

---

***Urgel Delisle & associés inc.***

---

**Prolongement du Gazoduc TQM vers PNGTS**

---

**Suivi 2003 de la transplantation  
de l'Ail des bois (An 5)**

---

**Rapport final**

---

**Avertissement**

Les auteurs considèrent que l'information présentée dans ce rapport est de nature confidentielle.



2954, rue François Sainte-Julienne (Québec) J0K 2T0  
Tél. (450) 834-3260 Téléc. (450) 834-5645  
Courriel [grebe@videotron.ca](mailto:grebe@videotron.ca)

---

Décembre 2003

---

**ÉQUIPE DE TRAVAIL****URGEL DELISLE & ASSOCIÉS INC.**

Directeur du projet

Pierre-Yves Michon

Technicien

Florent Olivier

**G.R.E.B.E. INC.**

Chargé de projet

Mario St-Georges

Technicienne

Guylaine Forest

---

*Planification**Mario St-Georges**Collecte des données**Mario St-Georges  
Florent Olivier  
Guylaine Forest**Saisie informatique des données**Guylaine Forest**Analyse des données, rédaction et photographie**Mario St-Georges*

## TABLE DES MATIÈRES

<b>ÉQUIPE DE TRAVAIL</b>	<b>.....</b>	<b>i</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES</b>	<b>.....</b>	<b>ii</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES</b>	<b>.....</b>	<b>iii</b>
<b>1.0 INTRODUCTION</b>	<b>.....</b>	<b>1</b>
<b>2.0 MÉTHODES</b>	<b>.....</b>	<b>1</b>
<b>2.1 Dispositif de mesure</b>	<b>.....</b>	<b>1</b>
<b>2.2 Collecte des données</b>	<b>.....</b>	<b>2</b>
<b>2.3 Analyses statistiques</b>	<b>.....</b>	<b>3</b>
<b>3.0 RÉSULTATS ET DISCUSSION</b>	<b>.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1 État des sites récepteurs</b>	<b>.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2 Dynamique des populations</b>	<b>.....</b>	<b>7</b>
3.2.1 Nombre de plants et densité de population	<b>.....</b>	<b>7</b>
3.2.2 Biomasse	<b>.....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 Production de semis et de hampes florales</b>	<b>.....</b>	<b>16</b>
<b>3.4 Structure des populations</b>	<b>.....</b>	<b>20</b>
3.4.1 Structure de taille selon le nombre de feuilles par plant	<b>.....</b>	<b>20</b>
3.4.2 Structure de taille selon la biomasse	<b>.....</b>	<b>24</b>
<b>4.0 BILAN DU PROGRAMME DE SUIVI</b>	<b>.....</b>	<b>27</b>
<b>5.0 BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>.....</b>	<b>29</b>
 <b>ANNEXE PHOTOGRAPHIQUE</b>		

## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

### TABLEAUX

Tableau 1. Évolution de la densité de la reprise dans les sites récepteurs de 1999 à 2003	5
Tableau 2. Évolution de l'état des plants dans les sites récepteurs de 1999 à 2003.	6
Tableau 3. Caractéristiques des plants d'ail des bois dans les quadrats transplantés, 2003.	8
Tableau 4. Caractéristiques des plants d'ail des bois dans les quadrats témoins, 2003.	9
Tableau 5. Densité moyenne des plants adultes par quadrat transplanté et témoin et variation annuelle de 1998 à 2003.	10
Tableau 6. Largeur foliaire totale moyenne des plants adultes par quadrat transplanté et témoin et variation annuelle de 1998 à 2003.	12

### FIGURES

Figure 1. Évolution de la largeur foliaire moyenne par plant, indicatrice de la biomasse individuelle moyenne, dans les populations témoin et transplantée, 1998 à 2003.	15
Figure 2. Variation du pourcentage de plants arborant une hampe florale et du taux de mortalité des hampes, 1998 à 2003.	18
Figure 3. Comparaison des structures de taille des populations transplantée et témoin, selon le nombre de feuilles par plant, pour la période 1998-2003.	22
Figure 4. Comparaison des structures de taille détaillées des populations transplantée et témoin (1998-2000 et 2003).	25

## 1.0 INTRODUCTION

Dans le cadre des travaux d'avant-projet relatifs au passage du gazoduc TQM vers PNGTS, une importante population d'Ail des bois (*Allium tricoccum*), plante désignée vulnérable au Québec, a été découverte le long du tracé à . Afin de réduire les impacts du passage du gazoduc sur cette ressource, quelque 33 000 tiges ont été transplantées au printemps 1998 (St-Georges *et al.* 1998). Le suivi de la transplantation, au moyen de 17 quadrats *transplantés* et de 14 quadrats *témoins*, a alors été initié et des données de références ont été recueillies<sup>1</sup>. D'une durée de cinq ans, le suivi visait à mesurer le succès de l'opération en comparant la dynamique de la partie de la population qui fut déplacée avec celle dont les plants n'ont pas été touchés.

En 1998, année de la transplantation, la valeur des paramètres mesurés ne différait pas, sur le plan statistique, entre la population transplantée et la population témoin 1998 (St-Georges *et al.* 1998). En 1999, on a observé une croissance de la population déplacée en nombre et en biomasse (St-Georges 2000a). Cependant, la croissance de la population, la croissance des individus et la reproduction sexuée avaient été plus faibles que chez la population témoin qui montrait une croissance en nombre et en biomasse identique. Ceci suggérait qu'un choc consécutif à la transplantation avait touché les plants déplacés, une situation qui survient fréquemment à la suite d'une transplantation (Beauchemin 1998, Vasseur et Gagnon 1994). En 2000, les plants transplantés n'avaient pas retrouvé la vigueur démographique des plants témoins (St-Georges 2000b). Ce n'est qu'en 2001 que les individus transplantés ont commencé à montrer un dynamisme se rapprochant de celui des individus témoins, en particulier dans les quadrats transplantés 1 à 8 et 17 (St-Georges 2002a). En 2002, pour la seconde année de suite, on a relevé des variations des effectifs et des paramètres démographiques du même ordre de grandeur chez les groupes transplanté et témoin. (St-Georges 2002b).

Ce rapport présente les données recueillies au cours de l'année 5 (2003), dernière année du programme de suivi de la transplantation de l'Ail des bois. Il compare les paramètres des populations transplantée et témoin en 2003, décrit l'évolution des effectifs déplacés et dresse le bilan de l'opération.

---

<sup>1</sup> Le lecteur consultera St-Georges *et al.* (1998) pour connaître la localisation de la population étudiée, pour obtenir un résumé des connaissances sur la biologie de l'Ail des bois et se référer aux données de base du suivi.

## **2.0 MÉTHODES**

### **2.1 Dispositif de mesure**

En 1998, quelque 31 quadrats permanents de 2 500 cm<sup>2</sup> (50 cm x 50 cm) ont été établis: 17 pour les plants relocalisés et 14 servant de témoins. Les quadrats comprenant des plants déplacés permettent le suivi de l'ail transplanté à l'aide d'une sous-population correspondant à celle des quadrats. Quant à eux, les quadrats témoins servent à mesurer les effets de la variabilité naturelle de l'ensemble de la population et des conditions environnementales; ces quadrats ayant été localisés dans des endroits non touchés par l'emprise du gazoduc situés à proximité du tracé.

En 1998, simultanément à l'opération de transplantation, des mesures ont été effectuées dans les quadrats d'Ail des bois transplantés et dans les quadrats témoins. Les quadrats d'Ail des bois transplantés avaient d'abord été situés dans la population avant le déplacement des tiges. Ils ont alors été identifiés. Puis, afin de s'assurer que les bulbes se trouvant à l'intérieur des quadrats seraient bien les mêmes qui feraient l'objet du suivi une fois transplantés, ceux-ci ont été déplacés avant ou après les autres plants et reconstitués dans les divers sites récepteurs. À la suite de la relocalisation, les quadrats comprenaient donc des tiges transplantées qui avaient fait l'objet de mesures.

### **2.2 Collecte des données**

En 2003, trois visites au site de transplantation pour la collecte de données ont été réalisées. En raison du printemps frais, le travail de terrain a été conduit plus tard en saison de la façon suivante :

- 27 et 28 mai 2003 : dénombrement des plants et mesure des feuilles;
- 22 juin 2003 : dénombrement des hampes florales;
- 21 juillet 2003 : dénombrement des hampes florales.

Les variables suivantes ont été mesurées dans chacun des quadrats transplantés et témoins :

- nombre de plants;
- nombre de hampes florales;
- nombre de semis;
- nombre de plants à 1 feuille;
- nombre de plants à 2 feuilles;
- nombre de plants à 3 feuilles et plus;
- largeur des feuilles dans la partie la plus large.

Ces données visent à évaluer la dynamique des nouvelles colonies et à mesurer la croissance des tiges transplantées.

### 2.3 Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont consisté à réaliser des tests de comparaison de moyennes ou de proportions (voir Sherrer 1984). Les premières ont été effectuées à l'aide de l'analyse de variance ou de tests  $t$  pour échantillons appariés ou non, selon le cas, alors que des tests  $\chi^2$ ,  $G$  ou la *méthode exacte de Fisher* ont été employés pour les secondes. Le seuil de signification de tous les tests a été fixé à 0,05.

## 3.0 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le dispositif expérimental, qui avait bien résisté à l'usure du temps au cours des quatre premières années du suivi, a été endommagé entre l'automne 2002 et le printemps 2003. En effet, neuf quadrats transplantés (9,10,11,12,13,14,15,16 et 17) ont été vandalisés : piquets enlevés et cueillette. Le suivi a donc été réalisé sur 8 quadrats transplantés et 14 quadrats témoins qui eux avaient très bien résisté à l'hiver. Tous les quadrats en bon état ont été faciles à repérer et avaient conservé leurs dimensions.

Par ailleurs, les piquets délimitant les sites récepteurs étaient généralement en bon état. Toutefois, les piquets du site récepteur no 20 avaient encore été enlevés comme au cours des deux années précédentes. Cette fois ils ont été déplacés car ils n'ont pas été retrouvés. La litière ne montrait toutefois aucun signe de perturbation. Le site récepteur no 17 a aussi été endommagé, trois des quatre piquets marquant ce site ayant été retirés et déposés sur le sol. Cependant, contrairement au site récepteur no 20, des signes de cueillette ont été relevés sur environ 20 % de la superficie du site.

