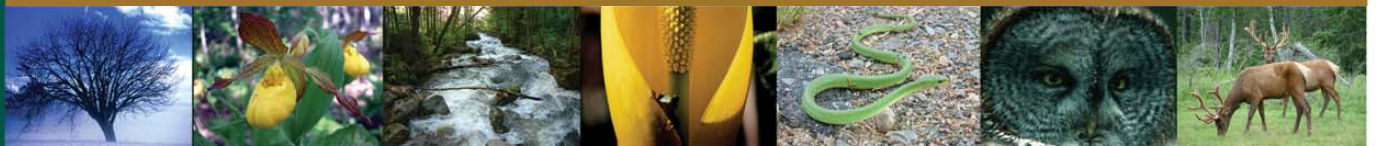


Approche écologique appliquée aux milieux humides du Québec



Conditions, ressources, structures et fonctions



LM Landry - Services professionnels en environnement

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ	3
À PROPOS DE LOUIS-MARIE LANDRY, BOTANISTE-ÉCOLOGISTE	5
REMERCIEMENTS.....	7
1. INTRODUCTION	9
2. COMPOSANTES BIOTIQUES ET ÉCOLOGIQUES	11
2.1. L'AUTÉCOLOGIE – L'ESPÈCE COMME UNITE VIVANTE FONDAMENTALE.....	11
2.2. LA NICHE ECOLOGIQUE.....	14
2.3. LES ESPÈCES INDICATRICES DES MILIEUX HUMIDES	18
2.4. LES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES	22
2.5. L'ÉVOLUTION DES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES	24
2.6. LES DYNAMIQUES DES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES.....	34
3. LA CLASSIFICATION DES MILIEUX HUMIDES.....	38
3.1. LES ÉCOSYSTÈMES HUMIDES	38
3.2. LES TYPES DE MILIEUX HUMIDES	39
3.3. LES ÉTANGS	40
3.4. LES MARAIS	44
3.5. LES MARÉCAGES.....	51
3.6. LES TOURBIÈRES	58
3.7. LES COMPLEXES DE MILIEUX HUMIDES.....	62
3.8. LES MOSAÏQUES DE MILIEUX HUMIDES	64
3.9. LES MILIEUX HUMIDES ISOLÉS OU RIVERAINS	65

4. INDICATEURS DE PRÉSENCE DE MILIEUX HUMIDES	67
4.1. LES INDICATEURS BIOLOGIQUES	67
4.2. LES INDICATEURS PÉDOLOGIQUES	71
4.3. LES INDICATEURS HYDROLOGIQUES	72
4.4. LES DIFFICULTÉS LIÉES À LA CARACTÉRISATION DES MILIEUX HUMIDES	76
5. UNE APPROCHE ÉCOLOGIQUE DE LA GESTION DES MILIEUX HUMIDES	82
5.1. LES CONDITIONS CLIMATIQUES ET LES MILIEUX HUMIDES.....	84
5.2. LES CONDITIONS TOPOGRAPHIQUES ET LES MILIEUX HUMIDES	86
5.3. LES CONDITIONS ÉDAPHIQUES ET LES MILIEUX HUMIDES.....	91
5.4. LES CONDITIONS HYDROLOGIQUES ET LES MILIEUX HUMIDES	98
5.5. LES CONSIDÉRATIONS ÉCOLOGIQUES FAVORABLES AUX MILIEUX HUMIDES	106
5.6. LA RESTAURATION DE LA VÉGÉTATION RIVERAINE PAR TECHNIQUES DE GÉNIE VÉGÉTAL.....	127
6. UNE APPROCHE ÉCOLOGIQUE DE LA GESTION DES ESPÈCES EXOTIQUES	135
6.1. L'ÉLABORATION D'UN PROGRAMME DE GESTION ÉCOLOGIQUE DES ESPÈCES EXOTIQUES	138
6.2. LA PRÉVENTION DE L'INTRODUCTION D'ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES	139
6.3. DEVELOPPEMENT DE STRATEGIES DE GESTION ADAPTÉES AUX ESPÈCES.....	142
7. CONCLUSION	144
8. RÉFÉRENCES CITÉES OU CONSULTÉES	145
9. LM LANDRY – SERVICES PROFESSIONNELS EN ENVIRONNEMENT	149

RÉSUMÉ

Les milieux humides et hydriques sont des *écosystèmes* en interrelations avec les conditions et les ressources abiotiques (sol, relief, climat) et biotiques (flore, faune). Ils assurent des fonctions vitales et essentielles à la santé des écosystèmes dont nous dépendons tous. L'appréciation de leur nature *dynamique* nécessite une approche *écosystémique*. Dans ce sens, l'expression *écosystème humide* évoque davantage la nature dynamique de ces systèmes biologiques en constante interaction et en constante évolution que l'expression *milieu humide*.



Photos 1, 2, 3 et 4. Les milieux humides sont des écosystèmes dynamiques abritant une diversité faunique et floristique importante pour la préservation de l'équilibre écologique et de la santé humaine.

Dans le passé, nous avons vu s'accroître certaines problématiques résultant de la pollution et de la négligence de certains principes écologiques. Ces négligences entraînent des problèmes tel que la prolifération d'algues bleues (cyanobactéries) et la mort de poissons.



Photos 5, 6 et 7. Les exemples de dégradation des milieux humides et hydriques sont nombreux.

Plusieurs lois et règlements ont été améliorés dans le but de protéger le milieu naturel, mais la protection de ce milieu exige bien plus qu'une application littérale des lois et règlements. Il est souhaité que l'approche écologique appliquée puisse permettre aux gestionnaires de mieux comprendre ces écosystèmes dépendant du maintien des conditions, des ressources, des structures et des fonctions essentielles à la pérennité de ces écosystèmes particuliers.

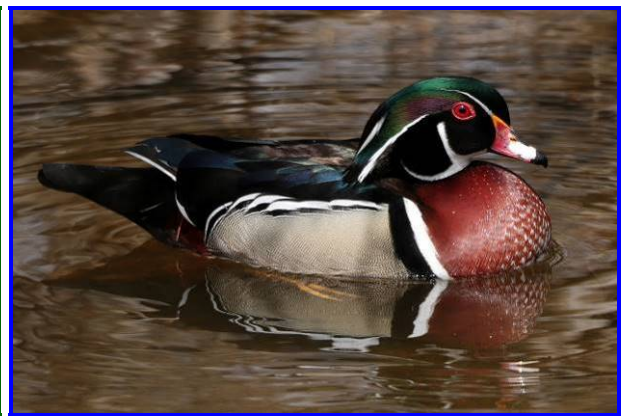
Comprendre la dynamique des *écosystèmes humides*, c'est d'abord connaître les composantes de ces écosystèmes, ainsi que les processus qui les influencent et qui les façonnent. Les composantes fondamentales de la vie de ces écosystèmes sont les espèces. Connaître les préférences écologiques de ces dernières favorise la compréhension de la dynamique des populations et des communautés. Cette connaissance permet d'apprécier les processus écologiques et environnementaux essentiels au maintien d'une biodiversité de qualité, d'un équilibre écologique, et même d'une pérennité de ces *écosystèmes humides et hydriques*.

L'approche écologique permet de dresser un portrait *dynamique* plutôt qu'un portrait statique des écosystèmes humides. Ainsi, il ne s'agit pas seulement de protéger le « milieu humide », mais aussi de maintenir les conditions et les ressources qui assurent son établissement, son développement, sa pérennité. Le maintien, la création ou la restauration de ces conditions aide à l'établissement, au développement et à la reproduction des espèces adaptées à ces milieux de manière à favoriser leur intégration dans les processus écologiques naturels, comme dans les stades de succession végétale et la chaîne alimentaire.

Une cohabitation harmonieuse entre l'humain et le milieu naturel est possible, voire nécessaire, mais cette harmonie nécessite le respect des notions écologiques de base essentielles au maintien des équilibres écologiques. Dans le cadre de la présente approche écologique, nous proposons également des réflexions sur la gestion des *écosystèmes humides* afin de les protéger, de les conserver, de les restaurer et ainsi d'assurer une cohabitation harmonieuse entre l'humain et ces écosystèmes essentiels.

À PROPOS DE LOUIS-MARIE LANDRY, BOTANISTE-ÉCOLOGISTE

Dès sa jeune enfance, Louis-Marie passe ses vacances d'été à deux pas du Parc national de la Mauricie où il est initié à la botanique, à la mycologie, à l'entomologie et à l'ornithologie par ses frères et son père, Léo-Paul, entre autres entomologiste et co-fondateur de l'Insectarium de Montréal. Il poursuit ensuite ses études universitaires en biologie en Colombie-Britannique, sous la guidance d'experts de renommée mondiale dont le célèbre David Suzuki.



Photos 8, 9 et 10. Les milieux humides et hydriques sont des milieux fragiles, essentiels pour soutenir une biodiversité de qualité et pour conserver une qualité d'eau dont toutes les espèces dépendent.

Il débute sa carrière professionnelle en 1989 en réalisant la délimitation et la caractérisation de tous les milieux humides et hydriques (cours d'eau et plans d'eau) présents dans l'emprise du réseau du chemin de fer du Canadien Pacifique Limitée, au Canada et aux États-Unis (soit un réseau linéaire de 40 000 km). C'est alors qu'il développe, avec son collègue David F. Polster, une approche écologique à la gestion de la végétation et des espèces exotiques envahissantes. Œuvrant principalement au Québec depuis les 17 dernières années, il est aujourd'hui un des consultants les plus chevronnés en matière d'identification, de délimitation, de caractérisation des milieux humides et de localisation de la ligne naturelle des hautes eaux (LNHE).



Passionné par la faune et la flore, son impressionnante banque d'image, en partie hébergée à la prestigieuse Université de Californie à Berkeley, lui permet de contribuer à des centaines de publications dans des universités à travers le monde. Plus spécifiquement au Québec, il contribue à la publication de divers titres : *Plantes des milieux humides et de bord de mer du Québec et des Maritimes* par Martine Lapointe, *Flore nordique du Québec et du Labrador*, sous la supervision de Serge Payette, ainsi qu'à l'élaboration de l'application *Sentinelle* du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) pour le suivi des espèces exotiques envahissantes.

C'est avec plaisir qu'il partage aujourd'hui ses connaissances, son expérience et sa passion en publiant cet ouvrage qui se veut un guide pour certains, un aide-mémoire pour d'autres, mais surtout une contribution à la connaissance, à la compréhension et à l'appréciation des écosystèmes humides et hydriques du Québec, sous l'angle d'un botaniste-écologiste et d'une approche écologique appliquée à ces écosystèmes.

Avertissement

Toute intervention dans les milieux humides et hydriques (cours d'eau et plan d'eau) et dans la bande de protection riveraine nécessite l'obtention préalable d'un certificat d'autorisation ou de permis auprès des autorités (municipalité, MRC, MDDELCC, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) et Pêches et Océans Canada lorsqu'on intervient dans l'habitat du poisson). Pour de plus amples renseignements, veuillez contacter les autorités et/ou consulter un professionnel ou un titulaire d'un diplôme universitaire en biologie, en sciences de l'environnement ou en écologie du paysage compétent en la matière qui pourra vous assister dans toutes les étapes de réalisation de votre projet.

REMERCIEMENTS

Je remercie d'abord ma famille, et particulièrement mon père, ma mère, mes frères et sœurs, ainsi que mes professeurs, mes collègues et mes amis qui ont suscité ma curiosité et mon sens de l'observation et qui m'ont transmis leur passion. Un merci tout spécialement à ma sœur Marie-Chantal Landry et à David F. Polster de Polster Environmental Services Ltd pour l'utilisation de leurs superbes photographies qui enjolivent ce document et permettent de créer des liens entre les notions d'écologie présentées et leurs applications à la réalité du terrain. Les photos de L.M. Landry sont encadrées en vert, celles de M.C. Landry sont en bleu et celles de D. Polster, en noir. Je remercie également Micheline Roberge pour la révision linguistique. Je tiens aussi à remercier toutes les personnes qui contribuent de près ou de loin à la connaissance, à la sensibilisation et à l'appréciation du milieu naturel, que ce soit par l'éducation ou encore la mise en œuvre de mesures de protection, de conservation ou de restauration des habitats en vue d'une cohabitation harmonieuse avec l'environnement.

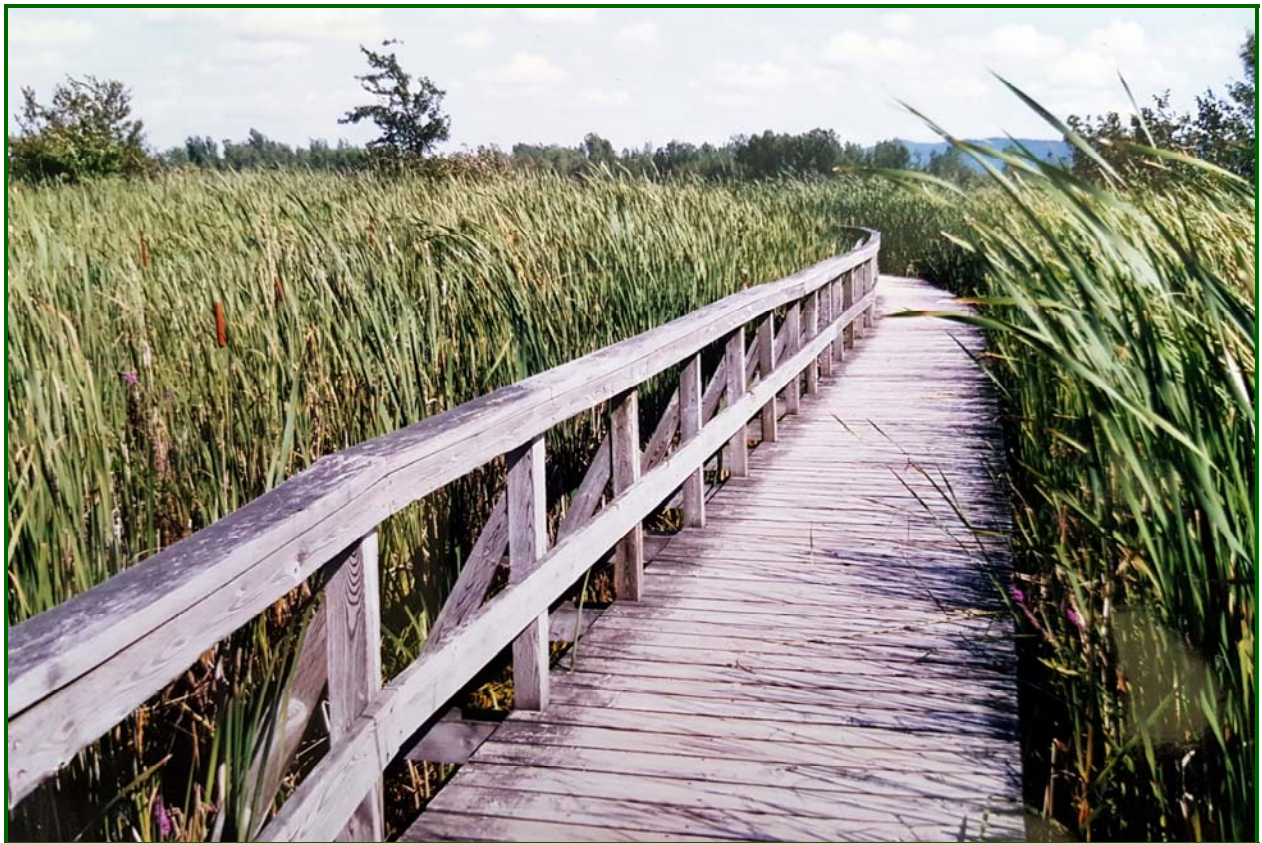


Photo 11. L'aménagement de sentiers d'interprétation permet de favoriser la connaissance, la sensibilisation et l'appréciation du milieu naturel.

À propos de David F. Polster, R.P.Bio., botaniste-écologiste

David Polster est spécialisé dans la restauration de sites perturbés, la gestion des espèces envahissantes et la gestion de certains écosystèmes forestiers exceptionnels. Depuis 1985, il a participé à un grand nombre de projets, comme celui du tunnel d'un demi-milliard de CP Rail dans le parc national de Glacier, et à des plans de restauration pour des mines, des carrières et des gravières. Il a développé plusieurs techniques de restauration pour les pentes abruptes et les habitats riverains. Il offre un service personnalisé de résolution de problèmes qui renforcent la résilience écologique des écosystèmes : <http://polsterenvironmental.com>.



Photos 12 et 13. David Polster, un pionnier dans le développement de techniques de génie végétal au Canada, propose des solutions innovatrices basées sur l'écologie végétale appliquée.

À propos de Marie-Chantal Landry, acupuntrice, photographe et artiste-peintre

Marie-Chantal Landry, acupuntrice et naturaliste passionnée par la faune et la flore, sait capter les moments uniques par ses photos (petit blongios en page couverture) et ses toiles (ci-après). Elle offre des services personnalisés de photos et de toiles, à la demande de sa clientèle.



Photos 14 et 15. Marie-Chantal Landry compose et reproduit sur toile ces moments inoubliables. Pour plus de plus amples renseignements, contacter zebraland@hotmail.com.

1. INTRODUCTION

Les écosystèmes humides et hydriques ont une importance indéniable et reconnue. Entre autres, ils sont des habitats essentiels à la biodiversité et abritent une multitude d'espèces fauniques et floristiques, ils filtrent et purifient les eaux, ils atténuent l'érosion et les débits extrêmes des cours d'eau et des plans d'eau, ils retiennent les sédiments, ils contribuent à la qualité esthétique du paysage, ils représentent des lieux de récréation, de villégiature et de ressourcement. Pour certains, ils sont source d'émerveillement, pour d'autres, lieu de quiétude.



Photos 16, 17, 18 et 19. Plusieurs espèces fauniques dépendent directement du maintien de la qualité de l'eau pour s'abreuver, se nourrir, se reproduire et compléter leur cycle de vie.

Les milieux humides sont des écosystèmes dynamiques et résultent de l'interaction de divers facteurs environnementaux, dont le climat (précipitations, température, vent et ensoleillement), l'hydrologie (drainage), la chimie (eau et sols), la géomorphologie (forme du terrain et matières originales du sol) et la biologie (faune et flore) (Groupe de travail national sur les terres humides, 1997).

Au cours des dernières années, de nombreux documents portant sur l'identification, la délimitation et la caractérisation des milieux humides ont été élaborés. Plusieurs méthodes et modèles ont également été mis au point pour déterminer la valeur écologique de ces milieux. Ces références contribuent au développement d'une discipline encore jeune et mal connue, tant du grand public que des scientifiques, étant donné la complexité de ces milieux.

L'approche écologique appliquée aux milieux humides permet de mieux comprendre et d'apprécier la nature *dynamique* des écosystèmes particuliers que sont les étangs, les marais, les marécages et les tourbières, regroupés sous l'appellation « milieux humides ».

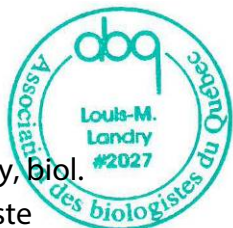
Apprécier le milieu naturel, que ce soit en regard des milieux aquatiques, humides ou terrestres, passe inévitablement par la conscience de son existence, puisqu'il est difficile d'apprécier ce que nous ne connaissons pas. Notre premier objectif est donc de contribuer au partage et au transfert des connaissances et, par le fait même, de conscientiser.

Reconnaître l'importance du milieu naturel, c'est reconnaître sa valeur. L'appréciation de cette valeur s'appuie sur la reconnaissance de son rôle et de ses fonctions. Notre deuxième objectif est donc la reconnaissance de la valeur de ces écosystèmes fondée sur la compréhension des processus écologiques essentiels à l'équilibre du milieu naturel.

Puisqu'il est naturel de vouloir protéger, conserver ou même restaurer ce que nous valorisons, l'atteinte des deux premiers objectifs contribue au troisième objectif, soit le rapprochement vers une cohabitation harmonieuse entre l'humain et le milieu naturel.

Nous sommes heureux de partager nos connaissances et notre expérience dans le cadre de cette approche écologique appliquée aux écosystèmes humides et hydriques. Nous sommes persuadés que ce partage permettra de franchir un pas de plus vers l'atteinte de nos objectifs.

Louis-Marie Landry, *biol.*
Botaniste-écologiste



2. COMPOSANTES BIOTIQUES ET ÉCOLOGIQUES

2.1. L'AUTÉCOLOGIE – L'ESPÈCE COMME UNITÉ VIVANTE FONDAMENTALE

La compréhension de la dynamique des écosystèmes repose sur la reconnaissance des conditions et des ressources essentielles au maintien des écosystèmes. Bien que l'écosystème forme un tout, la compréhension des dynamiques écologiques dépend d'abord de l'identification des besoins des espèces qui le compose, lesquelles représentent les unités vivantes fondamentales.

Dans ce contexte, l'*autécologie* est définie comme la science de l'écologie propre à une espèce en particulier. Chaque espèce a des besoins environnementaux et biologiques particuliers et essentiels. L'autécologie permet de connaître les besoins particuliers d'une espèce, ainsi que ses variations biologiques et génétiques.



Photos 20, 21 et 22. À gauche, gentiane de Victorin (OBL). Au centre, spiranthe lustrée (OBL). À droite, woodwardie de Virginie (OBL). OBL : espèce floristique obligée des milieux humides.

La connaissance de l'autécologie des espèces permettra aux gestionnaires compétents de s'assurer que les conditions et les ressources environnementales essentielles à l'écosystème humide sont maintenues en fonction des caractéristiques environnementales particulières au site et aux espèces présentes et visées. Ces connaissances sont particulièrement importantes quand vient le temps de conserver les espèces rares.

La *physiologie végétale*, au cœur du concept de l'autécologie, permet d'identifier les conditions essentielles à la croissance et à la reproduction des espèces végétales : l'eau, les gaz (oxygène et dioxyde de carbone), le rayonnement solaire, les nutriments, la température. La physiologie

végétale permet de comprendre les mécanismes d'adaptation biochimiques et morphologiques des plantes dans des conditions particulières, comme celles associées aux milieux humides.

Par exemple, le manque d'oxygène est un des facteurs qui limite la croissance des plantes dans les sols saturés d'eau, comme dans les milieux humides. Les racines, comme toutes les cellules vivantes, ont besoin de respirer.

Les parties aériennes (tiges et feuilles) comprennent des groupes de cellules spécialisées (*lenticelles et stomates*) favorisant la respiration cellulaire, mais les racines en sont généralement dépourvues. Les racines obtiennent donc leur oxygène par la diffusion (dans le sol) ou grâce au système vasculaire (xylème, phloème, aérochyme, cavité, etc.).

Lorsque les conditions environnementales ne favorisent pas l'obtention d'un apport suffisant en oxygène, certaines plantes réagissent par des modifications physiologiques et morphologiques. Quand elles manquent d'oxygène (*anoxie*), les plantes produisent des hormones (*éthylène, auxines, gibbérellines*) qui modifient la physiologie et le développement.

Ainsi, lorsque les conditions sont *anoxiques* (sans oxygène) en raison de la saturation d'eau, de la compaction des sols, d'une trop grande demande biologique en oxygène (DBO) ou encore d'une utilisation excessive de terreau sur un système racinaire existant, la plante produit des hormones et s'étiolle : les espaces entre les feuilles (*internodes*) s'allongent, la surface supérieure des pétioles s'allonge (*épinastie*), les feuilles jaunissent (*chlorose*) et penchent vers le bas, et dans certains cas, elles deviennent brunes, meurent (*nécrose*) et tombent. Cette adaptation favorise la circulation de l'air à la base des plantes.

Une inondation prolongée favorise la différenciation des cellules souches (*parenchymes*) sous l'écorce des plantes. Au contact de l'eau et dans l'obscurité, ces cellules forment des *racines adventices* qui émergent à la base des troncs. Ces racines permettent, dans une certaine mesure, à stabiliser le tronc en état d'étiollement.

Si les eaux se retirent avant que les cellules souches forment des racines, mais après qu'elles aient commencé à se différencier, et en présence de lumière (*au rayonnement photosynthétiquement actif*), ces cellules indifférenciées (*parenchymes*) se développent en nouvelles pousses.

Les espèces adaptées aux milieux humides subissent donc des modifications lorsqu'elles sont inondées, comme l'élargissement de la base du tronc, l'élargissement des lenticelles et la différenciation des cellules souches en racines adventices.

La formation d'un système racinaire peu profond ou hors du sol est un autre type d'adaptation qui permet de maintenir des conditions favorables à la respiration cellulaire des racines.

Toutefois, sans le développement de racines d'ancrage, cette adaptation expose les arbres au renversement par le vent (*chablis*).

De manière réciproque, lorsque les plantes présentent ce type de réactions physiologiques et morphologiques, ces manifestations sont des indices de la présence de milieux humides puisqu'elles témoignent de conditions antérieures d'inondation ou de saturation des sols en eau. Ces manifestations demeurent des indices de la présence de milieux humides et non des preuves, puisque les plantes peuvent également subir des transformations physiologiques et morphologiques en présence d'autres conditions particulières, par exemple en cas de sols compacts ou de certaines maladies. Il y a donc lieu de corroborer l'hypothèse de la présence d'un milieu humide avec d'autres types d'indices.

Certaines *adaptations morphologiques* permettent aux espèces de se développer dans des conditions environnementales autrement prohibitives. Par exemple, certaines espèces, comme les quenouilles, possèdent des cellules spécialisées (*aérenchymes*) qui favorisent la diffusion d'oxygène dans leurs tissus et qui leur permettent de survivre, voire de prospérer dans ces types d'habitats saturés d'eau que sont les milieux humides et hydriques.

D'autres espèces, comme les prêles, ont des tiges creuses, ce qui favorise également l'échange gazeux. D'autres encore forment des monticules qui permettent notamment la respiration des racines, mais aussi le réchauffement du sol par le soleil.

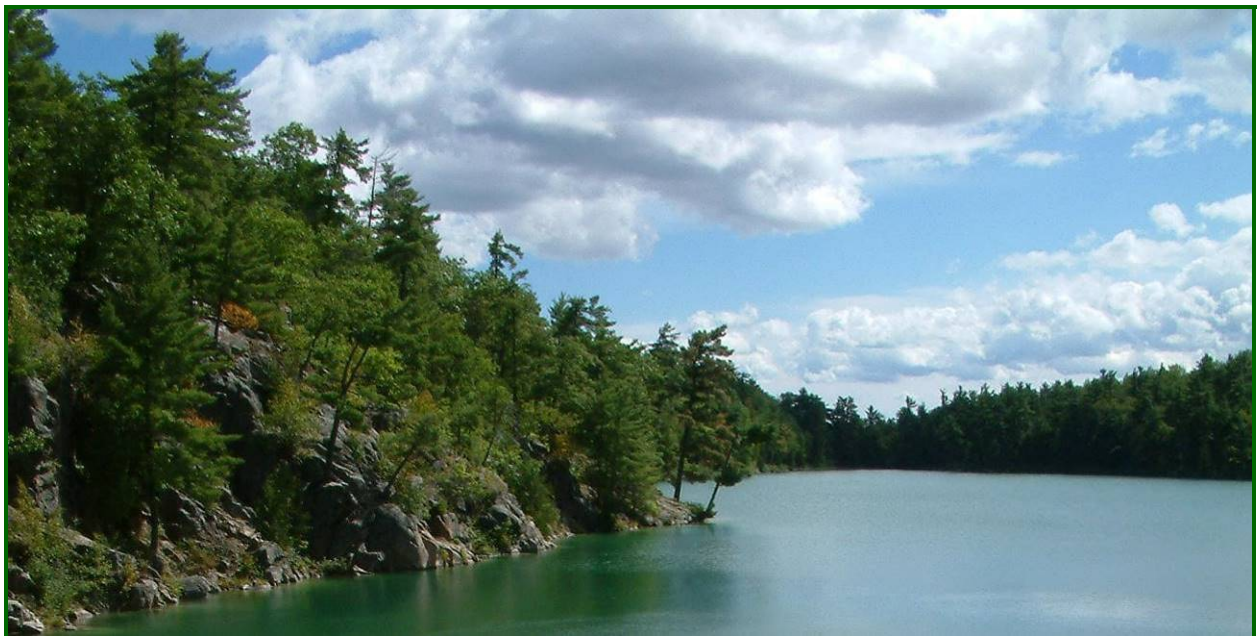


Photo 23. Les milieux humides et hydriques du Québec abritent des espèces adaptées aux conditions et aux ressources particulières, comme le lac Pink dont la couleur turquoise est due à la présence de diatomées.

2.2. LA NICHE ECOLOGIQUE

Hutchinson (1957) définit la *niche écologique* comme un espace multidimensionnel où une espèce complète son cycle de vie. Cette niche peut être représentée par un graphe à plusieurs dimensions dont les axes représentent des gradients environnementaux. Ces axes pourraient représenter des conditions nécessaires à la survie de l'espèce comme l'humidité, le pH, la capacité d'échange cationique (CEC) ou un complexe de facteurs, incluant le temps et l'espace.



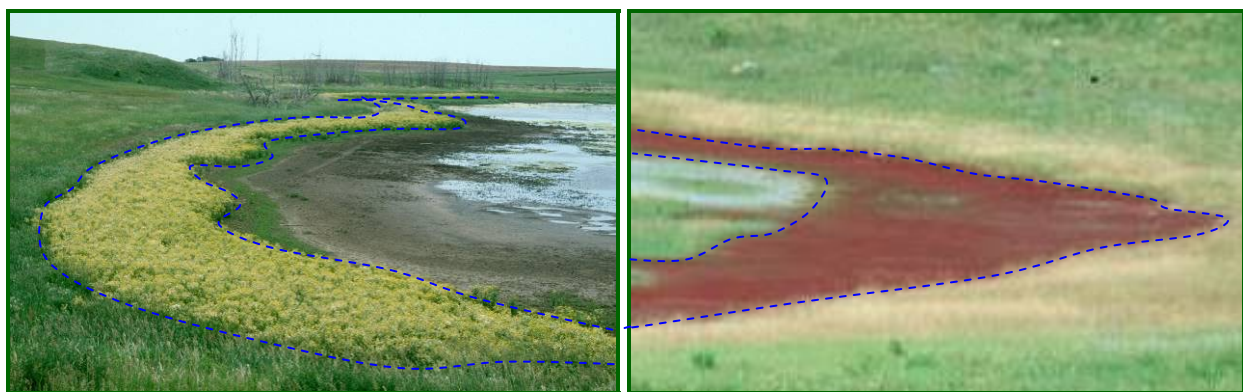
Photo 24. La répartition des espèces selon l'altitude et l'orientation des pentes, notamment en période automnale avec les différentes couleurs, permet de visualiser les différentes niches écologiques.

La niche écologique de l'espèce correspond à un espace multidimensionnel où l'espèce rencontre les conditions et les ressources essentielles pour accomplir son cycle de vie. Toutes les espèces ont besoin de cette « espace » pour s'établir, croître et se reproduire. Cet espace que nous appelons la niche de l'espèce est défini comme l'ensemble de tous les facteurs physiques, chimiques et biologiques nécessaires à la survie de l'espèce.

Ainsi, les espèces s'implantent dans des endroits où les conditions environnementales et biologiques sont favorables à leur croissance. Cet endroit correspond à la niche écologique de l'espèce. Différentes espèces occupent différentes niches.



Photo 25. La répartition de la sagittaire (OBL), de la salicaire (FACH), du phalaris roseau (FACH) et des saules (généralement OBL ou FACH) correspond à la niche écologique respective de ces espèces. FACH : espèce dite facultative des milieux humides.



Photos 26 et 27. Les niches écologiques sont responsables de la répartition des espèces. À gauche, la floraison permet de distinguer la niche écologique. À droite, la salicorne (OBL) autour d'une saline.



Photo 28. Noter la répartition de la calamagrostide (FACH), suivi du cornouiller stolonifère (FACH), des saules, de l’aulne rugueux (FACH), de l’érable rouge (FACH) et des résineux, selon les niches écologiques.

Il est possible d’observer dans les exemples précédents une stratification / répartition des espèces sur le plan horizontal en réponse aux gradients environnementaux.

L’approche écologique à la restauration du milieu naturel vise à dupliquer la répartition de la végétation selon les motifs de distribution naturels et en fonction de leur niche écologique, parce que les espèces ont évolué avec ces gradients environnementaux et s’y sont adaptées.

Le *principe d’exclusion compétitif (principe de Gause)* stipule que deux espèces ne peuvent pas occuper la même niche écologique. Si deux espèces occupent la même niche écologique, une compétition s’installe et une des deux espèces dominera l’autre, ou les deux espèces utiliseront différentes parties de la niche écologique (le partage des ressources).

