

## Mise en place d'une culture de chicouté dans un contexte de phytorestauration de tourbières après exploitation

Les tourbières exploitées occupent une superficie relativement importante au Québec (ca 6000 ha). Suite à l'abandon des activités d'exploitation de la tourbe, la restauration permet généralement de rétablir un écosystème de type tourbière à sphaigne après quatre ou cinq années. Les étapes clés de la restauration sont un contrôle des niveaux d'eau et la mise en place d'un tapis continu de sphaigne permettant une stabilisation de la surface de la tourbière. Nous croyons intéressant d'ajouter aux techniques de restauration actuelles la culture d'une espèce d'intérêt commercial, la chicouté, qui pousse naturellement dans les tourbières de la Côte-Nord. Les premiers essais de culture de chicouté en tourbière après exploitation en Norvège et en Finlande semblent prometteurs. Nous avons donc décidé d'initier ici au Québec une série d'essais de plantation de chicouté en tourbière abandonnée, notamment en combinaison avec la restauration d'un tapis de sphaigne. Les techniques de plantation et de culture développées en Scandinavie ne sont pas applicables directement dans l'Est du Canada en raison de différences au niveau des conditions existant en tourbières abandonnées (chimie, drainage, type de tourbe, conditions climatiques, etc.). Il est donc important de développer nos propres techniques de plantation, de régie de culture et de fertilisation ainsi que des cultivars issus de clones locaux déjà bien adaptés à leur environnement. Des essais d'aménagement en tourbières naturelles ont également été mis en place dans le but d'augmenter les rendements en fruits de chicouté, encore une fois basés sur des essais réalisés en Scandinavie.

Parmi les défis que pose la production de chicouté, mentionnons la difficulté d'obtenir un rendement soutenu en fruits. Les tourbières étant des milieux pauvres en éléments nutritifs, il semble logique de croire que l'apport de fertilisants pourrait augmenter la productivité de l'espèce. Une série d'essais de fertilisation a été mise en place afin d'élaborer une fertilisation mieux adaptée à la chicouté, car les recommandations actuelles ne sont basées que sur une expérimentation très limitée. Cependant, d'un point de vue économique mais surtout environnemental, il est important de s'assurer que les fertilisants soient immobilisés dans la tourbe ou absorbés par les plantes et non pas lessivés pour ensuite risquer d'affecter les systèmes aquatiques naturels environnants. Les conditions et les caractéristiques du matériel végétal à utiliser lors de la plantation ont également été testées dans le but d'augmenter les taux de survie au cours de la première année. De plus, les gels printaniers, récurrents sur la Haute-Côte-Nord, sont en partie responsables de la variabilité des rendements annuels. Nous avons tenté, par la présence d'Éricacées et de brise-vents, d'influencer la fréquence des gels au printemps. Par ailleurs, la présence des mycorhizes chez la chicouté demeure pour l'instant un sujet controversé. Il est donc essentiel de pousser plus loin les études en ce sens car les mycorhizes pourraient jouer un rôle essentiel dans la nutrition minérale de la chicouté. Finalement, la sélection des clones locaux s'avère un atout majeur pour assurer une bonne survie, une bonne croissance et un rendement intéressant en fruits. Compte tenu de l'intérêt grandissant pour les produits nutraceutiques, nous croyons intéressant d'ajouter aux critères habituels de sélection, la capacité antioxydante des fruits.

## **Objectifs**

- 1) Mise au point de techniques culturales de la chicouté en tourbière abandonnée après exploitation et en tourbière naturelle.
- 2) Évaluation des impacts environnementaux de ces pratiques culturales.
- 3) Caractérisation du rôle des mycorhizes dans la nutrition minérale de la chicouté et réponse à la présence de brise-vents.
- 4) Sélection de clones productifs et riches en antioxydants.

## **Méthodologie**

### **1. Mise au point de techniques culturales de la chicouté en tourbières abandonnée après exploitation et en tourbière naturelle**

Les expériences en tourbière abandonnée ont eu lieu à Pointe Lebel sur la Côte Nord dans un site géré par Premier Horticulture Ltée. L'expérience d'amélioration de la productivité en tourbière naturelle a eu lieu chez Les Tourbières Berger Ltée à Pointe-Lebel.