### 3.1 État des sites récepteurs

À l'instar des années précédentes, on a observé la repousse de l'Ail des bois transplanté dans les 19 sites récepteurs en 2003. Un peu plus de la moitié des sites récepteurs (10 sur 19) présentaient une densité de plant similaire à 2002 (Tableau 1 et Annexe photographique). De manière générale, les autres sites montraient une densité de tiges légèrement inférieure en 2003 qu'en 2002. Cependant, des signes plus ou moins importants de cueillette, litière perturbée et trous de bulbes retirés, ont été observés dans quatre sites récepteurs (12, 14, 15 et 17). C'est la première fois en cinq ans que cette situation est relevée.

Les plants observés en 2003 présentaient une bonne ou une très bonne condition, comme lors des années précédentes, dans 18 sites sur 19 (Tableau 2). Seul le site récepteur no 9 montraient des plants dont la condition était jugée passable. Malgré que la visite ait été faite près de deux semaines plus tard qu'à l'habitude en raison d'un printemps tardif, comme en 2002 (St-Georges 2002b), le développement des plants était similaire à celui des années précédentes.

Après trois années de suivi, St-Georges (2002a) notait que les sites récepteurs 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 1011, 12, 16, 17, 18, 19 et 20 avaient maintenu une bonne densité des tiges depuis 1999 alors que les sites 3, 9, 13, 14 et 15 avaient été caractérisés par l'apparition de trouées et un éclaircissement des plants. En 2000, on avait remarqué une baisse de densité marquée dans les sites récepteurs 3, 13, 14 et 15 (St-Georges 2000b). La disparition des tiges notée dans ces sites récepteurs à ce moment était attribuable à la mort des plants, probablement par maladie, puisque des bulbes vides et ratatinés avaient été observés et que la litière était intacte. En effet, selon Nault et Gagnon (1993), la présence de bulbes vides et rabougris ainsi que la disparition entière de bouquets indiqueraient qu'une maladie pourrait être responsable de la mortalité rapide et contagieuse des plants. En 2003, aucun bulbe rabougri ou vide n'a été observé dans les sites récepteurs.

Après cinq années de suivi, il apparaît que les sites récepteurs 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 1011, 13, 16, 18, 19 et 20 sont stabilisés. L'établissement des tiges transplantées serait donc réalisé dans 14 sites sur 19<sup>1</sup>. Le déclin relevé au cours des années dans le site no 1 et la cueillette constatée dans les sites 12, 14, 15 et 17 ne permettent pas de statuer sur le sort de l'Ail des bois déplacé dans ces sites récepteurs bien que les plants qu'on y a observé en 2003 soient en bonne ou très bonne condition.

---

<sup>1</sup> Ces sites contenaient 62 % des 33 000 plants déplacés en 1998.



**Tableau 1. Évolution de la densité de la reprise dans les sites récepteurs de 1999 à 2003.**

Site	1999	2000	2001	2002	2003
1	Très dense	Dense	Dense au centre, pourtour plus clairsemé.	Clairsemé.	Clairsemé, un bouquet de moins qu'en 2002.
2	Très dense sauf une petite trouée	Densité moyenne, trois trouées	Densité légèrement moindre qu'en 2000.	Identique à 2001.	Identique à 2002.
3	Très dense	Densité faible, par bouquet	Densité moindre qu'en 2000.	Identique à 2001.	Identique à 2002.
4	Densité moyenne en raison des pierres	Identique à 1999	Densité similaire à 2000, sauf nouvelle trouée.	Identique à 2001.	Identique à 2002.
5	Très dense, petit site	Identique à 1999	Identique à 2000.	Densité légèrement inférieure à 2001.	Densité légèrement inférieure à 2002.
6	Dense sauf une bande où les plants n'ont pas poussé	Densité légèrement inférieure à 1999	Identique à 2000.	Identique à 2001.	Identique à 2002.
7	Dense	Identique à 1999	Densité similaire à 2000, sauf nouvelle trouée.	Identique à 2001.	Identique à 2002.
8	Dense sauf une petite trouée, petit site	Densité légèrement supérieure à 1999	Identique à 2000.	Identique à 2001.	Légèrement moins dense qu'en 2002.
9	Très dense, petit site	Densité moyenne, apparition de trouées	Dense en périphérie, grande trouée au centre.	Identique à 2001.	Identique à 2002.
1011	Moins dense, bouquets apparents, ouverture à l'ouest et à l'est, grand site	Densité faible à moyenne, bouquets de densité moindre qu'en 1999	Identique à 2000.	Identique à 2001.	Identique à 2002.
12	Dense à l'est et moins dense à l'ouest, trouée au centre, grand site	Densité légèrement inférieure à 1999, trois trouées de plus	Densité légèrement inférieure à 2000.	Identique à 2001.	Légèrement moins dense qu'en 2002, petite cueillette.
13	Dense sauf deux petites trouées	Forte diminution de densité sur la moitié du site, dense dans l'autre partie	Identique à 2000.	Identique à 2001.	Identique à 2002.
14	Dense par endroits et plus clairsemée à d'autres	Forte diminution de densité, plusieurs ouvertures	Identique à 2000.	Identique à 2001.	Cueillette.
15	Très dense	Très dense sur deux tiers du site, aucune reprise sur le tiers restant	Densité similaire à 2000, sauf nouvelle petite trouée.	Identique à 2001.	Cueillette.
16	Dense	Identique à 1999	Identique à 2000.	Identique à 2001.	Identique à 2002.
17	Dense	Identique à 1999	Densité légèrement inférieure à 2000.	Identique à 2001.	Densité moindre d'environ 20 %, cueillette.
18	Dense	Identique à 1999	Identique à 2000.	Identique à 2001.	Identique à 2002.
19	Très dense	Identique à 1999	Identique à 2000.	Identique à 2001.	Légèrement moins dense qu'en 2002.
20	Dense	Identique à 1999	Identique à 2000.	Identique à 2001.	Légèrement moins dense qu'en 2002.

**Tableau 2. Évolution de l'état des plants dans les sites récepteurs de 1999 à 2003.**

<b>Site</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
<b>1</b>	Excellent	Très bon.	Bon.	Passable.	Bon.
<b>2</b>	Excellent	Bon.	Bon.	Bon.	Bon.
<b>3</b>	Excellent	Très bon.	Bon.	Bon.	Bon.
<b>4</b>	Bon	Bon.	Bon.	Bon.	Bon.
<b>5</b>	Excellent	Excellent.	Excellent.	Excellent.	Excellent.
<b>6</b>	Bon	Bon.	Bon.	Bon.	Très bon.
<b>7</b>	Excellent	Excellent.	Bon.	Bon.	Bon.
<b>8</b>	Bon	Bon.	Bon.	Bon.	Bon.
<b>9</b>	Excellent	Bon.	Bon.	Bon.	Passable.
<b>1011</b>	Bon en général mais certains plants semblent plus frêles	Bon.	Bon.	Bon.	Bon.
<b>12</b>	Bon	Bon.	Bon.	Bon.	Très bon.
<b>13</b>	Excellent	Bon dans la partie peu dense, excellent dans la partie dense.	Bon dans la partie peu dense, excellent dans la partie dense.	Bon dans la partie peu dense, excellent dans la partie dense.	Très bon.
<b>14</b>	Bon	Bon.	Bon.	Bon.	Bon.
<b>15</b>	Excellent	Très bon.	Très bon.	Très bon.	Très bon.
<b>16</b>	Bon	Bon.	Bon.	Bon.	Bon.
<b>17</b>	Bon	Bon.	Bon.	Bon.	Bon.
<b>18</b>	Excellent	Excellent.	Excellent.	Excellent.	Excellent.
<b>19</b>	Excellent	Excellent.	Excellent.	Excellent.	Excellent.
<b>20</b>	Très bon	Très bon.	Très bon.	Très bon.	Très bon.

### 3.2 Dynamique des populations

L'évolution de la population transplantée est étudiée au moyen du nombre de plants et de la biomasse, cette dernière étant exprimée par la largeur foliaire totale des individus. Ces variables ont été comparées dans le temps, d'une part, et entre populations transplantée et témoin, d'autre part.

#### 3.2.1 Nombre de plants et densité de population

En 2003, on a compté 417 individus, 384 adultes et 33 semis, dans les 8 quadrats transplantés n'ayant pas été l'objet de vandalisme (Tableau 3), soit  $48,0 \pm 14,2$  plants adultes/quadrat. Par rapport à 2002, il s'agit d'une diminution significative de la densité de 15,9 % dans les huit quadrats suivis ( $t_a = 2,2898$ ,  $p = 0,0381$ ,  $v = 14$ ). Il est ici important de rappeler qu'on avait remarqué que les 17 quadrats transplantés ne se comportaient pas de manière homogène, à l'instar des sites récepteurs (voir Tableau 1). En effet, St-Georges (2002a) écrivait à la suite du suivi effectué en 2001 que sur le plan de la variation des effectifs, les quadrats 1 à 8 et 17 présentaient des résultats proches de ceux observés dans les quadrats témoins alors que les quadrats 9 à 16 avaient évolué de manière différente. Ces derniers avaient été caractérisés par des chutes plus importantes du nombre de tiges en 2000 et 2001 bien que la situation s'était stabilisée dans les quadrats 14, 15 et 16.

Dans les 14 quadrats témoins, on a dénombré quelque 718 tiges (Tableau 4), 605 adultes et 113 semis), pour une densité moyenne de  $43,2 \pm 19,2$  plants adultes/quadrat. Par rapport à 2002, la densité moyenne du nombre de plants dans les quadrats témoins semble inférieure de 10,4 % , un écart toutefois non significatif sur le plan statistique ( $t_a = 1,2493$ ,  $p = 0,2227$ ,  $v = 26$ ).

