

**IBEA**

*institut de  
biologie et  
d'écologie  
appliquée*

Institut de Biologie et d'Écologie Appliquée  
Université Catholique de l'Ouest  
44, rue Rabelais  
B.P. 10808  
49008 ANGERS CEDEX 01

Institut de recherche  
en biologie végétale

**IRBV**

JARDIN BOTANIQUE  
DE MONTRÉAL

Université   
de Montréal

Institut de Recherche en Biologie Végétale  
4101 Sherbrooke Est  
H1X2B2 Montréal, Québec  
CANADA

## **Caractérisation environnementale de la tourbière de la colline de Covey.**

*Approches écologique et géophysique.*



**Soutenu par Louis-Adrien Lagneau.**



Mémoire de la Licence Professionnelle  
« Protection de l'Environnement »  
Option : Gestion et Traitement des Sols et des Eaux  
Promotion 2005-2006

**À mes parents.**

## Remerciements :

Tout d'abord, je remercie Madame Stéphanie Pellerin, botaniste au Jardin Botanique de Montréal et professeur associé à l'Université de Montréal, de m'avoir si bien accueilli au sein de l'Institut de Recherche en Biologie Végétale, ainsi que pour la qualité de son encadrement, sa gentillesse et sa confiance.

Je remercie également Mademoiselle Véronique Fournier, étudiante en Maîtrise d'Hydrogéologie, pour avoir su partager ses connaissances ainsi que pour son professionnalisme et son soutien.

Mes remerciements vont également à nos assistants de terrain, Anne Keough et Sylvain Gagné pour leurs efficacités, de même qu'à Mélanie Frénette, de Conservation de la Nature Canada, pour son aide.

Enfin, et tout particulièrement, je tiens à remercier Monsieur Éric Rosa, étudiant en Maîtrise d'Hydrogéologie, grâce à qui j'ai vécu un formidable séjour au Québec, d'un point de vue professionnel comme personnel.

1.	Introduction :	1
2.	Contexte :	1
2.1.	L' Institut de Recherche en Biologie Végétale (IRBV).	1
2.2.	Le Jardin botanique de Montréal.	2
2.3.	Le site d'étude.	3
2.4.	Rappels sur les tourbières.	6
2.4.1.	Formation:	7
2.4.2.	Types de tourbière:	8
3.	Matériels et méthodes :	11
3.1.	Le Ground Penetrating Radar (GPR).	11
3.1.1.	Principes:	11
3.1.2.	Appareillage:	12
3.1.3.	Méthodes:	13
3.1.4.	Traitement des données :	14
3.2.	Inventaires floristiques et analyses de l'eau.	15
3.3.	Les autres dispositifs.	16
4.	Résultats :	17
4.1.	Morphologie.	17
4.1.1.	Le Ground Penetrating Radar:	17
4.1.2.	Corrélation entre sondage manuel et GPR:	18
4.1.3.	Microtopographie :	19
4.1.4.	Modélisation en deux dimensions:	20
4.1.5.	Modélisation en trois dimensions :	21
4.2.	Écologie végétale.	24
4.3.	Hydrologie.	26
4.3.1.	Niveau de la nappe phréatique :	26
4.3.2.	Conductivité et pH.	28
5.	Discussions :	30
6.	Conclusion :	32

Bibliographie.

Annexes.

Glossaire.

N.B. les mots ou expressions suivis d'un astérisque (\*) sont explicités dans le glossaire.

## 1. Introduction :

La tourbière située au sommet de la colline de Covey est à l'origine du réseau hydrologique du site. En plus d'être une source de loisirs et de revenus, les cours d'eau de la colline constituent un habitat pour plusieurs espèces de salamandres, dont certaines sont en voie de disparition au Canada.

L'environnement de la colline de Covey a fait l'objet de nombreuses études scientifiques au cours des dix dernières années. En 2005, les différents intervenants travaillant sur la colline ont décidé de faire du site un laboratoire naturel afin de consolider les efforts de recherche et ainsi mieux connaître et protéger le milieu. C'est dans ce contexte que l'Université du Québec à Montréal et l'Institut de Recherche en Biologie Végétale, en partenariat avec Conservation de la Nature Canada, mettent pour la première fois en place en 2006, **une campagne de mesures hydrologiques et écologiques afin d'étudier la tourbière et son fonctionnement**. Ce travail s'inscrit dans le temps et tous les résultats ne sont pas traités à la même époque. Dans ce contexte nous avons procédé à la caractérisation de l'écosystème grâce, entre autres, à une étude de la morphologie du complexe tourbeux à l'aide d'un Ground Penetrating Radar et à une étude de la végétation en lien avec l'hydrologie du milieu.

Dans un premier temps vous découvrirez le contexte de l'étude et les caractéristiques du site. Ensuite, après un rappel sur les tourbières il vous sera présenté les matériels et techniques utilisés pour réaliser notre étude. Après la présentation et l'analyse des résultats, nous concluons avec les perspectives d'avenir pour le projet.

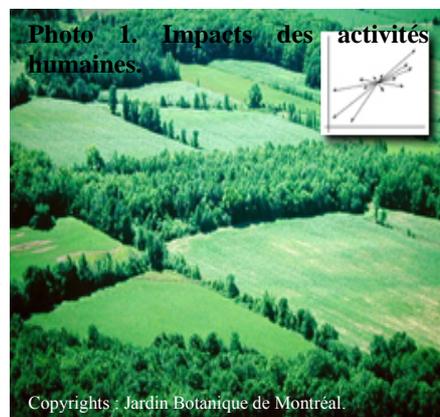
## 2. Contexte :

### 2.1. L'Institut de Recherche en Biologie Végétale (IRBV).

L'IRBV est un centre de recherche et de formation créé en 1990 suite à une longue collaboration entre l'Université de Montréal et la Ville de Montréal datant de 1931 (année de la fondation du Jardin botanique). L'existence de l'IRBV repose avant tout sur les opportunités uniques de partenariat entre le Jardin botanique de Montréal, un des plus importants au monde attirant plus d'un million de visiteurs par année, et l'Université de Montréal, la plus grande université francophone d'Amérique du Nord pour l'enseignement supérieur et la recherche.

L'IRBV est constituée de plusieurs équipes de recherche qui travaillent principalement autour de trois thématiques : biologie du développement en utilisant les approches moléculaires, biodiversité et évolution, ainsi que l'écologie des milieux péri-urbains et agro-forestiers.

Les chercheurs du volet écologie sont spécialisés dans la restauration des sites dégradés, notamment par la production d'arbres feuillus à bois précieux ou d'espèces à croissance rapide cultivées sur de courtes rotations comme les saules et les peupliers. La maîtrise intégrée de la végétation indésirable ou envahissante, soit dans un cadre d'aménagement de couloirs de transport ou de préservation de l'intégrité écologique d'habitats menacés, fait aussi partie de leurs préoccupations. À l'échelle du paysage, ils étudient la structure spatiale de la végétation en milieu rural en relation avec les facteurs du milieu et l'activité humaine (photo 1). Enfin, certains de leur travaux relèvent du génie végétal, notamment dans



le domaine des marais filtrants\* et celui de la phytoremédiation\*.

J'ai intégré cette équipe dans le cadre de mon stage afin de participer à un projet de recherche visant à comprendre l'influence des perturbations anthropiques et naturelles, de même que l'impact des changements climatiques sur la dynamique végétale et sur la biodiversité des milieux humides. Le but de ce projet est d'aider à la mise en place de plans de gestion afin de préserver la biodiversité végétale à long terme tout en augmentant notre compréhension de la dynamique de ces systèmes écologiques.

Les chercheurs de l'IRBV profitent de laboratoires très modernes dont plusieurs sont destinés à une utilisation commune et sont donc disponibles pour tous les chercheurs ainsi que leurs étudiants. Les chercheurs bénéficient également d'un complexe de serres modulaires comprenant huit serres totalisant 568,6 m<sup>2</sup> disponibles pour l'expérimentation (photo 2).

Enfin, la localisation de l'IRBV au cœur du Jardin botanique de Montréal donne accès à un formidable réservoir de matériel génétique tout en fournissant une qualité de vie des plus agréables (1).



## 2.2. Le Jardin botanique de Montréal.



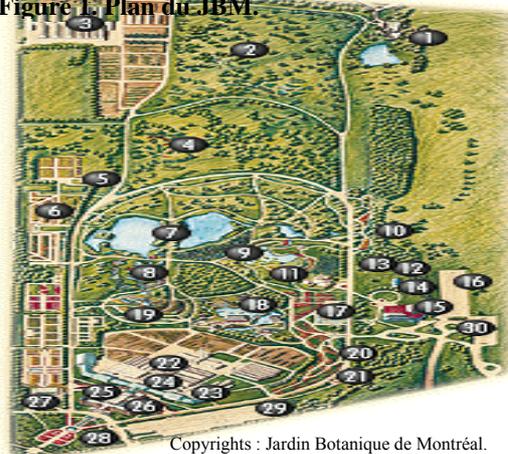
L'idée de doter Montréal d'un jardin botanique (photo 3) est née au milieu du 19<sup>e</sup> siècle. Il aura toutefois fallu attendre les années 1920 pour qu'elle se concrétise grâce à un jeune professeur de botanique, le frère Marie-Victorin\* et un paysagiste, Henry Teuscher\*, qui deviendra le chef horticulteur du jardin. Leurs labeurs se matérialisent au fil des années avec la fondation officielle du jardin (1931), la construction du bâtiment administratif et l'aménagement de jardins d'accueil (1936 à 1939) et la construction de serres d'exposition (inaugurées en 1956). La conjoncture économique et l'intérêt naissant pour l'environnement aidant, le Jardin botanique de Montréal (JBM) prend son véritable essor dans les années 1970. À partir des années 80, le Jardin botanique s'élève au rang qui est aujourd'hui le sien parmi les grands jardins du monde grâce à la réalisation de projets

d'envergure : l'Arboretum, la Roseraie, le Jardin japonais, l'Insectarium et le Jardin de Chine. Depuis, le rythme de croissance n'a pas ralenti ainsi qu'en témoigne le nouveau complexe d'accueil, la serre d'accueil Molson, la Maison de l'arbre et le Jardin des Premières-Nations, tous inaugurés après 1995 (2).

Depuis sa fondation, le Jardin botanique de Montréal (figure 1) s'est donné comme missions :

- de conserver, développer et mettre en valeur des collections de plantes.
- de poursuivre des activités de recherche.

Figure 1. Plan du JBM.



- de diffuser des connaissances en botanique et en horticulture auprès de la population de Montréal et plus largement, à tous ses visiteurs.

Pour atteindre ses objectifs, le Jardin botanique de Montréal poursuit donc ses activités selon quatre volets : un volet culturel et touristique (visite du Jardin, exploration des différents jardins et serres d'exposition, etc.), un volet éducatif (activités éducatives et de vulgarisation nombreuses, formations d'horticulteurs), un volet social (politiques de plantation d'arbres, de préservation des milieux naturels et de la sensibilisation des citoyens à la nature) et un volet scientifique (IRBV, recherches menés par l'équipe de botaniste, etc.).

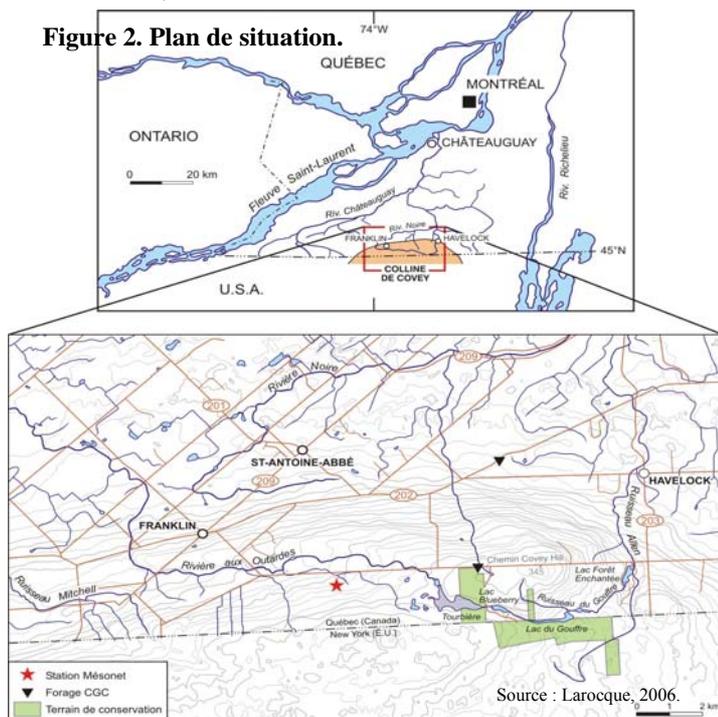
### 2.3. Le site d'étude.

La colline de Covey (photo 4), située non loin de la municipalité d'Hemmingford, à 65 km au sud de Montréal (Québec) et à proximité de la frontière canado-américaine (figure 2), est un site d'intérêts écologique et scientifique majeurs. Elle héberge, entre autres, des populations de salamandres rares dont les habitats sont maintenus grâce à une importante zone de recharge pour l'eau souterraine. Au cours des dix dernières années, plusieurs travaux de recherche ont été initiés dans le but de comprendre l'hydrologie de la colline ainsi que la répartition et les caractéristiques des habitats de salamandres. Ces actions font de la colline de Covey un Laboratoire Naturel unique au Québec. L'instrumentation intégrée au Laboratoire permet le suivi continu de plusieurs caractéristiques (débit des cours d'eau, précipitations) du site et constitue un outil des plus utiles pour étudier à long terme une problématique ayant des objectifs multiples. Il permettra, entre autres, la compréhension intégrée d'un écosystème soumis à des pressions anthropiques et la surveillance à long terme des populations de salamandres et des processus hydriques du site (Larocque et al., 2005).



Photo 4. La colline de Covey.

Figure 2. Plan de situation.



#### - Géographie et géologie :

La colline de Covey constitue l'extension la plus nordique de la chaîne de montagnes des Adirondacks\* (340 m au dessus du niveau moyen de la mer, 100 km<sup>2</sup> de superficie) et domine la partie canadienne du bassin versant de la rivière Châteauguay. Les faces nord et est sont abruptes (pentes jusqu'à 10 %), tandis que la face ouest présente une pente plus douce vers la municipalité de Franklin. Du côté sud, la colline rejoint les Adirondacks (Larocque et al., 2005).

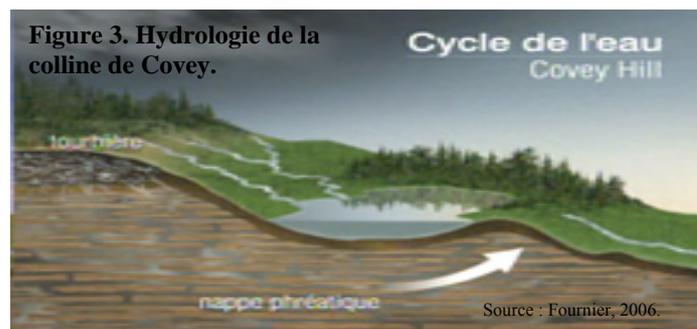
La géologie du secteur correspond aux roches du Cambrien provenant de la séquence sédimentaire des Basses-Terres du Saint-Laurent. Les deux formations retrouvées dans cette région sont celles de Covey Hill et de

Cairnside, toutes deux faisant parties du Groupe de Potsdam\*. La formation de Covey Hill est composée de grès feldspathique dont les grains sont grossiers voire même conglomératiques, généralement de couleur rougeâtre à verdâtre et reposant en discordance sur le Précambrien (Globensky, 1986). La formation de Cairnside est un grès quartzitique avec des grains de tailles moyennes, de couleur chamois. Le secteur est affecté par un réseau de diaclases\* orientées généralement sud-ouest et nord-est. Des dépôts non négligeables de till\* remanié et de sédiments fluvio-glaciaires se trouvent à la base de la colline (épaisseur maximale 1 m). En raison des pentes abruptes sur les versants nord et est, la couverture de sol est quasiment inexistante sur la colline, et le roc\* est souvent rencontré entre 30 et 60 cm sous la surface (Tremblay, en préparation). Des zones de sol plus épais se trouvent sur la face nord-est de la colline (loam\*) ainsi qu'à l'ouest de la tourbière (silt\* et sable sur silt argileux de la mer de Champlain) (Larocque et al. 2005). Les contenus en matière organique des sols sont élevés (Bilodeau, 2004) et leurs faibles densités, favorisent l'infiltration de l'eau jusqu'au roc.

### **- Hydrologie et hydrogéologie :**

Le réseau hydrographique débute à la tourbière située au sommet de la colline. Cette tourbière (70 ha) doit fort probablement son existence à la présence du roc sous-jacent imperméable. Selon une campagne de mesure réalisée à l'été 2005, l'épaisseur des dépôts tourbeux atteint 3,2 m par endroits (Pellerin et al., données non publiées). Située sur la ligne de partage des eaux, la tourbière se déverse à l'ouest vers la rivière aux Outardes et à l'est dans un ruisseau alimentant le lac Blueberry. De nombreux cours d'eau coulent sur les flancs de la colline, dont plusieurs sont intermittents, et constituent souvent des habitats de salamandres. Le temps de parcours de l'eau suite à une précipitation est d'environ trois jours, soit près de six fois plus grand que le temps de parcours estimé par ruissellement seul sur une même distance (Barrington et al., 1992). Ce délai serait causé par le parcours d'une grande partie de l'eau à travers le roc fracturé ainsi que par l'enchaînement de zones humides et de lacs qui emmagasinent une partie des précipitations le long du réseau hydrographique. Sur l'ensemble de la colline, la nappe d'eau souterraine est libre et située dans le roc fracturé de Potsdam (figure 3).

D'un point de vue hydrogéologique, le site du Laboratoire Naturel de la colline de Covey bénéficie de la présence de deux forages appartenant à la Commission Géologique du Canada permettant le suivi automatisé du niveau de la nappe (Nastev et al., 2004). Ces puits seront légués à Conservation de la Nature Canada\* et intégrés dans le Laboratoire Naturel au cours des prochaines années.



Depuis 2004, la colline bénéficie également d'une station météorologique intégrée dans le réseau Mésonet-Montréal (Mésonet-Montréal, 2005). Selon les données recueillies, la colline reçoit en moyenne 1025 mm de précipitations, la température annuelle moyenne est de 6°C et varie entre -30 °C l'hiver et 30°C l'été. La station de Hemmingford fournit quant à elle les données météorologiques depuis 1965 (Larocque et al., 2005).

## - Flore et faune :

Au niveau floristique, la colline de Covey est située dans le domaine bioclimatique de l'érablière à caryer cordiforme (Bouchard et al., 1996). Elle est essentiellement boisée et les coupes forestières y ont été peu nombreuses, surtout à son sommet où certains bois actuels étaient déjà sur place à l'arrivée des premiers colons. Les sites mésiques\* sont propices au développement d'érablières à tilleul alors que sur les sites xériques\* on observe des chênaies, des pinèdes et des prucheraies. D'ailleurs, les peuplements matures de pruches et les landes de pins sont uniques dans la vallée du Saint-Laurent. Les landes de pins se caractérisent par la présence éparse de pin blanc (*Pinus strobus*), de pin rouge (*Pinus rigida*) et de pin gris (*Pinus banksiana*), par un sous bois d'éricacées et une strate muscinale composée essentiellement de lichens. La flore de la tourbière située au sommet de la colline est dominée par des communautés arbustives basses à *Chamaedaphne calyculata* et par un couvert dense de sphaignes. Barrington *et al.* (1992) y mentionnent aussi la présence de l'Utriculaire à scapes géminés (*Utricularia geminiscapa*), une plante carnivore susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec. Enfin, de nombreux vergers sont présents à la base de la colline et forment un élément important de l'économie régionale (Larocque et al., 2005).



D'un point de vue faunique, la colline de Covey abrite une diversité importante de salamandres (photo 5). Les principales espèces présentes sont : la Salamandre sombre des montagnes (*Desmognathus ochrophaeus*), la Salamandre pourpre (*Gyrinophilus porphyriticus*), la Salamandre à deux lignes (*Eurycea bislineata*), la Salamandre du nord (*Desmognathus fucus*), la Salamandre cendrée (*Plethodon cinereus*) et la Salamandre à quatre doigts (*Hemidactylium scutatum*). Un hybride entre les salamandres sombre des montagnes et sombre du nord y est également fréquent (Larocque et al., 2005).

Au Québec, la salamandre sombre des montagnes est une espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable tandis qu'au Canada elle possède le statut d'espèce menacée depuis 2001 (COSEPAC, 2005; Alvo et al., 2003).

### -Le COSEPAC-

Dans le cadre de la loi sur les espèces en péril (LEP), le COSEPAC donne l'impulsion aux actions de protection en désignant les espèces sauvages (végétales ou animales) amené à disparaître.

Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) est un comité composé de spécialistes, qui évalue et désigne les espèces sauvages qui risquent de disparaître du Canada, depuis 1977.

Il classe les espèces selon 7 catégories :

**DISPARUE** : Toute espèce qui n'existe plus; **DISPARUE du Canada** : Toute espèce qui n'est plus présente au Canada à l'état sauvage, mais qui est présente ailleurs; **EN VOIE DE DISPARITION** : Toute espèce exposée à une disparition ou à une extinction imminente; **MENACÉE** : Toute espèce susceptible de devenir en voie de disparition si les facteurs limitant auxquels elle est exposée ne sont pas inversés; **PRÉOCCUPANTE** : Toute espèce qui est préoccupante à cause de caractéristiques qui la rendent particulièrement sensible aux activités humaines ou à certains phénomènes naturels; **NON EN PÉRIL** : Toute espèce qui, après évaluation, est jugée non en péril; **DONNÉES INSUFFISANTES** : Toute espèce dont le statut ne peut être précisé à cause d'un manque de données scientifiques.

Le Québec a également, depuis 1988, sa propre classification pour la préservation des espèces sauvages :

**VULNÉRABLE** : la survie d'une espèce est jugée précaire même si sa disparition n'est pas appréhendée à court ou à moyen terme; **MENACÉE** : la disparition de l'espèce est appréhendée.

Le ministère de l'environnement du Québec fait la distinction entre des espèces qui sont vulnérables (ou menacées) et celles qui sont susceptibles d'être désignées comme telle.

Sources : (3) et (4).

La Salamandre pourpre (espèce préoccupante au Canada), la Salamandre sombre du nord et la Salamandre à quatre doigts ont le statut d'espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec. Mis à part la Salamandre à quatre doigts présente dans la tourbière (Bonin 1999), les autres espèces sont inféodées aux cours d'eau de la colline. Elles sont sensibles aux modifications de l'équilibre hydrologique de leur habitat pouvant résulter d'un déboisement et/ou d'un pompage excessif de la nappe (Jutras, 2003). Les menaces auxquelles les salamandres font face ne sont toutefois pas toutes directement perceptibles et la pollution ou les changements climatiques pourraient aussi modifier leurs habitats, rendant impossible leur reproduction (Griffiths et al., 1992).

