

Titre :	Suivis d'ensemencement et de germination en pépinière des semences d'épinette blanche, d'épinette noire et de pin gris selon différents facteurs d'ensemencement
Année d'exécution :	2005
Responsables :	Fabienne Colas (DRF), Michèle Bettez (CSFB) et Anne Savary (DPSP- Centre)
Collaboration :	Nathalie Bernard et Philippe Laurendeau (Trécesson), Carole Chevette et Pierre Comtois (Normandin), Corine Rioux (Saint-Modeste), Diane Sauvageau (Grandes-Piles) et Rémi Thouin et Alain Corbeil (Berthier)

Précision : à moins d'avis spécifique dans le texte, l'unité utilisée pour tous les facteurs d'ensemencement est semences viables par cavité (s.v./cav).

1. Contexte

Cet essai est le 3^e volet de l'étude sur la modification des facteurs d'ensemencement initiée en 2003. Les essences visées par cet essai sont toujours les principales essences résineuses utilisées pour le reboisement au Québec soient l'épinette noire, le pin gris et l'épinette blanche.

Les principaux résultats accumulés au cours des deux premières années de cette étude sont :

- la précision du semoir est l'élément crucial dans la réussite d'un ensemencement de qualité. Les semoirs actuellement utilisés dans le réseau public des pépinières permettent de délivrer la quantité de semences requises avec une précision suffisante moyennant un suivi plus serré lors de l'ensemencement.
- l'utilisation d'un récipient étalon recouvert de polar jaune permet un suivi rapide et précis de la qualité de l'ensemencement.
- une réduction des facteurs est envisageable, mais celle-ci ne peut être la même pour les 3 essences (EPN, PIG et EPB).
- le facteur 3,2, qui était en vigueur avec les sources non améliorées, est éliminé.

Parallèlement à ces travaux, les taux de germination des lots de semences traités au Centre de semences forestières de Berthier (CSFB) ont significativement augmenté depuis 2001 passant, en moyenne, de **85 à 93 %** pour l'épinette blanche, de **93 à 97 %** pour l'épinette noire et de **90 à 93 %** pour le pin gris. Les probabilités de cavités vides diminuent avec l'augmentation du pouvoir germinatif des lots de semences (voir exemples en annexe 1). La combinaison de l'augmentation du pouvoir germinatif des lots de semences utilisés au Québec (les graines semées germent mieux) et de la précision à l'ensemencement (meilleure répartition des graines par cavité) permet d'envisager une réduction des

...2

facteurs d'ensemencement pour la production de plants en pépinière sans que le taux d'occupation par les semis ne soit réduit.

Lors des précédents essais, nous avons testé les facteurs modifiés sur des volumes réduits de récipients. Cet avis technique présente les résultats de l'année 2005, où nous avons testons des facteurs réduits sur des cultures dont le volume est plus important. Ainsi, pour les cinq pépinières publiques participant à l'essai (Berthier, Grandes-Piles, Normandin, Saint-Modeste et Trécesson), nous avons sélectionné de une à trois cultures pour les trois essences visées par l'essai (EPN, PIG et EPB). Chaque culture a été scindée en 2, une partie semée avec le facteur actuellement en vigueur (2,5), l'autre semée avec un facteur réduit (2 pour l'épinette noire et le pin gris, 2,2 pour l'épinette blanche). La proportion de récipients ensemencée avec chacun des facteurs est variable selon l'essence. EPN et PIG 2/3 avec le facteur modifié (2,0) et 1/3 avec le facteur opérationnel (2,5); EPB : 2/3 avec le facteur opérationnel (2,5) et 1/3 avec le facteur modifié (2,2).

Nous avons ajouté deux essais supplémentaires réalisés seulement avec l'épinette blanche pour des lots de haute qualité génétique :

- un pour la source hautement améliorée du verger à graines de 2^e génération de la pépinière de Berthier, au PG de 97%. Il s'agit de 3 productions de 100 000 plants qui sont réalisées à Berthier, Grandes-Piles et Saint-Modeste. Le facteur testé est de 2,0 semences totales soit 1,94 s.v. par cavité;
- le second avec des lots de semences issus de croisements dirigés et utilisés pour la production de pieds-mères dans les pépinières de Berthier et de Grandes-Piles. Le facteur utilisé est 1,0 semence totale par cavité.

