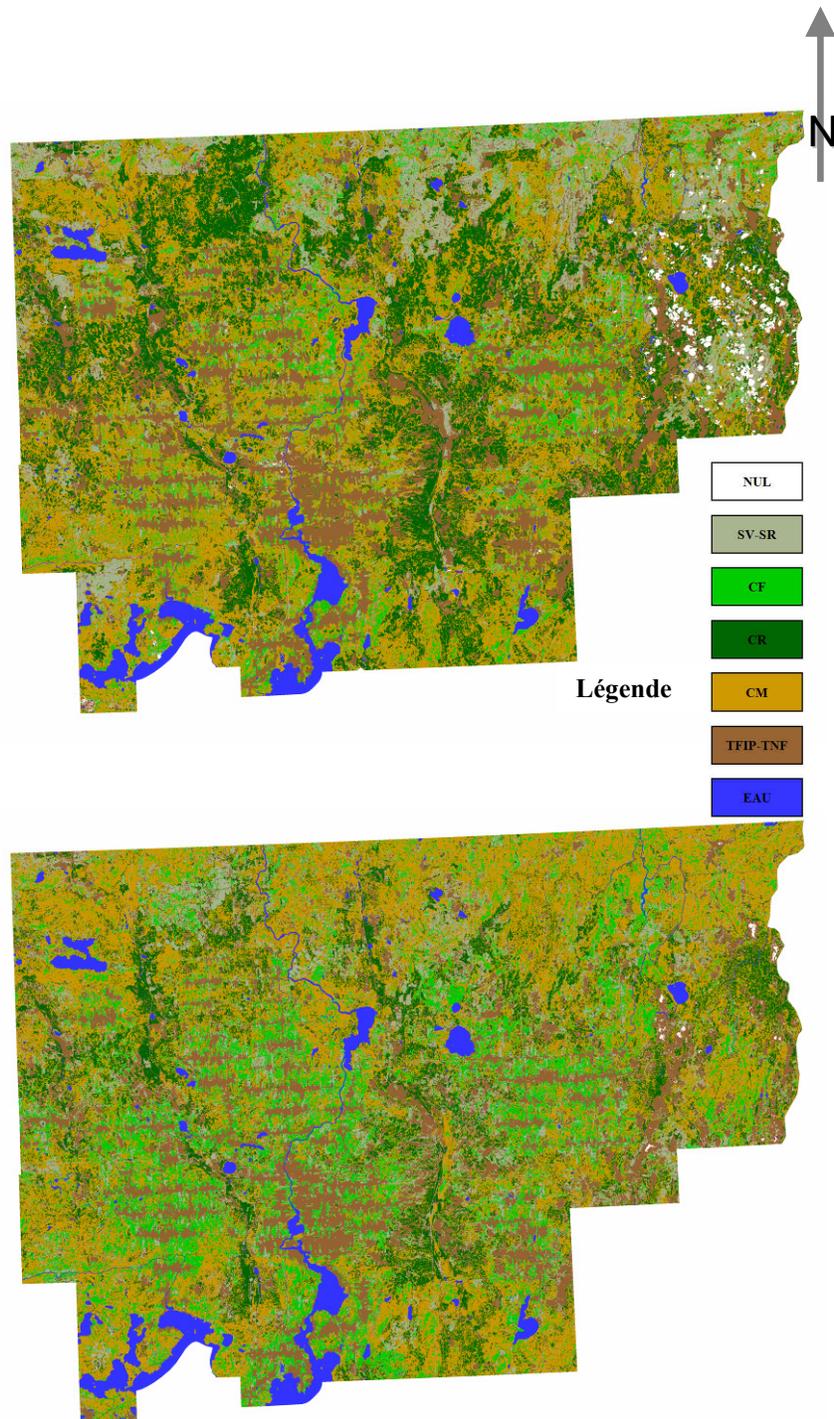


Figure 37. Carte thématique de l'évolution des types de couverts (indicateur 3) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC d'Abitibi.

Indicateur 4

Ce sont les peuplements ouverts (CO) qui ont progressé (49%) par rapport aux peuplements denses (CD) qui diminuent de 18%.

Le territoire de la MRC présente une dominance marquée de peuplements ouverts en 2005 (bas) comparée à 1985 (haut), surtout dans l'axe est-ouest (figure 38). À l'extrême nord de la MRC (municipalités du Lac Chicobi, Saint-Dominique du Rosaire et Lac Despinnasy), on observe que la reconstitution de la forêt est dominée par des peuplements mélangés (figure 37) et denses (figure 38).

Les perturbations subies par la forêt entre les deux dates au niveau des classes SV et SR se manifestent dépendamment de l'espèce et du temps écoulé vers une transition vers la classe CD et puis vers la classe CO. Afin de bien interpréter les changements entre la classe CD vers la classe CO, outre les perturbations naturelles (insectes, feu et chablis), il serait important d'intégrer l'information sur les coupes partielles. À l'heure actuelle, il est impossible d'indiquer dans quelle mesure les coupes partielles et les perturbations naturelles contribuent à l'augmentation de la classe CO.

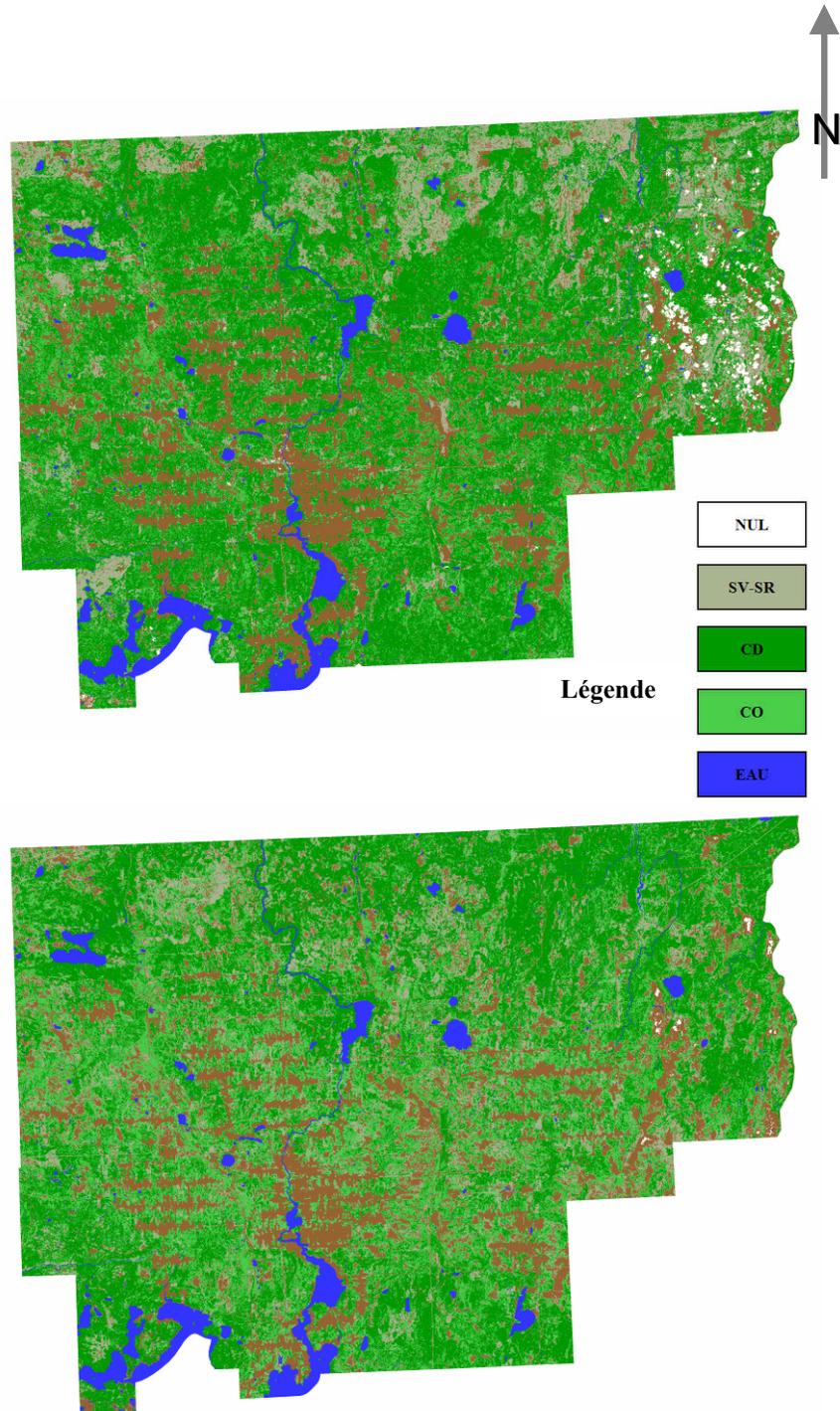


Figure 38. Carte thématique de l'évolution de la densité du couvert (indicateur 4) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC d'Abitibi.

3.3.4. MRC du Témiscamingue

La superficie couverte par les images Landsat est d'environ 1 925 360 hectares (figure 39) pour ce territoire, dont près de 16% est couverte par des plans d'eau (lacs et rivières) et environ 2% de terrain forestiers improductifs. Sur ce territoire, Statistique Canada a recensé près de 17 201 habitants en 2006.

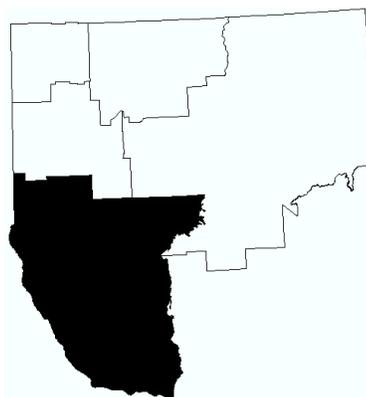


Figure 39. Territoire de la MRC du Témiscamingue.

Pour cette MRC, les indicateurs estimés pour les années 1985, 1995, 2000 et 2005 sont présentés au tableau 14 en termes de pourcentages du territoire et de superficies. Les cartes thématiques des indicateurs illustrent l'évolution sur le plan du paysage des classes entre les années 1985 et 2005 (figure 40, 41, 42 et 43).

Tableau 14. Ensemble d'indicateurs et classes pour la MRC du Témiscamingue en 1985, 1995, 2000 et 2005.

Indicateurs	Classes indicateurs	1985		1995		2000		2005		Variation 1985-2005
		(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(%)
1	TFP	1496563	77,73	1494894	77,64	1510690	78,46	1503597	78,09	0,5
	TNF	71274	3,70	60586	3,15	72459	3,76	73497	3,82	3,1
	TFIP	22150	1,15	38530	2	28200	1,46	32887	1,71	48,5
	TPF-PERT	10971	0,57	9330	0,48	4414	0,23	4674	0,24	-57,4
	EAU	301152	15,64	297025	15,43	301151	15,64	310586	16,13	3,1
	NUL	23248	1,21	24993	1,3	8444	0,44	115	0,01	-99,5
2	SV	13464,1	0,70	20091	1,04	24639	1,28	36072	1,87	167,9
	SR	121787,4	6,33	171477	8,91	118717	6,17	55517	2,88	-54,4
	PJ	19087,8	0,99	48555	2,52	69342	3,6	87359	4,54	357,7
	PM-SA	1342223,9	69,71	1254771	65,17	1297992	67,42	1324648	68,8	-1,3
3	CF	321598	16,70	373060	19,38	480239	24,94	432680	22,47	34,5
	CR	120147	6,24	127726	6,63	71592	3,72	88613	4,6	-26,2
	CM	919567	47,76	802541	41,68	815503	42,36	890714	46,26	-3,1
4	CD	1147117	59,58	1074523,3	55,81	1188836	61,75	1285115	66,75	12,0
	CO	214194	11,12	228803	11,88	178498	9,27	126893	6,59	-40,8

Indicateur 1

Le territoire forestier productif demeure stable avec une hausse de moins de 1 %. Par contre, le territoire forestier improductif s'accroît de 107 038 ha (1%) (tableau 14).

Les images ci-contre présentent l'évolution du territoire forestier entre 1985 (haut) et 2005 (bas). La classe territoire non forestier (TNF) se concentre principalement autour de régions habitées où l'activité agricole demeure importante (portion nord-ouest de la MRC à la limite avec l'Ontario). Les perturbations enregistrées en 1985 (TPF-PERT) sont plus importantes (0,57 % du territoire) par rapport à 2005 (0,24% du territoire) et sont dispersées dans la partie plus au nord de la MRC (municipalités de Laforce et Rémigny). Le territoire est dominé par une présence importante de plans d'eau qui couvre plus de 15% du territoire.