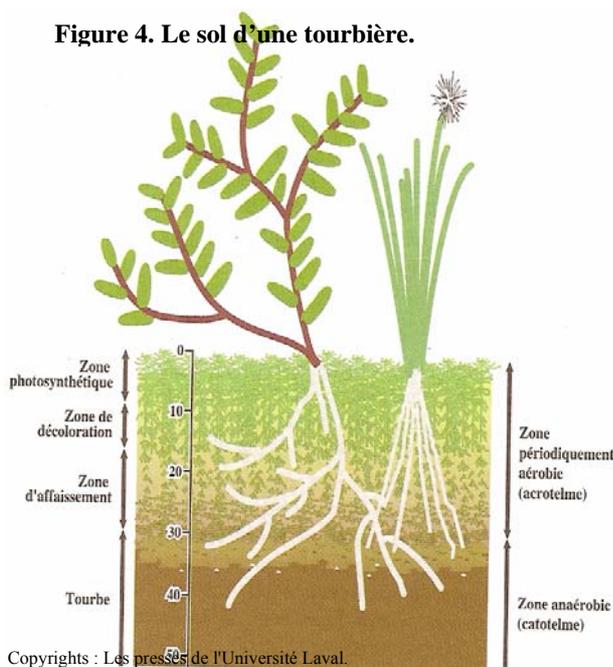
### **- Objectifs de conservation :**

La rigueur des sols a jusqu'ici découragé le développement de l'agriculture sur la colline. Les pressions anthropiques augmentent néanmoins en raison de la villégiature et des besoins croissants en eau. La conservation des habitats de certaines espèces de salamandres nécessite de protéger des terrains adjacents sur lesquels les salamandres peuvent se déplacer entre plusieurs sources aux régimes hydriques variés (Bonin, 1992). Plusieurs initiatives de conservation, essentiellement par Conservation de la Nature Canada, ont été mises en œuvre. Par exemple, afin de protéger la moitié de la tourbière, 122 ha de terrains ont été acquis et des ententes ont été signées avec onze propriétaires permettant l'accès à leur terrain pour des travaux de recherche (Larocque et al., 2005).

La conservation du territoire passe aussi par la sensibilisation des résidents. Des interventions ont été réalisées dans les médias afin de conscientiser la population à l'importance de protéger les habitats de salamandres de la colline (Chester, 2003; Rochon, 2003). Une initiative pour impliquer les résidents dans le suivi hydrologique est actuellement menée par la Société de Conservation et d'Aménagement du Bassin de la Rivière Châteauguay qui a aussi réalisé et distribué un dépliant de sensibilisation sur l'importance de la conservation de l'eau et la fragilité des habitats de salamandres (SCABRIC, 2004).

## **2.4. Rappels sur les tourbières.**

**Figure 4. Le sol d'une tourbière.**



Les tourbières sont des milieux mal connus, car elles n'ont suscité un réel intérêt pour les scientifiques que depuis une trentaine d'années. Les caractéristiques de ces écosystèmes étant particulières, il semble intéressant de rappeler quelques généralités sur le sujet qui permettront de mieux comprendre l'intérêt des mesures réalisées sur la colline de Covey ainsi que les résultats obtenus.

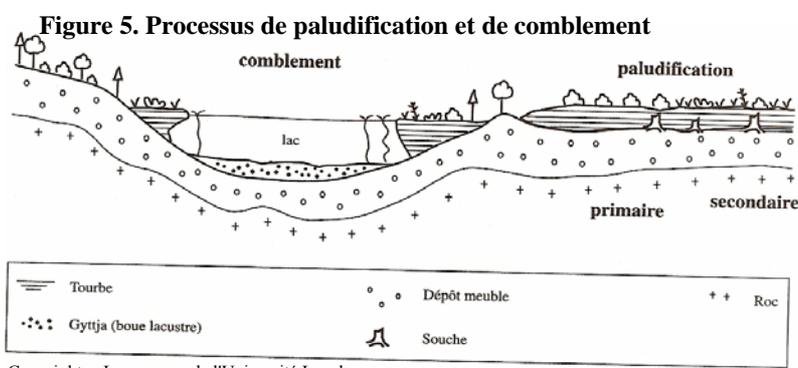
Au Canada, la synthèse des différents inventaires a permis d'estimer la superficie couverte par les tourbières à 105 millions d'hectares (Tarnocai et al., 2000), 111 millions d'hectares pour les dépôts de tourbe supérieurs à 40 centimètres d'épaisseur (Rubec, 1996) ou 170 millions d'hectares pour les dépôts de tourbe de plus de 30 centimètres d'épaisseur (Gorham, 1990). À ces estimations peuvent s'ajouter les 15 millions d'hectares

couverts par les autres types de milieux humides (marais, marécage, etc.). Au Québec les tourbières occuperaient 8 à 12 millions d'hectares, mais aucun inventaire exhaustif n'a été réalisé jusqu'à maintenant (Payette et al., 2001).

On définit une tourbière comme un habitat dont le développement est influencé par un substrat généralement mal drainé, où la tourbe s'accumule plus qu'elle ne se décompose (Tarmocai, 1978; Damman 1979; Glaser, 1987). On reconnaît généralement qu'une tourbière devrait être caractérisée par la présence d'une couche de tourbe d'une épaisseur minimale de 30 à 40 centimètres. (Kivinen et al., 1981; Wells et al., 1985; Pakarinen, 1995). Une tourbière est donc un milieu à drainage variable où le processus d'accumulation organique prévaut sur les processus de décomposition et d'humification\*, peu importe la composition botanique des restes végétaux (Payette et al., 2001). La figure 4 présente une coupe transversale du sol à la surface d'une tourbière.

### 2.4.1. Formation:

La transformation des habitats terrestres et aquatiques en tourbière se produit à la suite d'un changement des conditions hydrologiques du substrat ou des conditions atmosphériques (Payette et al., 2001). Cette transformation peut se produire selon deux processus d'entourbement qui peuvent intervenir simultanément ou pas : la paludification et le comblement (figure 5). La paludification se réfère à l'entourbement d'un site terrestre et le comblement à celui d'un lac ou d'un plan d'eau, mode qu'on assimile généralement au concept classique de l'hydrosère\* (Drury et al., 1973). Ces deux modes de formations des tourbières sont influencés par deux groupes de facteurs, les allogènes\* et les autogènes\*. Notons qu'il existera toujours une hiérarchie incontournable des facteurs allogènes sur les facteurs autogènes (Payette et al., 2001).



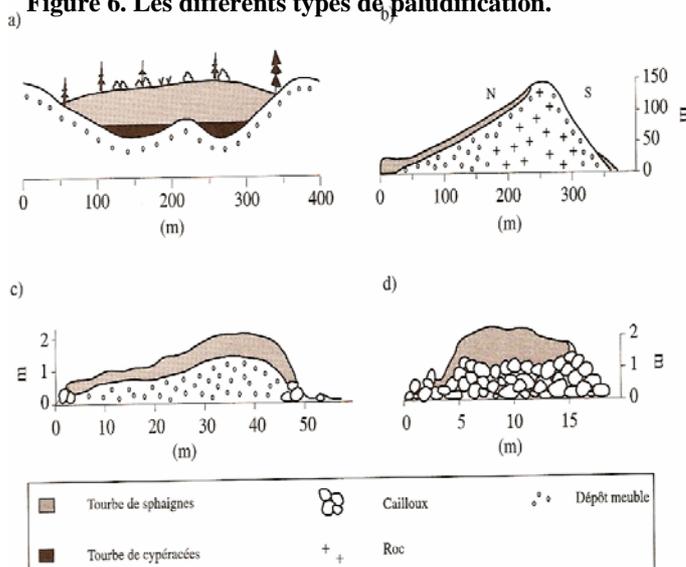
Copyrights : Les presses de l'Université Laval.

La paludification se réfère à l'entourbement d'un site terrestre et le comblement à celui d'un lac ou d'un plan d'eau, mode qu'on assimile généralement au concept classique de l'hydrosère\* (Drury et al., 1973). Ces deux modes de formations des tourbières sont influencés par deux groupes de facteurs, les allogènes\* et les autogènes\*. Notons qu'il existera toujours une hiérarchie incontournable des facteurs allogènes sur les facteurs autogènes (Payette et al., 2001).

#### **- Entourbement par paludification :**

La paludification est le plus important des deux modes d'entourbement. Le développement d'une tourbière par paludification est d'abord dû à une combinaison des facteurs allogènes qui favorise un bilan hydrique positif (la quantité d'eau apportée par les précipitations est supérieure à l'évapotranspiration, d'où un surplus). Les tourbières peuvent être classées en fonction des caractéristiques hydrologiques des sites, comme les systèmes tourbeux primaires\*, secondaires\* et tertiaires\* (Moore et al., 1974). La figure 6 montre les différents types de paludification (a) bassin humide, b) versant, c) sol drainé et d) îlot rocheux).

**Figure 6. Les différents types de paludification.**



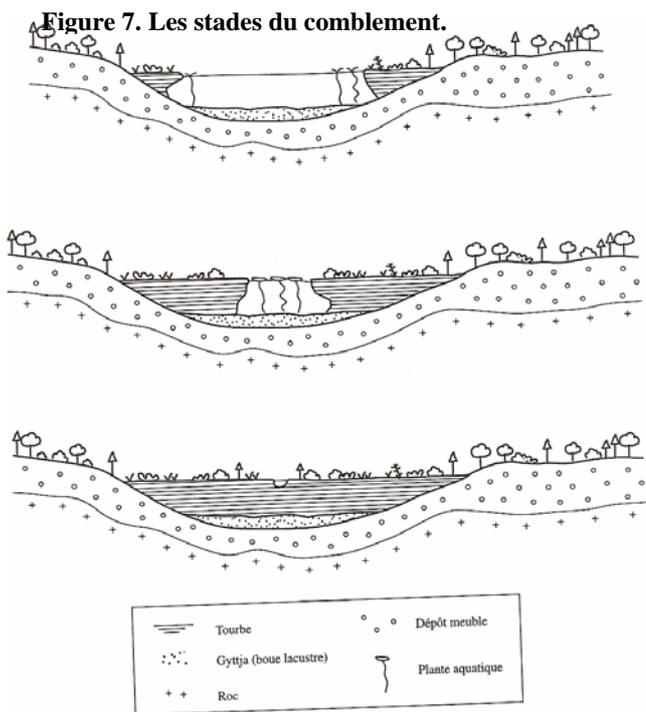
Copyrights : Les presses de l'Université Laval.

Le processus de paludification le plus répandu, et certainement le plus classique, se réfère à l'initiation et à l'évolution à long terme des tourbières situées dans les bassins de sédimentation humides, préalablement colonisé (paludification secondaire) ou pas (paludification primaire) par une végétation forestière (Payette et al., 2001). Les conditions climatiques et topographiques assurant le maintien d'une nappe d'eau superficielle sont des pré-requis nécessaires pour induire l'entourbement. L'expansion des bassins avec le temps permet d'étendre la paludification à l'extérieur des limites physiques du bassin, par suite d'un changement graduel des conditions de drainage du sol entourant la tourbière. Les sphaignes et autres espèces tourbicoles peuvent ainsi envahir la végétation bordière (Heinselman, 1970; Damman 1979).

**- Entourbement par comblement :**

Ce mode d'entourbement se produit généralement à une échelle plutôt réduite, étant donné les conditions environnementales particulières que nécessite la réalisation de ce processus naturel (Payette et al., 2001). En effet, ce sont surtout de petits lacs ou des mares peu profondes qui font l'objet d'un comblement. Les stades du comblement (figure 7) varient d'un site à l'autre en fonction de la nature de la végétation bordière, de la topographie et du drainage du bassin versant ainsi que des conditions climatiques.

De plus, plusieurs mares des tourbières issues de paludification des sols humides peuvent faire l'objet d'un comblement actif de la végétation riveraine envahissante. On constate ainsi que les deux modes d'entourbement sont parfois difficiles à identifier parce qu'ils entretiennent une étroite relation à l'intérieur même des complexes tourbeux (Payette et al., 2001).



Copyrights : Les presses de l'Université Laval.

**2.4.2. Types de tourbière:**

La classification des tourbières est basée sur les caractéristiques hydrologiques et minérotrophiques des sites. L'eau qui pénètre dans une tourbière provient de deux sources principales, les précipitations et l'écoulement subaérien et souterrain. Un grand nombre de tourbières ne possèdent qu'une seule source d'alimentation, les précipitations atmosphériques, desquelles provient également la seule source en éléments nutritifs, hormis celle venant de la décomposition de végétaux qui forment le substrat de la tourbière. Ce type de tourbière est appelé ombrotrophe\*. Les tourbières recevant de l'eau, à la fois des précipitations et du drainage du bassin, sont appelées minérotrophes (Payette et al., 2001).

**-Tourbières minérotrophes :**

Les tourbières minérotrophes renferment une végétation diversifiée qui se développent en conditions humides, grâce à une nappe phréatique de surface, sous l'influence directe de la topographie environnante. Elles sont localisées dans des dépressions ou sur des pentes permettant à l'eau de circuler librement tout en transportant des éléments minéraux dissous en provenance des sites minéraux

adjacents. L'eau courante assure aussi une oxygénation du substrat organique, accélérant ainsi la décomposition organique (Clymo, 1983).

On distingue deux grands types de tourbières minérotrophes selon la nature du couvert végétal, les riches et les pauvres (DuRietz, 1949; Sjors, 1963). Cette subdivision repose essentiellement sur les propriétés chimiques et le pH de la tourbe et de l'eau circulant dans la tourbière. Le pH de l'eau et du substrat organique des tourbières minérotrophes pauvres varie entre 3,8 et 6,5 alors que dans les tourbières minérotrophes riches il est généralement supérieur à 5,5 et peut atteindre 7,5 selon la quantité et la nature des éléments minéraux provenant de la périphérie de la tourbière (Gorham et al., 1992).

La figure 8 montre une vue en coupe (a) et en plan (b) de deux tourbières ombrotrophes (1 : tourbière bombée, 2 : tourbière en plateau) et d'une tourbière minérotrophe (3).

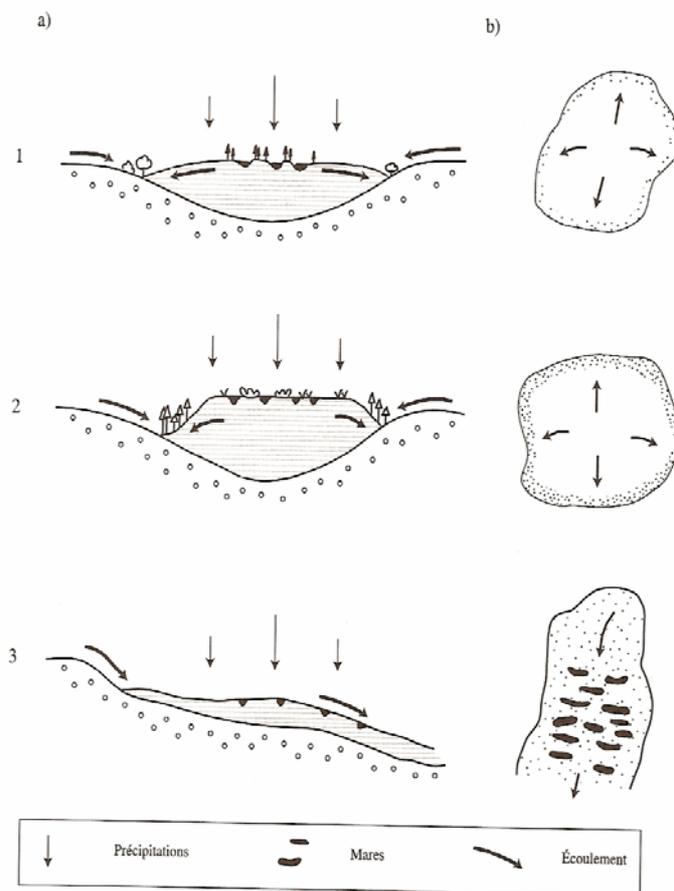
La végétation dominante des tourbières minérotrophes pauvres renferme plusieurs espèces de sphaignes, dont *Sphagnum riparium*, et des mousses comme *Drepanocladus* et *Tomentypnum*. Les espèces herbacées indicatrices de conditions pauvres sont, entre autres, *Menyanthes trifoliata*, les *Utriculata*, *Scirpus cespitosus*, plusieurs *Carex* dont *C. chorderihiza*, *C. gynocrates*, *C. canescens*, *C. rotundata* et *C. rariflora*. *Picea mariana*, *Picea glauca* et *Larix laricina* sont les seules espèces arborescentes colonisant les tourbières minérotrophes pauvres des régions boréales et subarctiques (Payette et al., 2001).

La végétation des tourbières minérotrophes riches comprend un cortège de plusieurs espèces herbacées (*Carex aqualitis*, *Scirpus cespitosus*, *Triglochin*, *Habenaria*, *Tofieldia*, *Solidago*, etc.) et arbustives (*Salix pedicellaris*, *Potentilla palustris*, *Myrica gale*, etc.). Les bryophytes\*, notamment les groupes de mousses brunes sont une composante importante de ce type de tourbière, dont *Scorpinium scorpioides*, *Drepanocladus*, *Campylium* et *Calliargon*. De plus, les tourbières minérotrophes riches sont colonisées par plusieurs espèces arborescentes, comme *Picea mariana*, *Picea glauca* et *Larix laricina*, *Thuja occidentalis* et *Abies balsamea*.

### **- Tourbières ombrotrophes :**

L'accumulation de la tourbe avec le temps a pour effet de soustraire progressivement de la zone nutritive minérogène les plantes de la tourbière. À un stade donné du développement de la tourbière, les racines des plantes ne peuvent plus puiser les éléments minéraux de cette source et seuls les

**Figure 8. Morphologie des tourbières.**

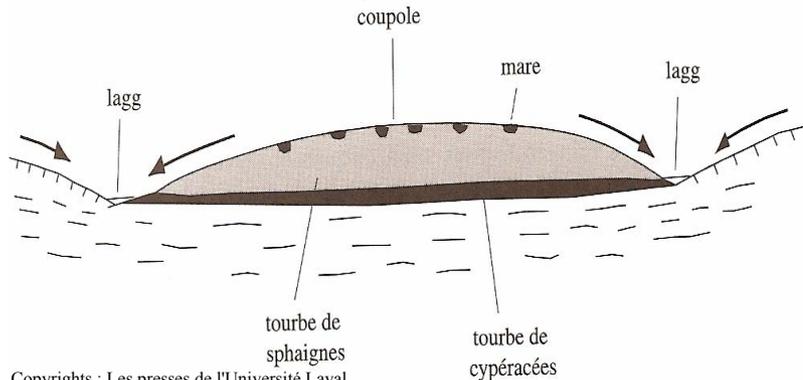


Copyrights : Les presses de l'Université Laval.

précipitations et les végétaux en voie de décomposition et d'humification fournissent les sels minéraux nécessaires à leur croissance. Comme l'apport des précipitations en minéraux est faible, la végétation dominée par les sphaignes, acquiert une nature acidiphile\* et s'appauvrit en espèces vasculaires\* (Payette et al., 2001). Les tourbières ombrotrophes sont composées de deux horizons tourbeux : le catotelme\* et l'acrotelme\* (Ingram, 1978). Le catotelme correspond au compartiment d'accumulation des restes végétaux, alors que l'acrotelme représente le compartiment de production de la tourbière (Payette et al., 2001).

Les tourbières ombrotrophes créent une nappe phréatique perchée souvent au-delà des limites topographiques du bassin, maintenant le milieu en conditions anaérobies. La topographie présente un profil convexe ou bombé plus ou moins marqué. À cause des propriétés hydrodynamiques de la tourbe, la masse tourbeuse ralentie le drainage et créer un réservoir d'eau qui épouse la forme de la

**Figure 9. Tourbière ombrotrophe bombée.**



Copyrights : Les presses de l'Université Laval.

tourbière. L'augmentation des précipitations aura comme effet d'accélérer l'accumulation de tourbe et de diminuer la décomposition organique, favorisant ainsi le développement de tourbières ombrotrophes à couverture tourbeuse épaisse (Damman, 1979). La surface des tourbières ombrotrophes peut être uniforme ou structurée, montrant ainsi une alternance de crêtes et de dépressions. La nappe phréatique se situe près de la surface des dépressions au printemps et pendant l'été. Il existe une troisième unité morphogénétique, appelée *lagg* (terme d'origine suédoise), localisée à la périphérie des tourbières, aux contacts des dépôts minéraux. La couverture de tourbe y est souvent mince et les eaux de drainage en provenance des sols minéraux et de la zone ombrotrophe y circulent (Payette et al., 2001). Le *lagg* forme ainsi une zone tourbeuse minérotrophe. La figure 9 représente une vue en coupe d'une tourbière ombrotrophe bombée (les flèches indiquent le sens d'écoulement de l'eau).

La végétation des tourbières ombrotrophes est généralement moins diversifiée que celle des tourbières minérotrophes et comprend un très petit nombre de plantes vasculaires. Les principaux types de végétation sont étroitement associés à la présence des crêtes, des mares (dépression aquatique de plus grande surface), des dépressions et du *lagg*. Le pH de l'eau et du substrat organique est généralement inférieur à 5. La végétation des crêtes est dominée par les sphaignes (dont *Sphagnum fuscum*, *S. capillifolium* et *S. magellanicum*) et des mousses du genre *Polytrichum*, des éricacées, des lichens et de quelques espèces arborescentes. Les lichens colonisent souvent les parterres de sphaignes, parfois sous la forme d'un remplacement cyclique. Les dépressions sont occupées par plusieurs espèces de sphaignes, dont *Sphagnum lindbergii*, *S. rubellum*, *S. magellanicum*, *S. majus* et *S. balticum*, en association avec des éricacées et des cypéracées (*Carex oligosperma*, *C. rostrata*, *Scirpus cespitosus*, etc.) (Payette et al., 2001). Les sphaignes se caractérisent par une grande capacité d'échange cationique, ce qui les rend particulièrement bien adaptées à la faible concentration en éléments minéraux des tourbières ombrotrophes où elles affichent malgré tout une production relativement élevée (Clymo et al., 1982).

Il existe évidemment des intermédiaires entre les deux grands types de tourbières décrits précédemment. La plupart des tourbières ne sont pas strictement ombrotrophe ou minérotrophe. Une tourbière minérotrophe peut être ponctués d'îlots ombrotrophes et une tourbière ombrotrophe peut abritée une zone minérotrophe (*lagg*) plus marquée (Payette et al., 2001).

### **3. Matériels et méthodes :**

#### **3.1. Le Ground Penetrating Radar (GPR).**

##### **3.1.1. Principes:**

Le « ground penetrating radar » (GPR ou géoradar) est une méthode de prospection géophysique, pour les études de sub-surface\*, basée sur l'analyse de la propagation, de la diffraction et de la réflexion d'ondes électromagnétiques\* hautes fréquences\* (10 MHz à 1 GHz). Le GPR a de multiples applications en géologie, génie civil (étude de sites granitiques pour l'enfouissement de déchets), hydrogéologie (reconnaître la profondeur d'une nappe grâce à la sensibilité des ondes électromagnétiques à l'eau), archéologie, environnement, néotectonique, etc. (Beres et al., 1991).