2. Objectifs

L'objectif principal de l'essai est d'établir, pour des lots de semences au pourcentage de germination supérieur à 90%, un facteur d'ensemencement optimal par essence qui assure un taux d'occupation maximum des cavités par les semis tout en minimisant le nombre de cavités à éclaircir.

Le deuxième objectif vise à évaluer les gains économiques lors d'une réduction des facteurs d'ensemencement en comparant le gain en semences pour la DPSP et la diminution du temps de l'opération éclaircie-repiquage en pépinière.

3. Essai réalisé : matériel et méthodes

3.1. Lots de semences

Les lots de semences choisis proviennent tous de sources améliorées dont le PG est supérieur à 90 % à l'exception d'un lot de PIG et un d'EPB dont le PG est de 88 %.

La liste des lots de semences et des cultures ciblées pour le suivi d'ensemencement et de germination est fournie en annexe 2.

3.2. Suivi à l'ensemencement

Le suivi à l'ensemencement est réalisé par la responsable de la qualité de l'ensemencement de la pépinière. Pour cela, elle place le récipient étalon recouvert de polar jaune dans la chaîne d'ensemencement et compte le nombre de semences délivrées par cavité. La recommandation était d'obtenir le plus de données possible.

3.3. Suivi de germination

Le suivi de germination, quel que soit le volume de la culture, est réalisé sur 50 récipients répartis aléatoirement parmi la production du facteur à analyser. Les récipients d'un même lot mais de facteurs différents doivent être placés dans un même tunnel afin que les conditions de germination soient identiques et donc que les données soient comparables.

4. Résultats

Le suivi réalisé lors de l'opération d'ensemencement montre que les semoirs utilisés dans le réseau public des pépinières sont capables de délivrer la quantité de semences requise avec précision. La fréquence d'échantillonnage réalisé lors de l'ensemencement des différents lots de l'essai est très variable selon les pépinières, les cultures et même entre les différents facteurs d'un même lot (voir tableau en annexe 3).

Toutes les cultures choisies pour les essais de facteurs ont été suivies lors de l'ensemencement, les résultats sont très complets.

Nous avons, cependant, rencontré quelques problèmes lors des suivis de germination pour l'EPN et le PIG. En effet, pour certaines cultures, les récipients des deux facteurs à l'essai n'ont pas été placés dans le même tunnel, ce qui génère des différences dans les résultats qui ne sont pas interprétables, il a donc fallu mettre de côté ces données. Dans un autre cas, une attaque par un champignon a détruit une partie des plantules et a fait augmenter le taux de cavités vides, nous ne pouvions dès lors plus considérer ces cultures dans notre suivi. Ainsi, malgré la perte de quelques suivis, nous avons pu compiler suffisamment de données pour qu'elles soient significatives et représentatives de la réalité.

Les résultats d'ensemencement et de germination ainsi que les analyses qui s'y rapportent sont présentés par essence.

