

# Évaluation de la sensibilité de l'ail des bois (*Allium tricoccum*) à la coupe de jardinage

Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier - Volet I, catégorie « Expérimentation sylvicole et activités de recherche ou d'acquisition de connaissances »

Rapport final

Mai 2013



ISFORT



Université du Québec en Outaouais

# Table des matières

<b>1. Introduction.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Approche et méthodologie.....</b>	<b>6</b>
2.1. L'approche .....	6
2.2. Aire d'étude .....	7
2.3. Traitement de la canopée .....	8
2.4. Mesures .....	9
2.4.1. Disponibilité en lumière.....	9
2.4.2. Disponibilité en eau .....	10
2.4.3. Suivi des populations d'ail des bois.....	10
2.4.4. Données climatiques .....	10
2.5. Analyses statistiques .....	11
<b>3. Résultats et discussion .....</b>	<b>11</b>
3.1 Données climatiques .....	11
3.2. Impact du jardinage sur les variables environnementales et l'ail des bois .....	13
3.3. Modèle de variabilité de la biomasse des ramets d'ail des bois .....	17
<b>4. Conclusions et recommandations .....</b>	<b>17</b>
4.1. L'état des lieux dans le sud-ouest du Québec .....	17
4.2. Recommandations.....	19
<b>Bibliographie .....</b>	<b>21</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>23</b>

## Liste des figures

Figure 1. Sites retenus pour le projet de recherche .....	8
Figure 2. Coupe partielle effectuée au site du lac Sifflet - Automne 2011 .....	9
Figure 3. Cumul des précipitations à la station météo de Chénéville durant les 3 années de l'étude. Les * représentent les campagnes de mesure printanière et estivale de teneur en eau du sol. Le cadre grisé représente la période d'activité de l'ail des bois. ....	12
Figure 4. Cumul des degrés jour à la station météo de Chénéville durant les 3 années de l'étude. Les * représentent les campagnes de mesure des populations d'ail des bois. Le cadre grisé représente la période d'activité de l'ail des bois. ....	13
Figure 5. Moyenne et écart-type de la disponibilité en lumière avant et après le jardinage et au printemps (sans feuille) et à l'été (avec feuilles).....	14
Figure 6. Moyenne et écart-type de la disponibilité en eau avant et après le jardinage et au printemps (sans feuille) et à l'été (avec feuilles). ....	14

## Liste des tableaux

Tableau 1. Sommaire de description des activités réalisées sur les sites (chantiers) retenus pour le suivi des populations d'ail des bois .....	7
Tableau 2. Récapitulatif des moyennes et analyses statistiques sur l'impact de la coupe partielle sur les populations d'ail des bois. Un effet traitement significatif en 2011 (avant la coupe) serait représentatif d'une différence initiale indépendante de l'effet des traitements.....	16
Tableau 3. Récapitulatif des moyennes et analyses statistiques pour la comparaison interannuelles (2010 vs 2011) des populations d'ail des bois avant traitement sur le chantier de la Dame. ....	16
Tableau 4. Modalités suggérées aux traitements sylvicoles effectués en présence d'ail des bois en fonction de la saison de coupe et du type de coupe.....	20

## **Équipe de travail**

La gestion du projet a été menée par M. Marc Riopel, ingénieur forestier chez Nova Sylva.

Mme Josiane Blanchet de Nova Sylva a été responsable de la planification des activités de terrain, de la compilation et de la rédaction des rapports d'étape.

M. Régis Pouliot de l'ISFORT a été responsable de l'analyse des photos hémisphériques, des analyses de sols et de la création de la base de données finale.

Le chercheur principal, M. Sylvain Delagrance, professeur à l'Université du Québec en Outaouais (UQO) et chercheur à l'ISFORT, a agi à titre d'expert-conseil pour l'établissement du dispositif et a été responsable de l'analyse des données et de la rédaction du rapport final.

### **Pour Citation :**

Delagrance, S., Blanchet, J. et Riopel, M. 2013. Évaluation de la sensibilité de l'ail des bois (*Allium tricoccum*) à la coupe de jardinage. Rapport Scientifique de l'Institut des Sciences de la Forêt Tempérée et de Nova Sylva. 23p. + annexes.

# 1. Introduction

L'ail des bois (*Allium tricoccum*, Ait.) est une espèce forestière printanière et éphémère principalement retrouvée dans le Nord-Est des États-Unis et dans le Sud du Québec. Bien que le cycle de vie de l'espèce est maintenant relativement bien connu (Nault et Gagnon 1988, 1993), on connaît peu de choses sur la réponse de l'espèce aux changements de conditions environnementales (Lapointe 2008), ce qui permettrait pourtant de pouvoir faire des recommandations pour sa conservation dans un contexte (i) de changements climatiques ou (ii) d'application de traitements sylvicoles.

Il est connu que la cueillette annuelle de bulbes peut être fatale à la persistance de l'espèce avec des taux de prélèvement annuel aussi faibles que 5 à 15% (Nault et Gagnon 1993). Une autre étude a montré que l'intensité de cueillette (ou de toute autre atteinte physique au bulbe) est directement proportionnelle au temps de récupération des populations, qui peut monter à une dizaine d'année pour un simple prélèvement de 10% (Rock et al 2004). Cependant, outre la récolte excessive, le développement domiciliaire, l'acériculture intensive et la coupe forestière sont toutes considérées comme des activités anthropiques à fort impact sur l'habitat même de l'ail des bois (Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec, CDPNQ, 2008a).

En termes de conditions environnementales, il est aussi reconnu que le succès de transplantation de l'ail des bois est directement associé au taux d'humidité dans le sol (Vasseur et Gagnon 1994). Comme toutes les plantes printanières éphémères, on sait également que leur activité physiologique se concentre sur quelques semaines entre la fonte des neiges et la complétion de la sortie des feuilles de la canopée (Rogers 1982). De plus, l'abondance et la distribution de ces plantes éphémères est généralement extrêmement dépendante de la microtopographie des sols et des conditions de drainage, qui doivent être très spécifiques pour leur permettre d'achever leur phase de croissance (cruciale à leur survie) dans la courte fenêtre de temps qui est à leur disposition (Rogers 1982, Host et Pregitzer 1991).

Aujourd'hui, de nombreuses plantes printanières éphémères sont sur la liste des espèces en situation précaire dû au fait de leur cycle de vie très particulier et leur dépendance à des microsites spécifiques. En tête de liste des espèces répertoriées figure l'ail des bois, une espèce qui, au Québec, est relativement fréquente mais demeure classée comme vulnérable (CDPNQ, 2008a). Pour ces raisons, nous nous devons de connaître l'impact que pourrait avoir l'application de traitements sylvicoles sur les populations d'ail des bois.

De plus, dans le contexte de certification forestière, la prise en compte de la vulnérabilité de telles espèces aux pratiques sylvicoles est essentielle, et les travailleurs forestiers doivent être formés pour les identifier et connaître les actions à appliquer pour les protéger. Cependant, devant le manque d'information disponible pour définir le lien qui peut exister entre les traitements sylvicoles et l'état des populations d'ail des bois, notre équipe s'est proposée d'établir un dispositif expérimental de suivi à moyen terme sur la

réponse d'*Allium tricoccum* à un faible gradient d'ouverture du couvert forestier (i.e. simulant la coupe de jardinage effectuée dans les peuplements feuillus), afin de recommander des modalités d'intervention directement applicables dans l'érablière à bouleau jaune.

**Les objectifs spécifiques du présent projet ont donc été les suivants :**

- 1- Évaluer la réponse à court terme de l'ail des bois à l'ouverture du couvert (i.e. augmentation de la lumière et modification du régime hydrique suite au jardinage);
- 2- Proposer des modalités d'intervention en fonction des caractéristiques de site.