Le GPR émet des ondes électromagnétiques (electromagnetic waves ou EMW) à l'aide d'une antenne (transmetteur) et capte les ondes électromagnétiques à l'aide d'une seconde (récepteur). Lors de la prise de données, il permet d'émettre un « short pulse » (c'est-à-dire que la période d'émission est très courte, de l'ordre de quelques nanosecondes, ns) d'ondes électromagnétiques qui pourront ensuite pénétrer le sol. L'onde ainsi émise voyage dans le sol alors que sa vitesse\* est contrôlée par les propriétés physico-chimiques du milieu de propagation. Lorsque le front d'onde atteint une interface quelconque à partir duquel la vitesse de propagation change, une certaine quantité d'énergie est réfléchiée vers la surface et est enregistrée par l'antenne réceptrice (Rosa, 2006). L'appareil enregistre ainsi une trace radar, qui est en fait un spectre de l'amplitude (en milliVolt, mV) de l'énergie enregistrée en fonction du temps en nanosecondes (1 ns = 10 E -9 sec).

Le spectre ainsi produit n'enregistre pas seulement les ondes réfléchies dans le sous-sol qui sont dues aux contrastes de constante diélectrique\* de sub-surface. En effet, il enregistre également l'onde aérienne (air wave) juste au-dessus de la surface du sol qui voyage en ligne droite à la vitesse de la lumière (c) entre les deux antennes. Cette onde correspond au premier pic enregistré sur une trace. De plus, le second pic correspond à l'arrivée de l'onde directe du sol (ground wave), cette onde voyage presque en ligne droite juste en dessous de la surface du sol et sa vitesse est fonction des caractéristiques du milieu. Les autres signaux enregistrés proviennent des réflexions dans un environnement 3D et du bruit de fond en raison des ondes FM, des téléphones portables, des interférences avec les objets conducteurs, etc. (Rosa, 2006).

La vitesse des ondes électromagnétiques est principalement contrôlée par la constante diélectrique relative ( $\epsilon_r$ ) qui est fortement dépendante de la teneur en eau. Les réflexions arrivent aux interfaces\* où la concentration en eau change significativement et sont mesurées par l'antenne réceptrice. L'humidité du sol change aux interfaces de dépôts sédimentaires majeurs, en raison des changements de densité et de concentration en matière organique, causant des réflexions forte du géoradar (Waner et al., 1990). La constante diélectrique relative est utilisée pour déterminer le volume d'eau contenu (Volumetric Water Content ou VWC) en utilisant la relation empirique de Topp\* et al. (1980). Le VWC et les changements d'humidité du sol dans le temps vont modifier le temps d'aller retour de l'onde dans le sol (Two Way Travel Time ou TWTT) et la vitesse des ondes radar.

Il existe plusieurs paramètres qui régissent la propagation des ondes électromagnétiques :

1) la constante diélectrique ( $\epsilon$ , dielectric permittivity) qui se mesure en Farads\* (capacitance\* / unité de distance) et représente la capacité du milieu à stocker les charges électriques;

2) la conductivité électrique ( $\sigma$ , electrical conductivity) qui mesure la capacité d'un milieu à conduire une charge lors de l'application d'un champ électrique statique; et

3) la perméabilité magnétique ( $\mu$ , équivalent magnétique de la constante diélectrique).

L'expression de la vitesse de propagation de l'EMW dans un milieu quelconque est fonction de la fréquence, de  $\epsilon$ , de  $\sigma$  et de  $\mu$ . Les variations de perméabilité magnétique étant négligeable dans la plupart des sols, c'est la constante diélectrique qui a le plus d'impact sur la réponse du GPR (Powers 1997). L'amplitude de l'EMW ( $\alpha$ ) décroît exponentiellement avec la profondeur de pénétration (Rosa, 2006).

La taille de la réflexion (quantité d'énergie qui est réfléchi) du GPR est fonction du contraste de la constante diélectrique à travers la zone réfléchi et est donnée par le coefficient de réflexion. L'eau ayant le  $\epsilon$  le plus grand des composantes du sol, les réflexions observées avec le géoradar peuvent être causées par la teneur en eau du sol (Tsaflias et al., 1999). Les changements de texture seuls ne peuvent donner les coefficients de réflexion (Van Dam et al., 2000) mais ils peuvent être associés aux changements verticaux de la VMC, grâce aux différences de propriétés de rétention en eau des sols adjacents (Van Dam et al., 2003). L'atténuation du signal radar est donc fortement liée à la constante diélectrique totale\* du milieu.

### 3.1.2. Appareillage:

Le géoradar (photo 6) est principalement constitué de deux antennes, l'une émettrice d'ondes électromagnétiques et l'autre réceptrice. L'antenne émettrice envoie une ondelette électromagnétique centrée sur une fréquence entre 10Mhz et 1 GHz. Le signal n'est pas formé par une simple sinusoïde mais il est composé par plusieurs sinusoïdes centrées sur la même fréquence (Bano, 2000). Les antennes peuvent être blindées ou pas, dans ce dernier cas l'énergie émise se propage dans l'air, il n'y a alors pas de phénomène de dispersion du signal mais les diffractions aériennes provenant des objets de surface peuvent masquer les réflexions primaires (Sun et al., 1995). D'un point de vue qualitatif, plus la fréquence est élevée et plus la résolution est bonne mais moins la profondeur d'investigation est grande et plus il faut réaliser de points de mesures.



Les deux antennes sont reliées à une console, elle-même reliée à un ordinateur portable, permettant ainsi de visualiser les données recueillies pendant leur acquisition sur le terrain et de configurer la console. L'énergie nécessaire est fournie par deux batteries (du type de celles utilisées pour les automobiles). Afin de limiter les interférences électromagnétiques, les connexions entre les différents composants du GPR sont en fibres optiques (Bano, 2000).

En fonction de l'atténuation des ondes électromagnétiques due au milieu et de la fréquence utilisée, le géoradar permet d'étudier un sol entre 2 et 50 mètres de profondeur. Le GPR peut pénétrer jusqu'à 10 mètres de sol dans une tourbière, avec une résolution de 25 centimètres si on utilise des antennes de 100 Mhz et dépendamment de la conductivité électrique du milieu. La résolution verticale du GPR

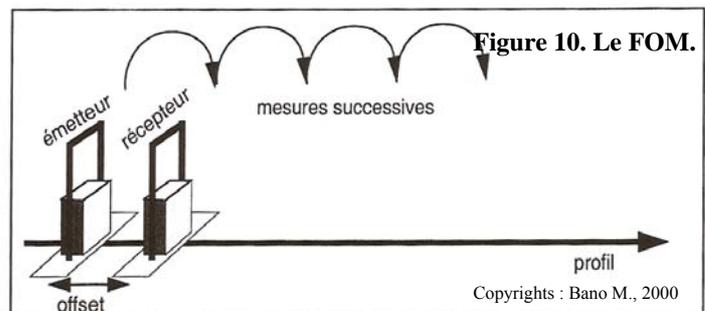
représente la capacité de l'appareil à positionner correctement un réflecteur continu et vaut approximativement  $\lambda$  (la longueur d'onde) divisé par 4.

L'appareil disponible au département de géologie de l'UQÀM, peut émettre des ondes à des fréquences de 50, 100 et 200 MHz. C'est un appareil pulse EKKO 100 qui est un produit de la compagnie Sensors and Software Inc. (Canada).

### 3.1.3. Méthodes:

Il existe trois méthodes d'acquisition de données pour mesurer la teneur en eau du sol avec l'onde terrestre d'un géoradar. Les réflecteurs significatifs à travers les tourbières peuvent venir de l'humidité locale et des changements de densité (Theimer et al., 1994). Un réflecteur est une irrégularité du sous-sol (densité, humidité) qui va être mise en évidence par les ondes électromagnétiques lors de leur passage. Cette irrégularité prend la forme d'une vaguelette sur la coupe du GPR, mettant en évidence, selon qu'elle est bien marquée ou pas, le passage d'un horizon du sol à un autre et le type de matériau les constituants (couche de sphaignes, forte densité de réflecteur; roche consolidée, absence de réflecteurs...).

La méthode que nous avons utilisé dans le cadre de notre étude est appelée « méthode à écart fixe » (Fixe Offset Method ou FOM). Les deux antennes se déplacent ensemble, toujours à la même distance l'une de l'autre, sur la zone d'étude appelée « profiling » (figure 10). Les antennes sont utilisées parallèlement l'une à l'autre et perpendiculairement au profil. La méthode d'analyse à trace simple (Single Trace Analysis ou STA) permet l'estimation de la vélocité sur chaque point de mesure. La grande résolution spatiale quand l'écart entre les antennes est faible et la capacité d'avoir une grande zone de relevés en peu de temps, sont les avantages de cette méthode. Elle présente néanmoins des problèmes d'utilisation, l'exactitude de la mesure de concentration en eau du sol dépend du bon choix de conduite de l'onde directe du sol et de la bonne calibration de la vélocité de l'onde aérienne (temps zéro) (Huisman et al., 2002). Le temps zéro correspond au départ de la pulsation du transmetteur et les autres temps d'arrivée sont mesurés par rapport à lui. Avec cette méthode la valeur du temps zéro est estimée précisément en utilisant la calibration de la vélocité de l'onde aérienne du géoradar.



Les mesures ont été réalisées le long de transects\* (photo 7), espacés entre eux de cent mètres (annexe 1). Les transects ont été matérialisés sur le terrain à l'aide de rubans forestiers de couleur rose (T1 à T15, T16 se révélant être en dehors de la tourbière) entre des points de repère installés tous les 50 mètres. Chaque emplacement a reçu un numéro d'identification et a été localisé grâce au GPS (Global Positionning System, la projection utilisée est l'Universal Transverse Mercator Zone 18, NAD 83), afin



de faciliter le traitement des données, la cartographie et la localisation sur le terrain (position en mètres et non en degrés, minutes, secondes). Les mesures ont été réalisées à l'aide des antennes de 100 MHz pour l'ensemble de la tourbière (T2 à T13) et les antennes de 200 MHz (meilleure résolution à faible profondeur) ont été utilisées pour les transects T2 à T5 ainsi que pour le T8 (présence de sondes piézométriques, faible profondeur et plus faible présence d'eau), pour affiner nos résultats, si nécessaire.

Afin de cartographier en trois dimensions l'ensemble de la tourbière, les relevés de sub-surface ont été complétés par des mesures de topographie de surface à l'aide d'une station totale\* (photo 8). Les végétations arbustive et arborescente sont très denses sur toutes les bordures de la tourbière et la partie médiane, cachant les lignes de visée, nous avons donc dû faire plusieurs mises en station. Le recollement entre les différentes stations a été possible par la prise de points en commun. Ainsi, toutes les mesures ont été ramenées à l'altitude d'origine de la première station (305 mètres d'altitude par rapport au niveau de la mer, mesurée par GPS et recoupée grâce à une carte d'état-major). Les mesures de microtopographie ont également servi à caractériser la morphologie de surface du complexe tourbeux et ainsi d'établir, du moins en partie, le sens d'écoulement de la nappe phréatique au sein de celui-ci.



De plus des sondages manuels qui ont été réalisés pour partie en 2005 et achevés cette année, ont servi à corréliser les résultats du géoradar et à compléter les mesures de profondeur là où le géoradar n'a pu être utilisé.

#### **3.1.4. Traitement des données :**

Les données sauvegardées dans le géoradar ont été transférées sur un ordinateur afin d'être traitées. Les logiciels, EKKO View et EKKO View Deluxe (également de Sensors and Software Inc.), ont été utilisés pour traiter les données issues du géoradar. Ils permettent, entre autres, d'atténuer les phénomènes physiques inhérents à la propagation des ondes électromagnétiques dans le sol (atténuation de signal avec la profondeur, superposition de bruits parasites, etc.). Pour ce faire les logiciels prennent en compte plusieurs paramètres tel que le calage du temps zéro, l'analyse spectrale, l'amplification constante ou ajoutée, le filtre passe bande, modélisation et filtrage des diffractions aériennes, etc. (Bano, 2000). Ainsi, la position des réflexions, au niveau de l'interface tourbe/roc, peut être lue et nous indique à quelle profondeur est le grès et/ou quelle est la hauteur de tourbe au point de mesure.

L'ensemble de ces altitudes nous a permis de réaliser la modélisation en trois dimensions du bassin tourbeux grâce au logiciel de cartographie MapInfo. L'outil de modélisation qui a été utilisé est Vertical Mapper et le mode d'interpolation spatial est la triangulation. Cet outil du logiciel Mapinfo, fabrique le plus grand nombre de triangle le plus petit possible en conservant les valeurs réelles et en adoucissant les sommets. Les modélisations ont été basées sur 124 points de relevés de surface et de sub-surface, sur les 189 initialement prévus. En effet, compte tenu du faible écart qu'il existe entre les mesures au géoradar et des sondages manuels, les résultats de ces deux techniques ont été rentrés indifféremment dans la base de données afin d'avoir le plus grand nombre de relevés possible. De plus, les points à la périphérie du bassin tourbeux, relevés au GPS, ont été intégrés à une première modélisation afin de limiter les erreurs d'extrapolation sur les bords de la tourbière, à l'interface roc-tourbe de surface.

Enfin, afin de valider nos modélisations et les comparer avec celles en deux dimensions et les traces du géoradar, l'option de Vertical Mapper, Cross Section a été utilisée. Cette option permet de réaliser des transects sur la modélisation pour obtenir une visualisation en coupe. Cette modélisation en deux dimensions reprend les données extrapolés et interpolés de la modélisation en trois dimensions.

### 3.2. Inventaires floristiques et analyses de l'eau.

Ces mesures ont été réalisées afin d'identifier les liens entre la répartition spatiale des communautés végétales, les paramètres hydrologiques et les conditions physico-chimiques du milieu mais également pour suivre l'évolution de la végétation dans le temps.



Pour ce faire, il a été proposé de réaliser quatre transects supplémentaires (annexe 1). L'un a été installé sur la plus grande longueur de la tourbière (est-ouest) et les autres sur les plus grandes largeurs (nord-sud). Ces points ont été matérialisés à l'aide de drapeaux forestiers oranges, numérotés (est-ouest : A, nord-sud : B, C, D) et géoréférencés. Il faut noter que les transects B, C, D correspondent aux transects du géoradar T5, T10 et T14 mais décalés de 5 mètres à l'est pour que le milieu ne soit pas perturbé avant nos investigations. Ce positionnement devrait permettre de parcourir les différents milieux de la tourbière. Pour obtenir des résultats les plus précis possible et mettre en évidence un gradient « qualité de l'eau/végétation », les relevés floristiques et hydrologiques ont été réalisés tous les 50 mètres. À chaque point de mesure, la végétation a été recensée grâce à un quadra de 5 x 5 mètres, quadrillé tous les mètres. Cette surface nous a permis d'inventorier, sans distinction, la végétation des dépressions et des buttes. À l'intersection des carrés du quadra, une tige a été installée et tous les individus en contact avec celle-ci ont été identifiés et comptabilisés. Cette technique appelée « méthode ponctuelle » (photo 9) nous permet d'avoir 36 relevés de végétation par point de mesure. Les inventaires de végétation ont été réalisés grâce à 66 quadras, soit 2376 relevés, couvrant ainsi une surface de 1650 m<sup>2</sup> (0,23 % de la tourbière). Les relevés ont ensuite été traités grâce à une matrice binaire (fichier Excel) et les résultats ont été analysés à l'aide de quatre indicateurs (taux de présence, abondance, dominance, fréquence) et de six indices de diversité (de Shanon-Weaver, de Merkinick, de Margalef, équitabilité, diversité et diversité maximum) d'écologie appliquée ainsi que grâce à un diagramme rang-fréquence. Les espèces végétales rencontrées ont aussi été comparées par leur autécologie et par leur statut au Québec et au Canada. Un nouveau traitement des données (analyses multivariées) sera réalisé par les statisticiens de l'IRBV en fin d'année 2006. Ce traitement permettra d'établir les liens précis entre la répartition spatiale des espèces et les variables abiotiques du site.

Un trou d'environ 10 x 10 cm et dont la profondeur varie en fonction du niveau d'apparition de la nappe, a été creusé au niveau du point d'origine des quadras en milieu tourbeux, de préférence dans les dépressions (photo 10), soit un total de 59 forages (annexe 1) sur les 66 points de végétation. Ce forage nous a permis de mesurer le niveau de la nappe par rapport à celui de la tourbe (photo 11), et de prélever deux échantillons d'eau (de 25 centilitres chacun) afin



Photo 10. Forage.



Photo 11. Mesure de la profondeur de la nappe.

de mesurer le pH (acidité) et la conductivité (présence d'éléments minéraux) de l'eau. Les échantillons d'eau ont été prélevés lors de la mise en place des forages au début de la saison de végétation, afin que les résultats obtenus soient applicables à la végétation de l'année. Les résultats de pH et de conductivité aideront à confirmer le cheminement global de l'eau le long du réseau hydrographique (Larocque et al., 2005) et de préciser dans quelles conditions pousse la végétation rencontrée. Les données brutes ont été corrigées grâce à une formule permettant de ne pas tenir compte des ions  $H^+$  pour la conductivité, en fonction du pH. Cette correction permet de ne pas prendre en compte l'acidité et donc mieux représenter la quantité de minéraux disponibles pour les végétaux.

Le suivi des profondeurs de nappe a été réalisé toutes les deux semaines et a permis de connaître la morphologie de la nappe phréatique, donc le sens d'écoulement de l'eau dans le complexe tourbeux.

### **3.3. Les autres dispositifs.**

(Les dispositifs qui suivent sont présentés afin de donner une vision d'ensemble du projet dans lequel s'inscrit notre étude. Bien qu'ayant participé à leur réalisation, les résultats n'apparaissent pas dans le présent document mais seront publiés dans un mémoire de Maîtrise d'Hydrogéologie, en cours de préparation.)

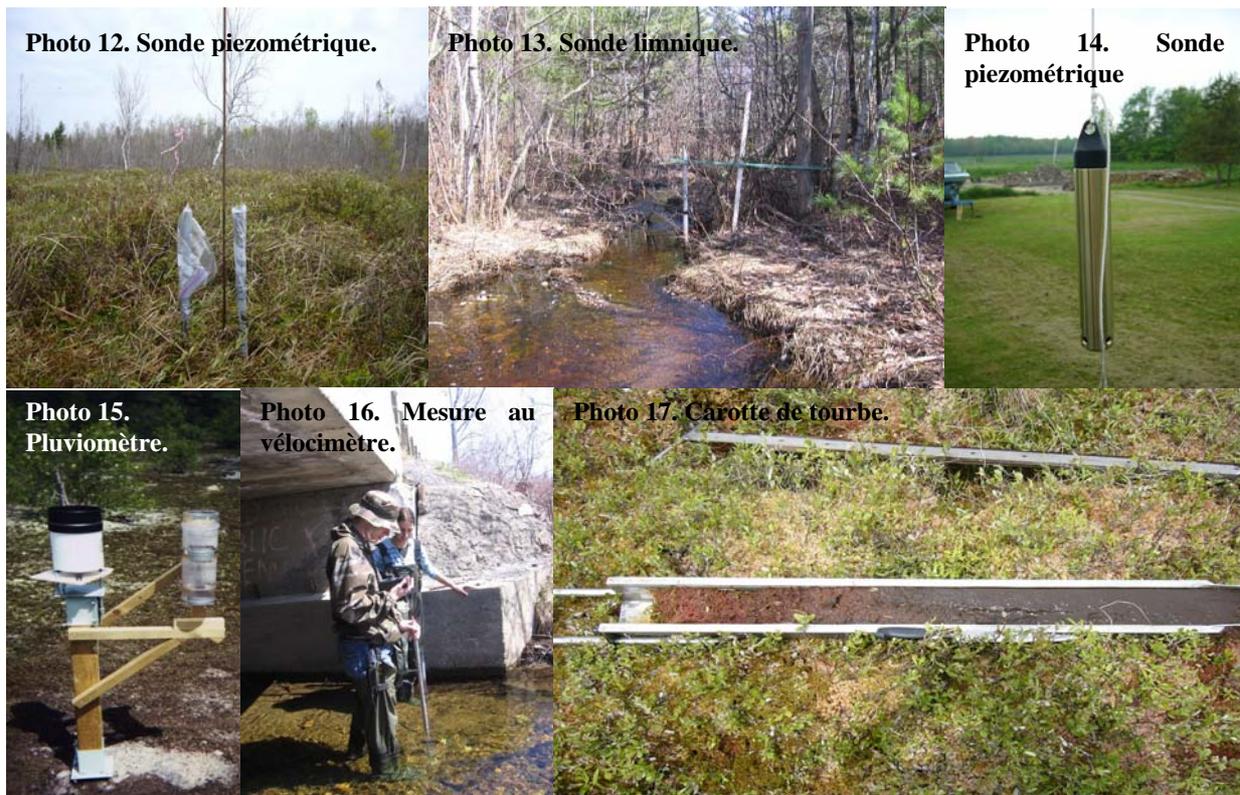
Le volet hydrologique (mené par l'UQAM) a pour but de comprendre les échanges hydriques entre la tourbière et la colline, de connaître le bilan hydrique et d'identifier les composantes hydrologiques de la tourbière les plus sensibles aux perturbations.

Ainsi, pour le suivi des niveaux d'eau, six sondes piézométriques ont été installées dans la tourbière (photo 12 et annexe 1), que viennent compléter huit sondes dans les cours d'eau de la colline (photo 13 et annexe 2) et huit dans des puits de particuliers (photo 14 et annexe 2).

Le suivi des précipitations a été réalisé grâce à un pluviomètre installé sur le roc, en zone découverte, à la périphérie immédiate de la tourbière (photo 15 et annexe 1).

Des échantillons d'eau ont été prélevés là où il y a des sondes, toutes les deux semaines pour la mesure des isotopes stables (Oxygène<sup>18</sup> et Deutérium). Cette mesure permet la construction d'une droite des eaux météoritiques pour chaque prélèvement et, en les comparant entre elles, il est possible d'identifier la provenance de l'eau. De plus, des mesures de pH et de conductivité sur ces échantillons permettent d'appréhender le temps de séjour de l'eau et sa provenance (minéralisation). Ces deux premiers types de traceurs permettent d'avoir une distribution spatiale et temporelle des données. Des échantillons d'eau ont également été prélevés une fois pendant l'été 2006, ceci afin de mesurer la teneur en ions majeurs (Carbone, Sodium, Magnésium...) de l'eau. Des mesures de débit des cours d'eau ont également été effectuées toutes les semaines dans le but de calculer le bilan hydrique de la tourbière et de la colline (photo 16).

Des carottes de tourbes (photo 17 et annexe 1) ont été prélevées afin de mener une étude pollinique et macrofossile. Cela devrait permettre de mettre en évidence la dynamique de croissance du bassin tourbeux mais également de connaître l'évolution des communautés végétales dans le temps. D'autres carottes de tourbe ont été prélevées afin de connaître les caractéristiques physiques et hydrodynamiques de la tourbe (porosité, conductivité hydraulique, etc.). Des tests en laboratoire doivent permettre de connaître la quantité d'eau retenue par couche de sol, ces résultats pourront être utilisés dans un Modèle Numérique d'Hydrologie qui permettra de connaître le passage préférentiel de l'eau au sein de la tourbière. Ces carottes ont été complétées par des prélèvements de substrats à la surface du roc à la base des dépôts tourbeux pour une datation basale.