Essais de plantation de différents clones ou cultivars, selon différentes profondeurs de nappe phréatique, en combinaison avec des techniques de restauration des tourbières – Des sections de rhizomes de chicouté provenant de quatre cultivars ou clones différents (deux cultivars femelles norvégiens (Fjorgull et Fjellgull) et deux clones provenant de milieux naturels (un de Pointe-Lebel au Québec et un du Nouveau-Brunswick)) ont été plantées aux printemps 2004 et 2005 sous différentes conditions : après l'application des techniques de restauration (épandage de sphaigne et application de paillis) *versus* sur la tourbe laissée à nue sans restauration, et en présence de deux niveaux de nappe phréatique (-25 et -50 cm) réalisés en créant deux terrasses de hauteurs différentes avec de la machinerie.

Essais sur les conditions de plantation – Des sections de rhizomes de chicouté ont été plantées à l'automne (2004) *versus* au printemps (2005). Des sections de rhizomes de chicouté de 15, 20 et 25 cm de long ont été plantées à deux profondeurs : 5 et 10 cm (automne 2004). En serres, nous avons également comparé la performance de sections de rhizomes présentant des bourgeons avec d'autres sans bourgeons apparents et nous avons testé l'impact du degré de décomposition (H3 et H5) sur la survie et la croissance de sections de rhizomes de chicouté en combinaison avec deux niveaux d'eau (25 et 45 cm sous la surface). Finalement, l'impact du pH sur la croissance de la chicouté a également été testé.

Essais de fertilisation – L'application de phosphore et de bore a été testée le long de canaux de drainage où la chicouté était particulièrement abondante. En 2005, la fertilisation comprenait une combinaison de deux niveaux de fertilisation au sol avec du 14-4-16 (0 et 1,2 g m<sup>-2</sup>), de trois niveaux d'application foliaire d'Agro-Phos (0, 15 et 30 ppm) et de deux niveaux d'application foliaire d'acide borique (0 et 1,5 ppm). En 2006, de nouveaux taux d'application ont été testés dans les mêmes parcelles soit 0 ou 1,2 g m<sup>-2</sup> de 14-4-16, 0, 1000 et 2000 ppm d'Agro-Phos et 0 ou 15 ppm d'acide borique.

En serres, de faibles doses de phosphore en application foliaire (0 à 30 ppm) ont été testées à l'hiver 2005 et de plus fortes doses (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; six doses variant de 0 à 1000 ppm) à l'hiver 2006. Chacun des traitements avaient également reçu une fertilisation d'azote et de potassium ajoutée au substrat. Les taux d'absorption du nitrate (NO<sub>3</sub>) de l'ammonium (NH<sub>4</sub>), du phosphore et du potassium ont été mesurés en serres à l'aide d'un gradient de concentrations des différents éléments nutritifs.

Essais en tourbière naturelle – Les rhizomes de chicouté ont été sectionnés à tous les mètres dans des parcelles qui ont également été fertilisées en profondeur (45 g m<sup>-2</sup> de 14-6-6 injectés à 10 cm). Ces parcelles ont été jumelées à des parcelles témoins sans sectionnement ni fertilisation.

## **2. Évaluation environnementale de ces techniques culturales**

Des échantillonnages d'eau ont été effectués à trois emplacements dans la tourbière où ont eu lieu les essais, au cours des étés 2004 à 2006: dans un canal situé dans la tourbière présentement exploitée, dans un canal bordant une section de la tourbière anciennement exploitée et partiellement recolonisée et finalement en périphérie du secteur où étaient regroupés plusieurs des essais en tourbière abandonnée.

En tourbière naturelle, des échantillonnages d'eau ont été effectués à plusieurs reprises en 2004, en 2005 et en 2006, dans des puits situés au centre de chacune des parcelles traitées et témoins de l'expérience de sectionnement et fertilisation.

## **3. Rôle des mycorhizes dans la nutrition minérale de la chicouté et réponses à la présence de brise-vents**

Colonisation racinaire en mycorhizes – Des racines de chicouté et des échantillons de sol ont été récoltés à l'été 2004 dans des tourbières naturelles ou exploitées de sept localités de la Moyenne à la Basse-Côte-Nord afin d'en étudier la colonisation racinaire en mycorhizes. Dans les échantillons prélevés, le piégeage des champignons mycorhiziens a été réalisé en serres sur des plants de poireaux.