Les hypothèses qui ont été testées dans cette étude sont les suivantes:

H1 : Le jardinage augmentera la disponibilité en lumière et diminuera la disponibilité en eau du sol. En effet, l'ouverture du couvert augmentera la disponibilité en lumière durant la période d'activité de l'ail des bois (même au printemps alors que les feuilles ne sont pas encore sorties). De plus, l'ouverture du couvert devrait augmenter la température au sol (évapotranspiration plus élevée) et cet effet pourrait être accentué par l'effet drainant des chemins de débardage si ceux-ci impactent les sols (Hibbert 1965).

H2 : Le jardinage aura un impact négatif sur les populations d'ail des bois via une modification des conditions environnementales (c'est-à-dire via une baisse de la disponibilité en eau et une augmentation de la disponibilité en lumière directe).

H3 : la performance des populations d'ail des bois (biomasse moyenne des ramets) sera dépendante de l'interaction entre la disponibilité en lumière et la disponibilité en eau. Il sera possible d'identifier des caractéristiques de site permettant de mieux comprendre la performance de l'ail des bois.

## **2. Approche et méthodologie**

### **2.1. L'approche**

Initialement, le projet visait à suivre l'impact de traitements opérationnels réalisés dans le cadre normal d'exploitation des unités d'aménagement forestier (UAF) 072-51 et 061-51. Cependant, lors de l'installation du dispositif (en 2010), il a été difficile de localiser des populations d'ail des bois suffisamment importantes pour mettre en place les sites de suivi dans les chantiers de coupe prévus. De plus, la crise forestière ayant grandement réduit les activités de coupe dans le secteur au moment de l'étude, aucun secteur choisi n'a finalement été coupé durant l'hiver 2010-2011. Au printemps 2011, pour compléter l'échantillonnage, une deuxième campagne de sélection de chantier et de talles a donc été lancée. De plus, devant le risque de ne pas voir ces secteurs coupés, nous avons pris la décision de réaliser les coupes via un abattage manuel à l'hiver 2011-2012 sur l'ensemble des nouveaux secteurs sélectionnés (Tableau 1).

**Tableau 1. Sommaire de description des activités réalisées sur les sites (chantiers) retenus pour le suivi des populations d’ail des bois**

Sites	Nb de parcelles	Type de parcelles	Installation du dispositif	Date de coupe	Nb de remesure
La Dame	26	Traitées et témoins	2010	hiver 2011-2012	2
Lac Papineau	24	Traitées et témoins	2011	hiver 2011-2012	1
Rivière Rouge	9	Traitées	2011	hiver 2011-2012	1
Lac Carrier	5	Témoins	2011	hiver 2011-2012	1
Lac Sifflet	21	Traitées et témoins	2011	hiver 2011-2012	1
Lac Smallian	5	Traitées	2011	hiver 2011-2012	1

Ainsi, le site installé en 2010 a pu être suivi 2 années avant coupe et 1 année après coupe, alors que sur les sites installés en 2011, nous avons pu suivre les populations d’ail des bois 1 année avant coupe et 1 année après coupe (Tableau 1).

Sur chacun des sites, l’équipe a instauré un dispositif de suivi de parcelles permanentes de 1m<sup>2</sup> où les populations d’ail des bois ont été suivies. Dans les sites les plus grands, il a été possible de créer des zones traitées et des zones témoins. Cependant, dans les sites les plus petits, une seule modalité (témoin ou traité) a été attribuée à l’ensemble du site pour éviter tout effet de bordure.

Une attention particulière a été portée en ce qui concerne le choix des sites afin que ceux-ci soient perpendiculaires à la pente. De plus, lors de l’installation des modalités traitées et témoins, celles-ci ont également été disposées perpendiculairement à la pente afin de pouvoir observer un effet potentiel de drainage suite au traitement (sans influencer la modalité voisine).

## **2.2. Aire d’étude**

L’ensemble des parcelles servant au dispositif expérimental ont été implantées en Outaouais dans les UAF 72-51 et 61-51. Au total, six (6) sites de taille très variable ont été retenus pour le projet (Figure 1). Un détail de l’implantation des parcelles et des zones traitées et témoins est disponible en annexe (cf. Annexe A).

Les sites se situent à la frontière des domaines bioclimatiques de l’érablière à tilleul et de l’érablière à bouleau jaune (MRNF 2013). Dans tous les cas, les sites sélectionnés se trouvent au sein de peuplements d’érablière avec une dominance d’érable à sucre. Le relief se caractérise par des collines avec des gradients de pente très variés, les sols sont généralement relativement minces et leur qualité est très hétérogène. Le chablis est la

perturbation la plus fréquente dans la région et, pour cette raison, la coupe de jardinage est le traitement le plus recommandé et le plus appliqué pour ces peuplements. Le régime de précipitation est l'un des plus faibles au Québec avec des précipitations (pluie) d'environ 400 mm durant la saison de croissance et un total annuel de précipitations de 1200 mm. La température annuelle moyenne avoisine les 4°C.

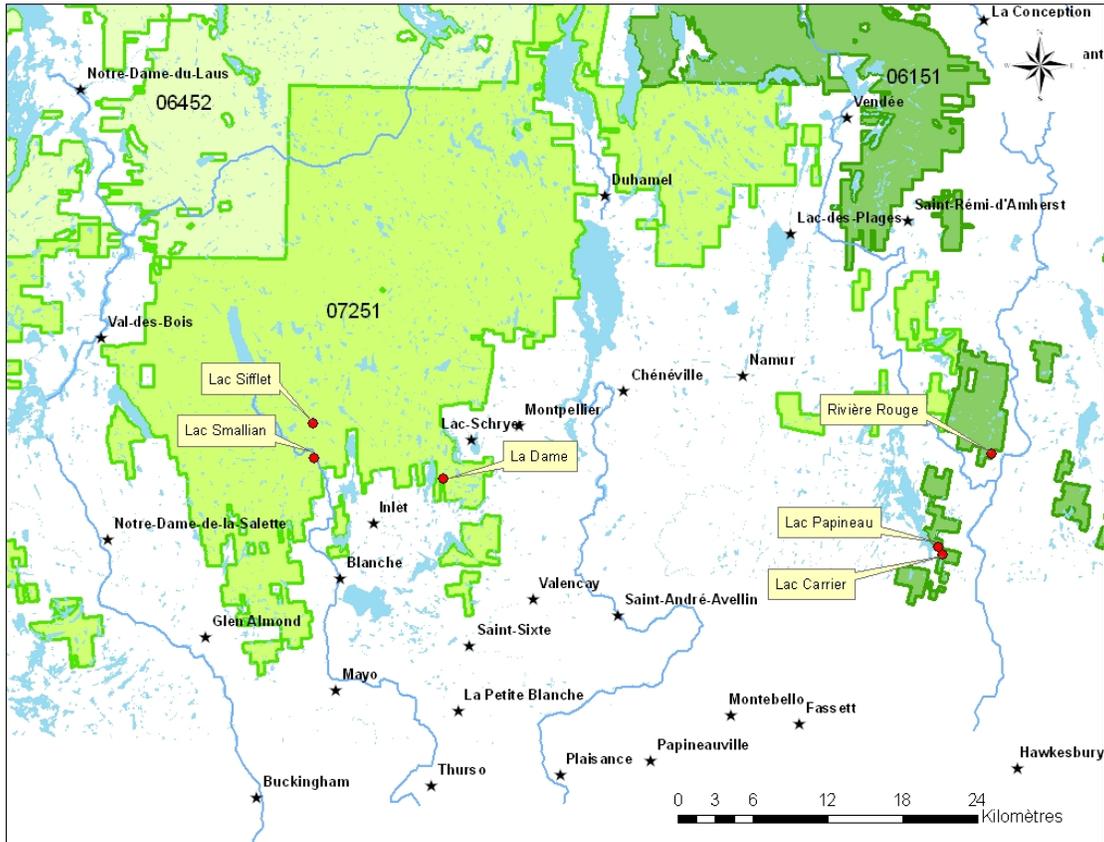


Figure 1. Sites retenus pour le projet de recherche

### 2.3. Traitement de la canopée

Les opérations forestières ont été effectuées dans les zones traitées durant l'automne 2011, excepté dans le secteur de la Dame pour lequel les travaux ont été faits durant l'hiver 2011-2012. Les coupes qui ont été pratiquées sont dites partielles, c'est-à-dire qu'environ 30% du couvert a été abattu (Figure 2). Sur l'ensemble des sites, la coupe a été effectuée par un abatteur manuel puisque les industriels avaient retiré ces secteurs de leur planification de coupe. Les sites les plus grands, soient ceux du chantier de la Dame, du lac Papineau et du lac Sifflet comprennent des parcelles témoins et des parcelles traitées (cf. Tableau 1). La stratégie a été modifiée pour les sites les plus petits, puisque leurs superficies ne permettaient pas d'y effectuer les deux modalités de traitement sans que la coupe n'ait d'influence sur les parcelles témoins. Ainsi, l'ensemble des parcelles situées au lac Smallian et à Rivière Rouge ont été traitées en coupe partielle (30%), alors