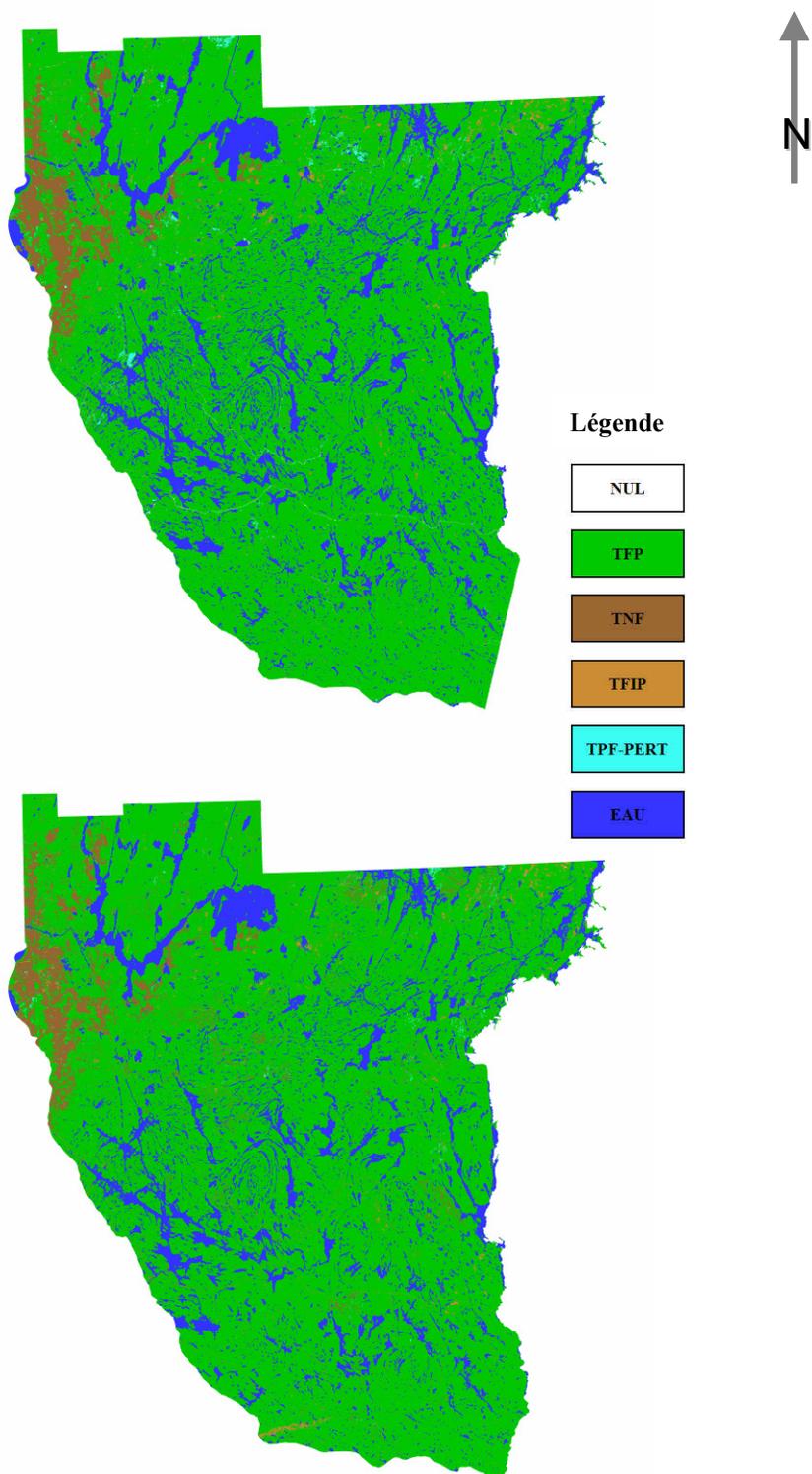


Figure 40. Carte thématique de l'évolution du territoire forestier (indicateur 1) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC du Témiscamingue. Il faut noter l'absence de données dans la partie sud-est de l'image 1985.

Indicateur 2

La MRC du Témiscamingue est celle qui contribue le plus à l'augmentation des peuplements jeunes (358%) et feuillus (35%) à la région de l'Abitibi-Témiscamingue par l'ajout de 68 271 ha et 111 083 ha respectivement à la fin de la période d'analyse.

Les augmentations les plus importantes enregistrées pour la MRC du Témiscamingue correspondent à la classe SV et PJ, soit 167 et 357% respectivement. Toutefois, ces deux classes ne dépassent pas le 7 % de superficie en 2005. Nonobstant ce faible pourcentage, ceci représente plus de 90 000 ha pour cette MRC. La classe peuplements jeunes est concentrée autour de régions plus habitées (nord-ouest de la MRC) et aussi autour de la rivière Kipawa, Bearn, Rémigny et dans le sud de la MRC, alors qu'une concentration de la classe SV est observée dans la municipalité de Belleterre en 2005 (figure 41).

Deux grandes perturbations subies par la forêt sont observées, soit une à l'ouest du lac Beaudry (municipalité de Rémigny) et une au sud du réservoir Decelles en 1985. En 2005, on observe que ces deux secteurs sont dominés par les classes peuplements jeunes (PJ) et peuplements matures et surannées (PM-SA).

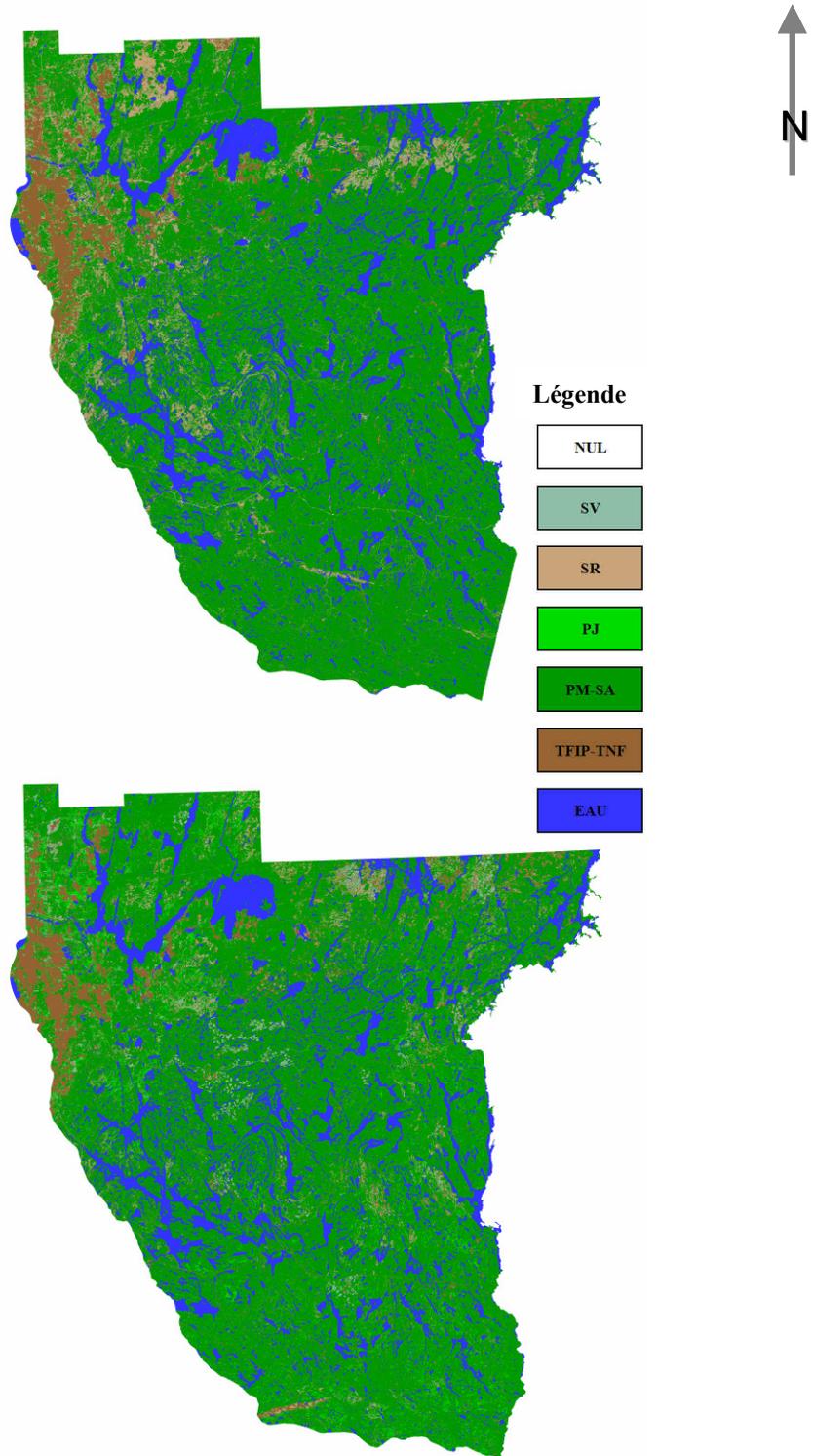


Figure 41. Carte thématique de l'évolution des stades de développements (indicateur 2) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC du Témiscamingue. Il faut noter l'absence de données dans la partie sud-est de l'image 1985.

Indicateur 3

Les peuplements mélangés et résineux suivent la tendance générale observée au niveau régional de l'AT, c'est-à-dire plus de 3 et 26% respectivement de diminution au début et à la fin de la période d'analyse.

La figure 42 présente le recul des peuplements résineux dans la MRC. Le secteur du réservoir Decelles semble particulièrement affecté (Nord de la MRC) ainsi que le secteur à l'ouest du lac Dumoine (sud est de la MRC). La composante feuillue continue à dominer la partie sud de la MRC mais un gain important est observé en vingt ans dans la portion nord et centre de la MRC au détriment des peuplements mélangés et résineux.

La portion du territoire avec la classe SV observée à l'ouest du lac Beaudry (municipalité de Rémigny) en 1985 (figure 41) est, en 2005, dominé par les peuplements feuillues (CF) et mélangés (CM) (figure 42).

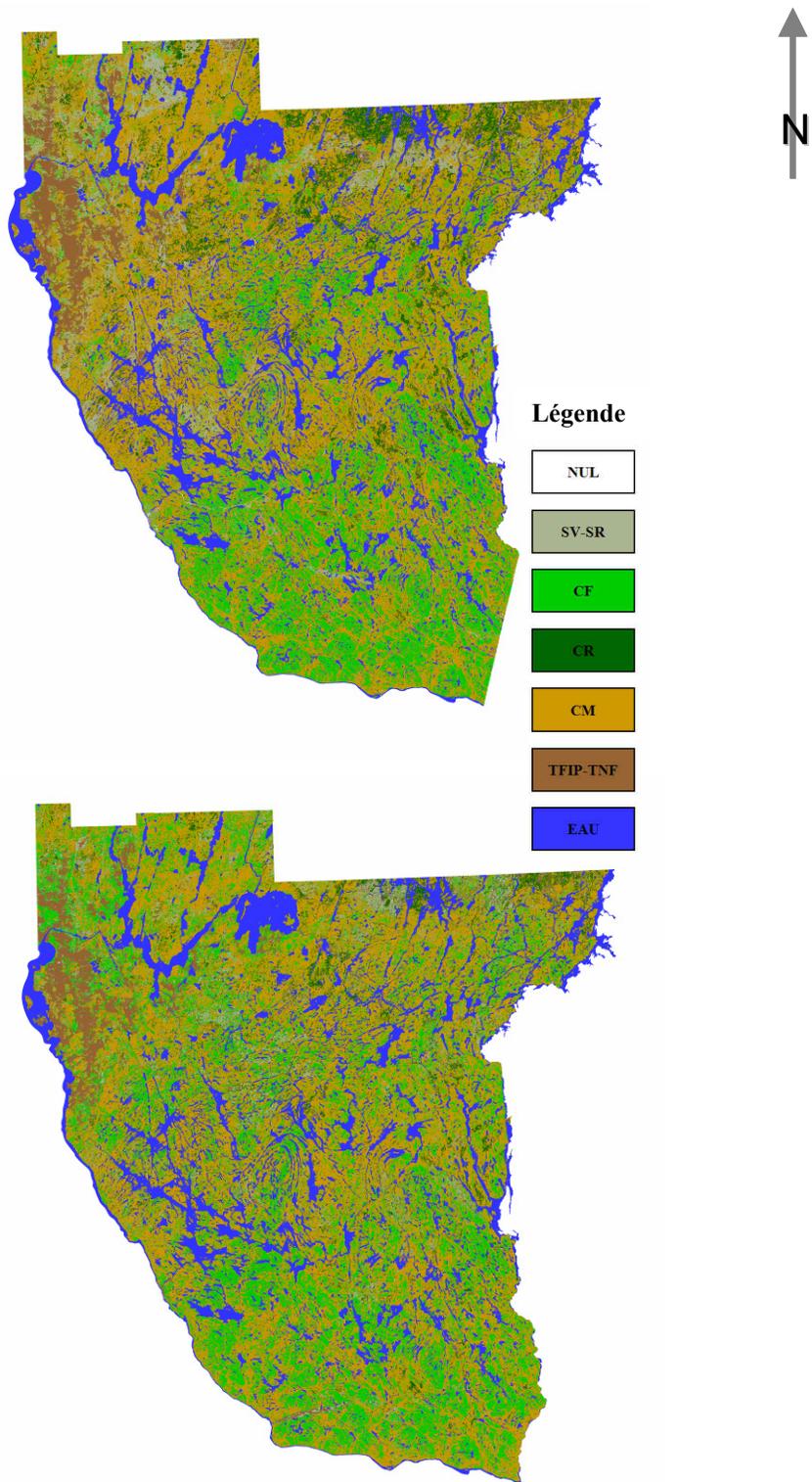


Figure 42. Carte thématique de l'évolution des types de couverts (indicateur 3) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC du Témiscamingue. Il faut noter l'absence de données dans la partie sud-est de l'image 1985.

