

# Suivi écohydrologique des tourbières du bassin versant de la rivière La Grande à l'aide de télédétection



Maria Dissanska (doctorante, INRS-ETE)  
Karem Chokmani (professeur, INRS-ETE)  
Monique Bernier (professeure, INRS-ETE)  
Michelle Garneau (professeure, UQÀM)  
Serge Payette (professeur, U. LAVAL)  
Alain N. Rousseau (professeur, INRS-ETE)

76e Congrès de l'Acfas, 5-9 mai 2008

# Introduction

- *Les tourbières occupent environ 20% de la superficie du Complexe La Grande;*
- Leur répartition spatiale ainsi que leur contribution à l'alimentation des réservoirs du complexe hydroélectrique demeurent méconnus.
- *Rôle essentiel environnemental, mais leur réponse aux changements climatiques restent méconnus à l'échelle régionale;*

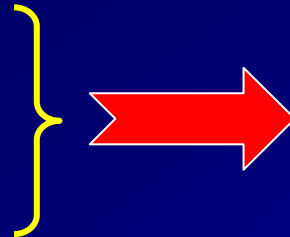
# Objectifs

- Cartographier et quantifier l'étendue des deux principaux types de tourbières (Bog, Fen) rencontrés dans le Complexe La Grande
- Étudier la connectivité des tourbières boréales au réseau hydrographique
- Établir l'évolution de la structure spatiale des tourbières du Complexe La Grande depuis cinquante ans en fonction des changements climatiques récents.

# Méthodologie

## ➤ Tourbières:

vastes superficies  
éloignement  
difficulté d'accès



Télédétection - l'outil  
le plus approprié  
pour la cartographie  
et la caractérisation  
de ces écosystèmes

## ➤ Imagerie Landsat-ETM+ (objectives 1 et 2):

- 6 bandes (VIS, PIR, IRM): 30 m
- 1 bande panchromatique: 15 m
- Information multispectrale: séparabilité entre bog et fen
- Résolution spatiale acceptable (15-30 m): structure des tourbières
- Couverture spatiale acceptable (180 km)

## ➤ Images panchromatiques QuickBird (2003, résolution 0.60 m)

## ➤ Photos aériennes historique (1957, résolution 0.84 m)

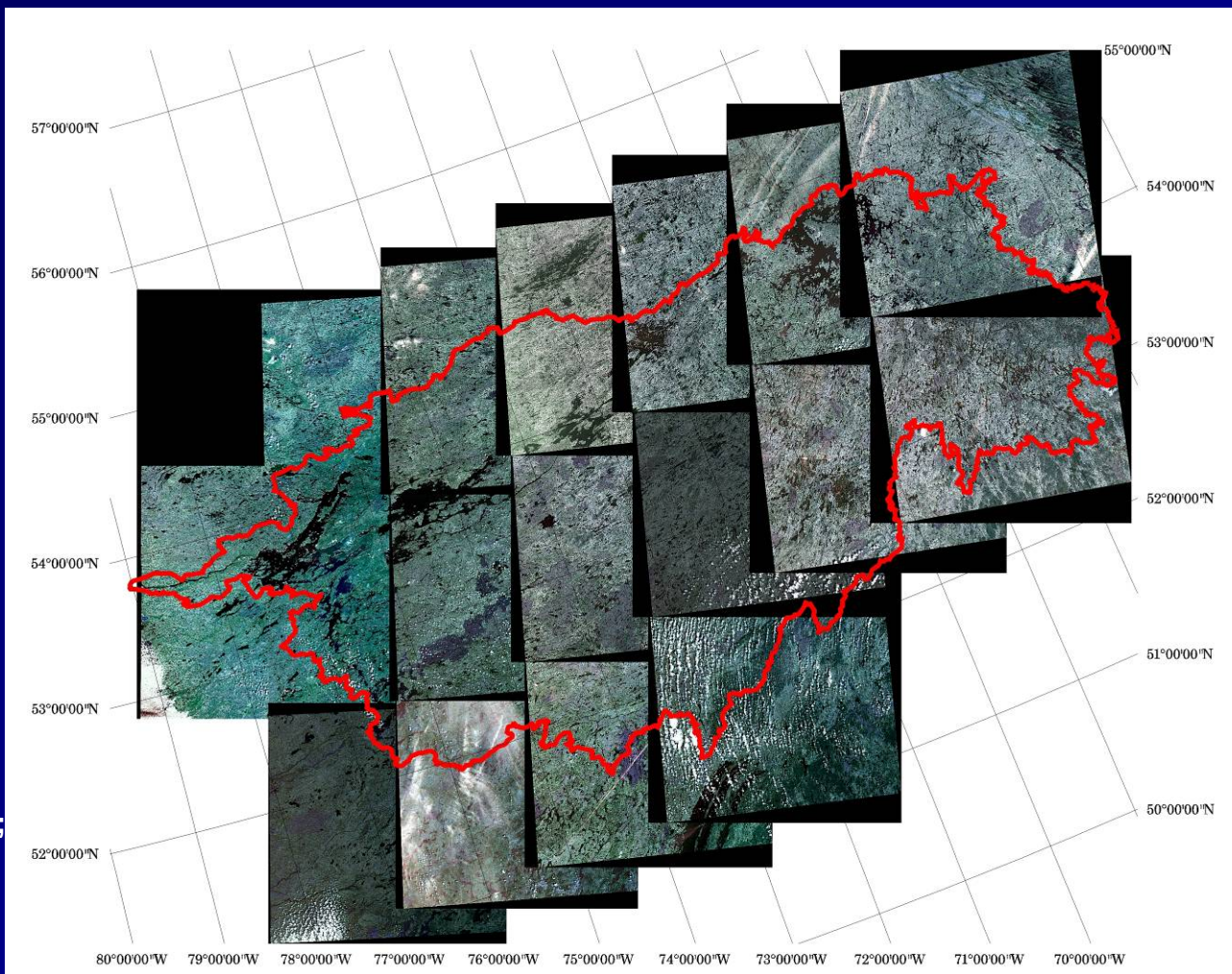
# Données images pour l'ensemble du bassin

➤ 18 images  
Landsat-ETM+  
:2000-2002

- 14 Juillet-Août
- 1 mai
- 2 juin
- 1 septembre

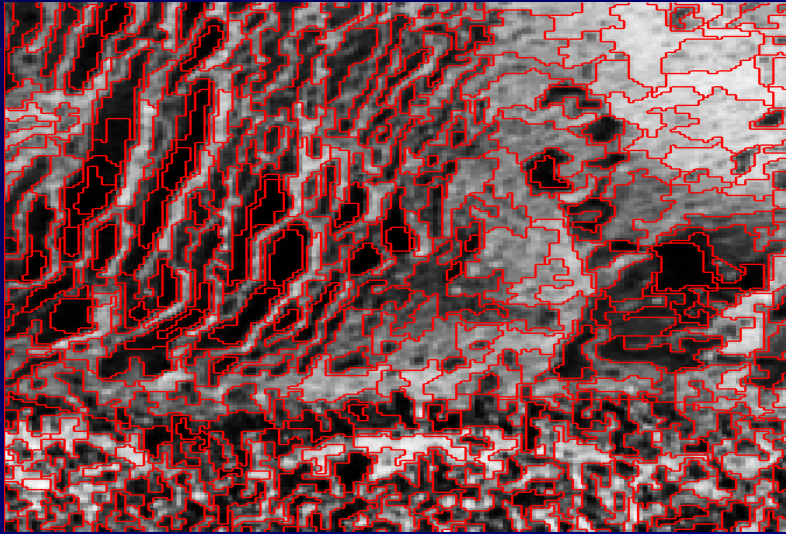
Conditions propices au  
développement de tourbières:

- relief relativement plat;
- dépôts de surface imperméable;
- climat froid;
- saison de croissance courte.



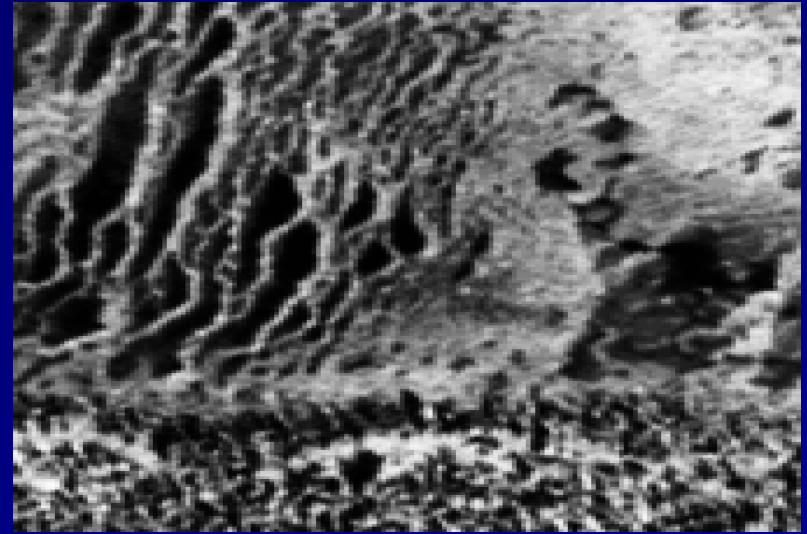
# Méthodologie: Approche orientée objet

## Objets vs. Pixels



### Objet attributs:

- Couleur
- Forme
- Superficie/Dimensions
- Texture
- Contexte

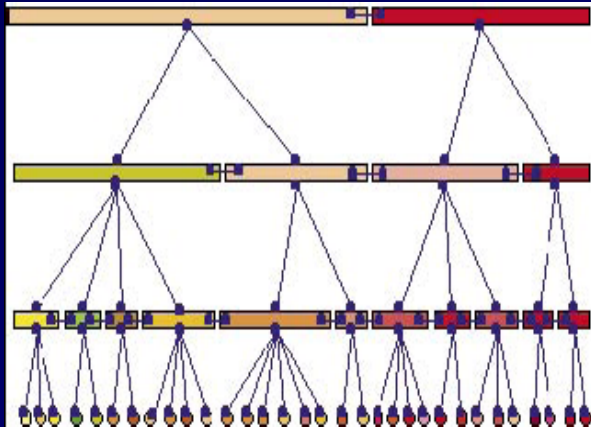


### Pixel attributs:

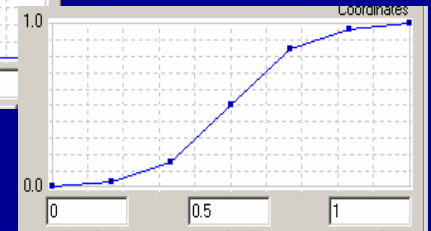
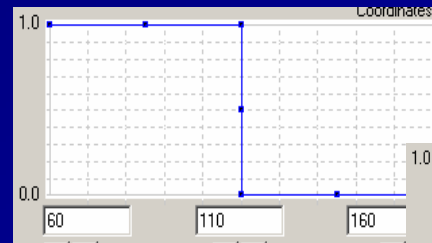
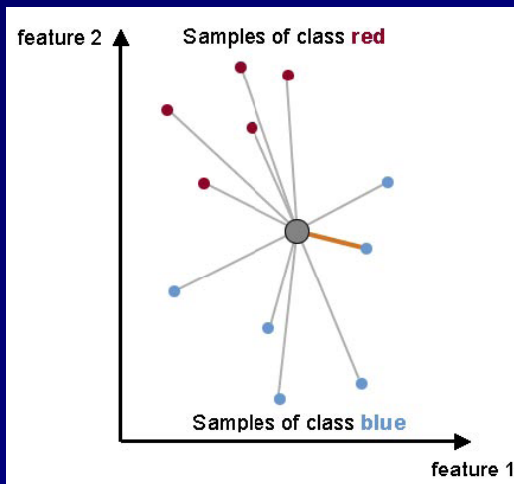
- Couleur

