RAPPORT D'ACTIVITÉS 2003-2011

SITE EXPÉRIMENTAL DE CULTURE DE SPHAIGNE

SHIPPAGAN, NOUVEAU-BRUNSWICK

JUIN 2012

gret perg
Groupe de recherche en écologie des tourbières
Peatland Ecology Research Group

CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE DU CRSNG EN AMÉNAGEMENT DES TOURBIÈRES

Site expérimental de culture de sphaigne

Shippagan, Nouveau-Brunswick

Rapport d'activités 2003-2011

Par :

Rémy Pouliot, Sandrine Hogue-Hugron et Line Rochefort

Groupe de recherche en écologie des tourbières

Université Laval

Juin 2012

Révision linguistique : Claire Boismenu

Table des matières

Table des matières ii

Liste des figures iv

Liste des tableaux vi

1. Description générale du projet 1

2. Site expérimental 2

3. Aménagement de la tourbière pour la culture de sphaigne 3

3.1. Méthode de préparation du terrain 6

Aménagement permettant l'accès au site 6

Débroussaillage 6

Préparation des bassins de culture 6

Récolte du matériel de réintroduction 8

Réintroduction de la sphaigne dans les bassins 9

Contrôle hydrologique 11

Suivi hydrologique 11

3.2. Prévision pour l'agrandissement de la station de culture de sphaigne ***15***

4. Détermination de la périodicité des cycles de production de biomasse de sphaigne **16**

4.1. Établissement de la végétation (pourcentage de recouvrement) ***21***

4.2. Accumulation de biomasse ***23***

4.3. Productivité du tapis de sphaigne ***26***

4.4. Taux de décomposition ***28***

5. Utilisation de la fibre de sphaigne dans les substrats de croissance **29**

6. Effet de la fertilisation sur l'établissement des bryophytes **30**

7. Détermination du cycle de production des sphaignes cultivées comme matériel de réintroduction pour la restauration des tourbières abandonnées **31**

8. Effet des plantes vasculaires et des structures sur la croissance verticale des sphaignes **33**

9. Croissance de sphaignes des sections taxonomiques *Acutifolia* et *Sphagnum* introduites en présence de structures artificielles et naturelles dans un contexte de production de biomasse **38**

10. Culture de sphaignes de la section taxonomique *Sphagnum* selon différents conditionnements du substrat de croissance **42**

11. Contrôle des plantes vasculaires **48**

12. Utilisation de la fibre de sphaigne dans les substrats de culture **49**

13. Conclusion générale 50

13. Publications..... 51

Annexe 1 : Résumé des travaux à la station expérimentale de Shippagan..... 54

Annexe 2 : Contributions des compagnies et collaborateurs au projet de culture de sphaigne..... 55

Annexe 3 : Affiche présentée dans le cadre de l'International Symposium on Growing Media (Anger, France) à propos de l'utilisation de la fibre de sphaignes dans les substrats horticoles. 57

Liste des figures

Figure 1. Affiche de bienvenue située sur la tourbière et exemple d'un bassin spontanément recolonisé par des sphaignes et des éricacées après abandon des activités de récolte de tourbe vers 1970. 1

Figure 2. Vue aérienne de la tourbière de Shippagan, illustrant l'ensemble de la zone d'étude. 2

Figure 3. Localisation des secteurs de culture de sphaigne (zones grises). 4

Figure 4. Relevé topographique des secteurs de culture de sphaignes. 5

Figure 5. Préparation des tranchées et retrait de la végétation établie dans celles-ci. 7

Figure 6. Aplanissement des tranchées avant l'introduction de la végétation. 8

Figure 7. Introduction et protection de la sphaigne. 10

Figure 8. Bassins de culture de sphaigne ensemencés. 11

Figure 9. Contrôle et suivi hydrologiques 12

Figure 10. Disposition des puits de mesure hydrologique. 13

Figure 11. Hauteur de la nappe phréatique de 2007 à 2011 dans le secteur privé, le secteur gouvernemental et dans les tranchées avoisinantes non aménagées (zones de référence). L'emplacement des puits est illustré à la Figure 10. 14

Figure 12. Emplacement des expériences prenant place dans le secteur privé de la station expérimentale de culture de sphaigne. 19

Figure 13. Emplacement des expériences prenant place dans le secteur gouvernemental de la station expérimentale de culture de sphaigne. 20

Figure 14. Établissement des sphaignes et des autres mousses pour les cycles de production de 2006, 2008 et 2009. 22

Figure 15. Distribution par espèce du recouvrement de sphaignes. Les chiffres entre parenthèses correspondent au recouvrement moyen dans les quadrats de végétation. 23

Figure 16. Biomasse des sphaignes (poids sec en g m^{-2}) pour les cycles de production de 2004, 2006, 2008, 2009 et 2010. 25

Figure 17. Productivité moyenne annuelle du cycle de production de 2004 au cours des quatre dernières années. 27

Figure 18. Taux de décomposition de quatre espèces de sphaignes après trois ans d'incubation sous la surface du cycle de production de 2004 (incubation de trois à six ans après la mise en place du cycle de production). 28

Figure 19. Pourcentage de recouvrement des sphaignes et des autres bryophytes trois années après leur réintroduction pour le cycle de production de 2004. 30

Figure 20. A) Croissance verticale des sphaignes (moyenne ± écart type) pour l'expérience 1 (sur le terrain). La croissance correspond à l'élongation depuis la réintroduction des sphaignes faite en 2004 (donc après quatre ans). Les traitements ont été appliqués en juillet 2006. B) Croissance verticale des sphaignes pour l'expérience 2 (en serre). La

croissance correspond à l'élongation depuis la première période de mesures qui est le point zéro de l'expérience. 35

Figure 21. Biomasse de sphaigne accumulée pendant neuf mois de croissance dans l'expérience en serre de 2007 à 2008. 36

Figure 22. Expérience visant l'étude de la croissance de la sphaigne sous l'influence de structures. 39

Figure 23. Succès d'établissement de différents mélanges mono ou plurispécifiques de sphaignes après structuration de leur microenvironnement. Les rayures indiquent le recouvrement de *Sphagnum fallax* pour chaque type de structure..... 40

Figure 24. Effet des conditionnements du substrat de croissance sur la vitesse d'établissement des sphaignes de la section *Sphagnum* pour une période de 24 semaines en serre.. 45

Figure 25. Effet du conditionnement sur le succès d'établissement des espèces de la section *Sphagnum* après quatre mois de croissance sur le terrain..... 46

Figure 26. Exemples de traitements de conditionnement du substrat pour la croissance de sphaignes de la section taxonomique *Sphagnum.* 47

Liste des tableaux

Tableau 1. Paramètres de suivi pour la détermination de la périodicité des cycles de production de biomasse de sphaigne. (Le cycle de production de 2004 est situé dans le secteur privé et les cycles de production de 2006, 2008, 2009 et 2010 se trouvent dans le secteur gouvernemental.).....17

Tableau 2. Biomasse accumulée (poids sec en g m^{-2}) des groupes de végétaux autres que la sphaigne, pour les cycles de production de 2004, 2006, 2008, 2009 et 2010. 25

Tableau 3. Pourcentage de recouvrement (moyenne ± erreur type) par groupe de plantes dans les quadrats donneurs pour la réintroduction sur les parcelles expérimentales à Lamèque-Portage.....32

1. Description générale du projet

Le Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET) et ses partenaires de l'industrie de la tourbe ont convenu de mettre de l'avant un projet de production de biomasse de sphaigne dans le cadre de la Chaire de recherche industrielle du CRSNG en aménagement des tourbières. Plus spécifiquement, le but du projet de culture de sphaigne est de produire rapidement une biomasse renouvelable de fibres de sphaigne pour : 1) développer éventuellement de nouveaux substrats de croissance, 2) produire de la mousse florale, 3) fabriquer des produits dont la fibre de sphaigne est la matière première et 4) servir de site d'approvisionnement en diaspores de sphaigne pour la restauration des tourbières après récolte de la tourbe.

Dans cette perspective, la tourbière de Shippagan, abandonnée à la suite de la récolte de tourbe par blocs, offre une topographie de terre-pleins et de bassins qui est idéale pour favoriser une croissance rapide de la sphaigne sans modifier de façon intensive le terrain (Figure 1; Price et al., 2002; Campeau et al., 2004). Les bassins résiduels (anciennes tranchées de récolte manuelle) ont été sélectionnés en raison de l'accessibilité, du couvert végétal dominé par les sphaignes, ainsi que des conditions hydrologiques propices au remouillage du site. En fait, les bassins créent des microclimats plus humides, favorisant la croissance des sphaignes.

L'objectif général du projet est de mettre en place une station expérimentale dédiée à la recherche sur la production renouvelable de biomasse de sphaigne dans une tourbière abandonnée à la suite de la récolte de la tourbe par blocs. La culture de sphaigne était un objectif poursuivi par la Chaire de recherche industrielle du CRSNG en aménagement des tourbières au cours de son premier mandat (2003-2008) et son renouvellement (2008-2013) permet la continuité des activités de recherche.

Figure 1. Affiche de bienvenue située sur la tourbière et exemple d'un bassin spontanément recolonisé par des sphaignes et des éricacées après abandon des activités de récolte de tourbe vers 1970.

2. Site expérimental

La tourbière de Shippagan est située dans la péninsule acadienne dans le nord-est du Nouveau-Brunswick (47°40' N, 64°43' W; Figure 2). Dans la base de données du Ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick, la tourbière de Shippagan porte le numéro de référence 527.

Figure 2. Vue aérienne de la tourbière de Shippagan, illustrant l'ensemble de la zone d'étude.

3. Aménagement de la tourbière pour la culture de sphaigne

Le secteur privé de la tourbière de Shippagan, propriété de Sun Gro Horticulture (aussi nommé secteur 3 dans les rapports antérieurs), et le secteur gouvernemental, propriété des terres de la Couronne (aussi nommé secteur 1 dans les rapports antérieurs), ont été sélectionnés comme ceux présentant les meilleures conditions de croissance pour les sphaignes (Figure 3). Un résumé des activités de recherche et une description des travaux réalisés par les différentes compagnies de tourbe sont présentés respectivement dans les Annexes 1 et 2.

Un premier cycle de production a débuté en 2004 dans le secteur privé. Dans ce secteur, huit bassins de 15 m x 15 m ont été mis en place, dont six bassins avec introduction de sphaigne et deux bassins témoins sans végétation (pour évaluer la colonisation spontanée des sphaignes dans les bassins). Un deuxième cycle de productivité a été complété en 2006 dans le secteur gouvernemental. Celui-ci comprend six bassins de 15 m x 90 m, tous avec de la sphaigne introduite. Les cycles de production de 2008, 2009 et 2010 sont situés dans le secteur gouvernemental et consistent en un bassin d'environ 15 m x 90 m par cycle. Le cycle de production de 2011 a été fait à l'intérieur d'un bassin où une production de sphaignes avait été initiée en 2006, mais qui n'a pas donné les résultats prévus. Il mesure approximativement 15 m x 60 m. Les bassins de tous les cycles de production sont situés dans des portions les moins élevées (autour de 4 m au-dessus du niveau de la mer) et, par conséquent, les plus humides du site, comme le montrent les relevés topographiques (Figure 4).

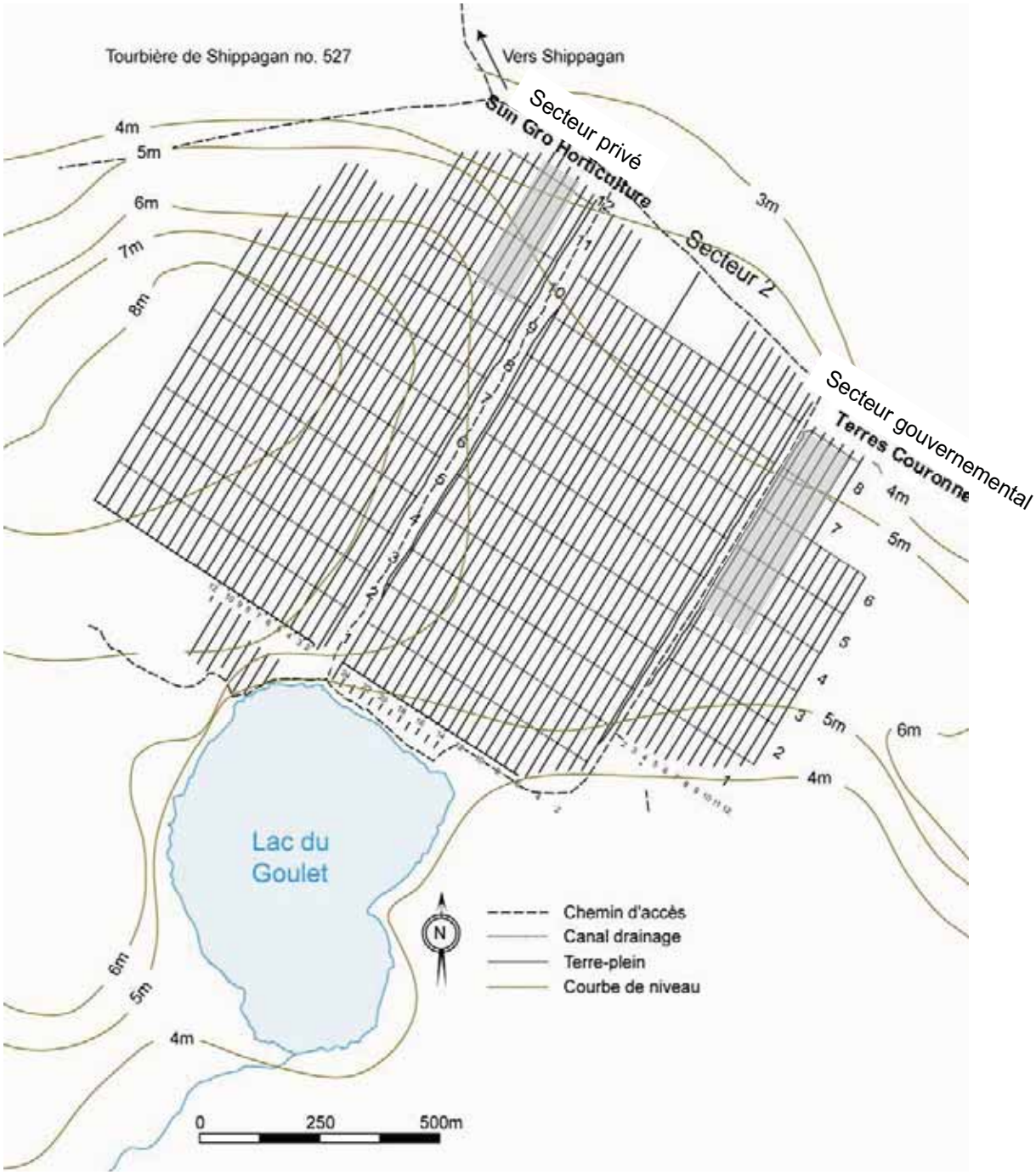

Figure 3. Localisation des secteurs de culture de sphaigne (zones grises).

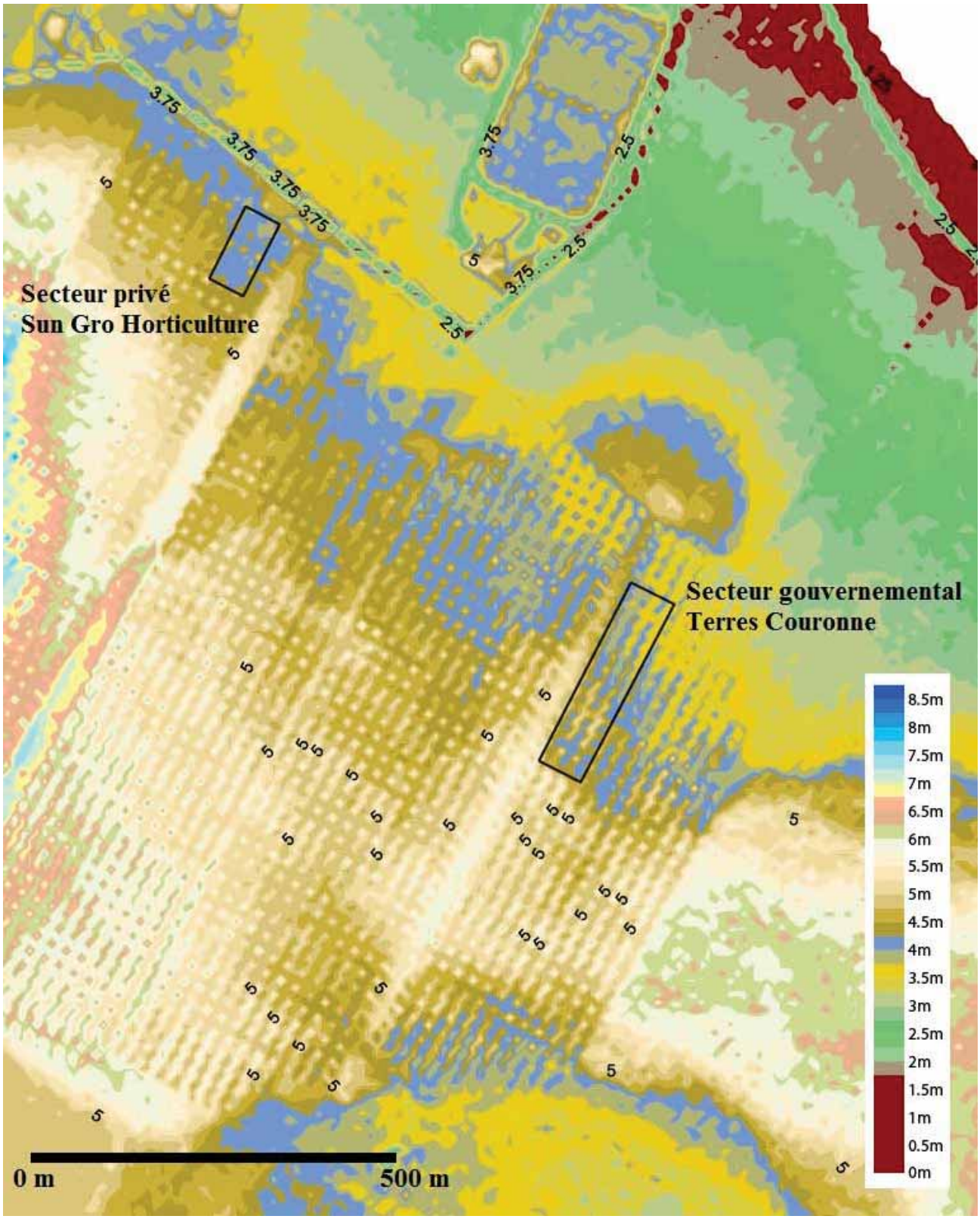

Figure 4. Relevé topographique des secteurs de culture de sphaignes (modifiée à partir de cartes fournies par Jacques Thibault, ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick). Les chiffres sur la figure correspondent à une élévation par rapport à la mer à un point précis.

3.1. Méthode de préparation du terrain

Aménagement permettant l'accès au site

Assurer l'accessibilité au site de culture fut une première étape importante. En mai 2004, l'aménagement du chemin d'accès et la mise en place de ponceaux pour accéder à la tourbière ont été réalisés à l'aide d'une excavatrice sur chenilles modifiées. Cette même excavatrice munie d'une pelle en forme de lame a permis de creuser les canaux de drainage (Figure 5a) afin d'abaisser la nappe phréatique et fournir une surface de travail plus stable pour la machinerie. La portion du chemin d'accès entre le secteur privé et le secteur gouvernemental a été aménagée et solidifiée de septembre à décembre 2005 en épandant une grande quantité de résidus de racines à l'aide d'un tracteur muni d'une pelle et d'un rotoculteur. Durant cette même période, afin de faciliter le passage de la machinerie dans le secteur gouvernemental, des ponceaux ont été installés (Figure 5b), les canaux longeant le chemin ont été nettoyés et le chemin a été élargi. En 2010, deux nouveaux ponceaux ont été ajoutés pour faciliter le passage de la machinerie dans le secteur gouvernemental.