Dans ce dernier cas, il s’en suit une stratification des espèces. Dans le contexte des milieux humides, cette stratification se manifeste verticalement par la présence de plantes submergées, flottantes et émergentes, et ces dernières étant composées de strates herbacées, arbustives et arborescentes. Cette stratification verticale se manifeste également au niveau de

la localisation des racines dans le sol. Une espèce aura des racines superficielles, une autre aura des racines profondes et les autres auront des racines d'une profondeur intermédiaire.

La répartition et la distribution des espèces reflètent aussi leur mode de dissémination, notamment si elles prolifèrent de manière végétative, ou par l'intermédiaire de semences, et si ces dernières sont distribuées par le vent, l'eau ou des espèces fauniques comme les oiseaux ou les mammifères. La connaissance de la nature des espèces et du mode de distribution de ces espèces permet de comprendre la dynamique des populations et des communautés végétales.

Par exemple, certaines espèces vivaces comme le roseau commun forment des colonies par émission de *stolons* (tige rampante au sol sur laquelle se développent de nouveaux plants, généralement au niveau des nœuds) et de *rhizomes* (tige souterraine dont les nœuds donnent naissance à de nouveaux plants) qui s'étendent parfois bien au-delà des milieux humides et hydriques.



Photos 29, 30 et 31. En haut, la répartition de la matteuccie est favorisée par l'apport de sédiments lors des crues printanières. À gauche, aubépines disséminées par les oiseaux le long d'une clôture. À droite, colonisation d'une butte terrestre par le roseau au-delà d'un milieu humide présent à la base du talus.

2.3. LES ESPÈCES INDICATRICES DES MILIEUX HUMIDES

L'application des concepts de la niche écologique, de l'autécologie et de la *phytosociologie* (étude des associations végétales), en relation avec le taux d'humidité, nous permet de constater que certaines espèces sont *indicatrices* des milieux humides. En effet, certaines espèces sont présentes quasi exclusivement dans les milieux humides (99 % et plus); elles sont dites *obligées des milieux humides* (OBL). Les espèces obligées des milieux humides ont ainsi une niche écologique spécifique à la présence d'humidité. D'autres espèces, dites *facultatifs des milieux humides* (FACH), ont une niche écologique plus générale et se retrouvent surtout (de 66 % à 99 % du temps), mais non exclusivement, dans les milieux humides.

Les espèces de plantes obligées et facultatives des milieux humides sont des *hydrophytes* ; ce sont des *indicateurs biologiques* qui permettent d'identifier les milieux humides, notamment s'il y a prédominance d'hydrophytes (plus de 50 %). Les espèces dont la probabilité d'être rencontrées dans des milieux humides est inférieur à 66 % sont dites *non indicatrices* (NI) des milieux humides et sont considérées comme des espèces des milieux terrestres. Pour de plus amples informations, le lecteur est invité à consulter la liste des espèces indicatrices (obligées, facultatives ou non indicatrices) dans les dernières références du MDDELCC (2015), les répertoires photographiques disponibles (Landry, 2013) et les divers guides d'identification en vente dans les « bonnes librairies ».

Alors que les hydrophytes sont généralement associées aux plantes vasculaires, la présence de certaines *bryophytes* (notamment les *hépatiques* et les *sphaignes*) ou de films d'algues est aussi un indicateur biologique de l'existence potentielle d'un milieu humide.

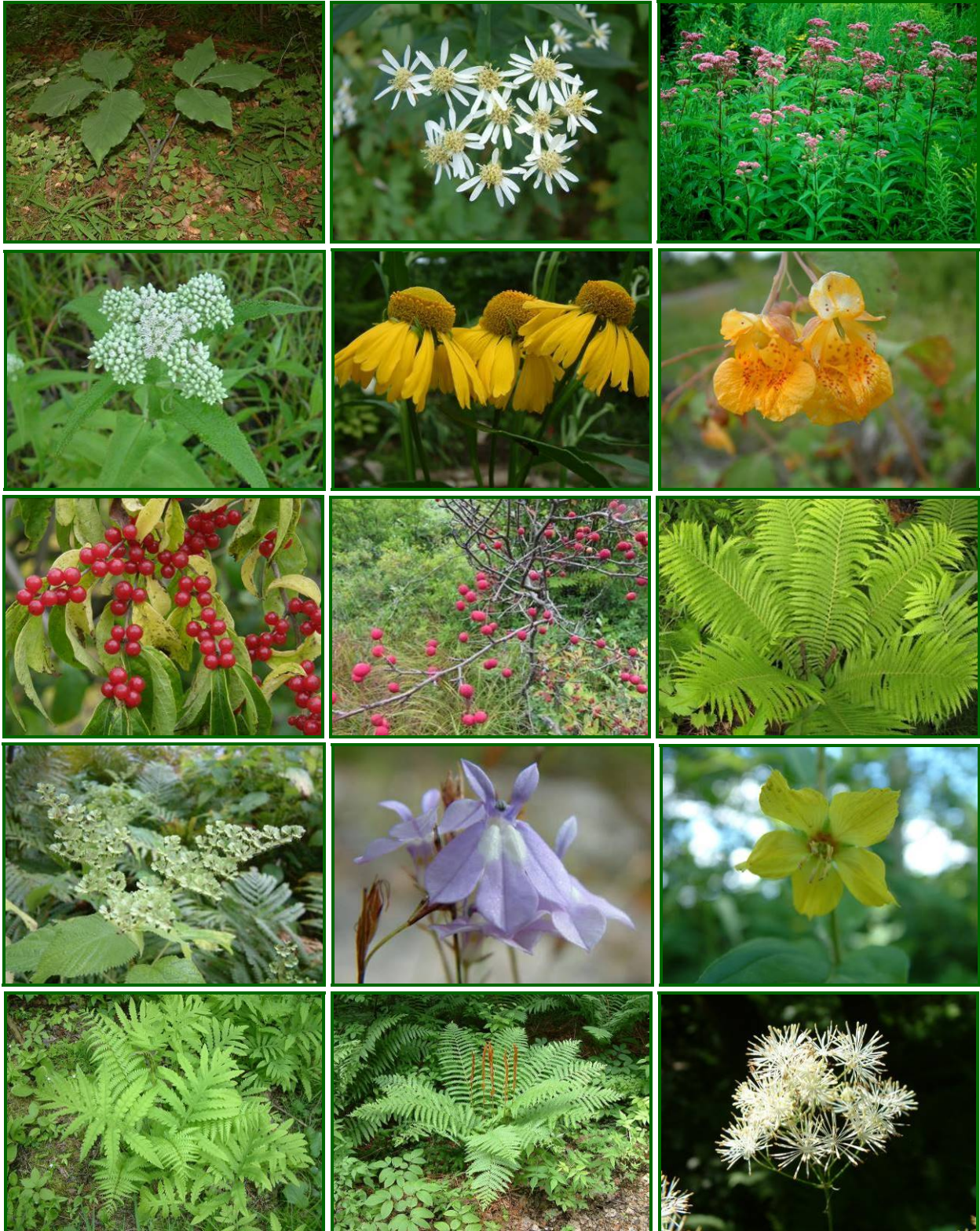
De façon générale, s'il y a prédominance d'espèces hydrophytes (obligées ou facultatives des milieux humides), nous pouvons conclure à la présence de milieux humides. De manière réciproque, la prédominance d'espèces intolérantes aux conditions humides permet d'identifier les milieux terrestres et parfois, par réciprocity, de délimiter les milieux humides existants.

Certains de ces indicateurs servent également à délimiter les milieux humides ou encore la *ligne naturelle des hautes eaux* (LNHE), le cas échéant. La LNHE correspond généralement au niveau des eaux lors des inondations qui surviennent en moyenne tous les 2 ans. D'une manière ou d'une autre, il y aura lieu de rechercher d'autres indices qui permettront de statuer sur la présence ou l'absence de ces milieux, comme la consultation de photographies historiques.

Les photos suivantes présentent des exemples de plantes obligées et de plantes facultatives des milieux humides et hydriques. Voir aussi les répertoires photographiques des principales espèces des milieux humides du Québec sur le site Internet : www.lmlandry.com.



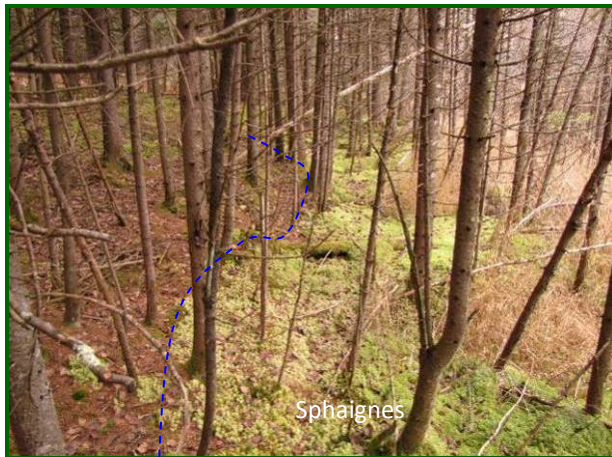
Photos 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45 et 46. Exemple d'espèces obligées : asclépiade incarnate, calla, caltha, calopogon tubéreux, chelone, comarum, céphalanthe, droséra à feuilles rondes, ériophorum spp., glycérie spp., hydrocharide, iris versicolore et ményanthe trifolié.



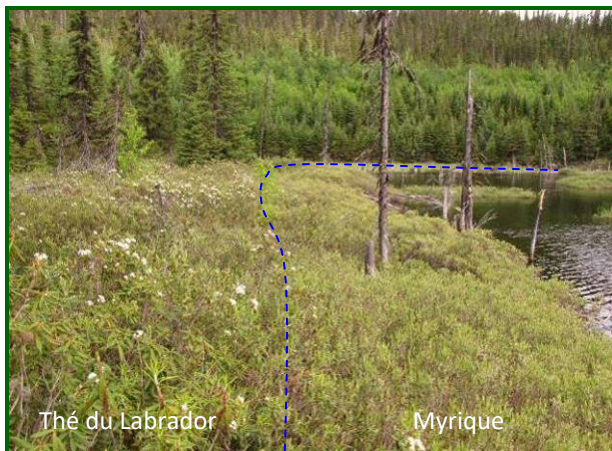
Photos 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60 et 61. Exemple d'espèces facultatives : arisème, aster à ombelles, eupatoire maculée, eupatoire perfoliée, ilex, némopathe, matteuccie, ortie du Canada, lobélie de Kalm, lysimaque cilié, onoclée, osmonde cannelle et pigamon pubescent.



Photos 62 et 63. À gauche, la limite de l'onoclée sensible (FACH) correspond à la limite du milieu humide (MH). À droite, la limite entre l'onoclée sensible et la verge d'or (NI) correspond à la limite du MH.



Photos 64 et 65. À gauche, la prédominance de sphaignes est un indicateur de la présence de milieux humides. À droite, l'impatiente du Cap (FACH) domine le milieu humide en raison d'un suintement.



Photos 66 et 67. Le thé du Labrador en floraison (OBL *au sud*) laisse place au myrique baumier (OBL), ce qui permet de délimiter à la fois le marécage riverain et la ligne naturelle des hautes eaux (LNHE).

2.4. LES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES

La *phytosociologie*, ou la sociologie des plantes est la discipline scientifique qui permet de comprendre les raisons pour lesquelles certains groupes de plantes s'associent et poussent ensemble, notamment en fonction des conditions environnementales (Mueller-Dombois et Ellenberg, 1974). Inversement, l'utilisation des plantes comme indicateurs des conditions des sites est scientifiquement reconnue (Klinka *et al.*, 1989).



Photos 68 et 69. La sarracénie pourpre (OBL) est une espèce de plante carnivore indicatrice des conditions ombrotrophes des tourbières.

Les espèces végétales s'établissent, poussent et s'installent dans des niches le long des gradients environnementaux ce qui permet aux espèces différentes ayant des besoins écologiques comparables de pousser ensemble. Cette répartition donne lieu à des associations végétales, des groupes d'espèces qui ont des besoins semblables, soit des communautés végétales.



Photos 70 et 71. À gauche, marais : le scirpe (OBL) et la berle douce (OBL) partagent des habitats comparables et forment une association végétale. À droite, marais avec quenouille à larges feuilles (OBL) et salicaire (FACH).

Un gradient typique associé aux milieux humides riverains comprend un cours d'eau, un plan d'eau ou un étang avec des bordures où l'on rencontre un marais dominé par des plantes submergées, flottantes et émergentes, suivi d'un marécage arbustif, d'un marécage arborescent et finalement un milieu terrestre.



Photo 72. Complexe de milieux humides riverains de type étang, marais et marécage.

Avec un minimum d'expérience, on parvient à distinguer facilement les communautés végétales sur le terrain. La comparaison des communautés végétales présentes dans les marais, par exemple, nous permet de repérer les espèces semblables que nous pourrions associer à une communauté typique des marais. Inversement, certaines espèces clés comme les quenouilles évoquent l'existence d'un milieu humide de type marais.

D'une manière comparable aux espèces, les communautés végétales se répartissent le long de gradients environnementaux. Des communautés végétales différentes s'établissent en fonction des gradients tels que comme la profondeur de l'eau ou le taux d'humidité dans le sol. La connaissance des communautés végétales rappelle alors les conditions environnementales auxquelles elles sont associées, par exemple, une pessière à thé du Labrador indique la présence d'une tourbière ombrotrophe à un stade de succession avancé.

Certaines espèces d'arbres ont une affinité pour les milieux humides, soit de type marécage ou de type tourbière boisée. Par conséquent, lors de la consultation des cartes écoforestières, s'il y a présence de peuplements forestiers avec prédominance de peupliers (*Populus* spp.), notamment de peupliers baumiers (*P. balsamifera*) et/ou deltoïdes (*P. deltoides*), d'érables argentés (*Acer saccharinum*) et/ou rouges (*A. rubrum*), d'épinettes noires (*Picea mariana*), de mélèzes laricins (*Larix laricina*), de thuyas occidentaux (*Thuja occidental*), de frênes noirs (*Fraxinus nigra*) ou de Pennsylvanie (*F. pensylvanica*), de saules (*Salix* spp.), d'aulnes (*Alnus incana* ssp. *rugosa*), il y a fort probablement présence d'un milieu humide de type marécage ou tourbière boisée.

2.5. L'ÉVOLUTION DES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES

Le temps agit sans relâche et se manifeste à travers différents cycles naturels comme les marées, les saisons, les stades de succession végétale, et même les cycles géologiques et les périodes de glaciations qui remodelent le paysage.



Photos 73, 74 et 75. Les communautés végétales évoluent au gré du temps et des saisons.

C'est ainsi que, de façon générale, le développement de la végétation et la reproduction des amphibiens en période printanière précèdent l'apparition de l'abondance d'insectes. L'arrivée des insectes est suivie de celle des oiseaux insectivores, puis de celle des espèces des niveaux

trophiques supérieurs comme les oiseaux de proie, le tout dans une harmonie et un équilibre intrinsèques aux écosystèmes.



Photos 76, 77 et 78. Chaque espèce se reproduit dans une séquence d'interdépendance.

Le facteur temps permet aussi d'étendre le concept des communautés végétales au concept de *succession végétale*. La succession végétale peut être définie comme un changement des communautés végétales en fonction du temps. Tout commence par l'établissement des espèces pionnières, lesquelles modifient les conditions environnementales, ce qui permet l'établissement d'espèces et de communautés végétales subséquentes dans un processus de succession écologique qui tend vers une végétation climacique (mature).



Photo 79. Illustration généralisée, inspirée de Kutschera et Lichtenegger (1997), représentant la progression des stades de succession végétale, de gauche à droite : sol minéral, espèces pionnières (herbacées, arbustes et arbres feuillus intolérants) suivies d'espèces climaciques (arbres feuillus tolérants et arbres résineux).

Sur le plan floristique, notre expérience permet de constater qu'un milieu humide peut s'implanter sur une période allant de quelques semaines à une seule saison de croissance, notamment s'il y a présence de semenciers à proximité et/ou de structures reproductives dans le sol, comme des rhizomes, des racines ou encore une banque de graines en dormance et en attente des conditions favorables à leur germination.



Photos 80 et 81. Milieux humides en formation après une saison de croissance.

Les graines de certaines espèces demeurent en dormance dans le sol jusqu'à ce que les conditions environnementales favorisent leur germination. Par exemple, dans le milieu naturel, il est courant de voir apparaître des espèces à la suite de perturbations naturelles aux endroits où les sols ont été bouleversés, à cause de chablis ou de glissements de terrain. Ce phénomène peut être observé après un feu de forêt, alors que l'on voit apparaître des populations d'épilobes à feuilles étroites qui paraissent inexistantes antérieurement.

Des milieux humides peuvent également apparaître après l'abandon des travaux de labour dans des champs agricoles. Dans certains cas, des milieux humides se forment dans les points bas des champs. Deux possibilités se présentent alors, selon les dépressions, la texture du sol, l'apport en eau, etc. : soit que le milieu humide s'assèche progressivement au fur et à mesure que la végétation arbustive et arborescente se développe et que les racines viennent puiser les eaux, soit que le milieu humide s'agrandisse progressivement.

Lorsque les fossés d'un champ agricole abandonné ne sont plus entretenus, ces derniers s'obstruent peu à peu. La végétation typique des milieux humides (hydrophytes) s'implante initialement dans les fossés ou en bordure de ces derniers. Puis, peu à peu, cette communauté d'hydrophytes s'étend, à partir des fossés localisés de part et d'autre des planches agricoles, jusqu'à en couvrir toute la superficie.



Photos 82 et 83. Dans les champs agricoles abandonnés dont le drainage est insuffisant, il est possible d'observer le processus de succession végétale et de formation des marais et des marécages. D'abord, les herbacées s'implantent. Ensuite des espèces arbustives s'installent comme le cornouiller stolonifère (FACH), les saules et l'aulne rugueux (FACH), notamment dans les anciens fossés de drainage qui s'obstruent progressivement, et parfois avec l'aide du castor qui y construit rapidement des barrages.

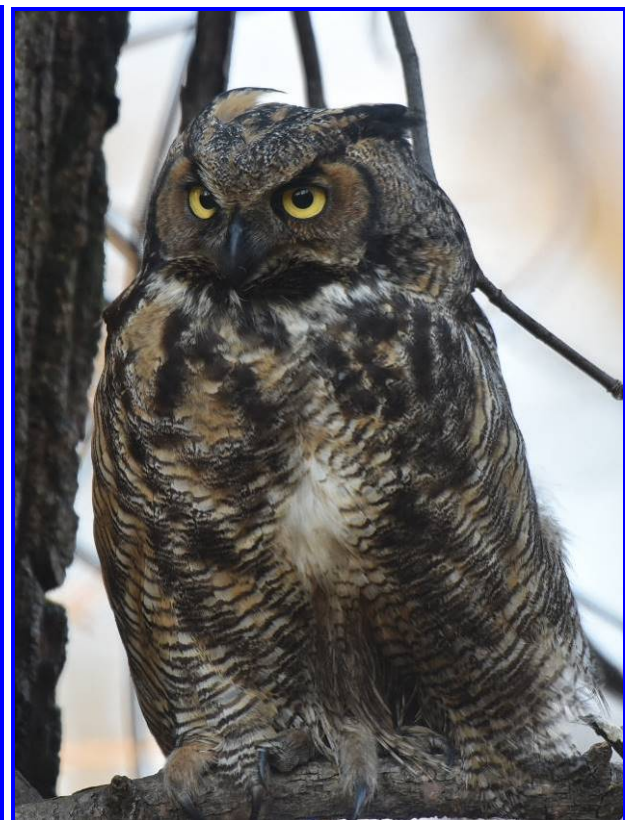


Photos 84 et 85. À gauche, les espèces arbustives arrivent à recouvrir l'ensemble des anciennes planches agricoles et transforment le champ agricole en marécage arbustif, dans le cas présent, en marécage arbustif à cornouiller stolonifère. À droite, le marécage arbustif à cornouiller se transforme progressivement en marécage arborescent à peuplier baumier (FACH). Ce stade de succession végétale sera remplacé peu à peu par des espèces tolérantes à l'ombre.

Dans l'évolution des communautés végétales et des stades de succession, les prédispositions génétiques et environnementales influencent la distribution des espèces. Par exemple, certaines espèces pionnières, comme l'aulne et le peuplier, sont intolérantes à l'ombre et nécessitent des conditions lumineuses pour s'établir. Elles ne peuvent croître sous leur propre ombre et cèdent progressivement leur place à des espèces de stade de succession plus avancé et tolérantes à l'ombre, comme la pruche du Canada, le thuya occidental et les épinettes.



Photos 86 et 87. Exemple de stade de succession en transition entre un peuplement de feuillus et un peuplement de résineux : à gauche, dans un milieu humide de type marécage à érable rouge avec sapin baumier ; à droite, dans un milieu terrestre de type bétulaie à sapin baumier.



Photos 88 et 89. Les prédateurs dépendent des niveaux inférieurs de la chaîne alimentaire pour survivre, soit des niveaux de productivité primaire (végétation) et secondaire (amphibiens, reptiles, petits mammifères), d'où l'importance de conserver les divers habitats.

En résumé, les espèces pionnières s'installent et influencent les conditions environnementales (création d'ombre) et les conditions biotiques (apport de matière organique), ce qui permet à d'autres espèces de s'établir et, finalement, à une communauté *climacique* (mature) de s'implanter. Les espèces pionnières sont généralement des espèces herbacées annuelles ou

bisannuelles, suivies d'espèces ligneuses incluant des arbustes, des arbres feuillus, puis des résineux.



Photos 90, 91 et 92. Ci-dessus, une érosion modérée des berges est un processus naturel et essentiel à la reproduction de nombreuses espèces adaptées à cet habitat, qui ne pourrait autrement y croître. En bas, plusieurs espèces fauniques bénéficient des bordures des milieux humides et hydriques dénudées de végétation, comme les bécasseaux, les bécassins, les chevaliers et les pluviers.

Dans certains cas, une végétation climacique peut aussi se former dans les endroits où il y a des perturbations continuelles ou récurrentes. Par exemple, aux abords des lacs et des cours d'eau, les vagues et l'érosion causent des perturbations qui favorisent certains groupes d'espèces plus tolérantes et résistantes, comme le myrique baumier, le cornouiller stolonifère et certains saules (FACH ou OBL ou NI selon les espèces).



Photos 93 et 94. Bordure avec duliche roseau, myrique baumier, spirées, cornouillers et aulnes, une *communauté climacique de succession* résultant des perturbations récurrentes causées par les vagues et les inondations.



Photos 95 et 96. À gauche, marais à spartine alterniflore, un exemple de communauté végétale de succession résultant des perturbations cycliques dues aux marées. À droite, communautés végétales adaptées aux bancs de sables des rivières sous l'effet d'inondations récurrentes.

Dans d'autres cas, les espèces libèrent des composés inorganiques (augmentation de l'acidité) ou organiques (substances phénoliques) qui limitent la germination et la croissance d'autres espèces, un phénomène connu sous le nom d'*allélopathie*. Le nerprun cathartique, une espèce exotique envahissante, serait une espèce allélopathique.

De même, il est commun de voir des pinèdes, sous lesquelles s'accumule un épais tapis d'aiguilles qui inhibe la croissance de plantes vasculaires. C'est ainsi que la végétation modifie les conditions et les ressources, parfois d'une manière qui limite les possibilités de développement, jusqu'à ce qu'un feu se déclare ou que des espèces adaptées pour coloniser ces milieux s'implantent par un processus d'immigration.

Dans le cas des tourbières, la présence des espèces en fonction de la proximité de la nappe phréatique à la surface du sol, tout comme la répartition des espèces selon le profil longitudinal de la distance de l'eau dans la transition entre un milieu humide et un milieu terrestre, est assez représentative des stades de succession : eau, tourbe, fen herbacé, fen arbustif et pessière à thé du Labrador. Cette distribution représente, par le fait même, le stade de succession général des tourbières.

Dans les dépressions où l'eau s'accumule ou aux abords des étangs, une végétation pionnière adaptée au milieu aquatique se développe pour former un couvert de sphaignes. Dans la dynamique de succession, les sphaignes se multiplient, le milieu s'acidifie progressivement et la matière organique s'accumule. Les sphaignes se développent ainsi jusqu'au comblement complet de la surface de l'eau. Petit à petit, des espèces herbacées, comme certains carex et des linaigrettes s'implantent et des espèces arbustives s'installent, comme l'andromède glauque, le cassandre calculé, le kalmia et le thé du Labrador.

À ce stade, on assiste à la colonisation de nouvelles espèces, moins exigeantes en humidité, mais capables de vivre sur un sol très acide, dont quelques petits arbres rabougris. Ensuite des espèces arborescentes comme le mélèze laricin et l'épinette noire viennent prendre leur place. Ces individus s'implantent de deux façons principales : soit d'une façon aléatoire et relativement uniforme avec une distribution d'individus ici et là, soit sous la forme d'un rang s'avançant graduellement à partir d'un front plus dense et plus mature.



Photos 97 et 98. À gauche, tourbière avec étang. À droite, tourbière minérotrophe avec herbacées (fen).

Lorsque les individus s'implantent de façon aléatoire, ils ont tendance à former des îlots d'arbres. Par suite de sa croissance, l'épinette s'enfonce peu à peu sous l'effet de son poids. Nous pouvons alors observer le processus de *marcottage* par lequel les branches du bas, au contact de la tourbe et de l'eau, s'enracinent et forment de nouvelles pousses, génétiquement identiques à l'individu central. On voit alors apparaître des « îlots » d'épinettes formant des cercles autour d'un individu central et des repousses en sa périphérie.



Photos 99 et 100. Îlots d'épinettes formant des cercles concentriques autour d'un individu central et des repousses en sa périphérie, résultat du processus de reproduction par marcottage. À droite, exemple de marcottage où les branches du bas s'enracinent et forment de nouveaux troncs.

Lorsqu'un rang d'épinettes s'avance graduellement à partir d'un front, on y voit des individus plus rabougris à l'avant et des arbres plus matures en arrière-plan. On retrouve des espèces plus tolérantes à l'humidité dans les marges de cet avancement, comme le mélèze laricin.

À mesure que la succession végétale évolue, des peuplements uniformes composés majoritairement d'épinettes noires ont tendance à se former. La forte densité des épinettes réduit la luminosité et contribue à l'acidification du sol, ce qui crée un environnement peu favorable à l'établissement d'autres espèces. Il est courant de ne voir qu'un tapis de sphaignes et de mousses en dessous de ces peuplements de succession végétale relativement avancé.

Puis, avec l'accumulation de la matière organique des espèces arborées, parallèlement à l'assèchement graduel du milieu, d'autres espèces moins tolérantes à l'humidité s'implantent tels le sapin baumier (NI) et le pin blanc (NI). On peut reconnaître ce stade de succession par la présence d'individus de toutes les classes d'âges et une certaine abondance de bois mort.

En continuant de s'assécher, la tourbière vieillit, suivant le processus naturel de son évolution. Après une période variant de plusieurs centaines à plusieurs milliers d'années, elle disparaîtra peu à peu au profit d'espèces forestières (épinettes, pins, bouleaux, etc.). Ce stade de succession végétale représente une certaine stabilité en termes de composition d'espèces,

jusqu'à ce qu'un bouleversement, climatique (feu, chablis), biologique (tordeuse d'épinette) ou humain (coupe excessive), perturbe le système.



Photos 101 et 102. À gauche, tourbière de type fen arbustif à kalmia et thé du Labrador. À droite, rang de mélèzes et d'épinettes qui avancent progressivement devant un groupe d'individus plus matures en arrière-plan, dans le cadre du processus de succession d'une tourbière.



Photos 103 et 104. Stade de succession avancée de tourbières : à gauche, une communauté de sapin baumier ; à droite, un peuplement de pins blancs accompagnés d'érables rouges.



Photos 105, 106 et 107. Exemples de tourbières relativement jeunes avec étangs.

2.6. LES DYNAMIQUES DES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES

La plupart des caractéristiques des espèces varient dans une population d'une même espèce, comme la tolérance aux conditions humides, à la lumière, aux nutriments, etc. C'est la raison pour laquelle la distribution des espèces le long d'un gradient environnemental suit une courbe de distribution dite normale qui représente la niche écologique des espèces.

À la suite d'un changement dans les conditions environnementales, les espèces s'adaptent avec le temps, et jusqu'à un certain point, grâce au processus de *sélection naturelle* par lequel certaines caractéristiques d'une espèce, comme la tolérance aux inondations, offrent un meilleur taux de reproduction et de survie. Ces traits sont ainsi retenus et transmis génétiquement dans les générations subséquentes.

La sélection naturelle est la principale force qui forge les caractéristiques des espèces (Klug et Cummings, 1986). Si les conditions environnementales excèdent la capacité adaptative d'une espèce en particulier, cette espèce sera remplacée par une autre espèce mieux adaptée aux nouvelles conditions environnementales.

L'érable argenté, par exemple, a une plus grande tolérance aux inondations que l'érable rouge. De même, le céphalanthe occidental a une plus grande tolérance aux inondations que l'aulne rugueux. Les espèces ont ainsi des préférences écologiques. Une période d'inondation prolongée favorisera l'établissement d'une communauté végétale d'érables argentés accompagnés de céphalanthe occidental alors que l'inverse favorisera l'établissement d'érables rouges et d'aulnes rugueux, selon les conditions, les ressources et les régions du Québec.

Dans les cas extrêmes, lorsque les conditions environnementales excèdent les limites de tolérance des espèces, les plantes sont plus sensibles aux maladies (bactéries, champignons, insectes et virus). À l'extrême, si les conditions deviennent trop sèches et excèdent la limite de tolérance d'une espèce de plante, un point de non-retour est atteint et cette espèce meurt. Cette limite de tolérance à la sécheresse correspond au *point de flétrissement permanent*.

Les communautés végétales réagissent d'une manière comparable au processus de sélection naturelle sur les espèces. La modification des conditions environnementales provoque des pressions qui modifient les espèces et les communautés végétales. Ces pressions environnementales pourraient être responsables d'une transition entre un milieu terrestre et un milieu humide, ou encore, entre différents types de milieux humides, comme la transition entre un étang et un marais ou la régression d'un marécage en un marais. Cette dernière régression est fréquemment observée lors des inondations causées par les barrages de castors qui rehaussent le niveau des eaux au-delà de la capacité adaptative des arbres et des arbustes.



Photo 108. Les barrages de castors, par leurs inondations qu'ils provoquent, rajeunissent les communautés végétales et créent d'importantes quantités de chicots favorables à certaines espèces, comme les pics.



Photos 109 et 110. Les activités du castor du Canada sont importantes dans la dynamique des écosystèmes humides et hydriques. Les pics bénéficient de l'abondance des arbres morts (chicots).

L'exposition à des stress excessifs, soit des variations environnementales extrêmes en termes de sécheresse, d'inondation, de salinité, etc., peut entraîner l'élimination des espèces les plus

sensibles, jusqu'à ce que le milieu humide en perde sa biodiversité. Dans bien des cas, cela rend le milieu humide susceptible à l'implantation d'espèces exotiques envahissantes mieux adaptées à ces variations extrêmes des conditions environnementales. Les espèces exotiques envahissantes contribuent alors à appauvrir davantage la biodiversité.

Une surabondance de cerf, par exemple, pourrait éliminer certains groupes d'espèces de la strate herbacée ou arbustive, mais favorisera d'autres groupes comme les graminées qui sont particulièrement adaptées pour résister aux herbivores, puisque la zone de croissance des graminées est à la base de la plante. Cette pression naturelle ou anthropique favorise la transition du cortège floristique vers une prédominance de plantes herbacées graminoides.



Photos 111 et 112. À gauche, un broutage excessif par les cervidés a éliminé la strate arbustive. À droite, un jeune cerf de Virginie dans une forêt comprenant une diversité de strates végétales.

De même, dans le contexte d'un milieu humide forestier, un déboisement ou encore un projet de développement adjacent à un milieu humide aura divers effets possibles qui pourraient modifier la composition floristique des espèces ainsi que leur stratification.

Par exemple, une coupe d'arbres adjacente à un milieu humide de type marécage ou tourbière, pourrait rendre les arbres non protégés du vent vulnérables au chablis. Bien que ce processus ne soit pas néfaste comme tel à petite échelle, dans le cas des interventions humaines, cette perturbation pourrait excéder la superficie ou l'intensité des perturbations naturelles et rendre le milieu vulnérable à l'implantation des espèces exotiques envahissantes.

Lorsqu'un milieu humide est drainé, le pourcentage et la vigueur des espèces des milieux terrestres augmentent par rapport aux espèces des milieux humides. À l'inverse, la construction d'un barrage de castor, par exemple dans d'anciens fossés de drainage, favorise la croissance et la vigueur des espèces adaptées aux conditions humides ou hydriques. On observe alors un changement dans la composition des communautés qui s'adaptent aux nouvelles conditions.