Depuis la transplantation, le nombre moyen de tiges par quadrat des populations transplantée et témoin a toujours varié dans le même sens. D'abord une hausse des effectifs au cours de l'An 1 (1999) du suivi puis des diminutions successives au cours des Ans 2 (2000) , 3 (2001) et 4 (2002) (Tableau 5). En considérant l'ensemble des quadrats transplantés (1-17), l'importance des variations s'est avérée différente chez les deux populations au cours des deux premières années suivant la transplantation, l'augmentation de l'An 1 étant plus faible et la chute de l'An 2 étant plus forte chez le groupe transplanté que chez le groupe témoin. Ceci laissait supposer un dynamisme moins vigoureux des individus transplantés à court terme (St-Georges 2000a). Au cours de l'An 3, on a constaté des diminutions d'effectifs du même ordre de grandeur chez les deux populations (Tableau 5). Au cours de l'An 4, la réduction fût en apparence moindre chez la population

**Tableau 3. Caractéristiques des plants d'ail des bois dans les quadrats transplantés, 2003.**

Quadrat	Nombre de plants					Total	Largeur foliaire	Plants de 10+ cm
	Semis	1 f <sup>a</sup>	2 f	3 f	Adultes <sup>b</sup>			
1	2	4	34	20	58	60	499,1	18
2	7	10	41	4	55	62	357,6	8
3	9	9	27	2	38	47	231,3	4
4	8	11	53	6	70	78	552,0	17
5	0	3	30	8	41	41	326,9	5
6	5	5	24	6	35	40	255,2	6
7	2	5	18	6	29	31	207,8	4
8	0	7	42	9	58	58	435,0	10
9	- <sup>c</sup>	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>54</b>	<b>269</b>	<b>61</b>	<b>384</b>	<b>417</b>	<b>2865,0</b>	<b>72</b>

a) f: feuille (ex. 1 f signifie plant portant une feuille)

b) Adultes : plants portant des feuilles de 1 cm et plus de largeur (1 f, 2 f, 3 f)

c) - : non mesurable en raison du vandalisme sur les quadrats

**Tableau 4. Caractéristiques des plants d'ail des bois dans les quadrats témoins, 2003.**

Quadrat	Plants					Total	Largeur foliaire	Plants de 10+ cm
	Semis	1 f <sup>a</sup>	2 f	3 f	Adultes <sup>b</sup>			
1	8	22	36	2	60	68	316,4	8
2	13	13	46	3	62	75	375,1	4
3	11	11	56	10	77	88	513,7	10
4	8	18	28	0	46	54	239,8	3
5	7	7	29	6	42	49	309,0	10
6	7	1	11	6	18	25	158,1	7
7	1	1	2	3	6	7	33,8	2
8	10	12	33	5	50	60	335,1	9
9	3	3	11	6	20	23	150,5	6
10	1	5	42	0	47	48	370,4	10
11	8	9	30	13	52	60	389,6	14
12	8	5	20	4	29	37	231,9	9
13	13	10	22	10	42	55	326,3	12
14	15	12	40	2	54	69	373,0	7
<b>Total</b>	<b>113</b>	<b>129</b>	<b>406</b>	<b>70</b>	<b>605</b>	<b>718</b>	<b>4122,7</b>	<b>111</b>

a) f: feuille (ex. 1 f signifie plant portant une feuille)

b) Adultes : plants portant des feuilles de 1 cm et plus de largeur (1 f, 2 f, 3 f)

**Tableau 5. Densité moyenne des plants adultes<sup>a</sup> par quadrat transplanté et témoin et variation annuelle de 1998 à 2003.**

Année	Densité (plants/quadrat $\pm$ écart-type) et variation annuelle (%)					
	Transplants				Témoins	
	Quadrats 1-17		Quadrats 1-8		Quadrats 1-14	
	Densité	Variation	Densité	Variation	Densité	Variation
<b>1998</b>	59.2 $\pm$ 18.2		66.4 $\pm$ 15.0		58.2 $\pm$ 25.7	
<b>1999</b>	69.4 $\pm$ 31.8	+ 17 %	82.6 $\pm$ 20.0	+ 24 %*	79.4 $\pm$ 31.4	+ 36 %*
<b>2000</b>	48.3 $\pm$ 37.0	- 30 %*	74.3 $\pm$ 19.0	- 10 %*	69.8 $\pm$ 30.2	- 12 %*
<b>2001</b>	39.1 $\pm$ 30.9	- 19 %*	61.6 $\pm$ 12.5	- 17 %*	57.1 $\pm$ 18.0	- 18 %*
<b>2002</b>	35.5 $\pm$ 26.7	- 9 %	57.1 $\pm$ 9.5	- 7 %	48.2 $\pm$ 10.8	- 16 %*
<b>2003</b>	-	-	48.0 $\pm$ 14.2	- 16 %*	43.2 $\pm$ 19.2	- 10 %
<b>Global</b>	<b>1998-2002</b>	<b>- 40 %**</b>	<b>1998-2002</b>	<b>- 14 %</b>	<b>1998-2002</b>	<b>- 17 %</b>
	<b>1998-2003</b>	<b>-</b>	<b>1998-2003</b>	<b>- 28 %**</b>	<b>1998-2003</b>	<b>- 26 %</b>

<sup>a</sup> Adultes : plants portant des feuilles de 1 cm et plus de largeur.

\* Différence significative d'une année à l'autre (test *t* pour échantillons appariés).

\*\* Différence significative entre 1998 et 2002 ou 2003 selon le cas (test *t* pour échantillons appariés).

transplantée que chez la population témoin, une première depuis l'instauration du suivi (St-Georges 2002b). Cependant, les séquelles de l'épisode de maladie (1999-2000) demeurent apparentes dans le bilan 1998-2002 de la variation des effectifs des 17 quadrats suivis.

Dans les huit quadrats pour lesquels l'information est complète pour toute la durée du suivi (1-8), le mode annuel de fluctuations montre plusieurs similitudes avec celui décrit plus haut pour les 17 quadrats transplantés, une situation attendue puisque ces 8 quadrats forment un sous-ensemble du groupe de quadrats transplantés suivis. De fait, à l'exception de l'année 1999-2000 (An 2) au cours de laquelle la maladie aurait décimé certains quadrats et touché des sites récepteurs, les huit quadrats ont varié de manière similaire à l'ensemble (voir Tableau 5). Cependant, on remarquera que l'amplitude des différences annuelles en 1999 et en 2000 était plus proche de celle de la population témoin. De 2002 à 2003 (An 5), la diminution du nombre moyen de tiges par quadrat semble avoir été plus grande chez le groupe transplanté mais demeure tout de même dans un ordre de grandeur proche de celle enregistrée chez le groupe témoin.

À la suite de la campagne 2001, on émettait l'hypothèse que la population déplacée semblait à l'aube d'une phase de stabilisation après avoir subi le choc consécutif à la transplantation (St-georges 2002a). Les données recueillies depuis corroborent cette hypothèse et la population transplantée semble réagir sensiblement de la même manière que la population témoin aux conditions environnementales depuis trois ans. Pour la durée du suivi (1998-2003), le bilan de l'évolution des effectifs est comparable chez les 8 quadrats transplantés restants et les 14 quadrats témoins (voir Tableau 5).

### 3.2.2 Biomasse

Sur le plan de la biomasse, l'analyse se fait à deux niveaux : celui des populations transplantée et témoin et celui des individus. Les résultats sont également mis en relation avec ceux de la section précédente.

La largeur foliaire totale mesurée dans les 8 quadrats transplantés suivis en 2003 était de 2865,0 cm (voir Tableau 3) pour une moyenne de  $358,1 \pm 127,4$  cm par quadrat (Tableau 6). En 2000, pour 17 quadrats transplantés, elle était de 4610,0 cm alors qu'en 1999 et 1998 la largeur foliaire totale s'établissait à 6836,2 cm et 5773,2 cm respectivement. Globalement, de 1998 à 2000, la

**Tableau 6. Largeur foliaire totale moyenne des plants adultes<sup>a</sup> par quadrat transplanté et témoin et variation annuelle de 1998 à 2003.**

Année	Largeur foliaire totale (cm/quadrat $\pm$ écart-type) et variation annuelle (%)					
	Transplants				Témoins	
	Quadrats 1-17		Quadrats 1-8		Quadrats 1-14	
	LFTM <sup>b</sup>	Variation	LFTM	Variation	LFTM	Variation
1998	380.4 $\pm$ 88.2		379.3 $\pm$ 56.2		412.4 $\pm$ 173.6	
1999	402.1 $\pm$ 173.3	+ 6 %	485.0 $\pm$ 106.9	+ 28 %*	567.0 $\pm$ 227.3	+ 37 %*
2000	271.2 $\pm$ 217.9	- 33 %*	445.2 $\pm$ 135.6	- 8 %	442.3 $\pm$ 177.5	- 22 %*
2001	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	358.1 $\pm$ 127.4	-	294.5 $\pm$ 121.9	-
Global	1998-2000	- 29 %	1998-2000	+ 17 %	1998-2000	+ 7 %
	1998-2003	-	1998-2003	- 6 %	1998-2003	- 29 %

<sup>a</sup> Adultes : plants portant des feuilles de 1 cm et plus de largeur.

<sup>b</sup> LFTM : Largeur foliaire totale moyenne par quadrat.

\* Différence significative d'une année à l'autre (test *t* pour échantillons appariés).

\*\* Différence significative entre 1998 et 2002 ou 2003 selon le cas (test *t* pour échantillon apparié).



biomasse avait diminué de près de 30 % dans les 17 quadrats suivis. En considérant la largeur foliaire moyenne par quadrat, il s'agit d'un écart pratiquement significatif ( $t_a = 1,9176$ ,  $p = 0,0641$ ,  $v = 32$ ) même si la variabilité d'un quadrat à l'autre empêche de le déclarer comme tel sur le plan statistique. De 1998 à 1999, la biomasse moyenne par quadrat n'avait pas connu de hausse significative ( $t_a = 0,5061$ ,  $p = 0,6163$ ,  $v = 32$ ) alors que l'année suivante (1999 à 2000) elle avait diminué de façon marquée ( $t_a = 3,8260$ ,  $p = 0,0006$ ,  $v = 32$ ) (Tableau 6).

De nouveau, les 8 quadrats encore fonctionnels en 2003 semblent avoir moins ressentis les effets du choc de la transplantation que les quadrats vandalisés. En effet, la largeur foliaire moyenne de ces quadrats était comparable lors de la transplantation en 1998 (voir Tableau 6). Toutefois, l'augmentation de biomasse en 1999 a été nettement plus forte et la baisse beaucoup moindre que pour l'ensemble des quadrats. La largeur foliaire moyenne des huit quadrats suivis ne différait pas significativement entre 1998 et 2000 ( $t_a = 1,1723$ ,  $p = 0,2606$ ,  $v = 14$ ) malgré une hausse globale de 17 %. Comparativement à 1998, la biomasse moyenne par quadrat en 2003 présente une valeur similaire ( $t_a = 0,4353$ ,  $p = 0,6699$ ,  $v = 14$ ), la différence globale n'étant que de 6 %. De fait, les quadrats 1 à 8 présentent des variations de largeur foliaire totale moyenne qui semblent corrélées à celles de la densité des tiges (voir Tableau 5) et qui s'apparentent à celles observées dans les quadrats témoins.