Débroussaillage

La superficie de tourbière utilisée pour la culture de sphaigne, incluant les tranchées et les terre-pleins, a ensuite dû être débroussaillée pour permettre une meilleure circulation sur le site. Le débroussaillage a été effectué manuellement, à l'aide d'une débroussailleuse manuelle ou d'une scie mécanique pour tous les cycles de production (2004, 2006, 2008, 2009 et 2010), à l'exception de celui de 2011 pour lequel ce n'était pas nécessaire.

Préparation des bassins de culture

Dans le but d'introduire de la sphaigne pour sa culture, il fallait retirer complètement la végétation préétablie dans les bassins. Pour le cycle de production de 2004, la végétation retirée (voir section suivante pour les techniques) a été conservée en partie sur les terre-pleins et réintroduite dans les bassins à la fin de la préparation de ceux-ci. Pour le cycle de production de 2006, la végétation de surface a été retirée des bassins de septembre à novembre 2005 à l'aide d'une excavatrice (Figure 5c). Au mois de décembre 2005, ce matériel végétal a été transporté dans la tourbière n^{o} 530 à Shippagan afin de servir de matériel de réintroduction pour la restauration. Le matériel retiré des tranchées est mis à la disponibilité des producteurs. Toutefois, lorsque le matériel ne peut être utilisé pour différentes raisons, par exemple en raison de coûts de transport élevés, celui-ci est placé dans une tranchée située à proximité qui est ainsi comblée. À la suite du retrait complet de la végétation dans les bassins (Figure 5d), la surface résiduelle est égalisée afin de favoriser un bon contact des diaspores de sphaignes avec le sol.

5a. Creusage et nettoyage des canaux.

5b. Aménagement de ponceaux.

5c. Retrait de la végétation de surface.

5d. Bassin dont la végétation a été complètement retirée.

Figure 5. Préparation des tranchées et retrait de la végétation établie dans celles-ci.

Pour le cycle de production de 2004, l'aplanissement de la surface a été fait manuellement à l'aide d'un rouleau compresseur (Figure 6a). Pour l'aménagement du cycle de production de 2006 qui a été effectué au printemps, la préparation des bassins a impliqué le passage d'un rotoculteur afin d'homogénéiser la surface de tourbe nue. La tourbe était dégelée sur une profondeur de 30 cm, ce qui a permis le passage de la machinerie. Par la suite, la topographie des bassins a été aplanie à l'aide d'un poteau de bois tiré par deux tracteurs (Figure 6b), circulant sur les terre-pleins longeant les bassins. En ce qui concerne les cycles de production de 2008, 2009, 2010 et 2011, l'aplanissement ne s'est pas avéré nécessaire. Lorsque la végétation de la tranchée était complètement retirée, les imperfections dans la topographie du fond de la tranchée étaient corrigées par une excavatrice munie d'une lame (Figure 6c).

6a. Aplanissement des bassins par travail manuel.

6b. Aplanissement des bassins à l'aide de deux tracteurs et d'un poteau de bois

6c. Aplanissement des bassins à l'aide d'une excavatrice munie d'une lame.

Figure 6. Aplanissement des tranchées avant l'introduction de la végétation.

Récolte du matériel de réintroduction

Différentes méthodes de récolte de la sphaigne ont été expérimentées. Dans le cycle de production de 2004, il était important de trouver une technique qui garantirait : 1) des fragments de sphaignes d'une grosseur convenable et 2) le moins de dommages possible à la structure du sol, puisque l'endroit de la récolte était également le lieu de réintroduction. La profondeur visée pour la récolte était de 30 cm. Nous avons déterminé que la technique de récolte à l'aide d'une excavatrice sur chenilles équipée d'une fourche mécanisée (Figure 7a) était la plus efficace dans les bassins et la moins dommageable pour le terrain. Ce type d'appareil nécessite un seul passage sur le site et prélève facilement la sphaigne de façon laminaire. De plus, la fibre demeure entière et est idéale pour la manipulation et la transformation. À l'opposé, le rotoculteur nécessite deux passages sur une même surface, ce qui fragilise la structure de support pour la machinerie. Il est aussi difficile d'ajuster la profondeur de l'appareil pour obtenir une surface de tourbe nue uniforme. En ce qui a trait à la récolte manuelle à l'aide de pelles et de fourches, elle nécessite trop de temps et n'est pas applicable à grande échelle (Miousse, 2005).

Pour les cycles de production de 2006, 2008 et 2009 (secteur gouvernemental), le matériel de réintroduction a été récolté à proximité des bassins, dans des zones où la végétation était similaire

à celle qui recouvrait auparavant les bassins. La végétation a été retirée, sur une profondeur approximative de 10 cm, à l'aide d'un rotoculteur et d'une excavatrice (Figure 7b).

En 2010, une nouvelle approche a été essayée. Puisque les travaux de 2010 ont été faits tôt dans la saison (mi-avril), nous avons tiré avantage du gel du sol. Le tapis de sphaignes en surface était dégelé sur une épaisseur d'environ 15 cm. Ce tapis a été récolté directement à l'aide d'une excavatrice munie d'une lame, sans l'intervention préalable d'un rotoculteur. La lame de l'excavatrice grattait la surface, entassant la sphaigne en amoncellements. Ensuite, la lame de l'excavatrice était retirée pour être remplacée par une pelle plus creuse pouvant charger le matériel dans l'épandeur à fumier pour la réintroduction. Cette technique offre deux avantages intéressants. Premièrement, le matériel de départ est moins morcelé avant son entrée dans l'épandeur à fumier. Deuxièmement, il y a moins de matériel indésirable, c'est-à-dire moins de tourbe sous la sphaigne dans le matériel d'introduction. Puisque l'excavatrice se déplace peu, qu'elle reste sur place et récolte le matériel tout autour, elle ne brise pas la structure du tapis de sphaigne et n'atteint pas les couches de tourbe sous-jacentes. La même approche a été utilisée pour le cycle de 2011.

Réintroduction de la sphaigne dans les bassins

Les sphaignes réintroduites dans tous les cycles de production sont principalement : *Sphagnum rubellum, Sphagnum fuscum, Sphagnum flavicomans* et *Sphagnum magellanicum*. La réintroduction du cycle de production de 2004 a été effectuée manuellement (Figure 7c) dans un ratio de 1:10. Pour les cycles de production de 2006, 2008, 2009, 2010 et 2001, qui sont à plus grande échelle, l'introduction du matériel s'est fait à l'aide d'un épandeur à fumier latéral chargé à l'aide d'une excavatrice (Figure 7d) qui circulait sur les terre-pleins de chaque côté de la tranchée visée (Figure 7e).

Comme l'utilisation d'un épandeur à fumier latéral est peu commune pour l'ensemencement lors de la restauration des tourbières, nous avons dû procéder à quelques ajustements afin d'obtenir des fragments de sphaigne de grosseur optimale. Il est important de s'assurer que la sortie de l'épandeur demeure exempte de racines afin d'éviter qu'elle ne se bloque. Pour éviter ce problème et permettre l'introduction de sphaigne dans les bassins, le matériel végétal doit être presque exclusivement composé de sphaignes et inclure une très faible quantité de racines. La présence de racines bloque la sortie de l'épandeur à fumier, modifie la taille des fragments de sphaigne et la distance à laquelle les fragments sont projetés dans les bassins. De plus, l'épandeur ne doit pas être rempli à pleine capacité afin d'éviter de compacter le matériel végétal et de bloquer la sortie de l'épandeur. Remplir l'épandeur aux deux tiers de sa capacité assure un bon déroulement des opérations. Idéalement, la vitesse de l'épandeur doit être assez basse et les fragments de sphaignes à la sortie de l'épandeur encore distinguables. Pour obtenir de bons résultats, il est recommandé de faire quelques tests au préalable avec du matériel de moins bonne qualité pour déterminer la vitesse idéale et la hauteur appropriée de la vis dans l'épandeur. Assurez-vous que l'épandeur est propre. S'il y a des résidus de fumier dans l'épandeur, faites-le fonctionner à quelques reprises avec du matériel de moins bonne qualité pour le nettoyer. Ceci évitera de fertiliser involontairement les tranchées de culture. Des détails sur l'utilisation adéquate de l'épandeur à fumier latéral dans le cadre du projet de culture de sphaigne sont fournis dans un rapport interne (St-Arnaud, 2006a).

7a. Retrait de la végétation à l'aide d'une excavatrice équipée d'une fourche mécanisée.

7b. Collecte du matériel végétal à l'aide d'un rotoculteur.

7c. Introduction manuelle de la sphaigne dans les tranchées.

7d. Chargement de l'épandeur à fumier latéral.

7e. Introduction de la sphaigne à l'aide d'un épandeur à fumier latéral.

7f. Épandage de la paille à l'aide d'une pailleuse à soufflement latéral.

Figure 7. Introduction et protection de la sphaigne.

Après la familiarisation avec l'épandeur, l'ensemencement des sphaignes a été effectué avec succès dans les cycles de production de 2006, 2008, 2009, 2010 et 2011 avec l'épandeur à fumier latéral (St-Arnaud, 2006b; Landry et Rochefort, 2009; Landry et Rochefort 2010).

Afin de protéger les sphaignes de la sécheresse, celles-ci sont recouvertes d'un paillis de paille après leur introduction dans les tranchées. La paille est appliquée selon les recommandations de Quinty et Rochefort (2003), c'est-à-dire 3 000 kg ha^{-1}. Dans le cycle de production de 2004, la

paille a été épandue à la main. Dans les cycles de production de 2006, 2008, 2009, 2010 et 2011, la paille a été épandue grâce à une pailleuse à soufflement latéral qui circulait sur les terre-pleins adjacents aux bassins (Figure 7f).

Lorsque la météo est capricieuse et que les vents sont forts, il peut arriver que l'étape de l'application de la paille soit difficile. Les endroits où la paille n'est pas épandue uniformément peuvent être corrigés manuellement à l'aide de râteaux. Afin de ne pas briser la tranchée, le port de raquettes sans crampons ou l'utilisation de planches pour circuler s'avèrent fort utiles. Cette étape peut être très importante, car les sphaignes sous un couvert de paille trop épais ne pourront pas faire de photosynthèse, tandis que les sphaignes sans paillis sècheront. La Figure 8a montre une tranchée de culture de sphaigne fraîchement ensemencée avec succès. La paille est répartie dans la tranchée le plus uniformément possible. La Figure 8b montre une tranchée trois ans après les travaux menant à l'introduction et la protection de la sphaigne. À noter que le paillis a été partiellement décomposé et enseveli par la sphaigne.

8a. Exemple d'un bassin après l'introduction de la sphaigne et de la paille.

8b. Exemple d'un bassin trois ans après l'introduction de la sphaigne.

Figure 8. Bassins de culture de sphaigne ensemencés.

Contrôle hydrologique

Des contrôles de niveau d'eau ont été installés dans les deux secteurs pour une distribution optimale de l'eau dans les tranchées. Un système de contrôle du niveau de l'eau a été installé dans le secteur privé en 2004 et six autres ont été installés dans le secteur gouvernemental en 2006. Un nouveau contrôle de niveau d'eau, visant à mieux réguler l'eau dans les cycles de production de 2008, 2009 et 2010, a été installé en 2010. Tous les contrôles de niveau d'eau de la station permettent l'entrée ou la sortie d'eau par le bas du site (Figure 9a). Ces systèmes permettent d'évacuer les surplus d'eau au printemps et d'éviter les pertes d'eau à l'automne lors des périodes de sécheresse.

Suivi hydrologique

À la suite de la création de nouveaux cycles de production, des puits sont installés dans les bassins afin de mesurer la profondeur de la nappe phréatique (Figure 9b). Ces mesures nous permettent de mieux caractériser les conditions de croissance des sphaignes. À l'été 2007, 24 puits ont été installés dans le secteur privé (cycle de production de 2004) et 30 puits ont été

installés dans le secteur gouvernemental (cycle de production de 2006). Au printemps 2008, quatre puits ont été ajoutés dans le secteur gouvernemental et deux dans le secteur privé. En juin 2009, 12 puits ont été installés dans le secteur gouvernemental (cycles de production de 2008 et 2009). En juin 2011, six puits ont été installés dans le cycle de 2010 du secteur gouvernemental.

De plus, en juin 2010 et 2011, nous avons installé deux lecteurs de nappe phréatique automatisés dans les secteurs de la station de culture de sphaigne (secteurs privé et gouvernemental). Ces instruments nous permettront de faire un meilleur suivi de l'hydrologie des deux secteurs en continu et pendant des périodes où nous ne sommes pas sur le terrain. Nous poursuivrons tout de même les mesures manuelles des profondeurs de la nappe phréatique à chaque visite puisque des puits couvrent l'ensemble des deux secteurs et nous permettent d'évaluer les différences entre les bassins.

9a. Contrôle de niveau d'eau

9b. Suivi du niveau d'eau (puits)

Figure 9. Contrôle et suivi hydrologiques

Les puits sont répartis dans les bassins de culture de sphaigne et dans les anciennes tranchées de récolte entourant les bassins de culture, servant de zones de référence. La Figure 10 montre la répartition des puits dans les cycles de production de la station de culture de sphaigne.

La hauteur de la nappe phréatique est mesurée le plus souvent possible lorsque l'équipe de terrain est présente à Shippagan. La nappe phréatique moyenne au cours des saisons de croissance dans les bassins de culture était à une profondeur permettant un bon établissement des sphaignes (entre -1,5 et -12,5 cm). Les systèmes de retenue d'eau aménagés dans les cycles de production semblent efficaces puisque les bassins de culture de sphaigne ont, en tout temps, une nappe phréatique plus élevée que les anciennes tranchées environnantes non aménagées. Dans ces zones de référence, la nappe phréatique a fluctué entre -15 et -30 cm (Figure 11). En fait, la nappe phréatique était, selon les années, de 12 à 20 cm plus basse dans les zones de référence que dans les bassins de culture.

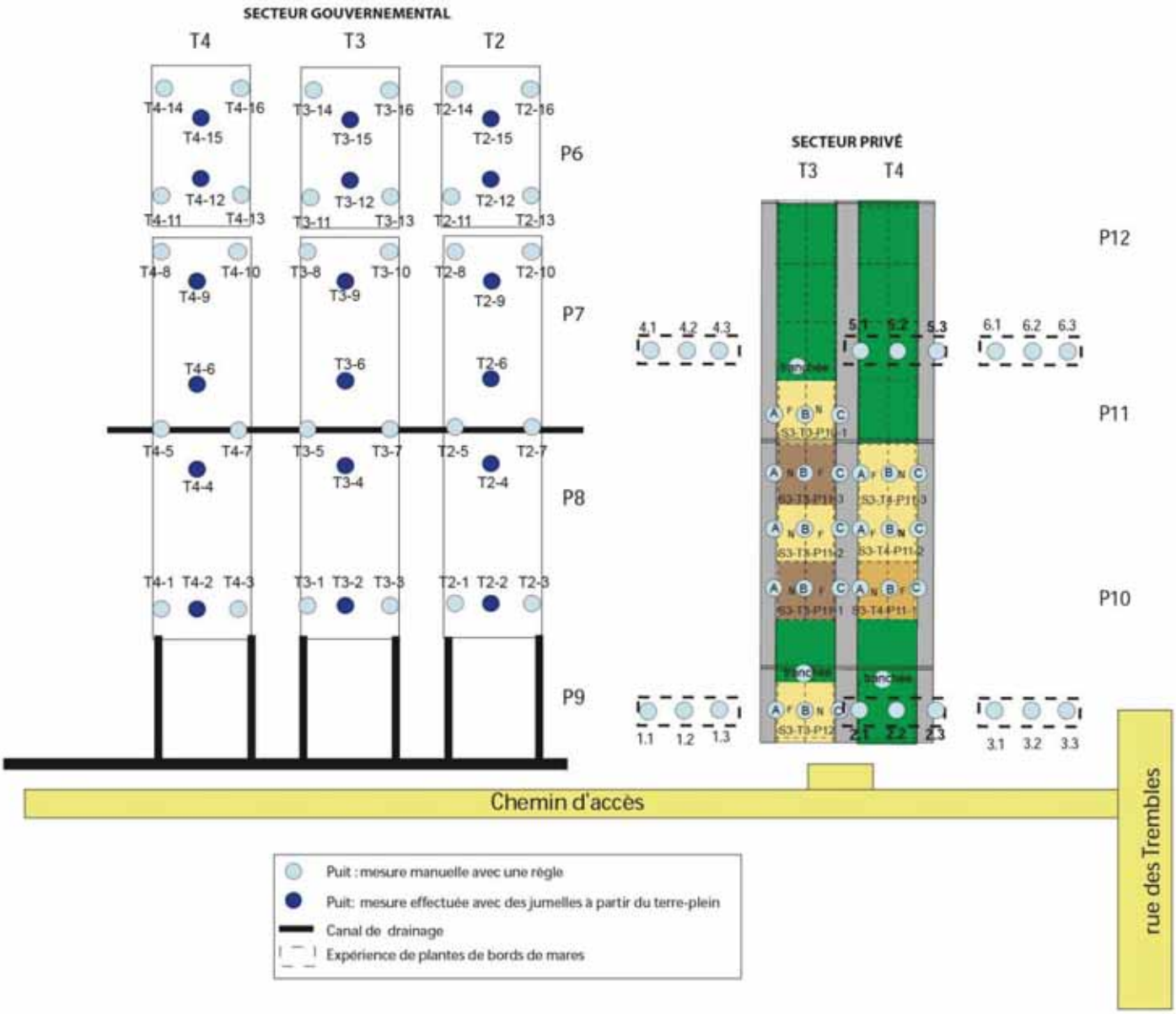

Figure 10. Disposition des puits de mesure hydrologique.

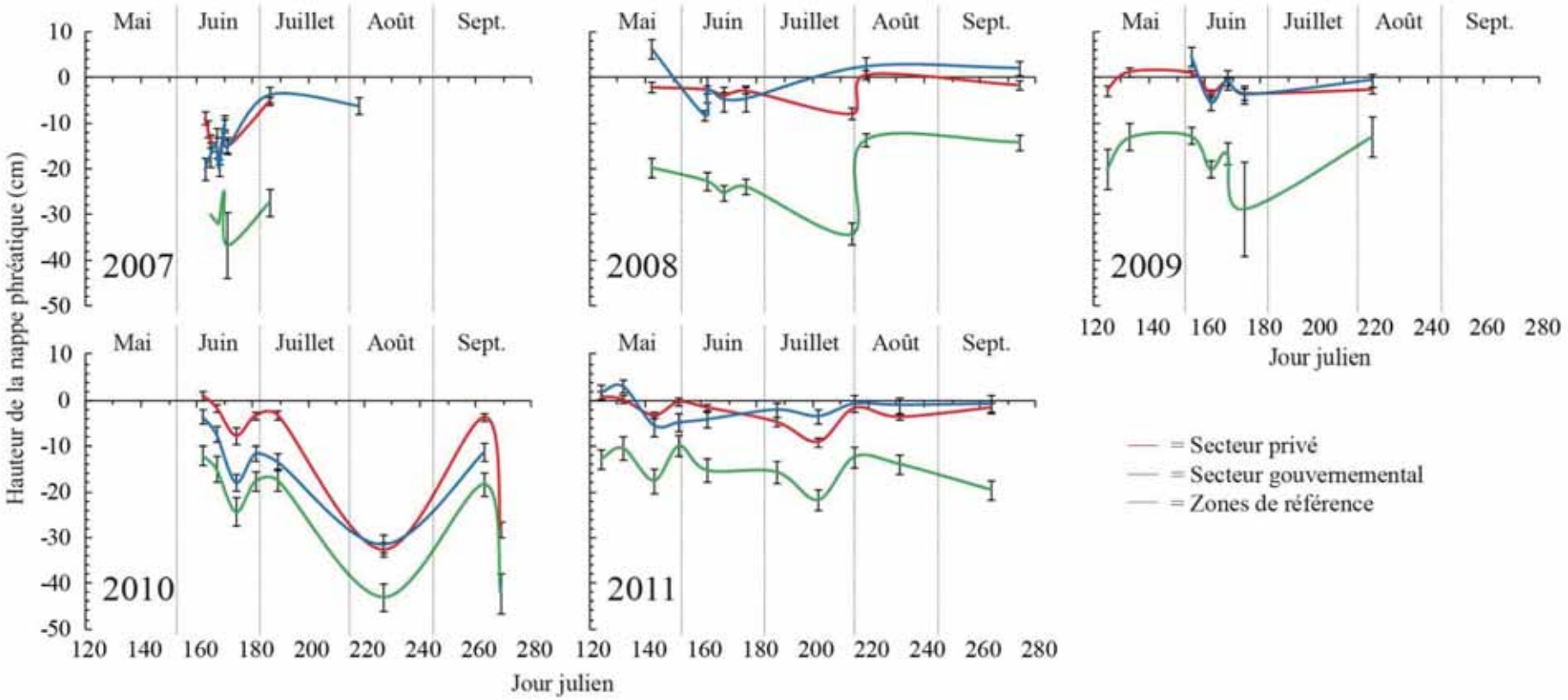

Figure 11. Hauteur de la nappe phréatique de 2007 à 2011 dans le secteur privé, le secteur gouvernemental et dans les tranchées avoisinantes non aménagées (zones de référence). La moyenne (± erreur type) pour chaque secteur est représentée pour chacune des prises de données. L'emplacement des puits est illustré à la Figure 10.