Indicateur 4

Les superficies végétalisées (SV) sont aussi supérieures de 23 000 ha en fin de période, avec une augmentation de près de 168 %. Contrairement aux autres MRC, les couverts ouverts (CO) sont à la baisse (41%) et les couverts denses (CD) sont à la hausse (12%).

À l'image des autres MRC, l'absence de données nulle diminue en 2005. En effet, plus de 23 000 ha s'ajoutent aux autres classes. Malgré cet ajout, la tendance générale demeure constante au fil des ans.

Près de 60% de la MRC est dominée par la classe couvert dense (CD) dans les deux périodes (59 et 66% respectivement). Ceci représente un 12 % d'augmentation en vingt ans. En même temps, le couvert ouvert (CO) recule de 40 %. Toutefois, cette classe représente moins de 7 % en 2005. Les perturbations ayant eu cours après 1985 au pourtour du réservoir Decelles (image 2005) ne semblent pas avoir compensées celles de 1985 au réservoir Decelles et dans la municipalité de Rémigny. L'interprétation des classes dense et ouverte dans la forêt mixte et feuillue diffère de celle de la forêt résineuse car la présence d'un sous-bois très agressif (espèces pionnières) peut influencer la lecture du capteur et l'interprétation des données Landsat (précision de 61% - tableau 17).

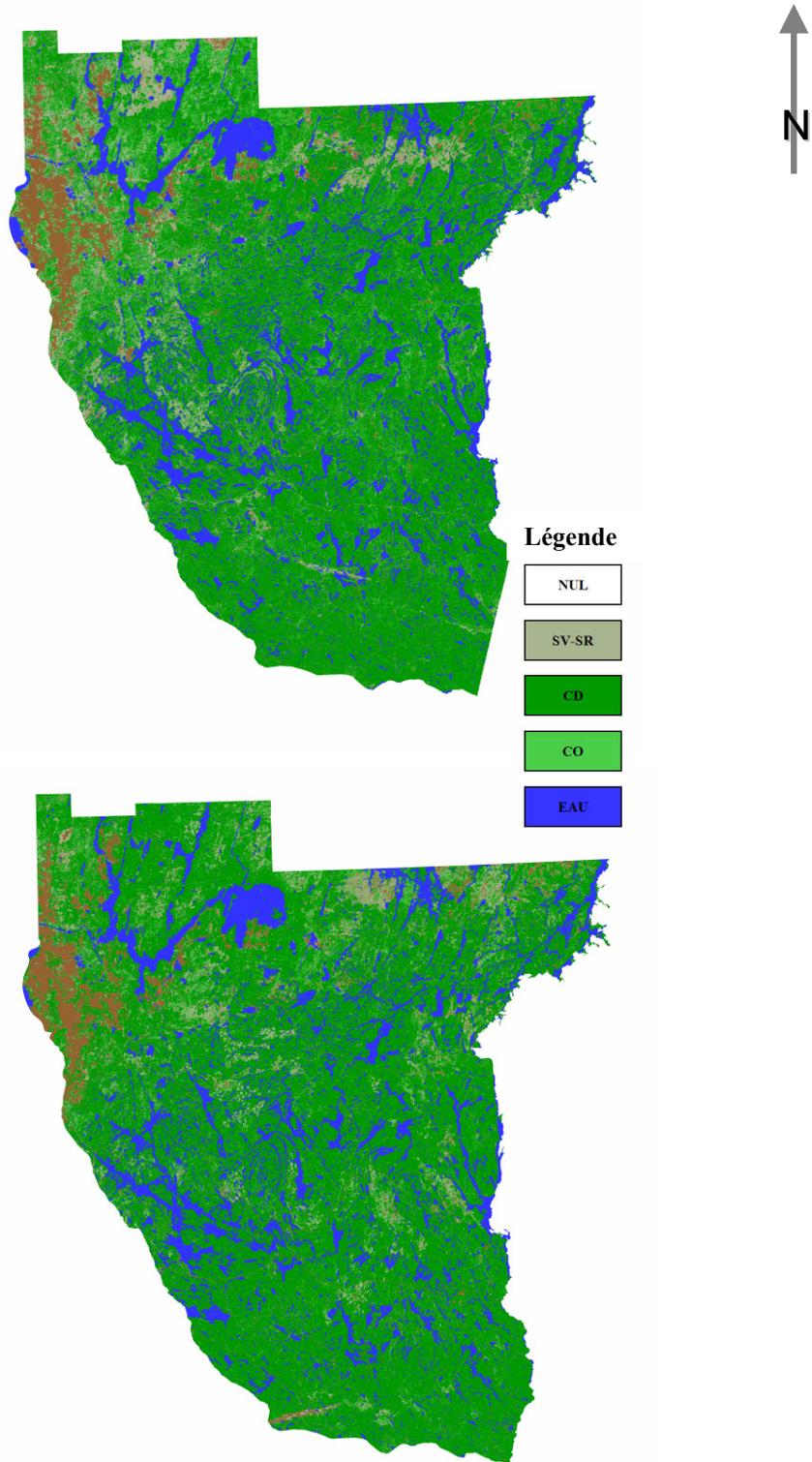


Figure 43. Carte thématique de l'évolution de la densité du couvert (indicateur 4) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC du Témiscamingue. Il faut noter l'absence de données dans la partie sud-est de l'image 1985.

3.3.5. MRC de la Vallée-de-l'Or

La MRC de Vallée-de-l'Or occupe la superficie la plus grande du territoire étudié, soit près de 2 741 000 ha (figure 44). Elle compte une population de 41 685 habitants. Une superficie équivalente à 12% de ce territoire est occupée par des plans d'eau et environ 5% du territoire forestier est considéré comme improductifs.

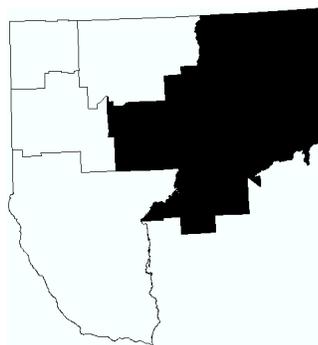


Figure 44. Territoire de la MRC de la Vallée-de-l'Or.

L'ensemble des indicateurs estimés pour la MRC de la Vallée-de-l'Or pour les années 1985, 1995, 2000 et 2005 sont présentés au tableau 15 en termes de pourcentage et de superficies. Les figures 45, 46, 47 et 48 illustrent l'évolution des indicateurs en 1985 et en 2005.

Tableau 15. Ensemble d'indicateurs et classes pour la MRC de la Vallée-de-l'Or en 1985, 1995, 2000 et 2005.

Indicateurs	Classes des indicateurs	1985		1995		2000		2005		Variation 1985-2005
		(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(%)
1	TFP	2212208	80,7	2159183	78,76	2156137	78,65	2103011	76,72	-4,9
	TNF	25748	0,94	29381	1,07	36762	1,34	36082	1,32	40,1
	TFIP	116421	4,25	139486	5,09	151422	5,52	161180	5,88	38,4
	TPF-PERT	28132	1,03	39117	1,43	36944	1,35	35214	1,28	25,2
	EAU	343986	12,55	329225	12,01	337948	12,33	351239	12,81	2,1
	NUL	14814	0,54	44916	1,64	22101	0,81	54589	1,99	268,5
2	SV	23810	0,87	17823	0,65	67220	2,45	61543	2,25	158,5
	SR	53108	1,94	89133	3,25	170788	6,23	223167	8,14	320,2
	PJ	22111	0,81	24129	0,88	24056	0,88	40065	1,46	81,2
	PM-SA	2113178	77,09	2028098	73,98	1894073	69,09	1778237	64,87	-15,9
3	CF	90720	3,31	136542	4,98	138170	5,04	173248	6,32	91,0
	CR	836008	30,50	783630	28,59	621066	22,66	636860	23,23	-23,8
	CM	1208561	44,09	1132055	41,3	1158893	42,28	1008193	36,78	-16,6
4	CD	1808917	65,99	1684671	61,45	1483491	54,12	1325271	48,34	-26,7
	CO	326372	11,91	367556	13,41	434638	15,86	493030	17,99	51,1

Indicateur 1

Les résultats montrent une forte pression pour cette MRC comparativement aux autres. Cette MRC possède la proportion la plus petite de superficie de territoire non forestier (TNF). Cette classe se trouve concentrée dans l'extrême nord-ouest de la MRC et l'on observe une augmentation de cette classe ainsi que de la classe TFIP de 40 et 38% respectivement (figure 45). Il faut noter que la classe TFIP est présente dans l'ensemble du territoire en 2005 comparativement à 1985. La figure ci-contre montre un déplacement de la classe TPF-PERT des abords du lac Faillon en 1985 vers le nord du lac Parent et à l'est du réservoir Decelles en 2005. Tel que mentionné précédemment dans ce rapport, la qualité des images peut varier d'une période à l'autre. Ainsi, en 2005, près de 2% de l'image est couverte par des nuages.

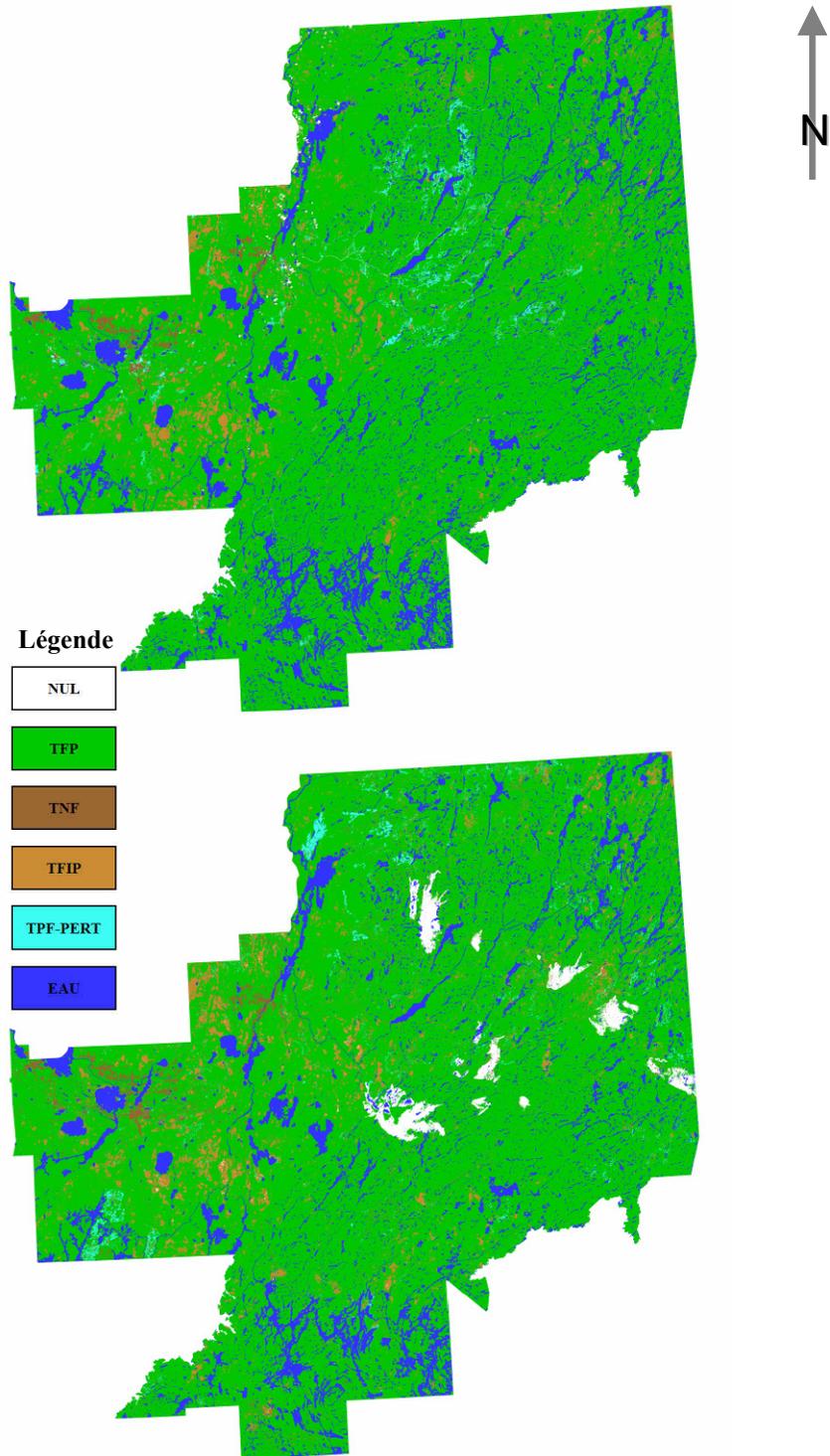


Figure 45. Carte thématique de l'évolution du territoire forestier (indicateur 1) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de la Vallée-de-l'Or.