# Méthodologie: Approche orientée objet

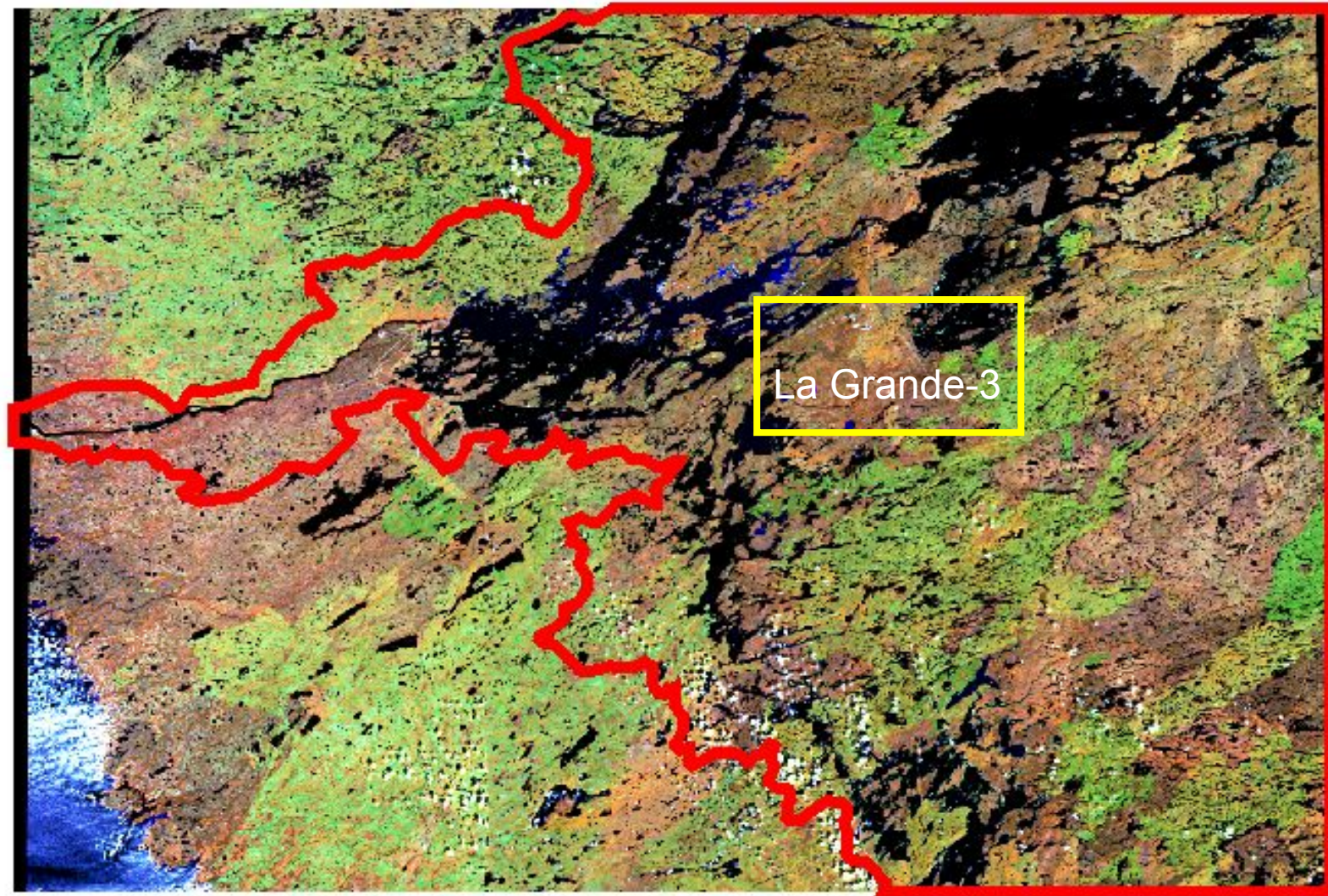
(Definiens Professional<sup>®</sup>)



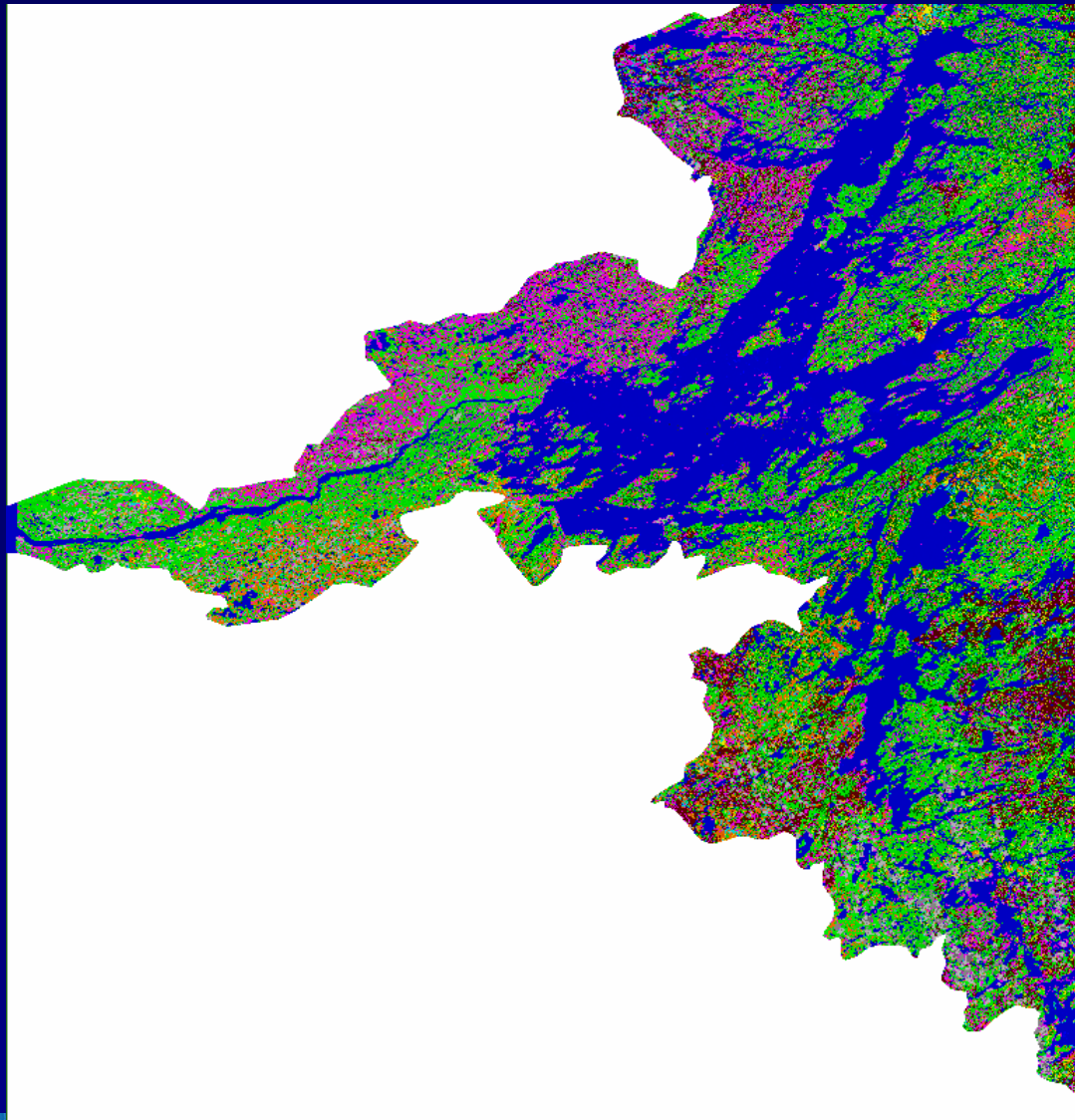
- Segmentation - multiresolution structure hiérarchique des objets;
- Classification par algorithme “Le plus proche voisin” ou par des fonctions d’appartenance ou par une combinaison des deux;
- Logique floue