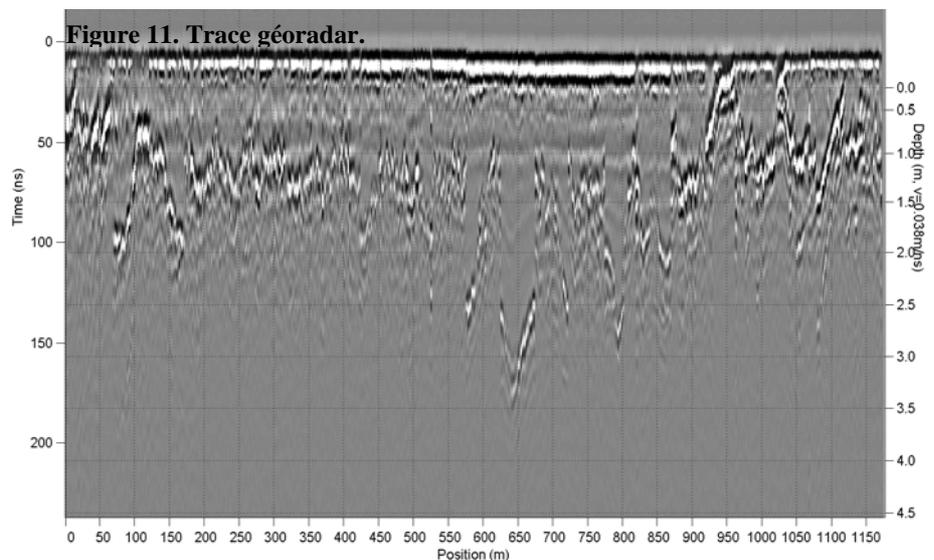
## 4. Résultats :

### 4.1. Morphologie.

#### 4.1.1. Le Ground Penetrating Radar:

La grande différence de constante diélectrique qu'il existe entre le grès et la tourbe a facilité la lecture des résultats. En effet, les réflexions (négatives en noir et positives en blancs) de l'onde radar à l'interface tourbe/roc sont très bien marquées et n'ont pas nécessité l'application de filtre supplémentaire sur les traces radar obtenues. Les traces obtenues représentent la morphologie du roc mesurée à partir d'une surface plane et nous permettent donc de connaître la hauteur de tourbe entre ces deux parties.

La figure 11 représente la trace géoradar du transect de végétation A et est également la plus grande réalisée dans le cadre de cette étude. La bande noire et blanche visible au niveau du temps zéro correspond à l'onde aérienne et juste en dessous, l'onde directe du sol. La seconde bande la plus importante correspond aux réflexions de l'onde radar (ou du front d'onde) à



l'interface tourbe/roc. Grâce à la Fixe Offset Method (ou FOM) nous pouvons voir les irrégularités du roc tout au long de notre transect, et ce, tous les mètres. Les profondeurs ont été relevées manuellement sur les traces géoradar pour tous les transects. Dans notre protocole, les points de mesures sont installés tous les cinquante mètres sur nos transects (sondages manuels). Ainsi les profondeurs auxquelles apparaît le roc ont été relevées à ce même pas pour qu'elles puissent bénéficier de la localisation GPS en vue de la modélisation. L'altitude considérée a toujours été prise au niveau de la première réflexion (en noir).

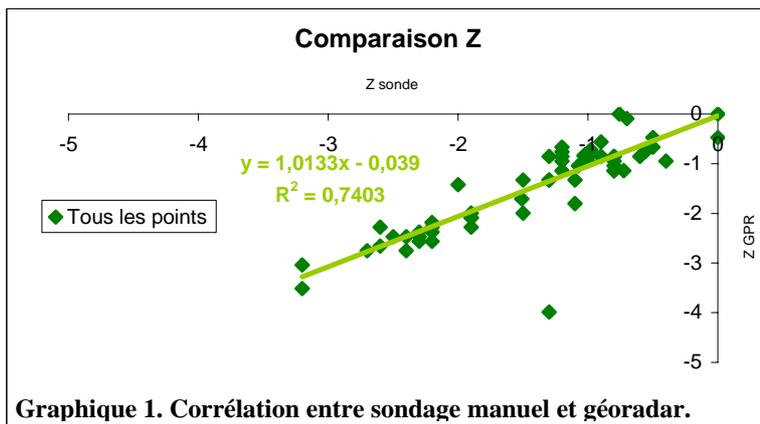
La vitesse de la tourbe étant mal connue, elle a d'abord été fixée à 0,040 m/ns puis elle a été ramenée à 0,038 m/ns après avoir réalisé une calibration à l'aide des résultats de sondages manuels.

La visualisation des différentes traces du géoradar nous montre que le roc est fracturé et irrégulier un peu partout dans la tourbière. De plus, les plus grandes profondeurs sont rencontrés au milieu de la tourbière et comme on le voit sur la trace du transect A, le roc est affleurant dans la partie ouest et à l'extrémité est du bassin.

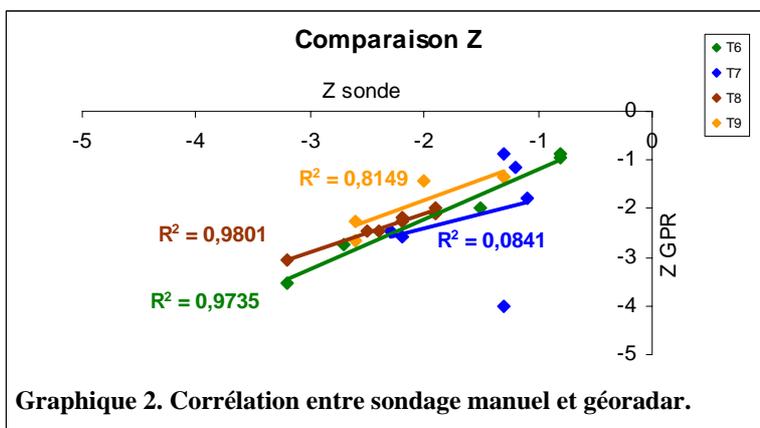
#### 4.1.2. Corrélation entre sondage manuel et GPR:

Les sondages manuels nous permettent de comparer les résultats de géoradar à une autre mesure de profondeur. Cette comparaison nous a permis de mettre en évidence la précision des résultats.

Le graphique 1 montre la bonne concordance des profondeurs (Z) obtenues par la méthode des sondages manuels et celle du géoradar. En effet, le coefficient de la droite est très proche de 1, avec une différence moyenne de moins de quatre centimètres entre les deux méthodes. De plus, le coefficient de détermination ( $R^2$ ) peut être considéré comme bon et s'explique, notamment, par le point très en dessous de la droite (-1,3 ; -3,99) appartenant au transect T7.

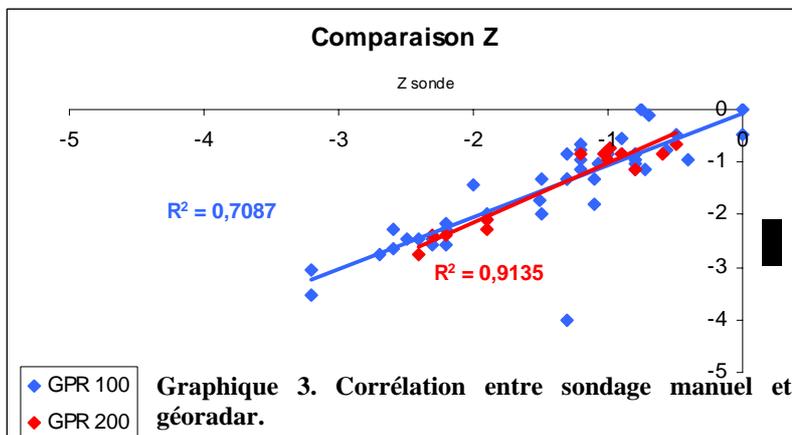


En effet, comme le montre le graphique 2, représentant les transects avec le plus de points en commun aux deux méthodes, la corrélation est bonne sauf pour le transect T7. Ce constat peut s'expliquer par la configuration du site d'étude et à une certaine imprécision dans les relevés de sondages manuels. Le roc étant irrégulièrement et brusquement fracturé (comme nous le montre la trace géoradar du transect A), on peut penser que la prospection n'a pas toujours eu lieu à l'endroit précis. De plus, les caractéristiques du



GPS (précision bloquée par l'armée américaine à plus ou moins trois mètres, plus grande imprécision en cas de mauvais temps ou de couvert végétal, etc.) ont pu reporter des erreurs de localisation d'une année à l'autre. Cette explication ne s'applique pas à tous les résultats, puisque dans les autres cas nous obtenons des corrélations bien supérieures à celle de l'ensemble des points, avec un coefficient de détermination plus proche de 1.

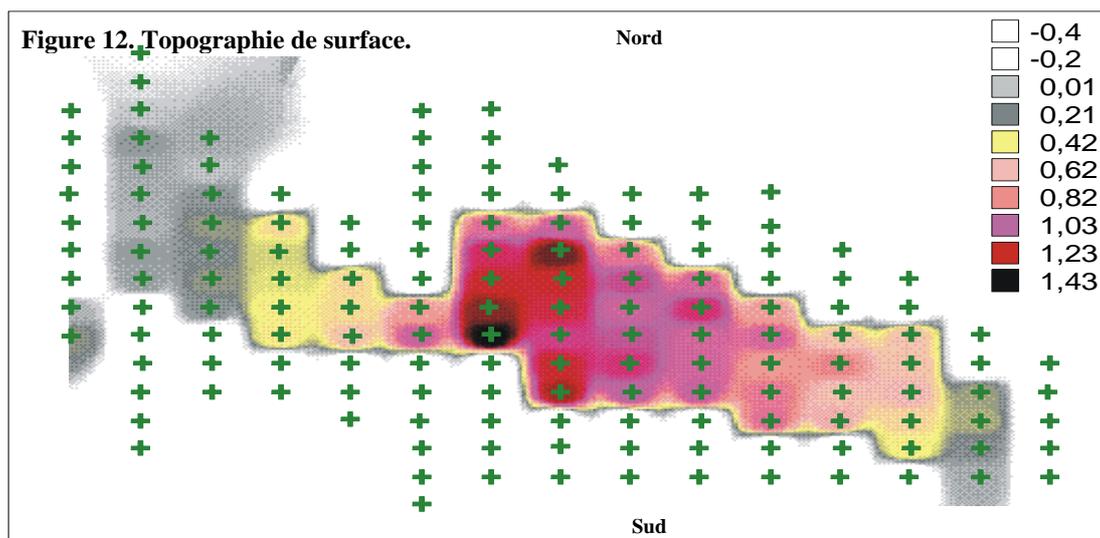
Concernant les relevés réalisés avec des antennes de 200 MHz, on voit sur le graphique 3 que leur corrélation par rapport aux mesures par sondage manuel est bien meilleure qu'avec les antennes de 100 MHz. Cela peut s'expliquer par la meilleure résolution à faible profondeur qu'offre une fréquence plus haute, mais également par le nombre plus réduit de points mesurés avec celle-ci.



En général, il n'y a pas ou peu de différences de résultats (en moyenne 1,2 cm) entre les deux fréquences et nous obtenons un coefficient de détermination de 0,98 en comparant ces deux méthodes.

#### 4.1.3. Microtopographie :

Les relevés présentés précédemment nous permettent de savoir où se trouve le roc, et donc le plancher du bassin tourbeux mais sans repère précis de surface. La topométrie nous permet de connaître où se trouve le plafond mais également de mieux appréhender l'écoulement des eaux en fonction de la forme du bassin tourbeux. On parle ici de microtopographie car une tourbière est composée de dépression et de buttes en fonction de comment la végétation a poussé et il n'y a pas, ici, de changement d'altitude visible ni de forte dénivelé.



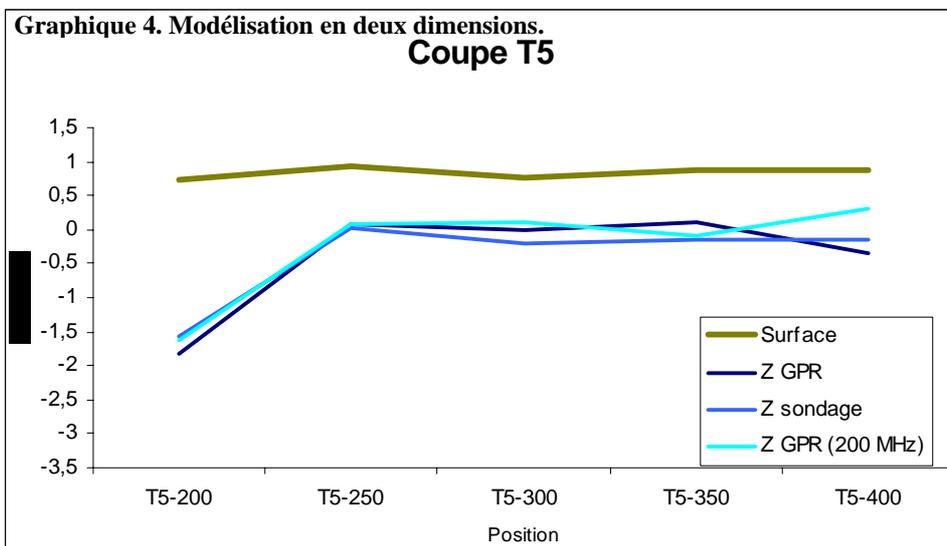
La figure 12, placée par rapport aux transects GPR (T1 est le premier à l'est), représente la microtopographie de la tourbière en altitude relative (l'altitude d'origine est 0 mètre). Les extrémités

des transects qui n'ont pu être mesurées correspondent à une zone marécageuse boisée (le *lagg*) qui n'a pas été parcourue avec le géoradar. La présence d'eau de surface (à forte constante diélectrique) empêche l'onde radar de pénétrer dans les horizons de tourbes sous-jacents. Cette modélisation nous permet de constater que comme pour les profondeurs de roc, les hauteurs de tourbe les plus grandes se trouvent au milieu de la tourbière (transects T6, T7, T8 et T9). Le bassin tourbeux se compose de deux parties. Une à l'ouest de faible hauteur et une à l'est, plus élevée et dont l'altitude diminue en allant vers l'est. Enfin, la forme générale de la tourbière est convexe, de structure excentrique et donc l'écoulement de l'eau se fait fort probablement du centre vers les bords, préférentiellement vers l'est du bassin.

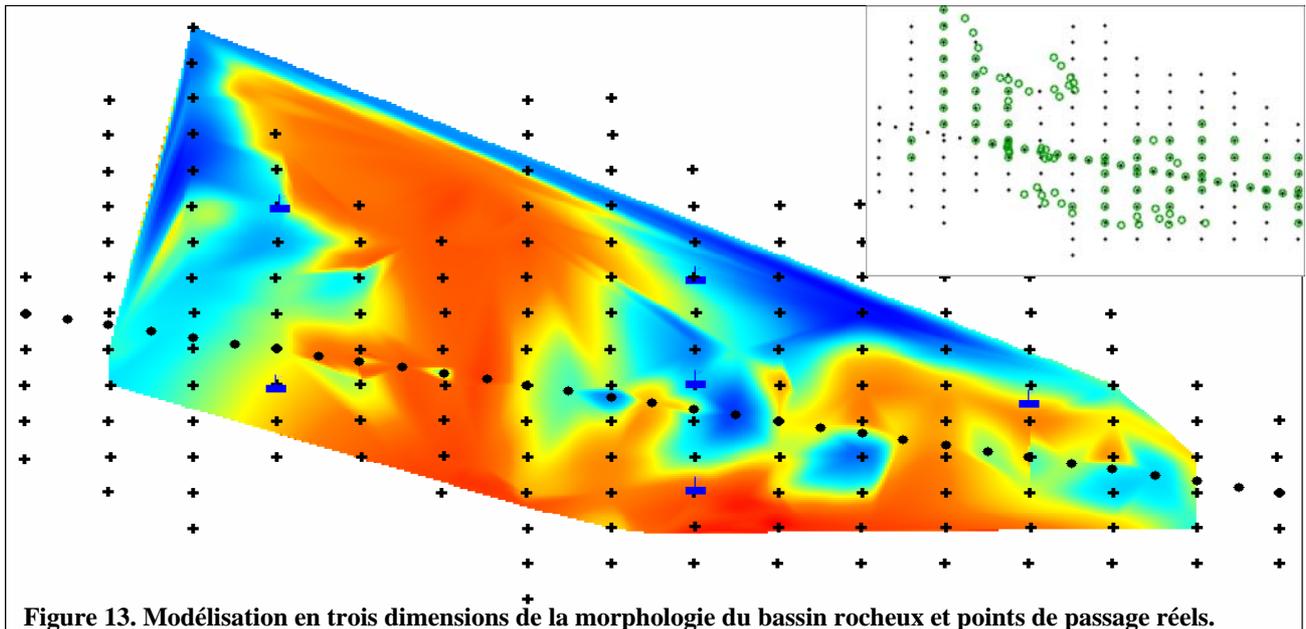
#### 4.1.4. Modélisation en deux dimensions:

À l'issue de ces résultats, une modélisation en deux dimensions a pu être réalisée ce qui permettra dans un second temps de valider la modélisation en trois dimensions. La représentation en deux dimensions du complexe tourbeux sera également utile aux hydrogéologues pour utiliser des Modèles Numériques d'Hydrologie.

Le graphique 4, montre bien la similitude des données de profondeurs entre les différentes méthodes (géoradar avec les antennes de 100 MHz et de 200 MHz et les sondages manuels), ainsi que la manière dont vient se positionner les relevés de topographie. Les données de profondeurs représentant en fait une hauteur de tourbe au-dessus du roc, les profondeurs brutes ont été corrigées par rapport aux niveaux de la surface. Cette modélisation permet de retrouver les tendances qui ont été vues avec les traces du géoradar mais avec la vraie topographie de surface qui apparaît, et non plus une surface plane déterminée pas le temps zéro.



#### 4.1.5. Modélisation en trois dimensions :



La modélisation en trois dimensions (X, l'attitude, et Y, la longitude, sont représentés par les point GPS ; Z, l'altitude, est représenté par les variation de couleur) nous permet d'appréhender la topographie de surface et de sub-surface, là où les relevés n'ont pu être réalisés.

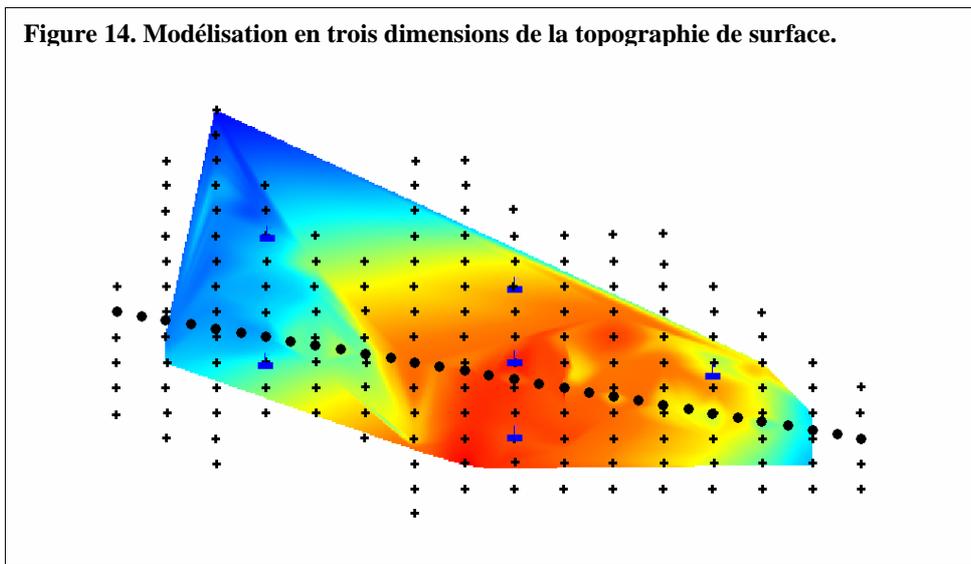
La figure 13 représente la modélisation de la topographie du roc. Plus l'altitude est faible, et donc la profondeur importante, plus la couleur va vers le bleu foncé. Plus le roc est près de la surface et plus la couleur va vers le rouge, qui représente le roc quand il est affleurant. Les symboles noirs représentent les transects du géoradar et de l'inventaire de végétation, les symboles en bleu représentent l'emplacement des sondes piézométriques. L'encadré montre là où les relevés topographiques de surface et de sub-surface ont été réalisés (symboles verts). La présence des points de relevés théoriques et ceux réellement réalisés permet de voir où se situe la zone d'extrapolation (à l'extérieur des points verts) et d'interpolation (à l'intérieur des points verts).

Cette première modélisation permet de voir que la tourbière est en réalité constituée de deux parties. Cette première caractéristique avait été constatée *de visu* sur le terrain. Ce seuil rocheux, suit un axe nord-sud sur environ 300 mètres à l'intérieur de la tourbière (le long du transect T12) et sur une largeur d'environ 200 mètres (entre les transects T11 et T13). Ensuite, on constate que le niveau du roc est plus élevé vers la bordure sud que vers la bordure nord du bassin tourbeux. On note également que les grandes profondeurs se situent dans le milieu de la partie est et à l'extrémité gauche de la partie ouest. Enfin, la zone bleue foncée le long de la bordure nord est due à l'extrapolation du logiciel qui a relié entre eux les premiers points des transects T6, T7 et T13 et ne représente pas la réalité où le roc affleure dans cette zone (forêt).