Dans la population témoin, la largeur foliaire totale s'établissait à 4122,7 cm (voir Tableau 4) pour une moyenne de  $294,5 \pm 121,9$  cm par quadrat (voir Tableau 6). Rappelons que de 1998 à 1999, la biomasse cumulée des 14 quadrats suivis avait augmenté de 37 % dans la population témoin, passant de 5773,2 cm à 7937,3 cm, puis avait connu une baisse de 22 % de 1999 à 2000 alors qu'elle totalisait 6191,9 cm. En considérant la largeur foliaire totale moyenne par quadrat, ces fluctuations étaient statistiquement significatives (1998-1999 :  $t_a = 4,4086$ ,  $p = 0,0002$ ,  $v = 26$ ; 1999-2000 :  $t_a = 4,5542$ ,  $p = 0,0001$ ,  $v = 26$ ). Par rapport à 1998, la biomasse de l'Ail de bois était globalement supérieure de 7 % dans les quadrats témoins en 2000, un écart non significatif sur le plan de la biomasse moyenne par quadrat ( $t_a = 1,0532$ ,  $p = 0,3020$ ,  $v = 26$ ). L'écart entre l'année de référence 1998 et 2003 au total des quadrats témoins est de 29 %, une baisse globalement plus marquée que chez les huit quadrats transplantés restants (voir Tableau 6). Cependant, le quadrat témoin no 7 contribue considérablement – près de 50 % - à cet écart, la largeur foliaire totale y étant passé de 858,0 cm à 33,8 cm de 1998 à 2003. En excluant ce quadrat de l'analyse, la baisse n'est plus que de 16 %, une valeur sensiblement plus proche de celle relevée au cumul des quadrats

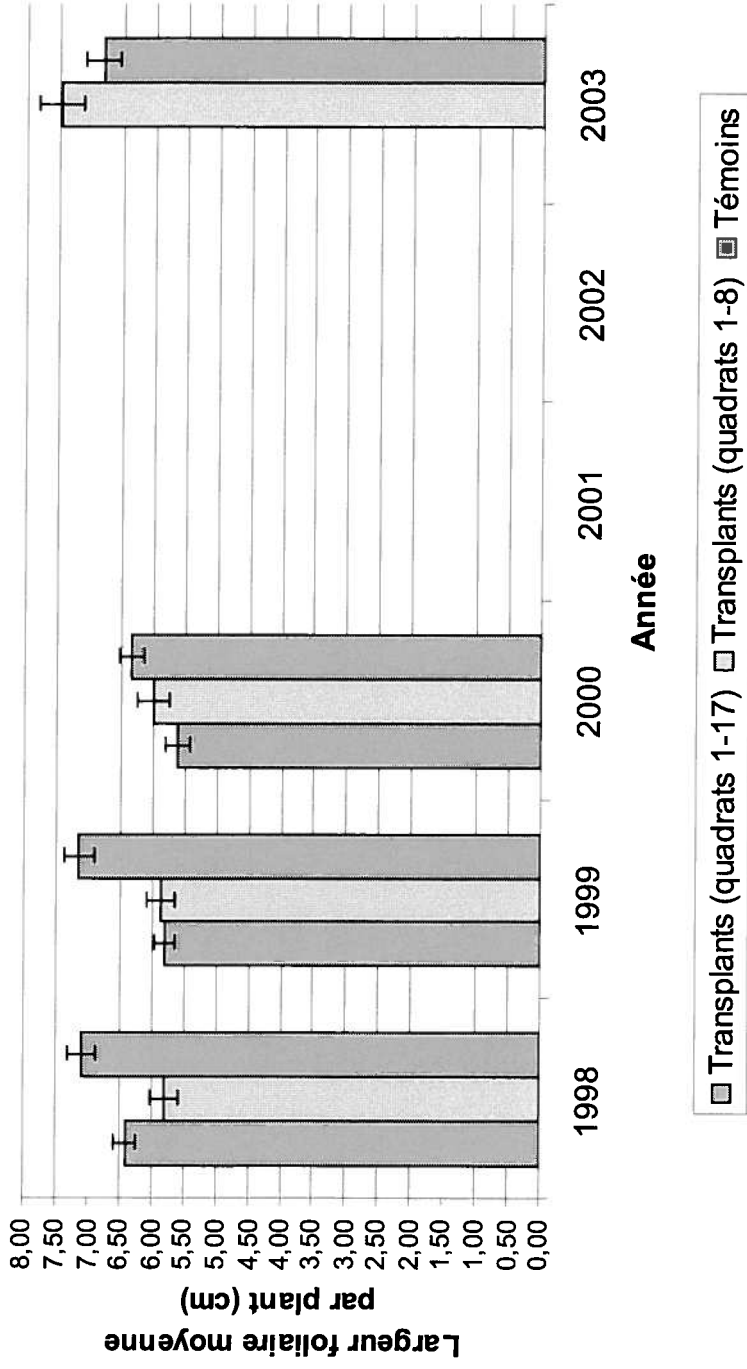
transplantés no 1 à 8. Ainsi, la variabilité de la largeur foliaire totale entre les quadrats empêche toutefois de déclarer significative, au seuil de probabilité fixé (0,05), la différence observée quant à la biomasse moyenne dans les 14 quadrats témoins ( $t_a = 1,7571$ ,  $p = 0,0907$ ,  $v = 26$ ).

Sur le plan individuel, la largeur foliaire moyenne des tiges transplantées mesurait près de 7,5 cm en 2003 (Figure 1). De 1998 à 2000, la largeur foliaire des plants déplacés a été mesurée sur les tiges présentes dans les 17 quadrats suivis. La largeur des plants déplacés s'était avérée moindre de 11 % en 1999 par rapport à 1998 (5,80 cm vs 6,42 cm,  $t = 5,0664$ ,  $p < 0,00001$ ,  $v = 2184$ ) et elle s'était maintenue en 2000 (5,62 cm) par rapport à 1999 ( $t = 1,4104$ ,  $p = 0,1586$ ,  $v = 1998$ ). Dans les huit quadrats demeurés en fonction tout au long du suivi, la largeur foliaire moyenne des plants mesurés est demeurée stationnaire de 1998 à 2000, se situant entre 5,81 et 5,99 cm (Figure 1) ( $F_c = 0,6469$ ,  $p = 0,5238$ ,  $v_1 = 2$ ,  $v_2 = 1774$ ). En 2003, la biomasse individuelle moyenne des tiges d'Ail des bois déplacées – en ne tenant compte que des huit quadrats suivis – était près de 28 % plus élevée qu'en 1998 ( $t > 9,5367$ ,  $p < 0,00001$ ,  $v = 904$ ) et près de 24 % plus forte qu'en 2000 ( $t > 9,5367$ ,  $p < 0,00001$ ,  $v = 976$ ). L'augmentation de la taille des plants comble partiellement la réduction du nombre de tiges.

Chez les plants témoins, la largeur foliaire moyenne était également plus élevée en 2003 qu'en 2000 (7 %,  $t = 2,8267$ ,  $p = 0,0048$ ,  $v = 1580$ ) mais s'avérait comparable à celle relevée en 1998 (Figure 1,  $t = 1,5373$ ,  $p = 0,1244$ ,  $v = 1418$ ). Toutefois la hausse observée n'est pas suffisante pour permettre aux plants témoins d'atteindre une dimension moyenne comparable, sur le plan statistique, à celle des tiges transplantées ( $t = 2,9167$ ,  $p = 0,0036$ ,  $v = 987$ ). De 1998 à 2000, et peu importe que l'on considère l'ensemble des quadrats du dispositif expérimental ou seulement les huit quadrats en bon état durant toute la durée du suivi, la biomasse individuelle des plants témoins avait toujours été supérieure à celles des tiges transplantées ( $t > 2,1604$ ,  $p < 0,0309$ ,  $v > 987$ ), comme c'était le cas lors de la transplantation.

Ces résultats suggèrent trois possibilités, difficiles à vérifier compte tenu de l'information disponible :

- 1) les tiges transplantées profitent de meilleures conditions environnementales que les tiges témoins et sont donc en mesure d'accumuler davantage de réserves et de développer une taille supérieure;



**Figure 1. Évolution de la largeur foliaire moyenne par plant ( $\pm$  intervalle de confiance [95 %]), indicatrice de la biomasse individuelle moyenne, dans les populations témoin et transplantée, 1998 à 2003.**

Effectifs (transplants [quadrats 1-17]): 1998: 1007, 1999: 1179, 2000: 821, 2001: -, 2002: -.

Effectifs (transplants [quadrats 1-8]): 1998: 522, 1999: 661, 2000: 594, 2001: -, 2002: -, 2003: 384.

Effectifs (témoins): 1998: 815, 1999: 1112, 2000: 977, 2001: -, 2002: -, 2003: 605.

- 2) les plants transplantés et les plants témoins sont soumis aux mêmes conditions mais les premiers auraient été en mesure de tirer davantage profit des ressources du milieu que les plants témoins en réponse au stress occasionné par le déplacement;
- 3) l'accroissement de la largeur foliaire moyenne par plant serait causée par la mortalité accrue, comparativement à la situation qui prévaut dans les populations naturelles, des tiges de moindre taille qui, ne s'étant pas remises du choc de la transplantation, auraient épuisé leurs réserves. Le groupe de tiges transplantées au cours de la présente étude serait donc composé, en 2003, d'individus survivants plus gros ayant traversé le choc du déplacement et aptes à se reproduire.