que toutes les parcelles du site du lac Carrier ont été laissées comme témoins. Sur le chantier de la Dame, quoique des contours aient été marqués dans le chantier et sur GPS, et que l'information ait été envoyée à l'entrepreneur, une débusqueuse est passée dans 4 parcelles traitées et témoins, qui ont dû être abandonnées pour l'analyse.



**Figure 2. Coupe partielle effectuée au site du lac Sifflet - Automne 2011**

## **2.4. Mesures**

### **2.4.1. Disponibilité en lumière**

Sur l'ensemble des sites, une première série de photos hémisphériques a été prise avant l'application des coupes partielles, alors que les feuilles étaient pleinement sorties, et une seconde série a été prise une fois la chute des feuilles complétée. Deux autres séries de photos hémisphériques ont ensuite été prises dans les parcelles traitées afin de déterminer l'augmentation de disponibilité en lumière associée au traitement. Les séries prises dans la période sans feuilles permettront de connaître les disponibilités en lumière durant la phase de croissance des populations d'ail des bois, alors que les séries prises durant la période de feuillaison correspondront aux disponibilités en lumière durant la période de reproduction végétative et de sénescence.

### 2.4.2. Disponibilité en eau

Dans chacun des sites et au niveau de chaque parcelle, des mesures d'humidité du sol ont été prises à l'aide d'une sonde TDR (Field Scout 100TDR). Après calibration, cette sonde permet d'estimer la teneur en eau des sols. Idéalement, la mesure se fait après une période de 48h sans précipitation, afin de connaître la capacité de drainage et de rétention des sols. Sur le site de La Dame, 3 mesures ont été faites en 2010 (mi-mai, mi-juin et mi-juillet). En 2011, tous les sites ont été mesurés 5 fois dans la saison (mi-mai, fin juin, début juillet, début août et début septembre). En 2012, tous les sites ont à nouveau été mesurés 2 fois, début mai et début juin (Figure 3). En considérant que la période d'activité de l'ail des bois se situe entre la mi-avril et la fin juin, seules les mesures faites dans ces périodes ont été conservées pour les analyses de performance. En ce qui concerne les effets du traitement, toutes les mesures ont été regardées dans une analyse préliminaire, mais seules les comparaisons dans les 2 périodes d'activité de l'ail des bois sont présentées puisque les résultats étaient similaires.

### 2.4.3. Suivi des populations d'ail des bois

Le suivi des populations d'ail des bois a été fait selon des séquences de remesure différentes selon les sites (cf. Tableau 1), mais toujours dans la même période (entre le 6 mai et le 16 mai selon l'année). Comparativement aux 2 autres années, les mesures réalisées en 2012 ont été avancées de 10 jours du fait du printemps hâtif cette année-là.

Les mesures des populations d'ail des bois ont consisté en 2 évaluations : (i) la mesure de la densité de plants (qui contient donc la mortalité et le recrutement) et (ii) la mesure de la largeur moyenne des feuilles (qui est un trait morphologique associé à la performance des plants et à leur biomasse [Nault et Gagnon 1988, 1993]). On notera que la période de mesure des populations (début ou mi-mai) correspond à la période où les feuilles de l'ail des bois sont arrivées à maturité et où le décompte des plants ne sera pas biaisé par les germinations des semis issus de graine mais qui avortent rapidement. Ainsi seules les populations dites « viables » sont mesurées.

Les mesures des populations ont été faites dans des quadrats de 1m<sup>2</sup> dont 2 coins possèdent une localisation permanente permettant ainsi leur remesure. Le calcul de la biomasse totale moyenne des plants dans un quadrat ( $Bt_{moyInd}$ ) s'est fait à partir des équations de Nault et Gagnon (1993) :

$$Bt_{moyInd} = 0.1627 * LTF_{moy} + 0.0065 LTF_{moy}^2 \quad (eq1)$$

Où  $LTF_{moy}$  est une moyenne, pour le quadrat, de la somme des largeurs des feuilles de chaque individu.

### 2.4.4. Données climatiques

La vérification des quantités de précipitations tombées dans les 72h précédant les mesures d'humidité des sols, ainsi que la compilation du cumul des précipitations et du cumul des degrés-jours ont été faites à partir des données disponibles sur le site Internet

d'Environnement Canada (Environnement Canada 2013). La station de Chénéville a été choisie puisqu'elle se trouve au centre des sites sélectionnés (cf. Figure 1). Pour les 3 années investiguées (soit 2010, 2011 et 2012), les précipitations sous forme de pluie ont été compilées pour la période d'activité de la végétation (avril à septembre). Le cumul des degrés-jours a également été fait pour les 3 années étudiées afin de s'assurer que le stade de développement des populations d'ail des bois était bien identique au moment de la mesure de la largeur des feuilles. Le calcul des degrés-jours s'est fait en utilisant la température de base de 5°C (Ryan 2003). Ici, nous avons donc compté un degré-jour de chaleur pour chaque degré dont la température moyenne quotidienne est supérieure à 5°C.

## **2.5. Analyses statistiques**

Une analyse utilisant des modèles à effets mixtes (avec prise en compte des effets aléatoires) a été faite sur les données environnementales ainsi que sur les variables prises sur l'ail des bois. Ces analyses ont été faites pour chaque année de mesure. Dans le cas des variables environnementales, seuls les chantiers ont été considérés comme variable aléatoire alors que pour les analyses sur les paramètres de l'ail des bois, le chantier et le thalle ont été incorporés comme des variables aléatoires. Dans le cas où les analyses interannuelles (avant coupe sur le chantier de la Dame) ont été faites, seul le thalle a été considéré comme variable aléatoire.