La figure 14 représente la modélisation de la topographie de surface du bassin tourbeux. Elle a été réalisée de la même manière que la précédente, toujours dans le but d'acquérir une vue d'ensemble de la tourbière malgré des données restreintes. Cette représentation ne met pas en évidence le seuil rocheux entre les deux parties de la tourbière. Ceci peut s'expliquer par le fait que les affleurements rocheux soient plus bas ou à la même altitude que la tourbe à certains endroits ou que le nombre des

données à cet endroit ne soit pas suffisant pour une modélisation exacte. Cependant, cette

**Figure 14. Modélisation en trois dimensions de la topographie de surface.**



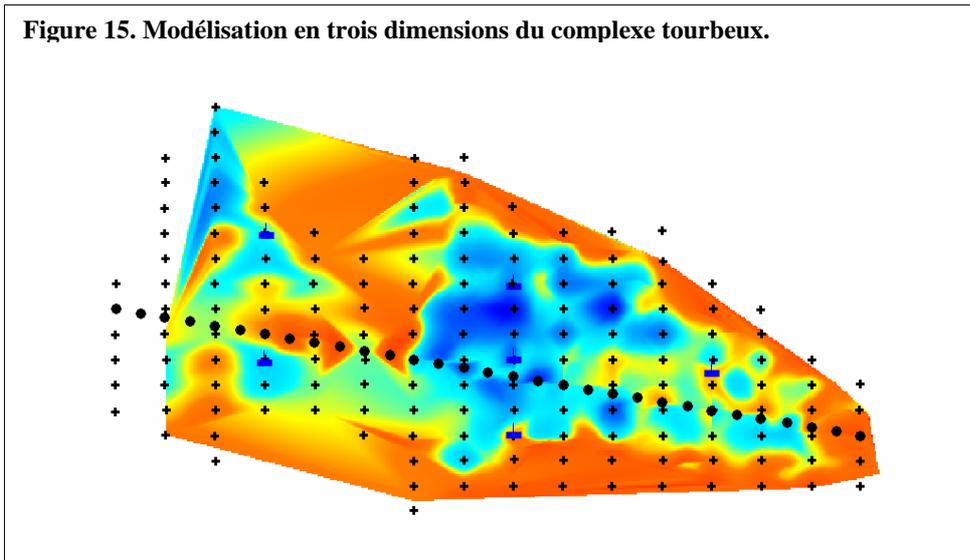
représentation nous permet de confirmer ce qui a été avancé lors de la première analyse de la topographie. La tourbière est composée de deux parties, celle à l'est ayant une altitude plus élevée qu'à l'ouest. On voit également que les plus hautes altitudes se situent selon un axe nord-ouest/sud-est et qu'elles diminuent progressivement en allant vers l'est alors

que cette diminution semble plus brutale vers l'ouest. Comme pour la première analyse de la topographie la zone la plus haute se trouve entre les transects T6 à T9.

En effet, la tourbière est de forme convexe, mais la structure semble ici plus concentrique qu'excentrique. L'écoulement de l'eau aurait lieu du centre de la tourbière vers les bords mais on ne peut pas préciser ici si il est préférentiel vers l'ouest ou vers l'est. Les deux zones de faibles altitudes rocheuse et tourbeuse, le long de la bordure ouest et à la pointe est de la tourbière, mettent en évidence la présence d'une rivière (à l'ouest) et d'un barrage de castors (à l'est) d'où commence un petit cours d'eau. Enfin, la bande bleue que l'on retrouve le long de la bordure nord tend à confirmer que l'altitude est plus faible dans cette zone, bien qu'elle soit due à une extrapolation de points très éloignés.

La figure 15 représente la hauteur de tourbe en associant les données de morphologie des bassins tourbeux et rocheux. Cette modélisation qui reprend le principe des deux autres, permet de distinguer

**Figure 15. Modélisation en trois dimensions du complexe tourbeux.**



les zones d'accumulation de matière organique. Plus les zones sont bleues foncées et plus la hauteur de tourbe est importante, c'est l'inverse en allant vers le rouge. Elle met mieux en évidence les changements brusques de topographie de subsurface, se rapprochant ainsi de ce qui est vu avec les traces du géoradar. On retrouve

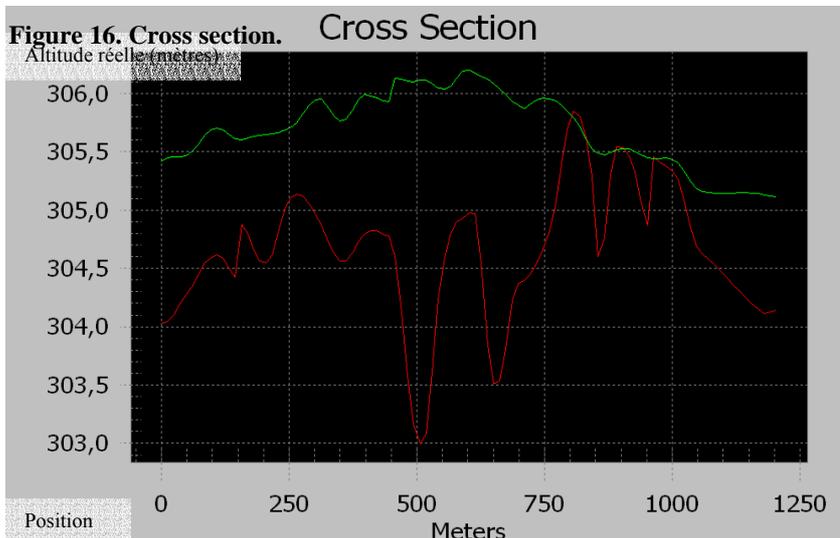
ici la zone médiane dans la partie est, entre les transects T6 à T9, mais la partie plus à l'est révèle une morphologie plus erratique et moins progressive que ce qui avait été vu auparavant. On voit nettement que cette partie de la tourbière renferme plusieurs poches, plus ou moins importantes où la tourbe

semble s'être accumulée préférentiellement. Cette constatation est moins nette dans la partie ouest qui présente néanmoins des irrégularités qui n'apparaissent pas dans les deux précédentes modélisations. Cette modélisation montre la forme convexe et la structure excentrique du bassin est.

On remarque également que le seuil rocheux entre les deux parties de la tourbière n'est pas continu et qu'il est plus irrégulier que ce que montrait la modélisation de la morphologie rocheuse. Enfin, on voit une bande de faible accumulation de tourbe tout autour de la tourbière qui semble constante au nord comme au sud, sauf pour la limite ouest où la bande bleue représente une rivière. Les exutoires apparaissent, à l'est on voit le bassin tourbeux se resserrer vers un barrage de castors tandis qu'à l'ouest il s'ouvre sur la rivière qui le longe.

Sur la figure 16, le transect A est représenté. Le trait vert correspond à la topographie de surface et le trait rouge à celle du bassin rocheux. On retrouve la morphologie et la forme convexe du complexe tourbeux ainsi que les irrégularités marquées du roc mais cette fois appliquées à une altitude réelle. On remarque cependant que le roc perd de l'altitude vers les bords alors que dans la réalité il en gagne. Le troisième affleurement à la position 1000 mètres est trop marqué par rapport à la trace du radar.

Cette technique nous permet de dire que les modélisations sont fiables dans leur ensemble. Le manque de données pour le nord de la tourbière donne cependant lieu à des erreurs quand on s'approche des bords de la tourbière. La représentation du seuil rocheux est particulièrement inexacte puisque l'on ne rencontre normalement que deux petites zones d'affleurement entre les deux bras rocheux le long du transect T12. On peut cependant dire que ces erreurs sont plus des décalages, en X-Y ou en Z, et donc que les tendances du milieu sont bien représentées. Ce constat ne s'applique pas à la modélisation du bassin rocheux, où la modélisation montre le roc s'enfoncer progressivement en allant vers le nord alors qu'il remonte irrégulièrement.

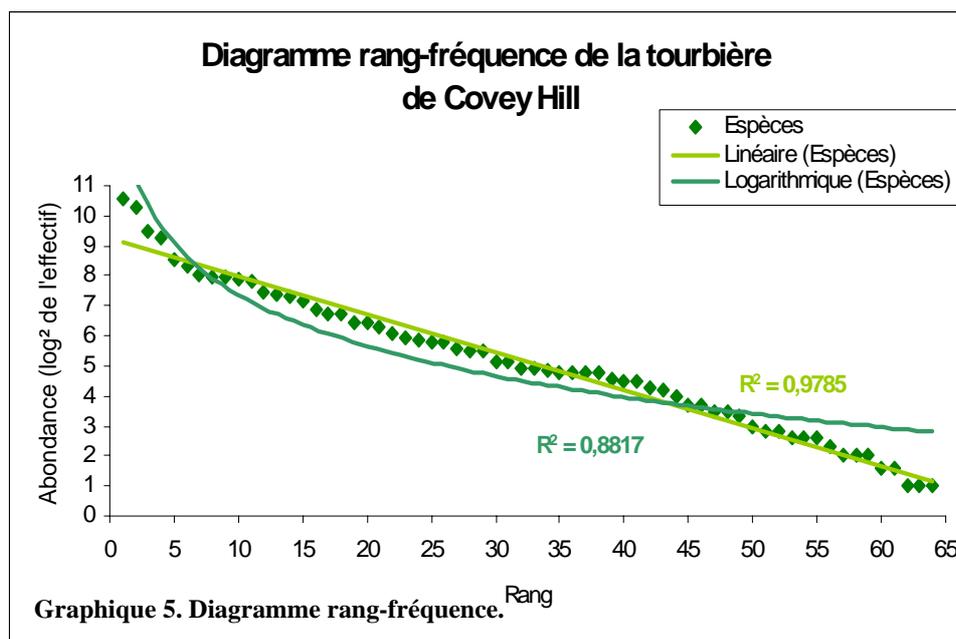


L'étude de la morphologie de la tourbière nous permet de connaître les caractéristiques générales du milieu, du point de vue du substrat et du cycle hydrologique. En effet, il a été montré que le complexe tourbeux avait une forme convexe et le bassin rocheux une forme concave. La structure du bassin tourbeux à l'est est excentrique. On a également mis en évidence deux zones d'accumulation de la tourbe, de part et d'autre d'un seuil rocheux fracturé. Ces bassins tourbeux sont constitués de dépressions rocheuses plus ou moins marquées. La plus forte accumulation a lieu dans le bassin est ce qui laisse penser que c'est dans cette partie que la tourbière aurait commencée à se développer. Les bords de la tourbière présentent une zone de faible accumulation de tourbe, où le roc est moins profond. Cette zone marécageuse semble représenter une zone de passage préférentielle de l'eau vers les exutoires. Ces derniers ont été mis en évidence par la modélisation du complexe tourbeux.

## 4.2. Écologie végétale.

Un total de 67 espèces végétales appartenant à différents groupes (lichens\*, mousses\* et spermaphytes\*), à travers 8155 individus référencés au total, a été identifié. Les données présentées ne prennent pas en compte 8 espèces (4 bryophytes et 4 vasculaires), à cause de la perte des informations les concernant. Pour l'ensemble des relevés nous obtenons une diversité (de Sorenson\*) de 16,87. L'indice de Merkinick\* ( $I_{Me}$ ) est de 0,74 et l'indice de Margalef\* ( $I_{Ma}$ ) est de 7,33. Ces premiers résultats permettent de dire que le milieu est diversifié puisque  $I_{Me}$  est proche de 1 et que  $I_{Ma}$  et la diversité sont élevés. L'indice de Shannon-Weaver\* ( $I_{ShW}$ ) est de 4,44 ce qui est élevé et indique une communauté bien diversifiée. La diversité maximum\* ( $D_{max}$ ) est de 6,0 ce qui nous donne une équitabilité\* de 0,74 (74%). Ces derniers résultats nous montrent le poids des espèces utiles (abondance supérieure à 1) qui ont donc une place importante au sein de la communauté. On remarque également que l'équitabilité et  $I_{Me}$  ont la même valeur, ce qui confirme qu'il y a peu d'espèces accidentelles. Pour mieux se rendre compte de ces résultats, le Diagramme Rang-Fréquence a été réalisé (graphique 5).

On voit sur le graphique 5 que seulement trois espèces n'ont qu'un individu qui a été relevé, elles n'apparaissent donc pas sur le diagramme. On note également que quatre espèces sont particulièrement représentées (*Sphagnum fallax*, *Chamaedaphne calyculata*, *Pylaisiella polyantha* et *Maianthemum trifolium*). Afin de mettre en évidence à quel stade d'évolution se situe la population, deux courbes de tendance ont été appliquées à notre nuage de points. Les deux courbes possèdent toutes les deux un coefficient de détermination élevé mais celui de la droite (ou courbe linéaire) est bien plus élevé que

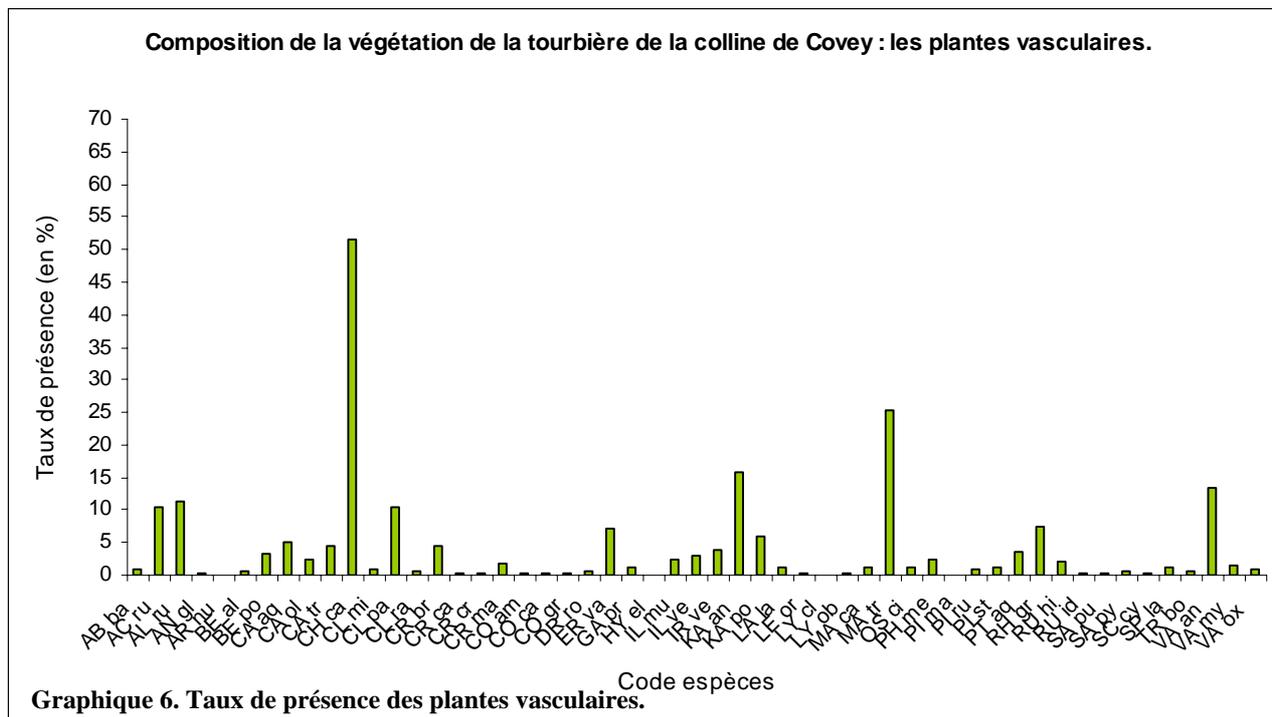


celui de la courbe logarithmique. De plus, en l'absence des quatre premières espèces, le coefficient de corrélation de la droite serait encore plus proche de 1 alors que celui du logarithme diminuerait. En fait, le modèle linéaire que suit la population est caractéristique d'un milieu au stade pionnier, par rapport à d'autres écosystèmes. En effet, le modèle logarithmique montre toutefois que la

population est en train de terminer une transition et on peut penser que ce modèle prendrait une forme plus en « S » si il avait été tracé avec un autre outil.

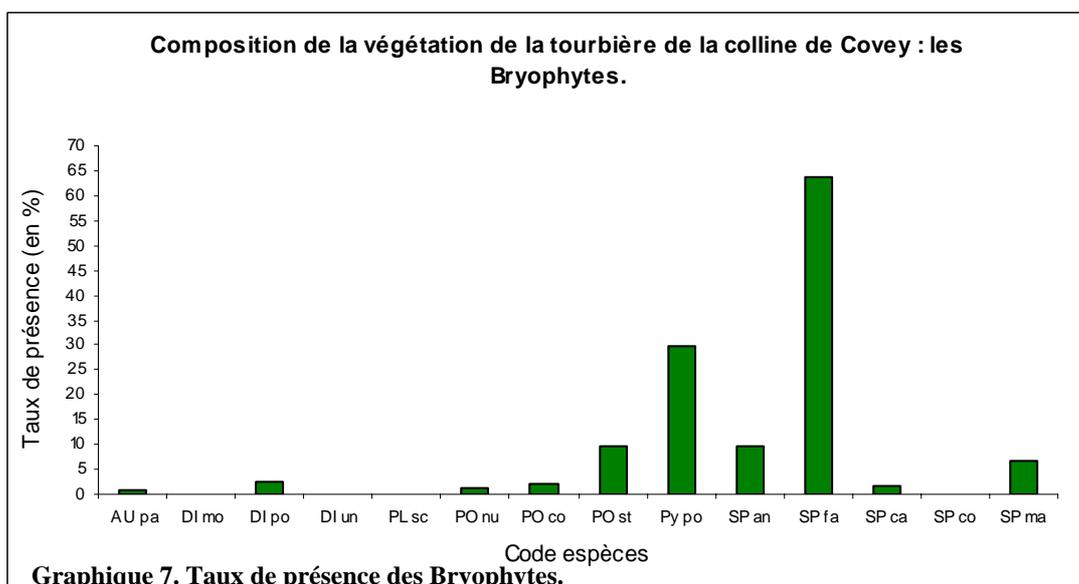
Cette analyse d'ensemble de la végétation ainsi que nos connaissances sur les tourbières nous montre donc que la tourbière est en fin de succession. Les résultats obtenus montrent que la tourbière est très diversifiée pour une tourbière ombrotrophe, avec 67 espèces. Afin d'affiner cette approche et de mieux connaître les espèces dominantes et accidentelles du milieu, une étude plus précise des espèces rencontrées a été réalisée.

Les graphiques 6 et 7 montre la répartition des espèces (vasculaires et invasculaires) en fonction de leur taux de présence\* (la signification des codes espèces en abscisses est disponible dans l'annexe 3).



**Graphique 6. Taux de présence des plantes vasculaires.**

Ces graphiques permettent de mettre en évidence les espèces dominantes (supérieur à 15%), les accidentels (inférieure à 2 %), mais aussi de distinguer celles rencontrés dans des zones particulières de la tourbière (entre 2 et 15 %).



**Graphique 7. Taux de présence des Bryophytes.**

Ensuite pour chaque espèce, l'abondance\*, la dominance\* et la fréquence\* ont été calculés (annexe 3). On peut ainsi présenter quelques tendances quant à leur répartition au sein de l'écosystème. L'espèce la plus présente et la plus rencontrée est *Sphagnum fallax*, son taux de présence est de 63,84 % et elle a également la plus forte dominance (18,6 %), elle a été trouvée partout. Elle est suivit en

importance par *Chamaedaphne calyculata* (taux de présence égal à 51,4 %) puis par *Pylaisiella polyantha* (29,6%), *Maianthenum trifolium* (25,3 %) et *Kalmia angustifolia* (15,7 %). Certaines espèces ont une fréquence élevée malgré une abondance plus faible, telle que *Sphagnum magellanicum* et *Polytrichum strictum* (fréquence égale à 59 %), *Kalmia polifolia* (43,9 %), *Sphagnum angustifolium* (42,4%), *Eriophorum vaginatum* var. *spissum* (39 %), *Rhododendron groenlanticum* (34,8 %), *Ilex verticillata* (25,8 %) et *Ilex mucronata* (22,7 %).

L'autécologie des espèces a également fait l'objet de notre attention, ainsi que leur préférence pour les tourbières (annexe 3). D'un point de vue générale, et compte tenu de l'état actuel de nos connaissances, on constate qu'il y a plus d'espèces à caractère ombrotrophe que minérotrophe (de milieu pauvre) mais qu'une minorité d'espèces (20) est inféodée aux tourbières et qu'elles sont plus généralement rencontrées dans des milieux humides. Des espèces importantes comme *Chamaedaphne calyculata*, *Polytrichum strictum*, *Sphagnum magellanicum*, *Sphagnum angustifolium*, *Vaccinium angustifolium* sont ombrotrophes et poussent préférentiellement dans les tourbières. Alors que d'autres comme *Alnus incana* ssp. *Rugosa*, *Acer rubrum* sont minérotrophes et bien que fréquentes, elles ne poussent pas préférentiellement dans les tourbières, mais sur les bordures. Cependant, l'espèce la plus présente partout dans la tourbière, *Sphagnum fallax*, est minérotrophe de milieu pauvre et est inféodé aux tourbières. Cette remarque laisse penser que la population de la tourbière est en train de finir une transition d'un milieu minérotrophe pauvre vers un milieu ombrotrophe.

Les espèces rencontrées ont également été comparées à la classification des espèces végétales du COSEPAC et aucune d'entre elles n'entrent dans l'une des sept catégories. Enfin, la carte de répartition des principaux types de tourbières du Québec-Labrador précise que nous sommes dans une tourbière ombrotrophe semi-forestière (Payette et al., 2001), ce qui explique la présence d'espèces arborescentes forestières tel que *Abies balsamea*, *Acer rubrum*, *Betula populifolia*, *Cornus canadensis*, *Larix laricina* et *Picea rubens*.