Indicateur 2

Un autre effet marqué de la pression qu'a subie ce territoire est l'augmentation des superficies en régénération de près de 170 060 en 20 ans, soit 320%. Ces aires occupent près de 8% du territoire forestier productif en 2005 alors qu'elles ne représentaient que de 2% en 1985. L'augmentation en peuplement jeunes (PJ) est aussi importante puisqu'elle atteint environ 81%, soit la deuxième en importance après celle observée au niveau de la MRC du Témiscamingue.

La figure 46 présente les stades de développement en 1985 (haut) et 2005 (bas) pour la MRC de la Vallée-de-l'Or. La portion nord-est de la MRC a subi une modification importante de ses classes d'âge en vingt ans. La classe SR domine, au détriment de la classe PM-SA, une bonne partie du paysage au nord du lac Faillon. Au contraire, on observe le changement de classes d'âge SR vers PM-SA au sud est du lac Lemoine pour la même période.

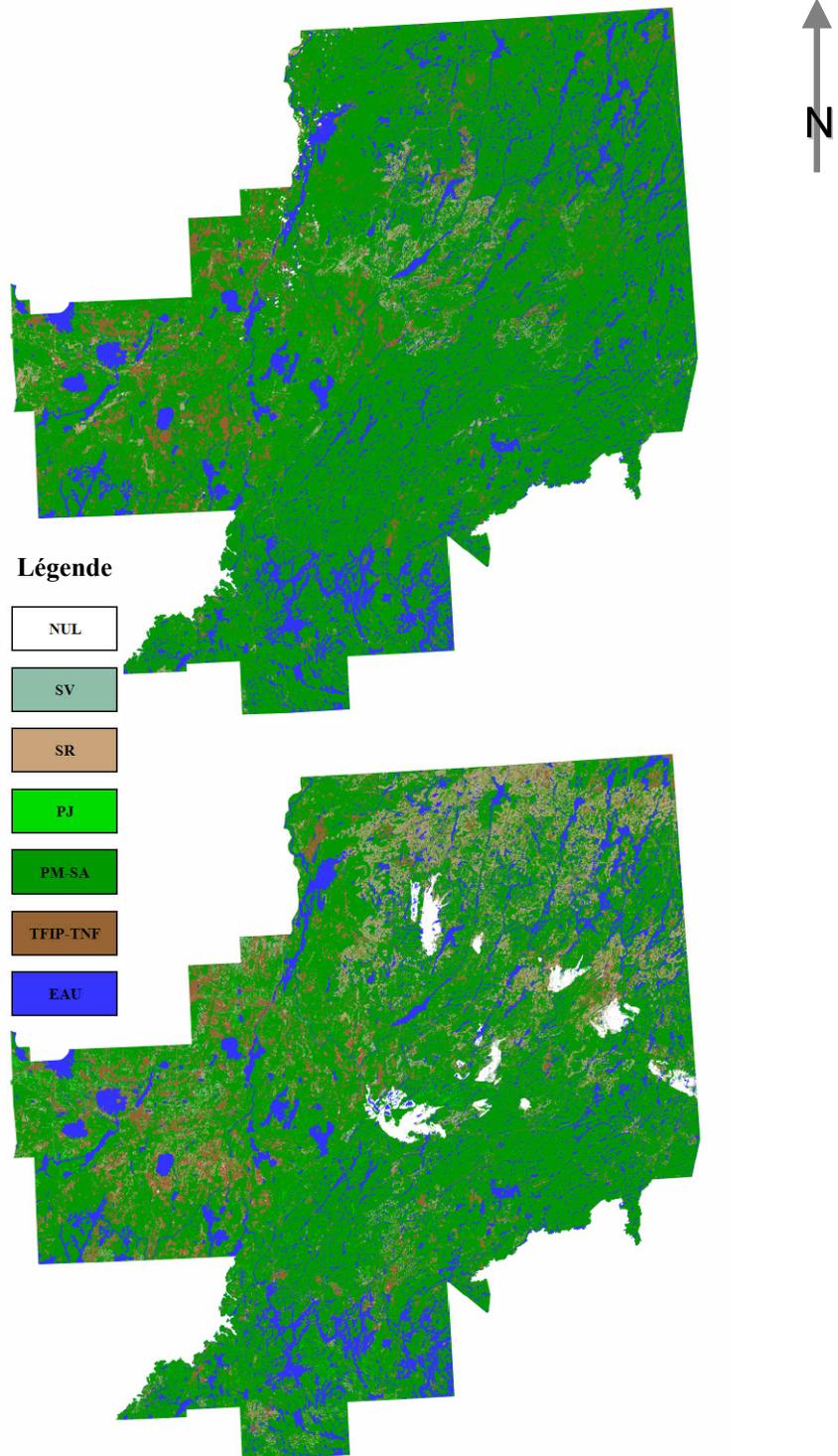


Figure 46. Carte thématique de l'évolution des stades de développements (indicateur 2) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de la Vallée-de-l'Or.

Indicateur 3

La MRC de la Vallée-de-l'Or a subi des changements importants avec une diminution du couvert résineux (CR) de 23%, soit près de 199 150 ha représentant 10% du territoire forestier productif (TFP) de cette MRC. Cette diminution est très visible dans la portion nord-est de la MRC (figure 47). C'est le couvert feuillu qui gagne du terrain au détriment des peuplements mélangés et résineux avec une augmentation de 91% en 2005 par rapport à 1985.

Il faut noter que pour cette portion du territoire, l'image de 2005 a été acquise à la fin de l'été et qu'un phénomène phénologique peut avoir joué un rôle⁴⁰. En d'autres termes, le changement de coloration du feuillage peut avoir contribué à augmenter la classe feuillue. De plus, des épidémies d'insectes au début des années 1980 (Jardon et al., 2003) peuvent également avoir contribué à accentuer ce phénomène. Ceci s'ajoute aux raisons mentionnées précédemment dans ce rapport et explique la montée du couvert feuillu. Toutefois, le degré de fiabilité des indicateurs tient compte de ce phénomène (voir section 4.2).

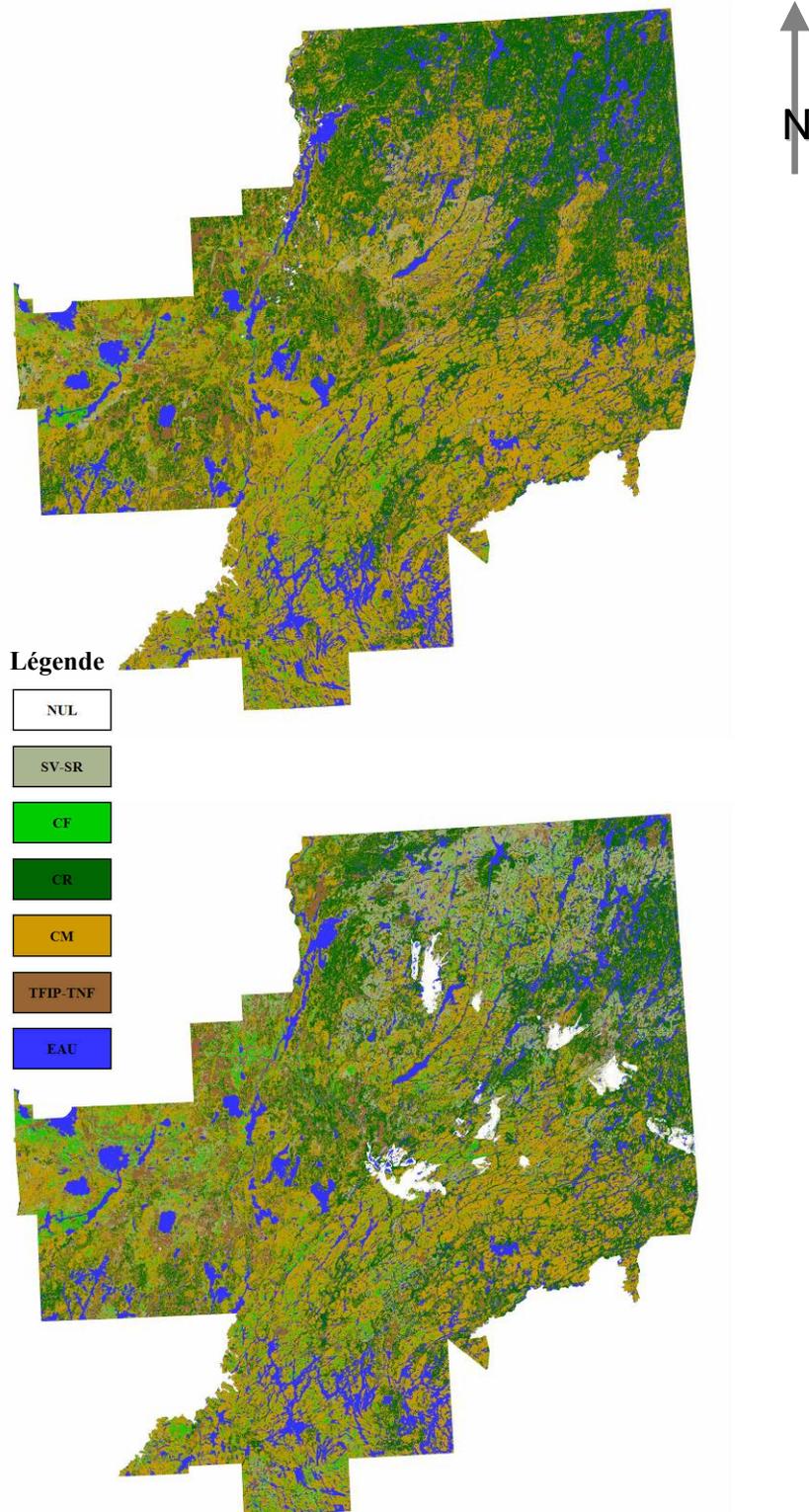


Figure 47. Carte thématique de l'évolution des types de couverts (indicateur 3) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de la Vallée-de-l'Or.

⁴⁰ Apparition d'événements périodiques par exemple la floraison, la feuillaison, la fructification, la coloration des feuilles des végétaux déterminée par les variations saisonnières du climat.

Indicateur 4

La pression exercée sur le territoire est aussi visible via l'augmentation des superficies en couverts ouverts (CO) à 51% et la diminution des superficies des couverts denses (CD) de près de 27% pour l'ensemble de la période. L'activité forestière peut expliquer en grande partie la diminution de la classe CD par une augmentation significative de la classe SV-SR (passant de moins de 3 % à plus de 10% en vingt ans). Cela n'est peut-être pas étranger à la diminution de la possibilité forestière annoncée pour cette portion du territoire par le chef forestier⁴¹. Cependant, des massifs de forêt dense (CD) sont visibles dans la partie plus au sud de la MRC (figure 48). Toutefois, ils sont pour la plupart composés de peuplements mélangés (figure 47).

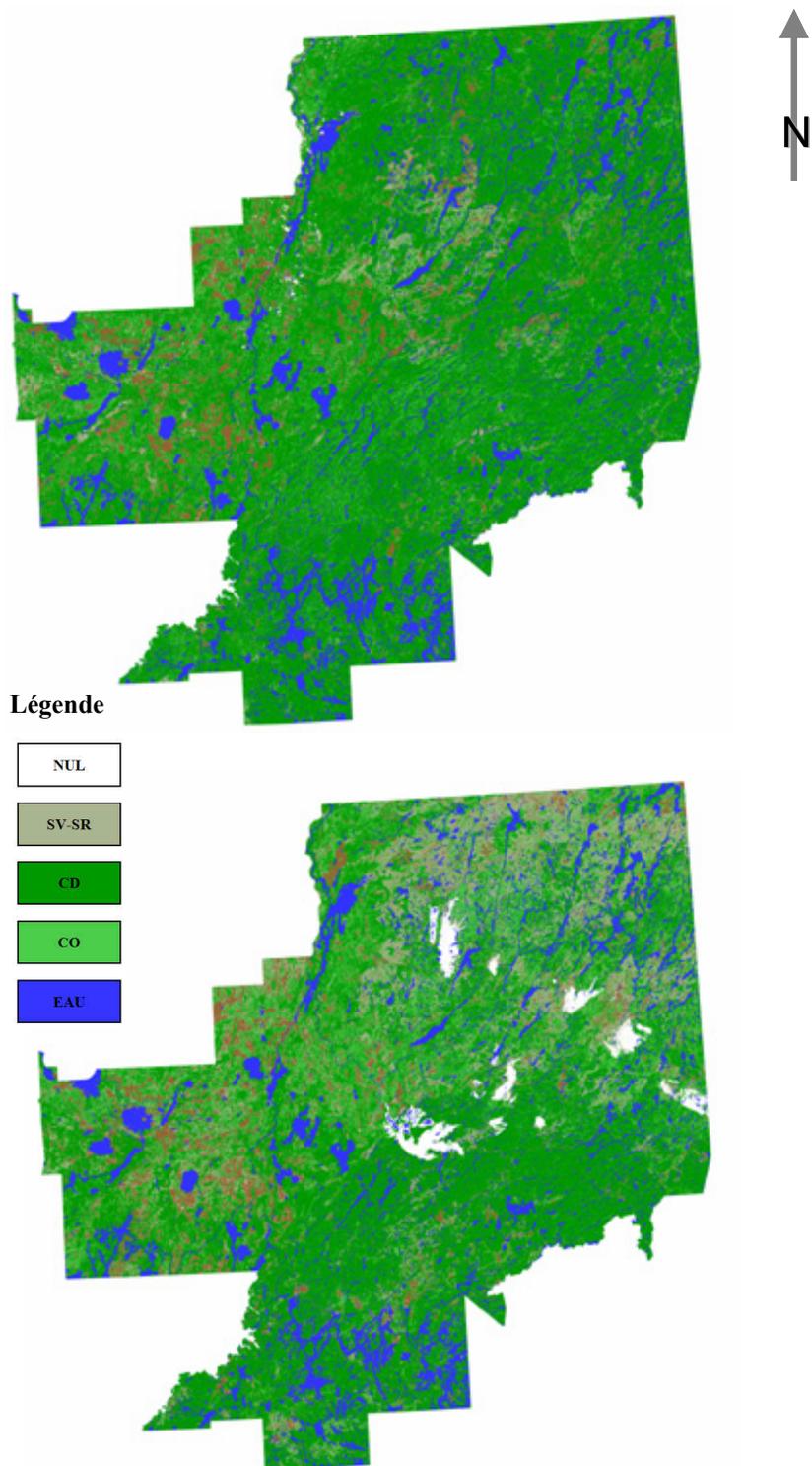


Figure 48. Carte thématique de l'évolution de la densité du couvert (indicateur 4) entre 1985 (en haut) et 2005 (en bas) dans la MRC de la Vallée-de-l'Or.