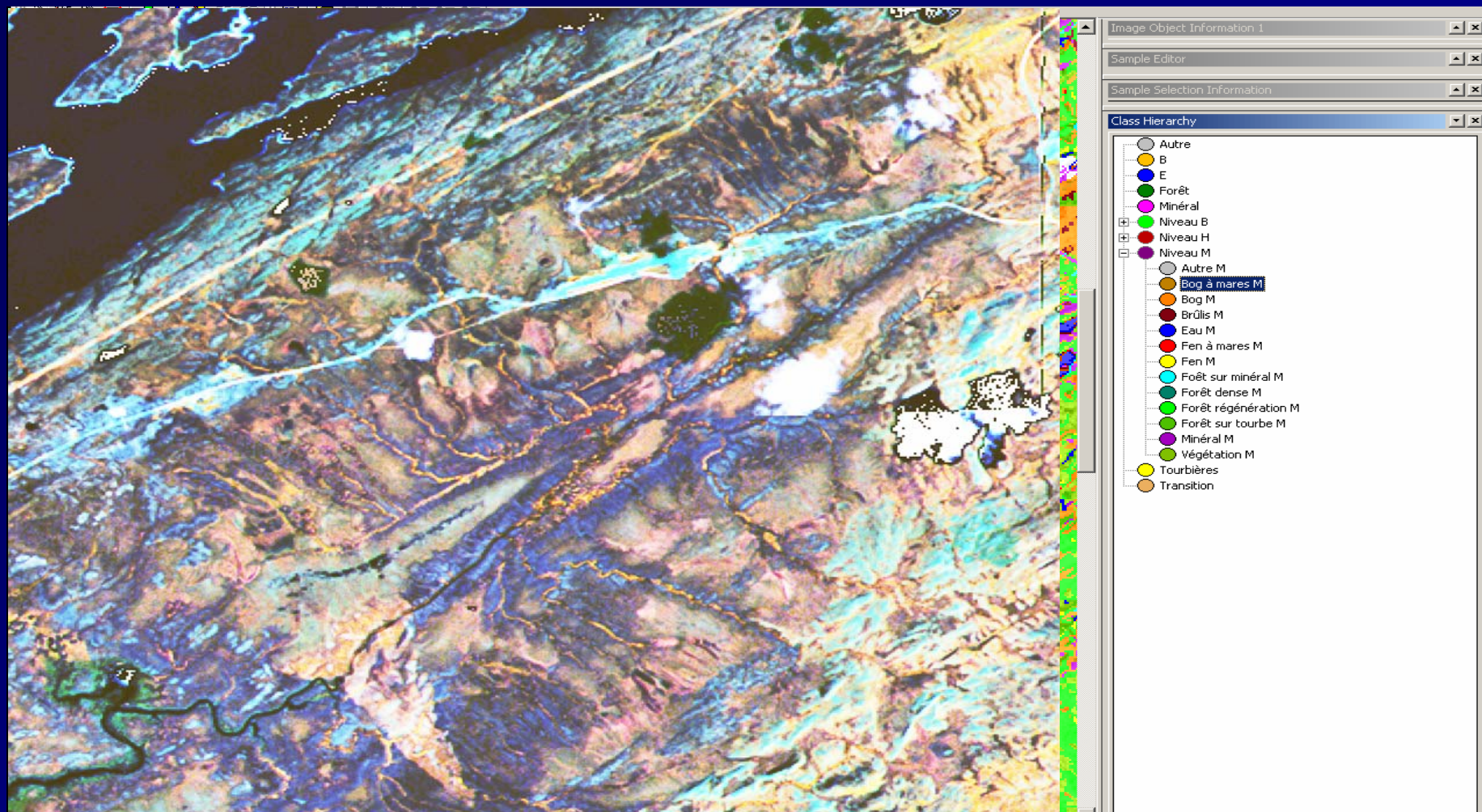
# Zone de test



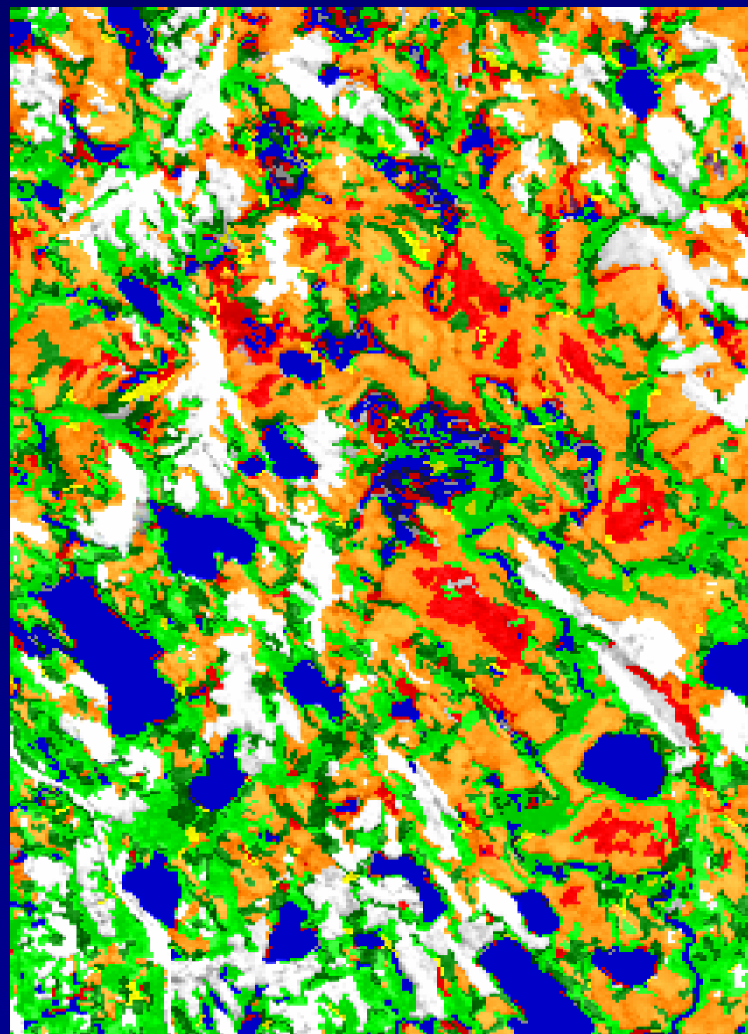
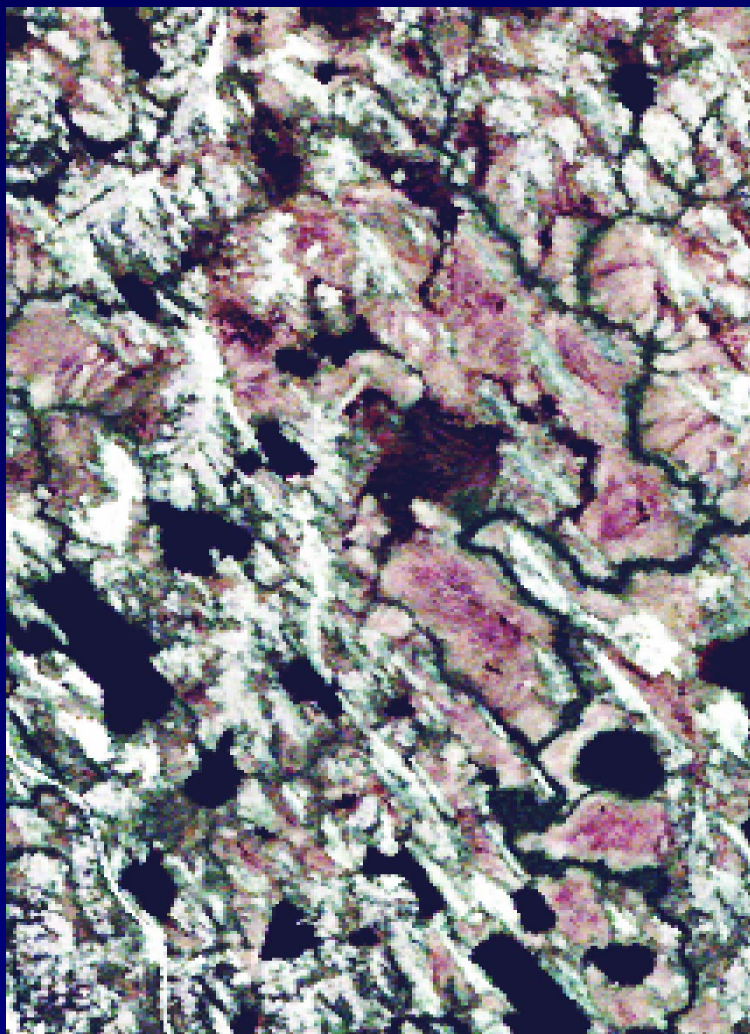
# Résultats: classification