Essais de brise-vents – En 2004, des sections de rhizomes de chicouté ont été plantées en tourbière abandonnée en association ou non avec des plants de *Vaccinium angustifolium* et de *Kalmia angustifolia*. Des clôtures à neige ont également été installées dans des parcelles en tourbière abandonnée où des sections de rhizomes avaient été plantées en 2004 et 2005. Les effets sur les plants de chicouté situés en aval et en amont des brise-vents par rapport aux vents dominants ont été évalués. De plus, des mélèzes ont été plantés à l'automne 2005 afin de déterminer si un milieu forestier semi-ouvert (sites les plus productifs en Scandinavie) pourrait s'avérer prometteur pour la culture de chicouté en tourbière abandonnée. Des sections de rhizomes nus de chicouté ont ensuite été plantées à l'automne 2005. Des plants en contenant, préalablement produits en serres, ont également été plantés au printemps 2006 dans ce même dispositif, afin de les comparer avec les rhizomes nus.

## **4. Sélection de clones productifs et riches en antioxydants**

Dans le but de bâtir une banque de clones prometteurs et génétiquement diversifiés pour l'amélioration génétique de la chicouté, le Centre de recherche Les Buissons a récolté en 2004, dans cinq régions différentes de la Côte-Nord, des clones mâles et femelles remplissant des critères préétablis de sélection. Les clones ont ensuite été propagés en conditions contrôlées et les fruits des clones les plus performants ont été testés pour leur capacité antioxydante.

## **Résultats obtenus**

### **1. Mise au point de techniques culturales de la chicouté en tourbières exploitées et naturelles**

Essais de plantation de différents clones ou cultivars, selon différentes profondeurs de nappe phréatique, en combinaison avec des techniques de restauration des tourbières

*Effet de la profondeur de la nappe phréatique* – La profondeur de la nappe phréatique n'a pas influencé la croissance de la chicouté. Par contre, nous avons observé une stagnation du

développement des plants dans les endroits plus compactés par le travail mécanique initial.

*Effet d'un paillis (après restauration)* – Après deux saisons de croissance, la chicouté avait produit moins de feuilles dans les parcelles ayant été restaurées mais elles étaient plus grosses que dans la tourbe à nue, probablement en raison de l'effet d'ombrage du paillis. Puisqu'il a été montré qu'un couvert de sphaigne réduit l'invasion des mauvaises herbes, nous suggérons d'établir le couvert de sphaignes deux à trois ans avant la plantation de chicouté. Ainsi, la chicouté pourra profiter du couvert bénéfique de la sphaigne qui aura eu le temps de s'établir, et ce sans subir les effets néfastes de la paille qui elle aura eu le temps de se dégrader.

*Réponse des différents cultivars ou clones* – Les meilleurs résultats ont été obtenus avec le cultivar norvégien Fjordgull, tant au niveau de la survie que du nombre de tiges et de feuilles, même si les taux de survie demeurent en deçà de nos attentes (7 à 54 %). Par ailleurs, des essais complémentaires effectués en serre ont montré que le cultivar Fjordgull répond mieux que les clones locaux à un traitement de fertilisation (N:P:K, 13:13:13, à dégagement lent). De 2 à 4 g par L de substrat tourbeux suffisent pour obtenir une croissance optimale des plants.

#### Essais sur les conditions de plantation

*Saison de plantation* – Après deux saisons de croissance, la survie et le nombre de feuilles étaient supérieurs chez les rhizomes plantés à l'automne comparativement à ceux du printemps.

*Longueurs de rhizomes et profondeur de plantation* – Les rhizomes plantés moins profondément (5 cm) ont présenté la meilleure survie et le plus grand nombre de feuilles. Les rhizomes les plus longs (20 et 25 cm) ont présenté un meilleur taux de survie et ont produit de plus grosses feuilles et en plus grand nombre que les rhizomes plus courts (15 cm).

*Présence de bourgeons sur les rhizomes* – Les segments de rhizomes présentant un bourgeon montrent une meilleure croissance que ceux sans bourgeons apparents. Cependant, la récolte de segments avec bourgeons s'avère une opération peu rentable compte tenu de la faible densité des bourgeons le long des rhizomes.

*Taux d'humification, profondeur de la nappe phréatique et pH de la tourbe* – Après trois mois de croissance en serres, le niveau de la nappe phréatique n'a eu aucun effet sur la chicouté mais les plants ont produit davantage de rhizomes dans la tourbe moins décomposée (H3) et ont mieux survécu et montré une meilleure croissance racinaire aux pH 3 et 4, i.e. en pH acide.