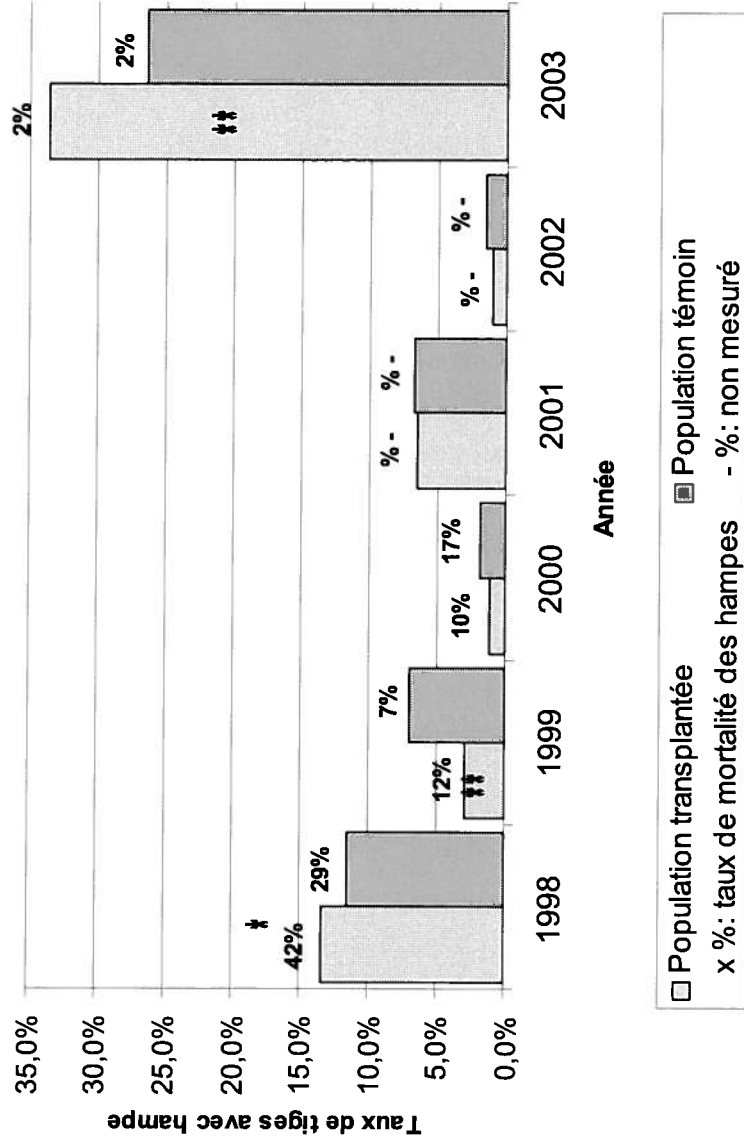
Les deux premières hypothèses, de prime abord peu probables, sont difficiles à vérifier puisque des analyses de sols et de composition chimique des plants n'ont pas été réalisées. Par ailleurs, Nault et Gagnon (1993) ont remarqué que dans les populations naturelles d'Ail des bois, les petits individus étaient plus sensibles et plus vulnérables aux conditions adverses que les plus gros. Ils ont calculé des taux de mortalité de 60 % chez les plants de 0,8 cm et moins de largeur foliaire, d'environ 30 % chez les plants de 0,9 à 2,1 cm et de 15 % chez les plants de 2,1 à 3,8 cm de large. Les taux de mortalité étaient nettement moindres, généralement inférieurs à 10 %, pour les plants plus gros qui résisteraient mieux aux stress environnementaux. Sur cette base, la troisième possibilité paraît plus plausible. Celle-ci sera approfondie dans les sections suivantes relatives à la reproduction et à la structure des populations.

### **3.3 Production de semis et de hampes florales**

Chez l'Ail des bois, les graines, mûres en septembre, doivent traverser une période froide, l'hiver, suivie d'une période chaude, l'été, pour initier la germination (Nault 2000). Une première racine apparaîtra à l'automne et le semis sera finalement visible au printemps suivant. Il s'écoule donc un an et demi entre la formation de la graine et la production du semis. Selon cette chronologie, les semis dénombrés en mai 2003 originent de graines développées en 2001. En 2001, la production de hampes florales était similaire chez les plants déplacés et chez les plants témoins. Toutefois, la mortalité des hampes n'a pas été évaluée en 2001. En supposant que le taux de perte des hampes était identique chez les deux groupes de plants, on doit s'attendre à observer une production de semis similaire chez les deux populations dans la mesure où le nombre de graines viables par hampe est également similaire.

En 2003, on a compté 33 semis dans les quadrats transplantés, soit 7,9 % de tous les individus dénombrés (voir Tableau 3). Dans les quadrats témoins, on a compté 113 semis qui représentaient 15,7 % de toutes les tiges observées (voir Tableau 4). Ces proportions diffèrent de manière très hautement significative ( $\chi^2 = 14,4052$ ,  $p = 0,0001$ ,  $v = 1$ ). L'écart entre les deux groupes de plants est comparable à celui observé de manière générale depuis le début du suivi. En effet, de 1998 à 2000 ainsi qu'en 2002, la proportion de semis était au moins 2 fois – en fait près de 2,5 fois – plus grande chez la population témoin que chez la population transplantée. En 2001, la différence entre les taux de semis était moindre, la proportion de semis étant à peine 1,5 fois plus forte chez le groupe de plants témoins par rapport au groupe de plants déplacés (voir St-Georges 2002a). Les résultats obtenus en 2003 confirment que le taux de semis peut être inférieur à 10 % chez les populations étudiées, comme le suggéraient les observations réalisées en 2002 et contrairement à ce que le laissent croire les résultats obtenus de 1999 à 2001. Après cinq années, la vigueur de la reproduction sexuée de la population transplantée ne serait toujours pas du même niveau que celle de la population témoin comme il en a été discuté antérieurement (St-Georges 2000a, 2000b, 2002a, 2002b). Toutefois, il semble que ce soit au niveau de la production de fleurs, de la production de graines ou de la viabilité des graines (taux de germination) que se situe la différence. Nault et Gagnon (1993) ont rapporté de grandes variations de ces paramètres selon la taille des plants et l'année.

L'année 2003 est caractérisée par une production de hampes florales exceptionnelle tant dans la population transplantée que dans la population témoin (Figure 2). Ainsi, on a dénombré 129 hampes florales dans les quadrats transplantés ( $16,1 \pm 7,5$  hampes/quadrat) alors qu'on en a compté 160 dans les quadrats témoins ( $11,4 \pm 5,2$  hampes/quadrat). En moyenne, 33,6 % des individus transplantés ont produit des hampes contre 26,5 % des individus témoins, un écart significatif sur le plan statistique ( $\chi^2 = 5,8022$ ,  $p = 0,0160$ ,  $v = 1$ ). Comparativement à 1998, qui s'était distinguée comme la meilleure année de production de hampes florales du suivi, le taux de tiges avec hampe est près du double en 2003 tant chez les transplants que chez les témoins. Par rapport à 2000 et 2002, il est environ 30 fois plus élevé dans la population transplantée et près de 20 fois supérieur dans la population témoin (Figure 2). De telles variations ont déjà été documentées pour des populations d'Ail des bois naturelles (Nault et Gagnon 1993, Vasseur et Gagnon 1994) et transplantées (Beauchemin 1998).



**Figure 2. Variation du pourcentage de plants arborant une hampe florale et du taux de mortalité des hampes, 1998 à 2003.**

\* Différence significative quant au taux de mortalité des hampes entre la population transplantée et la population témoin.  
 \*\* Différence significative quant au taux de tiges avec hampe entre la population transplantée et la population témoin.  
 Effectifs (population transplantée): 1998: 1035, 1999: 1179, 2000: 821, 2001: 665, 2002: 604, 2003: 384.  
 Effectifs (population témoin): 1998: 856, 1999: 1112, 2000: 977, 2001: 800, 2002: 675, 2003: 605.

Le mode biennal de reproduction observé dans les populations d'Ail des bois du Québec (Nault et Gagnon 1993) apparaît chez les deux groupes de plants suivis. Il est particulièrement évident de 1999 à 2003, alors que l'on constate une alternance d'années de taux de tiges avec hampe faibles et plus forts. L'année 1998 semble toutefois se démarquer par une production de hampes remarquablement élevée alors que l'on aurait pu s'attendre à ce qu'elle soit basse (voir Figure 2). Il est probable que 1997 ait été une excellente année sur le plan des conditions environnementales de sorte que plusieurs plants ont été en mesure d'initier la production d'une hampe à l'automne, celle-ci ayant émergée au printemps suivant (1998). En effet, la production d'une hampe serait fonction de la taille du plant et de la quantité de réserves accumulées dans le bulbe (Kawano *et al.* 1982). La forte mortalité des hampes observée en 1998, qui serait causée par des conditions défavorables pour l'Ail des bois (printemps chaud et sec), pourrait avoir permis à certains plants de fleurir à nouveau en 1999. À l'inverse, lorsque le taux de mortalité des hampes est faible, la production de hampes est peu élevée l'année suivante. En effet, les plants qui produisent des hampes au printemps sont généralement ceux dont le bulbe se divise à l'automne. La demande énergétique élevée qu'exige la production d'une hampe florale et de graines combinée au fait que la division du bulbe d'un individu reproducteur produit deux plants de moindre taille font en sorte que les plants nouvellement divisés produisent rarement une hampe florale au printemps suivant (Nault et Gagnon 1993). Ce phénomène favoriserait l'alternance de bonnes et de mauvaises années de reproduction sexuée à l'échelle des populations.

En 2003, la mortalité des hampes florales a été de 2,3 % dans les quadrats transplantés et de 1,8 % dans les quadrats témoins, un écart non significatif sur le plan statistique ( $\chi^2 = 0,0713$ ,  $p = 0,7894$ ,  $v = 1$ ). À l'exception de 1998, les taux de mortalité des hampes enregistrés au cours du suivi ont été relativement bas, peu importe que la production de hampes ait été forte ou faible (voir Figure 2). Nault et Gagnon (1993) avaient observé des taux de perte de hampes florales plus élevés lorsque la production de hampes était moindre. Un fort taux de mortalité des hampes suggère généralement des conditions défavorables à l'accumulation de réserves dans le bulbe. Les plants ne pouvant accumuler suffisamment de réserves pour produire des fleurs et des graines n'alloueraient plus de ressources à l'organe de reproduction sexuée (Vasseur et Gagnon 1994).