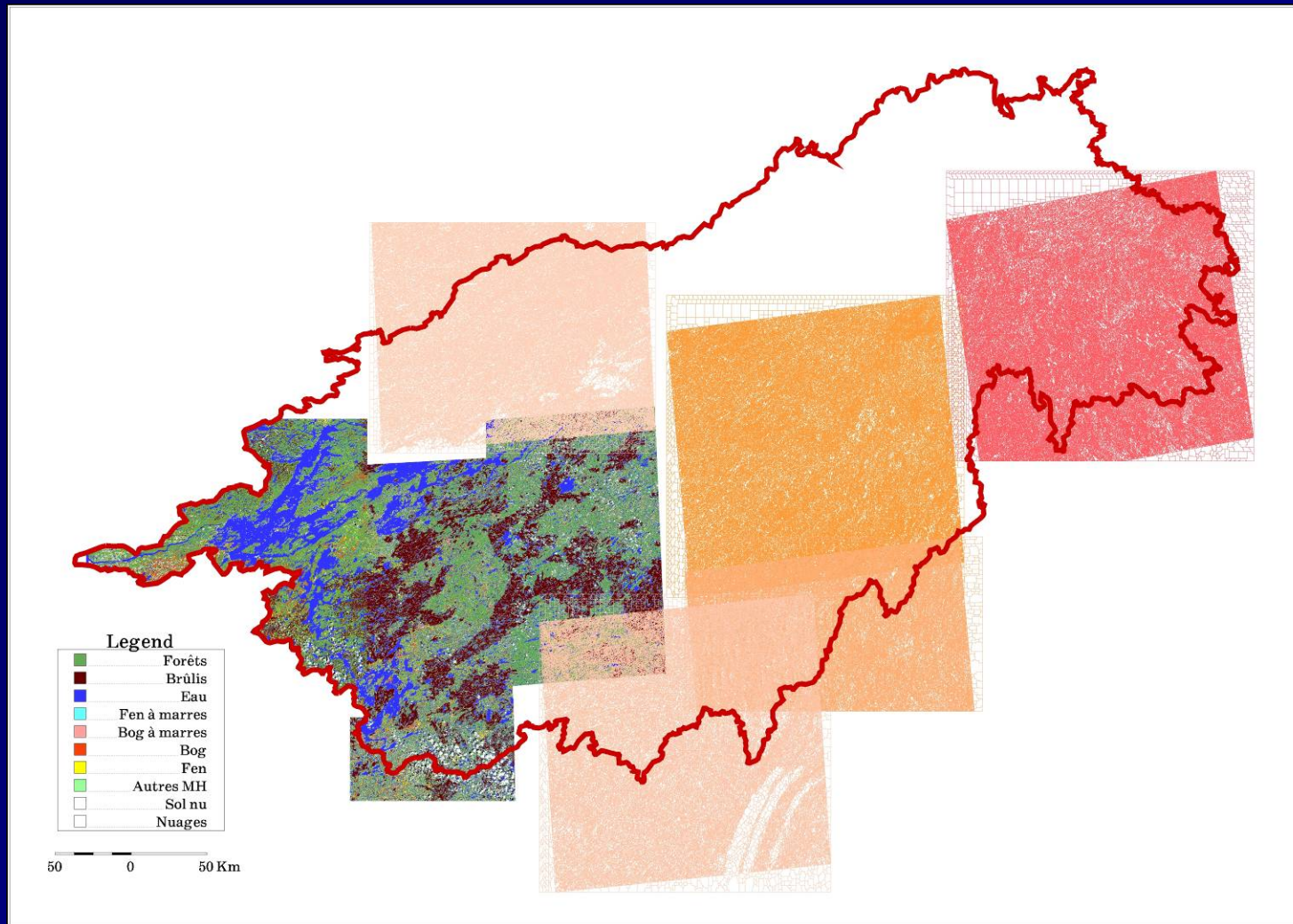
# Résultats: Secteur La Grande - 3



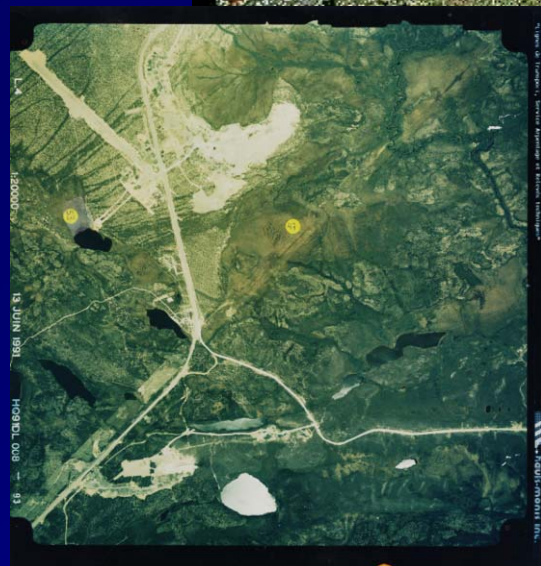
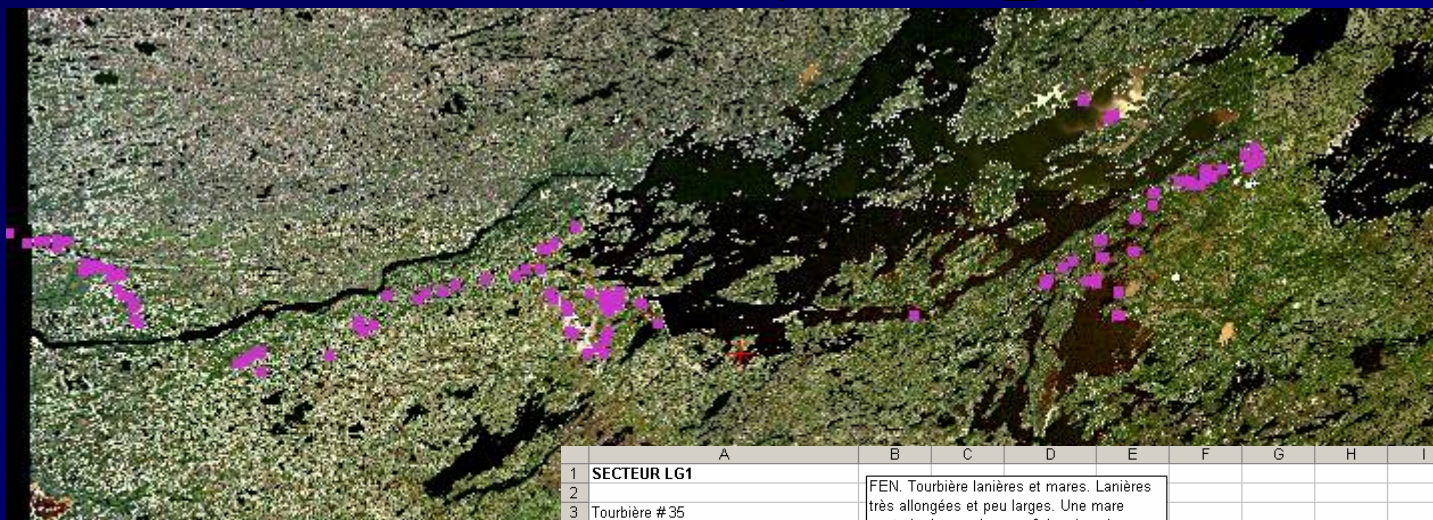
# Résultats: Secteur Nécopastic



# Réalisations

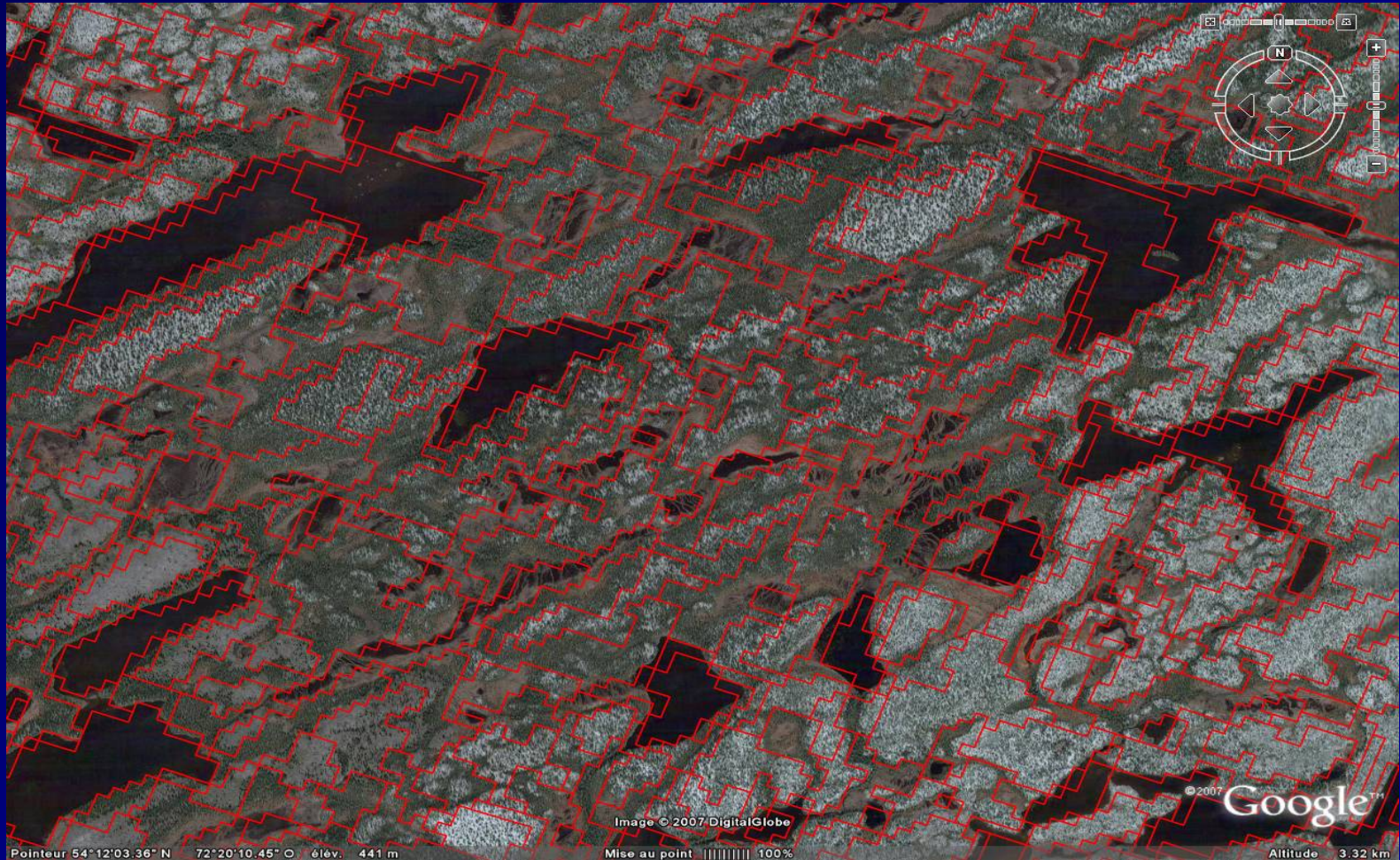


# Validation (LG1-LG2\_LG3)



|    | A                                    | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|----|--------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1  | <b>SECTEUR LG1</b>                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2  |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3  | Tourbière #35                        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4  | Coord. GPS 53 50' 18,9" N            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5  | 78 40' 55,1" W                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 6  | Date du relevé: 29/07/04             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 7  |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 8  | Photo aérienne: SEBJ90-1003 L 23 #90 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 9  | Acrotelme: 8 cm                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 10 | Épaisseur de tourbe: 70 cm           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 11 | Épaisseur de minéral: 7 cm sable     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 12 | Profondeur de la nappe: 7 cm         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 13 | PH: 6,77                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 14 | Pente: concave, 1%                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 15 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 16 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 17 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 18 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 19 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 20 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 21 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 22 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 23 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 24 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 25 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 26 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 27 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 28 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 29 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 30 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 31 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 32 |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

# Google Earth: Étalonnage & Validation!



# Résultats: validation

➤ Taux de succès global de 83%

| User \ Reference Class       | Bog | Fen | Brûlis | Minéral | Végétation | Forêt sur tourbe | Forêt sur minéral | Sum |
|------------------------------|-----|-----|--------|---------|------------|------------------|-------------------|-----|
| <b>Bog</b>                   | 20  |     |        |         |            | 1                |                   | 21  |
| <b>Fen</b>                   | 2   | 21  |        |         |            | 1                |                   | 24  |
| <b>Brûlis</b>                |     |     | 1      |         |            |                  |                   | 1   |
| <b>Minéral</b>               | 1   |     |        | 3       |            |                  |                   | 4   |
| <b>Végétation</b>            | 2   | 1   |        |         | 1          |                  |                   | 4   |
| <b>Forêt sur tourbe</b>      |     |     |        |         |            | 3                |                   | 3   |
| <b>Forêt sur minéral</b>     |     | 1   |        |         |            |                  | 1                 | 2   |
| <b>unclassified</b>          |     |     |        |         |            |                  | 1                 | 1   |
| <b>Sum</b>                   | 25  | 23  | 1      | 3       | 1          | 5                | 2                 | 60  |
| <b>Précision utilisateur</b> | 95% | 88% | 100%   | 75%     | 25%        | 100%             | 50%               |     |
| <b>Précision producteur</b>  | 80% | 91% | 100%   | 100%    | 100%       | 60%              | 50%               |     |