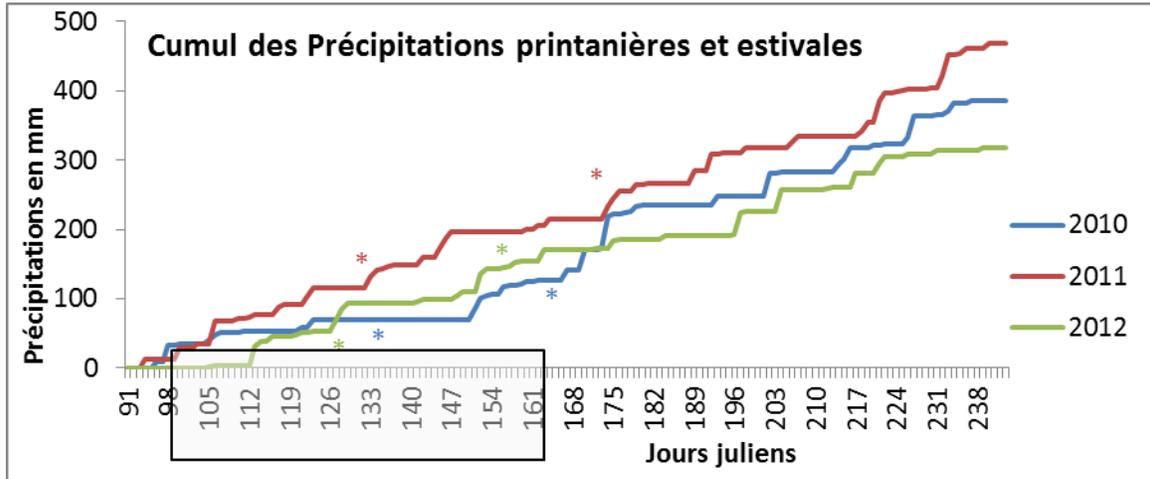
Pour les analyses de comparaison de modèles, une analyse préliminaire de corrélation des variables nous a aiguillés sur les principales variables à prendre en compte pour ne pas tester une multitude de modèles. Dans cette analyse (i.e., la biomasse totale moyenne des plants), 7 modèles ont été retenus selon leur pertinence *a priori* (cf. Annexe 3). Pour cette analyse de comparaison de modèle LMER, le chantier, le thalle et l'année ont été traités comme des variables aléatoires.

L'ensemble des analyses statistiques ont été réalisées sur R (R v2.15.2; 2012, The R Foundation for Statistical Computing) en utilisant les bibliothèques LME4 et NLME.

## **3. Résultats et discussion**

### **3.1 Données climatiques**

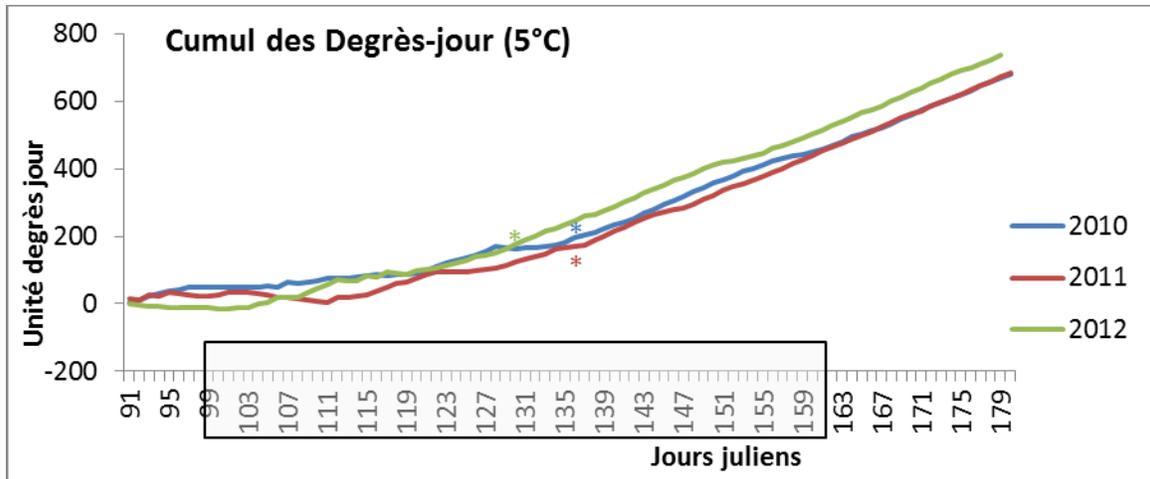
Le cumul des précipitations a montré 3 patrons légèrement différents entre les 3 années d'étude. En 2010, après un printemps plutôt sec (Figure 3), le cumul des précipitations a rapidement atteint les valeurs normales (Environnement Canada 2013), pour terminer à près de 400 mm. En 2011, le cumul des précipitations s'est retrouvé au-dessus des normales tout au long de l'année. Cette année est donc considérée comme particulièrement humide (total à 470 mm). En 2012, le cumul des précipitations a été le plus faible avec 4 périodes de sécheresse dont deux se sont déroulées au printemps durant le développement de l'ail des bois. L'année 2012 a été l'année la plus sèche durant notre étude, avec une accumulation totale de 320 mm.



**Figure 3. Cumul des précipitations à la station météo de Chénéville durant les 3 années de l'étude. Les \* représentent les campagnes de mesure printanière et estivale de teneur en eau du sol. Le cadre grisé représente la période d'activité de l'ail des bois.**

On notera que la prise des données d'humidité (indiquée par des \* dans la Figure 3) s'est faite après des périodes de 48h sans précipitations, excepté à la première mesure du printemps 2011 où quelques sites ont été mesurés avec une accumulation de quelques millimètres dans les dernières 36h. Cependant, ceci ne devrait pas représenter un biais puisque le printemps 2011 s'est avéré extrêmement pluvieux. Ainsi, l'ensemble des mesures d'humidité du sol peuvent être considérées comme représentatives de la capacité de rétention locale d'eau du sol.

En ce qui concerne le cumul des degrés-jours au-dessus de 5°C (Figure 4), les années 2010 et 2011 ont connu des patrons très similaires et les mesures sur les populations d'ail des bois ont été faites en même temps, soit à la mi-mai (cf. \* dans la Figure 4). En ce qui concerne l'année 2012, bien que « en retard » du fait d'un début de printemps frais, le cumul s'est ensuite fait très rapidement au point que la mesure des populations d'ail des bois a été devancée d'une dizaine de jours (début mai) afin de ne pas introduire d'effet confondant dû à la sénescence ou la précocité de développement des thalles cette année-là. Durant les 3 années, les mesures sur les populations ont donc été faites après une accumulation d'environ 160 degrés-jours au-dessus de la valeur de base de 5°C.

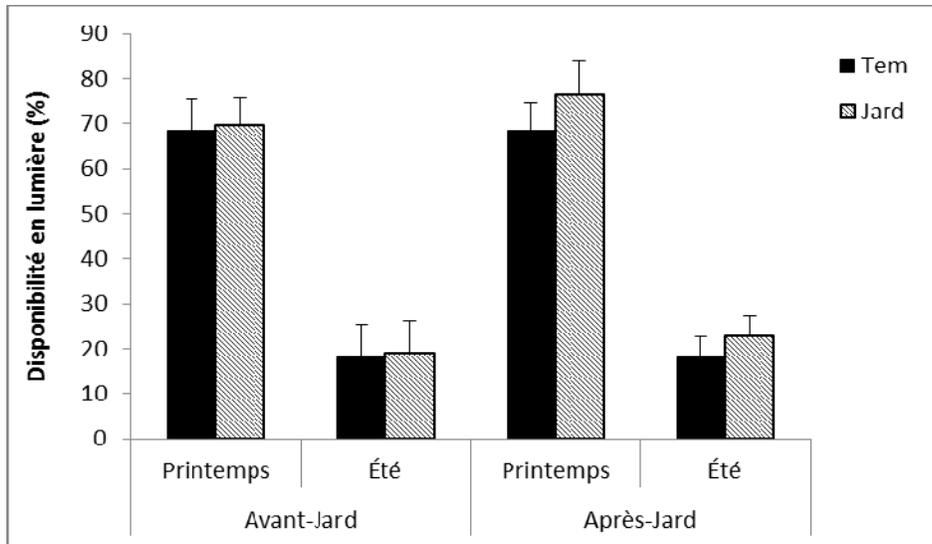


**Figure 4. Cumul des degrés jour à la station météo de Chénéville durant les 3 années de l'étude. Les \* représentent les campagnes de mesure des populations d'ail des bois. Le cadre grisé représente la période d'activité de l'ail des bois.**