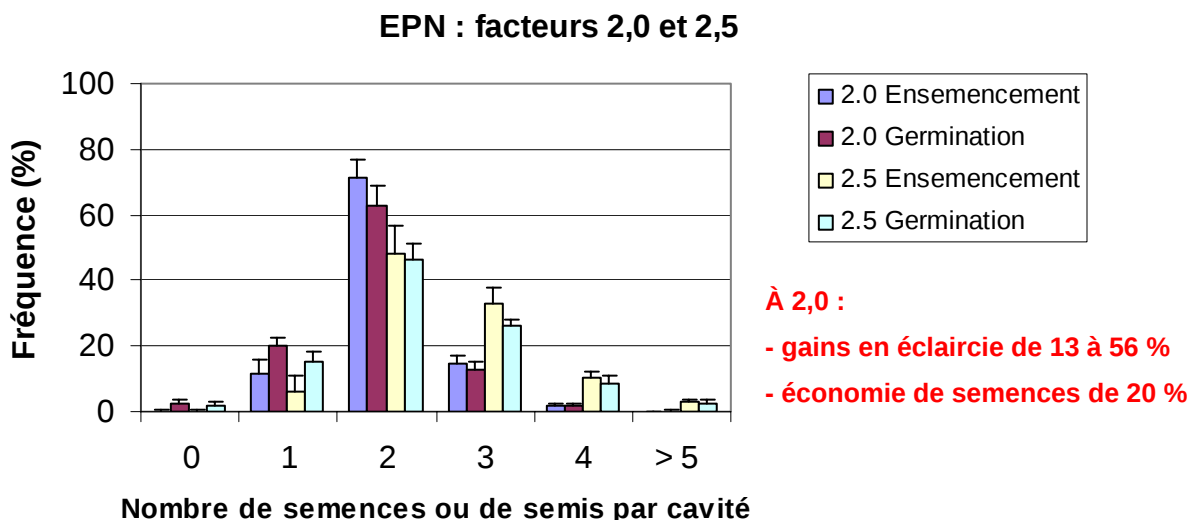
4.1. Épinette noire

Le pourcentage de germination moyen du CSFB des 8 sources utilisées pour cet essai est de 96,6 %.

Tableau 1 et figure 1 : Distribution des semences à l'ensemencement de 8 lots d'épinette noire et distribution des semis lors de la germination de 6 lots d'épinette noire dans 4 pépinières, en fonction des facteurs d'ensemencement utilisés

Nombre de semences ou de semis par cavité	Facteur 2,0 s.v./cavité Distribution moyenne (%) :		Facteur 2,5 s.v./cavité Distribution moyenne (%) :	
	Semences à l'ensemencement	Semis à la germination	Semences à l'ensemencement	Semis à la germination
0	0,2 (0,1 à 0,6)*	2,5 (0,9 à 3,9)	0,2 (0 à 1,4)	1,6 (0 à 3,5)
1	11,5	20,1	6,0	15,1
2	71,3	62,5	48,0	46,2
3	14,9	12,8	32,8	26,5
4	1,9	1,8	10,1	8,2
> 5	0,2	0,3	2,9	2,4

* les valeurs données entre parenthèses correspondent aux valeurs minimum et maximum observées pour le taux de cavités vides.



Lors de l'ensemencement, le pourcentage moyen de cavités vides observé est identique pour les deux facteurs utilisés.

Après germination, le taux moyen de cavités vides pour le facteur réduit à 2,0 augmente seulement de 0,9 % soit de 1,6 à 2,5 %.

Lors de l'opération d'éclaircie, il y a un gain de temps appréciable observé avec les cultures à facteur réduit à 2,0 s.v./cavité soit de 13 à 56%. Cependant, dans un cas on a une augmentation de 8 % du temps d'éclaircie. Ce gain de temps pour la pépinière s'ajoute, à l'économie de semences réalisée par la DPSP lorsque l'on ne livre que 2,0 s.v./cavité par rapport à 2,5 soit 20 %.

Sur la figure 1, on remarque que la répartition des semences et des semis par cavité est décalée vers la droite lorsque le facteur d'ensemencement augmente. Ainsi, pour le facteur 2,5, on observe une

diminution du nombre de cavités à 2 semences ou semis au profit de celles à 3 et 4 semences ou semis. Bien que le nombre de cavités à éclaircir reste sensiblement le même, ceci se traduit par un plus grand nombre de semis à éclaircir, donc plus de temps pour l'opération et un risque élevé de nuire à la croissance du semis restant, ainsi qu'un gaspillage de semences plus important.