# Résultats: statistiques

## ➤ Superficies de tourbières dans le secteur cartographié

| Classe                | Superficie (%)<br>(Secteur aval LG1-LG2-LG3) | Superficie (%)<br>(Tout le secteur cartographié) |
|-----------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Bog                   | 5,8 (8,5)*                                   | 3,6 (4,7)*                                       |
| Fen                   | 3,0 (4,4)                                    | 2,3 (3,0)                                        |
| Tourbières à mares    | 2,0 (2,9)                                    | 2,9 (3,8)                                        |
| Tourbières arbustives | 3,8 (5,6)                                    | 4,8 (6,2)                                        |
| Forêts sur tourbe     | 2,9 (4,2)                                    | 1,7 (2,2)                                        |
| Total                 | 17,5 (25,6)                                  | 15,3 (20,0)                                      |

\* hors réservoirs et grandes étendues d'eau (23% de la superficie)

# Conclusions

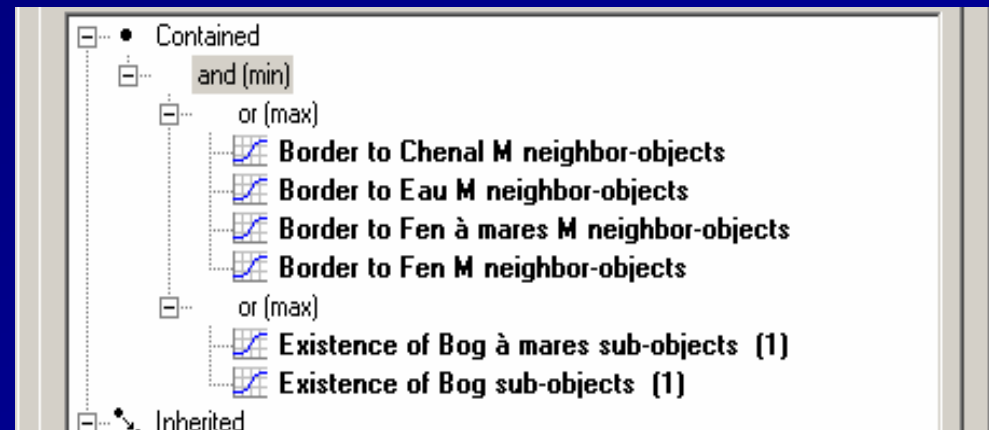
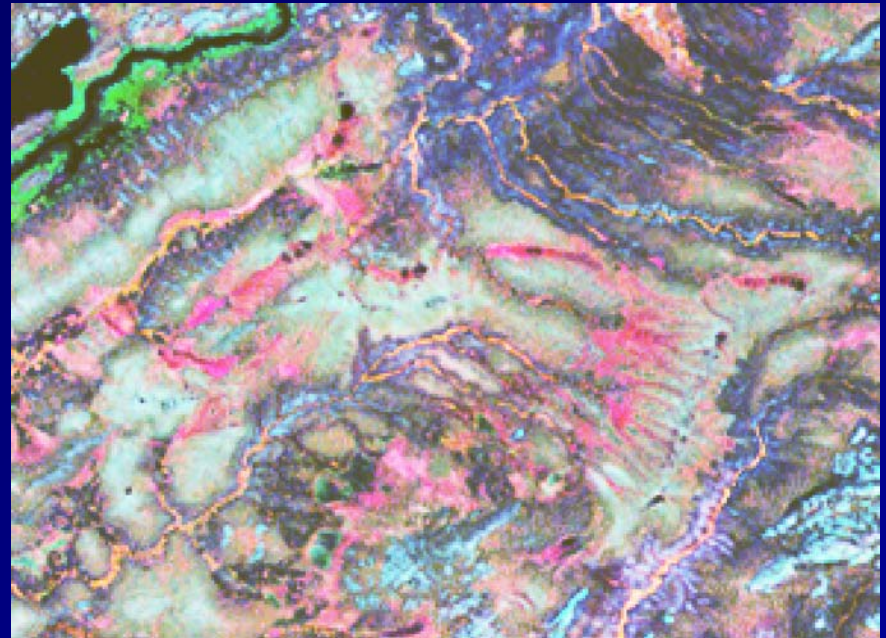
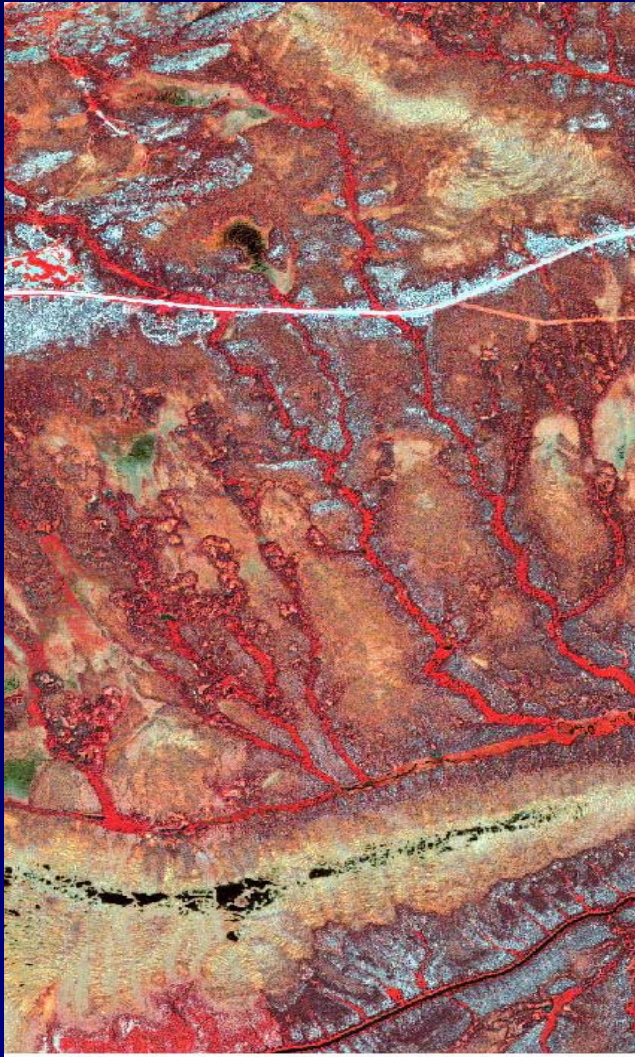
La méthode proposée permet de discriminer assez bien les milieux tourbeux des milieux non-tourbeux. La précision de la délimitation et de la classification des deux principaux types de tourbières est satisfaisante (80 % pour les bogs et 91 % pour les fens). De plus, la précision de l'usager a été estimée à 95% pour les bogs et à 87.5% pour les fens.

Cette classification permettra à Hydro-Québec de mieux connaître la répartition spatiale des tourbières du bassin versant de la rivière La Grande.

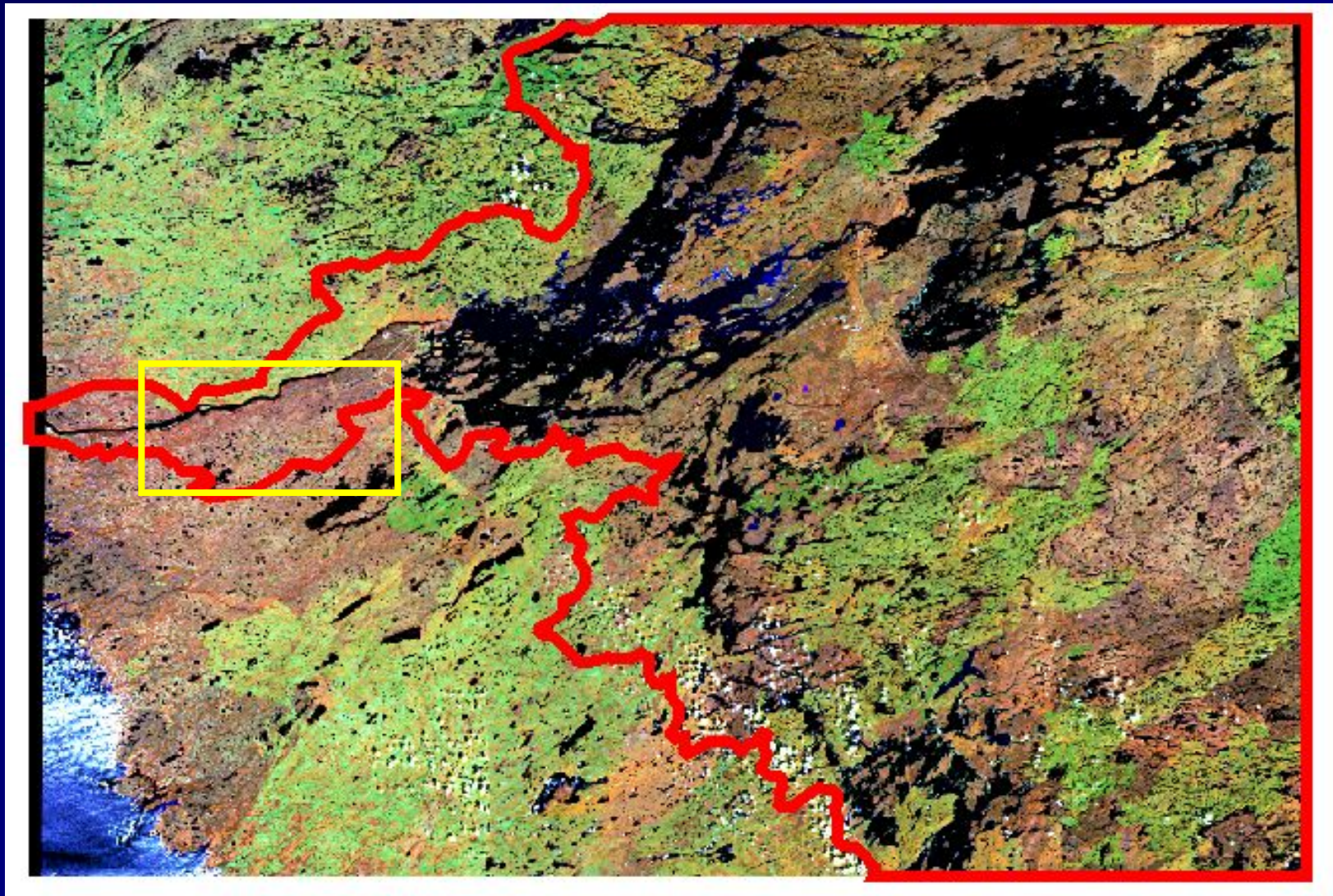
Cette classification a servi d'étudier la connectivité physique des tourbières boréales au réseau hydrographique afin de mieux comprendre le cycle hydrologique du bassin versant de la rivière La Grande et par conséquent de mieux anticiper leur apport aux réservoirs hydroélectriques.