### **3.2. Impact du jardinage sur les variables environnementales et l'ail des bois**

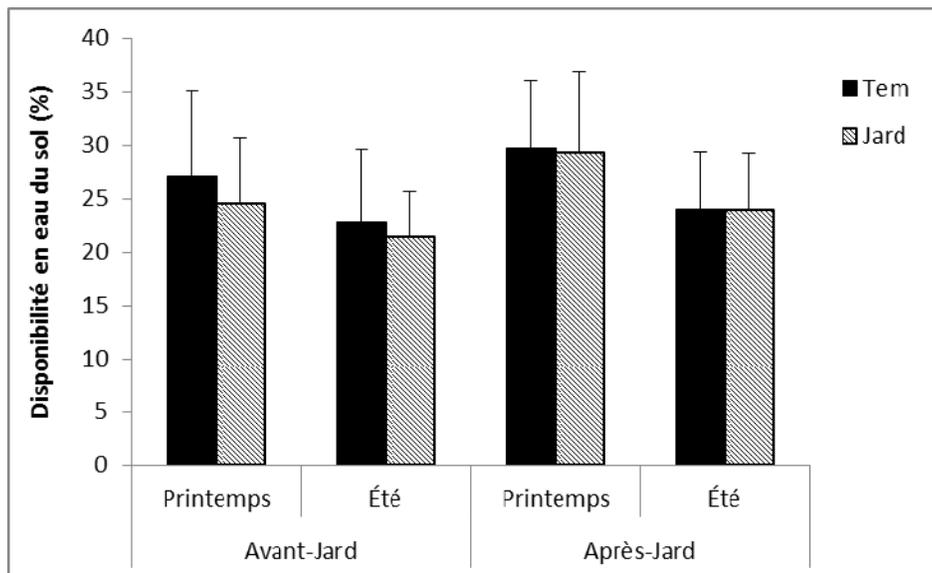
Il n'a pas été une surprise de voir que la lumière disponible dans les parcelles jardinées était significativement supérieure de 7% comparativement aux témoins durant la période de feuillaison (Figure 5;  $p < 0.0001$ ). En relatif, cette augmentation a donc représenté un gain de 35% comparativement aux témoins, ou comparativement à la lumière disponible avant coupe.

De même, la disponibilité en lumière durant la période printanière (avant la sortie des feuilles) était, elle aussi, significativement supérieure de 5 à 8% selon les parcelles. Toutefois, comparés aux témoins ou comparés à la lumière disponible avant coupe, ces gains ne représentaient que 8 à 11% d'augmentation.



**Figure 5. Moyenne et écart-type de la disponibilité en lumière avant et après le jardinage et au printemps (sans feuille) et à l'été (avec feuilles).**

En définitive, même si le jardinage a significativement augmenté la disponibilité en lumière avant et après la sortie des feuilles, l'impact le plus important réside durant la période estivale où le gain s'élève à 35%. En revanche, le gain printanier en lumière reste biologiquement marginal puisque la lumière demeure dans les valeurs élevées de disponibilité (i.e. 69 à 76% de la lumière totale).



**Figure 6. Moyenne et écart-type de la disponibilité en eau avant et après le jardinage et au printemps (sans feuille) et à l'été (avec feuilles).**

En ce qui concerne la disponibilité en eau du sol, aucun impact du jardinage n'a pu être mis en évidence (Figure 6). En effet, si aucune différence n'existait avant traitement, aucune différence ne s'est exprimée 1 an après coupe. Pourtant, Hibbert (1965) avait démontré dans une revue de littérature que c'est durant la première année après coupe que le drainage de l'eau est le plus important. Il avait même mis en évidence une relation linéaire décrivant que chaque 10% de forêt retirée amenait un drainage accru de l'équivalent de 45mm d'eau de précipitation (cf. Hibbert 1965 - fig 1). Cependant, il montrait également que ce drainage accru était temporaire et qu'il se résorbait avec la création du nouveau couvert. Dans notre cas, le manque d'effet sur la disponibilité en eau sur les sites traités peut s'expliquer de 2 façons :

- La mesure de disponibilité au niveau des thalles n'est pas représentative de la perte par drainage du site. En effet, il est possible que le drainage puisse se faire dans un premier temps dans les secteurs les mieux drainés qui ne sont pas ceux où l'on retrouve habituellement les plantes printanières et éphémères comme l'ail des bois (Rogers 1982, Host et Pregitzer 1991), donc à l'extérieur de nos parcelles de mesure.
- Le traitement n'a pas provoqué de perte d'eau par drainage. Cette option est très probable car i) le traitement est de faible intensité et ii) la perte par drainage survient principalement par les sentiers de débardage qui, lorsque les opérations ne se font pas sur sol gelé et avec couverture neigeuse, agissent comme des ruisseaux de drainage. Or, pour ce dernier point, les opérations n'ayant pas eu lieu dans les secteurs de l'étude, l'abattage a été fait manuellement et les arbres n'ont pas été retirés du site, ce qui n'a pas produit les impacts réels d'un jardinage sur les sols.

Ainsi, le traitement appliqué suite à l'abandon des opérations sylvicoles sur ces sites n'a probablement pas permis de simuler adéquatement l'effet du jardinage opérationnel initialement prévu. Une partie de l'hypothèse 1 est donc acceptée quant à l'augmentation de la disponibilité en lumière, mais l'autre partie est refusée, car il n'y a pas eu de diminution de disponibilité en eau. Ce que nous pouvons donc conclure est que l'ouverture du couvert n'a pas dramatiquement augmenté l'évapotranspiration du sol. Il faudra toutefois clarifier, dans une autre étude, si le jardinage opérationnel effectué dans le sud du Québec affecte ou non le drainage des sols forestiers via le drainage par les chemins de débardage. En effet, dans certaines conditions de pente et de saison, ces chemins peuvent devenir, au printemps ou lors de pluies diluviennes, de véritables ruisseaux de drainage d'eau et d'éléments nutritifs (Hibbert 1965, Anderson et al. 1976).

Pour ce qui est de l'ail des bois, aucun effet du jardinage n'a été mis en évidence sur la performance des populations d'ail des bois (Tableau 2). Ni la densité des plants ni leur biomasse moyenne n'ont été affectés à court terme par la coupe. Nous avons donc ici la confirmation que le traitement appliqué n'a pas eu d'effet sur les populations d'ail des bois contrairement à ce que proposait l'hypothèse 2. Ici, il est aussi possible de conclure que l'augmentation de lumière directe due à la coupe n'est pas néfaste à l'ail des bois.

**Tableau 2. Récapitulatif des moyennes et analyses statistiques sur l'impact de la coupe partielle sur les populations d'ail des bois. Un effet traitement significatif en 2011 (avant la coupe) serait représentatif d'une différence initiale indépendante de l'effet des traitements.**

Paramètre	Année	Traitement	Moyenne	F	p
Densité de plants dans le quadrat	2011	Jard.	10.15	0.099	0.906
		Tem.	10.30		
	2012	Jard.	14.84	1.056	0.352
		Tem.	12.51		
Biomasse moyenne des plants (g)	2011	Jard.	28.84	0.463	0.455
		Tem.	26.28		
	2012	Jard.	15.07	1.063	0.305
		Tem.	13		

Avec le dispositif de La Dame qui a été suivi 2 ans avant traitement et 1 an après traitement, il a été mis en évidence que la variabilité interannuelle (avant les opérations sylvicoles) est comparable à la variabilité induite suite à un retrait de 30% du couvert (Tableau 2 et 3), c'est-à-dire oscillant entre 2 et 10% selon les caractéristiques mesurées.

**Tableau 3. Récapitulatif des moyennes et analyses statistiques pour la comparaison interannuelles (2010 vs 2011) des populations d'ail des bois avant traitement sur le chantier de la Dame.**

Paramètre	Année	Moyenne	F	p
Densité de plants dans le quadrat	2010	14.08	0.206	0.652
	2011	12.91		
Biomasse moyenne des plants (g)	2010	64.91	0.004	0.952
	2011	65.62		

Il est certain qu'aucun effet n'était véritablement attendu sur la densité de plants après seulement 1 an puisque les opérations devaient garantir l'intégrité physique des plants et que la survie des plants est très dépendante des conditions de croissance de l'année précédente. De plus, le recrutement net en plants d'ail des bois est aussi faible qu'un plant par année pour un thalle de 100 individus (Rock et al 2004). Ainsi, sans action directe sur la mortalité, tout effet significatif du jardinage sur le recrutement mettra des années avant d'apparaître.