3.2. Prévision pour l'agrandissement de la station de culture de sphaigne

Afin de mieux définir les étapes et les ressources nécessaires pour la culture de sphaigne et dans le but d'améliorer les techniques et la série d'opérations mécanisées utilisées jusqu'à maintenant, nous prévoyons aménager un nouveau bassin de culture de sphaigne en 2012. Les travaux auront lieu dans le secteur gouvernemental dans les limites définies par le permis d'occupation octroyé par le gouvernement du Nouveau-Brunswick. Dans la mesure du possible, le matériel de surface qui sera retiré sera utilisé pour d'autres projets de restauration. L'ensemble des travaux et la machinerie utilisée seront similaires à ceux décrits à la section 3.1 (Méthode de préparation du terrain) avec quelques variantes pour essayer différentes approches. La mise en place annuelle du nouveau cycle de production nous permettra de poursuivre la prise de données servant à définir l'influence des facteurs abiotiques, comme le climat, sur le succès des cycles de production de biomasse.

4. Détermination de la périodicité des cycles de production de biomasse de sphaigne

Le suivi annuel des cycles de production de biomasse de sphaigne est une étape importante qui vise à déterminer la durée de culture optimale permettant d'obtenir de la biomasse de sphaigne sur une base renouvelable. L'évaluation de l'établissement de la végétation (voir section 4.1) permet d'estimer le laps de temps nécessaire avant un recouvrement complet des bassins par la sphaigne. Cette mesure nous permet également de suivre l'évolution des plantes vasculaires et des autres bryophytes dans les bassins. La récolte et le tri d'échantillons de biomasse (voir section 4.2) provenant des bassins de culture nous permettent de savoir exactement la contribution de chaque type de plante (sphaignes, autres bryophytes, éricacées, autres vasculaires) à l'accumulation de biomasse. En mesurant la productivité (voir section 4.3) et la décomposition (voir section 4.4) de la sphaigne dans les bassins, nous devrions trouver le nombre d'années après introduction où le taux de décomposition demeure faible et le taux de productivité élevé, signes d'une accumulation de biomasse optimale. Le suivi de ces paramètres (Tableau 1) est effectué dans les cycles de production de 2004 (Figure 12), de 2006 et 2008 (Figure 13). À moins d'indications contraires, les valeurs présentées dans les sous-sections de la section 4 représentent la moyenne ± erreur type.

Tableau 1. Paramètres de suivi pour la détermination de la périodicité des cycles de production de biomasse de sphaigne. (Le cycle de production de 2004 est situé dans le secteur privé et les cycles de production de 2006, 2008, 2009 et 2010 se trouvent dans le secteur gouvernemental.)

Paramètres de suivi	Mesures effectuées	Localisation	Dates de mesure	Durée de l'expérience	Effort d'échantillonnage	Distribution de l'échantillonnage
4.1. Établissement de la végétation	Recouvrement (%)	Cycle 2004	Sept. 2005 Oct. 2006 Août 2007	2005 à 2007	144[1] (25 cm x 25 cm)	Systématique (5 bassins)
		Cycle 2006	Août 2007 Juin 2008 Juin 2009 Juin 2010 Juin 2011	2007 à 2012	336[3] (25 cm x 25 cm)	Systématique (6 bassins)
		Cycle 2008	Juin 2009 Juin 2010 Juin 2011	2009-2012	56 (25 cm x 25 cm)	Systématique (1 bassin)
		Cycle 2009	Juin 2011	2011-2012	56 (25 cm x 25 cm)	Systématique (1 bassin)
4.2. Accumulation de biomasse	Biomasse sèche (g/m^2)	Cycle 2004	Juin 2007 Juin 2008 Juin 2009 Juin 2010 Juin 2011	2007 à 2012	20 (25 cm x 25 cm)	Aléatoire (5 bassins)
		Cycle 2006	Juin 2007 Juin 2008 Juin 2009 Juin 2010 Juin 2011	2007 à 2012	24 (25 cm x 25 cm)	Systématique (6 bassins)
		Cycle 2008	Juin 2011	2011-2012	5 (25 cm x 25 cm)	Systématique (1 bassin)
		Cycle 2009	Juin 2011	2011-2012	5 (25 cm x 25 cm)	Systématique (1 bassin)
		Cycle 2010	Juin 2011	2011-2012	5 (25 cm x 25 cm)	Systématique (1 bassin)

4.3. Productivité du tapis de sphaigne	Élongation des sphaignes[2] (cm/année)	Cycle 2004	Juin 2007 Juin 2008 Juin 2009 Juin 2010	2007 à 2012	30 nids (1 nid ~ 30 tiges de sphaigne)	Aléatoire (5 bassins)
	Biomasse sèche (g/cm de tige) Densité de sphaigne (nb capitules/m^2)	Cycle 2004	Juin 2008 Juin 2009 Juin 2010 Juin 2011	2007 à 2012	30 (15 cm^2)	Aléatoire (5 bassins)
4.4. Taux de décomposition	Pourcentage de décomposition[4] (%)	Cycle 2004	Juin 2008 Juin 2010	2007 à 2010	30 nids (330 sacs)	Aléatoire (5 bassins)

[1] Nombre de quadrats (grandeur du quadrat).

[2] Les mesures d'élongation sont prises à l'aide d'une technique de marquage. À l'intérieur de nids (un regroupement de tiges), une trentaine de tiges d'espèces de sphaignes différentes sont marquées en juin avec une peinture permanente. En juin de l'année suivante, les tiges marquées l'année précédente sont retirées et mesurées pour évaluer leur élongation.

[3] L'effort d'échantillonnage pour 2009 et pour les années suivantes est de 144 quadrats de 25 cm x 25 cm.

[4] La décomposition est évaluée à l'aide de la technique des sacs de décomposition qui sont de petits sacs en filet contenant une quantité pré-pesée des plantes ciblées (c.-à-d. la sphaigne). Chaque nid comprend 11 sacs : deux contenant *Sphagnum rubellum*, deux *S. fuscum*, deux *S. magellanicum*, deux *S. flavicomans*, deux des disques de cellulose et un *S. rubellum* issu de la culture de sphaigne. Les disques de cellulose permettent d'éliminer l'influence des propriétés intrinsèques reliées au choix des espèces de sphaigne.

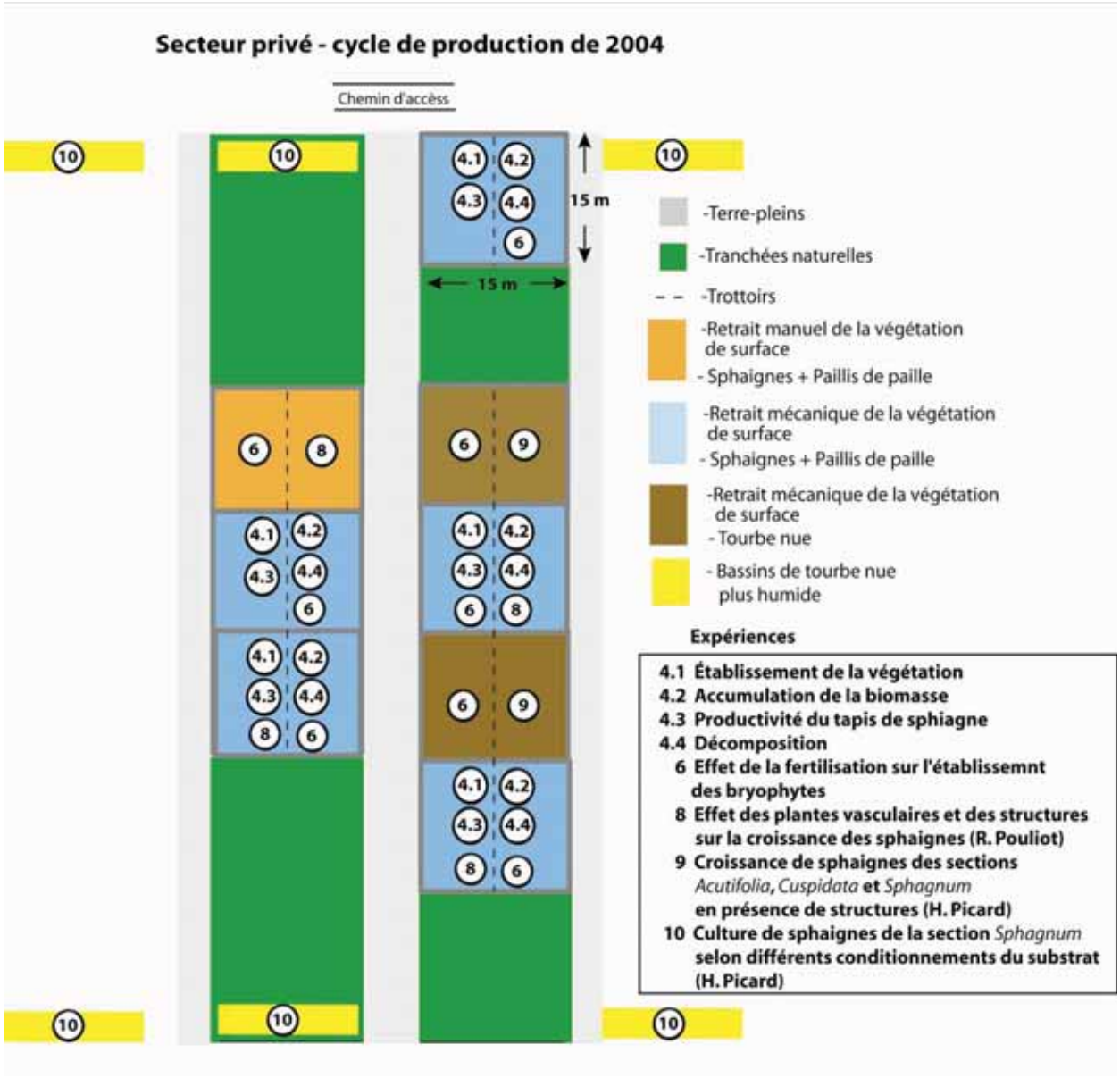

Figure 12. Emplacement des expériences prenant place dans le secteur privé de la station expérimentale de culture de sphaigne.

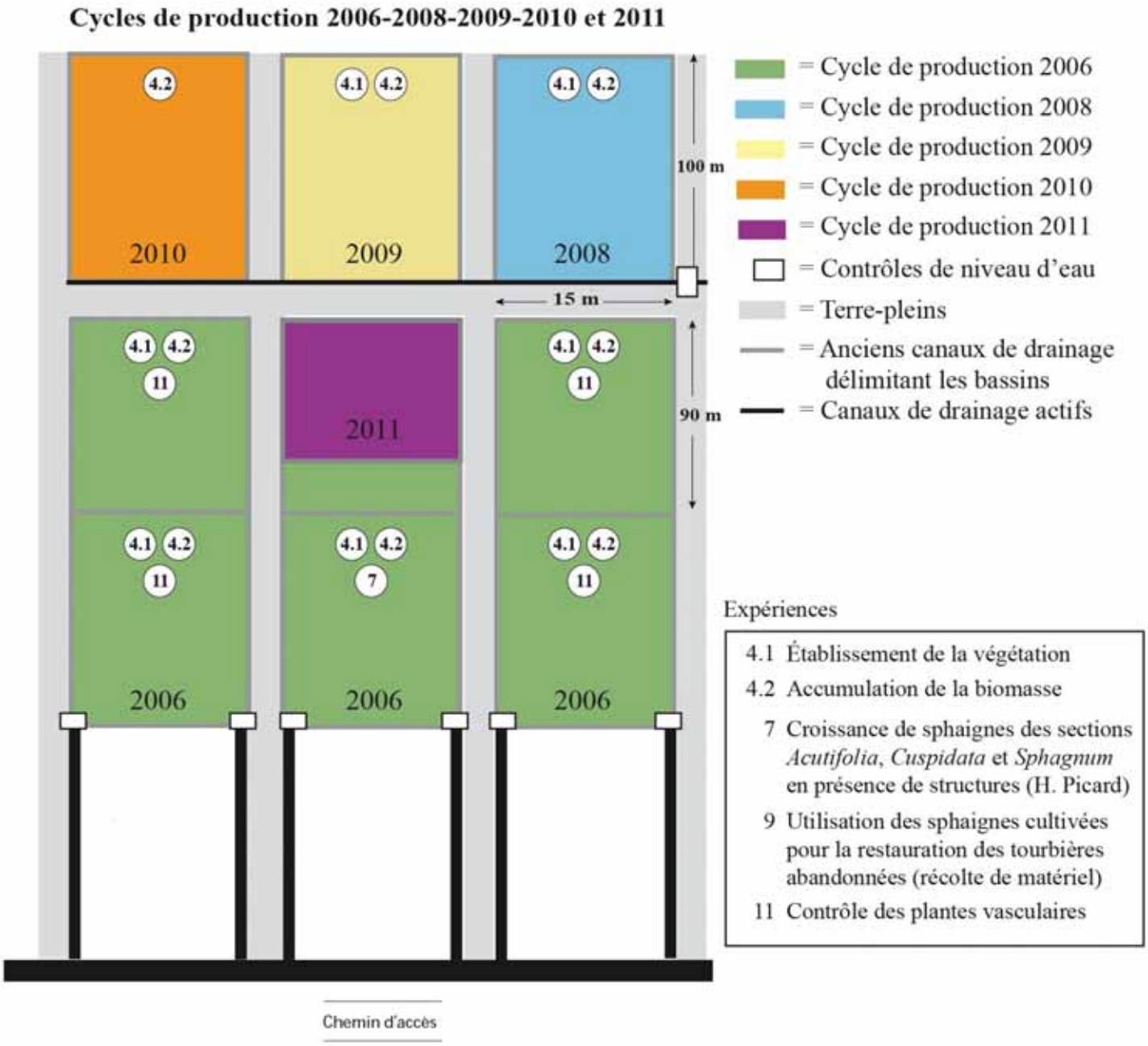

Figure 13. Emplacement des expériences prenant place dans le secteur gouvernemental de la station expérimentale de culture de sphaigne.

4.1. Établissement de la végétation (pourcentage de recouvrement)

Pour le cycle de production de 2004, on note que, trois ans après l'introduction, le tapis composé principalement de sphaignes atteint un recouvrement de près de 100 % (89 ± 2 % de sphaignes et 5 ± 2 % des autres mousses). Environ 53 % du tapis de sphaigne est composé de sphaignes de la section *Acutifolia* (principalement *Sphagnum rubellum)*, 30 % de la section *Sphagnum* (*Sphagnum magellanicum)* et 5 % de la section *Cuspidata*. Puisque le tapis muscinal recouvrait presque totalement la surface, les pourcentages de recouvrement n'ont pas été suivis après 2007.

La technique d'introduction de la sphaigne dans les bassins a indéniablement une influence sur le développement du tapis de sphaigne. L'établissement se fait moins rapidement dans les cycles de production de 2006, 2008 et 2009, puisque deux ans après l'introduction (la seule année commune à tous les cycles), le couvert de sphaigne était respectivement de 25, 15 et 10 % (Figure 14), alors que dans le cycle de production de 2004, le couvert atteignait déjà 75 ± 2 % après deux ans. En effet, pour le cycle de production de 2004, le matériel végétal a été introduit manuellement; il a donc été réparti très uniformément dans les bassins et les fragments de sphaigne ont subi peu de stress comparativement à une introduction à plus grande échelle avec un épandeur à fumier (cycles de production de 2006, 2008 et 2009) qui déchire les fragments en plus petits morceaux. Les cycles de production de 2006, 2008 et 2009 devraient donc prendre un peu plus de temps que le cycle de production de 2004 avant d'atteindre un couvert complet de sphaignes. Tout de même, en 2011, on remarque que les tapis de sphaigne ont bien évolué avec une augmentation du recouvrement d'environ 21 % pour cette saison de croissance dans le cycle de 2006 (de l'année 4 à 5) et d'environ 30 % dans le cycle de 2008 (de l'année 2 à 3). Le tapis muscinal, incluant les sphaignes et les autres bryophytes, couvrait, après cinq ans dans le cycle de 2006, en moyenne 67 ± 3 %. Il atteignait 59 ± 5 % pour le cycle de 2008, mais après seulement trois ans. Après deux ans, le tapis muscinal couvrait en moyenne 10 ± 1 % dans le cycle de production de 2009. À mesure que les sphaignes recouvrent plus d'espace, il semble avoir une disparition des autres mousses (voir le cycle de production de 2006, Figure 14), les sphaignes étant de meilleurs compétiteurs.

Il existe une grande variation entre les trois cycles mis en place mécaniquement en 2006, 2008 et 2009 (Figure 14). Les conditions climatiques de l'année d'introduction ont sûrement un impact important sur le succès d'établissement des sphaignes (Chirino et al., 2006). Par exemple, des épisodes de pluie intense peu de temps après la mise en place d'un bassin peuvent entraîner l'accumulation d'eau dans les zones les plus humides, ce qui peut avoir comme effet de déplacer le matériel réintroduit qui n'était pas encore ancré au sol, ainsi que d'accentuer les processus de sédimentation de particules fines de tourbe sur les fragments de mousse en régénération. Des précipitations mal réparties durant la saison de croissance peuvent aussi avoir un impact considérable sur la vitesse d'établissement des sphaignes. De plus, une saison de croissance avec de bonnes conditions peut aider à un cycle de rattraper et même de dépasser la vitesse d'établissement d'un autre cycle pour un nombre d'années équivalent. C'est ce qui a été observé pour le cycle de production de 2008 pour la période de croissance allant de juin 2010 à juin 2011. Dans ce cas, l'augmentation du recouvrement de sphaignes a été de 30 % entre les ans 2 et 3 comparativement à 6 % pour le cycle de production de 2006 (pour la période allant de juin 2008 à juin 2009).

La majorité de l'espace recouvert par les sphaignes l'est par trois espèces : *Sphagnum flavicomans* et *S. rubellum* de la section *Acutifolia* et *S. magellanicum* de la section *Sphagnum* (Figure 15).

Après cinq ans dans le cycle de production de 2006, *S. rubellum* couvrait environ 40 % de l'espace occupé par les sphaignes. Pour les deux autres cycles de production, *S. flavicomans* était l'espèce de sphaignes la plus abondante (environ 65 %). Ces trois espèces ont de faibles taux de décomposition (voir la section 4.4. Taux de décomposition).

Les herbacées gagnent aussi du terrain avec les années. En cinq ans, elles sont passées d'un recouvrement moyen de 2 ± 0 % à 16 ± 2 % dans le cycle de production de 2006. En trois ans, le couvert des herbacées est passé de 0 % à 4 ± 1 % dans le cycle de 2008. Les cypéracées, principalement *Eriophorum angustifolium* et *Eriophorum vaginatum* et quelques *Carex*, sont les espèces les plus importantes parmi ce que nous considérons comme des herbacées. Les cypéracées comptent pour plus de 76 % du recouvrement des plantes vasculaires dans les quadrats où elles sont présentes (les quadrats sans cypéracées ont un recouvrement moyen en plantes vasculaires de 2 ± 0 %). Les éricacées sont présentes, mais peu abondantes (4 % et moins). Il faut donc continuer de surveiller l'évolution du recouvrement par les plantes vasculaires, principalement pour les cypéracées.