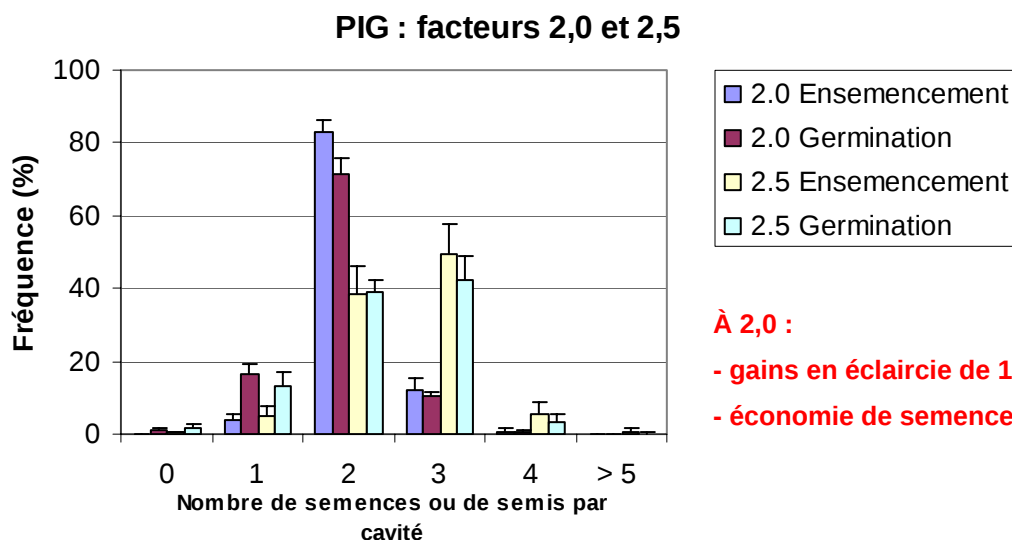
4.2. Pin gris

Le pourcentage de germination moyen du CSFB des 6 sources utilisées pour cet essai est de 92,2 %.

Tableau 2 et figure 2 : Distribution des semences à l'ensemencement de 6 lots de pin gris et distribution des semis lors de la germination de 3 lots de pin gris, en fonction des facteurs d'ensemencement utilisés

Nombre de semences ou de semis par cavité	Facteur 2,0 s.v./cavité Distribution moyenne (%):		Facteur 2,5 s.v./cavité Distribution moyenne (%):	
	Semences à l'ensemencement	Semis à la germination	Semences à l'ensemencement	Semis à la germination
0	0 (0 à 0,2)*	1,2 (0,7 à 1,8)	0,3 (0 à 0,7)	1,7 (1,7 à 1,9)
1	4,0	16,6	5,0	13,1
2	82,9	71,3	38,7	38,9
3	12,2	10,2	49,6	42,5
4	0,8	0,6	5,6	3,5
> 5	0,1	0,1	0,8	0,3

* les valeurs données entre parenthèses correspondent aux valeurs minimum et maximum observées pour le taux de cavités vides.



À 2,0 :

- gains en éclaircie de 10 à 14,5 %

- économie de semences de 20 %

Lors de l'ensemencement, le pourcentage moyen de cavités vides est inférieur à 0,3 % quel que soit le facteur utilisé.

Après germination, le taux moyen de cavités vides pour le facteur 2,0 n'augmente pas et la différence observée entre les deux facteurs n'est pas significative (1,2 et 1,7 %).

Le nombre de lots suivis lors de la germination a été la moitié de celui suivi lors de l'ensemencement. Une attaque du champignon *Sirococcus* dans une culture, ainsi qu'une mauvaise répartition des

réceptacles dans les tunnels ont généré soit un nombre élevé de cavités vides soit des différences de germination en fonction des environnements, différences non attribuables à la réduction du facteur d'ensemencement.

Tout comme pour l'épinette noire, on observe des gains de temps lors de l'opération d'éclaircie (de 10 à 14 %) qui doivent être ajoutés à l'économie de 20 % de semences. Avec la figure 2 on peut reprendre la même observation que pour la figure 1 : avec le facteur d'ensemencement à 2,5 on augmente le nombre de cavités à plus de 2 semis (pour le facteur 2,5, le nombre de cavités à 3 semis et 4 fois plus important qu'avec le facteur 2,0). Cette augmentation se traduit par un plus grand nombre de semis à éclaircir, d'où une opération d'éclaircie plus fastidieuse.

4.3. Épinette blanche

Nous avons séparé les essais réalisés avec des sources améliorées de ceux réalisés avec la source du verger de 2^e génération de Berthier.