À court terme, seule la biomasse moyenne des individus pouvait donc être directement affectée par le traitement, via la modification des conditions environnementales (principalement l'eau). La somme des largeurs des feuilles représente un témoin très fiable de la performance des plants d'ail des bois (Nault et Gagnon 1993) puisqu'elle est

directement corrélée à la biomasse du plant. D'après Nault et Gagnon (1988, 1993), plus le plant a une biomasse importante et plus la survie et la qualité de reproduction végétative sont élevées, alors que plus la biomasse du plant est petite, plus le plant se dirige vers une reproduction sexuée à faible succès et plus son taux de mortalité est élevé. Dans notre étude, le traitement appliqué (i.e. abattage manuel sans retrait des billes) n'a pas eu les impacts attendus de diminution de disponibilité en eau (cf. Hibbert 1984). Ce statu quo en termes de disponibilité en eau est sûrement associé à l'absence d'impact de la coupe sur la performance des thalles suivis.

### **3.3. Modèle de variabilité de la biomasse des ramets d'ail des bois**

Le traitement de jardinage ayant eu très peu d'impact sur la disponibilité en ressources (i.e. lumière et eau) ainsi que sur les plants pour les thalles suivis, nous avons proposé d'utiliser l'ensemble de la base de données pour tester des modèles explicatifs de la performance des plants d'ail des bois (cf. annexe 3 pour plus de détails sur les analyses et résultats).

Il en ressort que, parmi les modèles testés, la variabilité de la biomasse moyenne des plants s'expliquait le mieux par un modèle comprenant une addition de compétition et de disponibilité en eau (cf. annexe 3). Ce modèle avait plus de 99% de chance d'être le meilleur modèle, ce qui élimine toute possibilité à la disponibilité en lumière ou aux caractéristiques de sites d'aider à l'explication de la biomasse moyenne des plants. Les meilleures survies et performances de reproduction végétative des plants d'ail des bois seraient donc directement reliées à une plus faible densité de plant dans le thalle, mais surtout à sa localisation sur des microsites permettant une plus grande disponibilité en eau printanière.

On notera que la part de la variance prise par les variables aléatoires dans ce modèle (i.e. le site, le thalle et l'année) était très élevée et distribuée équitablement sur les 3 variables.

## **4. Conclusions et recommandations**

### **4.1. L'état des lieux dans le sud-ouest du Québec**

Au cours des dernières années, les efforts déployés pour protéger les espèces en situation précaire ont permis de documenter plusieurs occurrences d'ail des bois (*Allium tricoccum*) dans la région du sud des Laurentides. En effet, dans le contexte de la certification forestière FSC, les travailleurs forestiers sont maintenant formés pour identifier plusieurs espèces à statut précaire, ce qui résulte en un nombre sans cesse grandissant de sites qui s'ajoutent à ceux déjà connus.

Bien qu'il s'agisse de l'espèce forestière menacée ou vulnérable pour laquelle le plus grand nombre d'occurrences est enregistré (60 % selon Dignard et al. 2008), la plus récente *Fiche signalétique* (CDNPQ, 2008a) rapporte que moins de 13% des occurrences d'ail des bois recensées à ce jour présentent une cote de viabilité et de valeur de conservation *bonne* ou *excellente*, alors que 65% sont qualifiées de *passables*, de *faibles* ou ne sont tout simplement *pas caractérisées*.

Un groupe de chercheurs québécois s'est déjà intéressé à la biologie et à la démographie de l'espèce à la limite nord de son aire de distribution. Or, ces travaux ne font pas état de l'écologie de l'espèce, ni de sa réponse aux perturbations autres que la récolte directe des bulbes (Nault et Gagnon 1987, 1988, 1993, Nantel et al. 1996). Dans le contexte forestier actuel, le manque d'information concernant les réponses potentielles de l'espèce aux modifications environnementales constitue une lacune à notre compréhension générale de l'impact des opérations sylvicoles sur l'ail des bois. Devant le manque d'informations relatives à la sensibilité de l'ail des bois aux activités de récolte de matière ligneuse, une zone tampon de 60 m autour du site occupé par l'espèce est présentement suggérée comme mesures d'atténuation (CDPNQ, 2008b).

Il est évident que toute atteinte physique aux plants, et plus particulièrement aux bulbes, est à proscrire. L'ail des bois est une espèce ayant des taux de recrutement si faibles (autour de 1%; [Nault et Gagnon 1993, Rock et al. 2004]) et une reproduction sexuée ayant si peu de succès (Nault et Gagnon 1993) que le remplacement d'une population détruite pourrait prendre plus de 100 ans (Rock et al. 2004). Cependant, nous avons démontré que l'ouverture du couvert jusqu'à 30% ne semble pas affecter négativement à court terme les populations d'ail des bois. En effet, l'évapotranspiration n'a pas été suffisante pour assécher les sols et l'augmentation de lumière directe n'a pas été dommageable sur la performance des plants. Par contre, même si nous n'avons pas vu d'impact de la coupe sur la disponibilité en eau, cette dernière semble tenir un rôle primordial dans la densité des populations et leur performance (cf. aussi Vasseur et Gagnon 1994). On suppose que cette dépendance aux sites moins bien drainés est associée au fait que durant la période d'activité de l'ail des bois, les températures (et particulièrement celles du sol) sont faibles et limitent donc la croissance et l'absorption racinaire (Lapointe 2008). De plus, d'après les modèles explicatifs de la densité de plants et de la performance de l'ail des bois, il semble qu'une augmentation de la lumière disponible ne nuise pas à l'ail des bois. Nous proposons même qu'un ombrage au moment du développement des plants pourrait être nuisible. Ce constat fait contraste avec la caractérisation de l'ail comme une espèce sciaphile stricte (CDPNQ 2008), c'est-à-dire incapable de germer ou de croître en plein soleil, ce qui, nous pensons, n'est pas le cas.

Le suivi du dispositif au cours des prochaines années permettra d'acquérir de nouvelles informations importantes sur l'effet à plus long terme de l'ouverture du couvert forestier sur les populations d'ail des bois.

## **4.2. Recommandations**

L'altération physique des plants ou des bulbes est à proscrire et, pour cela, une attention particulière doit donc être portée à la détection des thalles de l'espèce avant la définition des zones de coupes et la cartographie des sentiers et chemins.

*Nous recommandons donc de poursuivre la formation des travailleurs forestiers pour leur permettre d'identifier l'espèce et de délimiter leur présence afin qu'aucune machinerie n'entre en contact avec les thalles et que la planification des sentiers et chemins soit faite en tenant compte des populations d'ail des bois.*

D'après nos résultats, la zone tampon de 60 m actuellement proposée autour des occurrences d'ail des bois ne peut se justifier en ce qui concerne l'impact de l'ouverture du couvert. Une ouverture partielle (environ 30%) du couvert augmente la disponibilité en lumière directe, mais celle-ci n'affecte pas négativement les populations d'ail ni la disponibilité en eau du sol par évapotranspiration, à court terme. Cependant, ce tampon de 60 m pourrait être justifié dans le cas où les travaux sylvicoles amèneraient un risque d'orniérage. En effet, un risque réel existe concernant un impact des coupes (et plus particulièrement des sentiers et chemins de débardage) sur le drainage des sols forestiers. Un tel impact pourrait avoir des conséquences dramatiques sur les populations d'ail des bois.