⁴¹ Chef forestier : <http://www.forestierenchef.gouv.qc.ca/resultats.asp>

SECTION 4 : CONSTAT GÉNÉRAL SUR L'ÉTAT DE LA FORÊT

4.1 Résultat global pour l'AT et mises en garde

LES BONNES NOUVELLES :

Pour l'ensemble des MRC, il n'y a pas eu de perte significative de territoire forestier productif. Globalement, cette diminution ne dépasse pas 1,2 %. Par contre, il est à noter que la MRC qui y contribue le plus est celle de la Vallée-de-l'Or (figure 49).

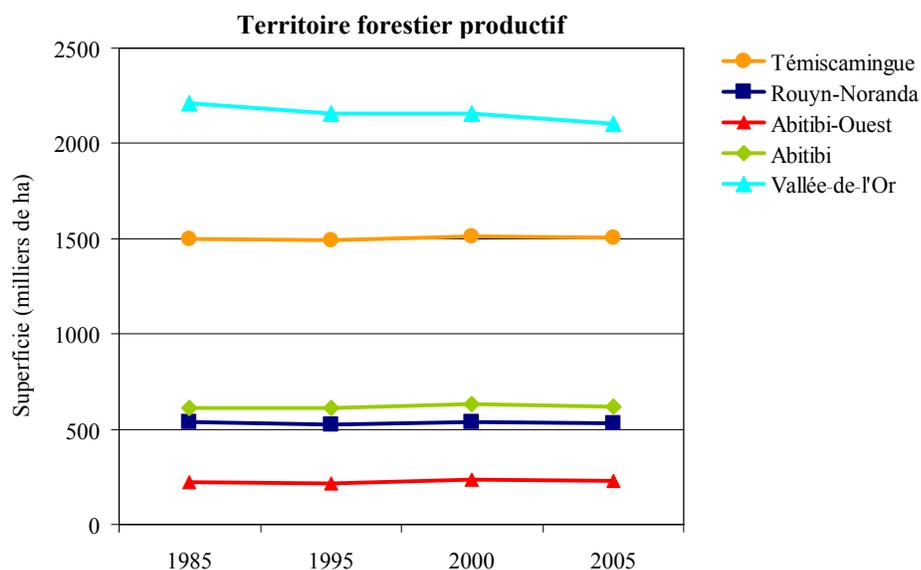


Figure 49. Territoire forestier productif (indicateur 1) par MRC, en 1985, 1995, 2000 et 2005.

LES TENDANCES À SURVEILLER:

De manière générale, le territoire forestier improductif (TFIP) reste stable avec une légère hausse pour l'ensemble des MRC. Toutefois, la MRC de la Vallée-de-l'Or contribue à cette hausse globale du TFIP compte tenu de sa taille et de son augmentation marquée dans le temps. En effet, elle représente 51 % de la superficie en TFIP du territoire de l'AT (figure 50).

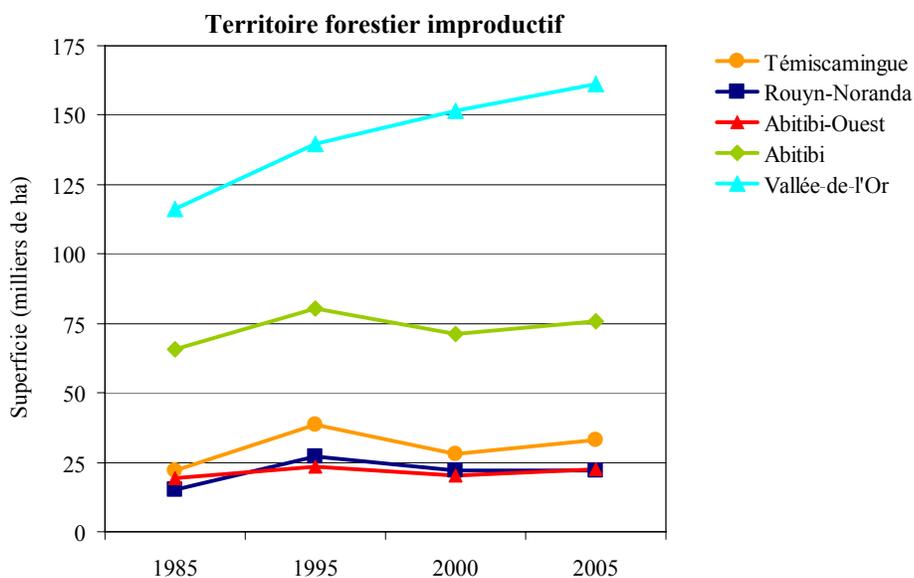


Figure 50. Territoire forestier improductif (indicateur 1) par MRC, en 1985, 1995, 2000 et 2005.

Le rajeunissement de la forêt peut sembler inquiétant mais pourrait sans doute s'expliquer en grande partie par l'activité humaine et par les perturbations naturelles. Même si dans l'ensemble des MRC cette variation n'apparaît pas très importante, c'est la MRC du Témiscamingue qui contribue le plus à la hausse de la proportion de peuplements jeunes (PJ). En effet, elle représente 46% de la surface totale en PJ par rapport à l'ensemble de la région de l'AT (figure 51). Cette forte tendance est aussi observée au niveau de la MRC de la Vallée-de-l'Or. Par contre, la MRC de l'Abitibi-Ouest ne semble pas trop affectée par le rajeunissement puisqu'une diminution de 66% est observée en 2005 par rapport à 1985.

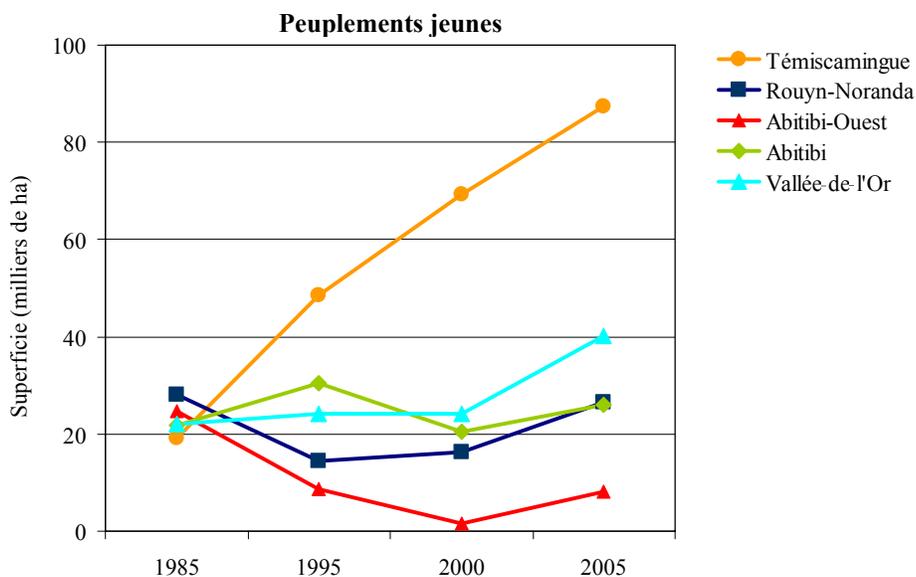


Figure 51. Couverture en peuplements jeunes par MRC (indicateur 2), en 1985, 1995, 2000 et 2005.

La proportion grandissante occupée par les forêts feuillues inquiète plusieurs aménagistes quant à l'évolution et au rajeunissement de la forêt à la suite d'interventions forestières et des perturbations naturelles. Tel que mentionné précédemment, l'augmentation est constante pour toutes les MRC et c'est la MRC du Témiscamingue qui a le plus fort impact avec 46 % de la surface dominée par le couvert feuillu en 2005 (figure 52).

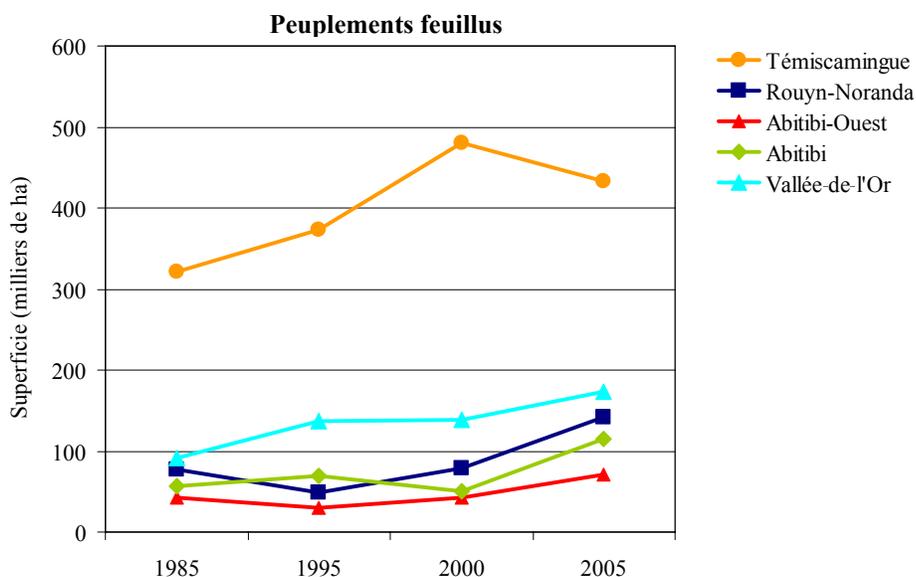


Figure 52. Couverture en peuplements feuillus (indicateur 3) par MRC, en 1985, 1995, 2000 et 2005.

Les peuplements résineux sont sans doute ceux qui subissent le plus de pression compte tenu du fait que les essences qui les composent soutiennent en grande partie l'industrie forestière dans la région. Dans l'ensemble, la baisse moyenne du couvert résineux atteint 26% en 20 ans (figure 53). C'est la MRC de la Vallée-de-l'Or qui a subi la plus forte diminution. Celle-ci peut s'expliquer par le fait que le niveau de récolte des résineux a augmenté pour atteindre près de 90 % des attributions de bois en forêt⁴² à la fin de 1995, comparativement à une moyenne de 81 % entre 1989 et 2004. À l'opposé, la pression est plus faible pour les peuplements feuillus car selon la même source, la récolte des essences feuillues est demeurée inférieure à 40 % des attributions pour la période 1989-2004 (à l'exception des années 2001 et 2002 où elle a atteint près de 58 %).