Ainsi, cette classification a été utilisée comme carte d'utilisation du sol lors des essais préliminaires d'adaptation d'HYDROTEL aux particularités du bassins versant nordique.

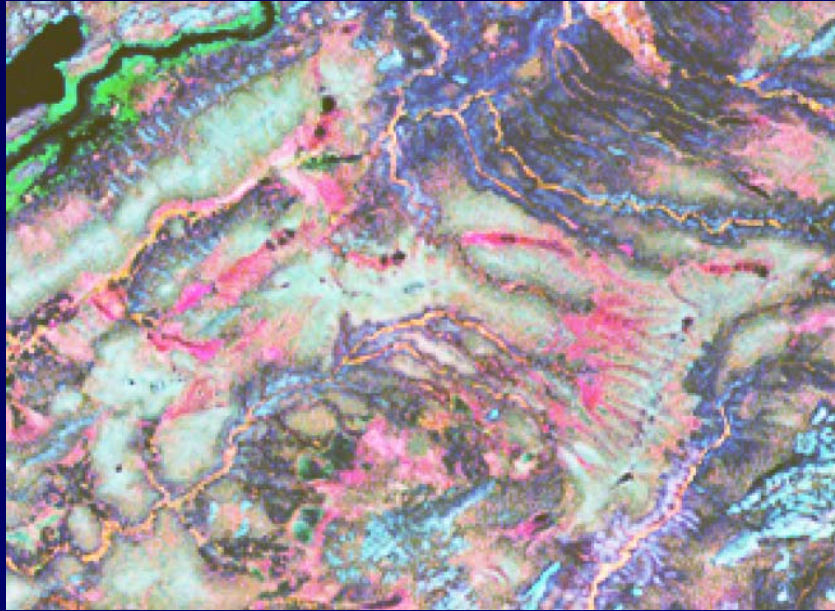
# Connectivité des tourbières



# Site d'étude: Nécopastic



# Connectivité: Résultats



95% des tourbières ombrotrophes sont classifiées comme connectés

⇒ une tourbière n'est jamais totalement minérotrophe ou ombrotrophe

⇒ le lagg des tourbières ombrotrophes est plus minérotrophe et est dominé par une végétation typique pour les fens

⇒ la pente faible des tourbières ombrotrophes convexes et l'inondation extensive de marges pendant la fonte de neige créent une zone faiblement minérotrophe sur la pente de celles-ci

Connectivité observée  $\neq$  connectivité hydrologique

# Évolution de la structure spatiale des tourbières du Complexe LaGrande depuis cinquante ans



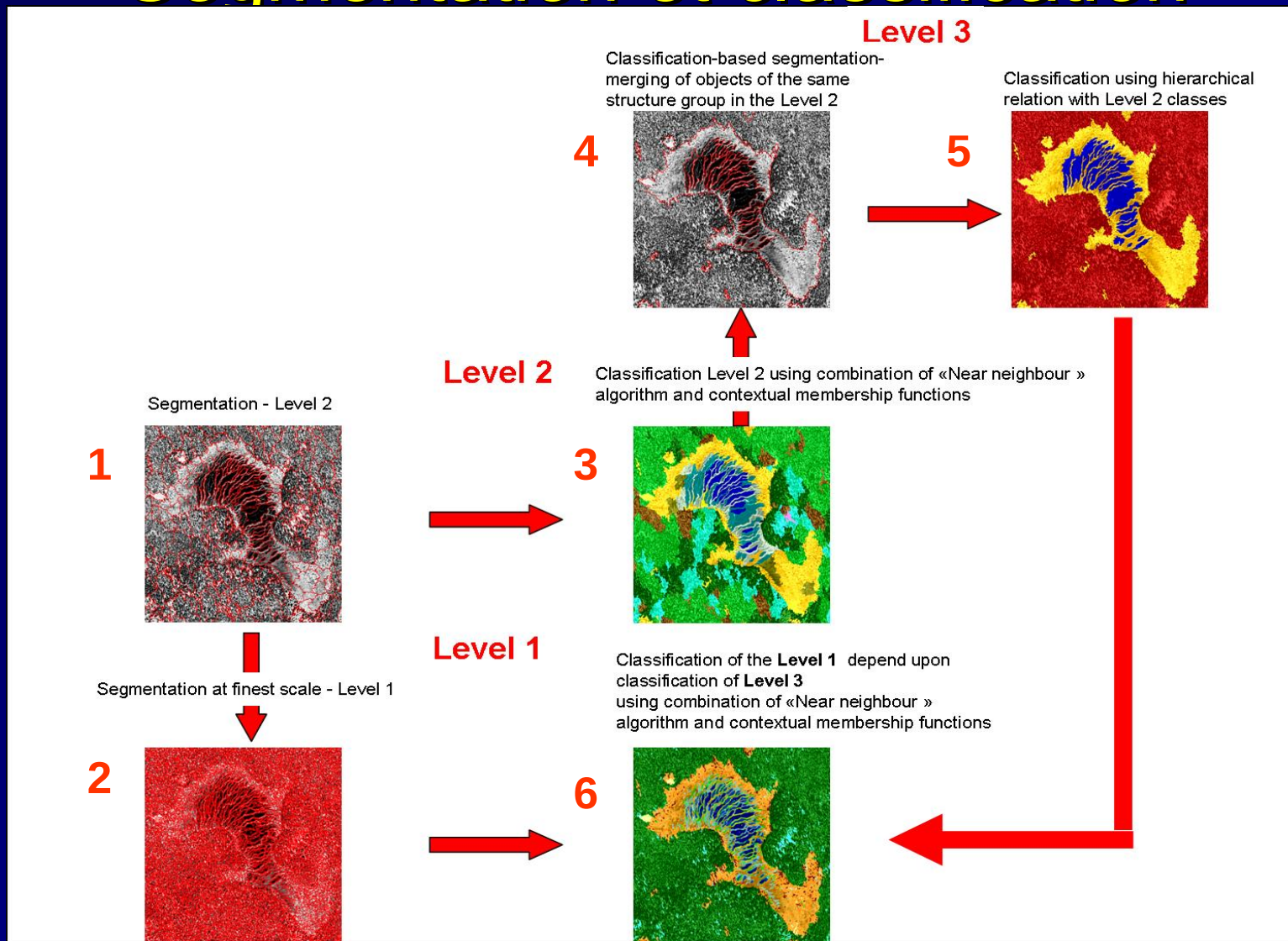
Un processus récent?

1. Envahissement des tourbières par des lacs voisins
2. Dégradation des lanières et agrandissement des mares
3. Médallions de végétation au milieu du lac
4. Mort des arbres et des arbustes

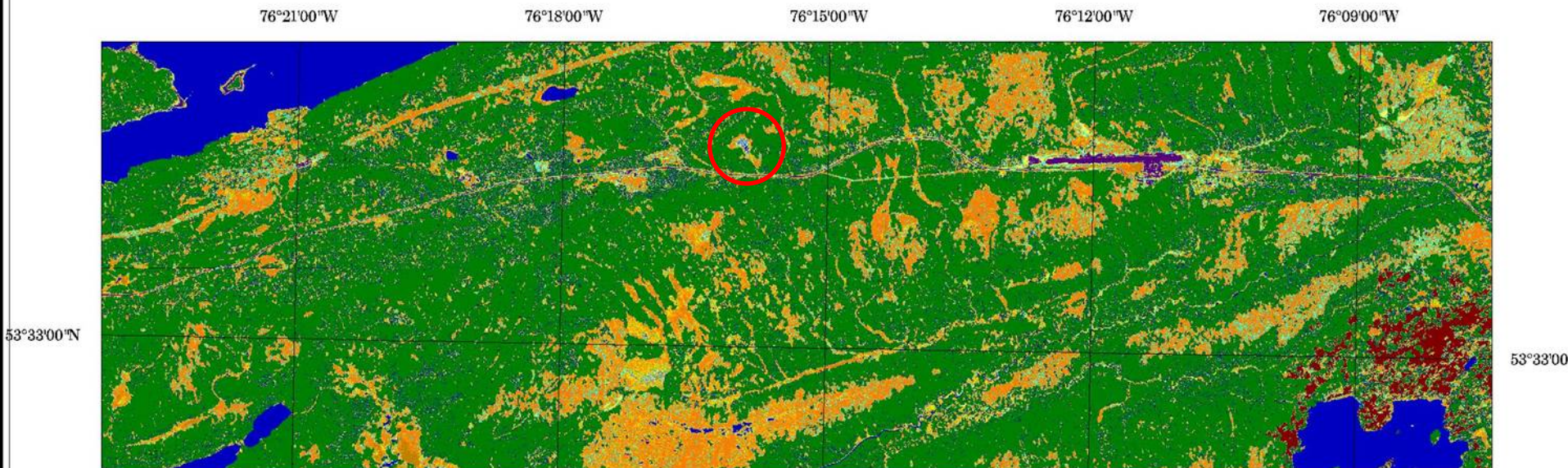
# Objectifs

- **L'objectif principal** est d'établir l'évolution de la structure spatiale des tourbières du Complexe La Grande depuis cinquante ans en fonction des changements climatiques récents.
- Développement d'une méthode effective de classification d'images panchromatiques à très haute résolution;
- Classification d'images satellitaires et de photos aériennes;
- Détection de changement;
- Corrélation des résultats obtenus avec les données climatiques.