*Nous proposons 3 recommandations à ce propos :*

- i) Le suivi pour une nouvelle période de trois ans du dispositif expérimental mis en place dans le cadre de ce projet permettrait de connaître les impacts à plus long terme de l'ouverture du couvert forestier sur la vigueur des thalles d'ail des bois.*
- ii) Devant le manque flagrant de littérature sur l'impact local de la distribution et de la rétention d'eau dans les sols forestiers suite à la coupe de jardinage, nous recommandons de faire une étude visant à déterminer les impacts réels des sentiers de débardage sur le drainage des sols forestier, lorsqu'ils sont faits en été ou à l'automne, afin de préciser la taille de la zone tampon.*
- iii) Dans l'attente de données plus précises, nous recommandons la précaution en incitant les gestionnaires à planifier des travaux évitant toutes actions pouvant avoir un impact sur le drainage ou la rétention d'eau dans le sol. Notamment, s'il y a des risques d'orniérage, nous recommandons d'éviter le déplacement de la machinerie lourde dans une zone tampon de 60m. Une récolte partielle peut être pratiquée dans les zones tampons s'il n'y a pas de déplacement ou si les déplacements de la machinerie ne causent pas d'orniérage (cf. tableau 4 pour un résumé des modalités proposées).*

**Tableau 4. Modalités suggérées aux traitements sylvicoles effectués en présence d'ail des bois en fonction du risque d'orniérage et du type de coupe**

	<b>Dans un secteur de coupe partielle (prélèvement de moins de 35%)</b>	<b>Dans un secteur de coupe de régénération (prélèvement de plus de 35%)</b>
<b>Pas de risques d'orniérage</b> (présence d'une épaisse couche de neige et des sols gelés)	Éviter que les sentiers de débusquage passent sur les thalles d'ail.	Zone tampon de 60 m à l'intérieur de laquelle une coupe partielle de moins de 35% peut être effectuée.
<b>Risque d'orniérage</b> (coupe d'été ou d'automne)	Zone tampon de 60 m <u>sans machinerie</u> mais à l'intérieur de laquelle la coupe partielle peut être effectuée.	Zone tampon de 60 m <u>sans machinerie</u> mais à l'intérieur de laquelle une coupe partielle de moins de 35% peut être effectuée.

## Bibliographie

- CDPNQ, 2008a. Fiches signalétiques des plantes vasculaires menacées ou vulnérables:  
[http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/fiches\\_signal\\_PMV\\_08\\_2008.pdf](http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/fiches_signal_PMV_08_2008.pdf)
- CDPNQ, 2008b. Fiches sur la sensibilité des plantes vasculaires menacées ou vulnérables à l'égard des travaux de foresterie:  
[http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/fiches\\_sensibilite\\_PMV\\_08\\_2008.pdf](http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/fiches_sensibilite_PMV_08_2008.pdf)
- Couillard, L., 1995. Enfin une désignation légale pour neuf plantes du Québec.  
Naturaliste Canadien, 199 : 28-30.
- Dignard, N., L. Couillard, J. Labrecque, P. Petitclerc et B. Tardif, 2008. Guide de reconnaissance des habitats forestiers des plantes menacées ou vulnérables. Capitale-Nationale, Centre-du-Québec, Chaudière-Appalaches et Mauricie. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 234 p.
- Environnement Canada. 2013. Données climatiques et normales saisonnières de la station météorologique de Chénéville, Qc, Canada.  
[http://www.climate.meteo.gc.ca/climate\\_normals/station\\_metadata\\_f.html?StnId=5586](http://www.climate.meteo.gc.ca/climate_normals/station_metadata_f.html?StnId=5586)
- Gouvernement du Québec, 1989. Loi sur les espèces menacées ou vulnérables. Mise à jour en date du 1<sup>er</sup> novembre 2009 :  
[http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/E\\_12\\_01/E12\\_01.html](http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/E_12_01/E12_01.html)
- MRNFP. <http://www.mrn.gouv.qc.ca/forets/connaissances/connaissances-inventaire-zones-carte.jsp>
- Nantel, P., D. Gagnon et A. Nault, 1996. Population Viability Analysis of American Ginseng and Wild Leek Harvested in Stochastic Environments. Conservation Biology, 10(2) : 608-621.
- Nault, A., et D. Gagnon, 1987. Some aspects of the pollination ecology of wild leek, *Allium tricoccum* Ait. Plant Species Biology, 2 : 127-132.
- Nault, A. et D. Gagnon, 1988. Seasonal biomass and nutrient allocation patterns in wild leek (*Allium tricoccum* Ait.), a spring geophyte. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 155: 45-54.
- Nault, A., et D. Gagnon, 1993. Ramet demography of *Allium tircoccum*, a spring ephemeral, perennial forest herb. Journal of Ecology, 81 : 101-119.

Rock, J. H., B. Beckage et L. J. Gross, 2004. Population recovery following differential harvesting of *Allium tricoccum* Ait. In the Southern Appalachians, Biological Conservation, 116: 227-234.

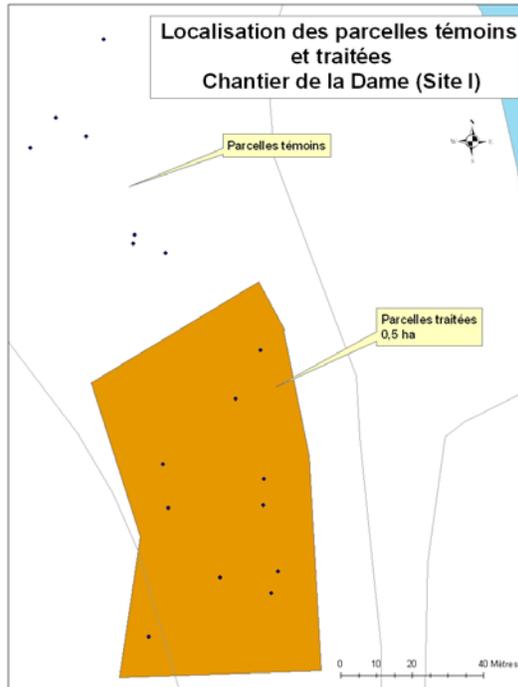
Vasseur, L., et D. Gagnon, 1994. Survival and growth of *Allium tricoccum* Ait. Transplants in different habitats. Biological Conservation, 68 : 107-114.

## **Annexes**

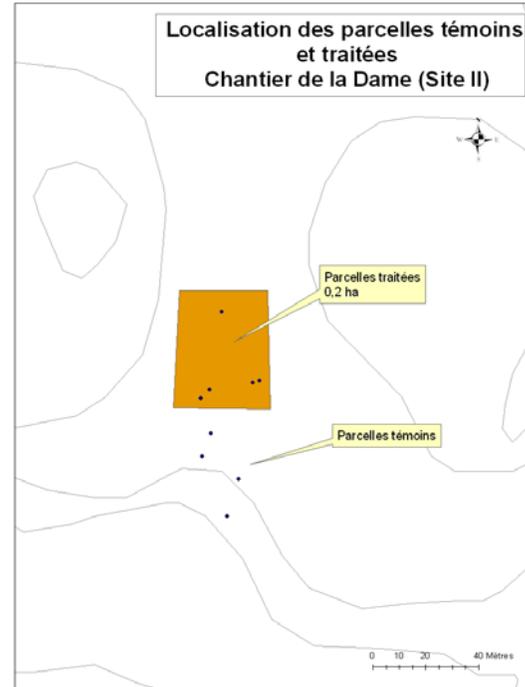
**Annexe 1. Lien entre le numéro d'identification de la parcelle, son site et le traitement appliqué.**

<b>Sites (chantiers)</b>	<b>Parcelles témoins</b>	<b>Parcelles traitées</b>
La Dame	11 à 17, 18 à 20, 22	1 à 10, 21, 23 à 26
Lac Papineau	29 à 34, 37 à 42	35, 36, 43, 44, 46 à 53
Rivière Rouge		63 à 72
Lac Carrier	73 à 78	
Lac Sifflet	92 à 100	79 à 90
Lac Smallian		101 à 106

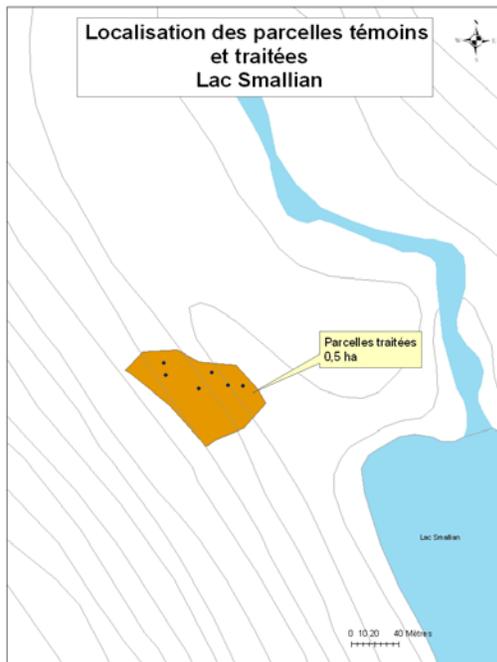
## Annexe 2. Le périmètre des coupes réalisées dans les différents chantiers.