Les milieux humides sont capables d'une certaine tolérance face aux variations des conditions environnementales. Ces variations dépendent de la limite de tolérance des espèces qui le composent d'où l'importance de connaître l'autécologie des espèces.

Dans le contexte de la gestion écologique des milieux humides, il importe donc de maintenir l'ensemble des conditions environnementales (régime hydrique, lumière, nutriments) et écologiques (corridors, connectivité, biodiversité) favorables à l'établissement, à la croissance, et à la reproduction des espèces et de permettre des variations comparables aux variations rencontrées dans le milieu naturel.



Photos 113, 114 et 115. Une diversité d'habitat est essentielle au support d'une diversité d'espèces, par exemple, la mésange à tête noire, le geai bleu et le lièvre d'Amérique.

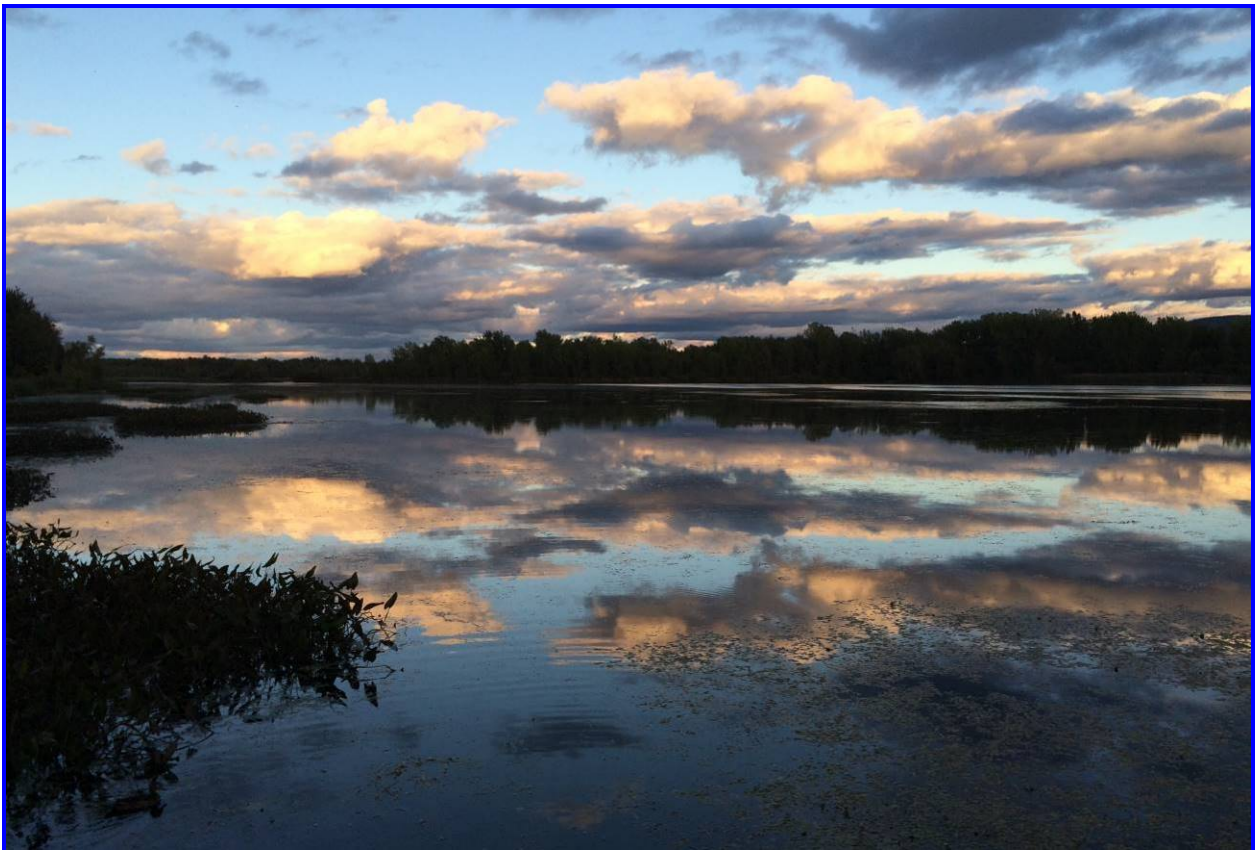


Photos 116 et 117. Une diversité d'habitat favorise le développement d'une flore variée, ce qui contribue à la diversification de la faune essentielle à l'alimentation des espèces des niveaux trophiques supérieurs comme le hibou des marais, à gauche et le pygargue à tête blanche, à droite.

3. LA CLASSIFICATION DES MILIEUX HUMIDES

3.1. LES ÉCOSYSTÈMES HUMIDES

Dans le présent document, nous utilisons l'expression *écosystème humide* pour parler des termes « terre humide », utilisé au Canada et « milieu humide », utilisé au Québec, afin d'insister sur le fait qu'il s'agit avant tout d'écosystèmes. Les systèmes canadien et québécois de classification sont comparables, mais ils diffèrent légèrement. Le système canadien est adapté à une plus grande diversité d'habitats compte tenu du territoire qu'il couvre.



Photos 118, 119 et 120. Les écosystèmes humides sont essentiels à la survie de nombreuses espèces.

3.2. LES TYPES DE MILIEUX HUMIDES

Au Canada, une « terre humide » est définie comme une terre saturée d'eau pendant une période assez longue pour que se manifestent des processus de terre humide ou aquatique, qui se caractérisent par 1) un faible drainage des sols, 2) des *hydrophytes* et 3) différentes sortes d'activités biologiques adaptées aux milieux humides (Groupe de travail national sur les terres humides, 1988). Dans le système de classification canadien, les terres humides sont de type *eau peu profonde, marais, marécage et tourbière (bog et fen)*.

Au Québec, l'expression « milieu humide » regroupe l'ensemble des sites saturés d'eau ou inondés pendant une période suffisante pour influencer le sol ou la végétation (Couillard et Grondin, 1986). Le système de classification québécois classifie les milieux humides selon les types *étang, marais, marécage et tourbière*.

Certains critères de classification de ces *écosystèmes humides* diffèrent légèrement selon les systèmes de classification canadien et québécois. Dans le système canadien, une tourbière a un minimum de 40 cm de tourbe alors que dans le système québécois, cette épaisseur minimale est de 30 cm. Quoi qu'il en soit, les processus écologiques à la base de ces milieux naturels sont les mêmes. L'approche écologique met l'accent sur les conditions, les ressources et les processus plutôt que sur les critères de classification. L'approche écologique s'applique ainsi à tous les milieux humides, peu importe leur type ou leur localisation.

Puisque le présent document vise principalement les *écosystèmes humides* dans la province de Québec, nous suivons davantage le système de classification utilisé par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Nous référons le lecteur aux systèmes de classification respectifs pour de plus amples informations en regard des critères d'identification et de classification.



Photos 121, 122 et 123. Chaque type de milieu humide soutient une faune qui lui est propre, de gauche à droite : grèbe à bec bigarré, moucherolle à ventre jaune et tyran tritri.

3.3. LES ÉTANGS

Critères d'identification des étangs : Selon le MDDELCC (2015), les *étangs* sont des milieux humides avec des plantes aquatiques submergées, flottantes ou émergentes dont le couvert foliaire est inférieur à 25 % de la superficie du milieu humide et le niveau d'eau en étiage, généralement inférieur à 2 m.



Photos 124, 125 et 126. Les étangs sont importants pour de nombreuses espèces fauniques.

Les étangs sont parfois des reliques d'anciens méandres de cours d'eau (devenus des *bras morts*). Dans d'autres cas, ils sont le résultat d'excavations anthropiques pour diverses fins, comme dans le cas des étangs d'irrigation ou d'étangs découlant des travaux d'extraction de matériaux granulaires (sablères, gravières, carrières).



Photos 127, 128 et 129. Exemples d'étangs avec couvert végétal faisant moins de 25 % du milieu.

L'expression *herbier aquatique*, utilisée par certains auteurs, fait généralement référence à la végétation submergée et flottante des étangs, ou des bordures de lacs et de rivières. Ces habitats particuliers sont des lieux importants pour la reproduction de plusieurs espèces d'amphibiens, et dans le cas où ils ont un lien hydrologique de surface avec un cours d'eau ou un plan d'eau, pour la reproduction et l'alimentation de plusieurs espèces de poissons.



Photos 130 et 131. Les herbiers aquatiques sont essentiels à la fraye de plusieurs espèces de poissons.



Photos 132 et 133. Les étangs forestiers, même s'ils sont temporaires, sont importants, voire essentiels, pour la reproduction et l'alimentation de certaines espèces comme les grenouilles et les salamandres.



Photos 134 et 135. À gauche, exemple de bras mort de rivière (ancien méandre) devenant un milieu humide. À droite, la salamandre cendrée.

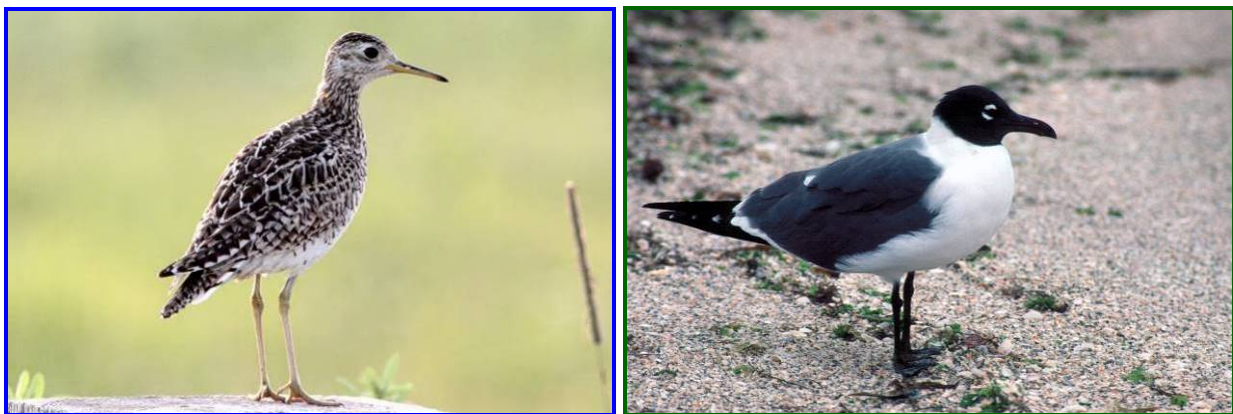
Végétation typique des étangs : Les associations végétales des herbiers aquatiques peuvent être associées à des étangs ou à des marais, selon les critères de classification utilisés, bien que sur le plan écologique, ces milieux conservent leurs fonctions et leurs importances.

En général, la végétation des étangs est variable et comprend des espèces telles que la brasénie de Schreber (*Brasenia schrebrii*), les cornifles (*Ceratophyllum* spp.), l'élodée (*Elodea* sp.), l'hétéranthère (*Heteranthera* sp.), l'hydrocharide grenouillette (*Hydrocharis morsus-ranae*), la lenticule mineure (*Lemna minor*), les naïades (*Najas* spp.), les myriophylles (*Myriophyllum* spp.), les nénuphars (*Nuphar* spp.), les nymphéas (*Nymphaea* spp.), le podostémon à feuilles cornées (*Podostemum ceratophyllum*), les potamots (*Potamogetton* spp.), les rubaniers (*Sparganium* spp.), la vallisnérie (*Vallisneria* sp.) la zostère marine (*Zostera marina*) et les wolffies (*Wolffia* spp.). Ces espèces typiques de milieux ayant une certaine profondeur d'eau peuvent aussi se retrouver dans les milieux humides de type marais, selon les conditions.



Photos 136, 137 et 138. Différents types d'étangs. À gauche, régénération spontanée d'une ancienne sablière abandonnée. Au centre, étang dans une tourbière. À droite, étang avec herbier aquatique.

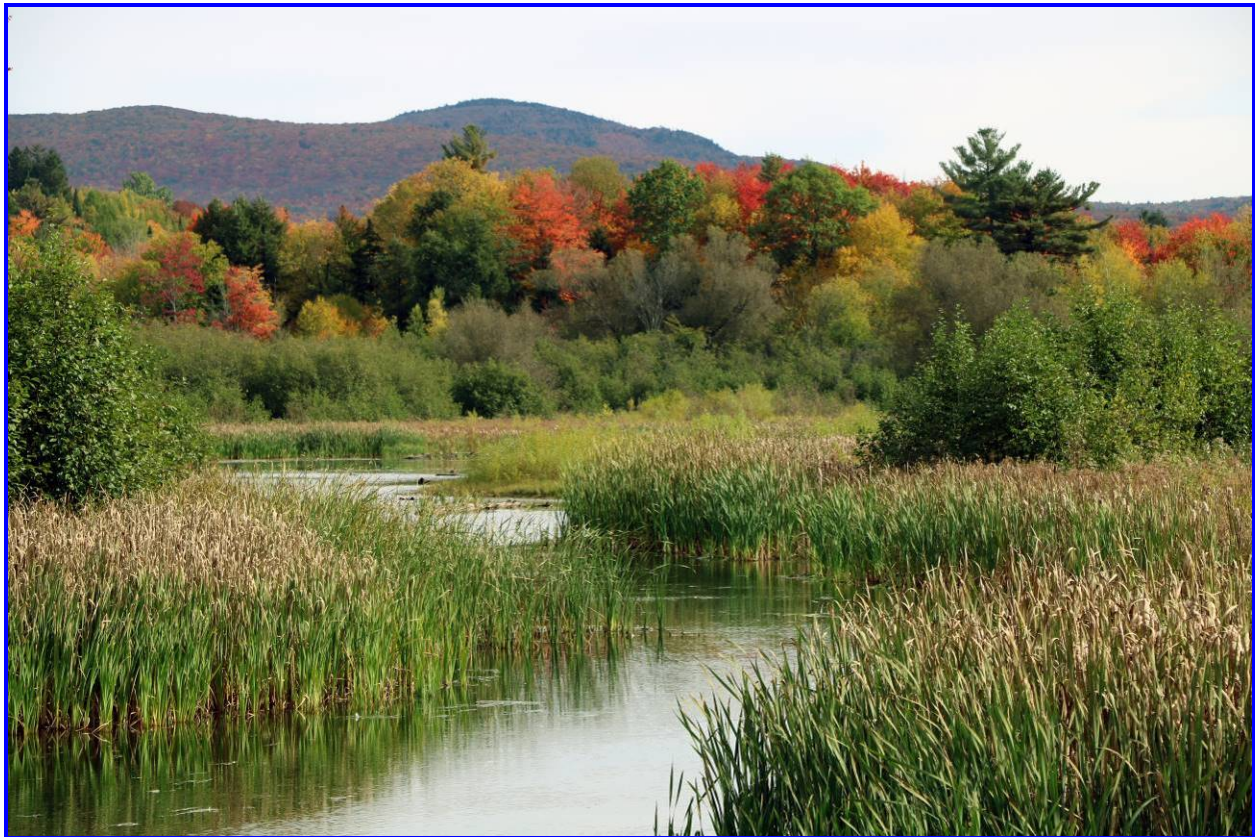
En bordure des plans d'eau et des cours d'eau, ce qui correspond parfois aux limites des étangs, des marais ou des marécages, on rencontre souvent des plages dénudées de végétation ou encore des *vasières*. Ces habitats sont particulièrement importants pour plusieurs espèces d'oiseaux de rivage, dont les bécasseaux, les bécassins, les chevaliers et les pluviers.



Photos 139 et 140. À gauche, maubèche des champs. À droite, les hauts de plage dénudés sont importants pour de nombreuses espèces qui fréquentent les rivages comme la mouette atricille.

3.4. LES MARAIS

Critères d'identification des marais : D'après les critères du MDDELCC (2015), les *marais* sont des milieux humides dominés par une végétation herbacée et émergente dont le couvert foliaire représente plus de 25 % de la superficie du milieu humide. Les arbustes et les arbres, lorsqu'ils sont présents, couvrent moins de 25 % de la superficie du milieu. Les marais sont souvent rattachés aux zones fluviales, riveraines et lacustres.



Photos 141, 142, 143 et 144. Marais à quenouille à larges feuilles, avec sa faune typique, de gauche à droite : bihoreau gris, poule d'eau et rat musqué.

Outre la classification retenue par le MDDELCC, Canards Illimités Canada (CIC) précise un type de milieu humide qui peut être associé à la partie supérieure des marais, soit les *prairies*

humides. Ces prairies humides représentent des habitats importants notamment pour les canards et autres oiseaux de rivage qui l'utilisent, que ce soit pour cause d'alimentation, de repos, de reproduction ou de couvert de fuite contre la prédation (par les loutres, les rats laveurs, les renards, les belettes, les visons, etc.).

Végétation typique des marais: Dans bien des esprits, le mot marais n'évoque que des quenouilles et des grenouilles. Toutefois, les marais sont très diversifiés en espèces.

Les espèces végétales associées au marais sont nombreuses. On y rencontre les acores (*Acorus* spp.), les alismes (*Alisma* spp.), l'alpiste roseau (*Phalaris arundinacea*), les asters (*Symphyotrichum* spp.), les bidents (*Bidens* spp.), la calamagrostide du Canada (*Calamagrostis canadensis*), les carex (*Carex* spp.), les cicutaires (*Cicuta* spp.), le comaret des marais (*Comarum palustre*), le duliche roseau (*Dulichium arundinaceum*), les éléocharides (*Eleocharis* spp.), les ériocaulons (*Eriocaulon* spp.), les eupatoires (*Eutrochium* spp.), les gaillets (*Galium* spp.), la galane glabre (*Chelone glabra*), les gentianes (*Gentiana* spp.), les glycéries (*Glyceria* spp.), les iris (*Iris* spp.), les joncs (*Juncus* spp.), la léersie faux-riz (*Leersia oryzoides*), les lobélies (*Lobelia* spp.), les lycopes (*Lycopus* spp.), les lysimaques (*Lysimachia* spp.), les menthes (*Mentha* spp.), les patiences (*Rumex* spp.), la pontédérie cordée (*Pontederia cordata*), les prêles (*Equisetum* spp.), les quenouilles (*Typha* spp.), certaines renoncules (*Ranunculus* spp.), les renouées (*Persicaria* spp.), les rorippes (*Rorippa* spp.), le roseau commun (*Phragmites australis*), les sagittaires (*Sagittaria* spp.), la salicaire commune (*Lythrum salicaria*), les scirpes (*Bolboschoenus* spp., *Schoenoplectus* spp., *Scirpus* spp.,), les souchets (*Cyperus* spp.), les spartines (*Spartina* spp.), le trèfle d'eau (*Menyanthes trifoliata*), certaines violettes (*Viola* spp.), les zizanies (*Zizania* spp.) et plusieurs autres.



Photos 145 et 146. À gauche, marais à alpiste roseau (FACH). À droite, marais à calamagrostide du Canada (FACH).



Photos 147 et 148. À gauche, marais à calamagrostide du Canada en juin. À droite, en octobre.



Photos 149 et 150. À gauche, marais à carex dans un ancien étang à castors. À droite, marais à léersie faux-riz (OBL) au centre, marais à quenouille à larges feuilles et marécage arborescent en bordure.



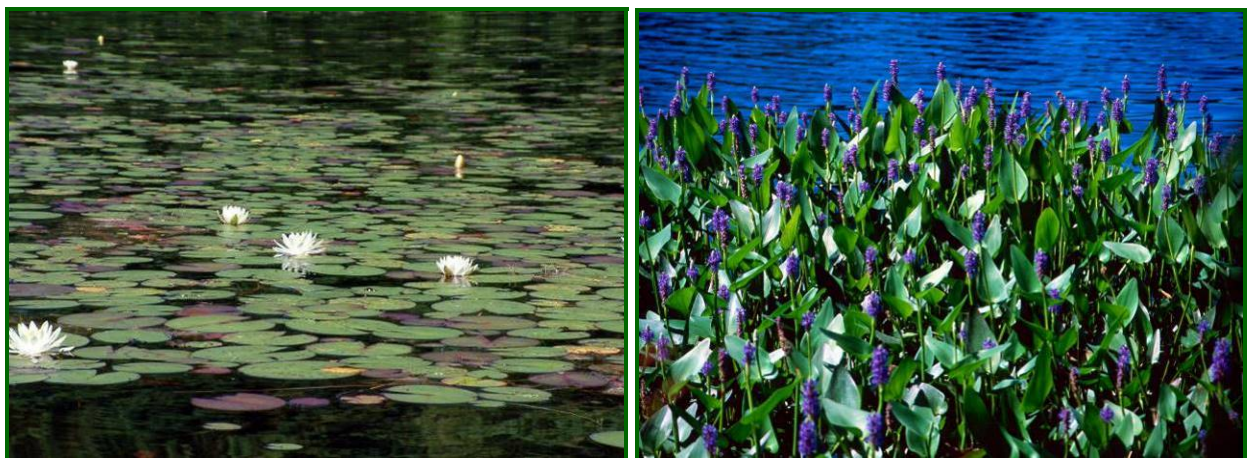
Photos 151 et 152. À gauche, marais à duliche roseau (OBL). À droite, marais à eupatoire maculée (FACH).



Photos 153, 154 et 155. De gauche à droite : marais à glycérie (OBL), marais à limonium de Caroline (OBL), marais à grand nénuphar (OBL) avec prêle fluviatile (OBL).



Photos 156 et 157. À gauche, marais à matteucie fougère à l'autruche (FACH). À droite, marais à onoclée sensible (FACH). Ces dernières espèces sont habituellement dans les sous-bois des marécages.



Photos 158 et 159. À gauche, marais à nymphéa odorant (OBL). À droite, marais à pontédérie cordée (OBL).



Photos 160. Marais à pontédérie cordée en avant-plan. Noter en arrière-plan le marécage arbustif.



Photos 161 et 162. À gauche, marais à quenouille à feuilles étroites (OBL). À droite, marais à roseau commun (FACH).



Photos 163, 164 et 165. De gauche à droite, espèces fauniques habituellement associées aux marais : grenouille léopard, ouaouaron, poule d'eau.



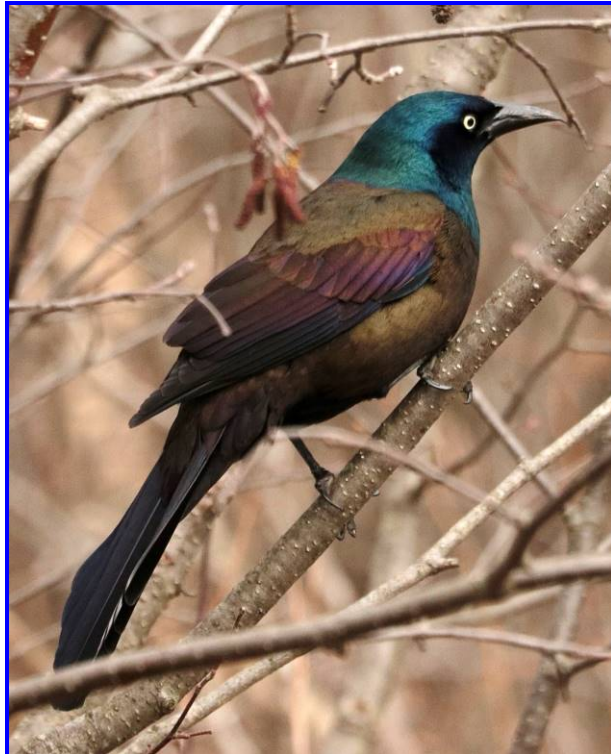
Photos 166 et 167. À gauche, potamot (OBL). À droite, marais à potamot en bordure d'un cours d'eau.



Photos 168 et 169. À gauche, marais à rubanier flottant (OBL). À droite, marais à scirpe à ceinture noire (OBL).



Photos 170 et 171. À gauche, marais à scirpe des étangs (OBL). À droite, marais à sagittaire (OBL).



Photos 172, 173, 174 et 175. Plusieurs espèces dépendent des marais et des autres milieux humides et hydriques : de gauche à droite et de haut en bas : aigrette neigeuse, bihoreau gris, quiscale bronzé et carouge à épaulettes.

3.5. LES MARÉCAGES

Critères d'identification des marécages : D'après les critères du MDDELCC (2015), les *marécages* sont des milieux humides dont le couvert foliaire est dominé par une végétation ligneuse (arborescente ou arbustive) faisant plus de 25 % de la superficie du milieu humide. Les marécages sont caractérisés par la présence d'un sol minéral, généralement de mauvais ou de très mauvais drainage, ou encore par un dépôt organique de moins de 30 cm.



Photos 176, 177, 178 et 179. Marécage et espèces fauniques typiques, de gauche à droite : grenouille des bois, raton laveur et vison d'Amérique.

Végétation typique des marécages : Les marécages se distinguent en marécages arbustifs et en marécages arborescents. L'évolution des stades de succession végétale des milieux humides de type marécage arbustif donne lieu à des milieux humides de type marécage arborescent, lorsque les conditions environnementales le permettent.

Alors que relativement peu d'espèces arborescentes sont adaptées aux milieux humides, plusieurs variantes sont possibles en regard des *espèces compagnes* (arbres, arbustes et herbacées). Les principales espèces arborescentes indicatrices (OBL ou FACH) se limitent aux érables (*Acer rubrum*, *A. saccharinum*), aux frênes (*Fraxinus nigra*, *F. pennsylvanica*), au mélèze laricin (*Larix laricina*), à l'épinette noire (*Picea mariana*), aux peupliers (*Populus balsamifera*, *P. deltoides*), à certains saules (*Salix alba*, *S. nigra*), au thuya occidental (*Thuja occidentalis*) et à l'orme d'Amérique (*Ulmus americana*).



Photos 180 et 181. À gauche, marécage à érable argenté (OBL). À droite, marécage avec étang éphémère.



Photos 182 et 183. À gauche, marécage à érable argenté (OBL) avec impatiens du Cap (FACH). À droite, marécage à érable argenté avec céphalanthe occidental (OBL).



Photos 184 et 185. À gauche, marécage à érable rouge (FACH) avec strate herbacée de vérâtre vert (FACH). À droite, marécage à frêne noir (FACH) avec calamagrostide du Canada (FACH).



Photos 186 et 187. À gauche, marécage à érable rouge avec chou puant (OBL). À droite, marécage à frêne avec glycérie.



Photos 188 et 189. À gauche, marécage à peuplier baumier (FACH) avec prêle d'hiver (NI). À droite, marécage à peuplier baumier avec vérâtre vert (FACH).



Photos 190 et 191. À gauche, marécage à orme d'Amérique (FACH) avec érable argenté (OBL). À droite, marécage à saule noir (OBL) avec matteuicie fougère-à-l'autruche (FACH).



Photos 192 et 193. À gauche, marécage à érable argenté (OBL) avec ortie du Canada (FACH). À droite, marécage à peuplier baumier (FACH) avec cornouiller stolonifère (FACH).

Les espèces arbustives généralement associées aux marécages arbustifs ou à la strate arbustive des marécages arborescents sont principalement l'aronie à fruits noirs (*Aronia melanocarpa*), les aulnes (*Alnus* spp.), le céphalanthe occidental (*Cephalanthus*), certains cornouillers (*Cornus* spp.), le gaylussaquier de Bigelow (*Gaylussacia bigeloviana*), certains gadelliers (*Ribes americanum*, *R. glandulosum*, *R. lacustre*, *R. triste*), le houx verticillé (*Ilex verticillata*), le chèvrefeuille à feuilles oblongues (*Lonicera oblongifolia*), le myrique baumier (*Myrica gale*), le némopanthe mucroné (*Ilex mucronata*), le nerprun à feuilles d'aulne (*Rhamnus alnifolia*), le physocarpe (*Physocarpus opulifolius*), la potentille frutescente (*Dasiphora fruticosa*), certains rosiers (*Rosa nitida*, *R. palustris*), certaines ronces (*Rubus hispidus*, *R. pubescens*, *R. setosus*), plusieurs saules (*Salix* spp.), certaines spirées (*Spiraea* spp.), le sureau blanc (*Sambucus canadensis*) et les viornes (*Viburnum edule*, *V. nudum* var. *cassinoides*, *V. opulus* ssp. *trilobum* var. *americanum*, *V. recognitum*).



Photos 194 et 195. À gauche, marécage à némopanthe mucroné (FACH). À droite, marécage à aulne rugueux (FACH) avec onoclée sensible (FACH).



Photos 196 et 197. À gauche, marécage à spirée (FACH) avec calamagrostide en avant-plan, aulnaie en arrière-plan. À droite, marécage à érable rouge avec prêle des bois (FACH) et onoclée sensible.



Photos 198 et 199. À gauche, marécage arbustif riverain à aulne rugueux. À droite, marécage arbustif riverain à cornouiller stolonifère accompagné de calamagrostide du Canada et de saules.

La végétation herbacée des marécages est assez variable, comprenant certaines espèces associées aux marais, en plus des suivantes : l'apios d'Amérique (*Apios americana*), les arisèmes (*Arisaema* spp.), le boehméria cylindrique (*Boehmeria cylindrica*), le calla des marais (*Calla palustris*), le populage des marais (*Caltha palustris*), la circée alpine (*Circaea alpina* ssp. *alpina*), les cuscutes (*Cuscuta* spp.), la dryoptère de Clinton (*Dryopteris clintoniana*), la dryoptère à crêtes (*Dryopteris cristata*), les benoîtes (*Geum laciniatum*, *G. macrophyllum*, *G. rivale*), les impatientes (*Impatiens capensis*, *I. pallida*), la laportéa du Canada (*Laportea canadensis*), la matteuccie fougère-à-l'autruche d'Amérique (*Matteuccia struthiopteris* var. *pensylvanica*), l'onoclée sensible (*Onoclea sensibilis*), l'osmonde royale d'Amérique (*Osmunda regalis* var. *spectabilis*), l'osmonde cannelle (*Osmundastrum cinnamomeum*), les piléas (*Pilea fontana*, *P. pumila*), le pigamon pubescent (*Thalictrum pubescens*), la thélyptère simulatrice (*Thelypteris simulata*) et le vérâtre vert (*Veratrum viride* var. *viride*).



Photos 200 et 201. À gauche, les marécages matures ont souvent des chicots favorables aux oiseaux comme le pic maculé. À droite, la bécasse des marais est souvent associée aux marécages de type aulnaie comprenant des ouvertures comme des clairières humides ou terrestres.



Photo 202. La chouette laponne fréquente les milieux humides matures, tels les marécages.

3.6. LES TOURBIÈRES

Critères d'identification des tourbières : D'après les critères du MDDELCC (2015), les tourbières sont des milieux humides sur des dépôts de tourbe, soit sur des sols organiques d'une épaisseur de 30 cm et plus. Les tourbières sont caractérisées par la présence d'un sol mal ou très mal drainé, avec une nappe phréatique à la surface ou près de la surface du sol.



Photos 203, 204 et 205. Tourbières avec ses espèces floristiques particulières, de gauche à droite : linaigrette (OBL) et cypripède jaune (NI).

Les tourbières sont divisées en deux types : les tourbières ombrotrophes (bog) et les tourbières minérotrophes (fen). Les tourbières ombrotrophes sont caractérisées par une alimentation en eau provenant exclusivement des précipitations. À l'inverse, les tourbières minérotrophes sont

alimentés en eau par des cours d'eau, des résurgences, et d'autres sources plus riches en minéraux. Selon l'abondance d'arbres, une tourbière peut être dite ouverte (non boisée) ou boisée. Une tourbière est considérée boisée lorsque le couvert foliaire des arbres de plus de 4 m de hauteur est égal ou supérieur à 25 % de la superficie du milieu humide.

La notion de tourbière évoque typiquement l'image des tourbières à sphaignes, avec des éricacées et quelques arbres rabougris comme les épinettes noires et le mélèze laricin. Toutefois, dans le contexte d'une classification basée sur l'accumulation de matières organiques, certaines tourbières sont composées d'une accumulation de matière organique sans qu'il y ait de sphaignes.

Végétation typique des tourbières : Les espèces suivantes sont généralement associées aux tourbières, bien que d'autres espèces associées aux marais et aux marécages puissent aussi y être présentes selon les conditions environnementales rencontrées et le stade de succession végétale. Les espèces arborescentes typiques comprennent, entre autres, l'épinette noire (*Picea mariana*), le mélèze laricin (*Larix laricina*), le thuya occidental (*Thuja occidentalis*) et le frêne noir (*Fraxinus nigra*). Ces espèces sont présentes en colonies pures ou en proportion variables avec les autres espèces arborescentes des marécages.