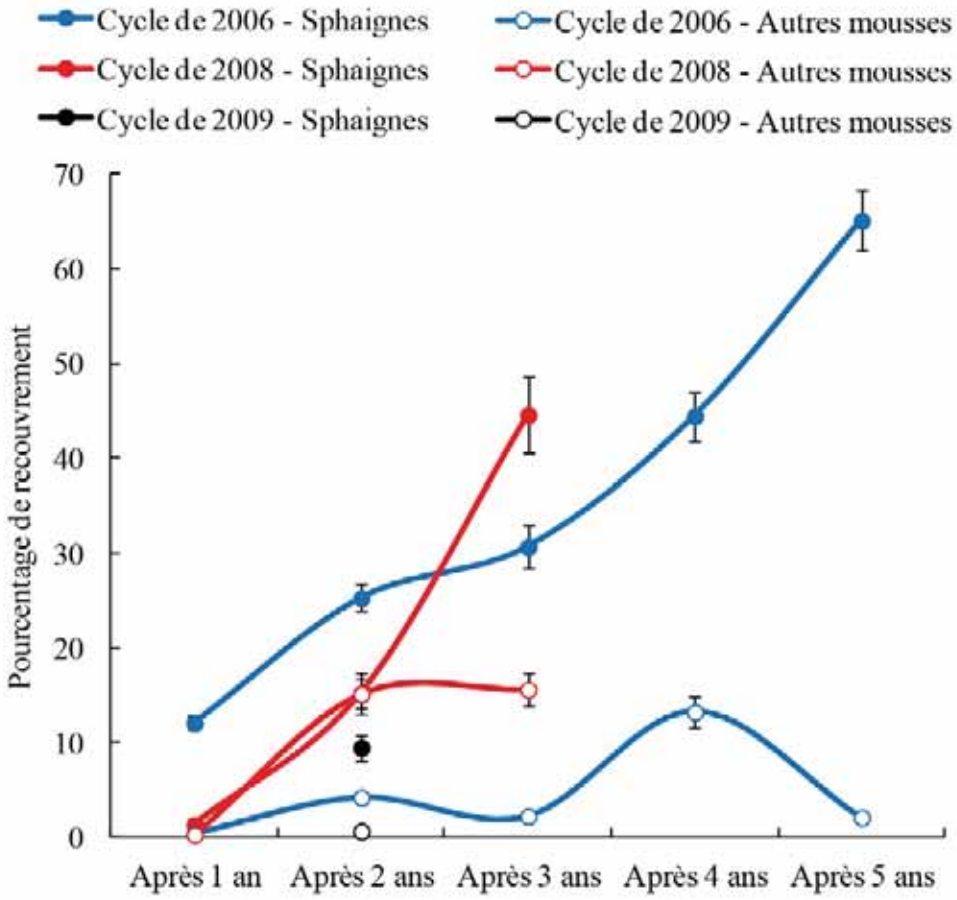

Figure 14. Établissement des sphaignes et des autres mousses pour les cycles de production de 2006, 2008 et 2009 (% de recouvrement, moyenne ± erreur type). Référer au Tableau 1 pour le nombre de quadrats inventoriés par cycle de production et par année.

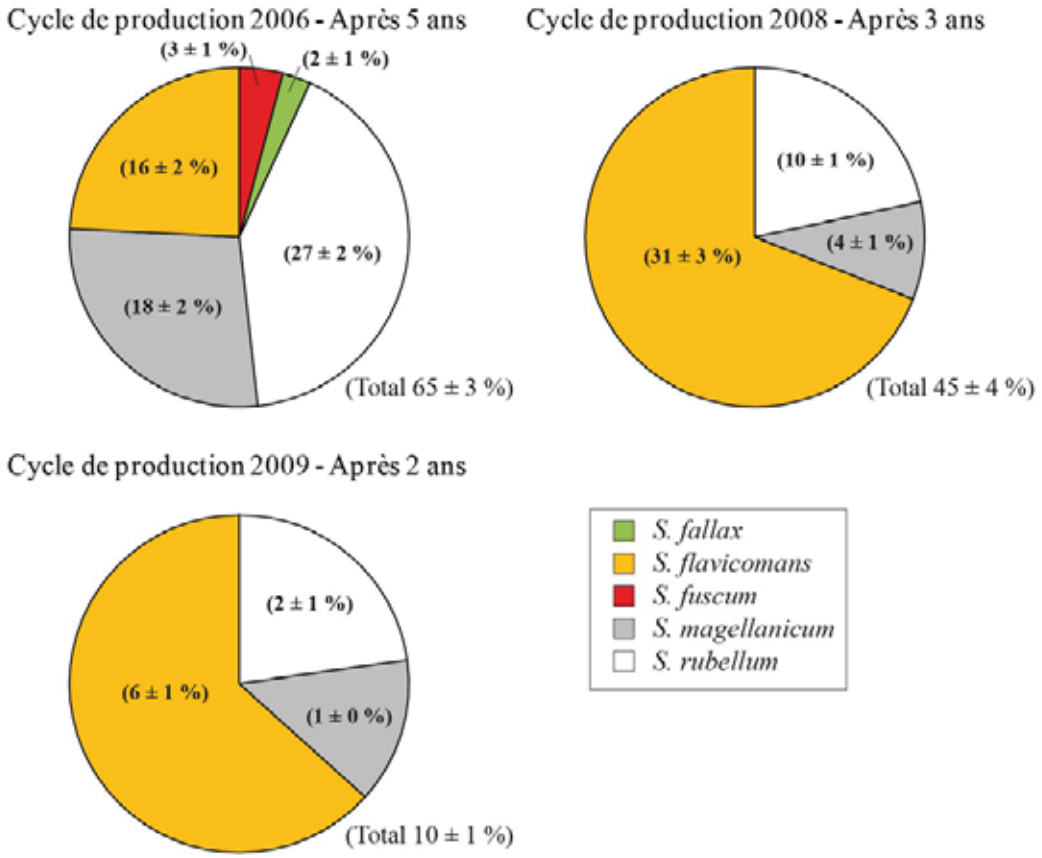

Figure 15. Distribution par espèce du recouvrement de sphaignes. Les chiffres entre parenthèses correspondent au recouvrement moyen (± erreur type) dans les quadrats de végétation. Référer au Tableau 1 pour le nombre de quadrats inventoriés par cycle de production et par année.

4.2. Accumulation de biomasse

L'accumulation de biomasse de sphaigne (Figure 16) est plus grande que l'accumulation de biomasse des autres types de plantes (Tableau 2), et ce, pour tous les cycles de production (2004, 2006, 2008, 2009 et 2010). L'accumulation de biomasse évolue rapidement (Figure 16). Elle augmente d'une manière quasi exponentielle pour le cycle de production de 2004 : elle était rendue à 1303 ± 84 g m^{-2} en 2011. Il est intéressant de constater que l'accumulation de biomasse augmente rapidement depuis la troisième année du cycle de production de 2006 : elle est passée de 63 ± 12 g m^{-2} (après deux ans) à 187 ± 37 g m^{-2} (après trois ans) et était de 473 ± 71 g m^{-2} (après cinq ans). Ainsi, après cinq ans, l'accumulation de sphaigne dans le cycle de production de 2006 correspond à 78 % de celle mesurée dans le cycle de production de 2004 après le même nombre d'années (Figure 16). Cette différence peut s'expliquer par le fait que le cycle de production de 2006 a été mis en place de façon complètement mécanisée, tandis que plusieurs étapes ont été effectuées manuellement pour le cycle de production de 2004 (voir la section 3.1). En effet, certaines étapes, faites à la main pour le cycle de production de 2004, comme l'introduction de la sphaigne et l'ajout de paille, sont critiques pour l'établissement des sphaignes et l'accumulation

subséquente de biomasse. De plus, il y a davantage de biomasse d'autres mousses après cinq ans pour le cycle de production de 2006 que pour celui de 2004 (133 ± 25 vs 51 ± 18 g m^{-2}; Tableau 2). En additionnant la biomasse des sphaignes et des autres mousses pour ces deux cycles après cinq ans, on arrive à des valeurs très similaires (cycle de 2004 = 660 g m^{-2} vs cycle de 2006 = 606 g m^{-2}). Les sphaignes sont de meilleurs compétiteurs que les autres mousses : si les conditions favorisent leur croissance, il est probable que la biomasse des autres mousses ira en diminuant (une diminution de leur recouvrement est d'ailleurs observée pour le cycle de production de 2006, voir la Figure 16).

Les cycles de production entièrement mécanisés de 2006, 2008 et 2009 semblent suivre la même tendance pour la biomasse de sphaignes (Figure 16). Cependant, le cycle de production de 2010, aussi entièrement mécanisé, a déjà une biomasse de sphaignes de quatre à onze fois plus élevée après un an que les autres cycles mécanisés (Figure 16). Cette valeur (225 ± 67 g m^{-2}) est même plus élevée que les celles obtenues dans les autres cycles mécanisés (183 ± 39 et 187 ± 37 g m^{-2}) après trois ans. Lors de la mise en place du cycle de production de 2010, une technique différente a été utilisée pour récolter le matériel à introduire dans le bassin de culture (voir la section Réintroduction de la sphaigne dans les bassins). Cette technique a permis d'obtenir un matériel de départ moins morcelé avant son entrée dans l'épandeur à fumier et de diminuer la quantité du matériel indésirable. La technique de 2010 peut expliquer la valeur plus élevée pour la biomasse de sphaignes. La même approche a été utilisée pour le cycle de production de 2011. Les suivis des prochaines années nous indiqueront si ces tendances se maintiennent.

Les plantes vasculaires de type herbacées ont connu des hausses considérables dans les cycles de production de 2004 (entre 4 et 5 ans) et de 2006 (entre 2 et 3 ans; Tableau 2). Par contre, la situation semble s'être stabilisée par la suite, la biomasse des herbacées a même régressé pour le cycle de production de 2004. En 2011, les plantes vasculaires herbacées ont accumulé 221 ± 47 g m^{-2} de biomasse après cinq ans pour le cycle de production de 2006 et 309 ± 40 g m^{-2} après sept ans pour le cycle de production de 2004. Nous avons fait de nouveaux essais en 2009 et 2010 afin de contrôler les plantes vasculaires, afin de diminuer la quantité de celles-ci dans les tranchées les plus touchées. Voir la section 11 (Contrôle des plantes vasculaires) pour plus de détails. La biomasse des éricacées augmente graduellement avec les années, mais elle reste relativement faible (moins de 30 g m^{-2} dans les cycles de production mécanisés de 2006, 2008 et 2009; Tableau 2). La technique utilisée pour le cycle de production de 2010 (voir la section Réintroduction de la sphaigne dans les bassins) semble aussi favoriser les éricacées (68 ± 45 g m^{-2} après un an). Tout comme pour les sphaignes, les fragments d'éricacées sont moins morcelés par cette technique, ce qui pourrait favoriser un ré-enracinement plus efficace. L'accumulation de biomasse d'éricacées sera à surveiller au cours des prochains suivis dans les cycles de production de 2010 et 2011 (matériel introduit avec la nouvelle technique).

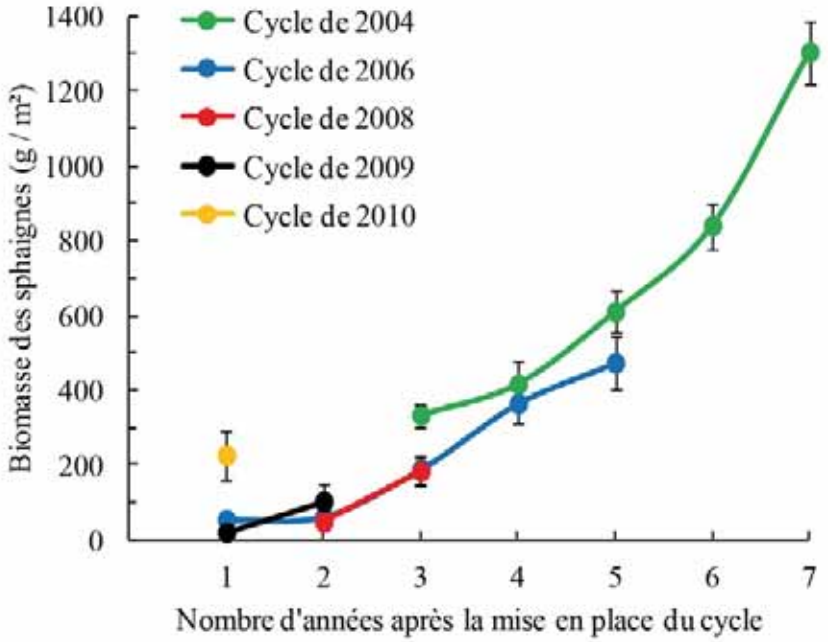

Figure 16. Biomasse des sphaignes (poids sec en g m^{-2}) pour les cycles de production de 2004, 2006, 2008, 2009 et 2010 (moyenne ± erreur type). Référer au Tableau 1 pour le nombre d'échantillons récoltés par cycle de production et par année.

Tableau 2. Biomasse accumulée (poids sec en g m^{-2}) des groupes de végétaux autres que la sphaigne, pour les cycles de production de 2004, 2006, 2008, 2009 et 2010 (moyenne ± erreur type).

Cycle de production	Nombre d'années depuis la mise en place du cycle	Autres bryophytes	Éricacées	Herbacées
2004	3	**11** ± 5	**30** ± 8	**10** ± 3
2004	4	**97** ± 51	**38** ± 10	**97** ± 35
2004	5	**51** ± 18	**42** ± 12	**362** ± 170
2004	6	**56** ± 18	**45** ± 8	**256** ± 37
2004	7	**82** ± 33	**63** ± 11	**309** ± 40
2006	1	**1** ± 0	**12** ± 4	**3** ± 1
2006	2	**3** ± 1	**2** ± 1	**7** ± 4
2006	3	**24** ± 13	**15** ± 5	**120** ± 49
2006	4	**38** ± 11	**28** ± 5	**181** ± 41
2006	5	**133** ± 25	**19** ± 4	**221** ± 47
2008	2	**30** ± 14	**17** ± 3	**0** ± 0
2008	3	**134** ± 56	**19** ± 10	**9** ± 9
2009	1	**0** ± 0	**9** ± 6	**0** ± 0
2009	2	**36** ± 25	**8** ± 8	**37** ± 30
2010	1	**21** ± 13	**68** ± 45	**14** ± 8

4.3. Productivité du tapis de sphaigne

Au cours de la dernière année (juin 2010 à juin 2011), soit après sept années d'établissement, la productivité moyenne du tapis de sphaigne du cycle de production de 2004 est estimée à 179 ± 20 g m^{-2} $année^{-1}$.

En 2009, nous avons également évalué la productivité d'un écosystème de référence, la tourbière naturelle de Miscou, situé dans la péninsule acadienne. Cette valeur nous permet de comparer la performance de la station expérimentale de culture de sphaigne de Shippagan par rapport à celle d'une autre tourbière sujette aux mêmes conditions climatiques. Pour obtenir la productivité annuelle, nous avons mesuré la densité, la biomasse par cm des tiges de sphaignes et l'élongation annuelle. Les techniques de mesure de densité et de biomasse étaient les mêmes que celles utilisées à la station de culture de sphaigne de Shippagan, soit à l'aide d'une trentaine d'échantillons issus du tapis de sphaigne permettant d'estimer le nombre de capitules par m^2 (densité) et de mesurer le poids des sphaignes sèches (biomasse). Afin d'évaluer l'élongation, la technique des tiges coudées a été retenue (Clymo, 1970). En tout, 450 tiges coudées ont été insérées dans le tapis de sphaigne de la tourbière naturelle de Miscou. Deux mesures des tiges coudées sécurisées sous les capitules des sphaignes, soit une mesure au début de la saison de croissance et une autre à la fin de celle-ci, nous ont permis d'évaluer l'élongation annuelle. Pour l'année 2009, la productivité de la tourbière de Miscou est estimée à 61,4 ± 11,2 g m^{-2}. La productivité d'une partie naturelle de la tourbière de Shippagan a été estimée en 2010 et 2011 afin d'obtenir des données de comparaison venant d'un écosystème de référence plus similaire à la station de culture de sphaigne que celui de la tourbière de Miscou. La productivité estimée en 2010 est très basse (22,9 ± 6,5 g m^{-2}); le dispositif pour la mesure de l'élongation des tiges de sphaignes a été placé en juin. Les mesures ne tiennent donc compte que d'une partie de la saison de croissance (mai). En 2011, la productivité de cette section a été réévaluée. Toutefois, les valeurs de densité et de biomasse par cm de tige de sphaignes n'ont pas été calculées et les valeurs moyennes de 2010 pour chaque espèce ont été utilisées pour avoir un aperçu pour l'été 2011. Encore une fois, la productivité est plutôt faible (36,8 ± 3,4). Les conditions sèches dans ces deux tourbières naturelles peuvent limiter la croissance des sphaignes.

Ainsi, d'après les résultats obtenus, nous pouvons conclure que la station expérimentale de culture de sphaigne de Shippagan est beaucoup plus productive que les tourbières naturelles environnantes (Miscou et Shippagan). Un autre estimé fait par Gunnarsson (2005) indique que la moyenne de la productivité annuelle des tourbières à sphaignes naturelles en Amérique du Nord est de 259 g m^{-2} $année^{-1}$. Cette estimation a été faite à partir de 68 tourbières et les résultats de la station expérimentale de Shippagan s'en rapprochent davantage.

La productivité dans le cycle de production de 2004 de la station expérimentale de culture de sphaigne est donc généralement plutôt similaire (entre 179 et 220 g m^{-2}) à la moyenne de la productivité des tourbières à sphaignes naturelles. En 2010, les sphaignes ont profité d'une très longue saison de croissance grâce au printemps particulièrement hâtif et de beaucoup d'ensoleillement. De juin 2009 à juin 2010, donc après six années d'implantation du tapis de sphaigne, la productivité de ce cycle de production a doublé par rapport à la productivité moyenne des sphaignes en milieu boréal, atteignant une productivité moyenne de 453 ± 61 g m^{-2} $année^{-1}$ (Figure 17).

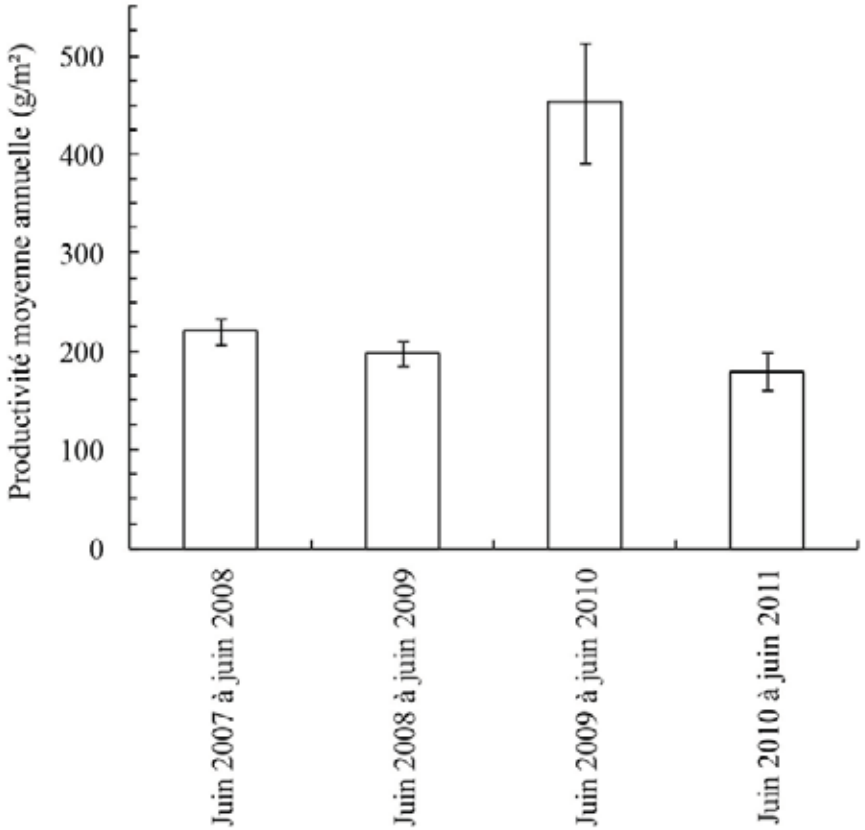

Figure 17. Productivité moyenne annuelle du cycle de production de 2004 au cours des quatre dernières années (moyenne ± erreur type).