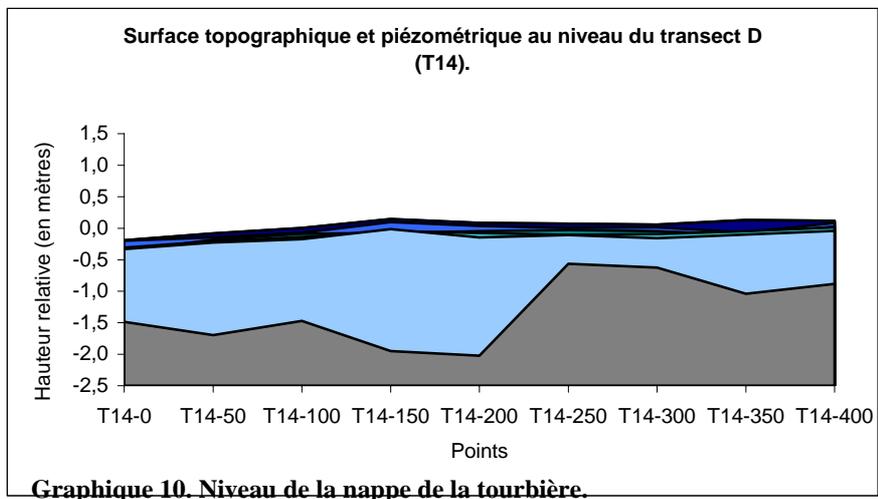
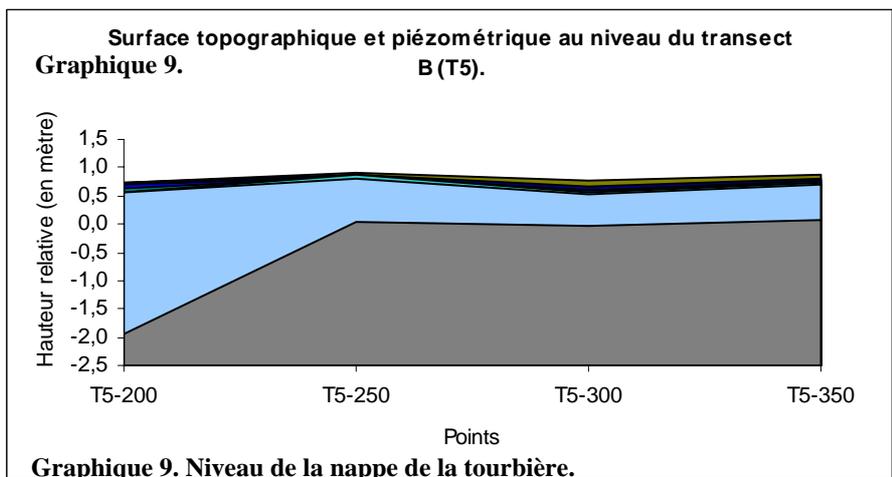
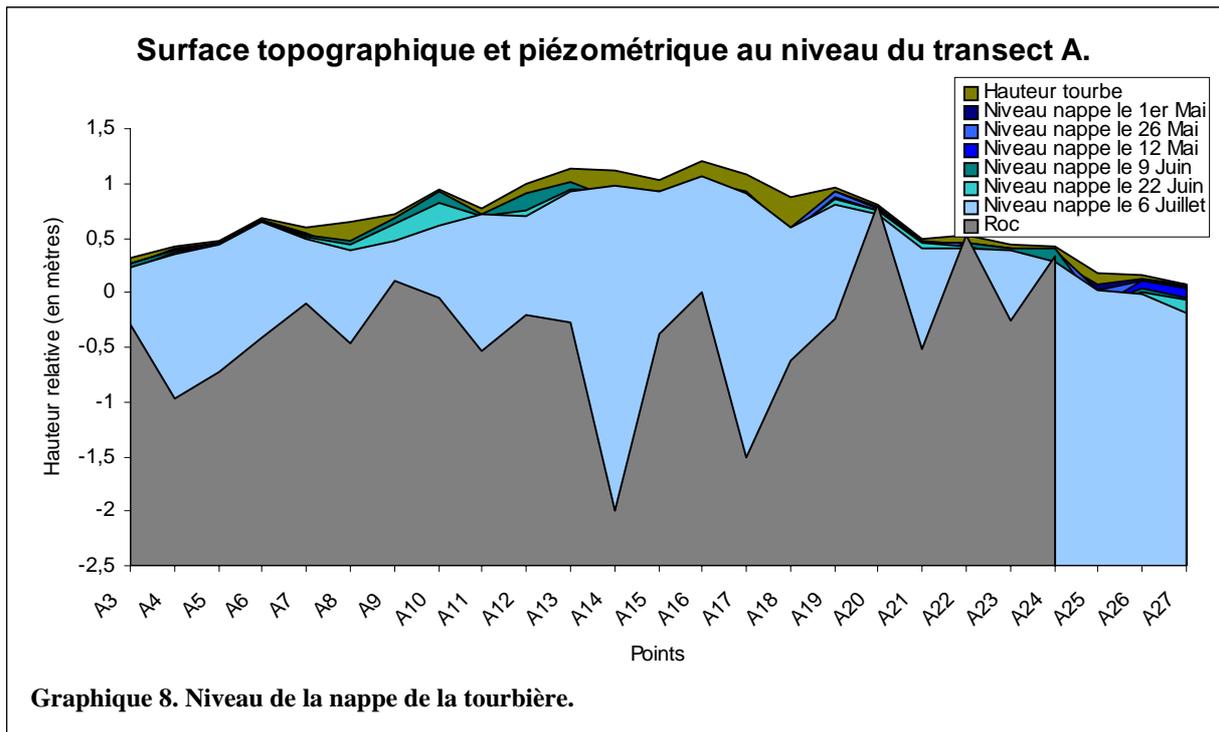
### **4.3. Hydrologie.**

#### **4.3.1. Niveau de la nappe phréatique :**

Le graphique 8 montre l'évolution du niveau de la nappe phréatique du début du printemps à la moitié de l'été 2006, le long de l'axe est-ouest de la partie médiane de la tourbière. Le toit de la nappe correspond à la surface de tourbe et le plancher correspond au niveau du roc. À noter que l'absence de roc au-delà du point A24 est due à une absence de donnée à cet endroit et ne représente pas la réalité.

On remarque tout d'abord que la nappe suit la morphologie convexe du complexe tourbeux. Le niveau de la nappe n'a pas beaucoup fluctué durant la période de mesures. Normalement, la nappe phréatique aurait dû diminuer progressivement mais l'année 2006 a été une année exceptionnelle au niveau des précipitations. La période de gel-dégel étant très courte, les précipitations neigeuses ont été moins importantes et des pluies abondantes ont eu lieu jusqu'à la moitié du mois de juillet. On voit néanmoins que le niveau de la nappe est descendu entre les périodes de recharge, notamment à cause de l'évapotranspiration et des fractures dans le roc.

Cette baisse est d'autant plus marquée à l'extrémité ouest de la tourbière, près d'un exutoire, elle l'est également à l'extrémité est mais elle n'est pas visible sur ce graphique à cause des fortes précipitations qui ont précédé les relevés du 6 Juillet.



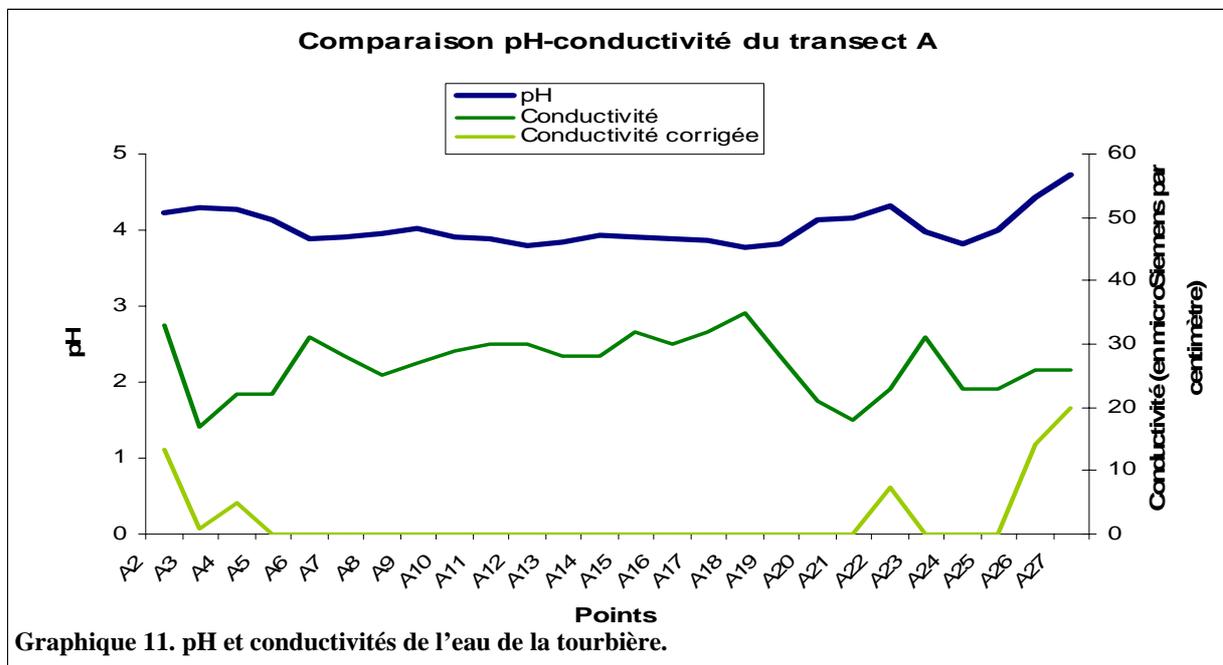
Les graphiques 9 et 10 représentent l'évolution du niveau de la nappe à la même période mais le long de deux axes nord-sud, dans la partie est de la tourbière (graphique 9) et à l'extrémité de la partie ouest (graphique 10). La nappe suit la morphologie du bassin tourbeux et la baisse du niveau de l'eau est moins visible que sur la

représentation du transect A. Cette diminution est faible, inférieur à cinquante centimètres, et elle ne semble pas plus marquée aux extrémités. Cette dernière remarque s'explique par le fait que faute de relevés topographiques sur l'ensemble des transects, le début et la fin de ces graphiques ne correspondent pas aux bords de la tourbière.

Le niveau de la nappe phréatique n'est donc pas influencé par la morphologie du roc mais suit la forme convexe du complexe tourbeux. Nous sommes donc en présence d'une nappe perchée. Ces représentations nous permettent également de voir le sens d'écoulement de l'eau, des points hauts vers les points bas, donc du centre vers les bords. Bien que faible, les variations montrent que le bilan hydrique de la tourbière est modifié en période estivale et que le niveau d'eau diminue au sein de la tourbière. Ces résultats devraient être affinés par la suite grâce aux données du pluviomètre et des sondes piézométriques, dans et autour de la tourbière.

#### 4.3.2. Conductivité et pH.

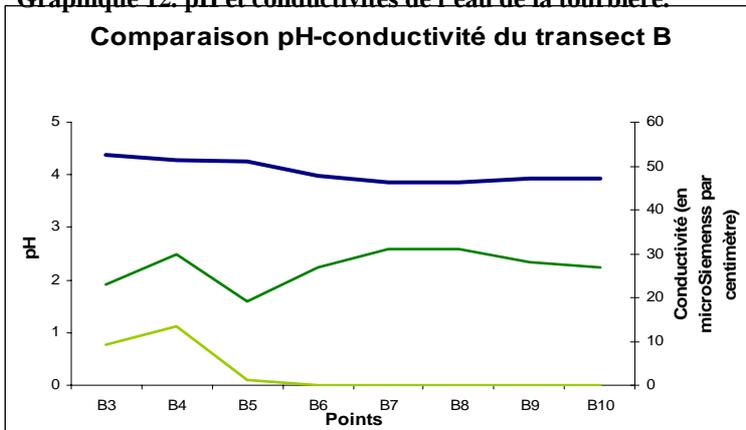
Les valeurs de pH sont comprises entre 4,89 et 3,8 et les valeurs de conductivité corrigée entre 0 et 56,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (cette dernière valeur est cependant trompeuse car l'échantillon en question a été prélevé au pied d'un barrage de castors).



Graphique 11. pH et conductivités de l'eau de la tourbière.

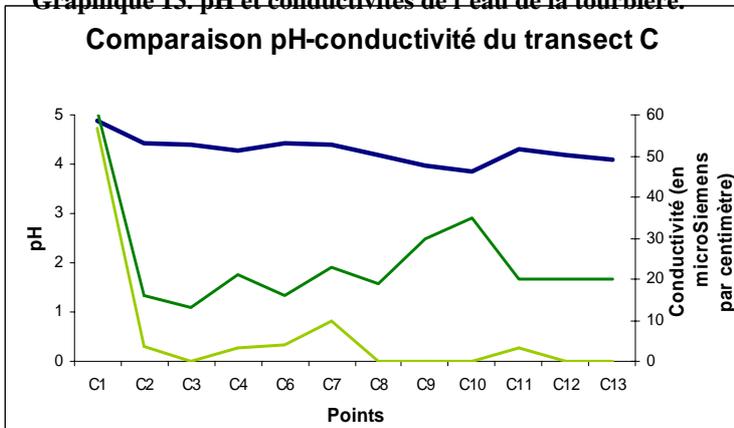
Le graphique 11 montre l'évolution du pH et des conductivités (brute et corrigée) le long de l'axe est-ouest. On voit que les valeurs de pH et de conductivité corrigée sont plus élevées sur les bords du bassin tourbeux. On remarque également l'importance des ions  $\text{H}^+$  et les faibles valeurs de conductivité après correction. On peut noter également que les valeurs sont plus élevées vers l'extrémité ouest de la tourbière. Ceci s'explique par la présence d'une rivière (exutoire) et d'un lac dans cette zone. Le pic de conductivité au niveau de A23 peut s'expliquer par la présence d'un affleurement rocheux. Le pic au niveau de A4 ne peut s'expliquer de la même manière, en effet le niveau où se trouve le roc est plus bas, on peut penser à une influence des eaux de ruissellement au bord de la tourbière et donc à une zone plus minérotrophe.

Graphique 12. pH et conductivités de l'eau de la tourbière.



Les graphiques 12, 13 et 14 montrent également l'évolution du pH et des conductivités mais cette fois le long des axes nord-sud. Dans la zone est (graphique 12), les variations de pH sont plus faibles et les valeurs diminuent légèrement en allant vers le sud. Les valeurs de conductivité corrigée sont nulles sauf près de la bordure nord, là aussi cette tendance peut s'expliquer par une zone d'accumulation d'eau de ruissellement au bord de la tourbière.

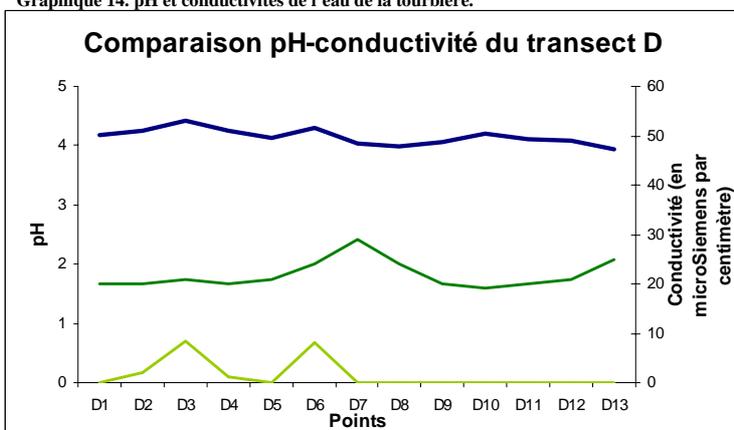
Graphique 13. pH et conductivités de l'eau de la tourbière.



Dans la partie médiane de la tourbière (graphique 13), à l'est du seuil rocheux, les variations de pH et de conductivité sont plus marquées. On remarque que le pH diminue légèrement en allant vers le sud, mais contrairement au cas précédent, on voit que les valeurs remontent à deux endroits, au niveau des points C5 et C11. En ce qui concerne les conductivités, la très forte valeur au niveau du point C1 s'explique par la présence d'un barrage de castors dont le bois immergé en décomposition a sûrement libéré une

certaine quantité d'éléments minéraux qui a biaisé ce résultat. On remarque également deux pics à peu près au même endroit que ceux du pH, au niveau des points C7 et C11. Ces deux valeurs peuvent s'expliquer cette fois par des affleurements de roc non loin des points d'échantillonnage et la présence du seuil rocheux à proximité.

Graphique 14. pH et conductivités de l'eau de la tourbière.



Dans la partie ouest du bassin tourbeux (graphique 14), les variations de pH présentent la même irrégularité que dans la partie médiane. On note également que les valeurs de pH sont légèrement plus faibles vers le sud que vers le nord. Concernant les valeurs de conductivité corrigée, elles sont nulles à partir du point D7 et plus élevées avant, présentant deux pics au niveau des points D3 et D6. Ces deux pics peuvent s'expliquer par le fait que le transect D borde un des exutoires de la tourbière, et

est donc sous l'influence des eaux d'un lac. On peut également prendre en compte que le roc est plus haut au niveau du point D6.

Ces résultats nous permettent de voir que la tourbière possède les caractéristiques hydrologiques d'une tourbière ombrotrophe, voire minérotrophe pauvre. En effet, la nappe phréatique est perchée et suit la morphologie convexe du bassin tourbeux. De plus, le pH est toujours inférieur à 5 avec de faibles variations. Les valeurs très faibles de conductivité montrent bien la pauvreté minérale de l'eau de la tourbière. Les variations très faibles de la conductivité corrigée ne nous permettent pas de distinguer des milieux vraiment minérotrophes.

On peut conclure en disant que la tourbière de la colline de Covey présente les caractères d'une tourbière dominée par les sphaignes avec un pH inférieur à 5,5 et une conductivité corrigée inférieure à 80  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Payette et al., 2001). Sauf cas particuliers le pH est plus faible à la sortie de la tourbière, sous l'influence d'une végétation dominée par les sphaignes. La conductivité est très faible dans la tourbière, tel qu'il est courant de l'observer en présence de pH bas.

## 5. Discussions :

Les différentes approches qui ont été réalisées dans le cadre de l'étude préliminaire de la tourbière de la colline de Covey nous apportent des éléments de réponses quand à son type, sa composition végétale et son évolution.

La forme convexe de la tourbière est due à une importante zone d'accumulation qui semble avoir pris naissance dans la dépression rocheuse de la partie est du complexe tourbeux. La forme excentrique de la tourbière laisse penser qu'elle aurait commencé à se développer dans les dépressions, en « prenant appui » sur la paroi rocheuse et se développant vers la zone de plus faible altitude. La zone la plus haute du complexe tourbeux est le support de la végétation ombrotrophe dominante, avec des valeurs de conductivité faibles et des pH généralement plus élevés. La faible accumulation de tourbe et la présence de roc affleurant à proximité font de la périphérie une zone minérotrophe pauvre, où le pH est un peu plus bas. L'importance de cette bande minérotrophe, le *lagg*, est mise en évidence par la dominance de *Alnus incana ssp. rugosa*, *Acer rubrum* et par la présence d'autres espèces minérotrophes. La caractérisation nous confirme donc que nous sommes bien en présence d'une tourbière ombrotrophe et il semble que le complexe tourbeux termine une évolution depuis un milieu plus minérotrophe.

La présence du seuil rocheux et la plus faible accumulation de tourbe dans la zone ouest fait penser que le développement de la tourbière a pu commencer, et être cantonné, au bassin est. Il est possible qu'elle se soit installée par un processus de comblement dans les différentes poches de la dépression que nous avons remarquée, puis que ces différents îlots à sphaignes se soient associés en se développant. L'installation de la tourbière pourrait aussi être le fait d'un processus de paludification si la forêt était présente dans le bassin rocheux (paludification secondaire) ou en périphérie (paludification primaire). Ce n'est qu'après avoir atteint une certaine hauteur de tourbe que la tourbière aurait gagnée sur l'autre bassin en passant à travers la forêt qui occupe le seuil rocheux. Cette évolution mettrait en évidence un processus d'entourbement par paludification du bassin ouest, en passant d'un système tourbeux primaire (dans la partie est) à un système tourbeux secondaire (pour l'ensemble du complexe tourbeux). Toutefois cette hypothèse ne confirme pas le processus d'entourbement originel dans la partie est, on sait en effet que ces deux phénomènes peuvent être étroitement liés.

La morphologie du bassin rocheux où aurait pris naissance la tourbière ne semble pas être dû à l'érosion de passage du lac Iroquois qui aurait érodé le roc affleurant. La nature erratique et fracturée du bassin rocheux fait plutôt penser à des mouvements du roc et/ou à des blocs de pierre arrachés qui auraient pu être déposés par le passage d'un glacier ou charrier lors du déversement du lac Iroquois. La

présence de ces blocs et fractures, visible en surface dans la forêt, repose la question de la naissance de la tourbière qui aurait eu lieu sur un support imperméable.

Il apparaît que les mesures topographiques doivent être complétées. En effet, il serait intéressant de refaire des sondages manuels là où nous n'avons pas de données, particulièrement là où la modélisation en trois dimensions est reconnue comme fautive. La technique de sondage manuel sera préférée au géoradar, car elle donnera de meilleurs résultats dans la zone concernée, à cause de l'eau de surface. Les niveaux topographiques de surface devraient également faire l'objet d'une nouvelle campagne de mesures mais il faudra trouver une autre technique à cause de la densité des arbres et arbustes dans les zones en question, ou faire les nouvelles mesures pendant l'hiver.

Concernant les techniques employées afin de réaliser nos relevés nous pouvons dire que le géoradar a fait les preuves de sa pertinence. En effet, les ondes radar, et particulièrement celles de 100 MHz, sont adaptées au sondage d'un substrat tel que la tourbe. Les visualisations obtenues ont été très claires grâce à la grande différence de réponse électrique entre la tourbe et le roc. Le géoradar permet de suivre l'évolution de roc au mètre, contrairement à la technique de sondage manuel où l'on ne peut voir qu'une tendance entre deux points espacés de 50 mètres. On peut toutefois noter que ce matériel trouve sa limite quand il y a présence d'eau en surface, ce qui limite grandement les investigations en milieu humide.

Les modélisations en trois dimensions peuvent être considérées comme fiables même si elles pourraient être reprises pour mieux refléter la réalité. La technique de d'inventaire ponctuel est validée puisqu'elle offre un très grand nombre de prélèvements par position. Les mesures de profondeur de la nappe phréatique pourraient être rendues plus précises en prenant comme repère une hauteur au-dessus du roc (à l'aide d'une tige métallique par exemple) et non un niveau de tourbe qui peut être appelé à changer en fonction de l'opérateur et de la croissance des sphaignes.

## **6. Conclusion :**

L'étude préliminaire de la tourbière de la colline de Covey nous a permis d'acquérir un certain nombre de connaissances de base sur l'écosystème et son fonctionnement.

Les résultats que nous avons présentés doivent être confirmés par les autres études toujours en cours. La modélisation en deux dimensions doit permettre la création d'un Modèle Numérique d'Hydrologie grâce aux mesures de vitesse d'écoulement et de porosité de la tourbe. Cela doit permettre de connaître plus précisément les sens d'écoulement de l'eau et les différences de résistance hydraulique qu'il existe entre le catotélme et l'acrotélme. La modélisation en trois dimensions doit fournir le volume de tourbe et donc le volume d'eau retenu grâce aux caractéristiques physiques et hydrodynamiques de la tourbe. Le bilan hydrique de la tourbière doit également permettre de calculer l'emmagasinement de la tourbière. Le cheminement de l'eau doit être étudié plus précisément par les hydrogéologues, notamment grâce aux sondes piézométriques, aux données météorologiques et à l'étude des isotopes stables. La datation basale du substrat en fond de bassin tourbeux et les études paléoécologiques (macrofossiles et pollen) devraient permettre de savoir précisément où s'est installée la tourbière et comment elle a évolué. Enfin, l'étude des successions de la végétation va être permise par les résultats de paléoécologie, par des inventaires successifs et le traitement statistique des données afin de mettre en valeur les communautés végétales et leur répartition. Les inventaires à venir devront également confirmer la fin de la transition dans l'évolution de la tourbière. D'autres dispositifs expérimentaux doivent être mis en place tel qu'un puits qui sera creusé directement dans le roc, à proximité de la tourbière et exclusivement réservé à l'étude de la nappe phréatique.

Ce travail est le premier de plusieurs qui devraient se succéder dans les prochaines années. Il nous permet de connaître dans quel type de tourbière nous agissons et de préciser ces caractéristiques hydrologique et écologique. Il pourrait également permettre, si besoin, de réorienter les investigations. Il faut maintenant poursuivre et pérenniser les mesures qu'elles soient hydrologiques, écologiques, climatiques ou autres. Ceci dans le but de connaître les impacts des changements climatiques et des activités humaines de la colline sur le régime hydrologique du site et donc sur la tourbière. L'objectif étant, en plus de recueillir des informations sur ces milieux particuliers, de mettre un plan de conservation en place pour préserver les habitats de salamandres de la colline de Covey.

## - Bibliographie -

Alvo R., et Bonin J., 2003. *Rapport sur la situation de la Salamandre sombre des montagnes (Desmognathus ochrophaeus) au Québec*. Traduit de l'anglais par Diane Ostiguy. Société de la faune et des parcs du Québec. 32 p. In : Larocque M., Leroux G., Madramootoo C., Lapointe F.J., Pellerin S. et Bonin J., 2005. *Mise en place d'un laboratoire naturel sur la colline de Covey*. Article, UQAM, IRBV, CNC, CESCER. 27p.