Les espèces arbustives incluent l'andromède glauque (*Andromeda polifolia* var. *latifolia*), le bleuet en corymbe (*Vaccinium corymbosum*), certains bouleaux (*Betula glandulosa*, *B. pumila*), les canneberges (*Vaccinium macrocarpon*, *V. oxycoccos*), le cassandre caliculé (*Chamaedaphne calyculata*), la chicouté (*Rubus chamaemorus*), le kalmia à feuilles d'andromède (*Kalmia polifolia*), le rhododendron du Canada (*Rhododendron canadense*) et le thé du Labrador (*Rhododendron groenlandicum*).



Photos 206 et 207. Le thé du Labrador (OBL) et l'épinette noire sont typiques des tourbières. Dans les régions plus nordiques du Québec, le thé du Labrador est plutôt facultatif (FACH) des milieux humides.

La végétation herbacée des tourbières comprend typiquement des orchidées typiques comme le calopogon tubéreux (*Calopogon tuberosus* var. *tuberosus*), le calypso bulbeux (*Calypso bulbosa* var. *americana*), la platanthère à gorge frangée (*Platanthera blephariglottis*) et la pogonie langue-de-serpent (*Pogonia ophioglossoides*). En plus des nombreuses espèces de carex, on rencontre l'aster des tourbières (*Oclemena nemoralis*), les linaigrettes (*Eriophorum angustifolium* ssp. *angustifolium*, *E. gracile* ssp. *gracile*, *E. tenellum*, *E. vaginatum* ssp. *spissum*, *E. virginicum* et *E. viridicarinatum*), les rhynchospores (*Rhynchospora capillacea*, *R. capitellata* et *R. fusca*), la sarracénie pourpre (*Sarracenia purpurea* ssp. *purpurea*), la verge d'or des marais (*Solidago uliginosa*) et la woodwardie de Virginie (*Woodwardia virginica*).



Photos 208 et 209. À gauche, tourbière ouverte avec étang. À droite, tourbière minérotrophe ouverte à linaigrette dense (OBL).



Photos 210 et 211. À gauche, tourbière minérotrophe ouverte. À droite, tourbière minérotrophe ouverte durant le stade de succession végétale avec début d'implantation de mélèze laricin.



Photos 212 et 213. À gauche, tourbière minérotrophe boisée avec mélèze laricin (FACH). À droite, le mélèze en est venu à former une colonie presque pure.



Photos 214 et 215. À gauche, tourbière minérotrophe boisée avec épinette noire (FACH) et woodwardie de Virginie (OBL). À droite, tourbière ombrotrophe boisée avec épinette noire et thé du Labrador.



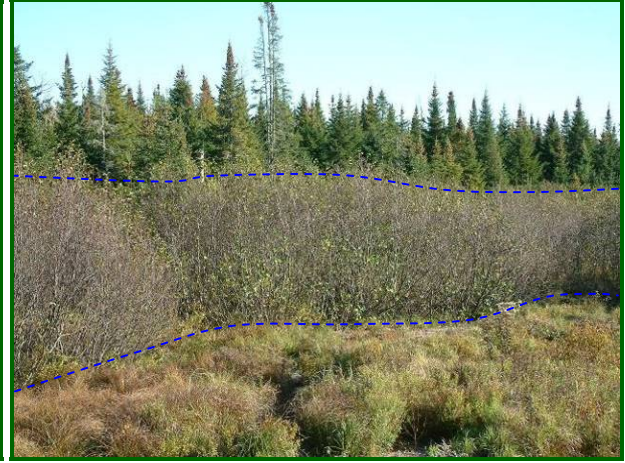
Photos 216 et 217. À gauche, tourbière minérotrophe dominée par le frêne noir (FACH). À droite, tourbière dominée par le thuya occidental (FACH).

3.7. LES COMPLEXES DE MILIEUX HUMIDES

Dans le milieu naturel, la plupart du temps, les différents types de milieux humides se rencontrent en groupes, soit juxtaposés ou entremêlés. On parle alors d'un complexe de milieux humides de différents types. Par exemple, le long des cours d'eau et des plans d'eau, on rencontre typiquement un marais suivi d'un marécage. De même, les étangs sont souvent bordés de marais et les tourbières sont souvent circonscrites par une bande plus ou moins large de marécage. Sur le terrain, le complexe de milieux humides peut être juxtaposé lorsqu'il y a présence de gradients environnementaux, ou il peut présenter différents degrés d'entremêlement lorsque la microtopographie est variable (ondulée, etc.).



Photo 218. Complexe de milieux humides de types étang, marais, marécage arbustif et marécage arborescent.



Photos 219 et 220. Complexes de milieux humides riverains de types marais et marécage arbustif.



Photos 221 et 222. À gauche, tourbière boisée avec sapin baumier et thuya occidental (partie gauche) et marécage arbustif à aulne rugueux avec érable rouge (partie droite) développé sur un ancien champ. À droite, complexe de milieux humides de type étang, marais à quenouille et marécage à saule.



Photos 223 et 224. À gauche, moqueur chat. À droite, la paruline jaune, fréquemment associée aux milieux humides de type aulnaie.

3.8. LES MOSAÏQUES DE MILIEUX HUMIDES

Dans certains habitats, on rencontre une microtopographie caractérisée par la présence d'une multitude de dépressions remplies de milieux humides isolés, entrecoupés de monticules terrestres (non humides).

Lorsque cette répartition de milieux humides couvre plus de 50 % de la superficie totale de cet entremêlement, et lorsque la distance entre ces milieux humides est de moins de 30 m, l'ensemble est considéré comme une mosaïque de milieux humides, et cette mosaïque est considérée comme un seul milieu humide (MDDELCC, 2015).

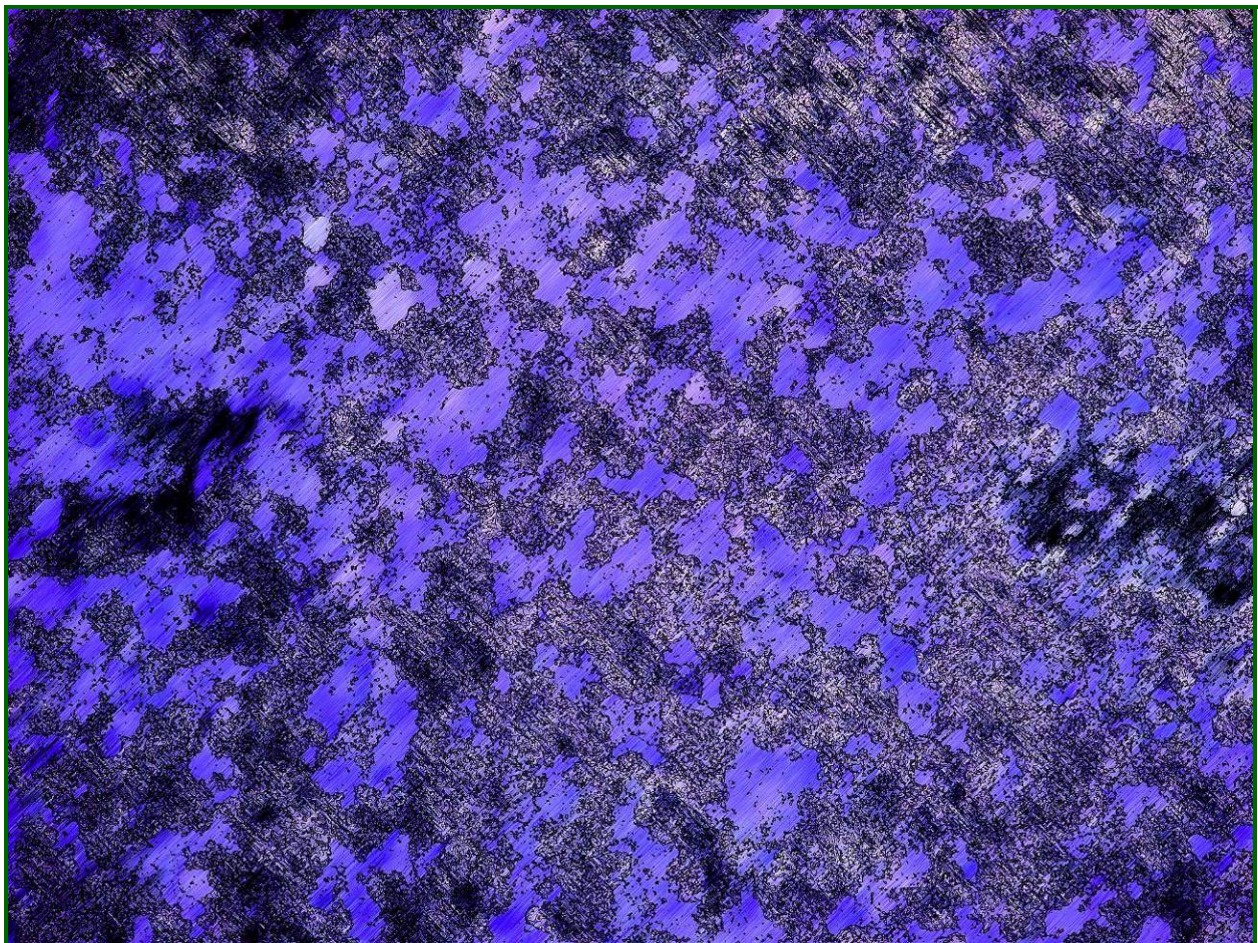


Photo 225. Image modifiée par ordinateur permettant d'illustrer le concept de mosaïque de milieux humides (en bleu) parmi des monticules terrestres (en noir et blanc). L'utilisation des ordinateurs facilite l'évaluation du pourcentage de recouvrement des milieux humides par rapport aux milieux terrestres ou encore du pourcentage de recouvrement de la végétation.

3.9. LES MILIEUX HUMIDES ISOLÉS OU RIVERAINS

Dans le cadre de la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* (MDDELCC, 2015), un milieu humide est dit *riverain* s'il est localisé sous la ligne naturelle des hautes eaux (LNHE) ou sous la ligne des hautes eaux (LHE), alors qu'il est dit *isolé* s'il n'est pas en contact avec un plan d'eau ou un cours d'eau.

Dans ce contexte, tous les types de milieux humides peuvent être isolés ou riverains en tout ou en partie, et tous peuvent être inondés de manière permanente ou temporaire, voire éphémère selon les conditions climatiques, les saisons, les années.

Les milieux humides riverains, comparativement aux milieux humides isolés, sont alimentés par des plans d'eau ou des cours d'eau et ont une nappe perchée ou phréatique élevée. Les milieux humides isolés, en revanche, sont alimentés par les précipitations, les eaux de ruissellement ou les résurgences des nappes perchées ou phréatiques.

Les milieux humides riverains sont plus riches en espèces que les milieux isolés, car les plans d'eau et les cours d'eau permettent de maintenir un lien entre les habitats en facilitant le déplacement des espèces. Ils sont importants pour la reproduction de nombreuses espèces de poissons qui viennent y déposer leurs œufs, lesquels adhèrent à la végétation.

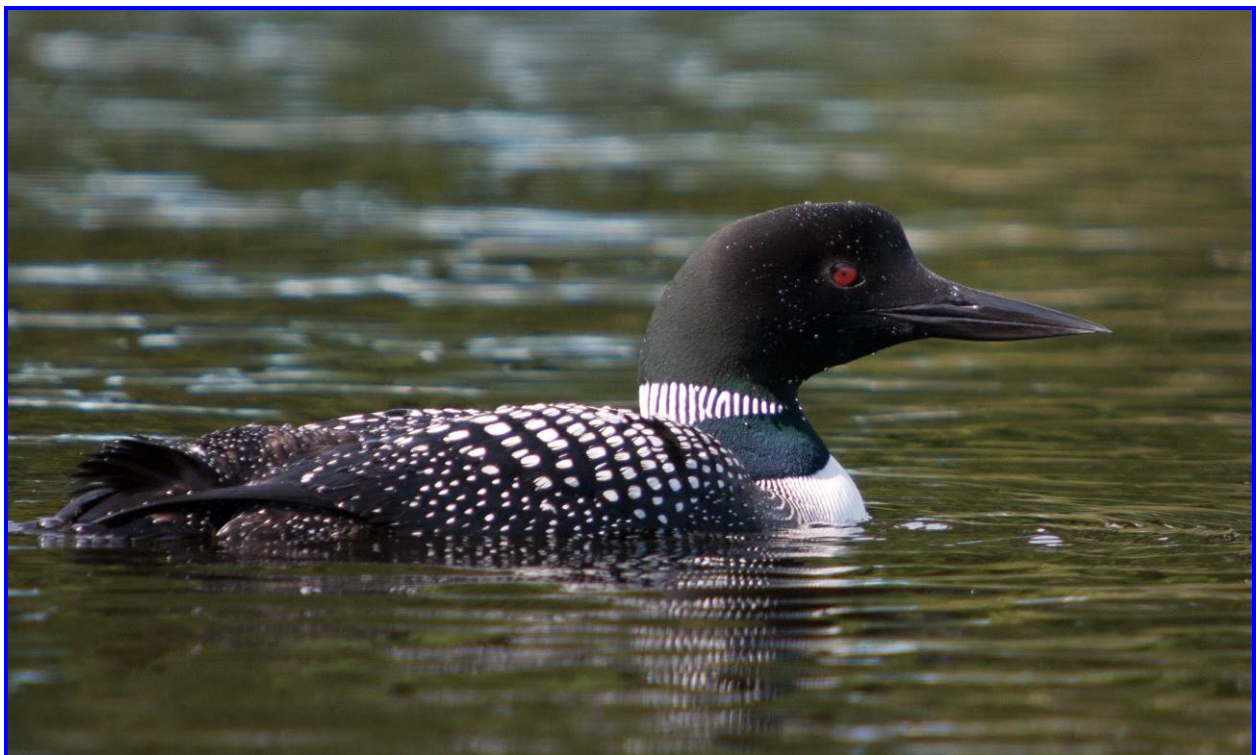


Photo 226. Les milieux humides riverains sont essentiels à la reproduction de plusieurs espèces de poissons et sont essentiels à l'alimentation d'autres espèces comme le huart à collier.

Dans le contexte écologique, un milieu humide est riverain s'il est juxtaposé à un plan d'eau ou un cours d'eau, indépendamment des périodes d'inondations. Il est tout aussi important puisque de nombreuses espèces utilisent ces milieux. Dans le contexte réglementaire, il peut en être autrement, d'où l'importance de vérifier auprès d'un professionnel.



Photo 227. La chouette rayée fréquente les milieux humides matures, tels les marécages et tourbières.

4. INDICATEURS DE PRÉSENCE DE MILIEUX HUMIDES

Les milieux humides peuvent être repérés à l'aide de divers indices biologiques, pédologiques et hydrologiques. Les principaux indicateurs de la présence d'un milieu humide sont présentés ci-après.

4.1. LES INDICATEURS BIOLOGIQUES



Photos 228 et 229. À gauche, exemple de racines adventives en formation à la base d'un plant de maïs. À droite, si les cellules souches sont exposées à la lumière après le passage des crues, elles peuvent se développer en *tiges adventives*. Cette adaptation est un indicateur de la présence d'un milieu humide.



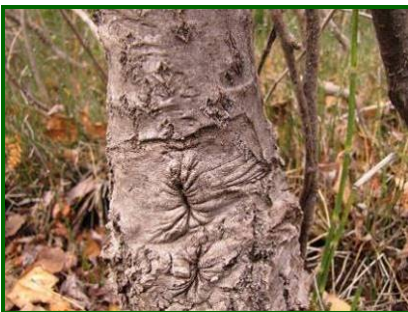
Photos 230 et 231. La croissance des racines près de, ou à la surface du sol (racines superficielles/ racines hors sol), est une autre adaptation de certaines plantes des milieux humides et un indicateur de la présence d'un milieu humide. Cette adaptation facilite la respiration des racines.



Photos 232 et 233. Certaines espèces réagissent aux inondations par un renflement ou un élargissement de la partie de la tige ou du tronc submergée (hypertrophié) en réaction à la production d'hormones (*éthylène*). Cette réaction est aussi un indice de la présence d'un milieu humide.



Photos 234 et 235. Adaptations : à gauche, les espèces comme les *Fucus* sont pourvues de *vésicules* (flotteurs) qui permettent d'orienter les feuilles verticalement lorsqu'elles sont immergées, ce qui favorise une meilleure photosynthèse. À droite, les lentilles d'eau (*Lemna minor*) flottent et demeurent à la surface des étangs et des milieux hydriques de manière à capter un maximum de lumière.



Photos 236, 237 et 238. Les lenticelles élargies sont une adaptation qui favorise la respiration. Certaines espèces sont adaptées à l'humidité et forment des monticules qui facilitent la respiration des racines.



Photos 239 et 240. La présence d'un film d'algues est un indice de la présence de milieux humides. À gauche, un film d'algues bleues (cyanobactéries). À droite, un film d'algues vertes filamenteuses.



Photos 241 et 242. La limite inférieure des mousses est un indicateur d'une fiabilité variant selon les conditions environnementales et les espèces de bryophytes.



Photos 243 et 244. Certaines espèces de bryophytes, comme les hépatiques (à gauche) et les sphaignes (à droite), sont de bonnes indicatrices de la présence d'un milieu humide.



Photos 245 et 246. À gauche, noter les algues vertes sous la LNHE et les lichens orangés au-dessus de la LNHE. À droite, la limite inférieure des mousses correspond à la LNHE.



Photos 247 et 248. La limite supérieure bactérienne noirâtre permet de localiser la LNHE. Noter la présence de lichens au-dessus de la LNHE.



Photos 249 et 250. La présence d'eau près de la surface du sol limite la formation des racines d'ancrage (plus profondes) et expose les arbres au risque de chablis. La présence de chablis est donc un indice indirect de la présence de milieux humides.

4.2. LES INDICATEURS PÉDOLOGIQUES



Photos 251 et 252. Les tourbières sont des milieux humides sur un dépôt organique de 30 cm ou plus.



Photos 253 et 254. Mouchetures dans un sol gleyifié à gauche, et régosol à droite.



Photos 255 et 256. À gauche, il est parfois possible d'observer une zone d'oxydation autour des racines, soit une *rhizosphère oxydée*, indicatives des conditions associées aux milieux humides. À droite, à ne pas confondre avec la rhizosphère oxydée, la zone d'accumulation des minéraux, dans l'horizon A du sol, n'est toutefois pas un indice de présence de milieu humide.

4.3. LES INDICATEURS HYDROLOGIQUES



Photos 257 et 258. À gauche, résurgences de bas de pente sur fond d'argile, à droite, résurgence.



Photos 259 et 260. Milieux humides résultant d'un drainage oblique et de suintements.



Photos 261 et 262. La présence d'eau en surface et à moins de 30 cm de la surface est un indicateur de milieux humides, mais avec certaines exceptions comme après à de fortes pluies.



Photos 263 et 264. La litière noirâtre ou la présence de feuilles tachées, indique la présence d'un milieu saturé d'eau pendant une période suffisante à la formation d'un milieu humide.



Photos 265 et 266. Les glaces laissent des marques d'usure sur les structures comme les troncs et ces marques correspondent généralement à la LNHE.



Photos 267 et 268. La limite supérieure des sédiments correspond à la LNHE. À droite, noter les marques d'usures, les racines peu profondes, le peu de végétation du sol anoxique.



Photos 269 et 270. La limite inférieure de la litière emportée par l'eau correspond à la LNHE.



Photos 271 et 272. La limite supérieure des débris de crues représente habituellement la LNHE.



Photos 273 et 274. L'érosion des berges est un indice de la présence d'eau bien qu'il soit difficile de savoir, sur cette seule base, s'il s'agit d'un événement de récurrence 0-2 ans.



Photos 275 et 276. La LNHE correspond parfois à la limite supérieure du haut de plage dénudé.



Photos 277 et 278. Exemples de cours d'eau à débit intermittent, avec lit d'écoulement bien visible.



Photos 279 et 280. À gauche, cours d'eau à débit intermittent. À droite, les cours d'eau en milieu agricole sont souvent symptomatiques d'un excès de nutriments et de matières en suspension. Dans certains cas, les pratiques d'épandage de purin sont sources de pollution et d'eutrophisation.

4.4. LES DIFFICULTÉS LIÉES À LA CARACTÉRISATION DES MILIEUX HUMIDES

L'identification, la délimitation et la caractérisation des milieux humides et hydriques ne se font pas sans difficulté. Ces milieux sont plus que de simples ornières dans lesquelles se sont implantées des espèces indicatrices. Il doit y avoir prédominance d'hydrophytes ou des indices hydriques et pédologiques. Cette démarche nécessite une bonne connaissance des espèces floristiques obligées et facultatives des milieux humides et des milieux terrestres de même que des processus hydrologiques et pédologiques de base.



Photos 281 et 282. À gauche, un milieu humide, c'est plus que la présence d'ornières avec quelques hydrophytes. À droite, l'apparence est parfois trompeuse, il s'agit d'une tourbière.

Difficultés physiques

D'autres facteurs limitatifs ou contraignants qui rendent parfois difficile la caractérisation du milieu naturel sont notamment les substrats mous, les falaises, les pentes abruptes, les berges argileuses, les anciens dépotoirs, les chablis, les perturbations comme les coupes forestières, le décapage des sols, les remblais et d'un point de vue administratif et légal, les terrains privés.



Photos 283 et 284. Les falaises sur fond d'argile rendent difficile la localisation des limites de la LNHE.



Photos 285 et 286. La théorie et la pratique représentent deux mondes différents. Un parcours forestier linéaire est difficilement réalisable dans ces conditions.

Difficultés biologiques

En regard de la biodiversité, il importe de considérer que l'absence d'observation ne signifie pas nécessairement et conséquemment l'absence d'une espèce. Cela est dû au fait que l'échantillonnage en biodiversité est rarement complet, mais plutôt invariablement ponctuel, biaisé et incomplet. Une espèce pourrait être présente, mais sous la forme de graines en dormance dans le sol et en attente de conditions favorables pour reprendre vie, croître et se reproduire. Cette lacune reflète aussi l'impossibilité de noter l'ensemble des espèces animales et végétales (microscopiques et macroscopiques) couplé à la dynamique des populations (migration, banque de graines dans le sol, stade de développement, etc.).



Photos 287 et 288. À gauche, il s'agit d'algues vertes et non de mousses à la base du tronc de ce hêtre à grandes feuilles ; ce milieu est terrestre. À droite, les racines hors sol ne sont pas toujours indicatrices des milieux humides ; ici, elles résultent de la présence d'un substrat rocheux, impénétrable.

Une forte densité d'espèces comme les aubépines, les ronces comme la ronce des Alléghanys (*Rubus allegheniensis*), la grande bardane (*Arctium lappa*), l'herbe à puce (*Toxicodendron radicans*) et le roseau commun (*Phragmites australis* ssp. *australis*), de même que certaines structures anthropiques infranchissables (clôtures, fossés) rendent les délimitations difficiles et peuvent causer certaines imprécisions lorsque leur présence empêche le passage.

Les difficultés temporelles

Nous avons dit que les milieux humides sont des écosystèmes dynamiques. Ils peuvent ainsi être plus ou moins éphémères dans le temps. Les milieux humides, comme tout écosystème, sont assujettis aux processus écologiques. Ainsi, un milieu humide peut apparaître ou disparaître selon les dynamiques environnementales, dont les précipitations et l'évaporation.

Dans certains « cas limites » d'identification de la présence de milieux humides pour un même site, sur la base des indices hydrologiques, pédologiques ou biologiques, les années particulièrement pluvieuses peuvent faire pencher la décision en faveur de la présence de milieux humides alors que les années particulièrement sèches pourront faire pencher la décision en faveur de l'absence de milieux humides.

Cette variation interannuelle qui vient parfois influencer l'évaluation de la présence de milieux humides s'explique par le fait que certains indicateurs, comme les espèces de plantes, notamment les annuelles, répondent rapidement aux conditions climatiques, ce qui vient modifier la présence d'indicateurs ou le ratio et/ou le pourcentage de recouvrement des plantes indicatrices des milieux humides.

Pour ces raisons, bien qu'une seule visite de terrain puisse permettre de dresser un portrait adéquat dans le cadre des objectifs de gestion du territoire, des inventaires visant à caractériser la biodiversité nécessitent un nombre minimal de visites selon les groupes d'espèces visés. L'approche écologique vise à dresser un portrait des groupes d'espèces par la planification des visites de terrain en période propice à l'identification de ces groupes d'espèces.

La végétation est dynamique. Elle change dans le temps et dans l'espace, selon des cycles saisonniers et annuels. Les changements peuvent survenir rapidement à la suite d'un événement catastrophique comme un feu, ou lentement dans un environnement comme les tourbières lors de l'accumulation de la matière organique.

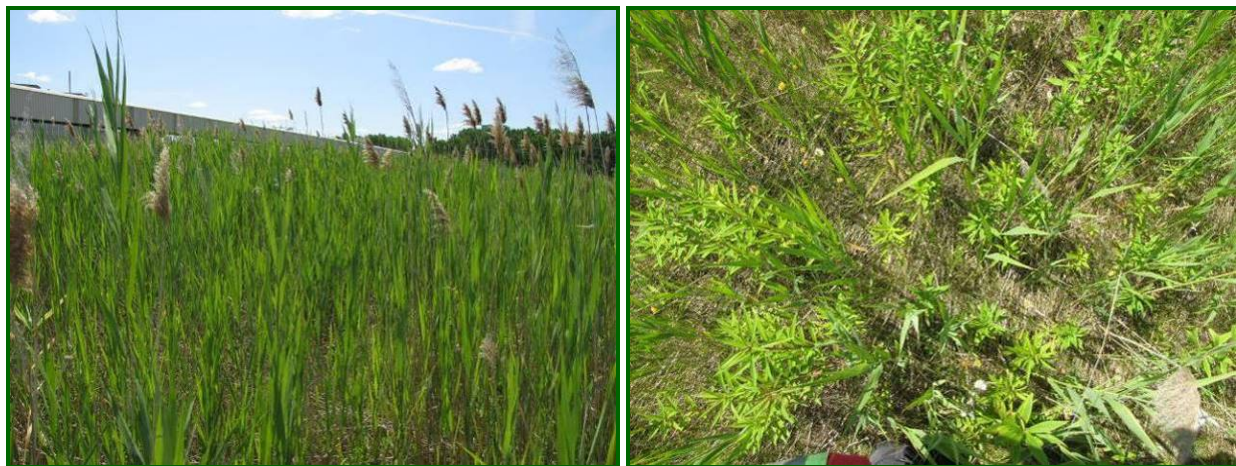
Toutefois, notre point de vue humain est généralement statique. Nous percevons la végétation et les conditions d'un site donné sur une courte période. Cela signifie que pour comprendre adéquatement la nature dynamique de la végétation, nous devons soit considérer de longues périodes, soit comparer différents habitats.



Photos 289 et 290. Une visite en période printanière permettrait de classer ces milieux humides comme des étangs, alors qu'une visite vers la fin de l'été permettra de les classer comme des marais, puisque la lentille d'eau qui les recouvre est peu développée au printemps.

Difficultés liées à la perception humaine

Les expériences sur le terrain et sur la psychologie de la perception humaine nous permettent de constater que dans l'évaluation du pourcentage de recouvrement, d'un individu à l'autre, des variations de 10 % à 20 % sont assez communes. Puisque le seuil de présence d'un milieu humide dépend d'une prédominance d'hydrophytes, soit plus de 50 %, il y a donc des possibilités d'interprétations divergentes, surtout dans l'intervalle de 40 % à 60 %.



Photos 291 et 292. L'évaluation du pourcentage de recouvrement de la végétation se fait à partir d'une projection verticale (et non horizontale ou oblique). Contrairement aux apparences (à gauche), il s'agit ici d'un milieu terrestre dominé par la verge d'or du Canada (NI) et non par le roseau commun (FACH). Cet exemple illustre le cas d'une espèce facultative (le roseau commun) qui puise ses besoins en eau dans un fossé, mais qui s'étend dans un milieu terrestre par la croissance de stolons et de rhizomes. L'espèce transmet ainsi l'eau nécessaire à la croissance des différentes pousses dans le milieu terrestre par l'entremise d'un système vasculaire commun, à la manière d'un aqueduc.

Difficultés techniques

Le temps d'apparition des mouchetures a été déterminé à deux semaines, mais aucune indication concernant le temps nécessaire pour que les mouchetures disparaissent n'a été établie. Par conséquent, une évaluation basée seulement sur la présence de mouchetures ne permet pas de conclure en la présence de milieux humides, mais indique la présence de conditions antérieurement associées aux milieux humides.

La délimitation des communautés végétales est généralement assez simple sur le terrain, et la caractérisation doit respecter certains principes de base. Bien que ces questions dépendent du mandat, à savoir s'il s'agit d'une caractérisation complète ou d'une vue d'ensemble, il faut respecter une méthodologie qui permet de caractériser minimalement les communautés végétales. S'il y a recherche d'espèces rares, d'autres protocoles spécifiques aux espèces recherchées doivent être considérés.

En regard de la superficie des relevés floristiques, *l'aire minimale* correspond à la superficie minimale à échantillonner pour que les données soient représentatives de la communauté végétale caractérisée. Cette superficie est généralement déterminée sur le terrain en fonction du nombre d'espèces rencontrées par rapport à la superficie échantillonnée, c'est-à-dire lorsque la courbe superficie-espèces tend vers une *asymptote*. En milieu forestier, il est généralement convenu que cette aire minimale correspond à une superficie de 400 m².

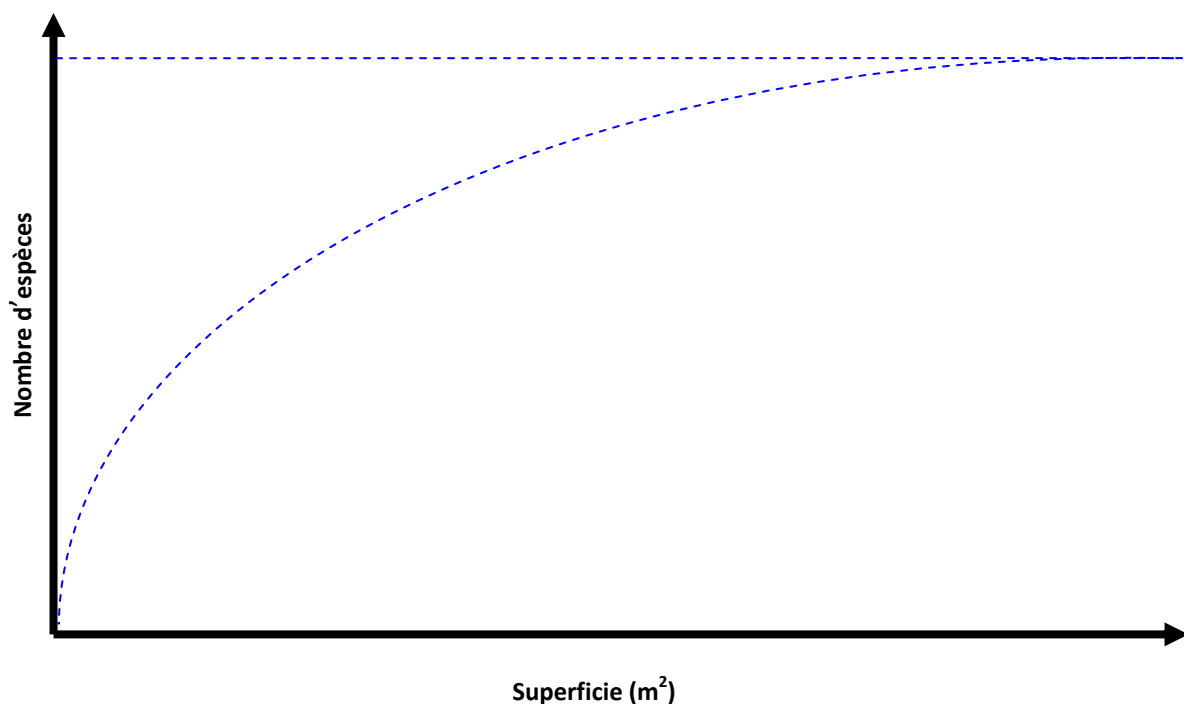


Figure 1. Courbe aire-espèces. Idéalement, la superficie des relevés devrait en tenir compte.

Dans un relevé floristique, l'approche analytique typique vise à recenser toutes les espèces selon les strates muscinales, herbacées, arbustives et arborescentes. Une évaluation du pourcentage de recouvrement foliaire au sol est ensuite effectuée pour chacune des espèces rencontrées dans l'aire du relevé. Le pourcentage de recouvrement correspond à la projection au sol des cimes ou du feuillage de chaque espèce, mais comme nous l'avons vu, cette estimation résulte fréquemment en des variations de l'ordre de 10 % selon l'évaluateur.

En ce qui concerne la localisation des relevés floristiques (placettes-échantillons), certaines méthodes proposent de réaliser des relevés floristiques au centre des milieux humides (Tiner, 2016; MDDELCC, 2015). Toutefois, il est tout aussi important de caractériser les bordures (écotones) de ces milieux, puisque de nombreuses espèces ne se retrouvent qu'à cet endroit. Les bordures (écotones) sont d'ailleurs reconnues pour abriter une plus grande biodiversité.