4.4. Taux de décomposition

La moitié des sacs de décomposition qui avaient été insérés en 2007 sous le tapis de sphaigne dans le cycle de production de 2004 ont été retirés en juin 2008 (après un an d'incubation). Voir le tableau 1 pour plus de détail. Les sacs restants ont été retirés en juin 2010 (après trois ans). Après la première année d'incubation, la phytomasse perdue par le processus de décomposition était pratiquement nulle. À la suite d'une incubation de trois ans (de 2007 à 2010), la perte moyenne de phytomasse pour l'ensemble du tapis de sphaigne établi depuis six ans (cycle de production de 2004) était de 10 ± 1 %. Le *Sphagnum rubellum* obtient la perte de phytomasse la plus élevée, avec une moyenne de 14 ± 1 %, et *Sphagnum fuscum,* la perte de phytomasse la plus basse avec de 7 ± 1 % (Figure 18). Cette perte de phytomasse pour *S. fuscum* est légèrement inférieure à ce que l'on trouve dans la littérature pour une période d'incubation de trois ans. Rochefort et al. (1990) ont obtenu un taux de perte de phytomasse de 14 ± 1 % pour *Sphagnum fuscum* incubé pendant 3 ans dans une tourbière dominée par la sphaigne en Ontario. Le niveau de l'eau à la station expérimentale de culture de sphaigne est très élevé et ces conditions qui mènent à l'anaérobie sous le tapis limitent le taux de décomposition de la sphaigne.

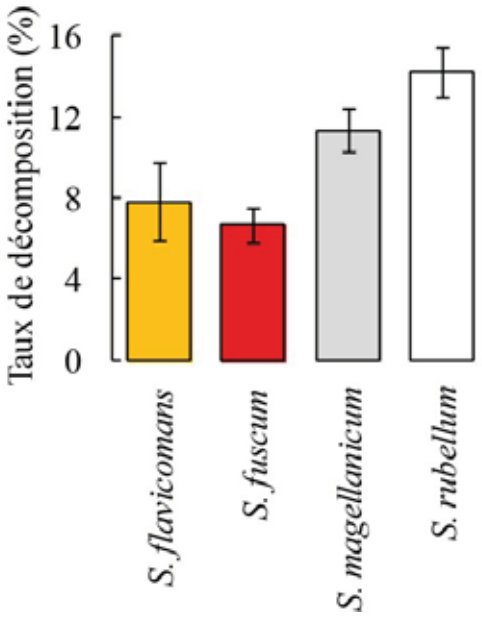

Figure 18. Taux de décomposition de quatre espèces de sphaignes après trois ans d'incubation sous la surface du cycle de production de 2004 (incubation de trois à six ans après la mise en place du cycle de production). Référer au Tableau 1 pour le nombre d'échantillons.

5. Utilisation de la fibre de sphaigne dans les substrats de croissance

Objectifs : 1) Évaluer si l'ajout de fibres de sphaigne augmente le potentiel de la tourbe de moins bonne qualité (tourbe de sphaigne brune, H5 sur l'échelle de Von Post).

2) Déterminer si la fibre de sphaigne pourrait remplacer la perlite dans les substrats de croissance commerciaux.

Localisation : Serres de l'Université Laval.

Durée de l'expérience : De 2004 à 2005.

Méthode : La mise en place de l'expérience a été réalisée en janvier 2004. L'expérience évaluait neuf substrats composés de tourbe avec un Von Post de H3 à H5 avec un ajout de sphaigne à différents niveaux. Les traitements ont été répétés six fois et ont été disposés de façon complètement aléatoire.

Résultats : Les résultats les plus prometteurs ont été observés dans le mélange où les particules fines de tourbe de sphaigne brune ont été retirées et où il y a eu ajout de 30 % de fibres de sphaigne. De plus, nos résultats démontrent que la fibre de sphaigne peut, en partie ou complètement, remplacer la perlite dans les substrats horticoles. Tous les résultats de cette expérience sont présentés à l'Annexe 3.

6. Effet de la fertilisation sur l'établissement des bryophytes

Objectif : Déterminer si l'ajout de fertilisant améliore la vitesse d'établissement du tapis de sphaigne.

Localisation : Secteur privé de la tourbière de Shippagan (Figure 12).

Durée de l'expérience : De 2005 à 2007.

Méthode : En septembre 2005, la moitié des six bassins (15 m x 15 m) de culture de sphaigne de même que les deux bassins (15 m x 15 m) sans végétation ont été fertilisés. Le fertilisant utilisé, de la roche phosphatée 0-13-0[1], a été appliqué à raison de 15 kg ha^{-1}.

Résultats : L'ajout de fertilisant ne favorise pas l'établissement des sphaignes. Par contre, la fertilisation semble augmenter légèrement l'établissement des autres bryophytes, telles que *Polytrichum strictum* et *Dicranella cerviculata* (Figure 19). Par ailleurs, nous avons noté que certaines plantes vasculaires présentes naturellement autour de la zone d'étude, tels l'*Eriophorum vaginatum* et le *Chamaedaphne calyculata,* recolonisent progressivement les bassins. Leur couvert est toutefois relativement faible (5 %) et n'est pas influencé par la fertilisation.

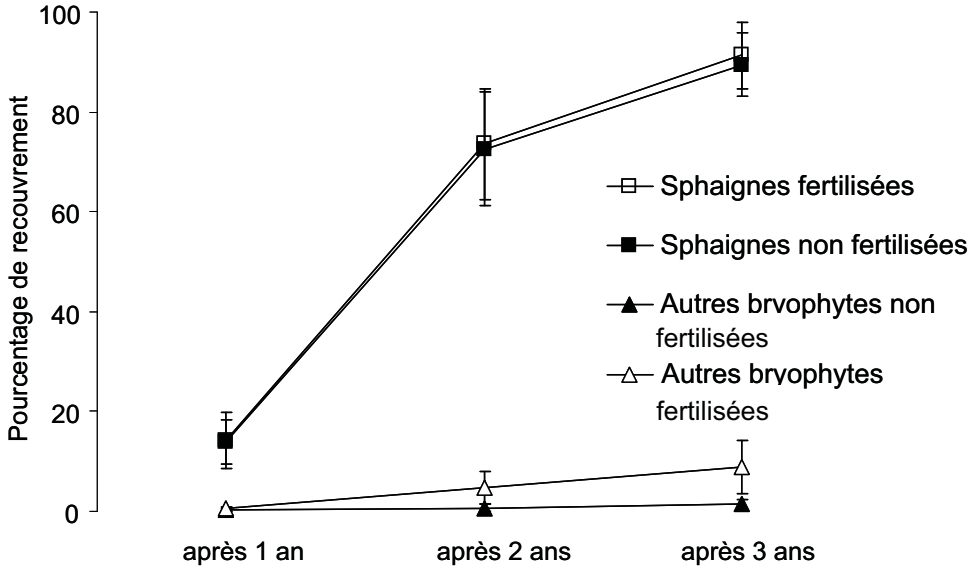

Figure 19. Pourcentage de recouvrement des sphaignes et des autres bryophytes trois années après leur réintroduction pour le cycle de production de 2004 (moyenne ± erreur type).

[1] N-P-K

7. Détermination du cycle de production des sphaignes cultivées comme matériel de réintroduction pour la restauration des tourbières abandonnées

Un des objectifs de la culture de sphaigne étant de fournir une source de matériel pour la restauration des tourbières abandonnées à la suite de la récolte de tourbe par aspiration, une expérience cherchant à évaluer le potentiel des sphaignes cultivées pour la restauration est en cours.

Objectif : Évaluer le nombre d'années nécessaires pour que la sphaigne cultivée dans les bassins atteigne ou dépasse le potentiel de restauration de la sphaigne récoltée en tourbière naturelle.

Méthode : Cette expérience a débuté en 2007 et devait être répétée annuellement jusqu'en 2012. Elle comprend un volet sur le terrain dans un secteur abandonné à la suite de la récolte de la tourbe par aspiration à la tourbière n^{o} 580 située à Lamèque-Portage et un volet en serre à l'Université Laval. Cette expérience compare deux sources de sphaignes, soit des sphaignes d'une zone naturelle et des sphaignes cultivées à la station expérimentale prélevées dans un bassin du secteur gouvernemental (Figure 13). Toutefois, en 2009, l'expérience sur le terrain a malheureusement été enfouie sous la tourbe et les données sont irrécupérables.

Pour pallier cette perte de données, l'expérience a été reprise en 2011 et inclut les cycles de production de 2004, 2006, 2008, 2009 et 2010. En effet, le matériel qui se trouvait dans les tranchées depuis un an (cycle de 2010), deux ans (cycle de 2009), trois ans (cycle de 2008), cinq ans (cycle de 2006) et sept ans (cycle de 2004) a été utilisé au même moment, en 2011, au lieu d'être prélevé une année à la fois à partir du même cycle comme c'était le cas auparavant. L'expérience a été menée dans la tourbière de Lamèque-Portage et dans les serres de l'Université Laval. Nous pourrons donc évaluer simultanément les matériels de un, deux, trois, cinq et sept ans après l'initiation des cycles de production de culture de sphaigne.

Résultats : Les résultats de 2008 et les détails de cette expérience sont présentés dans le rapport d'activités du Groupe de recherche en écologie des tourbières (Boudreau et Rochefort, 2009).

Puisque les parcelles expérimentales ont été mises en place en 2011, il n'y a pas encore de données disponibles pour la nouvelle phase de ce projet. Le recouvrement par espèce de la végétation devant être réintroduite à Lamèque-Portage a été estimé au moment de la récolte. Il sera ainsi possible de comparer les recouvrements dans les parcelles expérimentales avec ceux évalués au moment de la récolte. Les pourcentages de recouvrement originaux sont présentés dans le Tableau 3. Les sphaignes les plus communes étaient *Sphagnum rubellum*, *S. magellanicum* et *S. flavicomans*. Les autres mousses comprenaient surtout du *Polytrichum strictum*. Le *Vaccinium oxycoccos* et le *Chamaedaphne calyculata* composaient la majeure partie des éricacées. Finalement, les plantes de type herbacé les plus communes étaient le *Drosera rotundifolia* et les *Eriophorum* (*E. angustifolium* et *E. vaginatum*).

L'expérience en serre n'a pas fonctionné. Le matériel végétal rapporté du terrain a été congelé par inadvertance à des températures trop froides et est mort.

Tableau 3. Pourcentage de recouvrement (moyenne ± erreur type) par groupe de plantes dans les quadrats donneurs pour la réintroduction sur les parcelles expérimentales à Lamèque-Portage. (n = 9 pour tous les cycles sauf pour celui de 2004 où n = 8.)

Cycle de production	Années depuis la mise en place du cycle	Sphaignes	Autres mousses, hépatiques et lichens	Éricacées	Herbacées
Ship-2004	7	**88** ± 5	**5** ± 2	**3** ± 1	**16** ± 3
Ship-2006	5	**91** ± 3	**3** ± 0	**4** ± 1	**18** ± 3
Ship-2008	3	**77** ± 2	**13** ± 2	**0** ± 0	**2** ± 1
Ship-2009	2	**20** ± 5	**7** ± 2	**1** ± 0	**5** ± 1
Ship-2010	1	**56** ± 8	**3** ± 1	**6** ± 2	**3** ± 0
Ship-NAT	-	**97** ± 1	**2** ± 1	**29** ± 4	**9** ± 1

8. Effet des plantes vasculaires et des structures sur la croissance verticale des sphaignes

Voici la description d'une partie du projet mené par **Rémy Pouliot**, pendant ses études de doctorat sous la supervision de Line Rochefort, en lien avec la station de culture de sphaigne (voir Pouliot, 2011; Pouliot et al. 2011).

Problématique :

Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer la formation de la microtopographie des tourbières. Il semble que les motifs de surface à petite échelle, comme le gradient de buttes et de dépressions, pourraient s'initier à partir des propriétés intrinsèques des espèces présentes, et ce, en seulement quelques années ou décennies. Cependant, la formation de ce gradient a été très peu étudiée même si plusieurs idées ont été lancées pour expliquer la genèse des buttes de sphaignes. Par exemple, les interactions entre les plantes vasculaires et les sphaignes sont peut-être essentielles à la formation des buttes. Par leurs structures physiques ou par leurs échanges avec l'environnement, les plantes vasculaires pourraient favoriser l'apparition et la croissance verticale des espèces de sphaignes typiques des buttes. En fait, il est possible que les tiges des plantes vasculaires fournissent un support physique aux sphaignes pour croître, favorisant ainsi le développement du tapis muscinal. Dans le cadre du projet de culture de sphaigne, cette étude permettra de déterminer si la présence de plantes vasculaires favorise une accumulation plus rapide de biomasse de sphaigne.

Objectifs :

1) Déterminer l'effet des plantes vasculaires vivantes sur la croissance verticale des sphaignes.

2) Déterminer l'effet des structures inertes imitant les plantes vasculaires sur la croissance verticale des sphaignes.

Localisation :

Serres de l'Université Laval et secteur privé de la tourbière de Shippagan (Figure 12).

Durée de l'expérience :

De mai 2006 à février 2009.

Matériel et méthode :

Trois expériences ont été mises en place. Une première a été menée sur le terrain dans le secteur privé de la tourbière de Shippagan (juillet 2006 à juillet 2008) et deux expériences se sont déroulées en serre à l'Université Laval (de juillet 2007 à avril 2008 et de mai 2008 à février 2009).

Pour l'expérience sur le terrain et l'expérience en serre (juillet 2007 à avril 2008), il y avait six blocs et six traitements. Ceux-ci ont été appliqués sur un tapis de sphaignes sans topographie.

En serre, pour recréer un tapis de sphaignes, nous avons récolté les premiers trois centimètres de matériel végétal à la surface d'une tourbière naturelle. Le matériel végétal a été trié pour enlever

les plantes vasculaires et pour conserver uniquement *Sphagnum rubellum*. Le matériel a ensuite été introduit dans des bacs de culture selon un ratio de 1:3. Les bacs étaient préalablement remplis de tourbe blonde peu décomposée. Les traitements sélectionnés pour ces deux expériences sont les suivants : 1) *Chamaedaphne calyculata* vivant, 2) *Eriophorum vaginatum* var. *spissum* vivant, 3) *Eriophorum angustifolium* vivant, 4) structure d'éricacées mortes, 5) piquets de bois verticaux (imitation de troncs de ½ pouce de diamètre) et 6) témoin. Ces six traitements ont été répartis aléatoirement dans des bacs de culture (0,52 m x 0,34 m = 0,177 m^2) et répétés dans six blocs en serres. La température variait entre 16 et 23 °C et l'humidité relative était en moyenne autour de 40 %.

Sur le terrain, les traitements étaient répartis aléatoirement dans des parcelles de 1,5 m x 1,5 m et répétés dans six blocs du secteur privé de la tourbière de Shippagan (Figure 17). Deux séries de mesures ont été prises, en juillet 2007 et en juillet 2008. La hauteur des sphaignes depuis leur réintroduction a été mesurée (40 sphaignes par parcelle). Pour l'expérience en serre, la même mesure a été prise, mais à des intervalles plus courts (une fois par mois entre septembre 2007 et avril 2008). Dans ce cas, les mesures de hauteur ont été prises entre des points fixes placés au-dessus du tapis de sphaignes et la surface du tapis (cinq fils tendus sous lesquels dix hauteurs ont été prises au même endroit périodiquement). La différence dans les mesures de hauteur entre deux périodes de temps correspondait à la croissance verticale durant cette période. Des mesures de biomasse ont aussi été prises à la fin des expériences. Pour ce faire, la biomasse de sphaigne formée depuis le début de l'expérience a été récoltée, les plantes vasculaires ont été enlevées et la biomasse a été séchée puis pesée.

L'expérience en serre (mai 2008 à février 2009) comprenait également quatre blocs, mais elle comprenait cette fois neuf traitements. En plus des traitements retrouvés dans les deux autres expériences, trois nouveaux traitements ont été appliqués pour vérifier de façon plus poussée l'effet des structures verticales inertes, soit : 7) piquets de bois verticaux (1 pouce de diamètre), 8) piquets de bois verticaux (¼ pouce de diamètre) et 9) pailles en plastique (¼ pouce de diamètre). La densité des plantes vasculaires vivantes était aussi maintenue aux alentours de 50 % de couvert. La température variait entre 17 et 22 °C et l'humidité relative était en moyenne de 65 % (environ 25 % de plus que pour l'autre expérience en serre).

Les mêmes mesures de croissance que pour la première expérience en serres ont été prises, une fois par mois, entre août 2008 et février 2009, en plus de la mesure de biomasse finale.

Résultats :

Les résultats de l'étude sur le terrain montrent que les traitements avec les plantes vasculaires vivantes et leurs structures inertes ont permis une meilleure croissance verticale des sphaignes (Figure 20). En effet, la croissance des sphaignes a été favorisée, en ordre décroissant d'importance, par la présence d'*Eriophorum vaginatum*, d'*Eriophorum angustifolium* et d'éricacées mortes. Le traitement de *Chamaedaphne calyculata* n'a pas donné les résultats espérés.

La situation s'est avérée quelque peu différente lors de l'expérience menée en serre entre juillet 2007 et avril 2008 (5). Dans ce cas, l'*Eriophorum angustifolium* n'a pas favorisé l'élongation verticale des sphaignes. Cette fois, la croissance des sphaignes a été d'abord favorisée par la présence de *Chamaedaphne calyculata*, puis par les piquets de bois verticaux et par l'*Eriophorum vaginatum* (2,2 fois plus élevée que pour le témoin).

Une des raisons pouvant expliquer une si grande différence entre les traitements impliquant *Eriophorum angustifolium* est l'abondance de cette espèce en serre et sur le terrain. En effet, en serre, *Eriophorum* présentait un couvert très dense de près de 100 %, alors que sur le terrain, son couvert était d'environ 90 % et il était peu dense. En serre, la compétition des sphaignes pour la lumière avec les plantes vasculaires de type *Eriophorum* était probablement trop élevée pour favoriser une bonne croissance.