Nault et Gagnon (1993) rapportent que le taux de reproduction végétative (division du bulbe) est plus élevé chez les plants ayant produit une hampe florale (30-75 %) que chez les plants stériles (2-25 %). De fait, la croissance des populations d'Ail des bois est dépendante de la division du bulbe des gros plants, ceux-ci produisant des individus de taille intermédiaire capables de se reproduire

végétativement à nouveau en peu de temps par rapport aux plants issus de la germination des graines (Nault et Gagnon 2003, Nantel *et al.* 1996). Au cours du suivi, ce n'est qu'en 1999 que l'on a observé une augmentation de la densité des tiges dans les quadrats transplantés et témoins (voir Tableau 5), soit à la suite d'une année (1998) de forte production de hampes florales chez les deux groupes de plants suivis.

Le taux d'accroissement des populations d'Ail des bois du Québec étant à long terme pratiquement nul même en l'absence de cueillette (Québec 1998), les populations, qui évoluent ici à la limite de l'aire de distribution de l'espèce, ne sont en mesure d'accroître leurs effectifs que lors des années où les conditions climatiques sont favorables. De telles conditions survenant à la suite d'une année de faible activité reproductrice entraînent une forte production de hampes florales et un faible taux de mortalité de celles-ci conduisant à un taux de reproduction végétative élevé (Nault et Gagnon 1993). Cette conjoncture s'est produite en 2003 alors que le printemps s'est avéré frais et humide et que peu de plants avaient porté des hampes en 2002 (voir Figure 2). Le taux exceptionnellement élevé de tiges avec hampe et le bas taux de mortalité des hampes florales observés en 2003 permettent donc d'envisager une augmentation substantielle du nombre de tiges en 2004 dans la population transplantée, comme dans la population témoin du reste.

### 3.4 Structure des populations

Afin d'analyser la structure des populations suivies, on a procédé à deux analyses complémentaires. Dans un premier temps, les structures obtenues à l'aide du nombre de feuilles par plant ont été comparées (les semis sont exclus de cette analyse). On a par la suite approfondi l'étude en examinant la répartition des individus, incluant les semis, dans six classes de biomasse, telle que mesurée à l'aide de la largeur foliaire.

#### 3.4.1 Structure de taille selon le nombre de feuilles par plant

Rappelons qu'en 1998, la distribution des individus adultes dans les trois classes de taille indiquait que les structures des populations transplantée et témoin étaient similaires ( $\chi^2 = 2,0415$ ,  $p = 0,3603$ ,  $v = 2$ ; St-Georges 2000a). Depuis cette année-là, les structures des populations ont connu des variations tant chez la population déplacée que chez la population témoin. De 1999 à 2001, les fluctuations ont été particulièrement fortes chez la population témoin alors qu'elles étaient de

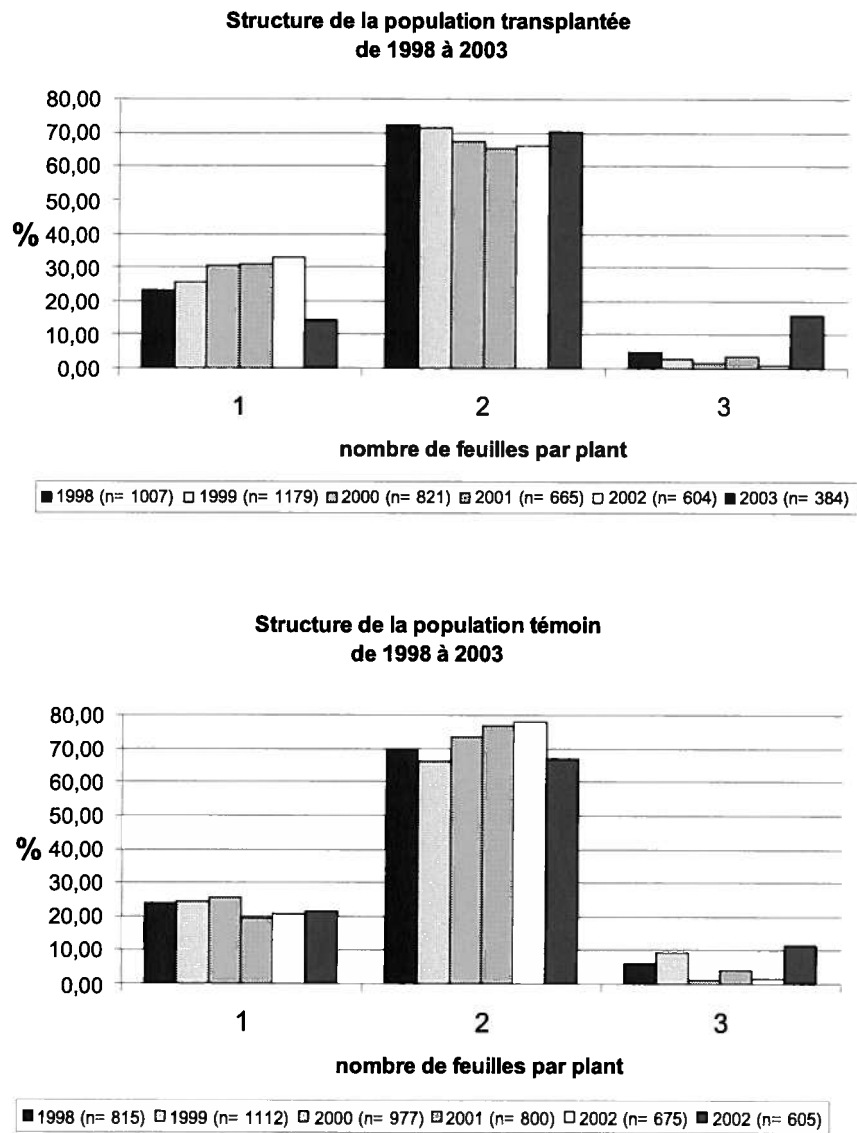


moindre envergure chez la population transplantée. La plus faible amplitude des variations de la structure de taille notée chez la population transplantée indiquait un taux de transition d'une classe à l'autre inférieur à celui relevé chez la population témoin, une indication d'un dynamisme reproducteur moins vigoureux (St-Georges 2000b).

En 2002, on a relevé une similarité dans l'amplitude des variations chez les deux populations, une première depuis que le programme de suivi est en place, qui suggère que les variations démographiques que subissent les deux groupes de plants commenceraient à s'harmoniser (St-Georges 2002b). Les structures des populations transplantée et témoin différaient toutes deux des structures initiales observées en 1998. De fait, les deux populations suivies semblaient dans une phase creuse du cycle de reproduction végétative en 2002 avec moins de gros individus aptes à se diviser qu'en 1998, une autre indication que les tiges transplantées commencent peut-être à se comporter comme les tiges témoin. Néanmoins, malgré les similitudes de comportement entre les deux populations en 2002, les structures de taille des deux groupes de plants s'avéraient différentes sur le plan statistique ( $\chi^2 = 25,3320$ ,  $p = 0,000003$ ,  $\nu = 2$ ; St-Georges 2002b).

En 2003, la population déplacée montre une structure de taille très significativement différente de celle de l'année précédente (Figure 3,  $\chi^2 > 48,8281$ ,  $p < 0,0000003$ ,  $\nu = 2$ ). La proportion de plants portant une feuille a sensiblement diminuée alors que celle correspondant aux plants à trois feuilles augmentait de façon remarquable, passant d'environ 1 % en 2002 à près de 16 % en 2003. Seul le pourcentage occupé par les plants à deux feuilles dans la population est demeuré stationnaire entre les deux années (66 % en 2002 vs 70 % en 2003). Ces résultats suggèrent des transitions importantes des plants à une feuille vers les catégories de taille supérieure, en particulier vers celle des plants à deux feuilles, et le passage d'un bon pourcentage de plants à deux feuilles dans la classe des plants à trois feuilles de sorte que la catégorie des plants à deux feuilles représente la même proportion dans la population déplacée en 2003 qu'en 2002. Pour la seconde année de suite, la structure de la population s'écarte fortement de celle de l'année précédente. Il s'agit d'ailleurs de l'écart le plus important depuis le début du programme de suivi. Ces éléments indiquent un fort dynamisme reproducteur et suggèrent que les plants déplacés ayant survécu à la transplantation sont bien adaptés à leur site d'accueil.

On a également observé en 2003 une différence très hautement significative de la structure de taille exprimée selon le nombre de feuilles par plants dans la population témoin par rapport à 2002 (Figure 3,  $\chi^2 > 48,8281$ ,  $p < 0,0000003$ ,  $\nu = 2$ ). L'ampleur de l'écart est de nouveau très important



**Figure 3. Comparaison des structures de taille des populations transplantée et témoin, selon le nombre de feuilles par plant, pour la période 1998-2003.**

alors qu'il avait été moindre entre 2002 et 2001 (voir Figure 3,  $\chi^2 = 7,3913$ ,  $p = 0,0248$ ,  $\nu = 2$ ). En 2003, les plants portant trois feuilles représentent 12 % des effectifs alors qu'ils ne comptaient que pour à peine 2 % en 2002. Cette hausse du pourcentage de plants portant trois feuilles, également relevée chez le groupe de plants déplacés, s'est accompagnée d'une baisse correspondante de la proportion de plants à deux feuilles de 2002 à 2003. Quant à eux, les plants à une feuille occupent la même part de la distribution des tiges dans les trois classes de feuilles.

La structure de taille observée dans la population témoin en 2003 est différente de celle prévalant en 1998 ( $\chi^2 = 13,5754$ ,  $p = 0,0011$ ,  $\nu = 2$ ) et correspond davantage à celle de 1999 (voir Figure 3,  $\chi^2 = 3,8647$ ,  $p = 0,1448$ ,  $\nu = 2$ ). Pour sa part, la population transplantée montre une structure de taille différente en 2003 par rapport à 1998 ( $\chi^2 > 48,8281$ ,  $p < 0,0000003$ ,  $\nu = 2$ ) et à 1999 ( $\chi^2 > 48,8281$ ,  $p < 0,0000003$ ,  $\nu = 2$ ), le pourcentage de plants à trois feuilles étant trois fois plus grand en 2003 qu'en 1998 et cinq fois plus élevé en 2003 qu'en 1999 alors que la croissance des individus avait probablement été réduite par le choc de la transplantation comme c'est souvent le cas (Beauchemin 1998, Vasseur et Gagnon 1994).