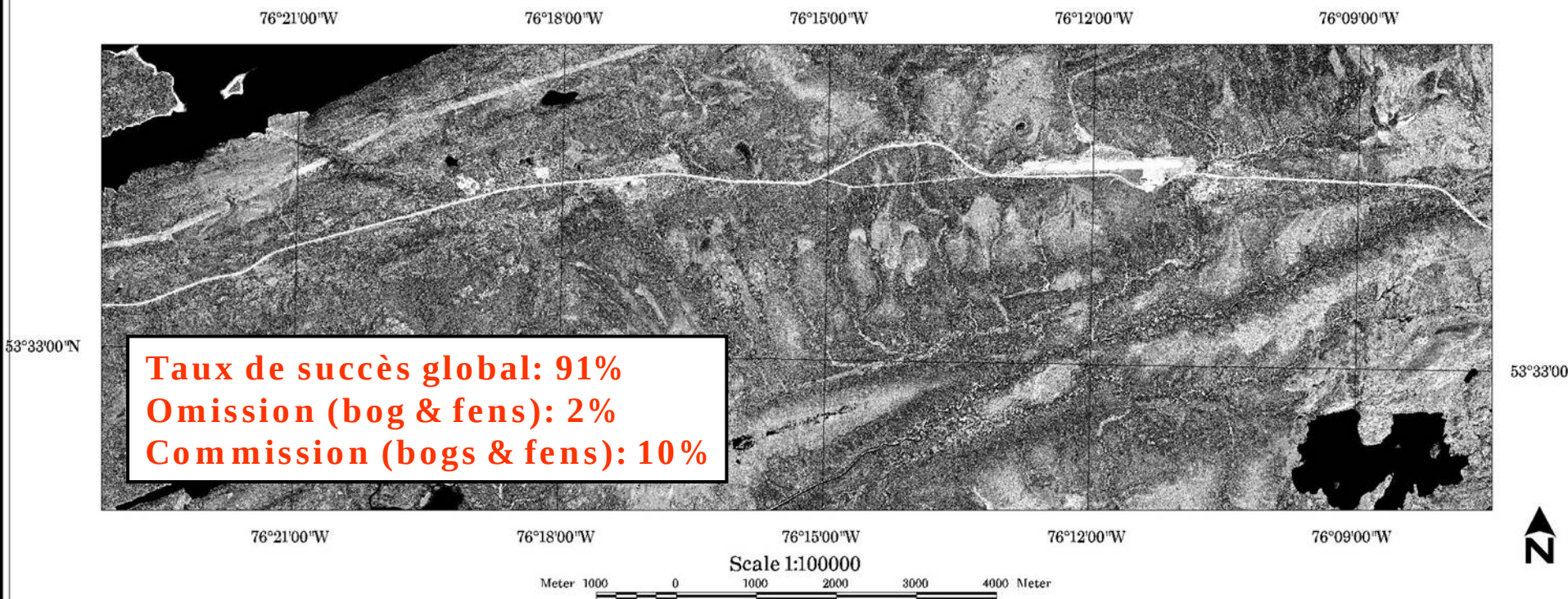
# Segmentation et classification



# Classification - La Grande-3

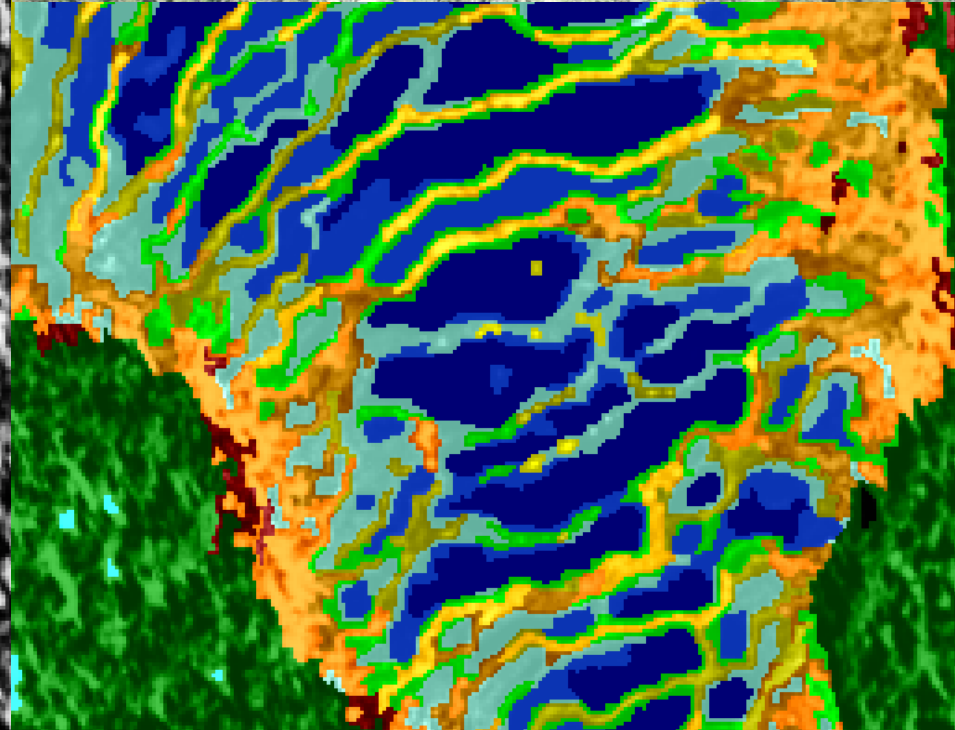
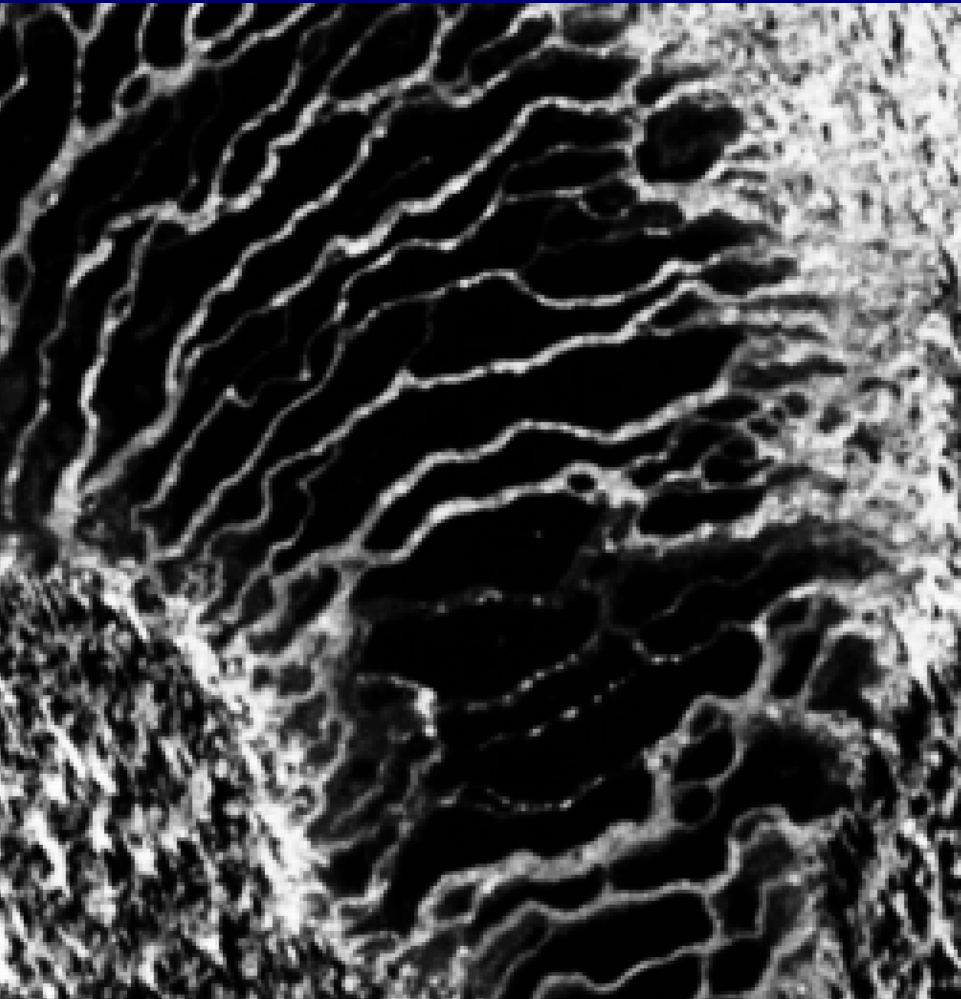