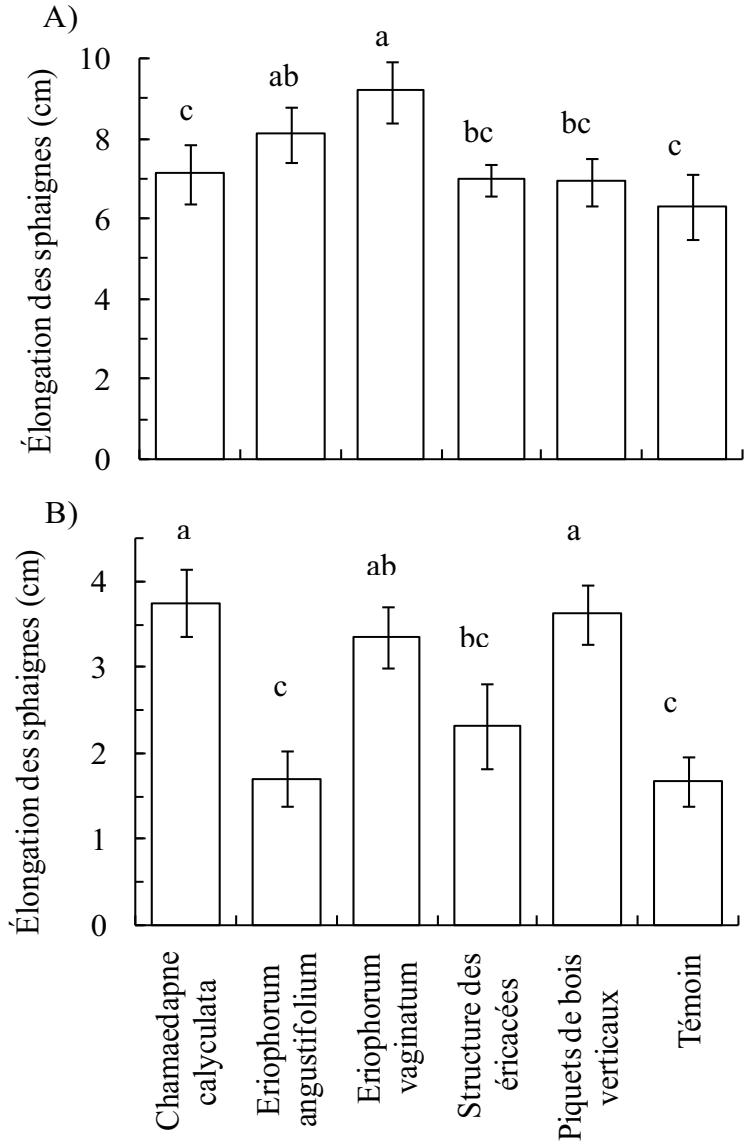

Figure 20. A) Croissance verticale des sphaignes (moyenne ± écart type) pour l'expérience 1 (sur le terrain). La croissance correspond à l'élongation depuis la réintroduction des sphaignes faite en 2004 (donc après quatre ans). Les traitements ont été appliqués en juillet 2006. B) Croissance verticale des sphaignes (moyenne ± écart type) pour l'expérience 2 (en serre). La croissance correspond à l'élongation depuis la première période de mesures qui est le point zéro de l'expérience. Une lettre distincte indique une différence significative (LSD protégés, α = 0,05).

Par contre, le traitement avec des éricacées vivantes (*Chamaedaphne calyculata*) a permis une bonne croissance des sphaignes en serre, probablement parce qu'il y avait davantage de structures disponibles pour leur développement. De plus, celles-ci ont pu profiter d'un microclimat plus humide et plus constant dans le temps. Les éricacées possèdent également une structure en trois dimensions, ce qui a offert plus de points de support pour la croissance verticale des sphaignes que la structure en deux dimensions des herbacées.

Par contre, sur le terrain, les plants de *Chamaedaphne calyculata* n'ont pas très bien poussé, ce qui peut expliquer l'absence d'effet sur l'élongation des sphaignes. Par ailleurs, lorsque les sphaignes réussissaient à avoir un accès suffisant à la lumière, les touradons d'*Eriophorum vaginatum* offraient une meilleure structure de croissance que les tiges cylindriques d'*Eriophorum angustifolium*. Finalement, la présence de piquets de bois verticaux a permis une étonnante croissance des sphaignes en serre. En effet, la rugosité des piquets leur a fourni des points d'ancrage, et ce, malgré une structure en trois dimensions inexistante.

Concernant la biomasse à la fin de l'expérience en serre menée de juillet 2007 à avril 2008, les traitements avec les structures inertes (piquets verticaux et structures d'éricacées) et le témoin sont ceux qui ont permis une meilleure accumulation de sphaigne (Figure 21). La biomasse de sphaigne des bacs témoins était 81 % plus grande que sous le traitement d'*Eriophorum vaginatum*, qui ne favorise pas l'accumulation de biomasse de sphaigne. Le traitement le plus efficace pour favoriser à la fois une bonne croissance et une bonne accumulation de biomasse a donc été celui avec les piquets de bois verticaux.

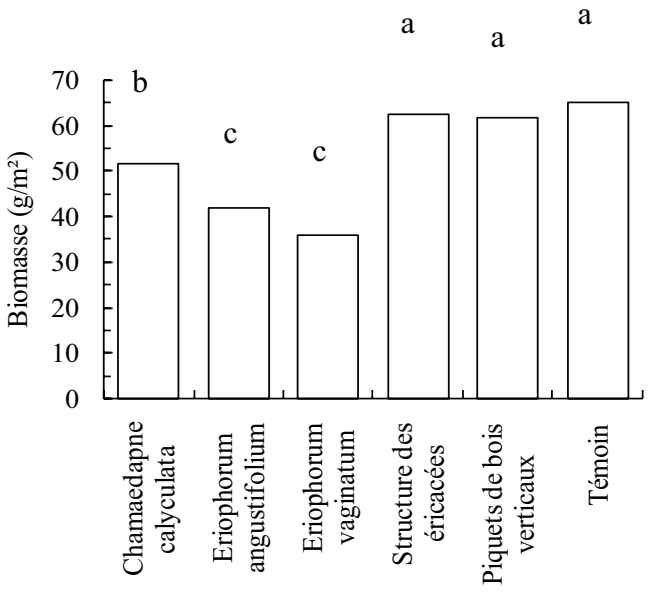

Figure 21. Biomasse de sphaigne (moyenne ± écart type) accumulée pendant neuf mois de croissance dans l'expérience en serre de 2007 à 2008. Une lettre distincte indique une différence significative (LSD protégés, α = 0,05)

À partir des résultats très prometteurs des piquets de bois verticaux obtenus lors de la première expérience en serre, trois nouveaux traitements, impliquant des piquets de bois verticaux, ont été appliqués pour la deuxième expérience menée en serre de mai 2008 à février 2009. Pour celle-ci,

les résultats montrent une élongation des sphaignes environ deux fois supérieure à celle de la première expérience en serre, et ce, pour tous les traitements. La seule conclusion possible est que le traitement avec des *Eriophorum angustifolium* a permis une élongation environ 1,4 fois plus grande que le témoin. En conclusion, selon cette seconde expérience, un couvert peu dense d'*Eriophorum angustifolium* permettrait une bonne élongation des sphaignes.

Bien que l'*Eriophorum angustifolium* ait favorisé l'élongation des sphaignes dans les deux expériences en serre, la biomasse finale était inférieure en présence de plantes vasculaires vivantes (*Chamaedaphne calyculata, Eriophorum vaginatum* et *Eriophorum angustifolium*) qu'en présence de structures inertes (structures d'éricacées et piquets de bois verticaux) ou d'aucune structure. En conclusion, sous des conditions de croissance optimale, comme c'est le cas dans une serre, la présence des plantes vasculaires n'est pas nécessairement un avantage au niveau de l'accumulation de la biomasse.

Il semble que les plantes vasculaires favorisent l'élongation verticale des sphaignes. Cependant, dans un contexte de culture de sphaignes, il n'est peut-être pas souhaitable d'avoir des racines ou d'autres parties de plantes vasculaires dans la fibre de sphaignes. Dans ce cas, il serait intéressant d'inclure certaines structures inertes imitant les plantes vasculaires dans les tapis de sphaignes, comme des piquets de bois verticaux. D'un autre côté, si la présence des plantes vasculaires importe peu, par exemple si la culture des sphaignes sert à produire du matériel pour restaurer un site, la présence de plantes vasculaires vivantes (surtout des éricacées) serait un atout pour favoriser la croissance verticale et la densification du tapis muscinal, en plus de fournir une banque de graines.

9. Croissance de sphaignes des sections taxonomiques *Acutifolia* et *Sphagnum* introduites en présence de structures artificielles et naturelles dans un contexte de production de biomasse

Voici un projet mené par **Hélène Picard**, pendant ses études de maîtrise sous la supervision de Line Rochefort, en lien avec la station de culture de sphaigne (voir Picard 2010).

Problématique :

D'après les résultats préliminaires de Rémy Pouliot (voir la section 8: Effet des plantes vasculaires et des structures sur la croissance verticale des sphaignes), la croissance des sphaignes de la section *Acutifolia* serait favorisée par la présence de plantes vasculaires (éricacées vivantes et mortes) ou de structures artificielles imitant le tronc de petits arbustes. Est-ce la même tendance pour les sphaignes des autres sections taxonomiques?

Objectifs :

1) Comparer les taux d'établissement et de croissance des sphaignes des sections *Sphagnum* (introduites avec *Sphagnum fallax*) et *Acutifolia* en présence ou en l'absence de structures naturelles ou artificielles.

2) Déterminer quel type de traitement (avec ou sans structures) facilite l'établissement et la croissance des sphaignes des sections *Sphagnum* (introduites avec *S. fallax*) et *Acutifolia.*

3) Déterminer les espèces de sphaignes à promouvoir dans une culture de sphaignes à grande échelle afin d'obtenir des taux d'établissement et de production élevés.

Localisation :

Secteur privé (Figure 12) et secteur gouvernemental (Figure 13) de la tourbière de Shippagan.

Durée de l'expérience :

De mai 2008 à octobre 2009.

Matériel et méthode :

Le succès d'établissement et la croissance de quatre communautés mono- ou plurispécifiques de sphaignes en fonction de quatre types de structuration de leur environnement ont été expérimentés selon un dispositif de plan en blocs complets. Les cinq blocs contiennent chacun 16 parcelles de 0,75 m x 1 m dans lesquelles sont distribués aléatoirement les traitements issus de la combinaison des facteurs (Figure 22a).

Le premier facteur, soit les différents types de structures, comprend quatre niveaux : 1) piquets de bois, 2) tiges vivantes de *Chamaedaphne calyculata,* 3) tiges mortes de *Chamaedaphne calyculata* (Figure 22b) et 4) aucune structure (témoin). Le deuxième facteur évalué, soit les quatre mélanges de sphaignes, comprend également quatre niveaux : 1) *Sphagnum rubellum* (section *Acutifolia*), 2)

Sphagnum fuscum (section *Acutifolia*), 3) un mélange en quantités égales de *Sphagnum magellanicum* (section *Sphagnum*) et de *Sphagnum fallax* (section *Cuspidata*), pour obtenir un ratio d'ensemencement total de 1:10, et 4) un mélange de *Sphagnum papillosum* (section *Sphagnum*) et de *S. fallax*.

19a. Bloc expérimental démontrant la dispersion d'espèces de sphaignes sous des structures artificielles ou naturelles (station expérimentale de Shippagan).

19b. Introduction de *Sphagnum magellanicum* et de *Sphagnum fallax* sous des tiges mortes de *Chamaedaphne calyculata* (station expérimentale de Shippagan).

Figure 22. Expérience visant l'étude de la croissance de la sphaigne sous l'influence de structures.

La récolte du matériel et l'introduction (plantes vasculaires et sphaignes) ont été effectuées en mai 2008. Le ratio d'ensemencement était de 1:10. Le matériel a été récolté dans les secteurs naturels de la tourbière de Shippagan, ainsi que dans une partie naturelle de la tourbière n^{o} 580 située à Lamèque-Portage. Les arbustes vivants de *C. calyculata*, d'une hauteur de 25 à 30 cm et qui possédaient des tiges et des racines bien développées, ont été sélectionnés dans les secteurs naturels du site d'étude à Shippagan.

Dans chaque parcelle, 18 structures ont été plantées avant l'introduction des fragments de sphaignes. Les fragments ont ensuite été recouverts d'un paillis de paille afin d'améliorer les conditions d'humidité. Par la suite, un filet a été ajouté afin d'éviter la dispersion par le vent et par l'eau. À l'automne 2009, 22 structures ont été ajoutées autour de chacun des traitements comportant initialement des structures afin de créer une zone tampon, portant le total de structures à 40 par traitement.

Le pourcentage de recouvrement a été estimé pour chaque espèce à l'aide de trois quadrats de 25 cm x 25 cm disposés systématiquement dans les parcelles. Cette mesure a été effectuée à la fin de la première saison de croissance (octobre 2008). Une deuxième série de mesures a été effectuée en octobre 2009, incluant des mesures de la hauteur du tapis de sphaigne (quatre par quadrat).

Résultats :

Après une saison de croissance, *Sphagnum rubellum* a obtenu un couvert moyen de 40 % pour l'ensemble des structures, ce qui représente les meilleurs taux d'établissement pour tous les mélanges de sphaignes (Figure 23). Les traitements comportant du *S. fuscum* ont obtenu un couvert moyen de 22 % et correspondent aux traitements les moins performants comparés à la moyenne des autres traitements. Aussi, les pourcentages de recouvrement moyens des deux mélanges plurispécifiques de sphaignes, soit *S. fallax* avec *S. magellanicum* (33 %), et *S. fallax* avec *S. papillosum* (30 %), se sont avérés supérieurs à ceux de *S. fuscum*, de 11 % et 8 % respectivement (Figure 23). Les sphaignes de la section *Acutifolia* (moyenne de recouvrement de 31 %) n'ont pas surclassé les mélanges plurispécifiques de sphaignes (section *Sphagnum* en mélange avec *S. fallax*; moyenne de recouvrement de 32 %) après une saison de croissance.

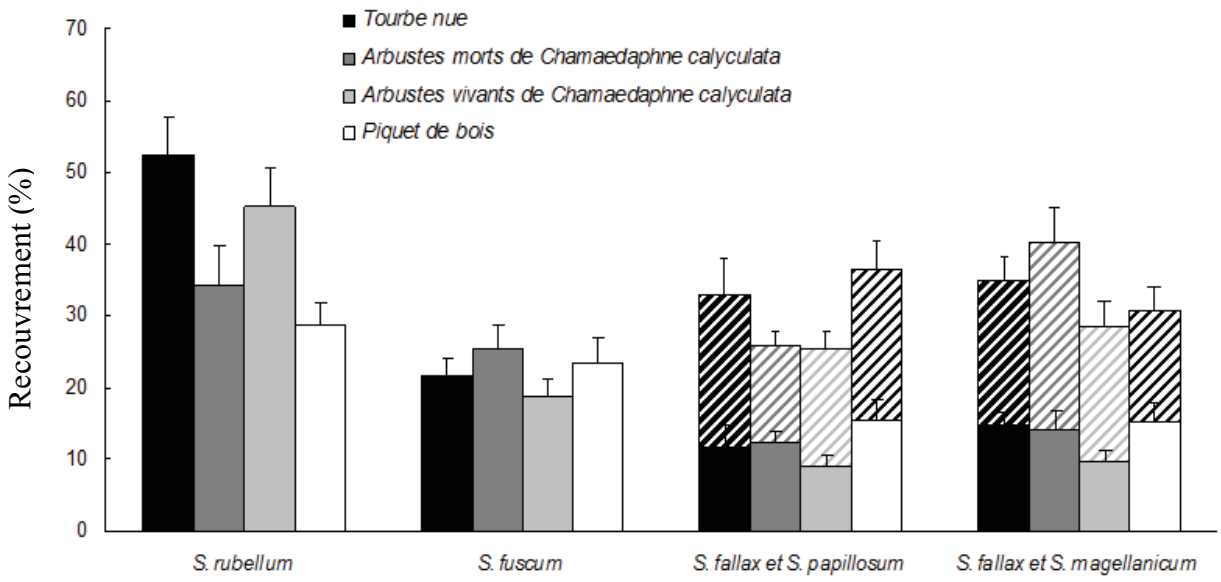

Figure 23. Succès d'établissement de différents mélanges mono ou plurispécifiques de sphaignes après structuration de leur microenvironnement. Les rayures indiquent le recouvrement de *Sphagnum fallax* pour chaque type de structure. Les demi-barres I représentent l'erreur type.

Malgré l'absence d'interaction et d'effet de la structuration de l'environnement sur l'établissement des sphaignes, il est possible de remarquer que dans les traitements avec du *S. rubellum*, les pourcentages de recouvrement les plus élevés sont ceux sur tourbe nue (sans structures; 52 %) et sous des arbustes vivants de *Chamaedaphne calyculata* (45 %).

Les résultats obtenus suggèrent que lors de la première saison de croissance, l'établissement des sphaignes n'est pas affecté par la présence de structures lorsque les conditions de croissance sont idéales, c'est-à-dire avec une nappe phréatique élevée et des précipitations bien distribuées durant la saison de croissance. Ainsi, en présence de conditions d'humidité très propices, les sphaignes ne semblent pas bénéficier de l'effet positif des structures sur le microclimat pour faciliter leur établissement.

Les résultats qui seront obtenus à la suite de cette expérience permettrent d'apporter de nouvelles connaissances sur les associations végétales (vasculaires-sphaignes) à favoriser pour un

établissement rapide d'un tapis de sphaignes et obtenir une production élevée par la suite. Les structures sont encore en place, il serait encore possible de prendre d'autres données pour voir l'évolution du système dans les prochaines années.

10. Culture de sphaignes de la section taxonomique *Sphagnum* selon différents conditionnements du substrat de croissance

Voici un projet mené par **Hélène Picard**, pendant sa maîtrise, sous la supervision de Line Rochefort, et qui est en lien avec la station de culture de sphaigne (voir Picard, 2010).

Problématique :

Les sphaignes de la section taxonomique *Sphagnum* possèdent des caractéristiques intéressantes de porosité et d'absorption/rétention des liquides et constituent un type de fibre recherché par l'industrie horticole. Par contre, ces espèces ne s'établissent pas facilement lorsque réintroduites directement sur un substrat de tourbe nue.

Au contraire, les sphaignes de la section *Cuspidata*, comme *Sphagnum fallax*, croissent et se régénèrent rapidement sur la tourbe nue sous des conditions très humides. L'introduction de sphaignes de cette section permettrait de conditionner le substrat, ce qui le rendrait plus favorable pour les sphaignes de la section *Sphagnum*.

Au Chili, il est de pratique courante d'ensemencer *Sphagnum magellanicum* (section *Sphagnum*) sur des tapis de sphaignes de la section *Cuspidata*. Ainsi, le réensemencement de sphaignes de la section *Sphagnum* sur des tapis bien établis de *Cuspidata* pourrait être pratiqué également en Amérique du Nord afin d'augmenter la rapidité d'établissement des espèces de la section *Sphagnum*.

Objectifs :

1) Comparer les taux d'établissement et de production de biomasse de sphaignes de la section *Sphagnum* sur différents conditionnements du substrat et selon des introductions monospécifiques ou plurispécifiques.

2) Déterminer le ou les types de conditionnement facilitant l'établissement des sphaignes de la section *Sphagnum*.

3) Déterminer les espèces de sphaignes à promouvoir dans une culture de sphaignes à grande échelle afin d'obtenir des taux d'établissement et de biomasse élevés.

Localisation :

Secteur privé de la tourbière de Shippagan (Figure 12) et serres de l'Université Laval.

Durée de l'expérience :

De janvier 2008 à septembre 2009.

Matériel et méthode :

Expérience en serre

Une expérience factorielle a été mise en place afin d'évaluer le succès d'établissement et la croissance de deux espèces de sphaignes de la section *Sphagnum* (premier facteur), soit *S. magellanicum* et *S. papillosum*. L'étude cherchait également à connaître l'effet d'un deuxième facteur, soit l'introduction des sphaignes de la section *Sphagnum* sur quatre types de conditionnement du substrat : 1) *S. fallax* déjà établi à densité forte, 2) *S. fallax* déjà établi à densité faible, 3) introduction simultanée de sphaignes de la section *Sphagnum* et de *S. fallax* sur tourbe nue et 4) aucun conditionnement (introduction des sphaignes de la section *Sphagnum* sur tourbe nue). Les traitements issus de ces combinaisons ont été répartis dans des bacs de culture de 0,71 m x 1,11 m préalablement remplis de tourbe (Von Post H3) et divisés en deux selon un dispositif expérimental de plan en tiroirs répété six fois.

Les sphaignes utilisées pour l'expérience ont été récoltées à la tourbière de Saint-Charles-de-Bellechasse (6 novembre 2007) et ont été réfrigérées à une température de 4 °C pendant deux mois. Elles ont par la suite été congelées (-4 °C) jusqu'à une semaine avant l'ensemencement.

En mars 2008, nous avons procédé à l'introduction de *S. fallax* à des densités de 1:4 (faible) et de 1:2 (densité forte). Le niveau d'eau était maintenu à 5 cm sous la surface de la tourbe.