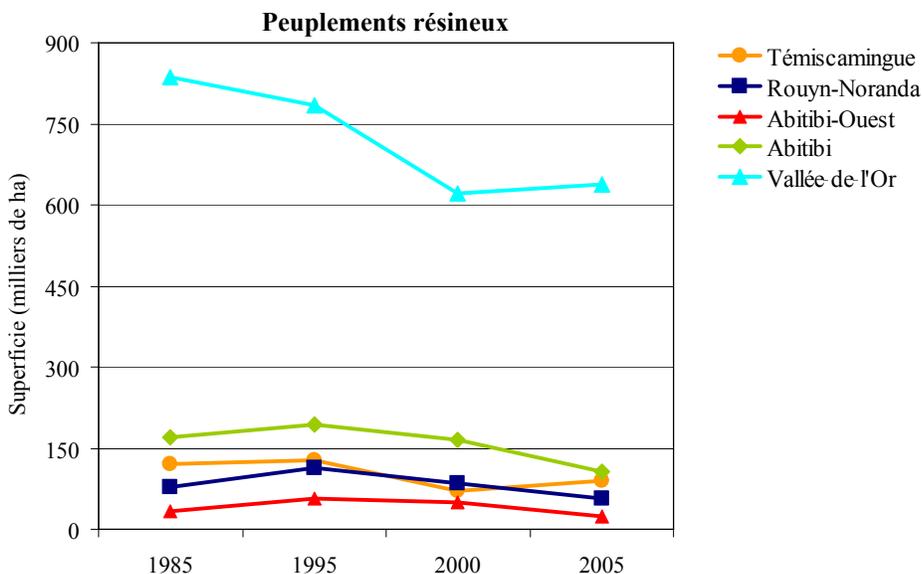


Figure 53. Couverture en peuplements résineux (indicateur 3) par MRC, en 1985, 1995, 2000 et 2005.

La pression pour la ressource est également perceptible au niveau des classes de couvert dense (CD) et ouvert (CO) pour l'ensemble des MRC (figure 54 et 55). Ainsi, on observe un éclaircissement du couvert sur l'ensemble du territoire. Toutefois, la MRC du Témiscamingue montre une tendance différente. En effet, on observe une augmentation importante du CD et une diminution du CO de 12 et 41% respectivement sur une période de 20 ans (Tableau 14). Cela peut être expliqué par le fait que cette MRC possède une proportion plus grande de territoire couvert par des peuplements mélangés et feuillus (69%) comparativement aux autres MRC.

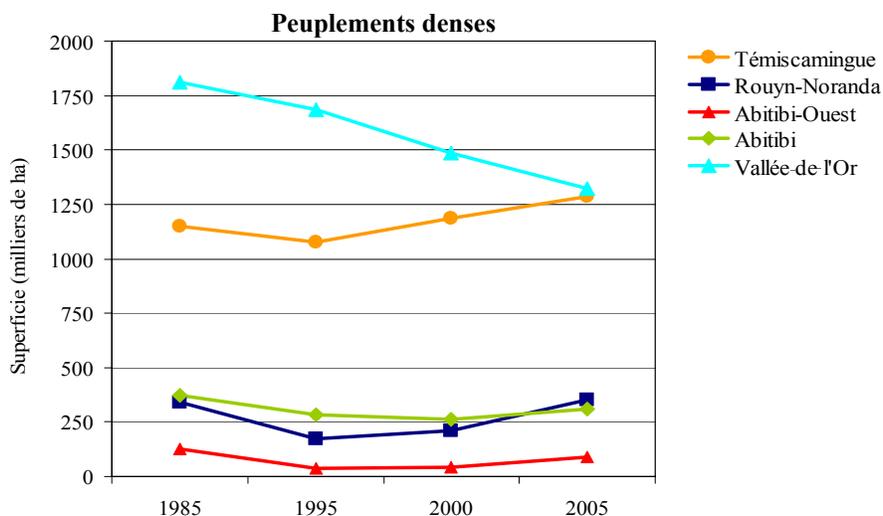


Figure 54. Couverture en peuplements denses par MRC, périodes 1985, 1995, 2000 et 2005.

⁴² MRN URL : <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/enligne/forets/criteres-indicateurs/5/531/public/impression.asp> consulté le 12 août 2008.

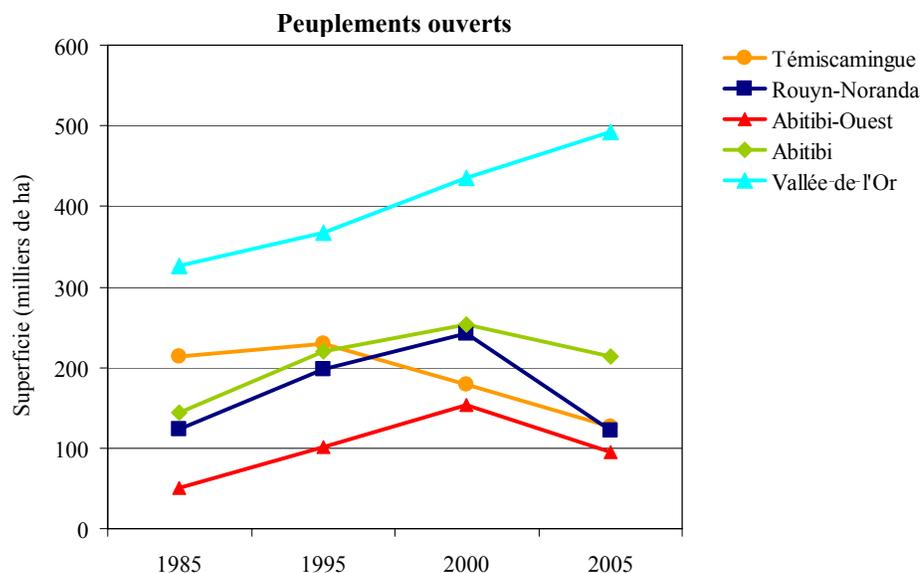


Figure 55. Couverture en peuplements ouverts par MRC, périodes 1985, 1995, 2000 et 2005.

4.2 Fiabilité des résultats

Dans ce vaste territoire, qui englobe trois grandes provinces naturelles avec un relief varié et qui subit des perturbations humaines et naturelles, très peu de méthodes aux coûts raisonnables sont disponibles pour rapporter avec exactitude l'état de la forêt. Aussi, les résultats obtenus ne doivent pas être utilisés sans tenir compte des erreurs inévitables générées par la méthode utilisée. Effectivement, plusieurs types d'erreurs peuvent s'introduire dans une telle analyse et peuvent être liées aux capteurs, aux méthodes de classification ou aux traitements des données. D'autres erreurs, tels les bruits occasionnés par les conditions atmosphériques ainsi que les erreurs de positionnement, peuvent influencer les résultats (voir annexe 2 pour les traitements et corrections utilisés). Afin de vérifier l'impact de ces facteurs, le taux de fiabilité des résultats ainsi que le niveau d'erreur en 2005 ont été calculés. Compte tenu de la qualité homogène des données et des traitements (algorithmes, modèles de terrain, manipulation, etc.), on peut s'attendre à ce que la fiabilité des données soit la même pour chaque période d'analyse. Nos analyses montrent que la fiabilité des données est du même ordre de grandeur pour l'année 2000. Pour les années 1985 et 1995, nous n'avons pas déterminé le niveau de fiabilité. Les différences, même moindres, peuvent être expliquées par l'absence de normalisation temporelle entre les mosaïques élaborées.

L'estimation de la fiabilité des indicateurs et des classes a été réalisée. Cependant, nous présentons les résultats par indicateur et ce, à deux échelles : la première au niveau régional (tableau 16) et la deuxième par MRC (tableau 17). À notre connaissance, peu d'études de cette nature abordent cette problématique et il en résulte que les données ne peuvent pas être interprétées correctement. En général, le niveau de fiabilité des données diminue au fur et à mesure que les classes (indicateurs) sont plus détaillées. En effet, l'indicateur 1 montre toujours un taux d'exactitude élevé (tableau 15 et 16) comparativement aux indicateurs 2, 3 et 4. Pour l'ensemble de la région de l'Abitibi-Témiscamingue et sur un total de 2480 sites vérifiés (496 par MRC), 309 sites (12%) ont présenté des erreurs de correspondance entre la classification et la réalité, ce qui correspond à un taux moyen d'exactitude de 89,11%. D'une part, l'analyse des résultats de la matrice de confusion montre que les classes TFIP et TPF-PERT sont celles qui contribuent le plus au taux d'erreur avec des taux moyens d'exactitude de près 34 et 25% respectivement. D'autre part, la classe TFP présente le taux d'exactitude le plus élevé avec près de 95%.

Pour la région du NQ et sur un total de 499 points vérifiés, 112 sites (22%) ont présenté des erreurs de correspondance entre la classification et la réalité, ce qui correspond à un taux moyen d'exactitude de près

85% pour l'ensemble des classes de l'indicateur 1. La classe TFP montre un taux d'exactitude avoisinant 80% alors que les classes TFIP et TPF-PERT affichent des taux d'exactitude de presque 74 et 38% respectivement.

À l'échelle régionale, l'indicateur 2 montre un taux d'exactitude plus élevé pour le NQ (72%) que celui de l'AT (68%). L'analyse détaillée des matrices de confusion montre que la classe PJ (2% pour l'AT et 8% pour le NQ) a contribué grandement au faible taux d'exactitude de l'indicateur 2. Il importe de mentionner que la classe des PM-SA montre des taux d'exactitude de 96 et 80% pour l'AT et le NQ respectivement.

L'indicateur 3 est celui qui présente le taux d'exactitude le plus bas, aussi bien pour l'AT (58%) que pour le NQ (65%). Dans le cas de la région de l'AT, les classes CF, CR et CM ont des taux d'exactitude d'environ 42, 57 et 78 % respectivement. Pour le NQ, ces mêmes classes montrent un taux d'exactitude d'environ 35, 58 et 72 % respectivement. Par leurs taux d'exactitude avoisinant 31% pour l'AT et 49% pour le NQ, les classes des surfaces végétalisées et régénérées (SV-SR) ont démontré un faible taux de précision pour cet indicateur. Ces mêmes classes (SV - SR) font aussi partie de l'indicateur 4 et implique que ce dernier présente le deuxième taux d'exactitude le plus bas comparativement aux 3 autres. Les classes CD et CO montrent des taux de près de 78 et 48% respectivement en AT. Pour le NQ, en terme d'exactitude de la classification de l'indicateur 4, les classes des couverts denses et ouverts présentent un taux d'exactitude de près de 66 et 77% respectivement.

Il importe de souligner que pour les fins de calculs des matrices de contingences, toutes les classes d'indicateurs ont été utilisées. L'exactitude globale de chaque indicateur pourrait être améliorée en incluant seulement les classes principales de chaque indicateur.

Tableau 16. Vérification de l'exactitude de la classification des indicateurs pour l'Abitibi-Témiscamingue et le Nord-du-Québec.

Indicateurs Régions	Précision globale (%)			
	Indicateur 1	Indicateur 2	Indicateur 3	Indicateur 4
Abitibi-Témiscamingue	89,11	67,92	58,27	60,12
Nord-du-Québec	84,79	71,67	65,42	70,83

Tableau 17. Vérification de l'exactitude de la classification des indicateurs pour les MRC de l'Abitibi-Témiscamingue.

MRC	Indicateurs	Précision globale (%)			
		Indicateur 1	Indicateur 2	Indicateur 3	Indicateur 4
Abitibi		83,33	62,6	57,38	58,23
Abitibi-Ouest		91,46	72,36	62,8	62,80
Rouyn-Noranda		93,7	73,58	60,57	65,24
Témiscamingue		96,31	76,84	62,3	61,48
Vallée-de-l'Or		90,64	69,15	61,49	62,77

SECTION 5 : CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'étude détaillée de nos résultats montre à quel point la forêt subit dans le temps les effets des perturbations naturelles et de l'action humaine. Les outils de télédétection que nous avons utilisés sont sensibles aux changements et performants pour évaluer l'état de santé de la forêt sur ce grand territoire. En résumé, nos quatre indicateurs (1- territoire forestier productif vs territoire non forestier; 2- stades de développement des peuplements forestiers; 3- types de couvert forestier et 4- densité des couverts forestiers) nous permettent d'affirmer qu'il y a un recul des forêts denses, une augmentation des forêts feuillues et un rajeunissement de la forêt très évident. Ceci nous démontre à quel point nous travaillons sur une ressource vivante qui possède une dynamique propre.

En effet, la forêt productive a perdu près de 3% de sa superficie au cours des 20 dernières années, soit près de 190 000 ha. L'augmentation du territoire improductif (ex : chemins forestiers, emprises et sentiers, extraction minière, gravières, etc.) et dans une moindre mesure l'augmentation du territoire non forestier (ex : agriculture) peuvent expliquer cette diminution.

Depuis 20 ans, la superficie des forêts matures a diminué d'un million d'hectares, soit de 19 % dans le Nord-du-Québec et de 7 % en Abitibi-Témiscamingue. Sur le territoire étudié, 81 % des forêts productives étaient des forêts matures en 2005. Les changements dans la pyramide des âges se font principalement au profit des superficies végétalisées après perturbation (incluant des semis) ainsi qu'au stade de régénération. Ces superficies ont augmenté de 82 % en 20 ans, soit une augmentation de 627 000 ha. La MRC de la Vallée-de-l'Or est celle qui a connu le rajeunissement le plus marqué de sa forêt, soit une diminution de 16 % de sa forêt mature. Par le fait même, la proportion de la forêt en régénération a augmenté de 270 %, soit 207 000 ha.