## QuickBird - La Grande-3



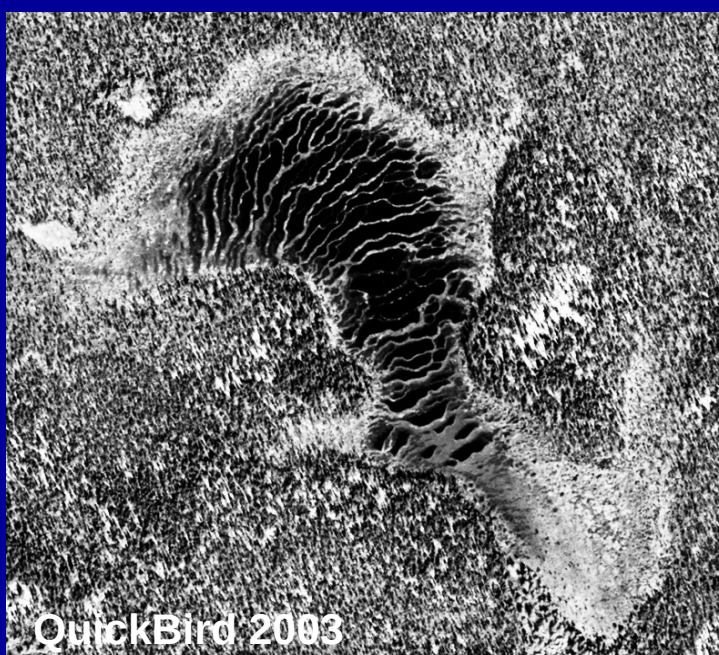
# Résultats: classification

QuickBird 2003

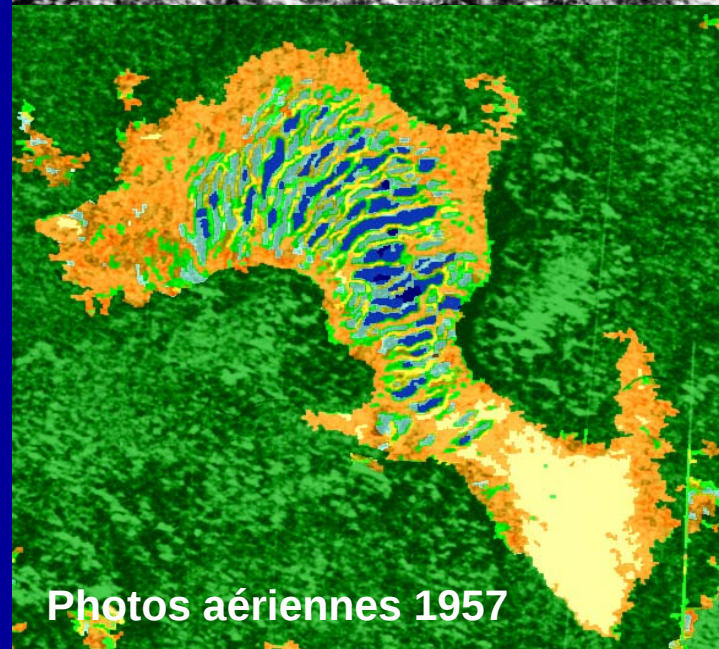




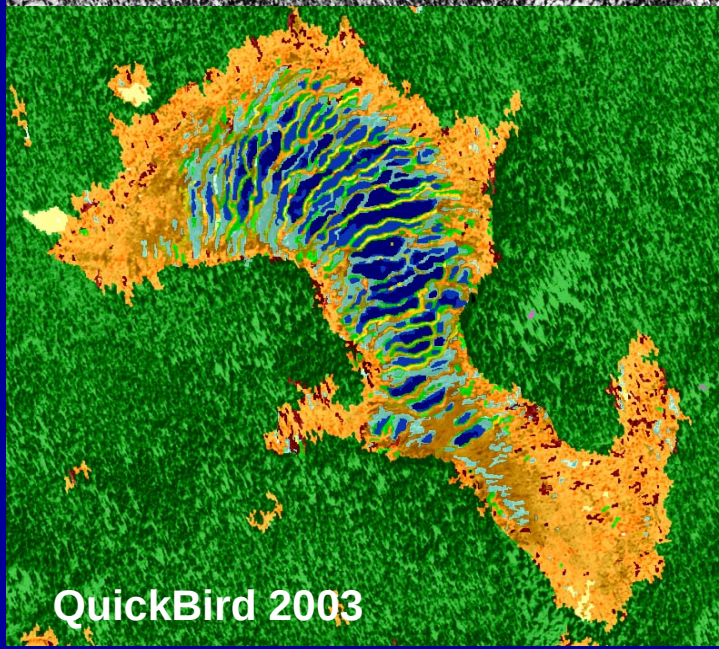
Photos aériennes 1957



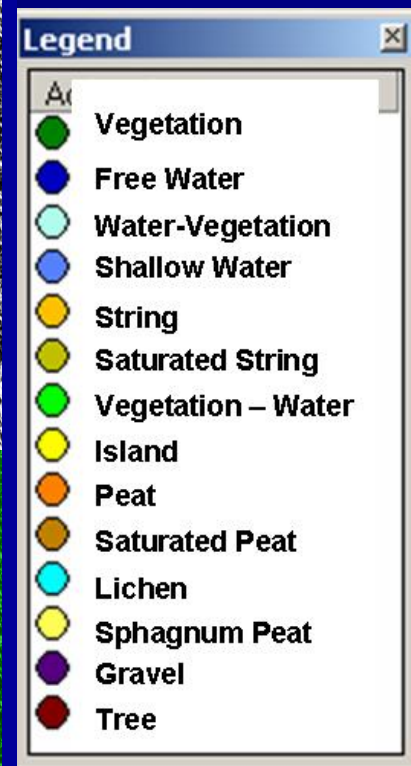
QuickBird 2003

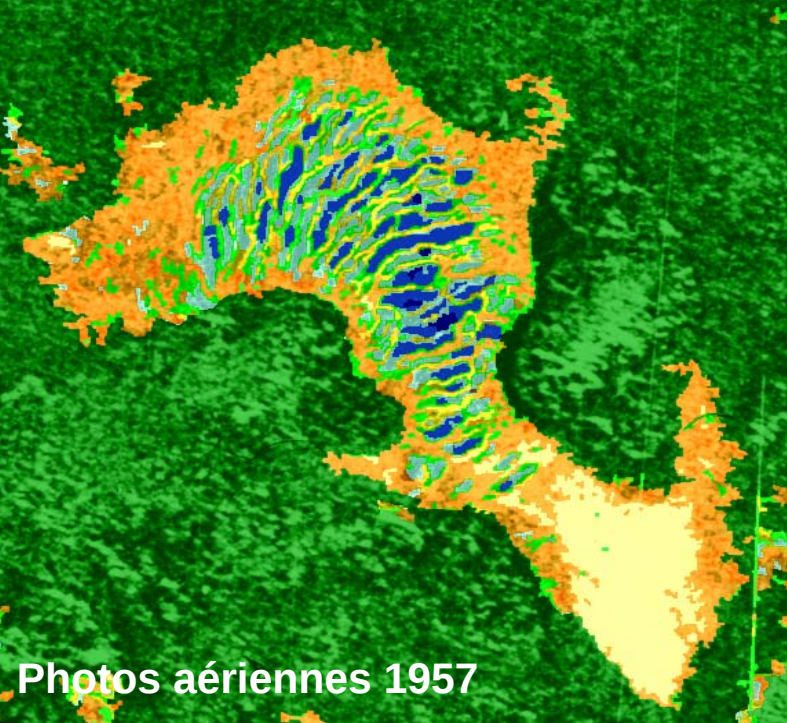


Photos aériennes 1957

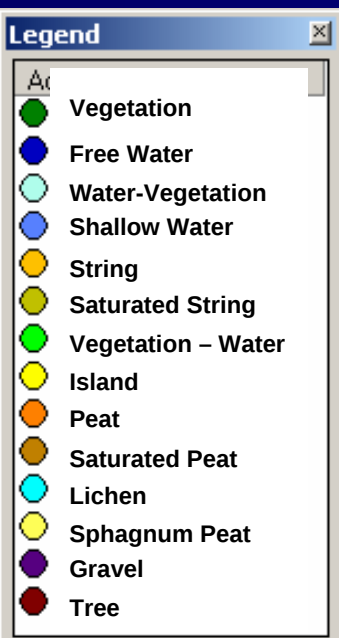
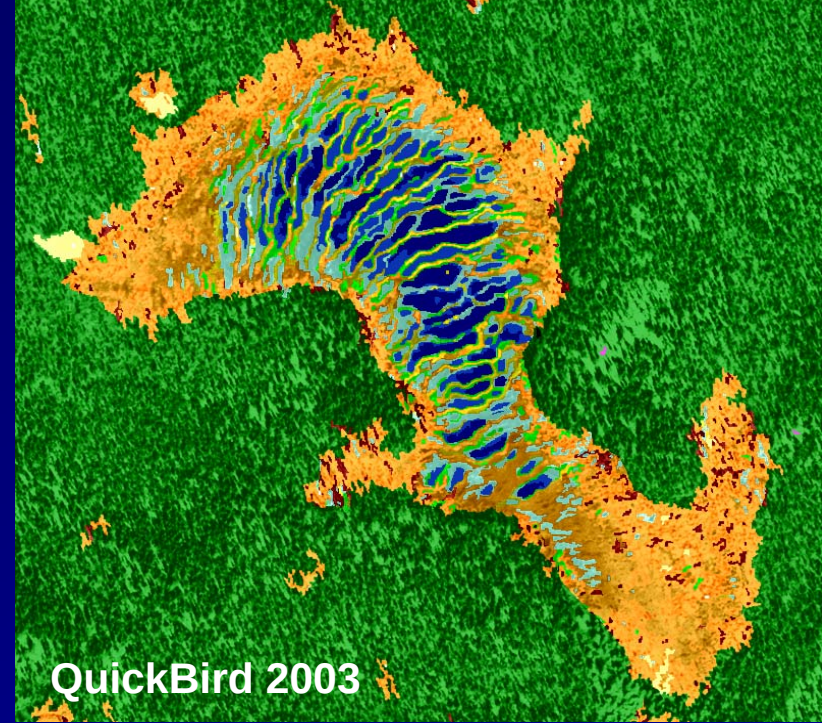


QuickBird 2003

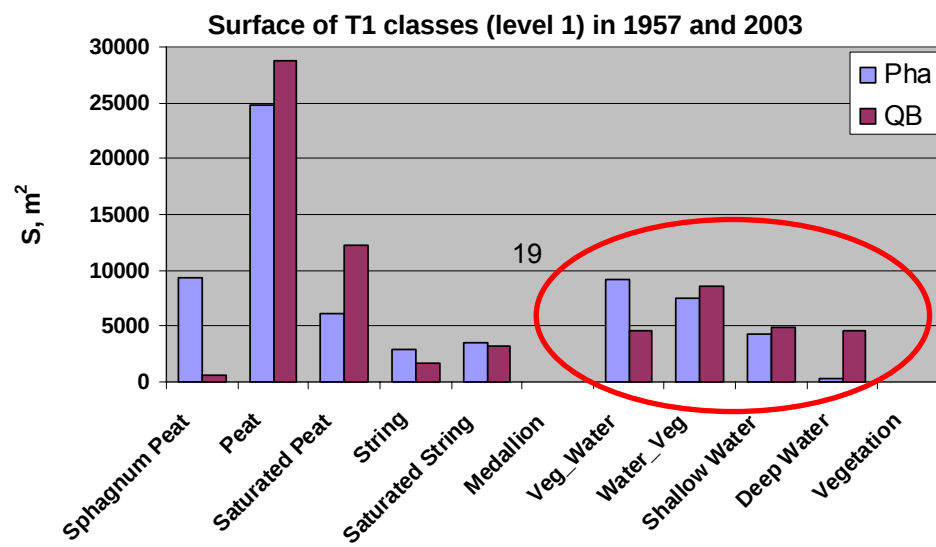




T1



### La Grande-3 : T1



# Conclusion

- Application effective d'une approche orientée objet pour l'extraction **automatique** d'information des images satellitaires **panchromatiques** à très haute résolution pour l'analyse de la structure spatiale des tourbières
- La même méthode a été appliquée facilement pour les photos aérienne historical aeriennes historiques
- Le taux de succès global est de 91%. La méthode de classification proposée peut détecter les deux types principaux des tourbières (bogs and fens) (Level 2) avec une erreur d'omission de 2% and avec une erreur de comission de 10%. Le taux de succès global dans les tourbières (Level 1) est de 87 %.
- L'analyse de l'évolution de la structure spatiale des tourbières montre clairement une augmentation de la surface des classes aquatiques seulement chez 2 des 7 tourbières étudiées.
- Toutefois, une transition de la classe "Tourbe sèche" vers les classes "Tourbe", "Tourbe saturée " ou "Végétation - Eau" est observée dans toutes les tourbières étudiées, ce qui suggère une humidité accrue à la surface des tourbières.
- Afin de confirmer notre hypothèse d'aqualyse active, nous devons aussi analyser les images d'autres régions boréales où l'aqualyse semble plus prononcée.

# Remerciements

Équipe INRS-ETE: Yves Gauthier, Lisa-Marie Paquet, Pierre-Etienne Lord;

Équipe UQÀM

CRSNG, HYDRO-QUÉBEC, OURANOS





*Questions?*