#### Essais de fertilisation

*Fertilisation foliaire en phosphore et bore* – Seul le bore a affecté l'abondance de la chicouté. Aucune combinaison de fertilisants n'a influencé la production de fruit. Les autres espèces présentes dans les parcelles ont également répondu très faiblement aux traitements de fertilisation. Il semble donc que : soit les niveaux de fertilisation n'étaient pas suffisants pour affecter la croissance de ces espèces (surtout la première année d'application), soit il faut plus de temps (plus de 3 ans) avant de voir un impact sur la croissance, la floraison et le rendement en fruits d'espèces de tourbière, y incluant la chicouté.

En serre, tout comme sur le terrain, la chicouté a très peu réagi aux faibles doses de phosphore en application foliaire (0 à 30 ppm) et une analyse de la composition chimique des feuilles suggère que celles-ci ne peuvent absorber le phosphore que lorsqu'appliqué en fortes concentrations (1000 ppm). Cependant, l'ajout de phosphore au niveau du sol, et ce à des concentrations beaucoup plus faibles qu'au niveau du feuillage, augmente la teneur en phosphore des feuilles et du rhizome. Par ailleurs, ces traitements de fertilisation n'ont induit aucune augmentation de la biomasse totale des individus. Donc, la fertilisation peut augmenter la teneur en éléments nutritifs des tissus mais ceci ne se traduit pas par une augmentation de biomasse, du moins au cours d'une même saison.

*Taux d'absorption des éléments nutritifs* – La chicouté peut absorber l'azote sous forme de nitrate ou d'ammonium mais elle préfère l'ammonium. Des signes de nécrose ont été observés aux doses les plus élevées confirmant que l'espèce est adaptée à des sols pauvres. Par ailleurs, le cultivar Fjorgull a montré de meilleurs taux d'absorption du phosphore que les clones locaux.

### Essais en tourbière naturelle

L'effet d'un traitement combiné de fertilisation et sectionnement des rhizomes s'est fait sentir dès la deuxième saison, en termes de nombre et de taille des feuilles, il s'est accentué la troisième année, où un effet positif a en plus été observé sur le nombre de fleurs de chicouté, et ce n'est qu'après quatre ans que le rendement en fruits a augmenté. Aucun effet sur la taille des fruits n'a été observé.

## **2. Évaluation environnementale de ces techniques culturales**

Globalement, les concentrations n'étaient pas différentes d'un site à l'autre dans la tourbière exploitée pour les différentes formes de chlorophylle (active, phéophytine et totale), le phosphore, les nitrates et l'azote organique. De plus, nous avons comparé la qualité des eaux du canal bordant les sites expérimentaux avant et après l'application de fertilisants en juin 2005. Les concentrations ne sont pas différentes pour les différentes formes de chlorophylle (active, phéophytine et totale), l'azote total, les nitrates et l'azote organique tandis qu'elles sont plus élevées pour le phosphore et l'azote ammoniacal après la fertilisation. Il n'est cependant pas exclus que d'autres facteurs tels la variabilité des précipitations puissent également expliquer les différences observées avant et après la fertilisation. Pour l'ensemble des dates et des lieux d'échantillonnage, les concentrations de chlorophylle totale indiquent une biomasse algale importante à certaines périodes de l'année. Les concentrations en éléments nutritifs ont atteint à certains moments des niveaux problématiques. En tourbière naturelle, nous n'avons pas observé d'augmentation de la teneur en éléments nutritifs dans les parcelles sectionnées et fertilisées par rapport aux parcelles témoins.

## **3. Rôle des mycorhizes dans la nutrition minérale de la chicouté et réponses à la présence de brise-vents**

Colonisation racinaire en mycorhizes - L'étude de la colonisation racinaire en mycorhizes à arbuscules a révélé qu'aucun des échantillons racinaires de chicouté n'était colonisé. Par contre, l'analyse du sol prélevé en même temps que les racines de chicouté a révélé une colonisation abondante et régulière des racines d'Éricacées par des champignons mycorhiziens éricoïdes. Le piégeage des champignons mycorhiziens arbusculaires sur les poireaux n'a révélé aucune colonisation racinaire. Il semble donc que la chicouté soit rarement mycorhizée tant en milieu naturel qu'en tourbière exploitée.