Dans cette même période, la forêt résineuse a connu une diminution de 1,1 million d'hectares en 20 ans, particulièrement dans le Nord-du-Québec. Pour l'Abitibi-Témiscamingue, c'est la MRC de la Vallée-de-l'Or qui a connu la plus forte diminution de sa forêt résineuse avec 200 000 ha, soit 24% de son couvert résineux. La réduction des superficies résineuses se fait au profit des essences feuillues (enfeuillage). En chiffres, l'analyse des images satellitaires a révélé que 1% des territoires du Nord-du-Québec étaient dominés par les feuillus en 1985 alors qu'ils représentaient 4% en 2005. Dans l'ensemble, on observe une augmentation de la superficie feuillue de 480 000 hectares dont 111 000 ha dans la seule MRC du Témiscamingue.

En 1985, la forêt dense dans le Nord-du-Québec occupait 31% du territoire alors qu'elle ne représente que 19 % en 2005. Le même recul s'observe, dans une moindre mesure, pour l'Abitibi-Témiscamingue qui voit sa forêt dense passer de 58 à 52% du territoire. Pour ces deux territoires, on parle d'une diminution de près d'un million d'hectares de forêt dense en 20 ans largement expliquée par les perturbations naturelles (feu, insectes) et la récolte forestière. C'est la Vallée-de-l'Or qui se démarque par la diminution du couvert dense (diminution de 27%, soit 483 166 ha) et l'augmentation du couvert ouvert la plus importante de l'Abitibi-Témiscamingue (augmentation de 51%, soit 166 600 ha).

Tous les chiffres présentés ici, malgré qu'on doive prendre en compte les incertitudes leur étant associées (60 % à 89%), ont de quoi en inquiéter plusieurs. Il reste maintenant à évaluer si ces changements et les changements futurs n'atteignent pas la capacité de cet écosystème à se régénérer et continuer d'offrir des biens et des services pour les générations actuelles et futures. En effet, plusieurs nouveaux défis attendent l'industrie forestière dans les années à venir. L'écosystème forestier est un système dynamique qui réagit aux pressions exercées par les différentes perturbations (humaines et naturelles) ayant cours sur le territoire. Les changements qui seront apportés au régime forestier et les nouvelles façons d'aménager la forêt (intégration de l'aménagement écosystémique) nécessitent tous des outils nous permettant d'évaluer l'état de santé de cet écosystème. Sans contredit, ces outils de suivi peuvent nous aider à mieux répondre aux préoccupations entourant les effets des changements climatiques. De la même manière, l'intérêt

manifesté par la population envers l'écosystème forestier justifie tous les efforts pouvant être consacrés à un tel suivi. Informer sur l'état de santé de la forêt et aider nos décideurs à améliorer leurs actions en conséquence est le but de toute démarche de suivi. Dans ce sens, un suivi réalisé avec les images satellitaires assorti avec des analyses plus poussées serait primordial afin de continuer à apporter des mesures additionnelles pour un suivi de l'état de santé de nos forêts à des intervalles appropriés.

RÉFÉRENCES

- Banko G. 1998. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data and of Methods Including Remote Sensing Data in Forest Inventory. INTERIM REPORT IR-98-081 / November 1998. International Institute for Applied Systems Analysis, 42 p.
- Beaubien, J., Chilar, J., Simard, G. and Lattifovic, R. (1999) Land cover from multiple thematic mapper scenes using a new enhancement-classification methodology. *Journal of Geophysical Research*, vol. 104, NO. D22, Pages 27 909-27 920, November 27, 1999.
- Beaubien, J., Latifovic, R., Cihlar, J., & Simard, G. (2000). Land Cover Classification of the BOREAS Transect Derived from Landsat Thematic Mapper Data. Project TE-16, A Contribution to BOREAS Follow-On Investigation. Canadian Forest Service and Canada Centre for Remote Sensing.
- Cauboue, M., Strong, W.L., Archambault, L., et Sims, R.A. 1996. Terminologie de la classification écologique des terres au Canada. Rapport d'information. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts-Québec, Sainte-Foy, Que. Inf. Rep.LAU-X-114E.
- Congalton, R. (1991) A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. *Remote Sensing of Environment*, 37:35-46.
- Centre de Ressources en Impacts et Adaptation au Climat et à ses Changements (CRIACC) – Températures moyennes entre 1951-2005, Station de Val d'Or. URL : http://www.criacc.qc.ca/climat/suivi/byebye05/yvo_f.html
- CRIQ, Répertoire des produits disponible au Québec 2000, dans MRN-secteur des forêts, Forêt Québec 2000. Stratégie de développement de l'industrie des produits forestiers en Abitibi – Témiscamingue- Profil et opportunités de développement, 36 p.
- Franklin, S.E., Lavigne, M.B., Wulder, M.A., et Stenhouse, G.B. 2002. Change detection and Landscape structure mapping using remote sensing. *The Forestry Chronicle* 78 (5): 618-625.
- Jardon, Y., Morin, H., et Dutilleul, P. 2003. Périodicité et synchronisme des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec. *Canadian Journal of Forest Research* 33: 1947–1961.
- Laquerre, S. 2007. Analyses multi-échelles du phénomène d'enfeuillement du couvert forestier de la région de l'Abitibi. Mémoire de maîtrise, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, 99 pages.
- Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, 2004. Portrait forestier des régions de l'Abitibi-Témiscamingue et du nord-du-Québec. Document d'information sur la gestion de la forêt publique Préparé par le ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des parcs Direction régionale de l'Abitibi-Témiscamingue et du Nord-du-Québec Pour l'usage de la Commission d'étude scientifique, technique, publique et indépendante chargée d'examiner la gestion des forêts du domaine de l'État, 79 p. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/forets/portraits-forestiers/PortraitForestier08-10.pdf>.
- Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, 2002. Rapport sur l'état des forêts québécoises 1995-1999, nos forêts, 276 p. (Consulté le 2/12/2006) <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/forets/quebec/Rapport-synt.pdf>.
- Sachs, D. L., Sollins, P., et Cohen, W.B. 1998. Detecting Landscape changes in the interior of British Columbia from 1975 to 1992 using satellite imagery. *Canadian Journal of Forest Research* 28: 23-36.

ANNEXE 1: Source des données

Les différentes caractéristiques des images utilisées dans cette étude sont présentées au tableau 18. Chaque image satellite est composée de plusieurs bandes spectrales qui peuvent être différemment combinées suivant les besoins des analyses. Dans notre cas, la composition colorée utilisée (453) est créée en affichant la bande 4 en rouge, la bande 5 en vert et la bande 3 en bleue. Cette combinaison est couramment utilisée pour contraster les différents types de végétations. En plus des images Landsat, nous avons utilisé des données de sources variées, notamment des cartes d'utilisation du sol, un modèle numérique d'altitude (MNA), des photos aériennes géoréférencées Geo-3D pour des fins de validations et une couche vectorielle des limites des MRC.

Tableau 18. Caractéristiques des capteurs Landsat 5 TM et Landsat 7 ETM+

Superficie couverte par chaque image : 185 x 185 km		
Bande spectrale	Résolution spectrale (μm)	Résolution spatiale (m)
Bande 1 (bleu)	0,45 – 0,52	30
Bande 2 (vert)	0,52 – 0,60	30
Bande 3 (rouge)	0,63 – 0,69	30
Bande 4 (IR)	0,76 – 0,90	30
Bande 5 (IR)	1,55 – 1,75	30

ANNEXE 2: Méthode de classification des images

Les différentes étapes méthodologiques appliquées aux images Landsat de cette étude comprennent : l'obtention et la lecture de l'ensemble des images brutes; l'ortho-rectification des images; les corrections radiométriques des images; la normalisation entre les images afin d'obtenir le même type de contraste dans tout le territoire; la création d'une mosaïque de l'ensemble des images couvrant le territoire à l'étude; le rehaussement de la mosaïque; la classification des images selon la méthode ECM; l'extraction des indicateurs à partir de la classification précédente; la validation de l'ensemble des classes obtenues et des indicateurs à l'aide des photos géoréférencées et enfin l'élaboration des produits finaux (figure 56).

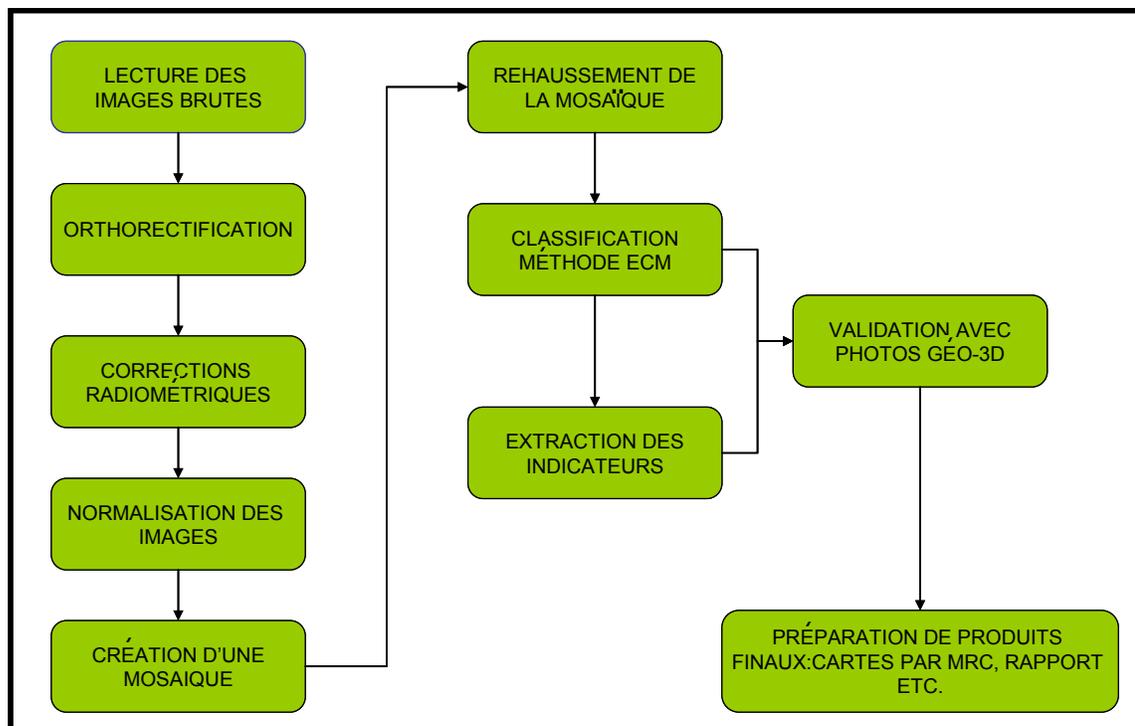


Figure 56. Schématisation des diverses étapes méthodologique des traitements d'images

ÉTAPES MÉTHODOLOGIQUES

La méthodologie décrite ci-après comporte deux étapes principales: 1) les corrections radiométrique, atmosphérique et géométrique des images et 2) la classification des images suivies par la validation des résultats. Les traitements numériques des images satellitaires ont été réalisés sur des ordinateurs puissants, installés aux locaux de l'UQAT et du SCF-CFL. Le logiciel utilisé pour le traitement des images est le système Geomatica de la compagnie canadienne PCI⁴³.

CORRECTIONS DES IMAGES

Toutes les images Landsat utilisées dans cette étude ont fait l'objet d'un ensemble de corrections afin de minimiser les variations causées par les conditions radiométriques, atmosphériques et géométriques, de sorte que les différences provenant de leur comparaison puissent être associées à de réels changements d'état du territoire et non à des artefacts liés aux images.

⁴³ Voir : <http://www.pcigeomatics.com/>

CORRECTIONS GÉOMÉTRIQUES

Pour chacune des images Landsat utilisées dans cette étude, des corrections géométriques des distorsions systématiques causées par les conditions de prise de vue (calibrage des capteurs, courbure et la rotation de la terre, les variations d'altitude du satellite etc.), ont été appliquées aux différentes images. Ces corrections consistent à orthorectifier les images selon le système de projection NAD 1983 UTM zone 17 à l'aide d'une image géoréférencée et d'un fichier MNA⁴⁴. Le but de cette correction est de rendre les images superposables entre elles.

CORRECTIONS ATMOSPHÉRIQUES

Bien que la qualité radiométrique de la majorité des images utilisées soit relativement optimale, les données sont affectées par certaines conditions atmosphériques causées essentiellement par le décalage temporel dans l'acquisition des images. C'est pour minimiser ces effets qu'une normalisation image à image a été appliquée aux différentes scènes⁴⁵ de chaque période. En effet, une image de référence a été sélectionnée pour corriger les autres scènes de la même période. De qualité radiométrique optimale, l'image de référence devait avoir une date d'acquisition se situant autour du mois de juillet ou août, ce qui correspond à la période où la végétation est au summum de son développement.

CORRECTIONS RADIOMÉTRIQUES

Le but principal de la correction radiométrique des images Landsat est de convertir les valeurs numériques (digital number) en valeurs physiques (radiance ou réflectance au dessus de l'atmosphère) en utilisant le gain et l'offset.

MOSAÏQUE DES DONNÉES

Les scènes provenant de chaque période ont été assemblées de façon numérique en une seule mosaïque. L'assemblage a été effectué de sorte que la ligne de suture entre les images soit invisible dans la région de superposition des scènes. Pour ce faire, il a fallu d'abord procéder à une normalisation des scènes entre elles pour prévenir l'aspect tacheté de la mosaïque et puis amener toutes les scènes à une projection cartographique commune. Finalement, les quatre mosaïques ont été normalisées entre elles en utilisant la mosaïque 2000 comme référence. Cette mosaïque a été utilisée à titre de référence car elle a fait l'objet d'une évaluation soignée par plusieurs équipes au CFL.