Par exemple, les tourbières ombrotrophes possèdent souvent dans leur périphérie une zone de transition de tourbière minérotrophe (habituellement à la limite avec un milieu terrestre) avec une diversité d'espèces qui ne se rencontrent pas au centre de ces milieux. Il serait plus juste de proposer de réaliser des relevés floristiques aux endroits représentatifs des communautés végétales, puisque les centres ne sont pas nécessairement représentatifs.

Malgré l'évolution des technologies de pointe, et malgré la disponibilité des données hydrologiques, écoforestières, pédologiques et topographiques, et des milieux humides potentiels, la concordance des différentes données géomatiques superposées est faible et correspond rarement à la réalité des observations sur le terrain.

Comme l'indiquent Pellerin et Poulin (2013) dans leur document présenté au MDDEFP et intitulé : *Analyse de la situation des milieux humides au Québec et recommandations à des fins de conservation et de gestion durable* : « ...aucun des produits utilisés, même ceux comportant des validations sur le terrain, ne peut prétendre représenter fidèlement les limites des milieux humides, puisqu'il s'agit d'entités dynamiques dont les superficies peuvent fluctuer dans le temps. » En d'autres mots, les milieux humides sont des écosystèmes dynamiques.



Photos 293 et 294. Les milieux humides et hydriques sont essentiels à la nidification et à l'alimentation de plusieurs espèces de canards.

5. UNE APPROCHE ÉCOLOGIQUE DE LA GESTION DES MILIEUX HUMIDES

Nous avons vu que toute végétation, dans le cas présent la végétation associée aux milieux humides et hydriques, représente une intégration des conditions et des ressources qui l'influencent, principalement en fonction du climat, de la topographie, des sols, de l'hydrologie, et des organismes (y compris l'humain), le tout intégré dans l'espace et le temps.



Photo 295. La toile d'araignée permet d'illustrer l'interdépendance des espèces dans la chaîne alimentaire [*food web*] et la complexité des écosystèmes humides et hydriques, où chaque segment de fil contribue à la stabilité du système, comme chaque espèce stabilise l'équilibre de l'écosystème.

Nous avons aussi indiqué que dans le contexte de la conservation et de la restauration des écosystèmes humides et hydriques, il est tout aussi important de conserver le milieu visé que les conditions environnementales et la disponibilité des ressources et des structures, afin de laisser les processus naturels et les fonctions écologiques suivre leur cours. Dans ce contexte, qu'il s'agisse de protéger, de conserver ou de restaurer les milieux humides et hydriques, les principes écologique doivent être respectés.

L'approche écologique appliquée aux écosystèmes humides et hydriques vise à restaurer ou à dupliquer les conditions, les ressources et les structures, ainsi que les motifs de répartition rencontrés dans le milieu naturel, de manière à faciliter les processus écologiques essentiels à la pérennité de ces écosystèmes. Les conditions, les ressources et les structures favorables à la protection, à la conservation et à la restauration des milieux humides sont présentées ci-après.



Photos 296 et 297. Les insectes, comme les papillons et les abeilles, sont essentiels pour plusieurs raisons, dont la pollinisation des plantes, mais aussi comme nourriture pour les poissons et les oiseaux.



Photos 298 et 299. Les milieux humides sont essentiels à la survie de plusieurs espèces de poissons et ces derniers servent de nourriture pour d'autres espèces, comme le martin-pêcheur d'Amérique.

La compréhension de l'interdépendance des espèces permet de comprendre que conserver les milieux humides et hydriques, c'est aussi conserver la faune, la flore, les poissons, les oiseaux et les mammifères qui en dépendent. Conserver les milieux humides, c'est aussi conserver les milieux terrestres adjacents afin de maintenir les corridors écologiques essentiels à la migration des espèces, c'est aussi veiller à maintenir la qualité des eaux qui l'alimente, indépendamment des définitions qu'on leur donne (fossé ou cours d'eau) et du traitement que l'on leur réserve.

5.1. LES CONDITIONS CLIMATIQUES ET LES MILIEUX HUMIDES

La température et les précipitations sont les principaux déterminants des possibilités d'établissement, de croissance et de reproduction des espèces. Ce sont notamment les variations climatiques extrêmes qui limitent la distribution des espèces.

Dans le contexte québécois, le gel est un des principaux déterminants de la distribution des espèces. Un gel printanier tardif ou un gel automnal précoce viendra modifier la distribution géographique des espèces, notamment celles plus sensibles au gel.

La neige, les glaces, le verglas et le vent sont aussi d'importants déterminants, selon les endroits. L'accumulation de neige dans les vallées ou les coulées, par exemple, limitera les espèces printanières précoces et favorisera en contrepartie les espèces plus tardives. Le verglas cause des dommages aux arbres et les rend susceptibles aux maladies.

La présence d'eau dans le sol à l'endroit des milieux humides aura aussi pour effet de retarder le dégel printanier. Par conséquent, la persistance de la neige ou de la glace, visibles sur certaines photos aériennes, pourra soulever la présence possible de milieux humides à certains de ces endroits. Ce dégel tardif viendra limiter les espèces sensibles à ces conditions.

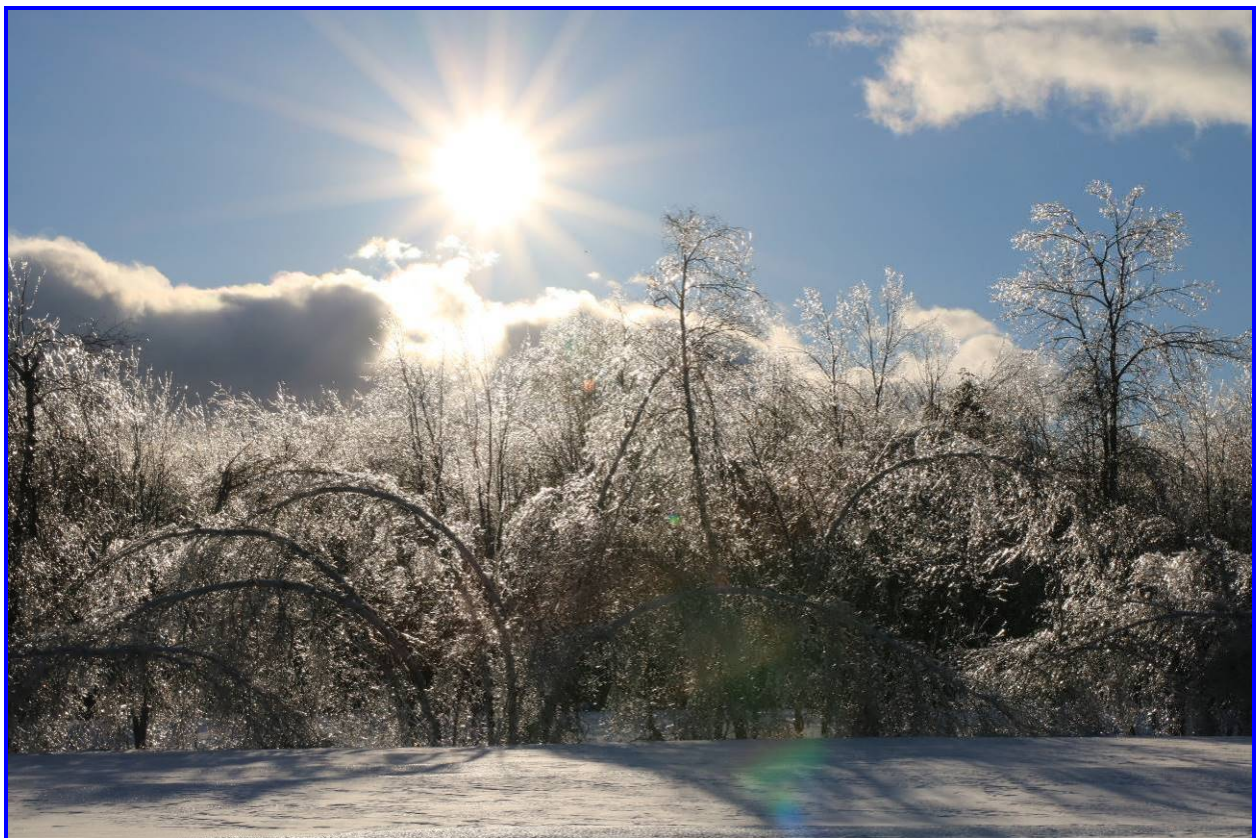


Photo 300. Les conditions climatiques influencent la répartition de la végétation.

Alors que les températures influent directement sur la distribution des espèces, ces mêmes températures influencent aussi les précipitations et l'évaporation. Les endroits ombragés auront tendance à conserver un plus haut taux d'humidité. Les températures plus fraîches en montagnes, liées à la topographie, favoriseront les précipitations sur certains versants.

Les plans d'eau et les cours d'eau modifieront aussi le développement de la végétation adjacente. Qu'il s'agisse des embruns, liés aux bords de mer, ou des cycles de brume et de rosée aux bords des cours d'eau et des plans d'eau, ces microclimats favorisent le développement d'un cortège floristique associé aux milieux humides.

Les précipitations en particulier influencent grandement la formation des milieux humides. D'après Tiner (2016), une période d'inondation continue de deux semaines (14 jours) est suffisante pour permettre le développement d'indices pédologiques (présence de mouchetures dans le sol) associés aux milieux humides. Cette période d'inondation pourrait s'avérer critique à la survie des espèces terrestres intolérantes aux inondations, et par le fait même, favoriser la présence d'espèces ayant des affinités pour les milieux humides, particulièrement si ces forces environnementales se manifestent année après année.

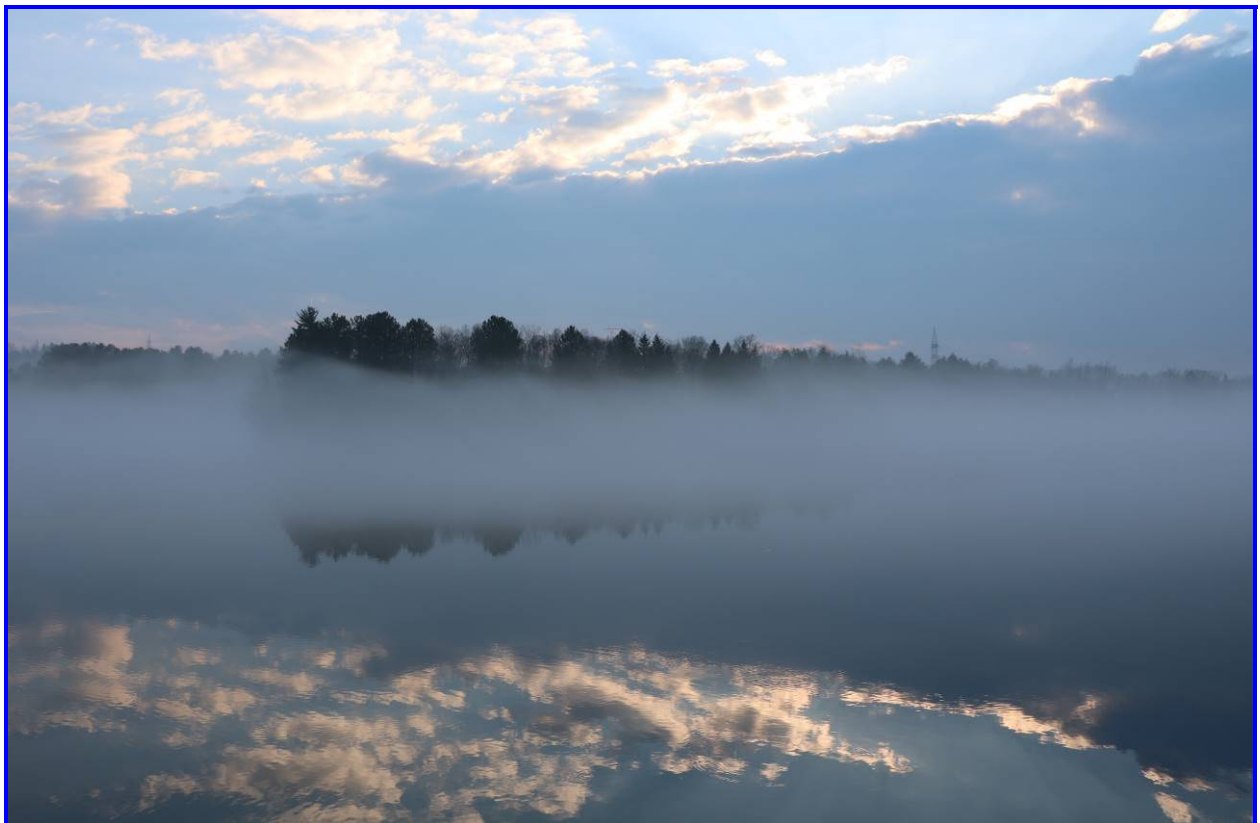


Photo 301. Les plans d'eau et les cours d'eau atténuent les variations climatiques et influencent les conditions riveraines de température et d'humidité par les cycles de brume et de rosée.

Dans le cadre de la conservation ou de la restauration des milieux humides et hydriques, il s'agira d'identifier les contraintes et de restaurer les conditions microclimatiques favorables et spécifiques aux espèces visées. Ces variations microclimatiques peuvent être recréées selon les préférences autécologiques des espèces.

- La conservation ou la restauration d'un milieu humide près des plans d'eau et des cours d'eau permettra de favoriser sa pérennité par l'effet des embruns, des brumes et des rosées.
- La plantation de résineux sur les bordures sud-est, sud et sud-ouest pourrait s'avérer utile pour fournir l'ombrage nécessaire au maintien des conditions humides.
- La plantation de feuillus au sud, au sud-est et au sud-ouest permettra de minimiser l'évapotranspiration et l'assèchement causés par le soleil.
- L'orientation de la forme du milieu humide dans un axe nord-sud ou perpendiculaire aux vents dominants permettra de minimiser l'évapotranspiration et l'assèchement éolien.
- La plantation d'arbres d'une densité adéquate pourra réduire la température des sous-bois de 5 à 10 degrés centigrades dans les sous-étages de la végétation, comparativement aux espaces exposés au soleil.

5.2. LES CONDITIONS TOPOGRAPHIQUES ET LES MILIEUX HUMIDES

Les conditions topographiques influencent la végétation par leurs effets sur les températures et les conditions hydriques / humides. L'altitude, la latitude et l'orientation des pentes par rapport à l'ensoleillement influent sur les températures, l'exposition aux vents, le ruissellement et l'apport en nutriments.

Les eaux qui ruissellent à la surface du sol et qui s'y infiltrent s'enrichissent progressivement en éléments nutritifs et en divers éléments inorganiques et composés organiques solubles lors de leur parcours de l'amont vers l'aval, vers le bas de pente. La topographie modifiera ainsi la répartition des plantes : on retrouvera des plantes moins exigeantes en nutriments près des sommets et les plus gourmandes à la base des pentes.



Photos 302 et 303. À gauche, répartition de la végétation en fonction de l'orientation des pentes. À droite, cédrière de bas de pente bénéficiant des eaux enrichies en nutriments par leur percolation à travers le sol lors de leur descente de l'amont vers l'aval.

De même, les eaux de ruissellement apportent avec elles les particules plus fines qui viennent colmater les dépressions qu'elles rencontrent durant leur parcours, notamment en bas de pente. La chute des feuilles contribue aussi à imperméabiliser les dépressions. Au fil du temps, des milieux humides de bas de pente se développent.

Ces apports d'eau et de nutriments provenant des eaux de ruissellement et de la lixiviation favorisent la croissance d'une flore mieux adaptée aux conditions nutritives, plus riches et plus vigoureuses dans les milieux humides de bas de pente que dans les milieux humides rencontrés près des sommets, par exemple dans des dépressions situées entre des crans rocheux. Les milieux humides de bas de pente auront aussi, en général, une plus grande biodiversité en raison de l'apport de *propagules* (graines, spores, tubercules, et autres structures reproductives) provenant des habitats localisés en amont.

Également, l'orientation des pentes influe sur l'exposition des espèces aux rayons du soleil, à la photosynthèse et à la chaleur. Par exemple, selon l'aire spécifique de répartition, une espèce se rencontrera davantage sur les flancs nord à la limite sud de son aire de répartition et sur les flancs sud à la limite nord de son aire de répartition.

Il est possible de tirer certaines généralisations par rapport à l'influence de la topographie, mais la microtopographie est le facteur déterminant influant sur la présence de milieux humides, notamment par son influence sur les eaux de ruissellement et sur l'évapotranspiration. On rencontrera ainsi des milieux humides à des endroits insoupçonnés, comme dans des dépressions au sommet des montagnes, ou encore aux endroits où les courbes de niveau des cartes topographiques sont un peu plus espacées.



Photo 304. La microtopographie est le facteur déterminant de la répartition et de la distribution des espèces, notamment par son influence sur les eaux de ruissellement et sur l'évapotranspiration.

Dans le contexte de la conservation ou de la restauration des milieux humides, l'objectif visera à maintenir ou à recréer des conditions microtopographiques favorables, spécifiques aux sites ciblés. Ces variations microtopographiques peuvent être facilement recréées dans les projets d'aménagement ou de restauration.

- L'observation de la régénération spontanée de la végétation sur les sites perturbés permet de constater que les espèces s'implantent dans des micro-dépressions à l'abri d'une roche, d'un tronc, d'une souche, à la base des talus. Par conséquent, l'inclusion de telles structures en plus des micro-dépressions favorise l'implantation des espèces indigènes.
- Contrairement aux pratiques habituelles durant les travaux de terrassement, comme lors de la construction d'une autoroute, aménager les surfaces de manière à les laisser ses surfaces hétérogènes, avec une topographie variable constituée de dépressions et de monticules.
- L'aménagement d'une mosaïque de milieux humides, avec des dépressions d'une profondeur de 30 cm sous le niveau d'eau moyen de la nappe phréatique ou de la nappe perchée, et des buttes d'une élévation de 1,0 à 1,5 m au-dessus de cette nappe, permettra de recréer une diversité d'habitats favorables à l'établissement d'une diversité d'espèces.



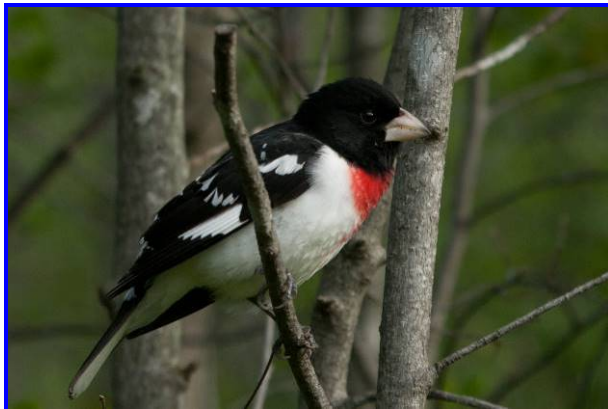
Photos 305 et 306. Dans le milieu naturel, les graines s'accumulent dans les dépressions. L'approche écologique vise à recréer ces motifs puisqu'ils favorisent la régénération.

- Dans la mesure du possible, prioriser une variation de l'exposition des pentes et des clairières ouvertes aux différents points cardinaux, de manière à favoriser une variation de conditions environnementale, comme la température. Cette variation de la microtopographie influera sur le microclimat et la diversité des habitats et des espèces.



Photos 307 et 308. L'approche écologique vise à créer une microtopographie rugueuse et diversifiée, favorable à l'implantation des espèces indigènes. Cette irrégularité des surfaces permet de créer une multitude de bassins de rétention qui contribuent à capter les sédiments.

- Dans les cas où le taux d'oxygène est un facteur limitatif, ou encore si la présence d'odeurs peut s'avérer nuisible, l'orientation des milieux humides de type étang et marais dans le même axe que celui des vents dominants favorisera les échanges gazeux.
- Épouser les contours topographiques de manière à intégrer le site dans le milieu récepteur.
- Planter des arbres fruitiers à la limite sud, sud-est et sud-ouest des boisés. Ces localisations sont favorables aux espèces aviaires qui viennent s'y alimenter et s'y réchauffer.



Photos 309, 310, 311 et 312. De gauche à droite et de haut en bas : jaseur d'Amérique, cardinal rouge, cardinal à poitrine rose, oriole de Baltimore. L'aménagement d'une végétation qui favorise la présence d'oiseaux, comme la plantation d'arbustes fruitiers, permet aussi l'appréciation de leur beauté.

5.3. LES CONDITIONS ÉDAPHIQUES ET LES MILIEUX HUMIDES

En écologie végétale, les conditions *édaphiques* font référence aux caractéristiques des sols.

L'origine géologique de la roche-mère modifie la végétation, puisque cette origine influence les caractéristiques des sols (texture, pH, disponibilité des éléments nutritifs, capacité d'échange cationique, etc.).

Les roches cristallines comme les granites du Bouclier canadien sont généralement acides et pauvres en éléments nutritifs. Par contre, les roches sédimentaires de la vallée du Saint-Laurent seront plus alcalines et plus riches en nutriments. Ces caractéristiques influenceront la distribution des espèces.



Photos 313 et 314. À gauche, affleurement rocheux avec peu d'espèces. À droite, verveine simple, une espèce calcicole.

En raison de ces besoins particuliers (niche écologique étroite), l'origine géologique de la roche-mère permettra et limitera l'établissement et la distribution d'espèces qui ont des exigences spécifiques, comme les plantes dites *calcicoles strictes* (qui poussent exclusivement sur les sols calcaires).

Dans le cadre d'un projet de conservation et/ou de restauration d'un milieu humide avec des plantes calcicoles, l'objectif sera de maintenir les conditions alcalines rencontrées et d'éviter l'apport de sources d'eau acide. Dans certains cas, un apport de chaux dolomitique pourrait être bénéfique à la restauration du milieu.

Cependant, s'il s'agit de restaurer une carrière calcaire en plan d'eau, l'objectif sera alors de sélectionner des plantes adaptées aux conditions basiques.



Photos 315 et 316. À gauche, les pluies acides dans la région de Sudbury limitent la croissance de la végétation. À droite, la stratification des types de sols est responsable de la répartition des espèces floristiques en fonction des classes texturales qui influencent la disponibilité de l'eau et des nutriments.

Les dépôts de surface, dérivés des roches mères par *pédogénèse* (le processus de formation des sols), auront différentes textures (ils seront plus ou moins graveleux, sableux, argileux ou organiques) et différentes propriétés relative à la disponibilité de l'eau, des nutriments et de l'aération du sol, s'il s'agit de dépôts éoliens, fluviaux, glaciaires, lacustres, littoraux, marins, organiques ou de pentes (bas de talus).

La texture du sol influence aussi d'autres caractéristiques du sol, comme la structure, la susceptibilité à la compaction et à l'aération ainsi que la formation et le développement de couches (horizons) organiques et minérales résultant des conditions climatiques et de la végétation.

Les cartes de dépôts de surface ou les cartes pédologiques permettent de vérifier s'il existe des conditions pédologiques favorables à la présence de milieux humides. Ainsi, s'il y a un dépôt organique, il aura une possibilité de trouver un milieu humide de type tourbière (30 cm ou plus d'épaisseur de tourbe) ou de type marécage (moins de 30 cm de tourbe).

Également, s'il y a dépôts de limon ou d'argile, ou des sols faisant partie de la classe de drainage imparfait (4), mauvais (5) ou très mauvais (6), selon le système canadien de classification des sols, ou de la sous-classe de drainage W (excès d'eau), selon les données de la Commission de protection du territoire agricole du Québec (CPTAQ), il y a présence potentielle de milieu humide.

Certaines espèces floristiques habitent davantage les sommets de pentes et les affleurements rocheux, alors que d'autres aiment mieux s'installer dans les bas de pentes, où le régime minéralogique est favorisé par l'accumulation de particules résultant de l'érosion et du ruissellement. Certaines espèces préfèrent les sols de classe texturale sableuse, d'autres aiment

mieux les sols argileux ou loameux. Enfin, certaines espèces ont besoin d'un drainage subhydrique, d'autres d'un drainage strictement hydrique.

En résumé, les mêmes caractéristiques relatives à la pente, à la texture et au drainage peuvent être plus ou moins favorables à certaines espèces et, en même temps, défavorables à d'autres espèces. Par conséquent, parallèlement au principe général qui stipule qu'une variété maximale d'habitats profite à une diversité maximale d'espèces, nous retenons le principe écologique selon lequel plus la texture du sol est diversifié, plus c'est bénéfique pour le milieu humide. Cette généralité doit toutefois être adaptée aux objectifs visés.

Les caractéristiques des sols sont importantes pour la végétation pour deux raisons principales : le sol permet 1) l'ancrage et le support des plantes, 2) l'absorption de l'eau et des nutriments ainsi que les échanges gazeux. Par conséquent, l'absence de sol rendra difficiles l'implantation et l'ancrage des plantes.

Un sol trop compact ne permettra pas la formation de racines d'ancrage et exposera les arbres au risque de chablis. Dans ce cas, il pourrait être nécessaire d'ameublir le sol sur une profondeur de 0,3 m, de 0,75 m, et même jusqu'à 1,5 m en cas de restauration d'un site fortement compacté, comme les anciens sites miniers.

De même, un sol saturé d'eau, soit de drainage imparfait, mauvais, très mauvais ou organique, aura pour effet d'encourager la formation de racines superficielles et de restreindre celle des racines d'ancrage, ce qui augmente le risque de chablis.

L'étude de la correspondance (corrélation) entre les caractéristiques des sols et la présence d'espèces indicatrices de milieux humides permet de repérer certains indicateurs pédologiques des milieux humides, soit des *sols hydromorphes*. Ces indicateurs (ou indices) de la présence potentielle d'un milieu humide, sont notamment la tourbe, les *mouchetures* et les *sols gleyifiés*.

D'une manière générale, les mouchetures se forment dans les sols où la présence d'oxygène et d'eau favorise les réactions chimiques qui réduisent ou oxydent le substrat dans lequel apparaissent alors des traces de précipitation de couleur « rouille ».

Pour leur part, les sols gleyifiés, se développent dans des conditions *anoxiques* (absence d'oxygène) et sont généralement associés à la classe de drainage très mauvais (6). Les réactions chimiques dites *réductrices* sont responsables de ce processus de *gleyification*. Ces réactions chimiques libèrent certaines molécules comme le sulfure d'hydrogène (H₂S), et par conséquent, les sols gleyifiés dégagent parfois une odeur similaire à celles d'œufs pourris, caractéristique des vasières, des marais et des marécages.

Les réactions chimiques caractéristiques des sols gleyifiés changent la coloration du sol, lequel prend indirectement des couleurs grisâtres, bleuâtres et/ou verdâtres, indicatrices de la présence d'un milieu humide. Ces couleurs correspondent aux teintes gley de la charte de couleurs de sol Munsell.

Parfois, les débordements de cours d'eau laissent des dépôts minéraux dans la plaine de débordement. Ces dépôts peuvent alors recouvrir d'autres dépôts organiques. Dans ce cas, il est possible d'observer des couches successives de dépôts organiques et de dépôts minéraux. Ce processus entraîne la formation d'un sol nommé *régosol*.

L'historique des dépôts géologiques permet d'expliquer la présence de milieux humides à certains endroits. Dans la plaine du Saint-Laurent, par exemple, on rencontre d'anciens dépôts sableux deltaïques, devenus des milieux terrestres, mais reposant sur un fond d'argile grisâtre déposée à l'époque de la mer de Champlain.

Avec le temps, les rivières sillonnent ces dépôts sableux et y creusent des vallées jusqu'à l'argile et, parfois, jusqu'à la roche-mère sous-jacente. Lorsque les dépôts sableux deviennent saturés d'eau en raison des précipitations, l'eau libre dans le sol s'enfonce en profondeur par la force de la gravité jusqu'à la couche d'argile marine sous-jacente, où elle forme des nappes perchées ou encore des nappes phréatiques reposant sur cette couche d'argile.

Ces accumulations d'eau souterraine s'échappent ensuite par des points de fuite, sous la forme de résurgences qui apparaissent au point de rencontre de la couche de sol sableux et du sol argileux sous-jacent ou encore à la rencontre de la roche-mère. Cet apport d'eau permet la formation de milieux humides dans des endroits comme les pentes et les falaises.

Par ailleurs, influencées par la topographie et les conditions édaphiques, les précipitations entraînent parfois la formation de milieux humides dans des pentes, en raison d'un *écoulement oblique* ou d'un *drainage latéral*.

En montagne, par exemple, lorsque les eaux de ruissellement s'infiltrant dans un sol incliné, mais qu'elles demeurent près de la surface du sol (à moins de 30 cm) pour des raisons d'imperméabilité, comme la présence de la roche-mère du Bouclier canadien, ces conditions favorisent la formation d'un milieu humide incliné, en pente. C'est ainsi que l'on observe des milieux humides, par exemple de type aulnaie, peupleraie ou cédrière, dans des pentes.



Photo 317. Dépôt de sable brunâtre sur dépôt d'argile grisâtre.

Milieux humides résultant de la modification du patron de drainage

Après un déboisement, un feu de forêt ou l'aménagement de chemins, il est courant de voir apparaître des milieux humides résultant d'un nouveau patron de drainage des eaux de ruissellement. D'après des études réalisées aux États-Unis, et rapportées par Tiner (2016), une période d'inondation durant aussi peu que deux semaines (14 jours consécutifs) est suffisante pour voir apparaître des mouchetures dans le sol (traces de rouille résultant des processus d'oxydation). Ces mouchetures sont des indices pédologiques de la présence de milieux humides et représentent des sols hydromorphes.

Milieux humides en terrain montagneux

Dans un contexte montagneux, par exemple, de petits cours d'eau se forment dans les vallées et coulées. Durant leur parcours, ces cours d'eau de surface rencontrent différents substrats selon la géologie et la topographie du site. Généralement, près des sommets, les eaux coulent

sur un substrat rocheux, granitique ou sédimentaire (selon les régions) et des milieux humides se forment aux abords de ces derniers.

Lorsque ces cours d'eau rencontrent des dépôts plus perméables, ils s'infiltrent et disparaissent sous la surface du sol donnant lieu à un écoulement latéral, un drainage oblique, qui entraînent la formation de marais et/ou de marécages.

Puis, lorsque la pente continue en aval du milieu humide, il est tout aussi commun de voir les eaux de percolation se rassembler de nouveau et former un lit d'écoulement. Les milieux humides purifient ainsi les eaux.

L'objectif de conservation ou de restauration des milieux humides visera à maintenir ou à recréer des conditions édaphiques favorables, spécifiques aux espèces visées et aux conditions particulières du site. Ces conditions édaphiques peuvent être facilement recréées pendant les projets d'aménagement ou de restauration.

- Certains milieux humides peuvent être restaurés par l'apport d'une couche imperméable de silt ou d'argile. Sur cette couche de silt ou d'argile, l'application d'une couche de sable permettra l'ancrage des racines.
- Pendant la restauration des milieux humides et des bandes riveraines, favoriser une répartition de sols de différentes classes texturales (gravier, sable, silt, argile) permettra de diversifier les habitats et les espèces.
- Aménager de petits monticules terrestres de sable, de gravier et de roches (de 0,5 à 1,5 m de hauteur) de manière à favoriser la biodiversité.

Les variations topographiques permettent une diversité d'espèces floristiques en fonction des conditions d'humidité et une possibilité d'aménagement de terriers et de caches d'aliments pour les micromammifères, comme l'écureuil roux et le tamia rayé. S'il n'y a pas de buttes, ces animaux ne pourront pas garder leurs réserves hivernales d'aliments au sec.



Photos 318 et 319. À gauche, l'aménagement de monticules terrestres avec pentes permet aux mammifères d'aménager des terriers et des caches d'aliments. À droite, il est commun de rencontrer la marmotte dans les bandes riveraines escarpées et sablonneuses.



Photos 320 et 321. À gauche, amoncellement de roches dans un écotone, ce qui est bénéfique pour les couleuvres, les salamandres et les micromammifères. À droite, les fourmilières sont importantes dans la formation de la structure des sols et dans l'alimentation des espèces comme le pic flamboyant.



Photos 322, 323 et 324. À gauche, tas de branches dans une prairie humide. Au centre, ponceau avec rampe latérale favorisant le passage des petits mammifères. À droite, un tas de cailloux à proximité d'un boisé, d'un champ et d'un milieu humide aide les couleuvres à se réchauffer avant la chasse.

5.4. LES CONDITIONS HYDROLOGIQUES ET LES MILIEUX HUMIDES

Les conditions hydrologiques sont étroitement liées aux conditions climatiques, topographiques et édaphiques. Ces conditions assurent l'équilibre entre les apports et les pertes en eau des écosystèmes humides.