Lorsque les tapis de *S. fallax* furent bien établis (après trois mois de croissance), *S. magellanicum* et *S. papillosum* ont été introduits (densité d'environ 1:2). Il est à noter que l'introduction simultanée de *S. fallax* à faible densité avec l'une ou l'autre des deux espèces de la section *Sphagnum* a été effectuée au même moment. Le niveau d'eau était alors maintenu à 10 cm sous la surface de la tourbe.

Diverses données ont été prises au cours ou à la fin de l'expérience :

Estimation du pourcentage de recouvrement et dénombrement des capitules de chaque espèce à l'aide deux quadrats de 15 cm x 15 cm par sous-parcelle (moitié de bac). Les mesures ont été effectuées une fois toutes les trois semaines au début de l'expérience puis une fois par mois à partir de juillet 2008. La densité a été mesurée jusqu'au mois de juin 2008 seulement.

Afin de déterminer la biomasse finale pour chaque espèce de sphaignes, tout le matériel végétal a été récolté à la fin de l'expérience, puis un échantillon de chaque sous-parcelle a été trié, séché et pesé.

L'élongation des tiges de sphaigne a été évaluée à partir de trois échantillons d'une dizaine de tiges de sphaigne par sous-parcelle.

Des mesures ont aussi été prises pour caractériser la tourbe, le climat et l'humidité des substrats.

Expérience sur le terrain

Le succès d'établissement et la croissance des sphaignes ont été évalués selon deux facteurs. Le premier facteur vérifiait l'effet du type de conditionnement du substrat et comprenait : 1) de la tourbe nue, 2) un tapis de sphaigne de la section *Cuspidata* établi depuis un an à un ratio initial de

1:10 et 3) du *S. fallax* (section *Cuspidata*) introduit (ratio de 1:10) en même temps que les sphaignes de la section *Sphagnum* (ratio de 1:10). Le deuxième facteur évaluait les différentes performances de deux espèces de sphaigne de la section *Sphagnum*, soit *S. magellanicum* et *S. papillosum*. Les traitements ont été distribués dans des parcelles de 1 m x 1 m selon un dispositif expérimental de plan en tiroirs répétés dans six blocs dispersés dans le secteur privé de la tourbière de Shippagan (Figure 12).

La récolte des sphaignes et l'introduction ont été effectuées en mai 2008. Le ratio d'ensemencement était de 1:10. Le matériel a été récolté dans les zones naturelles de la tourbière de Shippagan, ainsi que dans une partie naturelle de la tourbière n^{o} 580 située à Lamèque-Portage. Les sphaignes fraîchement introduites ont été recouvertes d'un paillis de paille afin d'améliorer les conditions d'humidité et d'un filet pour éviter la dispersion par le vent et par l'eau.

Diverses mesures ont été prises au cours ou à la fin de l'expérience :

Estimation du pourcentage de recouvrement de chaque espèce à l'aide de trois quadrats de 25 cm x 25 cm dans chaque sous-parcelle. Les mesures ont été effectuées à la fin de la première saison de croissance (octobre 2008) et une deuxième série de mesures a été effectuée en octobre 2009.

Diverses mesures ont aussi été prises pour caractériser la tourbe (analyses chimiques), la hauteur de la nappe phréatique et l'humidité des substrats.

Résultats :

Expérience en serre : recouvrement

En serre, après une période de croissance de 24 semaines, les sphaignes de la section *Sphagnum* établies en monoculture ont obtenu les meilleurs pourcentages de recouvrement, soit un taux moyen de 62 % en comparaison à 34 % pour l'ensemble des autres traitements (Figure 24).

Par contre, à la semaine 12, le traitement sans conditionnement fut le moins performant de tous les traitements (seulement 16 % de recouvrement; Figure 24). À la douzaine semaine, c'est plutôt celui de l'introduction simultanée des fragments de *S. fallax* avec les espèces de la section *Sphagnum* qui montrait le meilleur recouvrement (26 %). Le taux moyen de recouvrement de *S. magellanicum* était supérieur à celui de *S. papillosum* pour l'ensemble des conditionnements, et ce, dès la neuvième semaine.

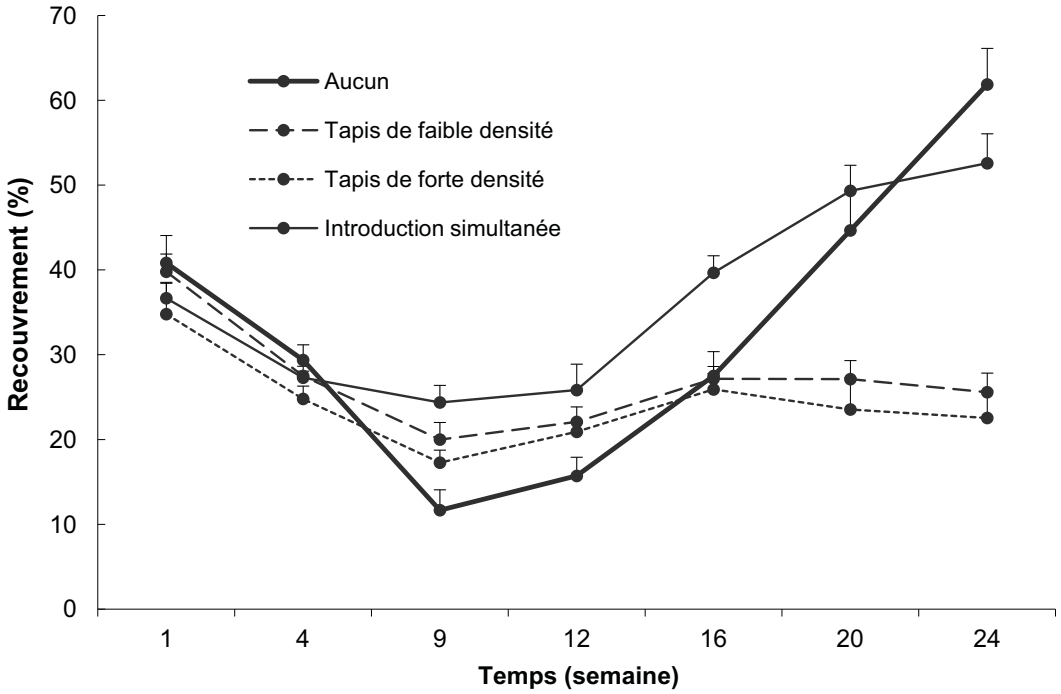

Figure 24. Effet des conditionnements du substrat de croissance sur la vitesse d'établissement des sphaignes de la section *Sphagnum* pour une période de 24 semaines en serre. Les demi-barres I représentent l'erreur type.

Expérience en serre : accumulation de biomasse

En serre, les sphaignes de la section *Sphagnum* introduites simultanément avec *S. fallax* ont obtenu les accumulations de biomasse sèche les plus élevées. Pour ce traitement, après six mois de croissance, *S. magellanicum* avait accumulé 157 g m^{-2} de biomasse et *S. papillosum* 134 g m^{-2}.

Les sphaignes introduites sur un substrat de tourbe non conditionné présentaient quant à elles les valeurs les plus basses de biomasse accumulée lorsque comparées à l'ensemble des autres traitements : 101 g m^{-2} pour *S. magellanicum* et 85 g m^{-2} pour *S. papillosum*. Cette faible accumulation est expliquée par le fait que, malgré le pourcentage de recouvrement élevé, l'élongation des tiges était très faible à la fin de l'expérience (l'élongation la plus faible de tous les traitements).

Expérience sur le terrain : recouvrement

Le traitement témoin, sur tourbe nue, a été celui avec les meilleurs taux d'établissement des sphaignes de la section *Sphagnum,* avec des valeurs de 38 % pour *S. magellanicum* et 42 % pour *S. papillosum*, après une saison de croissance. Il n'y avait aucune différence entre les sphaignes de la section *Sphagnum* introduites simultanément avec *S. fallax* et celles introduites sur un substrat conditionné préalablement par des espèces de la section *Cuspidata.* Le pourcentage de recouvrement de *S. magellanicum* était de 22 % et celui de *S. papillosum* de 26 % lorsqu'introduites simultanément avec *S. fallax*. Lorsque ces deux espèces étaient introduites sur des tapis préétablis de *Cuspidata*, le pourcentage de recouvrement était de 19 % pour *S. magellanicum* et de 17 % pour *S. papillosum* (Figure 25).

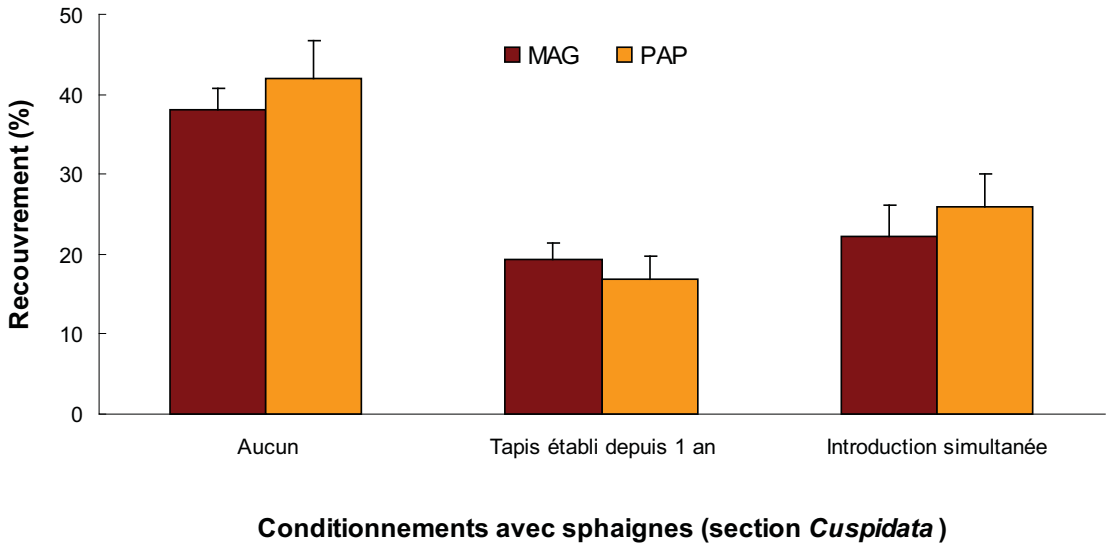

Figure 25. Effet du conditionnement sur le succès d'établissement des espèces de la section *Sphagnum* après quatre mois de croissance sur le terrain. Les demi-barres I représentent l'erreur type de la moyenne. Légende : MAG (*Sphagnum magellanicum)* et PAP (*Sphagnum papillosum).*

L'étude permet de conclure que lorsque les conditions d'humidité sont optimales, des interactions de compétition entrent en jeu entre les espèces, ce qui nuit au succès d'établissement de *S. magellanicum* et de *S. papillosum* lorsque ces dernières sont introduites en présence de *S. fallax*. Toutefois, lors de périodes de sécheresse plus prononcées, au début de l'établissement, les fragments des deux espèces de la section *Sphagnum* profitent de la présence d'une espèce qui croît et se régénère rapidement comme *S. fallax* (Figure 26).

Est-il préférable de cultiver les espèces de la section *Sphagnum* à l'état pur malgré des effets significatifs d'un conditionnement du substrat de croissance lors de périodes de sécheresse importante? Si l'on souhaite développer de nouveaux substrats de croissance en horticulture selon les propriétés propres de chacune des espèces de sphaignes, l'utilisation d'espèces provenant de différentes sections taxonomiques peut être avantageuse. Toutefois, dans un contexte de production de grosses fibres de sphaignes dans un laps de temps relativement court, il est préférable d'introduire uniquement des sphaignes de la section *Sphagnum*. Ainsi, il faudrait étudier les avantages d'une amélioration des conditions d'humidité du site de culture ou de l'introduction de plus grandes densités de sphaignes de la section *Sphagnum* comparativement à une introduction plurispécifique de sphaignes.

26a. *Sphagnum papillosum* introduit simultanément avec *Sphagnum fallax*, après une saison de croissance sur le terrain.

26b. *Sphagnum magellanicum* (sphaigne rosée) introduit sur un tapis de *Sphagnum fallax* (sphaigne verte) à faible densité, après cinq mois de croissance en serre.

Figure 26. Exemples de traitements de conditionnement du substrat pour la croissance de sphaignes de la section taxonomique *Sphagnum.*

11. Contrôle des plantes vasculaires

Objectif : Advenant un envahissement majeur par des plantes vasculaires dans un site de culture de sphaignes, nous tentons de trouver des techniques simples et efficaces pour contrer ce problème. Dans l'optique d'une production de mousse florale ou d'une production de substrat de culture de haute qualité, un moyen de contrôle simple et efficace des plantes vasculaires serait un outil avantageux afin de ne pas nuire à une production monospécifique de sphaignes.

Localisation : Secteur gouvernemental de la tourbière de Shippagan (Figure 13).

Durée de l'expérience : De mai 2008 à septembre 2012.

Méthode : Une expérience a été mise en place en juin 2008. Depuis, quatre traitements sont appliqués sur les plantes vasculaires : 1) elles sont coupées à l'aide d'un coupe-bordure, 2) recouvertes d'une deuxième couche de paille, 3) contrôlées au moyen d'un herbicide domestique et 4) ne subissent aucun traitement. Ces traitements sont répétés dans cinq blocs situés dans les bassins du secteur gouvernemental et sont distribués aléatoirement dans des parcelles de 8 m x 3 m. L'herbicide domestique utilisé pour le traitement 3 est le *Roundup*. L'application a été effectuée sur les plantes vasculaires seulement, en prenant soin de ne pas toucher les sphaignes. Toutes les recommandations relatives à l'utilisation de ce produit ont été respectées.

Résultats : En 2008, le suivi des expériences à l'aide de relevés de végétation avait apporté peu de résultats, car le suivi des plantes à l'aide de quadrats de végétation était trop général.

En juin 2009, une observation axée sur les plantes à problèmes, soit les touradons *d'Eriophorum vaginatum*, a été effectuée. Nous avons fait une observation générale de la parcelle ainsi qu'un décompte des touradons morts et vivants d'*Eriophorum vaginatum.* Cette plante vasculaire est la plus problématique à la station de culture de sphaigne, car elle prend beaucoup de place et pousse en coussins serrés. À la suite de ce relevé, nous avons déterminé que le traitement avec l'herbicide *Roundup* était le plus efficace. En août 2009, une vingtaine de touradons ont été traités au *Roundup* et ont fait l'objet d'un suivi en 2010 pour s'assurer que ce produit ne nuise pas la sphaigne sous-jacente. Selon les observations de 2010, le *Roundup* appliqué sur les touradons n'a pas d'effet sur la sphaigne se trouvant sous ceux-ci.

Une nouvelle approche a été entreprise durant l'été 2010. Il s'agissait de couper les touradons à l'aide d'un coupe-bordure. Les observations qualitatives faites en 2011 semblent indiquer que la taille des touradons empêche une repousse efficace. D'autres observations seront faites en 2012. De plus, une autre approche de coupe répétée des touradons sera expérimentée à l'aide d'un coupe-bordure en 2012, soit en début de saison de croissance (après que les plants auront terminé leur investissement en fleurs et en fruits, en juin) et à la fin de la saison de croissance (en septembre).

12. Utilisation de la fibre de sphaigne dans les substrats de culture

Une nouvelle collaboration a débuté à l'automne 2011 pour déterminer si la biomasse de sphaignes provenant des bassins de culture peut être incorporée avec succès dans les substrats de croissance. À cet effet, de la biomasse de fibres de sphaigne provenant du cycle de production de 2004 (environ 1 m^3) a été envoyée à l'université Cornell (État de New York) durant le mois de novembre 2011. Les chercheurs de cette université l'incorporeront dans des substrats de culture pour faire des essais de croissance avec des tulipes, des jacinthes et des narcisses.

13. Conclusion générale

La culture de sphaigne dans les tourbières abandonnées à la suite de la récolte de la tourbe est une option de plus en plus convoitée. Le développement rapide d'une biomasse renouvelable de sphaignes permettrait de revaloriser les tourbières abandonnées, tout en fournissant un matériel de qualité pour la restauration des tourbières et la production de substrats horticoles. Dans certains pays européens où la majeure partie des tourbières naturelles ont disparu, l'accès à une biomasse de sphaigne faciliterait grandement la restauration des tourbières.

Les recherches sur la culture de sphaigne sont encore peu nombreuses et la station expérimentale de Shippagan présente une opportunité exceptionnelle de développer une expertise dans ce domaine. Les recherches entreprises au cours des dernières années par le Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET) et ses partenaires de l'industrie de la tourbe permettront de développer des techniques de culture de la sphaigne et de mieux comprendre comment les facteurs environnementaux peuvent accélérer son cycle de production. La compréhension et la détermination du cycle optimal de production de sphaigne sur une base renouvelable permettront de proposer des scénarios de culture aux différents intervenants de l'industrie de la tourbe. Par exemple, d'après les résultats obtenus pour le cycle de production complètement mécanisé de 2006, on peut s'attendre à obtenir entre 4 et 5 tonnes de fibres de sphaignes sèches par hectare après cinq ans, ce qui est très encourageant (dans notre cas, 4,7 tonnes par hectare).

Les résultats recueillis depuis maintenant sept ans sont très encourageants : les tapis de sphaigne se développent rapidement et sont productifs. C'est en déterminant les facteurs biotiques (p. ex. : la manipulation des fragments de sphaigne) et abiotiques (p. ex. : l'humidité) ayant le plus d'impact sur la production de la biomasse de sphaigne que la recherche contribuera à optimiser ces cycles de production, afin d'obtenir ultimement de la biomasse de sphaigne de meilleure qualité dans un délai convenable et de permettre une production optimale de biomasse renouvelable de sphaigne.

13. Publications

Publications et autres documents issus du projet de culture de sphaigne :

Boudreau, S. & L. Rochefort. 2009. Chaire de recherche industrielle du CRSNG en aménagement des tourbières. Rapport des activités 2008. Groupe de recherche en écologie des tourbières, Université Laval, Québec.

Campeau, S., L. Miousse & F. Quinty. 2004. Caractérisation du site expérimental de Shippagan et techniques suggérées dans un but de recherche sur la production de fibre de sphaigne. Bryophyta Technologie inc., Saint-Charles-de-Bellechasse, Québec.

Jobin, P., J. Caron, L. Rochefort & B. Dansereau. 2005. Developing new substrates with *Sphagnum* fibres. Affiche présentée dans le cadre de l'International Symposium on Growing Media. Angers, France, 4 au 10 septembre 2005.

Landry, J & L. Rochefort. 2009. Site expérimental de culture de sphaigne, Shippagan, Nouveau-Brunswick. Rapport d'activités 2003-2008. Groupe de recherche de écologie des tourbières, Université Laval, Québec.

Landry, J. & L. Rochefort. 2010. Site expérimental de culture de sphaigne, Shippagan, Nouveau-Brunswick. Rapport d'activité 2003-2009. Chaire de recherche industrielle du CRSNG en aménagement des tourbières. Groupe de recherche en écologie des tourbières, Université Laval, Québec, Québec. 56 p.

Miousse, L. 2005. Site expérimental dédié à la culture de la sphaigne à Shippagan, Nouveau-Brunswick. Rapport d'activités 2003-2004. Groupe de recherche de écologie des tourbières, Université Laval, Québec.

St-Arnaud, C. 2006a. L'utilisation adéquate de l'épandeur à fumier latéral dans le cadre du projet de culture de sphaigne. Rapport interne. Groupe de recherche de écologie des tourbières, Université Laval, Québec.

St-Arnaud, C. 2006b. Volet 3 - Site expérimental dédié à la culture de la sphaigne à Shippagan, Nouveau-Brunswick. Rapport d'activités 2003-2006. Groupe de recherche de écologie des tourbières, Université Laval, Québec.

St-Arnaud, C. & L. Rochefort. 2007. Chaire de recherche industrielle du CRSNG en aménagement des tourbières. Volet 3 - Site expérimental dédié à la culture de la sphaigne à Shippagan, Nouveau-Brunswick. Rapport d'activités 2003-2007. Groupe de recherche en écologie des tourbières, Université Laval, Québec, Québec. 26 p.