Comme à chaque année depuis 1999, les structures de taille des populations transplantée et témoin sont statistiquement différentes en 2003 ( $\chi^2 = 10,2916$ ,  $p = 0,0058$ ,  $\nu = 2$ ). Cependant, la valeur du  $\chi^2$  est 2,5 fois moindre qu'en 2002 alors que la différence s'avérait très très hautement significative (2002:  $\chi^2 = 25,3320$ ,  $p = 0,000003$ ,  $\nu = 2$ ). En fait, il s'agit de l'écart statistique le plus faible depuis celui de l'année 2000 (2000:  $\chi^2 = 8,4075$ ,  $p = 0,0149$ ,  $\nu = 2$ ). En 2002, malgré des similitudes de comportement entre les deux populations, la différence de répartition des individus dans les classes de feuilles était demeurée importante. En 2003, pour la seconde année de suite, des ressemblances sont apparues dans la transition des individus entre les classes, notamment celle d'une portion substantielle des plants de deux feuilles vers des plants de trois feuilles, dans les deux populations étudiées. Ces observations renforcent l'idée que l'activité démographique des plants transplantés tend à s'harmoniser avec celle des plants témoins. À cet égard, il est intéressant de noter que la proportion d'individus portant trois feuilles, qui théoriquement contribuent le plus à la reproduction végétative parce qu'ils sont plus gros (Nault et Gagnon 1993), ne diffère pas entre les deux populations sur le plan statistique (15,9 % chez le groupe transplanté et 11,6 % chez le groupe témoin;  $\chi^2 = 3,8064$ ,  $p = 0,0511$ ,  $\nu = 1$ ).

### 3.4.2 Structure de taille selon la biomasse

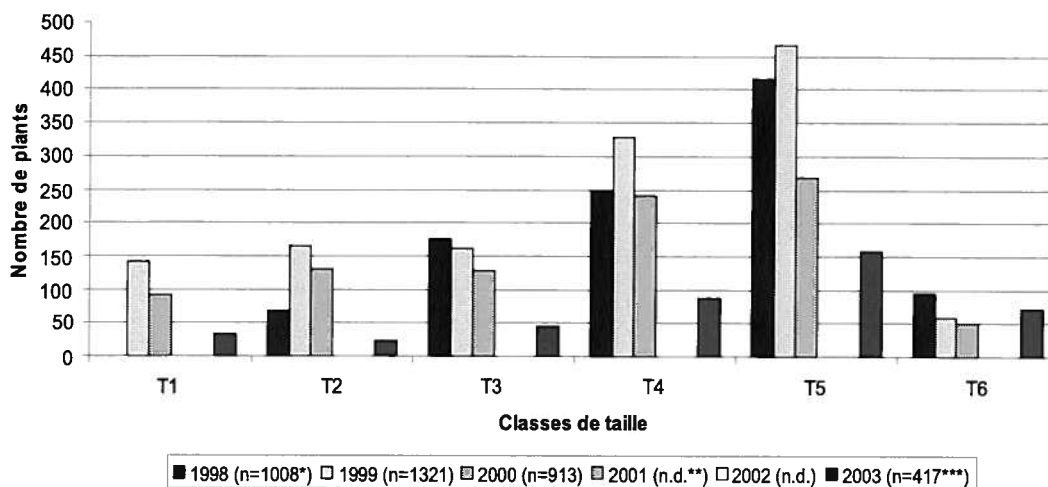
L'analyse de la répartition des individus selon des classes de biomasse, exprimée par la largeur foliaire, vise à considérer de manière plus détaillée l'évolution de l'activité démographique de la population transplantée par rapport à la population témoin. Pour les deux populations, les plants ont été répartis dans six classes de biomasse, T1 à T6, en s'inspirant de la classification de Nault et Gagnon (1993). Cette classification a également été employée par Beauchemin (1998). Les bornes des classes de taille T1 à T6 étaient les suivantes:

- **T1** : largeur foliaire des individus  $\leq 0,9$  cm;
- **T2** :  $0,9$  cm < largeur foliaire des individus  $\leq 2,0$  cm;
- **T3** :  $2,0$  cm < largeur foliaire des individus  $\leq 3,8$  cm;
- **T4** :  $3,8$  cm < largeur foliaire des individus  $\leq 6,5$  cm;
- **T5** :  $6,5$  cm < largeur foliaire des individus  $\leq 10,0$  cm;
- **T6** : largeur foliaire des individus  $> 10,0$  cm.

Les bornes des classes correspondent à des étapes marquantes du développement des plants (Nault et Gagnon 1993). Ainsi, la classe T1 correspond à celle des semis. Rappelons que la mortalité des individus est souvent élevée dans les classes T1 et T2 alors qu'elle diminue dans la classe T3 qu'on associe à l'établissement des individus. Les individus sont généralement matures, i.e. aptes à se reproduire, à partir de la classe T4 mais la production de hampes florales est significative à partir de la classe T5. La classe T6 correspond à celle des gros individus qui contribuent le plus à la reproduction végétative et sexuée.

Les structures de taille des populations transplantée et témoin sont présentées à la Figure 4. Dans une population naturelle d'Ail des bois, on observe habituellement une répartition bimodale des individus, les classes T1 et T5 étant les plus peuplées (Nault et Gagnon 1993). La population est dominée par les gros individus (T5 et surtout T6) qui se maintiennent par la division du bulbe et qui génèrent des individus de taille moyenne (T3, T4, T5). Ces individus ont une forte probabilité de survie, en particulier ceux des classes T4 et T5, et sont en mesure de se reproduire en quelques années. La classe T1 correspond aux semis issus de la reproduction sexuée. Les nombreux individus de cette classe montrent un taux de mortalité élevé et le passage à la classe T2 est généralement difficile. En effet, les semis, implantés près de la surface du sol dans la litière, sont très vulnérables aux fluctuations de température et d'humidité ainsi qu'aux perturbations (Nault et Gagnon 1993). Ce type de distribution, typique des populations de plantes forestières possédant deux modes de reproduction (Shorina et Smirnova 1985 cités par Nault et Gagnon 1993), était

### Évolution de la structure de taille de la population transplantée pour la période 1998-2000 et 2003



### Évolution de la structure de taille de la population témoin pour la période 1998-2000 et 2003

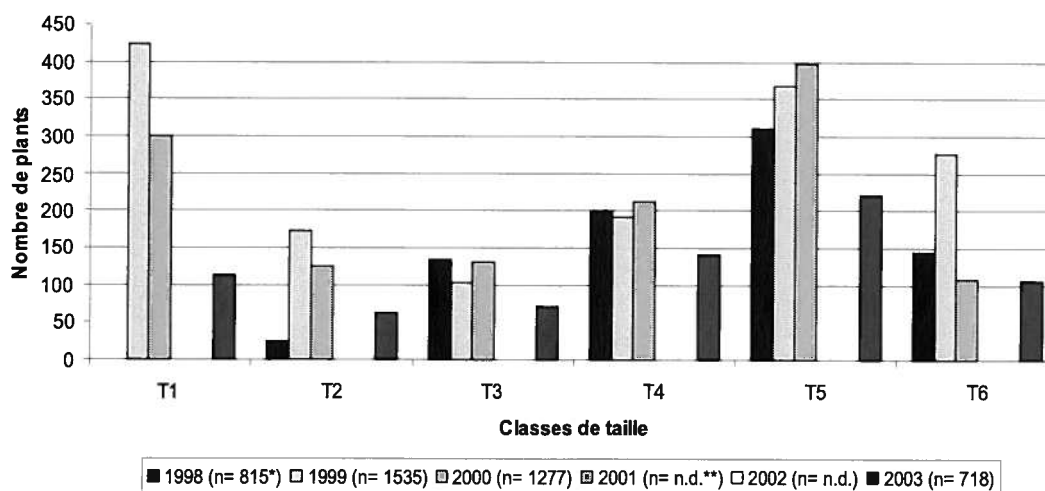


Figure 4. Comparaison des structures de taille détaillées des populations transplantée et témoin (1998-2000 et 2003).

Notes: T1: LF ≤ 0,9 cm, T2: 0,9 cm < LF ≤ 2,0 cm, T3: 2,0 cm < LF ≤ 3,8 cm, T4: 3,8 cm < LF ≤ 6,5 cm, T5: 6,5 cm < LF ≤ 10,0 cm, T6: LF > 10,0 cm. LF: Largeur foliaire totale.  
 \* Le nombre de semis en 1998 n'est pas disponible car les données ont été récoltées à la fin de mai alors que plusieurs semis étaient déjà disparus.  
 \*\* n.d.: non disponible, la largeur foliaire des plants n'ayant pas été mesurée.  
 \*\*\* L'effectif "n" en 2003 provient de 8 quadrats et non de 17 comme de 1998 à 2000 en raison du vandalisme commis sur 9 quadrats.

particulièrement évident chez la population témoin en 1999 et en 2000 (voir Figure 4). Quoique moins apparent en 2003 en raison d'une émergence de semis plutôt médiocre, le patron général décrit plus haut est néanmoins respecté. En effet, le nombre d'individus dans la classe T1 est supérieur à celui de la classe T2 et les classes T2 et T3 sont moins populeuses que les classes T4 et T5.

Pour sa part, la population transplantée montrait une distribution unimodale des individus dans les classes de biomasse en 1999 et 2000, la classe T1 étant beaucoup moins représentée que chez la population témoin. Cette classe était moins peuplée que la classe T2, une situation inhabituelle dans une population d'Ail des bois (voir Nault et Gagnon 1993). Ceci suggèrait que la population déplacée comptait essentiellement sur la reproduction végétative de plants stériles pour sa croissance depuis la transplantation (St-Georges, 2000b). Cet état de fait n'était pas considéré problématique pour la pérennité de la population puisque les individus issus de la division des bulbes sont plus aptes à survivre et à se reproduire que ceux issus de graines.

La diminution du nombre d'individus dans les classes T4 et T5 de la population transplantée malgré une diminution du nombre de plants dans la classe T6 de 1999 à 2000, alors que la réduction de l'abondance dans la classe T6 de la population témoin avait produit une hausse du nombre de tiges dans les classes T4 et T5, laissait présager un niveau de reproduction plus faible chez la population transplantée que chez la population témoin et/ou qu'un facteur de mortalité touchant les diverses classes avait excédé celui de la reproduction. St-Georges (2000b) estimait donc qu'il fallait s'attendre à ce que la population déplacée prenne un certain temps avant de retrouver toute sa vigueur démographique et un état similaire à la population témoin. Cette situation n'était toutefois pas inquiétante quant au sort de la population transplantée puisque que le nombre d'individus excédait encore largement le seuil de survie d'une population d'Ail des bois du Québec méridional, établi à 1000 individus selon Nantel *et al.* (1996), et que l'Ail des bois est capable de tirer profit des années favorables sur le plant des conditions environnementales pour accumuler des réserves importantes dans le bulbe conduisant à la production d'individus plus gros pouvant se reproduire (Nault et Gagnon 1993, Vasseur et Gagnon 1994).