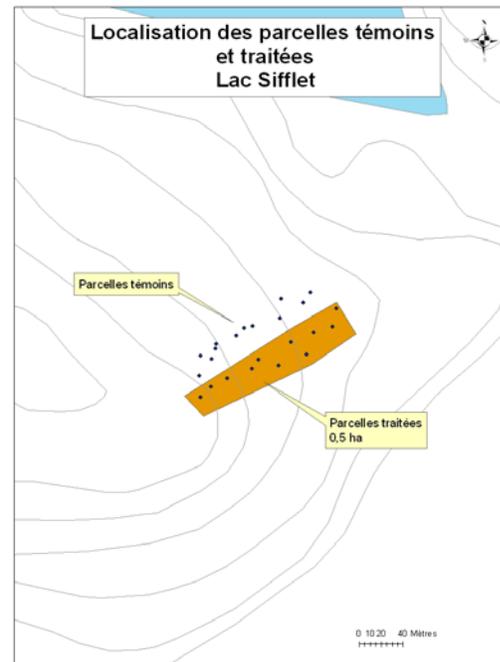
Périmètre de coupe - Chantier de la Dame (site I)



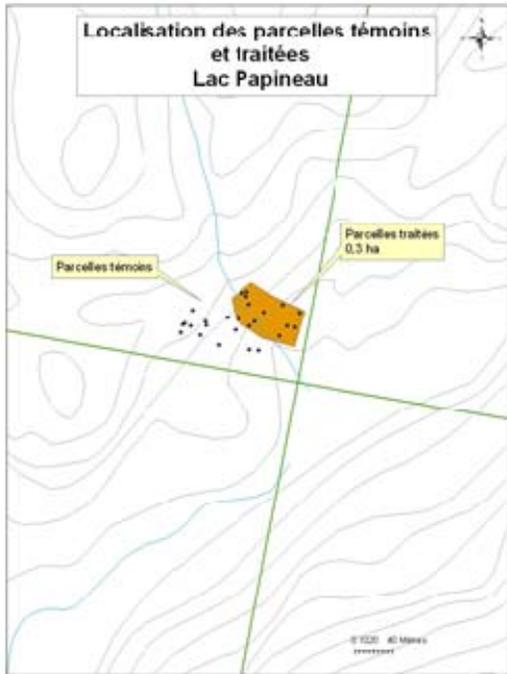
Périmètre de coupe - Chantier de la Dame (site II)



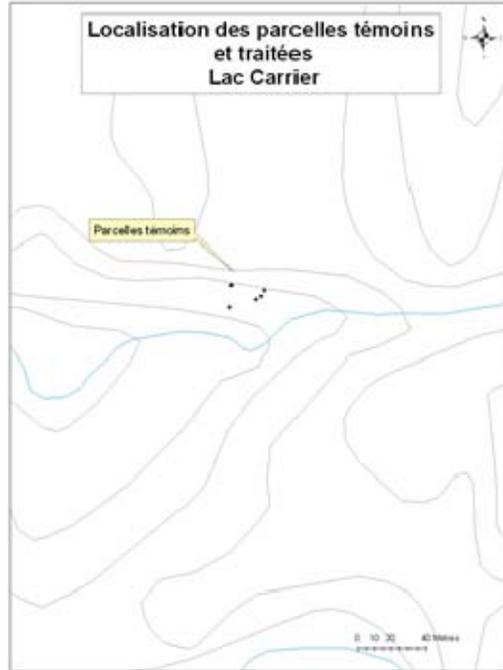
Périmètre de coupe - Lac Smallian



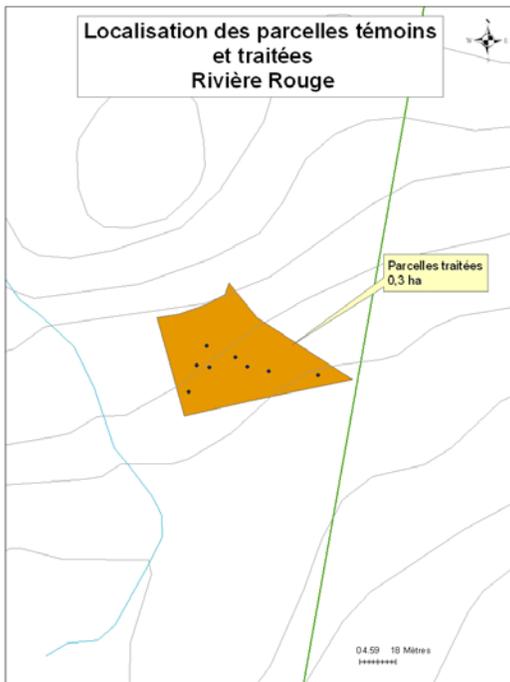
Périmètre de coupe - Lac Sifflet



**Périmètre de coupe - Lac Papineau**



**Périmètre de coupe - Lac Carrier**



**Périmètre de coupe - Rivière Rouge**

### Annexe 3. Tableaux résumés des analyses de comparaison de modèles

Dans le but de mieux comprendre la variabilité de la performance (i.e. de la biomasse des ramets), plusieurs modèles multi-variés ont été comparés; i) un modèle compétition (1), ii) des modèles « conditions environnementales » incorporant seulement des variables de disponibilité en eau et en lumière (2, 3 et 4), iii) un modèle « caractéristiques de sites » incorporant des informations qualitatives sur la position du thalle dans le site (5) et iv) des modèles mixtes (6 et 7). Les variables ID du thalle, Année de mesure et ID du Chantier ont été traitées comme aléatoires afin de tenir compte de la variabilité qu'elles entraînent. Le modèle ayant la valeur de AIC la plus faible et considéré comme le meilleur, mais il est ensuite comparé aux autres afin de déterminer de combien celui-ci est meilleur. Une probabilité ( $W_i$ ) est alors calculée pour le déterminer.

Modèle	Id	n	K	AIC	LogLik	AICc	Bt_moyInd	
							DeltaAICc	Wi
D_pl	1	78	6	1625	-806.7	1626.6	377.0	0.00
Disp_Eau_pr	2	78	6	1277	-632.4	1278.0	28.4	0.00
Lumière_Pr	3	78	6	1640	-814.2	1641.6	392.0	0.00
Disp_Eau_pr + Lumière_Pr	4	78	7	1270	-628	1271.6	22.0	0.00
pente Deg + Pos pente	5	78	7	1649	-817.7	1651.0	401.4	0.00
<b>D_pl + Disp_Eau_pr</b>	<b>6</b>	<b>78</b>	<b>7</b>	<b>1250</b>	<b>-617</b>	<b>1249.6</b>	<b>0.0</b>	<b>100.00</b>
D_pl + pente Deg + Pos pente	7	78	8	1621	-802.5	1623.1	373.5	0.00