St-Arnaud, C. & L. Rochefort. 2008. Chaire de recherche industrielle du CRSNG en aménagement des tourbières. Site expérimental dédié à la culture de la sphaigne à Shippagan, Nouveau-Brunswick. Rapport d'activités 2003-2008. Groupe de recherche de écologie des tourbières, Université Laval, Québec. 28 p.

Publications reliées à la culture de sphaigne en général :

Campeau, S. & L. Rochefort. 1996. *Sphagnum* regeneration on bare peat surfaces: field and greenhouse experiments. Journal of Applied Ecology 33: 599-608.

Campeau, S. & L. Rochefort. 2002. Possibilities and limits to *Sphagnum* farming. Pages 264-269 dans G. Schmilewski et L. Rochefort, éditeurs. Peat in horticulture – quality and environmental challenges. Proceeding of the 2002 International Peat Society Symposium, Pärnu, Estonia. International Peat Society, Jyväskylä, Finlande.

Campeau, S., L. Rochefort & J. S. Price. 2004. On the use of shallow bassins to restore cutover peatlands: Plant establishment. Restoration Ecology 12(4): 471-482.

Chirino, C., S. Campeau & L. Rochefort. 2006. *Sphagnum* establishment on bare peat: The importance of climatic variability and *Sphagnum* species richness. Applied Vegetation Science 9: 285-294.

Clymo, R. S. 1970. The growth of Sphagnum: Methods of measurements. Journal of Ecology 53: 747-758.

Gaudig, G. 2005. *Sphagnum* farming - an international workshop in Germany. Peatlands International 1/2005: 15.

Gaudig, G. & H. Joosten. 2002. Peat moss (*Sphagnum*) as a renewable resource – an alternative to *Sphagnum* peat in horticulture? Pages 117-125 dans G. Schmilewski et L. Rochefort, éditeurs. Peat in horticulture – quality and environmental challenges. Proceeding of the 2002 International Peat Society Symposium, Pärnu, Estonia. International Peat Society, Jyväskylä, Finlande.

Gunnarsson, U. 2005. Global patterns of *Sphagnum* productivity. Journal of Bryology 27: 269-279.

Johnson, L. C. e& A. W. H. Damman. 1993. Decay and its regulation in *Sphagnum* peatlands. Advances in Bryology 5: 249-96.

Joosten, H. 1998. Peat as a renewable resource: the road to paludiculture. Pages 56-63 dans T. Malterer, K. Johnson et J. Stewart, éditeurs. Peatland restoration and reclamation, techniques and regulatory considerations. Proceeding of the 1998 International Peat Symposium, Duluth, Minessota. International Peat Society, Jyväskylä, Finlande.

Joosten, H. 2000. Peat farming: The ultimate challenge for the peat "producers". Peatlands International 1/2000: 35-36.

Payette, S. & L. Rochefort (éditeurs). 2001. Écologie des tourbières du Québec-Labrador. Presses de l'Université Laval, Québec.

Picard, H.F. 2010. Établissement d'espèces de sphaignes dans un contexte de production de biomasse. Mémoire de M.Sc., Département de phytologie, Université Laval, Québec, Québec. 115 p.

Poulin, M., L. Rochefort, F. Quinty & C. Lavoie. 2005. Spontaneous revegetation of mined peatlands in eastern Canada. Canadian Journal of Botany 83: 539-557.

Pouliot, R. 2011. Initiation du patron de buttes et de dépressions dans les tourbières ombrotrophes boréales. Thèse de Ph.D., Département de phytologie, Université Laval, Québec, Québec. 247 p.

Pouliot, R., L. Rochefort, E. Karofeld & C. Mercier. 2011. Initiation of *Sphagnum* moss hummocks in bogs and the presence of vascular plants: Is there a link? Acta Oecologica 37: 346-354.

Price, J. S., L. Rochefort & S. Campeau. 2002. Use of shallow basins to restore cutover peatlands: Hydrology. Restoration Ecology 10: 259-266.

Quinty, F. & L. Rochefort. 2003. Guide de restauration des tourbières, 2e édition. Association canadienne de mousse de sphaigne et Ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick. Québec, Québec.

Reinikainen, O. & M. Haukioja. 2005. *Sphagnum* cultivation - looking into the future. Peatlands International 1/2005: 16-19.

Robert, É. C. 1997. Régénération spontanée de deux tourbières ombrotrophes anciennement exploitées. Mémoire de maîtrise (M.Sc.), Université Laval, Sainte-Foy, Québec.

Robert, É. C. 2000. Régénération spontanée de deux tourbières ombrotrophes anciennement exploitées. Ministère des Ressources naturelles et de l'Énergie du Nouveau-Brunswick, Division des ressources minières et de l'énergie, Dossier public 2000-11. (#ISSN: 1205-7436; #ISBN: 1-55137-750-9). 83 p.

Robert, É. C., L. Rochefort & M. Garneau. 1999. Natural revegetation of two block-cutting post-mined peatlands in eastern Canada. Journal Canadien de Botanique 77: 447-459.

Rochefort, L., D. H. Vitt & S. E. Bayley. 1990. Growth production, and decomposition dynamics of sphagnum under natural and experimentally acidified conditions. Ecology 71: 1986-2000.

Rochefort, L., S. Campeau & J.-L. Bugnon. 2002. Does prolonged flooding prevent or enhance regeneration and growth of *Sphagnum*? Aquatic Botany 74: 327-341.

Annexe 1 : Résumé des travaux à la station expérimentale de Shippagan

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Rapport Bryophyta									
Caractérisation du site et recommandation des zones d'études	X								
Méthode de préparation du terrain									
Aménagement permettant l'accès au site		X	X	X			X	X	X
Débroussaillage		X	X			X	X	X	
Préparation des bassins / récolte du matériel / introduction de sphaigne dans les bassins / protection des sphaignes		X	X	X		X	X	X	X
Installation de contrôles hydrologiques		X		X					X
Suivi hydrologique					X	X	X	X	X
Agrandissement de la station de culture de sphaigne		X		X		X	X	X	X
Détermination de la périodicité des cycles de production de sphaigne									
Établissement de la végétation			X	X	X	X	X	X	X
Accumulation de la biomasse					X	X	X	X	X
Productivité du tapis de sphaigne					X	X	X	X	X
Taux de décomposition					X	X		X	
Expériences connexes									
Utilisation de la fibre de sphaigne dans les substrats de croissance		X	X						
Effet de la fertilisation sur la croissance des bryophytes			X	X	X				
Utilisation de la sphaigne cultivée pour la restauration de tourbières abandonnées					X	X	X	X	X
Effet des structures sur la croissance des sphaignes (R. Pouliot)					X	X	X		
Effet des structures sur la croissance des sections *Sphagnum* et *Acutifolia* (H. Picard)						X	X	X	
Croissance de la section *Sphagnum* selon différents conditionnements (H. Picard)						X	X		
Contrôle des plantes vasculaires						X	X	X	

Annexe 2 : Contributions des compagnies et collaborateurs au projet de culture de sphaigne

Compagnie de Tourbe FPM ltée

En 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 et 2010, la compagnie a participé à la mise en place des expériences à la station expérimentale. Elle a fourni différents types de machinerie (tracteurs, camions, épandeur à fumier latéral, fraiseuse verticale, etc.) et exécuté une partie des travaux sur le terrain. Elle a également fourni des ballots de paille et des piquets. Elle a assuré le transport du matériel végétal qui recouvrait les bassins en dehors de la tourbière à l'automne 2005. Elle a construit des ponceaux et des trottoirs de bois et amélioré l'état du chemin d'accès en 2005 et 2006. En 2008, elle a assuré le transport de l'épandeur à fumier latéral de Pokeshaw à la station expérimentale. En 2009 et 2010, en plus de fournir de la machinerie et du personnel, la compagnie de tourbe FPM a fourni la paille pour la finalisation du cycle de production de 2009 et 2010. En 2010, elle a assuré le transport de l'épandeur à fumier latéral de Pokeshaw à la station expérimentale de Shippagan. En 2011, cette compagnie a récolté et envoyé les fibres de sphaignes qui serviront pour des tests de culture à l'université Cornell, aux États-Unis.

Institut de recherche sur les zones côtières inc. (IRZC)

Une réunion stratégique a eu lieu le 7 juillet 2005 à l'Institut de recherche sur les zones côtières à Shippagan. Line Rochefort, Jonathan Price, Mike Waddington, Luc Miousse, Stéphanie Boudreau, Claudia St-Arnaud, Roxane Andersen et Rémy Pouliot (GRET), Jean-Yves Daigle (IRZC) ainsi que Markus Thormann, chercheur spécialiste en mycologie et en pathologie forestière (Ressources naturelles Canada) étaient présents. Au printemps 2005, Line Rochefort, Luc Miousse, Claudia St-Arnaud, Jean-Yves Daigle et Markus Thormann ont également participé à un atelier sur la culture de sphaigne à Bremen, en Allemagne. L'IRZC s'est de plus impliqué dans la planification de l'atelier de transfert technologique à Shippagan en 2007 et en 2010.

La Mousse acadienne (1979) ltée

Depuis 2004, la compagnie Mousse acadienne s'implique chaque année dans la mise en place des expériences par le prêt de machinerie (excavatrice, tracteurs, charrette, etc.), la réalisation de travaux et l'amélioration du chemin d'accès. Elle a également fabriqué sept systèmes de contrôle du niveau d'eau et des ponceaux. De plus, elle a fourni des piquets et de l'équipement (raquettes, perceuse, etc.) à l'équipe de l'Université Laval. En 2009, elle a assuré le transport de l'épandeur à fumier latéral de Pokeshaw à la station expérimentale de Shippagan. En 2008, 2009, 2010 et 2011, la compagnie a procuré une excavatrice et un opérateur, et en 2010, elle a construit un nouveau système de contrôle de niveau d'eau.

Ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick

Le ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick (MRN) a procédé en 2003 à des relevés topographiques sur la zone d'étude. En 2006, il a fourni deux panneaux indicatifs expliquant les activités qui ont lieu à la station expérimentale. En 2007, un employé du MRN s'est joint à l'équipe pour aider aux travaux de recherche durant une période de dix jours. En

2010, le ministère a procuré des données topographiques de la station de culture de sphaigne de Shippagan.

Sun Gro Horticulture Inc.

La compagnie Sun Gro Horticulture Inc. a participé à l'installation des expériences de 2004 à 2009 en mettant à la disposition du GRET de la machinerie (excavatrices, tracteurs, charrette, argo, véhicule tout terrain, épandeur à fumier latéral, etc.) et en réalisant plusieurs travaux sur le terrain. En 2005, elle a effectué des travaux d'amélioration du chemin d'accès et a procédé au retrait des arbres sur le secteur des terres de la Couronne. En 2006, elle a acheté et remplacé le tuyau reliant le secteur de Sun Gro Horticulture et le canal municipal. En 2007, elle a participé à la mise en place de l'expérience visant l'utilisation des sphaignes de la station expérimentale pour la restauration des tourbières abandonnées et en 2008 elle a également fourni du matériel (fertilisant, paille, etc.) pour cette expérience. En 2009, 2010 et 2011, Sun Gro Horticulture Inc. a participé activement aux travaux et a dépanné l'équipe à plusieurs reprises durant les travaux d'agrandissement de la station par des prêts d'équipement et de personnel.

Premier Horticulture

La compagnie Premier Horticulture a prêté et transporté de la machinerie (herse) sur le site de Shippagan en 2003.

ASB Greenworld Ltd.

La compagnie ASB Greenworld Ltd. a acheté des matériaux lors de la mise en place des expériences de culture de sphaigne. En 2009, la compagnie a fourni des piquets de bois pour une expérience sur ses terrains, et en 2010, elle a payé le déneigement du chemin d'accès pendant l'hiver.

Utilisation de fibres de sphaigne dans les substrats de croissance

Les compagnies de tourbe se sont également impliquées dans les expériences qui ont eu lieu à l'Université Laval sur l'utilisation des sphaignes dans les substrats horticoles : **Sun Gro Horticulture Inc.** a effectué le séchage et la manutention des sphaignes, **Premier Horticulture** a donné de la tourbe et les **Tourbières Berger Inc.** ont fourni des sacs de chaux.

Annexe 3 : Affiche présentée dans le cadre de l'International Symposium on Growing Media (Anger, France) à propos de l'utilisation de la fibre de sphaignes dans les substrats horticoles.

Developing new substrates with Sphagnum fibres

Philippe Jobin[1], Jean Caron[2], Line Rochefort[1], Blanche Dansereau[1]

[1]Département de phytologie, Université Laval, Pavillon Comtois, Québec, Québec, G1K 7P4, Canada,
[2]Département des sols et génie agroalimentaire, Université Laval, Pavillon Envirotron, Québec, Québec, G1K 7P4, Canada

Introduction

New experiments are on going to commercially produce *Sphagnum* fibres. The fibres obtained possess very valuable properties and could be used to improve low quality peat and/or substitute mix components such as aggregates. The peat industry is seeking methods to valorise brown peat and sieving is already used by some companies. Valorisation of low quality peat would reduce the pressure on peatlands. Moreover, perlite is an expensive component that is widely used in commercial mixes. Its substitution by *Sphagnum* fibre, while maintaining the mixes quality, would participate to lower the production cost of peat companies.

Objectives

The objectives of this study were 1) to enhance the value of brown peat by adding Sphagnum fibres and/or removing fine particles and 2) to replace perlite by Sphagnum fibres in commercial mixes.

Material and methods

•Sphagnum fibre (SF) was obtained from a naturally restored bog in Shippagan, New Brunswick. The 15 cm top layer of *Sphagnum magellanicum* moss was manually collected and air-dried. The SF was then sieved to obtain particle size ranging from 1 to 5 mm of diameter.

•Brown sphagnum peat (BRSP) (H5 on the von Post scale) and blond sphagnum peat (BSP) (H3 on the von Post scale) from Premier Horticulture peatland (St-Henri de Lévis and Pointe-Lebel , Québec) were sieved to remove the particles over 5 mm. Half of that brown sphagnum peat stock was sieved (SBRSP) again to remove the fine particles below 1 mm.

•The following 9 substrates were then prepared:

1. 100% BRSP : 0% SF
2. 85% BRSP: 15% SF
3. 70% BRSP: 30% SF
4. 100% SBRSP: 0% SF
5. 85% SBRSP: 15% SF
6. 70% SBRSP: 30% SF
7. 70% BSP : 30% perlite
8. 70% BSP: 15% perlite and 15% SF
9. 70% BSP: 30% SF

•All substrates' pH were adjusted to 5.5 using limestone. A peat-light fertiliser was also added before plantation to avoid micronutrient deficiencies.

•In the spring 2004, *Pelargonium x hortorum* "Kim" and *Petunia x hybrida* "Wave" plants were grown into 15 cm pots and plug trays respectively in two separate experiments. Plants were given a constant liquid feed using a soluble fertilizer 15-15-18 (Plant-Prod Québec, Québec), providing 250 mg/L of N at each watering. At the end of the experiment, shoots and roots were harvested and dried at 70°C to determine dry biomass.

•The following substrates' properties were measured at the begening and at the end of the experiment: Air-filled porosity (θ_a), easily available water (**EAW**), saturated hydraulic conductivity (K_s), pH and electrical conductivity (**EC**).

•The experimental designs were completely randomized with 6 repetitions for a total of 54 experimental units. Treatment effects were evaluated using an analysis of variance and a multiple comparison test (LSD 0.05) using the Statistical Analysis System (SAS Institute, Raleigh, NC).

Results and discussion

Impact of sieving and SF on physical properties

•SBRSP had a higher air-filled porosity and hydraulic conductivity but had a lower water retention compared to BRSP and BSP. These differences last throughout the cultivation period.

•When SF were added to peat, it increased water retention for all peat types. It also increased hydraulic conductivity of BRSP and SBRSP but had no effect on BSP. Moreover, SF had no impact on air-filled porosity of BRSP while reducing it for SBRSP and BSP.

•The effects of SF disappeared during the cultivation period, except for water retention which remained slightly higher in BRSP and SBRSP.

Crop yield and substrates

•The growth of *Pelargonium* was unaffected by SF addition, except for the top biomass which was slightly lower with 15% SF added to BRSP.

•*Petunia* top biomass was increased with 30% SF addition into SBRSP and root biomass was also increased with 30% SF addition to BRSP and SBRSP.

•Plant growth was better correlated with initial physical properties, i.e. EAW for *Pelargonium* top dry biomass and K_s for *Pelargonium* and *Petunia* root dry biomass.

Table 1 : Initial and final physical properties of substrates.

	Initial			Final		
Treatments	θ_a ($cm^3.cm^{-3}$)	EAW ($cm^3.cm^{-3}$)	K_s ($cm.s^{-1}$)	θ_a ($cm^3.cm^{-3}$)	EAW ($cm^3.cm^{-3}$)	K_s ($cm.s^{-1}$)
1	0.198^{cd}	0.309^{a}	0.104^{f}	0.242^{cd}	0.226^{cde}	0.362^{fg}
2	0.205^{c}	0.343^{d}	0.193^{e}	0.252^{bc}	0.250^{abcd}	0.397^{efg}
3	0.211^{c}	0.358^{cd}	0.306^{cd}	0.228^{cde}	0.278^{a}	0.334^{fg}
4	0.283^{a}	0.250^{f}	0.565^{b}	0.309^{a}	0.198^{e}	0.668^{cd}
5	0.247^{b}	0.292^{e}	0.528^{b}	0.277^{ab}	0.231^{cd}	0.571^{de}
6	0.277^{a}	0.315^{e}	0.950^{a}	0.284^{ab}	0.220^{de}	0.516^{def}
7	0.194^{cde}	0.375^{c}	0.224^{de}	0.188^{f}	0.252^{abc}	0.238^{g}
8	0.174^{de}	0.408^{b}	0.192^{e}	0.208^{def}	0.265^{ab}	0.262^{g}
9	0.139^{f}	0.453^{a}	0.221^{de}	0.199^{ef}	0.276^{a}	0.226^{g}
Probability	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

Table 2 :Top and root dry biomass of Pelargonium x hortorum "Kim" and Petunia x hybrida "Wave".

	Pelargonium		Petunia	
Treatments	Top biomass (Grams)	Root biomass (Grams)	Top biomass (Grams)	Root biomass (Grams)
1	28.73^{ab}	2.67^{bc}	7.32^{abcd}	1.07^{d}
2	24.32^{c}	2.18^{c}	6.35^{d}	1.03^{d}
3	25.58^{bc}	2.90^{bc}	7.08^{bcd}	1.43^{bc}
4	26.29^{bc}	3.28^{ab}	6.92^{cd}	1.25^{cd}
5	26.18^{bc}	2.80^{bc}	7.20^{abcd}	1.14^{cd}
6	28.94^{ab}	3.09^{ab}	8.28^{a}	1.59^{ab}
7	30.81^{a}	2.53^{bc}	7.69^{abc}	1.09^{d}
8	28.03^{ab}	2.30^{c}	7.81^{abc}	1.01^{d}
9	28.57^{ab}	2.63^{bc}	8.18^{ab}	1.13^{cd}
Probability	0.013	0.01	0.027	0.001

Table 3 : Pearson's correlation coefficients between plant growth parameters and substrate physical properties.

	Initial properties			Final properties		
Variable	K_s	θ_a	EAW	K_s	θ_a	EAW
Pelargonium top dry biomass	-0.03	-0.21	**0.29**	-0.12	0.02	0.00
Pelargonium root dry biomass	**0.39**	0.28	-0.23	----	----	----
Petunia top dry biomass	0.15	-0.08	0.22	----	----	----
Petunia root dry biomass	**0.36**	0.11	-0.04	----	----	----

Note: The bolded values are significant to 0.05

Conclusions

•The best yields were obtained with SBRSP and 30% SF addition and with BSP with or without SF. Yields were best correlated to EAW.

•Removal of fine particles from BRSP seems very promising with 30% SF addition.

•SF can partially or completely replace perlite in BSP mixes.

Acknowledgements

The authors thank the Canadian Sphagnum Peat Moss Association (CSPMA) and the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC) for their financial support.