Bano M., 2000. *Imagerie de la proche surface par géoradar*. Mémoire, Université Louis Pasteur de Strasbourg I. 78 p.

Barrington S., Phillion H. et Bonin J., 1992. *An evaluation of the water reserve potentials : the ecological region of the Covey Hill « Gulf »*. Rapport du département de génie agricole, faculté d'agriculture et de sciences environnementales, Collège McDonald, Université McGill. In : Larocque M., Leroux G., Madramootoo C., Lapointe F.J., Pellerin S. et Bonin J., 2005. *Mise en place d'un laboratoire naturel sur la colline de Covey*. Article, UQAM, IRBV, CNC, CESCER. 27p.

Beres M. Jr, Haeni F., P., 1991. *Application of ground penetrating radar methods in hydrological studies*. *Ground Water*. n 29, p. 375-386. In: Bano M., 2000. *Imagerie de la proche surface par géoradar*. Mémoire, Université Louis Pasteur de Strasbourg I. 78 p.

Bilodeau I., 2004. *Caractérisation des sols sur la colline de Covey*. Centre Brace pour les ressources en eau. In : Larocque M., Leroux G., Madramootoo C., Lapointe F.J., Pellerin S. et Bonin J., 2005. *Mise en place d'un laboratoire naturel sur la colline de Covey*. Article, UQAM, IRBV, CNC, CESCER. 27p.

Bouchard A., et Bouchard J., 1996. *Manuel de foresterie*. Ordre des ingénieurs forestiers et Presses de l'Université Laval, p. 160-170. ISBN 2-7637-7479-2.

Bonin J., 1999. *Status report on the Four-toed Salamander Hemidactylum scutatum in Canada*. Report submitted to the Committee on the status of endangered wildlife in Canada. 20 p. In : Larocque M., Leroux G., Madramootoo C., Lapointe F.J., Pellerin S. et Bonin J., 2005. *Mise en place d'un laboratoire naturel sur la colline de Covey*. Article, UQAM, IRBV, CNC, CESCER. 27p.

Bonin, J. 1992. *Protection des salamanders du piedmont des Adirondack*. Rapport présenté à la Société canadienne pour la conservation de la nature. In : Larocque M., Leroux G., Madramootoo C., Lapointe F.J., Pellerin S. et Bonin J., 2005. *Mise en place d'un laboratoire naturel sur la colline de Covey*. Article, UQAM, IRBV, CNC, CESCER. 27p.

Chester B., 2003. *Saving Salamanders*. McGill Reporter, vol. 35 no. 9. In : Larocque M., Leroux G., Madramootoo C., Lapointe F.J., Pellerin S. et Bonin J., 2005. *Mise en place d'un laboratoire naturel sur la colline de Covey*. Article, UQAM, IRBV, CNC, CESCER. 27p.

Clymo, R. S. et Hayward, P. M., 1982. *The ecology of Sphagnum*. p. 229-289. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec-Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

Clymo, R. S., 1983. *Peat..* p. 259-224. In : Gore, A. J. P. (éd.). *Mires: Swamp, Bog, Fen and Moor, General studies*. Ecosystems of the World 4E. Elsevier, Amsterdam. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec–Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

COSEPAC. 2005. Page web disponible à [http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct0/Assessment\\_process\\_tbl6\\_f.cfm](http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct0/Assessment_process_tbl6_f.cfm). Accédée en 2005. In : Larocque M., Leroux G., Madramootoo C., Lapointe F.J., Pellerin S. et Bonin J., 2005. *Mise en place d'un laboratoire naturel sur la colline de Covey*. Article, UQAM, IRBV, CNC, CESCER. 27p.

Damman, A.W.H., 1979. *Geographic patterns in peatland development in eastern North America*. p. 42-57. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec–Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

Drury W. H. et Nisbett, I. C. T., 1973. *Succession*. Journal of Arnold Arboretum, 54 : 331-368. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec –Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

DuRietz, G. E., 1949. *Huvudenheter och huvudgränser I svenk myrvegetation*. (Résumé anglais : *Main units and main limits in Swedish mire vegetation*). *Svensks Botanic Tidskrift*, 43 : 274-309. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec –Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

Frère Marie-Victorin, Rouleau E., Brouillet L. et al., 2002. *Flore laurentienne*, 3<sup>ème</sup> édition. 1093 p. ISBN 2-89105-817-8.

Glaser, P. H., 1987. *The ecology of patterned boreal peatlands of Northern Minnesota : A community profile*. U.S. Fish and Wildlife Service. Biological report 85. Washington, D.C. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec–Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

Gorham, E. et Janssens, J. A., 1992. *Concepts of fen and bog re-examined in relation to bryophyte cover and the acidity of surface waters*. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 61 : 7-20. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec–Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

Gorham, E., 1990. *Biotic impoverishment in northern peatlands*. p. 65-98. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec–Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

Globensky, Y. 1986. *Géologie de la région de Saint-Chrysostome et de Lachine (sud)*. Ministère de l'énergie et des ressources. 166 p. In : Larocque M., Leroux G., Madramootoo C., Lapointe F.J., Pellerin S. et Bonin J., 2005. *Mise en place d'un laboratoire naturel sur la colline de Covey*. Article, UQAM, IRBV, CNC, CESCER. 27p.

Griffiths R., et Beebee T., 1992. *Decline and fall of the amphibians*. *New Scientist* 134(1827): 25-29. In : Larocque M., Leroux G., Madramootoo C., Lapointe F.J., Pellerin S. et Bonin J., 2005. *Mise en place d'un laboratoire naturel sur la colline de Covey*. Article, UQAM, IRBV, CNC, CESCER. 27p.

Heinselman, M. L., 1970. *Landscape evolution and peatland types, and the environment in the Lake Agassiz Peatland Natural Area, Minnesota*. Ecological Monographs, 40 : 235-261. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec–Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

Huisman J.A. et Bouten W., 2002. *Mapping surface soil water content with the ground wave of ground penetrating radar*. In *Ninth International Conference on GPR*. Vol.4758, Koppenjan SK, LeeH (eds). Proceeding of SPE. p. 162-169. In : Galagedara L.W., Parkin G.W. et Redman J.D., 2004. *An analysis of the ground penetrating radar direct ground wave method for soil water content measurement*. *Hydrological processes*, n 17, p. 3615-3628.

Ingram, H. A. P., 1978. *Soil layers in mire ecosystems : A geophysical model*. Nature, 297 : 300-303. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec–Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

Jutras J., 2003. *Plan d'intervention sur les salamandres de ruisseaux du Québec*. Direction du développement de la faune, Société de la faune et des parcs du Québec, Québec, 26 p. In : Larocque M., Leroux G., Madramootoo C., Lapointe F.J., Pellerin S. et Bonin J., 2005. *Mise en place d'un laboratoire naturel sur la colline de Covey*. Article, UQAM, IRBV, CNC, CESCER. 27p.

Kivinen, E. et Pacarinen, P., 1981. *Geographical distribution of peat resources and major peatland complex types in the world*. Annales Academiae Scientiarum Fennicae A III, 132: 1-18. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec–Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

Lamoureux G et al., 1979. *Plantes sauvages et printanières*. La documentation québécoise. Édition France-Amérique. 247 p. ISBN

Larocque M., Leroux G., Madramootoo C., Lapointe F.J., Pellerin S. et Bonin J., 2005. *Mise en place d'un laboratoire naturel sur la colline de Covey*. Article, UQAM, IRBV, CNC, CESCER. 27p. (Article soumis pour révision à VertigO)

Mésonet -Montréal. 2005. Page web disponible à <http://www.mesonet-montreal.ca/>. Accédée en 2005. In : Larocque M., Leroux G., Madramootoo C., Lapointe F.J., Pellerin S. et Bonin J., 2005. *Mise en place d'un laboratoire naturel sur la colline de Covey*. Article, UQAM, IRBV, CNC, CESCER. 27p.

Moore, P. D. et Bellamy, D. J., 1974. *Peatlands*. Springer-Verlag. New-York. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec–Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

Nastev M., Lamontagne C., Tremblay T., Lavoie D., Hardy F., Lamothe M., Croteau A., Blanchette D., Lavigne M.A., Roy N., Paradis D., Benoit N., Lefebvre R., Marcotte D., Gaudin R. et Rouleau A., 2004. *Hydrogeological overview of the transboundary aquifers in the Châteauguay River Basin*, Canada-United States. 5th Joint IAH-CNC and CGS Groundwater Specialty Conference, Québec. In : Larocque M., Leroux G., Madramootoo C., Lapointe F.J., Pellerin S. et Bonin J., 2005. *Mise en place d'un laboratoire naturel sur la colline de Covey*. Article, UQAM, IRBV, CNC, CESCER. 27p.

Pakarinen, P., 1995. *Classification of boreal mires in Finland and Scandinavia : A review*. Vegetatio, 118 : 29-38. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec–Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec–Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

Powers M.H., 1997. *Modeling frequency dependent of ground penetrating radar. The leading edge*. n 16 (11), p 1657-1662. In: Lunt I.A., Hubbard S.S et Rubin Y., 2004. *Soil moisture content estimation using ground penetrating radar reflection data*. *Journal of Hydrology*. n 307, p. 254-269.

Rochon M., Octobre 2003. *L'eau, la salamandre et la roche*. Radio-Canada, Découverte. 2 p. In: Pellerin S., 2004. *Mise en place d'un observatoire hydrogéologique et écologique à la tourbière de Covey Hill*. Demande de financement. 38 p. Fiche synthèse et dossier argumentaire. IRBV, Jardin Botanique, Université de Montréal.

Rosa E., 2006. *Géophysique : utilisation du GPR et traitement des données dans EKKO VIEW et EKKO VIEW DE LUXE*. UQAM, 11 p.

Rouleau R., et al., 1990. *Petite flore du Québec, 2<sup>ème</sup> édition revue et augmentée*. Les Publication du Québec. 247 p. ISBN

Rubec, C., 1996. *The status of peatland resources in Canada*. p. 243-252. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec–Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

SCABRIC, 2004. Groundwater recharge and catchment area for the Châteauguay River watershed. In : Larocque M., Leroux G., Madramootoo C., Lapointe F.J., Pellerin S. et Bonin J., 2005. *Mise en place d'un laboratoire naturel sur la colline de Covey*. Article, UQAM, IRBV, CNC, CESCER. 27p

Sjörs, H., 1963. *Bogs and fens on Attawapiskat river, norththern Ontario*. National museum of Canada. Bulletin 186. Ottawa, Ontario. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec–Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

Sun J., Young R., A., 1995. *Recognising surface scattering in ground penetrating radar data*. *Geophysics*. n 60, p. 1378-1385. In: Bano M., 2000. *Imagerie de la proche surface par géoradar*. Mémoire, Université Louis Pasteur de Strasbourg I. 78 p.

Tarmocai, C., 1978. *Genesis of organic soils in Manitoba and the Northwest Territories*. p. 453-470. Norwish. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec–Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

Tarnocai C., Kettles, I., M. et Lacelle B., 2000. *Peatlands of Canada, Geological Survey of Canada Open File 3483, scale 1 : 6 500 000*. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec–Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

Theimer B.D., Nobes D.C., Warner B.G., 1994. *A study of geoelectrical properties of peatlands and their influence on ground penetrating radar surveying*. *Geophys, Prosp*, n 42, p 179-209. In: Comas X., Slater L. et Reeve A., 2005. *Stratigraphic controls on pool formation in a drained bog inferred from ground penetrating radar*. *Journal of Hydrology*. n 12, p 1-12.

Topp G.C., Davis J.L. et Annan A.P., 1980. *Electromagnetic determination of soil water content : measurements in coaxial transmission lines*, *Water Resource Research*. n 16, p.574-582. In : Galagedara L.W., Parkin G.W. et Redman J.D., 2004. *An analysis of the ground penetrating radar direct ground wave method for soil water content measurement*. *Hydrological processes*, n 17, p. 3615-3628).

Tremblay T., En préparation. Mémoire de maîtrise, Département des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère, UQAM. In : Larocque M., Leroux G., Madramootoo C., Lapointe F.J., Pellerin S. et Bonin J., 2005. *Mise en place d'un laboratoire naturel sur la colline de Covey*. Article, UQAM, IRBV, CNC, CESCER. 27p.

Tsaflias G.P., Halihan T. et Sharp Jr. J.M., 1999. *Monitoring pumping test response in a fractured aquifer using ground penetrating radar*, *Water Resource Research*. n 37 (5), p. 1221-1229. In: Lunt I.A., Hubbard S.S. et Rubin Y., 2004. *Soil moisture content estimation using ground penetrating radar reflection data*. *Journal of Hydrology*. n 307, p. 254-269.

Van Dam R.L. et Schlager W., 2000. *Identifying the causes of radar reflections using time domain reflectometry and sedimentological analysis*. *Sedimentology*. n 47 (2), p. 435-449. In: Lunt I.A., Hubbard S.S., Rubin Y. et 2004. *Soil moisture content estimation using ground penetrating radar reflection data*. *Journal of Hydrology*. n 307, p. 254-269.

Van Dam R.L., Van Den Berg E.H., Schaap M.C., Brockema L.H. et Schlager W., 2003. *Radar reflection from the sedimentary structures in the vadose zone*. *Geological Society Special Publication*. n 211, p. 257-273. In: Lunt I.A., Hubbard S.S. et Rubin Y., 2004. *Soil moisture content estimation using ground penetrating radar reflection data*. *Journal of Hydrology*. n 307, p. 254-269.

Waner B.G., Nobes D.C. et Theiner B.D., 1990. *An application of ground penetrating radar to peat stratigraphy of Ellice swamp southwestern Ontario*. *Canada. J. Earth Sci*, n 27, p. 928-932. In: Comas X., Slater L. et Reeve A., 2005. *Stratigraphic controls on pool formation in a drained bog inferred from ground penetrating radar*. *Journal of Hydrology*. n 12, p 1-12.

Wells, E. D. et Zoltai, S. C., 1985. *Canadian system of wetland classification and its application to circumboreal wetlands*. *Aquilo Series Botanica*, 21 : 42-52. In : Payette, S., Rochefort, L., 2001. *Ecologie des tourbières du Québec-Labrador*. Canada, Les presses de l'Université Laval. p 39-91. ISBN 2-7637-7773-2. 2<sup>e</sup> édition, 2005.

(1) Site internet de l'Institut de Recherche en Biologie Végétale.  
<<http://www.irbv.umontréal.ca/>>. (Site consulté le 10 Avril 2006).

(2) Site internet du Jardin Botanique de Montréal.  
<<http://www.montréal.qc.ca/jardin/>>. (Site consulté le 10 Avril 2006).

(3) Site internet du Comité sur la situation des espèces en péril du Canada.  
<<http://www.cosewic.gc.ca/>>, dernière mise à jour le 6/9/2005. (Site consulté le 12 Avril 2006)

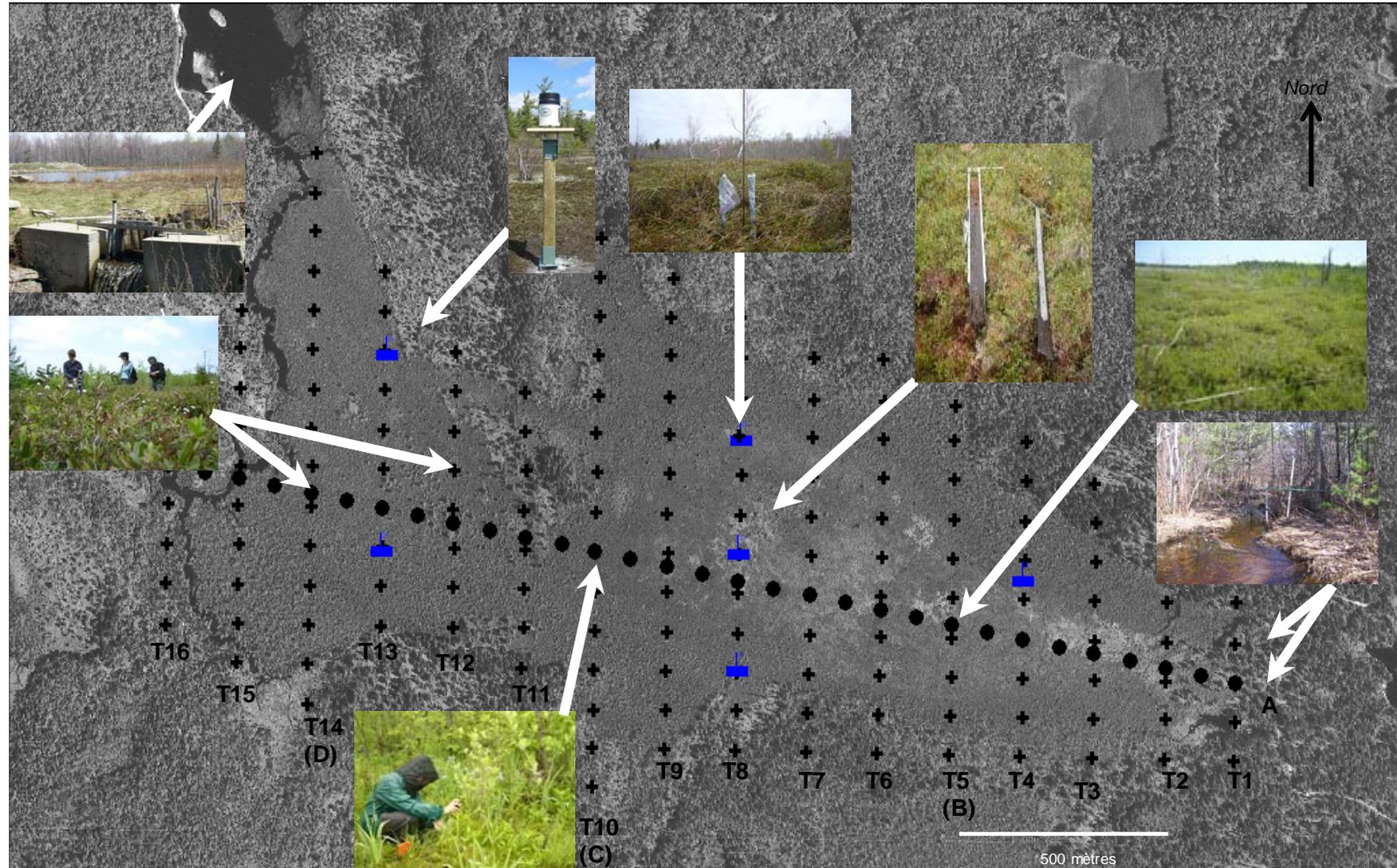
(4) Site internet du ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs. <<http://www.mddep.gouv.qc.ca/biodiversité>>, dernière mise à jour 08/2005. (Site consulté le 12 Avril 2006)

(5) USDA et NRCS. The PLANTS Database. National Plant Data Center, 2006. <<http://plants.usda.gov/>>. (Site consulté le 24 Juillet 2006)

Ameyes.

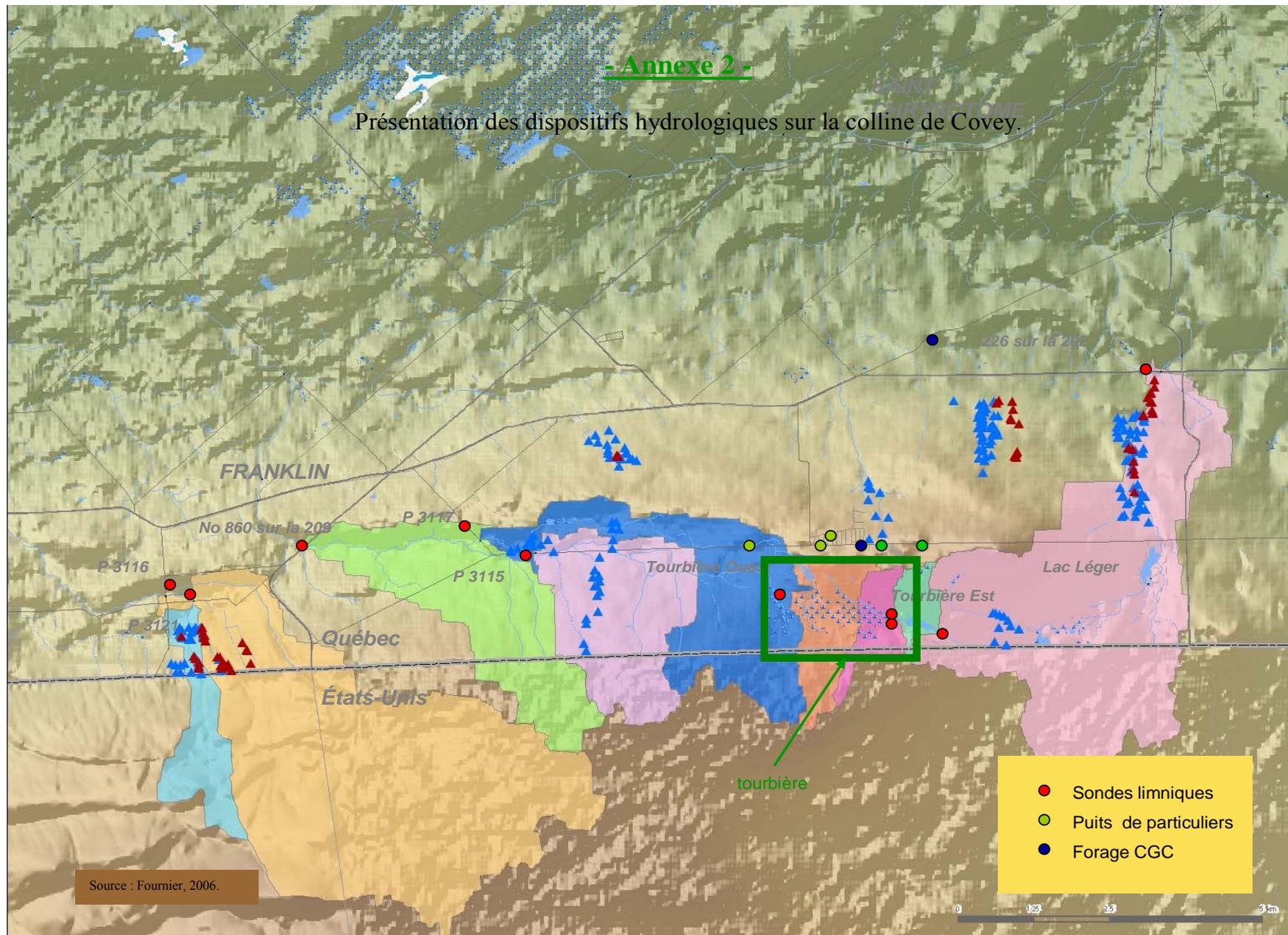
**- Annexe 1 -**

Les différents dispositifs expérimentaux, dans et autour de la tourbière de la Colline de Covey (photo aérienne de 1983).



- Annexe 2 -

Présentation des dispositifs hydrologiques sur la colline de Covey.