### Essais de brise-vents

*Interaction avec les Éricacées* – Aucune différence de croissance ni de survie n'a été observée entre les plants de chicouté poussant à proximité des bosquets d'Éricacées et ceux poussant en milieu dégagé.

*Effet de brise-vents* – L'établissement et la croissance de la chicouté n'ont pas été influencés par la présence d'un brise-vent durant les trois années de mesure.

*Plantation en milieu semi-ouvert* – Les plants en contenant ont montré un meilleur taux de survie (87%) que les rhizomes (52%); ils ont également produit plus de feuilles et des feuilles plus grosses que les plants issus de rhizomes nus.

#### **4. Sélection de clones productifs et riches en antioxydants**

Des deux cultivars Norvégiens témoins, seul Fjellgull a fleuri. Plus de 50% des sélections du Québec surpassaient Fjellgull en termes de productivité sous nos conditions. Les rendements des 20 meilleurs clones femelles variaient entre 3 et 8 g par pot contrastant avec le rendement de 1,5 g par pot de Fjellgull. Les clones les plus performants sont originaires de Blanc Sablon, Fermont, la Haute-Côte-Nord et Manicouagan, alors que les clones de Minganie étaient moins productifs sous nos conditions. Les critères retenus pour l'évaluation des clones mâles sont le nombre total de fleurs et la période de floraison. Les deux meilleurs clones mâles ont produit trois fois plus de fleurs par pot que les deux cultivars Norvégiens témoins, Apollen et Apolto. Aucune corrélation entre la région d'origine des clones, la masse, la couleur et la capacité antioxydante des fruits n'a été observée.

#### ***Applicabilité de résultats***

Les résultats obtenus dans les différents essais de culture ne nous permettent pas de proposer une régie de culture rentable et applicable dans l'immédiat. Cependant, malgré des taux de survie encore faibles, nous avons progressé beaucoup sur certaines questions et sommes à même de faire plusieurs recommandations. De très bons taux de survie peuvent être obtenus en plantant des plants en contenant, produits l'hiver en serre à partir de rhizomes récoltés sur le terrain l'automne précédent. Cette option demeure néanmoins coûteuse. Lors de la plantation de rhizomes nus, une plantation automnale devrait être privilégiée, à une faible profondeur (5 cm), avec des rhizomes de 20 cm et plus, présentant si possible un bourgeon. Le cultivar Fjordgull, disponible commercialement en Norvège, a bien performé et semble donc prometteur pour le climat de la Haute-Côte-Nord. En tourbière abandonnée après exploitation, nous suggérons de planter dans un secteur restauré deux à trois ans auparavant, présentant une tourbe relativement acide, la moins décomposée et la moins compactée possible. L'application de fertilisants semble bénéfique autant en tourbière naturelle qu'en tourbière exploitée mais des essais supplémentaires seront nécessaires pour identifier le type de fertilisants permettant d'améliorer et de stabiliser les rendements en fruits. Par ailleurs, il est à noter que les impacts de ces pratiques culturales sur l'environnement semblent nuls en tourbière naturelle et relativement limités en tourbière exploitée. Des essais se poursuivent pour améliorer la croissance et le rendement en fruits de la chicouté tant en tourbière abandonnée que naturelle.

#### ***Retombées escomptées***

Deux mémoires de maîtrise résumant les travaux de Mireille Bellemare et de Guillaume Théroux-Rancourt sont disponibles et une thèse de doctorat (Jin Zhou) est en cours de rédaction. Un guide de production de petits fruits en tourbière est également disponible ([http://www.gret-perg.ulaval.ca/fr\\_publications.html#2009](http://www.gret-perg.ulaval.ca/fr_publications.html#2009)). D'ici quelques années, nous espérons que le développement de cultivars locaux permettra, en combinaison avec des pratiques culturales améliorées, de mettre en place les premières cultures de chicouté sur la Côte-Nord. La propagation de ces cultivars pourrait se faire localement et constituer une activité économique en soit. Par ailleurs, son implantation en tourbière abandonnée et restaurée pourrait générer des revenus additionnels pour les compagnies de tourbe alors qu'une régie de culture performante en tourbière naturelle pourrait s'avérer très intéressante pour les propriétaires de lots tourbeux. Ce fruit n'est encore que très peu présent sur le marché mais seule une culture commerciale pourra en assurer la disponibilité et permettre le développement de nouveaux produits à base de chicouté.