Un milieu humide est un système dont la pérennité dépend d'un équilibre hydrologique entre un apport et une perte en eau. La compréhension de cette dynamique hydrologique exige une analyse des apports en eau à l'échelle du *bassin versant* (*bassin hydrographique*) du milieu humide et, idéalement, à l'échelle du bassin versant hydrographique.

Le *bassin versant* du milieu humide correspond à la superficie inclinée qui permet de diriger les eaux de précipitation, de ruissellement, d'écoulement latéral et de résurgences vers un point commun, par un effet d'entonnoir, vers un milieu humide.

Au-delà des milieux humides, il importe de maintenir des conditions environnementales favorables à la qualité des eaux, notamment la température, le pH, les nutriments dissous et les matières en suspension (MES).

Trop souvent, l'apport en eau provient seulement des fossés ou des bordures enrochées, dépourvus de végétation, ce qui contribue au réchauffement des eaux. Ces eaux chaudes favorisent ensuite l'apparition d'espèces indésirables, comme les cyanobactéries (algues bleues) susceptibles de se développer dans les étangs, les marais et les marécages.



Photos 325 et 326. Dépourvus de végétation riveraine, les lits d'écoulement deviennent sujets à l'érosion, à l'apport de matières en suspension et au réchauffement excessif.



Photos 327, 328 et 329. L'approche écologique à la conservation et la restauration des milieux humides s'étend au-delà de la limite du milieu humide en question, puisqu'il s'agit avant tout d'écosystèmes. Dans ce contexte, il est tout aussi important de veiller à préserver la qualité de l'eau le long d'un cours d'eau à omble de fontaine (à gauche) que le long d'un fossé (à droite) si celui-ci se déverse dans un cours d'eau, un plan d'eau ou un milieu humide.

En présence d'un apport d'eau de mauvaise qualité, il y aura lieu d'aménager des milieux humides anthropiques (par exemple : les marais filtrants) qui auront comme fonction l'amélioration de la qualité de l'eau, avant que les eaux se dirigent dans des milieux humides d'importance écologique.



Photo 330. Milieu humide riverain de type marécage à érable rouge avec matteuccie.

En raison des adaptations particulières et des préférences écologiques des hydrophytes pour la présence d'eau ou d'humidité, certaines de ces espèces s'implantent le long des cours d'eau et des plans d'eau. Par conséquent, pour un territoire donné, s'il y a des plans d'eau ou des cours d'eau qui le sillonnent, la présence de milieux humides riverains est possible.

La consultation de photographies aériennes, ou encore de cartes écoforestières, pédologiques ou topographiques permet parfois d'observer des fossés de drainage. La présence de fossés de drainage près d'un îlot forestier dans les champs ou de fossés de drainage particulièrement rapprochés en raison d'un sol difficile à drainer évoque l'existence possible d'un milieu humide.

De même, la consultation des cartes ou des photographies aériennes permet parfois de constater la présence de barrages de castor, susceptibles de causer des inondations, ce qui laisse donc croire à la présence d'étangs, de marais ou de marécages.



Photos 331 et 332. Les barrages de castors sont importants dans la dynamique des milieux humides. Ils contribuent à diversifier les habitats et influencent grandement la dynamique de succession.



Photos 333. Les barrages de castors causent des inondations, ce qui favorise la formation de chicots. Ces derniers, à leur tour, favorise les populations de pics et de salamandres, tous importants et interdépendants dans l'écologie du milieu naturel.

La présence d'eau et d'une végétation typique des milieux humides est étroitement liée. Plusieurs *indicateurs hydrologiques* de la présence d'eau, et donc de milieux humides potentiels en découlent.

Ces indicateurs sont divisés en deux catégories, soit les *indicateurs primaires* représentant des indices plus directs et les *indicateurs secondaires* qui sont généralement associés aux milieux humides.

Selon certains auteurs, la présence d'un seul indicateur primaire serait suffisante pour conclure en la présence d'un milieu humide, alors que deux indicateurs secondaires ou plus seraient nécessaires pour arriver à cette même conclusion.

Les indicateurs hydrologiques primaires sont directement associés à la présence d'eau libre et de sols saturés d'eau (généralement dans les 30 premiers cm de la surface du sol), y compris de résurgences. L'eau stagnante dans les dépressions donne une coloration noirâtre au substrat. Par conséquent, la présence de litière noirâtre est aussi un indicateur primaire.

La présence d'eau et le passage de l'eau révèlent d'autres indicateurs comme les lignes de démarcation, les marques d'usure, l'écorce érodée, l'érosion du substrat, les hauts de plage dénudés, la limite inférieure de la litière et les débris de crues apportés par l'eau.



Photos 334 et 335. Cours d'eau à débit permanent : à gauche, en milieu agricole avec absence de bandes riveraines adéquates causant de l'érosion et, à droite, en milieu naturel.

Les cours d'eau, qu'ils soient à débit intermittent ou permanent, bénéficient de bandes de protection riveraines végétalisées en fonction de la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* (MDDELCC, 2015).

L'approche écologique étant le point de mire du présent document, nous accordons la même importance à un lit d'écoulement, qu'il soit défini comme un cours d'eau ou un fossé, puisqu'à

la base, il constitue un apport en eau et que cette eau devrait être protégée en tant que ressource environnementale essentielle au maintien de la qualité des écosystèmes humides.



Photos 336 et 337. À gauche, fossé de voie publique enroché. À droite, sortie d'eau d'un drain pluvial à son entrée dans un bassin de rétention.



Photos 338 et 339. La plantation d'une diversité d'espèces dans les bassins de rétention des eaux pluviales permet la captation des éléments nutritifs en période de croissance. La plantation d'arbres du côté sud du bassin de rétention permettra de réduire les températures excessives en période estivale. L'orientation des bassins avec les vents dominants et le maintien des ouvertures aux extrémités ouest permettront de favoriser les échanges gazeux.

Les aménagements comme les fossés enrochés, dépourvus de végétation, mais efficaces contre l'érosion, contribuent au réchauffement des eaux et à la croissance et à la prolifération des algues et des cyanobactéries. Une application de terreau dans les interstices et un ensemencement d'herbacées permettront de végétaliser les berges, de réduire le réchauffement de l'eau, de capter les nutriments et d'améliorer la qualité des eaux.

Dans ce contexte, la conservation de bandes de protection riveraines le long des cours d'eau – et dans la mesure du possible le long des fossés et sur le pourtour des bassins de rétention des eaux pluviales – permettront de protéger, de conserver et d'améliorer la qualité des eaux essentielle au maintien de la vie aquatique.

L'influence de l'eau libre et de la profondeur de l'eau

L'eau libre est essentielle et nécessaire à de nombreuses espèces, à la reproduction des amphibiens ainsi qu'à la désaltération de la majorité des mammifères. Les profondeurs d'eau variables, notamment de 0 à 2 m, favorisent une diversité d'espèces floristiques et fauniques.

Dans le cadre de la conservation ou de la restauration des milieux humides, l'objectif visera à maintenir ou à recréer des conditions hydrologiques favorables, spécifiques aux espèces visées et aux conditions particulières du site.

- S'assurer du maintien de l'équilibre entre l'apport et la perte en eau afin de maintenir la viabilité et la pérennité des milieux humides et hydriques.
- S'assurer du maintien des conditions environnementales favorables au maintien de la vie aquatique le long des lits d'écoulements (fossés et cours d'eau) qui alimentent le milieu humide.
- Végétaliser les bandes riveraines des cours d'eau et, dans la mesure du possible, des fossés afin de prévenir l'érosion des berges, l'apport de sédiments et le réchauffement des eaux.
- Éviter de diriger les eaux de ruissellement des voies publiques directement dans des milieux humides naturels avant qu'elles soient traitées dans des fossés engazonnés, des bassins de sédimentations ou des marais filtrants afin de réduire l'apport en nutriments et en toxines.
- Favoriser en priorité la conservation et la restauration des milieux humides riverains, des milieux humides dans les bandes de protection riveraines ou à proximité d'autres types de milieux humides. Cette proximité des habitats favorise l'équilibre des espèces fauniques et floristiques.
- En ce qui concerne les milieux humides riverains, permettre une entrée et une sortie des eaux avec un plan d'eau ou un cours d'eau, notamment en période de crue, afin de favoriser le changement des eaux, l'apport de propagules, la connectivité entre les habitats et le déplacement et la migration des espèces fauniques et floristiques.
- Dans la mesure du possible, prévoir et permettre les activités du castor.

- Dans les situations permmissibles, améliorer l'oxygénation de l'eau par une orientation dans le sens des vents dominants, tout en maintenant des ouvertures (avec peu d'arbres ou sans arbre) aux extrémités (typiquement dans l'axe ouest-est).
- Dans le cas des petits étangs et marais alimentés par des cours d'eau, l'aménagement d'une série de seuils avant l'entrée des eaux permettra de contribuer à oxygéner les eaux.



Photos 340 et 341. À gauche, cours d'eau naturel. À droite, l'aménagement de seuils permet de recréer une diversité d'habitats au bénéfice d'une diversité d'espèces aquatiques.

- Maintenir ou restaurer des profondeurs d'eau variables de manière à favoriser une diversité d'espèces floristiques.



Photo 342. Dans les milieux humides naturels, les espèces se répartissent en fonction de la profondeur d'eau et permettent la formation de différents types de milieux humides.

5.5. LES CONSIDÉRATIONS ÉCOLOGIQUES FAVORABLES AUX MILIEUX HUMIDES

La conservation et la restauration des conditions environnementales

Les conditions environnementales comprennent notamment les précipitations et la température. Il s'agit des principales conditions qui déterminent la distribution de la végétation. À cela s'ajoutent d'autres conditions particulières comme les radiations photosynthétiques (la lumière qui permet la photosynthèse), les échanges gazeux, l'exposition (pentes nord, sud, est ou ouest) et la topographie (l'élévation).

Dans le cadre de la restauration d'un milieu humide, il faut d'abord identifier les conditions qui empêchent la naturalisation des habitats, s'il y a lieu, et ensuite favoriser celles qui permettent l'établissement, la croissance et la reproduction des espèces afin de diversifier les habitats.

- La plantation de résineux à la limite nord (incluant le nord-est et le nord-ouest) assurera une protection contre les conditions climatiques de froid extrême en période hivernale, par exemple, au bénéfice des aires de confinement du cerf de Virginie.
- La plantation de feuillus à la limite sud (incluant le sud-est et le sud-ouest) assurera une protection contre les conditions climatiques de chaleur extrême en période estivale. Cela pourrait éviter la prolifération d'algues bleues (cyanobactéries) et d'algues vertes.
- La création de baies (dans les étangs), ou d'ouvertures (dans les milieux humides boisés), exposées aux rayons du soleil du sud (y compris le sud-est et le sud-ouest), et protégées des vents dominants, assurera des conditions thermiques favorables aux espèces venant s'y réchauffer, comme les couleuvres, les petits mammifères et certains oiseaux.
- Une variation dans la densité des plantations, ou encore la création de clairières ou de trouées, favorisera la formation des strates herbacées et arbustives.
- Une variation de la topographie pour créer des dépressions et des monticules assurera des conditions environnementales variées (microhabitats) favorables à l'implantation des hydrophytes (dans les dépressions) et d'espèces caractéristiques des milieux terrestres (sur les monticules).
- Restaurer ou conserver la végétation (notamment les arbustes et les arbres) aux bordures des affluents (lits d'écoulements), qu'ils soient constitués de fossés ou de cours d'eau, réduira la température de l'eau ce qui permettra d'améliorer ou de maintenir les conditions favorables à la vie aquatique (les eaux chaudes favorisent la prolifération des cyanobactéries ou algues bleues).

- Également, en milieu urbain, la plantation d'arbres le long des routes permet de réduire la température des surfaces pavées et des îlots de chaleur, qui contribuent au réchauffement des eaux de ruissellement.

La conservation et la restauration des ressources écologiques

Les ressources écologiques sont notamment pour les plantes : les éléments nutritifs, l'eau, la lumière et les gaz, et pour les animaux : la productivité primaire (pour les herbivores) et secondaire (pour les carnivores).

- L'inclusion de légumineuses et/ou de plantes reconnues qui favorisent la fixation de l'azote atmosphérique par leur association avec des bactéries fixatrices (aulnes, peupliers, etc.) permettra d'augmenter la croissance des plantes, soit la productivité primaire.
- Puisque les *mycorhizes* augmentent l'absorption des nutriments et stimulent la croissance des plantes, notamment par la disponibilité du phosphore (P), un sol naturel, comprenant des microorganismes adaptés à la flore et à la faune du milieu permettra de favoriser et de maintenir un équilibre édaphique et pédologique (mycorhizes, bactéries pour la fixation de l'azote (N), etc.).
- L'inclusion d'arbustes et d'arbres fruitiers, notamment dans des endroits bénéfiques à ces plantes selon leurs préférences autécologiques (bordures et écotones), permettra d'assurer la nutrition des oiseaux frugivores.
- Ces oiseaux à leur tour apporteront une fertilisation en azote et par le fait même des semences d'autres espèces, ce qui viendra diversifier le milieu. Le passage des graines à travers le système digestif des oiseaux, et des animaux, favorise la germination des graines de diverses espèces.
- L'inclusion d'espèces floristiques bénéfiques aux micromammifères comme le tamia rayé ou l'écureuil roux permettra la dispersion et la distribution des structures reproductives comme celles des caryers, des chênes et des noyers, dans les habitats disponibles.



Photos 343 et 344. Exemple d'arbustes fruitiers : à gauche, aronie à fruits noirs, à droite, bleuets sains.



Photos 345 et 346. À gauche, ilex verticillé, à droite, némopanthe mucroné.



Photos 347 et 348. À gauche, sureau rouge, à droite, viorne trilobé.



Photos 349 et 350. Les micromammifères sont importants dans l'écologie et la distribution de nombreuses espèces comme les caryers, les chênes, les noisetiers et les noyers.

La conservation et la restauration des structures écologiques

Les structures écologiques sont des éléments structuraux nécessaires qui permettent aux espèces de s'y implanter, de croître, de se reproduire et de se perpétuer. Les structures écologiques sont importantes, notamment sur le plan faunique, mais aussi sur le plan floristique.

Les structures écologiques associées à la flore se résument généralement à la présence d'un substrat qui permet aux racines de remplir leurs fonctions : soutenir la plante et permettre l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs essentiels.

- Divers types de substrats, de différentes textures, distribués de manière hétérogène, permettront de servir une plus grande variété d'espèces.
- Les bosquets de résineux, par exemple, permettent d'abriter la faune pendant des conditions climatiques peu favorables (canicules d'été et hivers rigoureux).
- Les résineux offrent aussi un camouflage favorable à la nidification des oiseaux.
- Les arbres et les arbustes créent des conditions environnementales favorables à d'autres espèces comme la vigne des rivages (*Vitis riparia*).
- La création d'écotones forestiers (constitués de boisés arborescents et/ou arbustifs) contigus à une prairie d'herbacées permettra à divers groupes d'espèces de l'utiliser, comme les oiseaux, les micromammifères et les reptiles, particulièrement s'ils sont exposés au sud (y compris le sud-est et le sud-ouest).

- Lors de l'abattage d'arbres, l'empilement des branches, des ramilles et des souches, à des endroits stratégiques (près des écotones, par exemple), et de façon esthétique (en dehors des points de vue paysagers ou éloignés des sentiers, par exemple), est bénéfique à diverses espèces fauniques comme les salamandres, les rongeurs, les mammifères et les oiseaux.



Photos 351 et 352. À gauche, les piles de bois représentent des habitats favorables pour la petite faune. À droite, exemple de micromammifère.

- Les troncs d'arbres disposés au sol représentent aussi un milieu favorable pour les salamandres, particulièrement lorsque ces structures sont localisées près des milieux hydriques et des milieux humides.

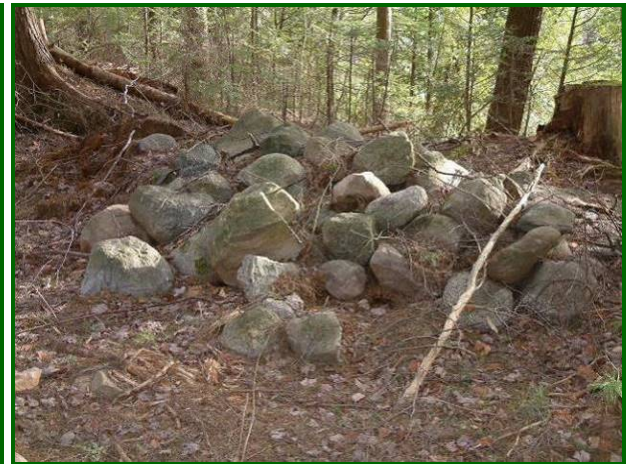


Photos 353 et 354. La présence de bois mort au sol est favorable aux salamandres et aux tritons.



Photos 355 et 356. À gauche, dans le système naturel, les arbres en bordure des plans d'eau tombent et fournissent des abris et de la nourriture à la faune, dont les insectes, qui à leur tour servent de nourriture pour les poissons. À droite, dans le cadre de la restauration écologique, on reproduira les éléments du milieu naturel en mettant en place des troncs.

- Les amoncellements de sable permettent aux espèces aviaires de venir prendre des bains de poussières.
- Quant aux amoncellements de gravier, ils permettent aux espèces de venir s'y réchauffer.
- Les amoncellements de galets permettent aux espèces comme les couleuvres de les utiliser, par exemple, pour se préparer un abri hivernal (*hibernaculum*).



Photos 357 et 358. La présence d'amoncellement de roches à des endroits stratégiques (bas de falaises, près de milieux humides) est favorable aux couleuvres, mais aussi à de nombreux micromammifères.



Photos 359 et 360. La couleuvre à ventre rouge porte bien son nom, bien qu'il soit plutôt orangé.



Photos 361 et 362. À gauche, couleuvre rayée. À droite, couleuvre verte.

- Le passage des eaux dans des bancs de gravier (ou des bermes perméables) permet aux microorganismes attachés aux parois (*périphytons*) de dégrader les molécules organiques, de réduire les toxines et de fournir une forme de nourriture dans la chaîne alimentaire (invertébrés, crustacés, bivalves, gastéropodes, poissons).
- Pour les milieux humides de type étang et marais, une variation dans la profondeur de l'eau, tout en gardant un niveau d'eau relativement constant (avec des variations maximales de ± 1 m), permettra le développement de divers habitats et augmentera la biodiversité. Une trop grande variation du niveau de l'eau limitera l'installation d'un certain nombre d'espèces, incapables de supporter cette fluctuation.
- Afin de favoriser la formation de marais et de prairies humides aux abords des étangs, des cours d'eau et des plans d'eau, on peut modeler la topographie pour créer des plateaux de différentes profondeurs, ce qui permettra de favoriser l'implantation de certains groupes d'espèces.

- Par ailleurs, l'aménagement d'une pente graduelle de 10 : 1 à 15 : 1 (longueur : hauteur), permettra à la végétation de se répartir et de s'implanter en fonction des habitats préférentiels (niches) des espèces.



Photos 363 et 364. Les pentes graduelles ont plusieurs avantages, dont celles d'offrir une diversité d'habitats, de permettre la formation de zones de végétation associées à ces habitats et d'atténuer l'effet érosif des vagues.

En ce qui concerne la faune, les structures écologiques remplissent les fonctions de perchoirs, d'abris, de nidification, de couvert de fuite et de couvert thermal. Ces structures peuvent être constituées de chicots, d'arbres morts au sol, de dépôts d'une litière, de piles de roches, etc.



Photos 365 et 366. Certaines espèces comme la sittelle à poitrine blanche et la sitelle à poitrine rousse nichent dans les cavités des arbres. C'est une des raisons pour lesquelles il est important de conserver les arbres ayant des cavités. Ces arbres sont plus communs dans les vieilles forêts, d'où leur valeur.

L'approche écologique vise la conservation et la restauration des éléments essentiels aux cycles vitaux des espèces (alimentation, reproduction, repos), mais aussi des interrelations entre les espèces et les groupes d'espèces, comme la présence de corridors fauniques et floristiques. Le maintien de liens entre les habitats est essentiel à la dynamique des populations fauniques et floristiques et à l'équilibre de ces systèmes biologiques. C'est la raison pour laquelle la

planification du territoire doit être effectuée par des biologistes, des écologistes et autres professionnels du milieu naturel, capables de reconnaître les besoins écologiques des espèces.

- Conserver un maximum de corridors fauniques et floristiques entre les habitats.
- Dans la mesure du possible, intégrer les corridors écologiques aux éléments topographiques structuraux, par exemple, les cours d'eau, le relief et les crans rocheux, qui sont représentatifs et compatibles avec les axes de migration des espèces.
- Les corridors et les liens (la connectivité) entre les habitats sont une forme de structure écologique. La présence de corridors entre un milieu humide et les habitats adjacents favorise la circulation des espèces et le maintien d'une diversité génétique.
- La juxtaposition des éléments structuraux (litière forestière, troncs d'arbres au sol, amoncellement de galets) permettra de maintenir les liens entre ces habitats, notamment s'ils sont localisés près des milieux humides, comme dans la bande riveraine.
- L'approche écologique vise à augmenter le nombre et la qualité des corridors fauniques et floristiques puisque cela favorise la diversité des espèces. La présence d'une bande de protection riveraine, par exemple, est hautement favorable au déplacement des espèces.
- La conservation et la restauration des liens avec les milieux naturels protégés ou bénéficiant d'une autre forme de conservation, comme un parc (national, provincial, régional ou municipal), une « réserve naturelle » ou une « servitude de conservation », sont à privilégier.
- La planification à l'échelle territoriale est aussi importante que la conservation du milieu humide, puisqu'il est important que les zones en périphérie des zones conservées ne soient pas vouées aux développements, à la destruction des habitats et dépourvues de corridors.
- Dans le même ordre d'idées, l'identification des contraintes, notamment des obstacles infranchissables ou nuisibles aux déplacements des espèces (chemins, fossés, clôtures, etc.) permettra de proposer des mesures correctives applicables et appropriées. Par exemple, un fossé aux parois abruptes d'une profondeur de seulement 30 cm pourrait constituer une barrière infranchissable pour les amphibiens, les reptiles et les micromammifères, mais ne nuirait aucunement au déplacement de la grande faune ni de l'avifaune.
- L'approche écologique vise à conserver et à restaurer les liens entre les habitats. Ainsi, l'évaluation de la fragmentation nécessite l'identification des éléments de fragmentation en fonction des groupes d'espèces visés. Une fois les éléments de fragmentation identifiés, des moyens appropriés peuvent être mis en place.

- Dans le cas d'un fossé infranchissable, la restauration des liens permettra le passage des espèces grâce à l'implantation d'un ponceau avec un sentier ou un chemin d'accès ou à la simple mise en place de troncs d'arbres qui permettent de franchir ces barrières autrement infranchissables par les espèces à mobilité réduite.



Photos 367 et 368. La mise en place de troncs d'arbres permet le passage des petits animaux entre les habitats. La mise en place de roches permet de créer des micro-habitats tout en décourageant le passage de VTT.

- La présence d'une diversité de strates (muscinale, herbacée, arbustive et arborescente) permettra l'implantation d'une variété d'espèces adaptées aux différentes strates.



Photos 369 et 370. Les bryophytes sont importantes, mais demeurent mal connues. Les techniques de restauration écologique visent à prélever des propagules dans le milieu naturel local ou régional d'habitats comparables et à les répartir dans le milieu restauré.

- Les chicots et les troncs morts au sol sont favorables aux pics et aux salamandres, qui se nourrissent des insectes qu'ils abritent.

- Un horizon forestier formé d'une accumulation d'humus au sol est également favorable aux espèces comme les salamandres, mais aussi à diverses autres espèces.

Par ailleurs, l'intégration des habitats dans le paysage environnant relève aussi des structures écologiques applicables à l'harmonisation avec la perception humaine. Bien que cette valeur esthétique soit une valeur subjective, l'utilisation d'espèces comparables et compatibles avec la répartition des espèces dans le milieu naturel adjacent, et de manière à épouser la topographie environnante, permettra de donner au site une apparence naturelle et harmonieuse.

- Dans la mesure du possible, utiliser des contours et une topographie qui viennent rejoindre la topographie naturelle du site.
- D'autres part, implanter des haies brise-vent aux endroits stratégiques afin de créer des écrans visuels, ainsi que des corridors fauniques et floristiques.
- Utiliser des regroupements d'espèces compatibles avec celles rencontrées dans le milieu naturel environnant. Par exemple, une zone restaurée en épinette au cœur d'un boisé de feuillus pourrait ne pas paraître naturelle.

La conservation et la restauration des fonctions écologiques

La restauration et la conservation des fonctions écologiques passent par la restauration et la conservation des conditions, des ressources et des structures écologiques et environnementales. En d'autres termes, la restauration de ces éléments permet de restaurer les fonctions écologiques, comme la prévention de l'érosion et la filtration des nutriments par la végétation.

La conservation et la restauration de la végétation

Au départ, la création des conditions favorables aux végétaux est assez simple. Il s'agit de leur procurer un substrat et un apport en eau et en nutriment. Mais, la restauration d'un milieu naturel est plus qu'une simple plantation en quinconce. Bien que la plantation en quinconce ait son utilité, par exemple dans le cadre des projets de stabilisation de berges, elle est davantage liée à la productivité agricole et forestière qu'à la restauration écologique.

Ce patron de plantation (en quinconce) augmente la productivité de l'espace par rapport à un patron de plantation en carré. Toutefois, il ne favorise pas les conditions optimales de restauration des écosystèmes humides et hydriques. En effet, l'implantation d'une végétation à haute densité (en quinconce) rend difficile l'implantation subséquente d'autres espèces indigènes et cela nuit à la restauration écologique compatible à la succession écologique.

L'approche écologique contribue à la diversification des habitats basée sur les modèles présents dans le milieu naturel. C'est pour cette raison qu'une restauration qui privilégie la création d'îlots de végétation sera plus favorable aux espèces qu'une restauration uniforme qui génère des boisés homogènes ou règne un inquiétant silence témoignant de l'absence de biodiversité.



Photos 371 et 372. À gauche, plantation de frêne. À droite, plantation de pins.



Photos 373 et 374. À gauche, plantation de peupliers avec strate herbacée dominante et peu diversité. À droite, peuplement naturel plus diversifié.



Photo 375. Le maintien des conditions environnementales favorables permet une diversité d'espèces.

Dans le milieu naturel, la végétation s'implante habituellement sous la forme d'îlots d'espèces sur les sites où le couvert végétal est absent ou déficient. Ces îlots de végétation forment avec les zones ouvertes entre eux une sorte de mosaïque d'habitats. Les espaces entre ces îlots de végétation sont importants parce qu'ils créent une diversité d'habitats (hétérogénéité), dont des clairières, des écotones et des corridors de déplacement. La diversité biologique étant directement liée à la diversité des habitats, il est donc nécessaire de diversifier les habitats dans le cadre des projets de restaurations écologiques.

Dans le contexte de la dynamique des populations, nous avons vu que les espèces pionnières s'implantent progressivement et transforment peu à peu le milieu naturel afin de permettre l'implantation de nouvelles espèces qui nécessitent des conditions écologiques associées aux stades de succession végétale plus avancés. Ces conditions pourraient consister en la présence d'ombre, de matière organique ou de températures modérées par la canopée.

Le concept de la *niche écologique* pourrait être représenté par un espace multidimensionnel correspondant aux gradients environnementaux, tandis que le concept de l'effet d'une espèce

végétale sur son environnement pourrait être représenté simplement par une sphère dont les limites correspondent aux effets significatifs sur les conditions environnementales. La restauration écologique tire profit de cet effet afin de recréer des conditions favorables à l'implantation d'espèces compagnes. Les espèces compagnes, comme les arbustes fruitiers et les herbacées, permettent de diversifier les habitats et contribuent à créer une diversité d'habitats au bénéfice d'une diversité d'espèces.

Les concepts tels l'*allélopathie*, l'*écosphère* et la *rhizosphère* sont connues en écologie, alors que la terminologie pour définir les limites de l'effet d'une espèce sur son environnement et sur les autres espèces demeure limitée. C'est la raison pour laquelle nous proposons le terme *spéciosphère*, pour représenter l'espace tridimensionnel occupé par l'espèce et l'effet de cette espèce sur les conditions environnementales et biologiques environnantes. Dans ce contexte, la spéciosphère inclut la zone d'influence significative de l'espèce sur les autres espèces, qu'elle soit positive ou négative (l'allélopathie fait référence aux effets négatifs).

L'application de ces concepts à la gestion écologique des écosystèmes humides et hydriques met l'accent sur l'importance des interactions entre les espèces. Ces concepts permettent d'expliquer que la distribution des espèces dans le milieu naturel existe sous la forme d'îlots, dans sa forme la plus simple, et d'associations végétales (peuplements), dans sa forme étendue.



Photos 376 et 377. Illustration du concept de la spéciosphère. À gauche, la spéciosphère, soit l'espace occupé par l'espèce et ayant un effet sur les gradients environnementaux et biologiques environnants. À droite, l'épinette modifie par sa présence les conditions et les ressources environnementales, comme l'accumulation de neige, la disponibilité de l'eau et l'ombrage, et modifie l'acidité du sol par la chute de ses aiguilles (feuilles).

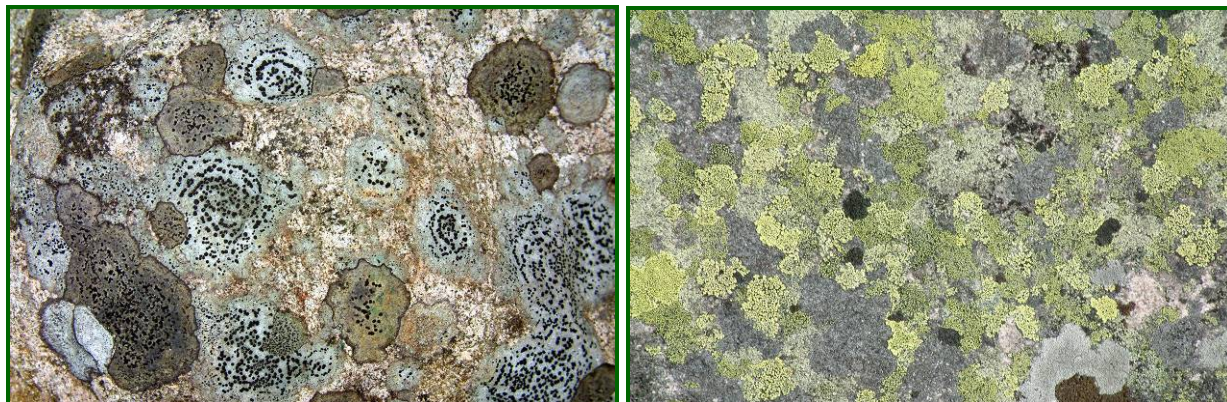


Photo 378. Cette photo permet de constater l'effet de la spéciosphère, soit la zone d'influence environnementale et biologique (apport de matières organiques par la chute des feuilles), un processus à la base de la succession végétale et un principe fondamental dans la restauration des habitats.



Photos 379 et 380. L'effet de la spéciosphère : à gauche, la présence d'une graminée influence son habitat immédiat par la retenue de feuilles (ici, des aiguilles de mélèze), créant ainsi des conditions propices à l'implantation d'autres espèces (l'accumulation de matière organique retient l'humidité et cette humidité favorise à son tour la germination d'autres espèces). À droite, un genévrier modifie son environnement et favorise l'implantation d'épinette.

L'implantation d'une espèce comme une graminée permettra la retenue des feuilles et des débris organiques, lesquels à leur tour permettront l'implantation d'autres espèces. Le développement d'une végétation arbustive ou arborescente favorisera à son tour l'arrêt d'oiseaux granivores et frugivores qui répartissent des graines dans les bordures de ces îlots de vie. Le développement d'une canopée permettra à son tour l'implantation des espèces des sous-bois. Ces îlots permettent ainsi l'établissement d'une biodiversité proportionnelle à la diversité des habitats.



Photos 381 et 382. Exemple de spéciosphère chez les lichens : que ce soit à l'échelle des bactéries, des champignons, des lichens ou des végétaux, la répartition des espèces suit des motifs comparables, correspondant au niveau le plus simple à des formes plus ou moins circulaires.



Photos 383 et 384. À gauche, îlot de végétation dominé par le mélèze, à droite, par le vinaigrier.