**- Annexe 3 -**

Résultats des inventaires de végétation de la tourbière de la colline de Covey (été 2006).

Tableau 1 :

*Liste des espèces inventoriées.*

	<b>Code espèces</b>	<b>Nom latin</b>	<b>Nom français</b>
1	<b>AB ba</b>	<i>Abies balsamea</i> (L.) Mill.	Sapin baumier
2	<b>AC ru</b>	<i>Acer rubrum</i> L.	Érable rouge
3	<b>AL ru</b>	<i>Alnus incana</i> ssp. <i>rugosa</i> (DuRoi) Spreng.	Aulne rugueux
4	<b>AN gl</b>	<i>Andromeda polifolia</i> var. <i>glaucophylla</i> Link.	Andromède glauque
5	<b>AR nu</b>	<i>Aralia nudicaulis</i> L.	Aralie à tige nue
6	<b>AU pa</b>	<i>Aulacomnium palustre</i> (Hedw.) Schwaegr.	Aulacomnium des marais
7	<b>BE al</b>	<i>Betula alleghaniensis</i> Britton.	Bouleau des Alléghanys
8	<b>BE po</b>	<i>Betula populifolia</i> Marsh.	Bouleau à feuille de peuplier
9	<b>CA aq</b>	<i>Carex aquatilis</i> Wahlenb.	Carex aquatique
10	<b>CA ol</b>	<i>Carex oligosperma</i> Michx.	Carex oligosperme
11	<b>CA tr</b>	<i>Carex trisperma</i> Dewey.	Carex trisperme
12	<b>CH ca</b>	<i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench	Cassandre calculée
13	<b>CL mi</b>	<i>Cladina mitis</i> (Sandst.) Hustich	Cladine douce
14	<b>CL pa</b>	<i>Calla palustris</i> L.	Calla des marais
15	<b>CL ra</b>	<i>Cladina rangiferina</i> (L.) Nyl.	Cladine rangifère
16	<b>CO am</b>	<i>Corylus americana</i> Walt.	Noisetier d'Amérique
17	<b>CO ca</b>	<i>Cornus canadensis</i> L.	Cornouiller du Canada
18	<b>CO gr</b>	<i>Coptis trifolia</i> (L.) Salisb.	Coptide du Groenland
19	<b>CR br</b>	<i>Carex brunnescens</i> (Pers.) Poir.	Carex brunâtre
20	<b>CR ca</b>	<i>Carex canescens</i> L.	Carex blanchâtre
21	<b>CR cr</b>	<i>Carex crinita</i> Lam.	Carex crepu
22	<b>CR ma</b>	<i>Carex magellanica</i> Lam. ssp. <i>irrigua</i> (Wahlenb.) Hulten	Carex chétif
23	<b>DI mo</b>	<i>Dicranum montanum</i> L.	Dicrane des montagnes
24	<b>DI po</b>	<i>Dicranum polysetum</i> Sw.	Dicrane à plusieurs soies
25	<b>DI un</b>	<i>Dicranum undulatum</i> Brid.	Dicrane ondulée
26	<b>DR ro</b>	<i>Drosera rotundifolia</i> L.	Rosolis à feuilles rondes
27	<b>ER va</b>	<i>Eriophorum vaginatum</i> var. <i>spissum</i> Fernald.	Linaigrette dense
28	<b>GA pr</b>	<i>Gaultheria procumbens</i> L.	Gaulthérie couchée
29	<b>HY el</b>	<i>Hypericum ellipticum</i> Hook.	Millepertuis elliptique
30	<b>IL mu</b>	<i>Ilex mucronata</i> (L.) Powell, Savolainen & Andrews	Némopanthé mucroné
31	<b>IL ve</b>	<i>Ilex verticillata</i> (L.) A. Gray.	Houx verticillé
32	<b>IR ve</b>	<i>Iris versicolor</i> L.	Iris versicolore
33	<b>KA an</b>	<i>Kalmia angustifolia</i> L.	Kalmia à feuilles étroites
34	<b>KA po</b>	<i>Kalmia polifolia</i> Wang.	Kalmia à feuilles d'Andromède
35	<b>LA la</b>	<i>Larix laricina</i> (DuRoi) K. Koch.	Mélèze laricin
36	<b>LE or</b>	<i>Leersia oryzoides</i> (L.) Sw.	Léersie faux-riz
37	<b>LY cl</b>	<i>Lycopodium clavatum</i> L.	Lycopode claviforme
38	<b>LY ob</b>	<i>Lycopodium obscurum</i> L.	Lycopode foncé
39	<b>MA ca</b>	<i>Maianthemum canadense</i> Desf.	Maianthème du Canada
40	<b>MA tr</b>	<i>Maianthemum trifolium</i> (L.) Sloboda	Maianthème trifolié
41	<b>OS ci</b>	<i>Osmunda cinnamomea</i> L.	Osmonde cannelle

42	<b>PH me</b>	<i>Photinia melanocarpa</i> (Michx.) Robertson & Phipps	Aronia noir
43	<b>PI ma</b>	<i>Picea mariana</i> (Mill.) BSP.	Épinette noire
44	<b>PI ru</b>	<i>Picea rubens</i> Sarg.	Épinette rouge
45	<b>PI st</b>	<i>Pinus strobus</i> L.	Pin blanc
46	<b>PL sc</b>	<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	Hypne de schreber
47	<b>PO co</b>	<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	Polytric commun
48	<b>PO nu</b>	<i>Pohlia nutans</i> (Hedw.) Lindb.	
49	<b>PO st</b>	<i>Polytrichum strictum</i> Brid.	Polytric dressé
50	<b>PT aq</b>	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn.	Ptéridium des aigles
51	<b>PY po</b>	<i>Pylaisiella polyantha</i> (Hedw.) Grout	
52	<b>RH gr</b>	<i>Rhododendron groenlandicum</i>	Thé du Labrador
53	<b>RU hi</b>	<i>Rubus hispidus</i> L.	Ronce hispide
54	<b>RU id</b>	<i>Rubus idaeus</i> L.	Ronce du mont Ida
55	<b>SA pu</b>	<i>Sarracenia purpurea</i> L.	Sarracénie pourpre
56	<b>SA py</b>	<i>Salix pyrifolia</i> Anderss.	Saule à feuilles de Poirier
57	<b>SC cy</b>	<i>Scirpus cyperinus</i> (L.) Kunth.	Scirpe souchet
58	<b>SP an</b>	<i>Sphagnum angustifolium</i> C.Jens.	
59	<b>SP ca</b>	<i>Sphagnum capillifolium</i> (Ehrh.) Hedw.	
60	<b>SP co</b>	<i>Sphagnum compactum</i> DC.	Sphaigne compacte
61	<b>SP fa</b>	<i>Sphagnum fallax</i> (Klinggr.) Klinggr.	Sphaigne trompeuse
62	<b>SP la</b>	<i>Spiraea alba</i> Du Roi var. <i>latifolia</i> (Ait.) Dippel	Spirée à larges feuilles
63	<b>SP ma</b>	<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	Sphaigne de Magellan
64	<b>TR bo</b>	<i>Trientalis borealis</i> Raf.	Trientale boréale
65	<b>VA an</b>	<i>Vaccinium angustifolium</i> Ait.	Airelles à feuilles étroites
66	<b>VA my</b>	<i>Vaccinium myrtilloides</i> Michx.	Airelle fausse myrtille
67	<b>VA ox</b>	<i>Vaccinium oxycoccos</i> L.	Airelle canneberge

Source : Frère Marie Victorin et al., 2002 ; Rouleau et al., 1990; Lamoureux et al., 1979; (5).

*Tableau 2 :  
Données écologiques et autécologies des espèces inventoriées.*

	Abondance	Dominance	Fréquence	Statut trophique	Richesse trophique	Préférence pour les tourbières
AB ba	19	0,23	4,55			fréquent mais non préférentiel
AC ru	250	3,06	40,91	minérotrophe	pauvre	fréquent mais non préférentiel
AL ru	268	3,29	56,06	minérotrophe	pauvre	fréquent mais non préférentiel
AN gl	7	0,09	4,55	ombrotrophe		préférentiel
AR nu	2	0,02	3,03			fréquent mais non préférentiel
AU pa	23	0,28	9,09	ombrotrophe		préférentiel
BE al	13	0,16	21,21			indifférent
BE po	77	0,94	16,67	minérotrophe	pauvre	fréquent mais non préférentiel
CA aq	119	1,46	19,7			indifférent
CA ol	59	0,72	6,06	minérotrophe	pauvre	préférentiel
CA tr	108	1,32	19,7	ombrotrophe		préférentiel
CH ca	1222	14,98	75,76	ombrotrophe		préférentiel
CL mi	22	0,27	1,52	ombrotrophe		fréquent mais non préférentiel
CL pa	248	3,04	30,3			préférentiel
CL ra	16	0,2	4,55	ombrotrophe		fréquent mais non préférentiel
CO am	6	0,07	1,52			
CO ca	6	0,07	1,52			indifférent
CO gr	10	0,12	3,03			indifférent
CR br	105	1,29	18,18			indifférent
CR ca	5	0,06	6,06	minérotrophe	pauvre	fréquent mais non préférentiel
CR cr	8	0,1	3,03			fréquent mais non préférentiel
CR ma	45	0,55	16,67			
DI mo	1	0,01	1,52			
DI po	4	0,69	3,03			
DI un	1	0,01	1,52	ombrotrophe		préférentiel
DR ro	11	0,13	7,58	ombrotrophe		préférentiel
ER va	167	2,55	39,39	ombrotrophe		préférentiel
GA pr	31	0,38	9,09			indifférent
HY el	3	0,04	1,52			indifférent
IL mu	48	0,74	22,73			
IL ve	68	0,83	25,76	minérotrophe	(intermédiaire)	préférentiel
IR ve	89	1,09	19,7			fréquent mais non préférentiel
KA an	374	4,59	80,3	ombrotrophe		fréquent mais non préférentiel
KA po	144	1,77	43,94	ombrotrophe		préférentiel
LA la	27	0,33	12,12	ombrotrophe		fréquent mais non préférentiel
LE or	4	0,05	1,52			indifférent
LY cl	2	0,02	1,52			indifférent
LY ob	4	0,05	3,03			indifférent
MA ca	27	0,33	4,55			indifférent
MA tr	600	7,36	65,15			
OS ci	31	0,38	12,12			fréquent mais non préférentiel
PH me	55	0,67	24,24			
PI ma	1	0,01	1,52	ombrotrophe		fréquent mais non préférentiel
PI ru	18	0,22	9,09			

<b>PI st</b>	29	0,36	13,64			indifférent
<b>PL sc</b>	3	0,04	1,52	ombrotrophe		fréquent mais non préférentiel
<b>PO co</b>	45	0,55	19,7			
<b>PO nu</b>	28	0,34	4,55			
<b>PO st</b>	231	2,83	59,09	ombrotrophe		préférentiel
<b>PT aq</b>	87	1,67	7,58			indifférent
<b>PY po</b>	705	8,64	42,42			
<b>RH gr</b>	178	2,18	34,85			
<b>RU hi</b>	48	0,59	15,15			fréquent mais non préférentiel
<b>RU id</b>	4	0,05	1,52			indifférent
<b>SA pu</b>	7	0,09	10,61	ombrotrophe		préférentiel
<b>SA py</b>	11	0,13	9,09			préférentiel
<b>SC cy</b>	6	0,07	4,55			indifférent
<b>SP an</b>	234	2,87	42,42	ombrotrophe		préférentiel
<b>SP ca</b>	36	0,44	16,67	ombrotrophe		préférentiel
<b>SP co</b>	2	0,2	1,52	minérotrophe	pauvre	préférentiel
<b>SP fa</b>	1517	18,6	93,94	minérotrophe	pauvre	préférentiel
<b>SP la</b>	28	0,34	18,18			indifférent
<b>SP ma</b>	157	1,92	59,09	ombrotrophe		préférentiel
<b>TR bo</b>	13	0,16	9,09			indifférent
<b>VA an</b>	318	3,9	50	ombrotrophe		fréquent mais non préférentiel
<b>VA my</b>	36	0,44	10,61	ombrotrophe		fréquent mais non préférentiel
<b>VA ox</b>	22	0,27	15,15	ombrotrophe		préférentiel

Source : Payette et al., 2001 ; Frère Marie Victorin et al., 2002.

## - Glossaire -

**Abondance** : nombre d'individus de l'espèce considérée.

**Acidiphile** : se dit d'une espèce qui préfère les conditions acides (pH < 5,5).

**Acrotelme** : horizon tourbeux de surface, il a une épaisseur de 25 à 40 centimètres où sont concentrés les activités biologiques et les échanges d'éléments qui en résultent. Les plantes croissent dans cet horizon au-dessus de la nappe phréatique.

**Adirondacks** : ou Monts Adirondacks, massif du Nord-Est des États-unis (État de New-York) culminant à 1629 mètres d'altitude.

**Allogène** : se dit d'un facteur d'origine externe à l'écosystème considéré (les conditions climatiques par exemple).

**Autogène** : se dit d'un facteur d'origine interne à l'écosystème considéré (la succession de la végétation par exemple).

**Bryophyte** : désigne une espèce végétale verte, terrestre ou d'eau douce, sans racine ni vaisseaux.

**Capacitance** : impédance (rapport de l'amplitude complexe d'une grandeur sinusoïdale à l'amplitude complexe de la grandeur induite) présenté par un condensateur à une fréquence déterminée.

**Catotelme** : horizon constituant le sol d'une tourbière, situé en profondeur il occupe la plus grande partie de la colonne sédimentaire. Il est constitué de tourbe humifiée, saturée en eau où les conditions anaérobies réduisent fortement l'activité biologique.

**Conservation de la Nature Canada (CNC)**: organisme à but non lucratif qui depuis plus de quarante ans s'efforce de protéger les habitats naturels les plus gravement menacés au Canada et les espèces qui y vivent.



**Constante diélectrique** : grandeur qui indique la capacité d'un corps ou d'une substance à conduire (ou pas) un courant électrique (ou électromagnétique).

**Constante diélectrique totale** : grandeur qui indique la capacité de l'ensemble du profil pédologique (le sol) à conduire un courant électrique.

**Diaclase** : fracture rocheuse sans déplacement des blocs.

**Diversité de Sorenson** :  $D = \text{nombre total d'espèces (S)} - 1 / \log^{10} \text{ nombre total d'individus (N)}$ .

**Diversité maximum** :  $D_{\max} = \log^2 S'$  (nombre totale d'espèces dont l'abondance est supérieure à 1).

**Dominance** : ou abondance relative = nombre d'individu de l'espèce / nombre totale d'individus x 100

**Equitabilité** :  $I_{ShW} / D_{max}$ .

**Farads** : unité de mesure de capacité électrique.

**Fréquence (électricité)**: nombre de vibrations par unité de temps dans un phénomène périodique (en hertz).

**Fréquence (écologie)** : nombre de prélèvements où l'on rencontre l'espèce / nombre totale de prélèvements x 100.

**Groupe de Potsdam** : groupe de roches sédimentaires déposées sur le fond de l'océan Iapétus lors du Cambrien (570-504 Ma). Au Québec, ce groupe de grès Quartzo feldspathiques représentent les plus anciens vestiges de sédiments marins (faciès d'eau peu profonde, faciès de plaine alluviale) accumulés dans l'océan Iapétus sur la marge Est du Craton Laurentia (équivalent passé de l'Amérique du Nord). L'océan Iapétus était un océan comparable à l'Atlantique actuel, Il a brisé le supercontinent Rodinia à partir de 900 Ma et s'est refermé à 250 Ma pour former le supercontinent de la Pangée. (L'atlantique a brisé la Pangée vers le Jurassique ~ 200 Ma).

**Henri Teuscher** : D'abord jardinier au Jardin botanique de Berlin, cet Allemand émigré aux États-Unis s'est acquis une grande réputation comme horticulteur et architecte de paysage. Il a occupé divers postes reliés à sa spécialité, dont celui de dendrologiste au Jardin botanique de New York. Dans les années 1930, il entreprend une longue et fructueuse correspondance avec Marie-Victorin. Celui-ci lui confie son projet et Teuscher se met à imaginer un jardin botanique idéal. Malgré la distance et les déboires politiques qui retardent la réalisation du projet, les deux hommes partagent le même enthousiasme. Teuscher élabore les premiers plans et est officiellement nommé surintendant et chef horticulteur du nouveau Jardin en 1936. On lui doit la conception de plusieurs serres d'exposition et l'existence de certaines grandes collections végétales du Jardin. Véritable visionnaire, Teuscher avait prévu dès les années 1930, l'aménagement d'un jardin de l'Asie et d'un jardin des Premières Nations. Les années de guerre sont difficiles, il est accusé un moment et à tort d'être un espion à la solde des nazis. Il demeure cependant conservateur du Jardin, assiste en 1956 à l'inauguration des serres d'exposition, un volet important de ses plans initiaux, et prend finalement sa retraite en 1962. Il est décédé en 1984.

**Humification** : ensemble des processus chimique et biologique de transformation de matière organique fraîche en humus.

**Hydrosère ou hydrosérie** : ensemble des communautés végétale qui se remplacent successivement dans un site humide.

**Indice de Margalef** :  $I_{Ma} = S - 1 / \ln N$ .

**Indice de Menkinick** :  $I_{Me} = S / \sqrt{N}$ .

**Indice de Shannon-Weaver** :  $I_{ShW} = -\sum_{i=1}^n P_i \log^2 P_i$  (nombre d'individus de l'espèce i).

**Interface** : limite commune entre deux couches de sol, permettant des échanges entre celles-ci, qui n'ont pas les mêmes caractéristiques (texture, structure, humidité, taux de matière organique...)

**Lichen** : végétal qui croît sur les sols pauvres, les arbres, les pierres, formé de talles aplatis ou rameux, où vivent associés un champignon et une algue.

**Loam** : sédiment composé d'un mélange de silts et argiles, avec un peu de sable et matière organique, peut être d'origine fluviatile, deltaïque, éolienne, ... il s'agit d'un terme géologique au sens large.

**Marais filtrant** : ouvrage artificiel comprenant plusieurs bassins et permettant la filtration et la décontamination de l'eau.

**Marie-Victorin** : Né en 1885, Conrad Kirouac est mieux connu du public sous son nom de Marie-Victorin. Ce frère des Écoles chrétiennes et botaniste passionné est l'auteur de La Flore laurentienne, un ouvrage publié en 1935 et considéré comme un important livre de référence sur la flore québécoise encore aujourd'hui. Il a animé le Laboratoire de botanique qui deviendra l'Institut botanique de l'Université de Montréal, a fondé l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (ACFAS) en 1923 et est devenu secrétaire général de la société canadienne d'histoire naturelle en 1925. Il plaide en 1935 auprès du maire Camilien Houde pour la création d'un jardin botanique. Fidèle à sa vocation d'enseignant, le frère Marie-Victorin veille à donner au Jardin une mission éducative et scientifique. En 1938, l'École d'apprentissage horticole est créée et des jardinets d'écoliers sont aménagés. L'année suivante, l'École de l'éveil s'installe au Jardin. Cette institution novatrice a pour but de faire découvrir la nature aux jeunes citoyens. En 1943, il élabore un projet d'association formelle entre le Jardin et l'Institut botanique de l'Université de Montréal, mais sa mort accidentelle, à l'été 1944, suspend son oeuvre.

**Mésique** : se dit d'un milieu moyennement humide ou alimenté en eau (mésophile).

**Mousse** : plante formée d'un tapis de courtes tiges feuillues serrées l'une contre l'autre vivant sur le sol ou les arbres (embranchement des bryophytes).

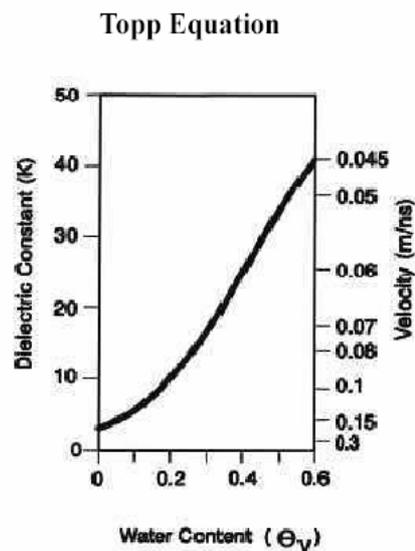
**Ombrotrophe** : se dit d'une tourbière ayant pour source d'eau et de nutriments uniquement les précipitations atmosphériques (on la différencie d'une tourbière minérotrophe, où l'eau et les nutriments proviennent également du ruissellement de surface et souterrain des hautes terres minérales avoisinantes).

**Ondes électromagnétiques** : ondes qui se propagent dans le vide sans support matériel.

**Phytoremédiation** : technique permettant la dépollution des sols grâce à l'action de la végétation.

**Relation empirique de Topp** : Topp a montré que la constante diélectrique d'un sol varie en fonction de la quantité d'eau qu'il contient. Sur la figure ci-contre, on voit qu'un sol sec (water content = 0) a une faible constante diélectrique et donc les ondes y voyagent rapidement.

Comme il s'agit d'une relation empirique, il faut reconstruire cette courbe et elle sera différente pour chaque type de sol mais toujours avec la même allure.



**Roc** : correspond à la roche mère, qui peut-être affleurante.

**Silt** : ce mot anglais désigne des sédiments détritiques meubles dont le grain est compris entre 3,9 et 62,5 microns, il appartient aux lutites dans la table granulométrique.

**Spermaphyte** : plante à graines.

**Station totale** : Instrument précis de géodésie ou de topométrie constitué d'une lunette optique (grossissement x 30) qui permet la visée d'un prisme. La hauteur de la lunette et du prisme étant connues, le temps d'aller retour du signal (un laser), permet à l'appareil de calculer l'élévation du point visé.

**Sub-surface** : en dessous de la surface du sol.

**Système tourbeux primaire** : tourbière se développe dans les dépressions topographiques, généralement humides à cause d'une nappe phréatique affleurante.

**Système tourbeux secondaire** : tourbière qui se développe au-delà des dépressions topographiques grâce au pouvoir de rétention en eau de la tourbe.

**Système tourbeux tertiaire** : la tourbe s'accumule au-delà de la zone d'influence de la nappe phréatique en agissant comme un réservoir d'eau en créant une nappe perchée alimentée par les précipitations.

**Taux de présence** : nombre d'individus de l'espèce / nombre totale de relevés x 100.

**Till** : argile glaciaire, mélange de débris rocheux de toutes tailles déposés directement par les glaciers. La granulométrie des sédiments va de l'argile aux blocs rocheux.

**Transect** : Sur des sites présentant un gradient écologique (zone plus ou moins humide et /ou profonde, par exemple) certains facteurs peuvent être mesurés le long de ce gradient. L'itinéraire suivi est souvent une ligne droite où des relevés sont réalisés à intervalles réguliers.

**Vasculaire** : se dit d'une plante qui possède des racines et des vaisseaux.

**Vélocité** : grande vitesse de l'onde électromagnétique.

**Xérique** : se dit d'un milieu faiblement humide ou sec (xérophile).