APPLICATION DES MASQUES

L'application des masques permet d'exclure une partie de l'image des traitements tout en conservant intacte l'autre partie. Ainsi, des masques ont été utilisés pour (1) éliminer les zones à l'extérieur des MRC et les zones géographiques qui n'ont aucun intérêt pour la classification tel que le contour noir des images, (2) permettre l'extraction des données statistiques des classes et de leur pourcentage d'occurrence dans chaque MRC (3) effectuer la normalisation des images et des mosaïques entre elles et (4) pour détecter les modifications du territoire associées avec les pratiques de récoltes de bois et des feux qui ont eu lieu entre 2000 et 2005. Concrètement, des masques de changements ont été générés en se basant sur les valeurs spectrales de la bande 5 (B5), sensibles entre autre au stress de la végétation, de la façon suivante : (i) on soustrait B5 2005 - B5 2000 et (ii) à partir de l'histogramme de différences, il a fallu trouver un seuil qui permettait de générer un masque de différences positives (donc perte de végétation). Autrement dit, quand il y a perte de biomasse, la réflectance spectrale augmente, ce qui permet de détecter facilement la présence de feux et des coupes et finalement (iii) un filtre modal⁴⁶ (3 x 3) a été appliqué sur le masque de changement pour éliminer les variations détectées dans les chemins forestiers.

⁴⁴ Modèle numérique d'altitude

⁴⁵ Scènes est utilisé tant que synonyme de images

⁴⁶ Un filtre modal consiste à attribuer l'information prédominante parmi les pixels à l'ensemble du filtre, dans ce cas-ci à 9 pixels.

ANNEXE 3: Légende représentant les 48 classes thématiques utilisées

Tableau 19. Légende OTDD détaillée des 48 classes utilisées pour construire les indicateurs

Index des classes détaillées 48 classes	Classes détaillées	Description générale des classes de la légende à 52 classes	Couleur des classes détaillées 52 classes (code RGB)
0	Absence de données	Surfaces non classifiées	0 0 0
1	Ombre	Zones d'ombrage créées par les nuages et les reliefs escarpés en régions montagneuses	51 51 51
2	Nuages	Nuages et voiles atmosphériques	255 255 255
3	Neige/glace	Glacier et neige	252 47 253
4	Affleurement rocheux/débris	Substratum rocheux, talus, champ de blocs, dépôts miniers, coulée de lave	66 239 238
5	Surface dénudée	Sédiments de rivières, sols nus, sédiments de lacs ou de marais, rives de réservoirs, plages, amas de billots, zones de brûlis, routes, sédiments de vase, rives, moraines, amoncellements de gravier, résidus, surfaces de chemin de fer, bâtiments et aires de stationnement, ou autres surfaces non végétalisées	53 208 210
6	Urbain	Territoire comprenant les agglomérations urbaines et les villages en milieu rural	102 168 255
7	Brûlis	Territoire ayant subi le passage d'un feu et qui n'est pas encore régénéré	29 179 138
8	Coupes	Superficie de terrain forestier ayant subi une coupe et un prélèvement des arbres marchands	58 247 237
9	Eau	Lacs, réservoirs, rivières, rapides ou eau salée.	5 5 5
10	Grands arbustes	Au moins 20 % du territoire couvert d'au moins un tiers d'arbustes dont la hauteur moyenne est supérieure ou égale à 2 mètres	249 175 92
11	Régénération résineuse	Jeune à très jeune peuplement forestier dominé par le résineux qui résulte d'une perturbation naturelle ou anthropique	199 91 75
12	Régénération feuillus	Jeune à très jeune peuplement forestier dominé par le feuillu qui résulte d'une perturbation naturelle ou anthropique	212 211 155
13	Régénération mélangée	Jeune à très jeune peuplement forestier dominé par une jeune forêt mélangée qui résulte d'une perturbation naturelle ou anthropique	192 190 128
14	Petits arbustes	Au moins 20 % du territoire couvert d'au moins d'arbustes et dont la hauteur moyenne est inférieure à 2 mètres	178 152 120
15	Brûlis végétalisés	Essences et arbustes pionniers qui s'installent après la perturbation (feu) dont la hauteur ne dépasse pas 1 mètre	91 174 147
16	Coupes végétalisées	Essences et arbustes pionniers qui s'installent après la perturbation (coupe) et dont la hauteur ne dépasse pas 1 mètre	152 206 189
47	Lande à arbustes et roc	Surface ayant moins de 10 % de densité, où les arbustes et le roc sont en dominance	183 170 158
17	Agriculture	Territoire aménagé dans le but de produire des cultures annuelles	255 140 105

18	Herbe	Plantes vasculaires sans tige de bois (gazon, cultures pérennes, pâturages, friches, prairies de foin, plantes herbacées, dicotylédones, graminées); minimum de 20 % de couverture, ou le tiers de la végétation doit être de l'herbe	255 172 85
19	Lichen	Bryophytes (mousses, hépatiques et anthocerothées) et lichen (foliacé et fruticuleux; non crustacé); minimum de 20 % du territoire couvert ou le tiers de la végétation totale doit être composé de mousse ou lichen	218 196 228
20	Mousse		193 135 150
21	Lande alpine		255 185 15
22	Milieux humides boisés	La nappe phréatique demeure près ou au-dessus de la surface du sol assez longtemps pour induire des processus liés aux milieux aquatiques ou humides; la majeure partie de la végétation est arborée (coniférienne, feuillue ou mélangée)	143 121 129
23	Milieux humides arbustifs	La nappe phréatique demeure près ou au-dessus de la surface du sol assez longtemps pour induire des processus liés aux milieux aquatiques ou humides; la majeure partie de la végétation se compose d'arbustes et d'arbrisseaux de taille basse ou moyenne	189 117 147
24	Milieux humides herbacés	La nappe phréatique demeure près ou au-dessus de la surface du sol assez longtemps pour induire des processus liés aux milieux aquatiques ou humides; la majeure partie de la végétation est herbacée	237 117 188
25	Vieux résineux dense	Densité du couvert supérieure à 60 %; le peuplement résineux occupe 75 % ou plus de la surface	49 62 72
26	Jeunes résineux dense	Jeune peuplement résineux (souvent composé de sapin baumier)	125 36 42
27	Résineux moyen à fond de mousse	Densité de 40 à 60 %; les résineux occupent 75 % ou plus de la surface. Le fond de terrain est dominé par la mousse et/ou les éricacées	88 100 72
28	Résineux moyen à fond de lichen	Densité de 40 à 60 %; les résineux occupent 75 % ou plus de la surface. Le fond de terrain est dominé par le lichen	112 100 138
29	Résineux ouvert à fond de lichen	Densité de 25 à 40 %; les résineux occupent 75 % ou plus de la surface. Le fond de terrain est dominé par le lichen	89 103 155
30	Résineux ouvert à fond de mousse	Densité de 25 à 40 %; les résineux occupent 75 % ou plus de la surface. Le fond de terrain est dominé par la mousse et/ou les éricacées	104 92 54
46	Insectes ou mortalité	Plus de 75 % de la superficie est affectée par une perturbation majeure	64 186 163
31	Lande boisée résineuse à fond de lichen	Densité de 10 à 25 %; les résineux occupent 75 % ou plus de la surface. Le fond de terrain est dominé par le lichen	115 121 196
32	Lande boisée résineuse à fond de mousse	Densité de 10 à 25 %; les résineux occupent 75 % ou plus de la surface. Le fond de terrain est dominé par la mousse	117 108 120
45	Lande boisée résineuse à fond d'arbustes	Densité de 10 à 25 %; les résineux occupent 75 % ou plus de la surface. Le fond de terrain est dominé par les grands arbustes	179 84 90
33	Feuillu dense	Densité du couvert supérieur à 60 %; le peuplement feuillu occupe 75 % ou plus de la surface	213 122 42

48	Jeune feuillu dense	Densité du couvert supérieur à 60 %; les peuplements feuillus occupent 75 % et plus de la surface. Les feuillus jeunes se trouvent souvent après des perturbations (coupes, friches et feu)	254 177 98
34	Feuillu ouvert	Densité de 26 à 60 %; les feuillus occupent moins de 75 % de la surface	207 169 69
35	Feuillu clairsemé	Densité de 10 à 25 %; les feuillus occupent 75 % ou plus de la surface	255 228 196
36	Mélangé dense à tendance feuillue	Densité supérieure à 60 %; ni les résineux ni les feuillus ne comptent pour plus de 75 % de la surface. Ces peuplements sont dominés par les feuillus	183 139 31
37	Mélangé dense à tendance résineuse	Densité supérieure à 60 %; ni les résineux ni les feuillus ne comptent pour plus de 75 % de la surface. Ces peuplements sont dominés par les résineux	134 66 52
38	Mélangé dense à tendance feuillue/résineuse	Densité supérieure à 60 %; ni les résineux ni les feuillus ne comptent pour plus de 75 % de la surface. Aucun des deux peuplements ne domine	150 103 74
39	Mélangé ouvert à tendance feuillue	Densité de 26 à 60 %; ni les résineux ni les feuillus ne comptent pour plus de 75 % de la surface. Ces peuplements sont dominés par les feuillus	112 129 53
40	Mélangé ouvert à tendance résineuse	Densité de 26 à 60 %; ni les résineux ni les feuillus ne comptent pour plus de 75 % de la surface. Ces peuplements sont dominés par les résineux	140 80 76
41	Mélangé ouvert à tendance feuillue/résineuse	Densité de 26 à 60 %; ni les résineux ni les feuillus ne comptent pour plus de 75 % de la surface. Aucun des deux peuplements ne domine	197 106 106
42	Mélangé clairsemé à tendance feuillue	Densité de 10 à 25 %; ni les résineux ni les feuillus ne comptent pour plus de 75 % de la surface. Ces peuplements sont dominés par les feuillus	147 158 85
43	Mélangé clairsemé à tendance résineuse	Densité de 10 à 25 %; ni les résineux ni les feuillus ne comptent pour plus de 75 % de la surface. Ces peuplements sont dominés par les résineux	143 164 144
44	Mélangé clairsemé à tendance feuillue/résineuse	Densité de 10 à 25 %; ni les résineux ni les feuillus ne comptent pour plus de 75 % de la surface. Aucun des deux peuplements ne domine	131 164 144

ANNEXE 4: Description du calcul de la précision

La matrice de confusion utilisée permet d'effectuer une comparaison statistique en terme de rapprochement entre les résultats de la photo-interprétation (carte de référence) et les résultats de l'image classifiée. Le tableau 20 montre un exemple de matrice de confusion où les données en colonnes et en lignes représentent les valeurs de la photo-interprétation et celles de l'image satellitaire respectivement. Les données dans la diagonale principale de la matrice indiquent les pixels qui sont correctement classifiés. Une mesure de base de la matrice est l'exactitude globale (*overall accuracy*), qui est calculée en divisant le nombre des pixels correctement classifiés (somme des valeurs de la diagonale principale) par le total des pixels vérifiés. En plus de l'exactitude globale, la précision de différentes classes individuelles peut être calculée selon deux approches: l'exactitude de l'utilisateur (*user's accuracy*) et l'exactitude du producteur (*producer's accuracy*) (Banko, 1998).

L'exactitude du producteur est le pourcentage de pixels bien classifiés par site de référence (diagonale/total de référence) alors que l'exactitude de l'utilisateur est le pourcentage de pixels bien classifiés par classes validées (diagonale/total de la classe). Un exemple tiré de Congalton (1991) au tableau 20 permet d'expliquer les différents points de vue. Pour le producteur, 81,9 % des pixels ont été bien classifiés parmi les pixels de référence de cette classe. Donc il y a 7,1% d'omission (pixels qui devaient être identifiés dans cette classe). Dans le cas de l'utilisateur, 87,2% des pixels de la classe classifiée correspondent à l'information de référence identifiée au sol (interprétation des photos aériennes), ce qui signifie qu'il y a 12,8% de commission (ex. pixels d'une classe qui se retrouvent dans d'autres sites de référence de validation).

Dans le présent rapport, nous avons utilisé la valeur d'exactitude du producteur qui indique, pour chaque point de validation de référence, les pixels bien classifiés.

Tableau 20. Exemple de matrice de confusion⁴⁷.

		Données de référence (photo-interprétation)				Σ	Exactitude de l'utilisateur
		F	U	R	E		
Image satellitaire classifiée	Forêt (F)	68	7	3	0	78	87,2%
	Urbain (U)	12	112	15	10	149	75,2%
	Roc (R)	3	9	89	0	101	88,1%
	Eau (E)	0	2	5	56	63	88,9%
Σ		83	130	112	66	391	
Exactitude du producteur		81,9%	86,2%	79,5%	84,8%	Exactitude globale = 84%	

⁴⁷ Source : tableau modifié d'après Congalton (1991).