L'effet de la spéciosphère dans la formation d'îlots de végétation s'explique par son influence sur les gradients environnementaux. L'espèce s'établit, croît et apporte de la matière organique lors de la chute de ses feuilles, elle crée de l'ombre qui favorise les espèces tolérantes à l'ombre, elle puise l'eau et tire les éléments nutritifs du sol par ses racines et, dans certains cas, elle enrichit le sol en azote par ses associations avec les bactéries (nodules) et en phosphore rendu disponible par l'action des champignons (mycorhizes). Ces modifications créent des gradients environnementaux circulaires à partir de l'espèce centrale, gradients ensuite

progressivement colonisés selon les niches écologiques ainsi créées. Il en résulte une répartition d'espèces. Ces nouvelles structures et conditions favorisent à leur tour la présence de mammifères et d'oiseaux qui contribuent à l'apport d'autres espèces.



Photos 385 et 386. À gauche, îlot de végétation dominé par le saule. À droite, à une plus grande échelle, on constate la répétition des motifs de distribution et de répartition de la végétation.



Photo 387. Cette photo représente un autre exemple des motifs de restauration naturelle des habitats avec les espèces formant des îlots de végétation de dimension variable rehaussant la diversité.



Photo 388. À l'échelle des communautés végétales, on constate aussi une répartition par îlots. Noter les grands saules en arrière-plan (en vert) autour desquels sont venus s'implanter les cerisiers (fleurs blanches) bordés d'autres arbustes comme les saules, les aulnes et le cornouiller (rougeâtre). Cette hétérogénéité maximise la biodiversité.

L'approche écologique appliquée à la restauration des milieux humides

L'élaboration d'un plan de conservation et de restauration écologique des milieux humides et hydriques se doit de reproduire les motifs de distribution et de répartition des végétaux comme dans le milieu naturel. L'approche écologique appliquée à la conservation et à la restauration des milieux humides et hydriques aura comme objectifs de dupliquer cette répartition des espèces en fonction des îlots de végétation, en fonction des gradients environnementaux, mais aussi en fonction des associations végétales et de la progression des stades de successions rencontrées dans le milieu naturel. Le succès de la restauration dépendra du respect de ces processus écologiques.



Photo 389. Le grand héron dépend des amphibiens et des poissons qui habitent les milieux humides.

La restauration de la végétation dans les écosystèmes humides et hydriques doit correspondre à la répartition des espèces dans le milieu naturel. Il s'agira de positionner les espèces selon leurs préférences et leurs tolérances autécologiques à l'égard de la profondeur de l'eau, ce qui pourrait ressembler à ce qui suit, selon les caractéristiques spécifiques (sol, pH, texture, espèces) du site visé (du plus profond au moins profond) :

- Brasénie de Schreber, grand nénuphar, nymphée odorant, rubanier flottant, potamots, utriculaires, élodée du Canada,
- Pontédérie cordée, sagittaires, calla des marais, léersie faux-riz, duliche roseau
- Quenouilles, caltha des marais, glycéries,
- Carex, joncs, renouées, iris versicolore, scirpes
- Spirées, saules, cornouiller stolonifère, aulnes, myrique
- mélèze laricin, épinette noire, saule noir, peuplier baumier, peuplier deltoïdes, thuya occidental, érable argenté, érable rouge, frêne noir, frêne de Pennsylvanie

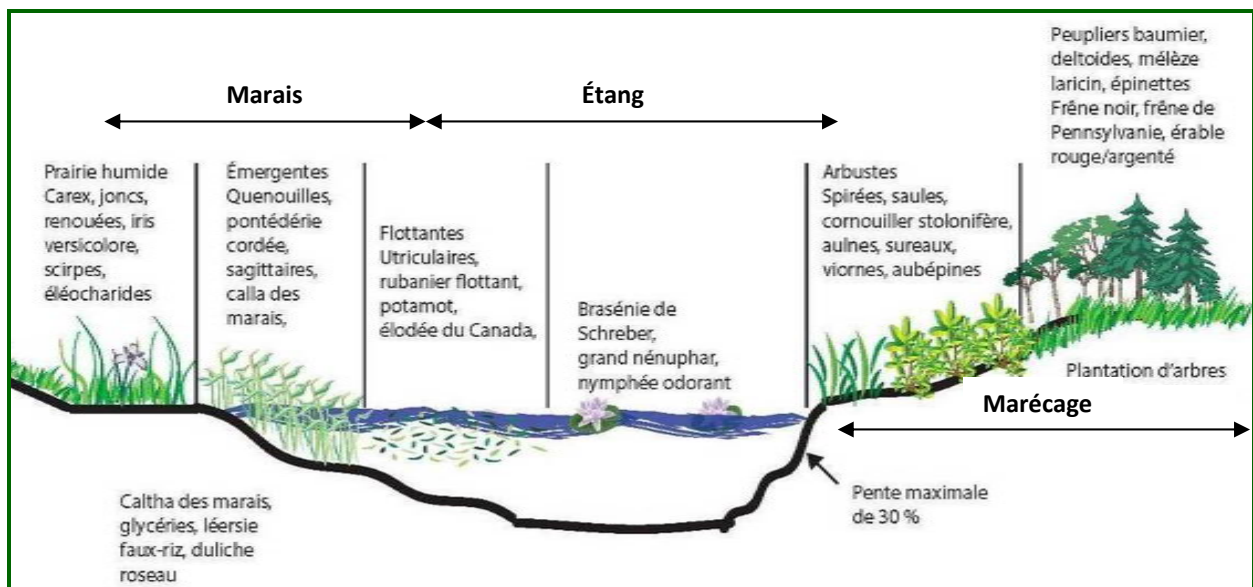


Figure 2. Répartition de la végétation selon les gradients environnementaux.



Photos 390 et 391. La répartition de la végétation dans le milieu naturel fournit un cadre de référence à partir duquel les modèles de restauration efficace peuvent s'inspirer.

La restauration des strates végétales

De manière générale, la diversité structurale de la végétation fait référence à la présence de quatre strates végétales, soit les strates muscinales, herbacées, arbustives et arborescentes. Cette stratification est adéquate pour la restauration des milieux humides de type marécage arbustif et arborescent ainsi que de type tourbière arbustive et arborée. L'objectif de la restauration écologique est de promouvoir cette stratification.

Pour les milieux humides de type étang et marais, il importe aussi d'inclure les strates aquatiques en lien avec la présence de plantes submergées, flottantes et émergentes. Habituellement, un pourcentage de recouvrement de l'eau par la végétation de 25 % à 75 % est considéré optimal pour favoriser la biodiversité, notamment des amphibiens.

Généralement, une hétérogénéité d'habitats située entre 25 % et 75 % représente un échelon de pourcentage idéal, car au-dessous de 25 % on s'approche d'une homogénéité et au-dessus de 75 %, l'hétérogénéité s'approche aussi d'une forme d'homogénéité résultant du mélange des composantes.

La restauration de la végétation avec des semenciers de la région

La végétation locale et régionale étant la végétation généralement la mieux adaptée génétiquement aux conditions et aux ressources locales, le prélèvement de propagules provenant d'un milieu naturel contigu, local ou régional (p. ex. : un rayon de 100 km) est donc généralement recommandé. Cette approche permet de conserver un potentiel génétique adapté au site.

Par exemple, des plantes prélevées d'une région plus au sud pourraient ne pas être adaptées au gel précoce des régions plus nordiques. L'implantation de variétés commercialisées, sans connaître la provenance des semenciers, n'est peut-être pas l'approche idéale. Cette pratique pourrait même être la source d'une forme de pollution génétique qui augmente la susceptibilité, par exemple, aux maladies.

La restauration de la végétation au-delà des milieux humides

L'approche écologique appliquée aux écosystèmes humides dépasse les limites du milieu humide même et de ses bandes de protection riveraines, puisque l'approche vise à restaurer les éléments et les conditions qui influencent de manière significative, de près ou de loin, ces milieux.

C'est la raison pour laquelle il est tout aussi important de restaurer la végétation le long d'un fossé que le long d'un cours d'eau, notamment si ce fossé est la source principale de l'apport de sédiments, du réchauffement des eaux et de l'eutrophisation.



Photos 392 et 393. Les eaux chargées en nutriments et eutrophiées créent des demandes d'oxygène biologiques excessives lors de la décomposition de ces algues, ce qui réduit la biodiversité.

- La végétalisation des fossés et des bordures de fossés est une méthode reconnue pour diminuer l'apport de sédiments, d'éléments nutritifs et l'augmentation indésirable de la température de l'eau.
- La création d'étangs et de marais filtrants à l'extrémité des fossés, avant que leurs eaux se déversent dans les cours d'eau, les plans d'eau ou les milieux humides, est une approche qui aide à préserver l'intégrité des écosystèmes hydriques et humides.
- La végétation, par son dépôt de matières organiques, notamment lors de la chute des feuilles, vient colmater les dépressions et les points de fuite des eaux, ce qui contribue à la formation de milieux humides.

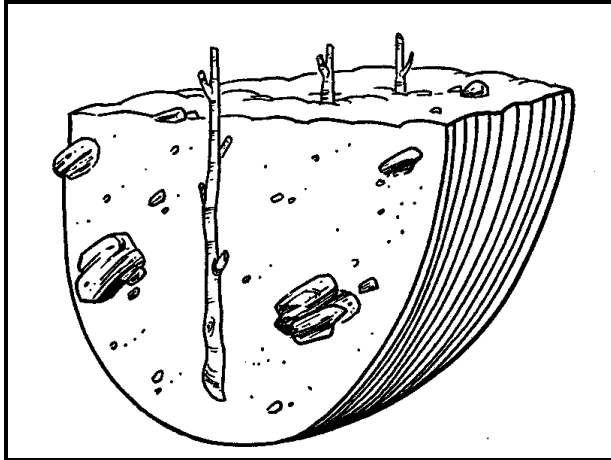
- La restauration des marécages en pente sur des lits de graviers, comme dans le milieu naturel où l'on observe le drainage oblique, est un moyen efficace de filtrer et d'améliorer la qualité des eaux. Ainsi, l'approche écologique veillera dans un premier temps à conserver les marécages, sinon à transformer les bassins de rétention en marécages.
- Planter des arbres le long des fossés, mais aussi le long des voies publiques permet de réduire les îlots de chaleur, d'améliorer l'aspect esthétique et de favoriser la faune.
- Réduire la superficie de pelouse non-utilisée en y plantant des bosquets d'arbres et d'arbustes, permet de diversifier les habitats et de réduire la perte d'énergie dépensée à tondre ces espaces, les gaz à effet de serre et la pollution par le bruit.
- Planter des arbustes fruitiers indigènes favorables aux pollinisateurs (abeilles, papillons, oiseaux mouches et oiseaux).
- Aménager des haies au lieu de clôtures à la limite des terrains. Si l'espace le permet, aménager les haies de façon à recréer des « îlots linéaires », avec une rangée d'arbres de différentes espèces au centre et des arbustes de part et d'autre.



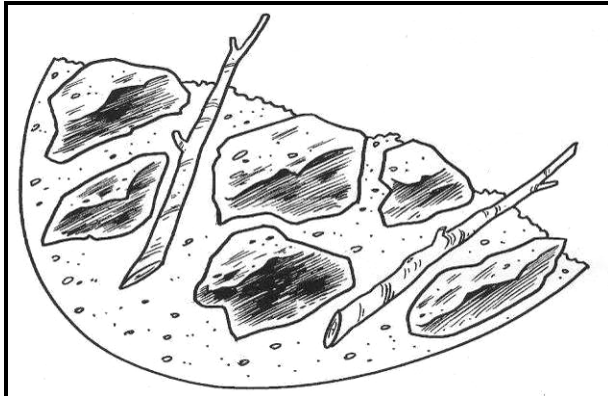
Photos 394 et 395. À gauche, faucon émerillon. À droite, papillon monarque sur une asclépiade.

5.6. LA RESTAURATION DE LA VÉGÉTATION RIVERAINE PAR TECHNIQUES DE GÉNIE VÉGÉTAL

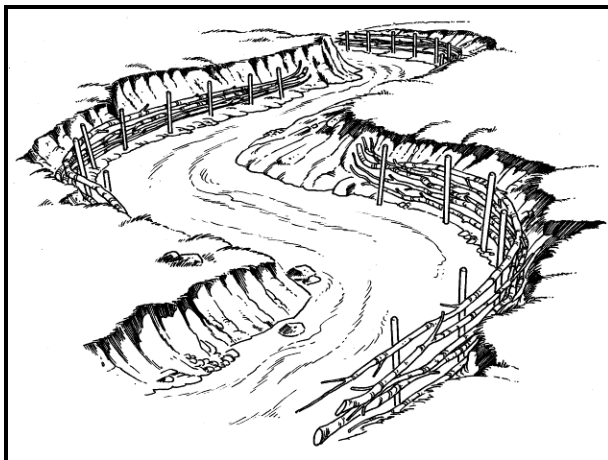
La conservation et la restauration des milieux humides et hydriques visent aussi la conservation et la restauration des bandes riveraines, puisque ces dernières contribuent à la protection de ces écosystèmes. Alors que la végétation peut être implantée au moyen de diverses techniques, dont l'ensemencement et la plantation, le génie végétal apporte de solutions simples à des problèmes communs en plus d'offrir de nombreux avantages comme la création d'habitats.



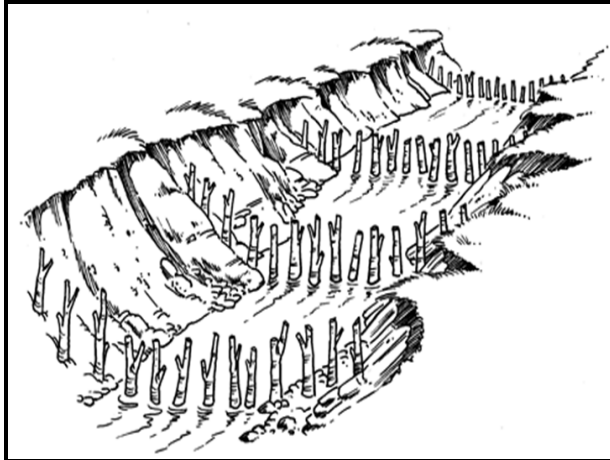
Photos 396 et 397. Au plus simple, la stabilisation par génie végétal consiste à implanter des boutures aux endroits susceptibles à l'érosion.



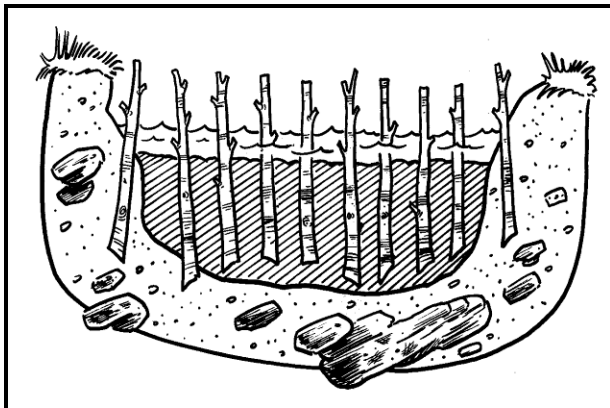
Photos 398 et 399. La technique de stabilisation mixte, comprenant l'enrochement traditionnel et le génie végétal (boutures), est une solution efficace contre l'érosion des berges par les glaces.



Photos 400 et 401. La stabilisation de bandes riveraines perturbées par les activités humaines représente une belle occasion de restauration des habitats et d'amélioration de la qualité de l'eau.



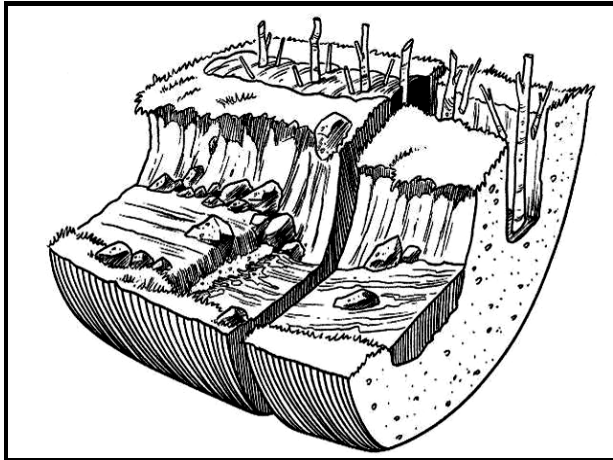
Photos 402 et 403. Les barrières à sédiments vivantes permettent de réduire l'apport de sédiments, de filtrer les eaux et d'en réduire les nutriments, tout en apportant l'ombre nécessaire à la fraîcheur.



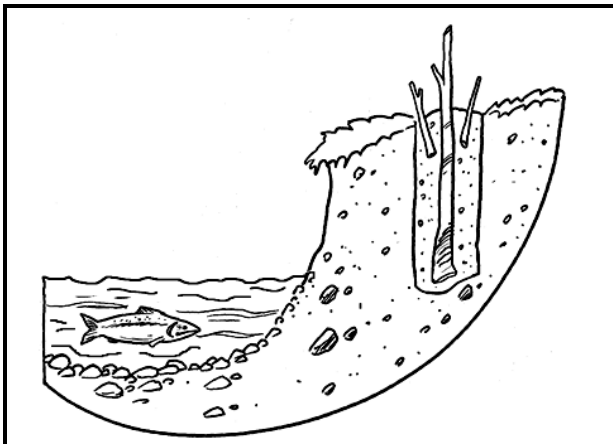
Photos 404 et 405. Les barrières vivantes à sédiments permettent également de ralentir la vitesse du courant et de diffuser l'énergie érosive de l'eau, et peuvent être combinées à d'autres techniques.



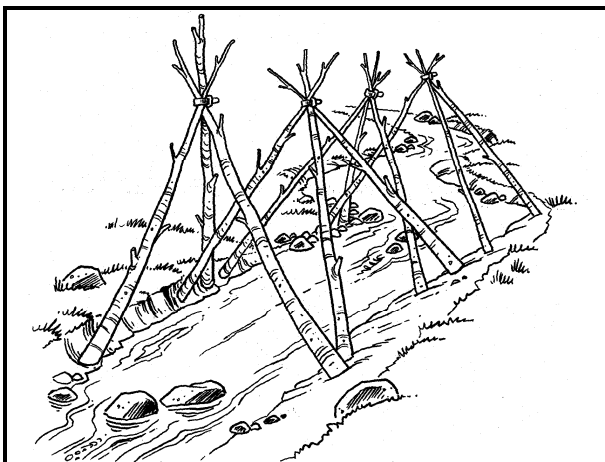
Photos 406 et 407. Les barrières vivantes à sédiments (à gauche) favorisent, comme les barrages de castor (à droite), la sédimentation des matières en suspension.



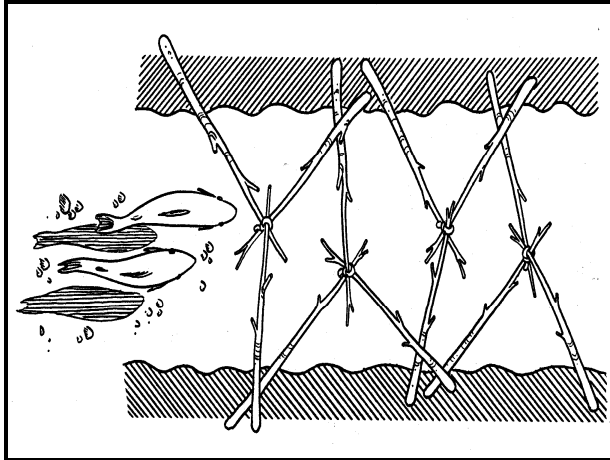
Photos 408 et 409. La palissade vivante est une technique utile dans les cas où une stabilisation physique rapide est nécessaire tout en permettant une stabilisation ultérieure par les racines.



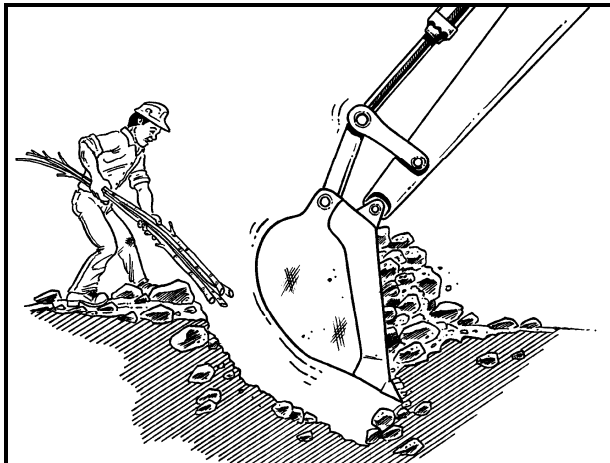
Photos 410 et 411. À gauche, un autre point de vue de la technique de génie végétal par palissade vivante. À droite, un exemple de génie végétal adapté aux conditions avec deux palissades vivantes.



Photos 412 et 413. Les techniques de génie végétal peuvent être adaptées au contexte. Cette technique consiste à créer de l'ombre de manière à favoriser la fraie de poissons.



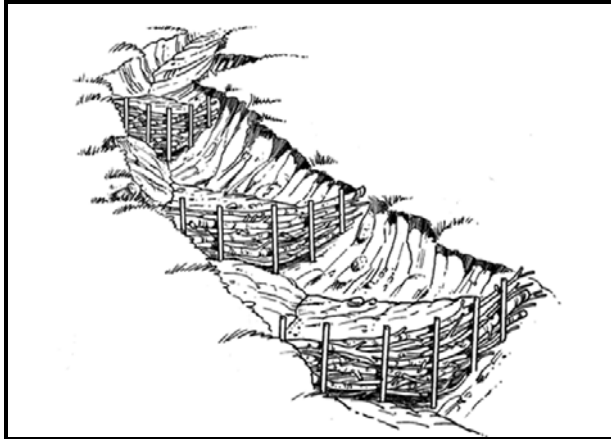
Photos 414 et 415. Autre point de vue de la technique et résultat de la végétalisation un an plus tard.



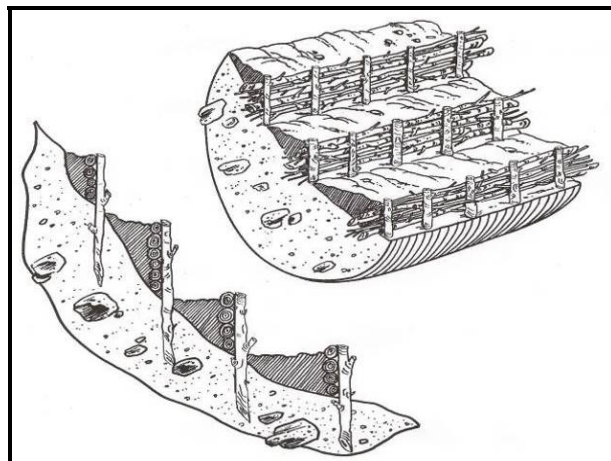
Photos 416 et 417. Cette technique de restauration de marécages sur bancs de sable et de gravier consiste à implanter des boutures avec une inclinaison dans le sens du courant.



Photos 418 et 419. L'implantation de boutures dans les bancs de sable favorise la sédimentation et l'accumulation de matières organiques ; c'est une technique efficace de restauration des habitats.



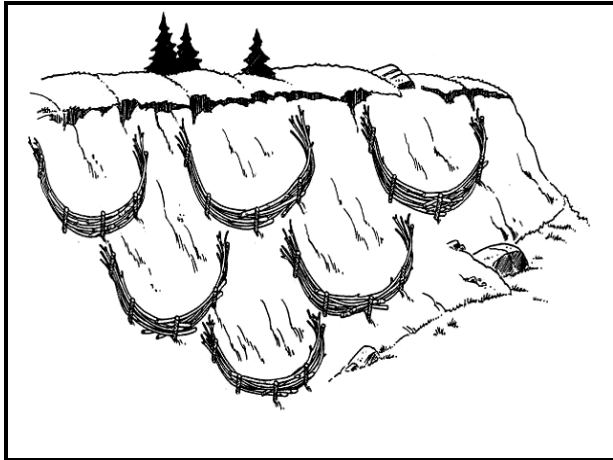
Photos 420 et 421. L'aménagement de barrières vivantes à sédiments réduit le pouvoir érosif de l'eau, permet de capter les sédiments, améliore la qualité de l'eau et diversifie les habitats.



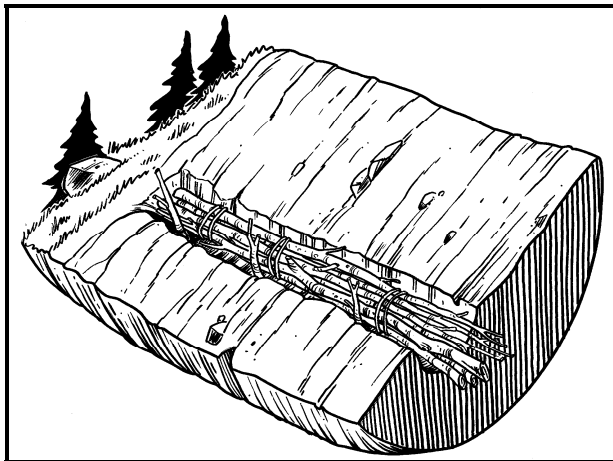
Photos 422 et 423. L'aménagement de barrières vivantes permet de stabiliser des pentes qui seraient autrement difficiles à stabiliser en plus de restaurer une végétation bénéfique à l'écosystème.



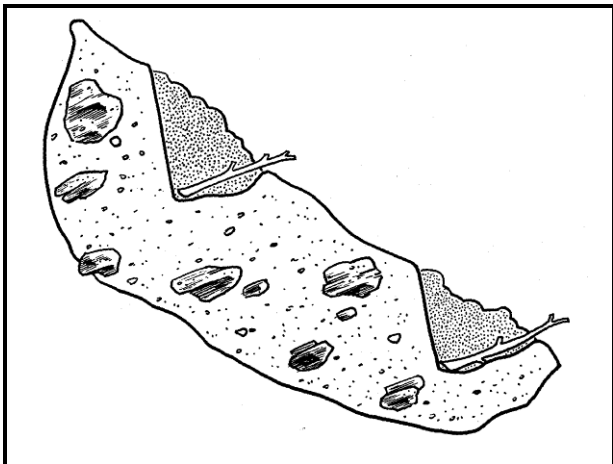
Photos 424 et 425. Le génie végétal permet de stabiliser des pentes même très abruptes. Peu à peu, le système racinaire vient stabiliser le sol et forme des structures qui se fortifient au cours du temps.



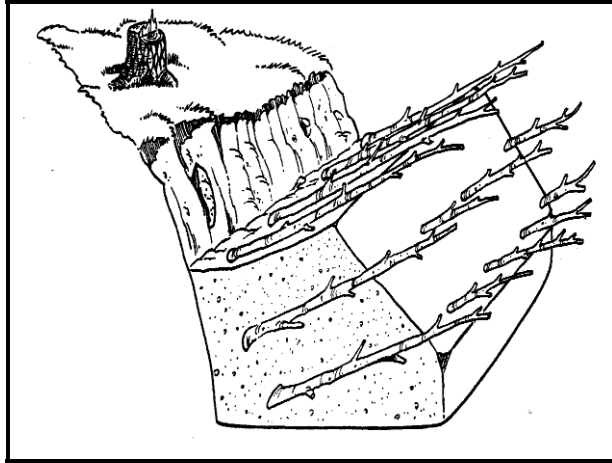
Photos 426 et 427. Cette variation de barrières vivantes offre une stabilité accrue dans les sols boueux particulièrement saturés d'eau et susceptibles aux glissements de terrain.



Photos 428 et 429. La technique de génie végétal par fascine est particulièrement utile dans les projets de stabilisation de berges, notamment près de la ligne naturelle des hautes eaux.



Photos 430 et 431. La technique de génie végétal par couche de branches permet le développement d'un entremêlement de systèmes racinaires qui vient fortifier la pente.



Photos 432 et 433. Autre modèle de la technique de génie végétal par couche de branches.



Photos 434 et 435. Les fossés et les cours d'eau en milieu urbain sont particulièrement susceptibles au réchauffement des eaux. Le génie végétal permet de stabiliser et de végétaliser ces habitats.



Photos 436 et 437. À gauche, même site que les photos précédentes. À droite, noter la progression végétale de cette même technique après un an.

6. UNE APPROCHE ÉCOLOGIQUE DE LA GESTION DES ESPÈCES EXOTIQUES

D'emblée, les populations d'espèces sont en migration (immigration et émigration). La *biogéographie* est l'étude de la distribution, de la répartition et de la migration des espèces. Ainsi, les plantes migrent par la croissance de rhizomes et de stolons et par la distribution des semences par le vent, l'eau et les animaux, mais aussi par les voitures, les bateaux et les avions.

Traditionnellement, cette migration était limitée par la présence de barrières géophysiques comme les océans et les chaînes de montagnes. Toutefois, en raison des moyens de transport modernes comme les automobiles, les bateaux et les avions, la migration des espèces s'effectue à un rythme inédit.

Dans le présent contexte, une espèce exotique est une espèce non indigène au Québec. Par exemple, parmi les quelque 2 800 espèces de plantes vasculaires recensées à ce jour dans la province de Québec, près du tiers sont des espèces introduites, ne faisant pas partie de la flore indigène du Québec.

En 2008, parmi les plantes exotiques du Québec, on comptait 395 espèces considérées envahissantes selon l'Agence canadienne d'inspection des aliments. Aux fins du présent rapport, l'expression « envahissante » désigne une espèce qui s'établit dans un habitat et s'y reproduit de façon telle qu'elle étouffe certains des membres originaux de la communauté végétale (White, Haber et Keddy, 1993).

Les plantes dites « envahissantes » ont la capacité d'entrer en compétition avec les plantes indigènes pour l'espace, l'ensoleillement, les ressources minérales et l'eau, et peuvent contribuer à faire disparaître certaines espèces plus sensibles à la compétition interspécifique. Selon David Suzuki (2000), les espèces envahissantes constituent la deuxième plus importante menace à la perte des habitats, la première cause étant le développement.

Certaines espèces comme le roseau commun et la renouée du Japon forment des populations d'une forte densité, telle une monoculture, qui élimine la quasi-totalité des autres espèces herbacées indigènes. Le roseau commun, une fois implanté, peut s'étendre à l'aide de stolons sur une distance de 1 à 10 m par saison (Marks *et al.*, 2000).

D'autres espèces comme le brome des toits (*Bromus tectorum*) et le tabouret des champs (*Thlaspi arvense*) ont une période de croissance printanière hâtive. Cette croissance hâtive leur donne l'avantage de capter et d'utiliser les nutriments essentiels dont la disponibilité est réduite pour les autres espèces indigènes.



Photos 438 et 439. À gauche, renouée du Japon. À droite, roseau commun.



Photos 440 et 441. À gauche, une tortue à oreilles rouges. À droite, une moule zébrée sur une mulette.

Certaines espèces exotiques envahissantes de la famille des graminées, comme le brome inerme (*Bromus inermis*) et le dactyle pelotonné (*Dactylis glomerata*), passent souvent inaperçues puisqu'elles ne se démarquent pas comme les espèces voyantes et colorées, par exemple la salicaire pourpre (*Lythrum salicaria*).

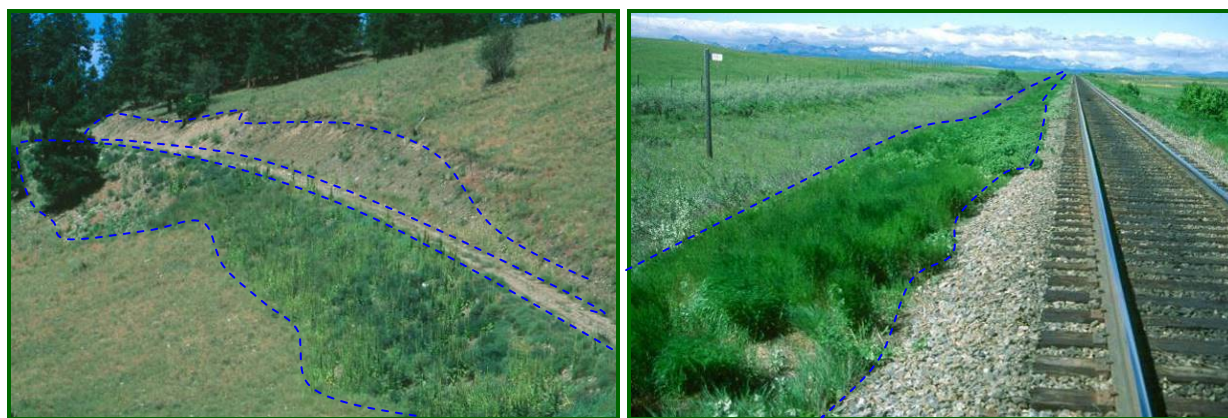
Ces graminées ont toutefois des conséquences majeures sur l'exclusion des espèces sensibles n'ayant qu'une faible capacité à la compétition. Une fois implantées, ces espèces sont particulièrement difficiles sinon impossibles à éradiquer et des programmes de gestion de la végétation doivent être appliqués de manière soutenue, et ce, parfois pendant des années.