En 2003, la structure de taille de la population transplantée montre des signes la rapprochant de celle de la population témoin. En effet, contrairement aux années 1999 et 2000, la classe T1 est plus forte que la classe T2 (33 individus contre 24). Sur le plan statistique, on remarque une très forte diminution de la valeur du  $\chi^2$  dans le test comparant les structures transplantée et témoin par rapport

à celles mesurées en 1999 et en 2000 (2003 :  $\chi^2 = 20,5495$ ,  $p = 0,0010$ ,  $v = 5$  ; 1999 :  $\chi^2 > 48,8281$ ,  $p < 0,0000003$ ,  $v = 5$  ; 2000 :  $\chi^2 > 48,8281$ ,  $p < 0,0000003$ ,  $v = 5$  ). Autre signe favorable sur le plan de la survie de la population, la classe T6 qui contribue fortement à la reproduction végétative compte plus d'individus en 2003 qu'en 1999 et 2000 même si l'échantillon (417 plants) ne correspond qu'au tiers ou à la moitié de ceux de ces deux années (1999 : 1321 plants, 2000 : 913 plants). Enfin, la répartition des individus diffère de manière très très hautement significative des distributions observées en 1999 ( $\chi^2 > 48,8281$ ,  $p < 0,0000003$ ,  $v = 5$ ) et 2000 ( $\chi^2 > 48,8281$ ,  $p < 0,0000003$ ,  $v = 5$ ). Rappelons que les structures de taille 1999 et 2000 ne se distinguaient pas sur le plan statistique ( $\chi^2 = 10,7368$ ,  $p = 0,0568$ ,  $v = 5$ ) ce qui indiquait une vigueur démographique moindre.

L'ensemble de l'analyse des structures de taille suggère que les plants témoins ayant survécu à la transplantation se comportent de plus en plus comme les plants provenant d'une population naturelle.

#### 4.0 BILAN DU PROGRAMME DE SUIVI

Au cours des études d'avant-projet du gazoduc TQM vers PNGTS, une importante population d'ail des bois (*Allium tricoccum*), plante désignée vulnérable au Québec, a été découverte le long du tracé dans l'Estrie. Afin de diminuer les incidences du passage du gazoduc sur cette population, on a transplanté quelque 33 000 tiges dans 20 sites récepteurs du 25 au 31 mai 1998. Simultanément à ces travaux, un programme de suivi de la transplantation d'une durée de 5 ans a été mis en place afin d'évaluer la dynamique démographique des «nouvelles colonies» et de mesurer la croissance des tiges transplantées. Quelque 17 quadrats transplantés et de 14 quadrats témoins, chacun couvrant 2 500 cm<sup>2</sup>, ont été installés.

Le dispositif expérimental a bien résisté au cours des quatre premières années du suivi mais neuf quadrats transplantés ont été vandalisés entre l'automne 2002 et le printemps 2003. Le suivi a donc été réalisé sur 8 quadrats transplantés et 14 quadrats témoins en 2003. Trois visites au terrain ont été effectuées : 27-28 mai, 22 juin et 21 juillet. Les variables suivantes ont été mesurées : nombre de plants, nombre de hampes florales, nombre de semis, nombre de plants à 1, 2 ou 3 feuilles, largeur des feuilles dans la partie la plus large (indicateur de la biomasse).

En 1998, année de la transplantation, la valeur des paramètres mesurés ne différait pas, sur le plan statistique, entre le groupe transplanté et le groupe témoin. En 1999, on a observé une croissance de la population transplantée en nombre et en biomasse. Cependant, la croissance de la population, la croissance des individus et la reproduction sexuée ont été plus faibles que chez la population témoin qui montrait une croissance en nombre et en biomasse identiques. Ceci suggérait qu'un choc consécutif à la transplantation avait touché les plants déplacés, une situation qui survient fréquemment à la suite d'une transplantation. En 2000, les plants transplantés n'avaient pas retrouvé la vigueur démographique des plants témoins. Ce n'est qu'en 2001 que les individus transplantés ont commencé à montrer un dynamisme se rapprochant de celui des individus témoins, en particulier dans les quadrats transplantés 1 à 8 et 17. En 2002, pour la seconde année de suite, on a relevé des variations des effectifs et des paramètres démographiques du même ordre de grandeur chez les groupes transplanté et témoin.

Cette tendance s'est maintenue en 2003. En effet, les variations du nombre de plants par quadrat de 2002 à 2003 ont été du même ordre de grandeur chez les deux groupes de plants suivis (-16 % chez les transplants et - 10 % chez les témoins). La densité de plants par quadrat ne montre pas de différence significative entre les deux groupes et s'établit respectivement à  $48,0 \pm 14,2$  dans les quadrats transplantés et à  $43,2 \pm 19,2$  dans les quadrats témoins. Par rapport à 1998, la densité des tiges a diminué de manière similaire dans les 8 quadrats transplantés et les 14 quadrats témoins suivis sur 5 ans. Sur le plan de la biomasse, la largeur foliaire moyenne des plants déplacés s'est avérée significativement supérieure à celle des plants témoins ( $7,46 \pm 3,41$  cm vs  $6,81 \pm 3,36$  cm) en 2003. Cette différence reflète la proportion supérieure de plants à deux et trois feuilles parmi la population déplacée (86 %) comparativement à la population témoin (79 %). Cet élément est un autre signe du rattrapage effectué par les plants déplacés survivants. La production de hampe florale a également été plus importante chez les transplants (34 % des plants adultes montraient une hampe) que chez les témoins (26 % des plants adultes avec hampe). Ces pourcentages de plants avec hampes sont les meilleurs enregistrés durant le suivi et annoncent une excellente année de reproduction et un nombre de plants plus élevé dans les quadrats transplantés et témoins en 2004. Enfin, on remarque que la structure de taille de la population transplantée s'est rapprochée de l'allure de celle d'une population naturelle, le nombre d'individus dans la classe T1 (semis) étant notamment plus important que dans la classe T2, comme il se doit. En 1999 et en 2000, la structure de taille de la population déplacée s'écartait du patron généralement observé dans les populations naturelles.



Les effets du choc de la transplantation - diminution de la taille des plants, vulnérabilité et mortalité accrues, vigueur reproductrice moindre - semblent avoir mis près de trois ans pour s'estomper. La phase de stabilisation de la population transplantée est bien amorcée et, selon l'évaluation effectuée à partir des quadrats et de l'examen des sites récepteurs, près de 80 % des individus transplantés semblent bien établis et devraient se maintenir à long terme dans la mesure où il n'y a pas de cueillette. Les résultats obtenus indiquent que la transplantation printanière à grande échelle de l'ail des bois peut être réalisée avec succès dans la mesure où certaines précautions sont respectées.

## 5.0 BIBLIOGRAPHIE

- Beauchemin, R. 1998.** Étude de la croissance d'une population d'Ail des bois (*Allium tricoccum*) transplantée hors de l'emprise de la ligne hydro-électrique des Cantons-Lévis à 735 kV. Rapport de recherche présenté comme exigence partielle de la maîtrise en Sciences de l'Environnement. Université du Québec à Montréal. 38 p.
- Kawano, S., A. Hiratsuka et K. Hayashi. 1982.** Life-history characteristics and survivorship of *Erythronium japonicum*. *Oikos*, 38: 128-149.
- Nantel, P, D. Gagnon et A. Nault. 1996.** Population Viability Analysis of American Ginseng and Wild Leek Harvested in Stochastic Environments. *Conservation Biology*, 10: 608-621.
- Nault, A. 2000.** L'ail des bois et sa conservation : SEM'AIL. Biodôme de Montréal, Programmes de conservation : L'Ail des bois. Extrait d'un document Internet, <http://www.ville.montreal.qc.ca/biodome>, 5 p.
- Nault, A. et D. Gagnon. 1993.** Ramet demography of *Allium tricoccum*, a spring ephemeral, perennial forest herb. *Journal of Ecology*, 81: 101-119.
- Québec. 1998.** L'Ail des bois - Espèce vulnérable au Québec. Ministère de l'environnement et de la faune, document internet: <http://www.mef.gouv.qc.ca/fr/environn/especes/ail.htm>. 7 p.
- St-Georges, M. 2000a.** Prolongement du Gazoduc TQM vers PNGTS : Suivi 1999 de la transplantation de l'Ail des bois (An 1). G.R.E.B.E. inc. pour Urgel Delisle & associés inc. 11 p. et annexe. *Rapport confidentiel*.
- St-Georges, M. 2000b.** Prolongement du Gazoduc TQM vers PNGTS : Suivi 2000 de la transplantation de l'Ail des bois (An 2). G.R.E.B.E. inc. pour Urgel Delisle & associés inc. 20 p. et annexe. *Rapport confidentiel*.

- St-Georges, M. 2002a.** Prolongement du Gazoduc TQM vers PNGTS : Suivi 2001 de la transplantation de l'Ail des bois (An 3). G.R.E.B.E. inc. pour Urgel Delisle & associés inc. 14 p. et annexe. *Rapport confidentiel.*
- St-Georges, M. 2002b.** Prolongement du Gazoduc TQM vers PNGTS : Suivi 2002 de la transplantation de l'Ail des bois (An 4). G.R.E.B.E. inc. pour Urgel Delisle & associés inc. 14 p. et annexe. *Rapport confidentiel.*
- St-Georges, M., G. Forest et R. Beauchemin. 1998.** Prolongement du Gazoduc TQM vers PNGTS : Transplantation d'ail des bois à en mai 1998. Groupe Cartier Ltée et G.R.E.B.E. inc. pour Urgel Delisle & Associés inc. 19 p. et annexe. *Rapport confidentiel.*
- Scherrer, B. 1984.** Biostatistique. Gaëtan Morin Éditeur. Chicoutimi. 850 p.
- Vasseur, L. et D. Gagnon. 1994.** Survival and growth of *Allium tricoccum* AIT. transplants in different habitats. Biological Conservation, 68: 107-114.