Dans la majorité des cas, les espèces exotiques envahissantes s'implantent sur les sites perturbés pour causes anthropiques. L'approche écologique visera alors à éviter la création de stades de succession initiaux (sol minéral dépourvu de végétation) et à favoriser, selon l'espèce visée, le développement des stades de succession climaciques.

Habituellement, à l'endroit des perturbations d'origine naturelle (qu'il s'agisse de chablis, de bordures de cours d'eau, de bordures de plan d'eau ou de couloirs d'avalanche), les espèces qui s'implantent sont dominées par des espèces indigènes adaptées à ces perturbations naturelles. Ce type de perturbation est même essentiel pour certaines espèces indigènes qui profitent de ces espaces ouverts pour s'y reproduire. Dans ce sens, l'érosion des berges est un processus naturel et essentiel à une diversité d'espèces qui ne pourrait autrement survivre.

Dans le milieu naturel, certains sites perturbés sont recolonisés par les semenciers provenant des communautés végétales adjacentes, et d'autres le sont grâce à une abondance de semences et de propagules (graines, rhizomes, spores, stolons, tubercules, etc.) présentes dans le sol, en dormance et en attente de l'apparition des conditions environnementales favorables à leur germination, à leur croissance et à leur reproduction.

Par contre, lorsque les perturbations sont d'origine anthropique, les sites perturbés sont généralement recolonisés par un plus grand pourcentage d'espèces exotiques en raison principalement de la proximité et de la disponibilité des semences et des propagules exotiques associées au développement anthropique. Les espèces associées au développement anthropique sont aussi mieux adaptées aux conditions anthropiques (sols compacts, sels de déglacage, etc.).



Photos 442 et 443. À gauche, les perturbations anthropiques comme les bordures de chemins sont souvent colonisées par des espèces exotiques envahissantes.

Dans le cadre de l'élaboration d'un programme de gestion des espèces exotiques indésirables, il est tout aussi important de favoriser les espèces désirées que de défavoriser les indésirables. Si le traitement des indésirables perturbe la végétation indigène de manière excessive, le site perturbé favorisera l'implantation des indésirables, à la manière d'un cercle vicieux. Les campagnes d'arrachage de l'herbe à poux sont un exemple classique. Ces campagnes d'arrachage, sans un ensemencement complémentaire qui vise à restaurer la végétation, crée paradoxalement des perturbations favorables à la croissance de l'herbe à poux, notamment en stimulant la germination des graines en dormance dans le sol.

6.1. L'ÉLABORATION D'UN PROGRAMME DE GESTION ÉCOLOGIQUE DES ESPÈCES EXOTIQUES

Les programmes de gestion écologique de la végétation doivent être élaborés en fonction des espèces, des conditions et des ressources, afin de décourager l'implantation, la croissance et la prolifération des espèces indésirables tout en permettant l'évolution des espèces désirées.

De manière générale, les grandes étapes d'un programme de gestion écologique de la végétation sont les suivantes :

- Identifier l'ensemble des espèces présentes, des conditions et des ressources
- Prévenir l'introduction/l'immigration d'espèces exotiques
- Contenir la population, c'est-à-dire s'assurer qu'elle ne prend pas d'expansion
- Réduire la propagation (empêcher la reproduction et la dispersion des espèces)
- Éliminer la population (dans la mesure du possible)
- Faire un suivi annuel (printemps, été, automne, selon les espèces)
- Adapter l'approche en fonction des résultats du suivi

D'emblée, l'immigration des espèces exotiques ne peut pas être arrêtée. L'objectif sera alors de minimiser l'immigration ou encore d'éviter de créer des habitats favorables à ces espèces. Cette étape nécessite de connaître les espèces visées, d'où l'importance des inventaires fauniques et floristiques, selon le cas. Ces inventaires permettent d'identifier les espèces problématiques et de développer des programmes spécifiques aux espèces présentes.



Photos 444 et 445. À gauche, fragment de renouée du Japon qui s'est détaché d'une population située en amont lors de l'érosion des crues printanières. À droite, la grande bardane, une espèce exotique dispersée par les animaux.

6.2. LA PRÉVENTION DE L'INTRODUCTION D'ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

La prévention de l'introduction et de l'immigration des espèces exotiques est la méthode la plus efficace et la moins coûteuse. Une partie de cette approche préventive est réalisée aux postes frontaliers. Toutefois, considérant la quantité de personnes, de véhicules, de bateaux et d'avions en circulation, notamment en raison de la mondialisation, cette immigration est vouée à augmenter. Par ailleurs, une fois implantées, les espèces se dispersent par divers moyens dont les animaux, le vent, l'eau et l'extension des rhizomes et des stolons.

Cela étant dit, il s'agira alors d'établir un ordre de priorité aux endroits particulièrement sensibles (réserve écologique, écosystème forestier exceptionnel, zone de conservation) et de veiller à prévenir l'introduction dans ces habitats. Une surveillance des points d'entrées potentiels des espèces peut être particulièrement efficace, par exemple, le long des chemins d'accès, des sites de campement, des cours d'eau, des fossés et au pourtour du site visé.

Prévenir l'introduction des espèces exotiques nécessite des inventaires annuels à l'endroit des sources de « contamination » par les espèces exotiques envahissantes. Les points d'entrée critiques, comme les aéroports, les aménagements portuaires, les routes et les autoroutes, les voies ferrées et les autres projets linéaires sont les principales routes d'introduction anthropique des espèces exotiques envahissantes, mis à part l'introduction horticole.



Photos 446 et 447. À gauche, pile infestée de tabouret des champs. Il est très important que les sols utilisés dans le cadre des projets de restauration soit libres d'espèces exotiques. À droite, la gestion des espèces exotiques doit être un effort collectif. Il n'est pas possible de contrôler une espèce si le voisin n'en fait pas de même.

Il est tout aussi important de repérer les sites d'infestation et d'y appliquer les mesures préventives appropriées. Un site contaminé par des espèces exotiques envahissantes devient une source de distribution des graines se retrouvant dans la boue adhérent aux véhicules qui y

circulent, lesquels distribuent ces graines le long des routes et aux points de destination. La propagation des espèces exotiques envahissantes le long des routes est parfois favorisée par l'application de sable et de gravier provenant d'amoncellements de matériaux granulaires contaminés par ces espèces. L'apport de terreau est aussi souvent source d'indésirables.



Photos 448 et 449. Une fois les espèces exotiques implantées, il devient très difficile, voire techniquement et financièrement impossible de les éradiquer. À gauche, salicaire pourpre, et à droite, roseau commun. Dans ces cas, il s'agira de limiter leur expansion et leur dissémination.

Pour certaines espèces, on coupera les plants avant la floraison et la production de graines. On pourra aussi effectuer des coupes répétitives afin de réduire les réserves d'énergie de la plante (hydrates de carbone). Dans d'autres cas, on arrachera les plants. Dans tous les cas, il sera important de végétaliser les sites perturbés afin de prévenir la réintroduction de l'espèce indésirable adaptée à recoloniser ces sites.

Ainsi, il faudra éviter de créer des habitats propices à l'implantation des espèces exotiques. De manière simple et pratique, cela signifie d'éviter de créer des perturbations de la végétation et des sols, puisque les espèces exotiques sont particulièrement adaptées pour coloniser ces sites. Dans le même ordre d'idées, il s'agira de restaurer rapidement les sols minéraux exposés (sans végétation) avec des espèces indigènes et une densité de plantation appropriée.

Dans le cas des projets de restauration des habitats, l'utilisation de sols sauvegardés (dépourvus d'espèces exotiques envahissantes) provenant du milieu naturel local permettra de prévenir l'implantation d'espèces exotiques, car ces sols renferment les propagules, les mycorhizes et les autres microorganismes essentiels à l'équilibre écologique. Il est préférable d'utiliser les propagules provenant du milieu naturel à proximité, mais si des semences sont utilisées, vérifier qu'elle soit exemptes d'espèces exotiques envahissantes. Il sera aussi important de diversifier les espèces et les strates, car l'implantation par les espèces exotiques est plus difficile lorsque les habitats sont déjà occupés par les espèces indigènes.



Photos 450, 451 et 452. Les champignons, acteurs essentiels de la décomposition, forment aussi des associations avec les plantes qui leur permettent une meilleure croissance.

De façon générale, afin d'offrir une plus grande résilience et résistance aux espèces exotiques envahissantes, il est préférable de varier la densité des plantations afin de recréer des îlots d'espèces. La création de cette hétérogénéité favorise la diversification des espèces et donne aux écosystèmes une plus grande résilience écologique (résistance aux stress, dont l'invasion des espèces exotiques envahissantes). Dans d'autres cas, il sera préférable d'implanter une végétation à un maximum de densité, par exemple, pour créer de l'ombre aux espèces exotiques qui sont intolérantes à l'ombre (salicaire, alpiste, roseau, etc.).



Photos 453 et 454. À gauche, consoude officinale. À droite, chardon penché. Chaque espèce nécessite une approche écologique spécifique à son mode de vie.

6.3. DEVELOPPEMENT DE STRATEGIES DE GESTION ADAPTÉES AUX ESPÈCES

L'approche écologique appliquée à la gestion des espèces exotiques doit être spécifiquement adaptée aux espèces présentes afin de favoriser la croissance et la vigueur des espèces désirées, et du même coup, de défavoriser l'implantation, la croissance et la reproduction des espèces exotiques indésirables. À titre d'exemple, la plantation d'arbres permettra d'empêcher ou de limiter la croissance et l'expansion d'espèces exotiques envahissantes comme la salicaire pourpre, puisque cette dernière nécessite des lieux ouverts pour compléter son cycle de vie.

Dans d'autres cas, il y aura lieu d'intervenir afin de prévenir la reproduction et la dispersion de l'espèce visée. Par exemple, une coupe avant ou au tout début de la période de floraison permettra de prévenir la production de graines de plusieurs espèces, et cette action, par le fait même, permettra de prévenir la dispersion de cette espèce.

Dans certains cas, il y aura lieu de restaurer un site avec des espèces de stade de succession végétale avancée afin d'éviter l'implantation d'espèces exotiques envahissantes adaptées aux premiers stades de succession. Par exemple, une plantation dense d'espèces à croissance rapide (comme le peuplier baumier), accompagnées de résineux constitués de plusieurs espèces différentes (pin, épinette, pruche, thuya), permettra de réduire sinon d'éliminer la progression d'un front d'espèces exotiques envahissantes, comme le roseau commun.



Photos 455 et 456. L'approche écologique appliquée à la gestion des espèces exotiques envahissantes vise à prévenir l'implantation des espèces, à identifier les points d'entrée et de dissémination et à réduire ou éliminer leurs populations. Il est impératif que les sources, telles que la propagation de l'euphorbe érule le long des chemins et des voies ferrées, soient gérées adéquatement, à défaut de quoi, une aire de conservation adjacente sera vouée à être recolonisée, parfois de façon irrémédiable.



Photos 457, 458, 459, 460, 461 et 462. Les programmes de gestion des espèces exotiques envahissantes doivent être adaptés à l'autécologie des espèces, afin de décourager les indésirables et de favoriser les désirables. De haut en bas et de gauche à droite : alpiste et salicaire, impatiente, hydrocharide grenouillette, butome à ombelle, alliaire officinale et valériane commune.

7. CONCLUSION

Les milieux humides sont avant tout des écosystèmes dynamiques classifiés en différents types dont les étangs, les marais, les marécages et les tourbières. Certains auteurs différencient aussi certains types comme les herbiers aquatiques et les prairies humides. L'approche écologique ne met toutefois pas autant d'importance sur les types de milieux humides, mais insiste plutôt sur les conditions, les ressources, les structures et les fonctions essentielles à l'équilibre écologique et à la pérennité de ces écosystèmes humides et hydriques particuliers et dynamiques.

L'approche écologique appliquée aux milieux humides est fondée sur des principes et concepts écologiques, dont l'autécologie, la niche écologique, les espèces indicatrices, les communautés végétales, l'évolution et la dynamique des communautés. Cette approche intègre les milieux humides dans un cadre de référence dynamique comprenant les stades de succession végétale.

L'approche écologique appliquée à la conservation et à la restauration des milieux humides est une approche adaptative qui vise à maintenir ou à recréer l'influence des conditions climatiques, topographiques, édaphiques et hydrologiques essentielles et favorables au maintien de la qualité des milieux humides et des espèces qui l'habitent. Il importe donc de conserver et de restaurer des conditions favorables dans le milieu humide visé et même, au-delà, car les conditions environnementales extérieures influencent aussi celle du milieu.

Par ailleurs, l'approche écologique vise à conserver et à restaurer les ressources et les structures écologiques en fonction des motifs spontanés de restauration rencontrés dans le milieu naturel. Cette approche a donc pour objectif de recréer une diversité d'habitats afin de favoriser une diversité d'espèces. L'approche favorise ainsi la création d'une diversité de microclimats par des variations topographiques, édaphiques et hydrologiques.

L'approche écologique vise notamment la restauration des motifs naturels d'implantation de la végétation par une variation de la densité des plantations, une restauration des associations végétales et des strates végétales et une restauration par îlots. Cette approche permet ainsi de recréer des gradients environnementaux en tenant compte des caractéristiques environnementales spécifiques au site et aux espèces visées afin de favoriser une répartition des espèces selon leur niche écologique. La pleine occupation des niches écologiques permet ainsi de maximiser la biodiversité, de favoriser un maximum d'espèces fauniques et floristiques et de prévenir l'introduction, la prolifération et la reproduction d'espèces exotiques envahissantes.

8. RÉFÉRENCES CITÉES OU CONSULTÉES

- Atlas environnemental du Saint-Laurent. 1991. *Les milieux humides. Des habitats au contact de la terre et de l'eau*. Centre Saint-Laurent. Environnement Canada. Montréal.
- Beanlands, G.E. and P.N. Duinker. 1983. *An Ecological Framework for Environmental Assessment in Canada*. Institute for Resource and Environmental Studies, Université Dalhousie et Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales. 132 p.
- Beauséjour, S. 2008. *Les Orchidées indigènes du Québec/Labrador*. Les Éditions Native, Joliette, 174 p.
- Bergeron, D., M. Darveau, A. Desrochers et J.-P. L. Savard. 1997. *Impact de l'abondance des chicots sur les communautés aviaires et la sauvagine des forêts conifériennes et feuillues du Québec méridional*. Série de rapports techniques n°. 271F. Service canadien de la faune, région du Québec, Environnement Canada. Sainte-Foy vi + 24p.
- Bernatchez, L., et M. Giroux. 2000. *Les poissons d'eau douce du Québec et leur répartition dans l'est du Canada, Nouvelle Édition*. Broquet. 350 p.
- Bider, J.R. et S. Matte. 1994. *Atlas des amphibiens et des reptiles du Québec*. Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent et ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats. 106 p.
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie ed. 3*. Berlin, Wien, New York : Springer.
- Braun-Blanquet, J. 1965. *Plant sociology: the study of plant communities*. (English translation of 2nd ed.) (Traduit, révisée et édité par C. D. Fuller et H. S. Conard) Hafner, London. 439 p.
- Brouillet, L., F. Coursol, S.J. Meades, M. Favreau, M. Anions, P. Bélisle et P. Desmet. 2010+. *VASCAN, la Base de données des plantes vasculaires du Canada*.
- Buteau, P. 1989. *Atlas des tourbières du Québec méridional*. Rapport DV 89-02. Ministère des Ressources naturelles.
- Buteau, P. 1999. *Inventaire des tourbières des Basses-Terres du Saint-Laurent* (feuillelet SNRC 21L / 13). Rapport MB 99-15. Ministère des Ressources naturelles. p. 16-19.
- Buteau, P., N. Dignard et P. Grondin. 1994. *Système de classification des milieux humides du Québec*. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction de la recherche géologique, 35 pages.
- Ceska, A. and H. Romer. 1971. *A computer program for identifying species-releve groups in vegetation studies*. *Vegetatio* 23 : 255-277.
- Cimon, A. 1986. *Les reptiles du Québec, bio-écologie des espèces et problématique de conservation des habitats*. Rapport synthèse pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Québec. 93 p.
- Clewell, A.F. and J. Aronson. 2007. *Ecological Restoration Principles, Values, and Structure of an Emerging Profession*. Island Press. Washington D.C. 216 pp.
- Color Communications inc. 1997. *EarthColors. Soil Color Book: A Guide to Soil and Earthtone Colors*.
- Comité canadien d'inventaire des sols. 1978. *Le système canadien de classification des sols*. Division générale de la recherche, ministère de l'Agriculture du Canada. Publication n° 1646. Ottawa (Ontario), 164 p.
- Couillard, L. et P. Grondin. 1986. *La végétation des milieux humides du Québec*. Les publications du Québec, QC. 399 p.
- Darveau, M. et A. Desrochers. 2001. *Le bois mort et la faune vertébrée – État des connaissances au Québec*. Québec, ministère des Ressources Naturelles, Direction de l'Environnement forestier (DEF-0199). 37 p.
- Desroches, J.-F., et D. Rodrigue. 2004. *Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes*. Éditions Michel Quintin. Waterloo, Québec, Canada. 288 p.
- Ducruc, J.P., V. Gerardin et L. Couillard. 1995. *Le cadre écologique de référence du Québec : Les régions naturelles - Présentation générale*. Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la conservation et du patrimoine écologique, Québec. 20 p.
- Environnement Canada, Service canadien de la faune. 1999. *Terres humides et le gouvernement politique et législation concernant la conservation des terres humides au Canada*. Communication n° 1999 – 1.
- Farrar, J.L. 1996. *Les arbres du Canada*. Fides et Service canadien des forêts.
- Faubert, J. 2012. *Flore des bryophytes du Québec-Labrador. Volume 1 : Anthocérotes et hépatiques*. Saint-Valérien, Québec, Société québécoise de bryologie, xvii + 356 pages.

- Faubert, J. 2013. *Flore des bryophytes du Québec-Labrador. Volume 2 : Mousses, première partie*. Saint-Valérien, Québec, Société québécoise de bryologie, xiv + 402 pages.
- Faubert, J. 2014. *Flore des bryophytes du Québec-Labrador. Volume 3 : Mousses, seconde partie*. Saint-Valérien, Québec, Société québécoise de bryologie, viii + 456 pages.
- FICWD (Federal Interagency Committee for Wetlands Delineation). 1989. *Ensemble des approches conceptuelles utilisées aux États-Unis pour déterminer une zone humide au sens juridique*.
- Fleurbec. 1985. *Plantes sauvages du bord de la mer, Guide d'identification*. Fleurbec éditeur, Saint-Augustin (Portneuf), Québec.
- Fleurbec. 1987. *Plantes sauvages des lacs, rivières et tourbières, Guide d'identification*. Fleurbec éditeur, Saint-Augustin (Portneuf), Québec.
- Gauthier, J. et Y. Aubry. 1995. *Les oiseaux nicheurs du Québec : Atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional*. Association québécoise des groupes d'ornithologues, Société québécoise de protection des oiseaux, Service canadien de la faune, et Environnement Canada, région du Québec, Montréal. 1295 p.
- Gélinas, N., C. Maisonneuve et L. Bélanger. 1996. *La bande riveraine en milieu agricole : importance pour les micromammifères et l'herpétofaune*. Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Québec. 47 p.
- Gérardin, V. et Y. Lachance. 1997. *Vers une gestion intégrée des bassins versants. Atlas du cadre écologique de référence du bassin versant de la rivière Saint-Charles, Québec, Canada*. Ministère de l'environnement et de la Faune du Québec et Environnement Canada. 58 p.
- Gouvernement du Canada. 1991. *La politique fédérale sur la conservation des terres humides*. Ministre des Approvisionnements et Services Canada.
- Groupe de travail national sur les terres humides. 1987. *Terres humides du Canada*. Série de la classification écologique du territoire no. 21. Direction du développement durable, Service canadien de la faune, Environnement Canada. Ottawa, Ontario et Polyscience Publications inc. Montréal, Québec.
- Groupe de travail national sur les terres humides. 1988. *Le système de classification des terres humides du Canada*. Série de la classification écologique du territoire n° 21. Direction de la conservation des terres, Service canadien de la faune, Environnement Canada. Ottawa, Ontario.
- Groupe de travail national sur les terres humides. 1997. *Terres humides du Canada*. Série de la classification écologique du territoire, n° 24. Environnement Canada, Ottawa, (Ontario). 62 p.
- Groupe de travail sur la stratification écologique. 1995. *Cadre écologique national pour le Canada*. Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Direction générale de la recherche, Centre de recherches sur les terres et les ressources biologiques et Environnement Canada, Direction de l'état de l'environnement, Direction de l'analyse des écozones, Ottawa-Hull.
- Hutchinson, G.E. 1957. *Concluding Remarks*. Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology. 22 : 415-427 (2).
- James, F. C. and H. H. Stugart Jr. 1970. *A quantitative method of habitat description*. Audubon Field Notes 24 : 727-736.
- Joly, M., S. Primeau, M. Sager et A. Bazoge. 2008. *Guide d'élaboration d'un plan de conservation des milieux humides, Première édition*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, 68 p.
- Klinka, K., V.J. Krajna, A. Ceska et A.M. Scagel. 1989. *Indicator plants of coastal British Columbia*. University of British Columbia Press, Vancouver.
- Klug, W. S. et M. R. Cumming. 1986. *Concepts of Genetics*. Merrill Pub. Corp. Columbus, Ohio.
- Kutschera, L., and Lichtenegger, E. (1997). *Bewurzelung von Pflanzen in Verschiedenen Lebensräumen*. Stapfia 49, Guttenberg; Linz: Land Oberösterreich.
- Labrecque, J. et G. Lavoie. 2002. *Les plantes vasculaires menacées ou vulnérables du Québec*. Ministère de l'Environnement, Direction du patrimoine écologique et du développement durable, Québec. 200 p.
- Lajeunesse, D., J. Bissonnette, V. Gérardin et J. Labrecque. 1997. *Caractérisation écologique du lit majeur de la rivière Saint-Charles, Québec. Annexe cartographique*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec et Environnement Canada.
- Landry, L.-M. 1998. *Terrestrial Habitat Restoration – Millstream Connector: Vancouver Island Highway Project*. Prepared by Consultation & Services in Ecology (C.S.E.) for the British Columbia Ministry of Highway and Transportation.

- Landry, L.-M. 2013. *Les espèces floristiques exotiques et envahissantes du Québec, Répertoire Photographique des principales espèces*. www.lmlandry.com
- Landry, L.-M. 2013. *Les espèces floristiques typiques des milieux humides du Québec, Répertoire Photographique des principales espèces*. www.lmlandry.com
- Landry, L.-M. 2013. *Les espèces floristiques typiques des milieux terrestres du Québec, Répertoire Photographique des principales espèces*. www.lmlandry.com
- Landry, L.-M., D.F. Polster, S. Leigh-Spencer, and D. Marven. 2002. *The Role of Invasive Species Management in Terrestrial Ecosystem Restoration*. Prepared by Polster Environmental Services for the British Columbia Ministry of Water, Land and Air Protection, Habitat Branch, Victoria.
- Lapointe, M. 2014. *Plantes de milieux humides et de bord de mer du Québec et des maritimes*. Collection Guides Nature Quintin. Waterloo, 2014, Éditions Michel Quintin, 456 pages.
- Leblanc, C. et L.-M. Landry. 2001. *Caractérisation et conservation des milieux humides du bassin versant de la rivière Sainte-Anne – Tourbière Chute-Panet : Cahier du propriétaire*. Corporation d'aménagement et de protection de la Sainte-Anne (CAPSA).
- Leclair, R. JR. 1985. *Les amphibiens du Québec : biologie des espèces et problématiques de conservation des habitats*. Département de Chimie-Biologie, Université du Québec à Trois-Rivières pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. 121 p.
- Lynch, K. M. 1997. *Common Wetland Plants of North Carolina*. North Carolina, Department of Environment, Health and Natural Resources (NCDENR), Division of Water Quality, Water Quality Section. Report # 97-01.
- Lynch-Stewart, P., I. Kssel-Taylor et C. Rubec. 1999. *Terres humides et le gouvernement – Politique et législation concernant la conservation des terres humides au Canada*. Communication n° 1999-1. Publié en partenariat avec Canards Illimités, Environnement Canada et le Conseil nord-américain de conservation des terres humides.
- Lynch-Stewart, P., P. Neice, C. Rubec et I. Kssel-Taylor. 1996. *La politique fédérale sur la conservation des terres humides – Guide de mise en œuvre à l'intention des gestionnaires des terres fédérales*. Direction de la conservation de la faune, Service canadien de la faune, Environnement Canada.
- Marks, M. (original version), B. Lapin and J. Randall. 2000. *Element Stewardship Abstract for Phragmites australis Common Reed*. The Nature Conservancy.
- Marie-Victorin, Fr. 1995. *Flore laurentienne*. 3^e édition mise à jour par L. Brouillet, S.G. Hay et I. Goulet en collaboration avec M. Blondeau, J. Cayouette et J. Labrecque. Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal. 1093 p.
- Mead, H.L. 1990. *L'État de l'environnement au Québec : un bilan des milieux humides, perspectives de conservation*. Union québécoise pour la conservation de la nature, Charlesbourg, Québec, en collaboration avec Habitat faunique Canada.
- Milo, R. 1998. *Directive pour les évaluations environnementales relatives aux milieux humides*. Environnement Canada, Direction de la protection de la biodiversité, Service canadien de la faune.
- Ministère de l'Énergie et des Ressources. 1986. *Normes d'inventaire forestier*. Les publications du Québec. 177 p.
- Ministère de l'Environnement et Service canadien de la faune. 1989. *Les milieux humides*.
- Ministère des Ressources naturelles du Québec. 1994. *Le point d'observation écologique*.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. 2015. *Identification et délimitation des milieux hydriques et riverains*.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. 2015. *Guide d'interprétation, Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*. MDDELCC, Direction des politiques de l'eau, 131 p.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 2008, version révisée 2015. *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables, Note explicative sur la ligne naturelle des hautes eaux : la méthode botanique experte*. 8 p. + annexes.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 2012. *Les milieux humides et l'autorisation environnementale*. MDDEP, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Direction des politiques de l'eau et Pôle d'expertise hydrique et naturel. 41 pages + annexes.
- Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. 1991. *Principes directeurs concernant les aménagements fauniques dans les terres humides*.

- Mueller-Dombois, D. et H. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Wiley & Sons, New-York.
- National Wetlands Working Group. 1987. *The Canadian Wetland Classification System*. Land Conservation Branch, Canadian Wildlife Service, Environment Canada. Ecological Land Classification Series No. 21. 18 pp.
- Payette, S. et Rochefort, L. 2001. *Écologie des tourbières du Québec-Labrador*. Québec, 2001, Presses de l'Université Laval, 644 pages.
- Pellerin, S., et M. Poulin. 2013. *Analyse de la situation des milieux humides au Québec et recommandations à des fins de conservation et de gestion durable*. Rapport final pour le Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs.
- Peterson, R.T. 1989. *Les oiseaux de l'est de l'Amérique du Nord*. Les guides Peterson. Éditions Broquet inc. 384 pp.
- Polster, D.F. et L.-M. Landry. 1993. *An Ecological Approach to Vegetation Management*. Rapport non publié préparé pour CP Rail, bureau de l'ingénieur en chef. Calgary, Alberta. 158 pp.
- Polster, D.F. 1989. *Successional reclamation in Western Canada: New light on an old subject*. Paper presented at the Canadian Land Reclamation Association and American Society for Surface Mining and Reclamation conference, Calgary, Alberta, August 27-31, 1989.
- Polster, D.F. 1991. *Natural Vegetation Succession and Sustainable Reclamation*. Paper presented at the Canadian Land Reclamation Association / B.C. Technical and Research Committee on Reclamation symposium. Kamloops, B.C. June 24 - 28, 1991.
- Polster, D.F. 2009. *Restoring wetlands: Rebuilding processes and patterns*. Paper presented at the Columbia Mountain Institute of Applied Ecology Wetland Conference. May 29, 2009. Revelstoke, B.C.
- Polster, D.F. 2009. *Patterns of Seismic Line Recovery in the SE Yukon*. Paper Presented at the: Canadian Land Reclamation Association 2009 Conference Quebec City, Quebec.
- Polster, D.F. 2009. *Restoration of Landslides and Unstable Slopes Using Soil Bioengineering*. Paper Presented at the: Canadian Land Reclamation Association 2009 Conference, Quebec City, Quebec.
- Polster, D.F. 2012. *A New Paradigm for the Restoration of Drastically Disturbed Sites*.
- Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts. 2001. *Perspectives pour l'élaboration d'une classification des communautés écologiques du Canada*.
- Roberts-Pichette, P. et L. Gillespie. 1999. *Protocoles de suivi de la biodiversité végétale terrestre*. Collection des rapports hors-série, rapport n° 9, Bureau de la coordination de la surveillance écologique, Burlington, Ontario.
- Saucier, J.-P. 1994. *Le Point d'observation écologique*. Ministère des Ressources naturelles du Québec. Service des inventaires forestiers.
- Suzuki, D. 2000. *Ballast water harbours billions of life forms*. Science Matters.
- The Nature Conservancy. 1996. *Habitat types*.
- Tiner, R.W. 2016. *Wetland Indicators: A Guide to Wetland Identification, Delineation, Classification, and Mapping*. Second Edition. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton, Florida. 606 pp.
- Tremblay, S., et L. Bélanger. 1987. *Modèle d'évaluation des terres humides du Québec en fonction de leur importance pour la sauvagine*. Préparé pour Le Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la gestion des espèces et des habitats.
- Union québécoise pour la conservation de la nature (UQCN). 1993. *Guide des milieux humides du Québec*. Les éditions Franc-vert.
- Union québécoise pour la conservation de la nature. 1988. *Les milieux humides du Québec : des sites prioritaires à protéger*. Supplément à la revue Franc-Nord. N° d'automne 1988. Charlesbourg, Québec. Édition Franc-Nord.
- White D.J., E. Haber et C. Keddy. 1993. *Plantes envahissantes des habitats naturels du Canada : aperçu global des espèces vivant en milieu humide et en milieu sec et la législation visant leur élimination*. Service canadien de la faune, Ottawa, Canada. 136 p.
- X-Rite Inc. 2009. *Munsell Soil-Color Charts with genuine Munsell color chips*. Grand-Rapids, Michigan.

9. LM LANDRY – SERVICES PROFESSIONNELS EN ENVIRONNEMENT

Nous offrons des services professionnels depuis près de 30 ans. Contactez-nous :

Planification et révision bibliographique

- Identification des objectifs et planification des étapes de réalisation
- Évaluation des coûts et des délais de production
- Révision des données (AARQ, AONQ, BDTQ, CDPNQ, CIC, CPTAQ, IRDA, SITI, VASCAN)
- Élaboration de protocoles d'inventaire et d'échantillonnage

Collecte de données – inventaires et visites de terrain

- Identification, délimitation et caractérisation des milieux humides et hydriques
- Délimitation de la ligne naturelle des hautes eaux, méthodes simplifiée et experte
- Inventaires faunique et floristique, espèces menacées, vulnérables, susceptibles (EMVS)
- Vérification de la présence d'habitats fauniques et floristiques particuliers

Analyse des données – caractérisation du milieu

- Évaluation de la valeur écologique, esthétique et sociale des habitats d'intérêt
- Évaluation du potentiel faunique pour diverses espèces et groupes d'espèces

Analyse des données – évaluation des impacts

- Évaluation préalable et études d'impacts sur l'environnement, analyses de variantes
- Dépistage des impacts potentiels et mesures d'atténuation des impacts
- Dépistage des impacts résiduels et compensation pour les impacts résiduels
- Surveillance environnementale et suivi

Programmes particuliers liés à la gestion du territoire

- Élaboration d'un plan directeur de conservation des habitats d'intérêts particuliers
- Plan de conservation et de restauration de milieux hydriques, humides et terrestres
- Conception et plans d'aménagement fauniques adaptés aux groupes d'espèces
- Plan de drainage et programme de contrôle de l'érosion et de la sédimentation
- Stabilisation par techniques de génie végétal et programme de contrôle de l'érosion
- Gestion écologique de la végétation, dont les espèces exotiques envahissantes

Surveillance et suivi

- Suivi des travaux de restauration et de l'évolution des habitats
- Suivi de la reprise végétale et des aménagements fauniques

Rédaction et communication

- Rédaction de centaines de documents de communication divers
- Formation sur la délimitation, la caractérisation et la gestion des milieux humides
- Formation sur la gestion de la végétation dans les bassins de rétention
- Répertoire photographique des principales espèces de plantes des milieux humides du Québec
- Répertoire photographique des espèces exotiques et envahissantes du Québec

Nos services professionnels sont adaptés pour répondre aux besoins particuliers de nos clients.