4.3.1. Production régulière

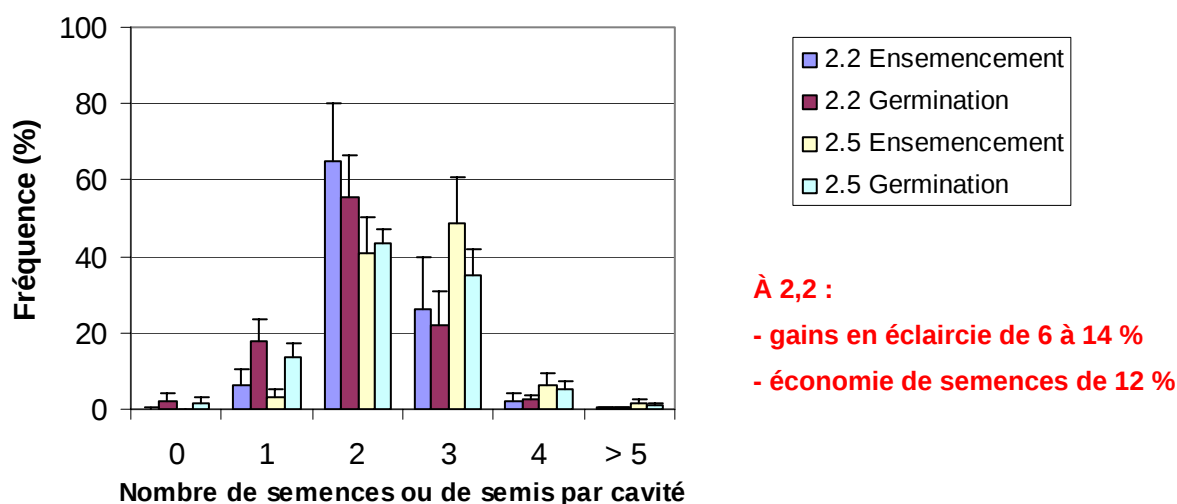
Le pourcentage de germination moyen du CSFB des 10 sources utilisées pour cet essai est de 93,6 %.

Tableau 3 et figure 3 : Distribution des semences à l'ensemencement et des semis lors de la germination de 10 lots d'épinette blanche en fonction des facteurs d'ensemencement utilisés.

Nombre de semences ou de semis par cavité	Facteur 2,2 s.v./cavité Distribution moyenne (%):		Facteur 2,5 s.v./cavité Distribution moyenne (%):	
	Semences à l'ensemencement	Semis à la germination	Semences à l'ensemencement	Semis à la germination
0	0,2 (0 à 0,7)*	2,3 (0,3 à 5,9)	0,1 (0 à 0,4)	1,8 (0,4 à 4,8)
1	6,1	17,6	3,0	13,4
2	64,8	55,3	40,8	43,4
3	26,2	22,0	48,4	35,1
4	2,3	2,4	6,4	5,4
> 5	0,4	0,4	1,3	0,9

* les valeurs données entre parenthèses correspondent aux valeurs minimum et maximum observées pour le taux de cavités vides.

EPB : facteurs 2,2 et 2,5



Lors de l'ensemencement, le pourcentage moyen de cavités vides est inférieur à 0,2 % quel que soit le facteur utilisé.

Après germination, le taux moyen de cavités vides est supérieur à celui après ensemencement. Cependant, la différence du taux moyen de cavités vides après germination observée entre les deux facteurs n'est pas significative (1,8 et 2,3%). Quoique les pourcentages moyens de cavités vides demeurent inférieurs à 3 %, des écarts importants ont été observés entre les productions. Ainsi, dans le cas d'un lot de graines utilisées pour deux cultures dans une pépinière, nous avons observé des taux de cavités vides pour le facteur 2,2 de 5,3 et 5,9 % et pour le facteur 2,5 de 2,4 % dans les deux cultures, ce qui est très élevé et montre que la production d'épinette blanche est difficile.

Le nombre de lots suivis lors de l'ensemencement et de la germination a été le même (10 au total dans les 5 pépinières), ce qui donne encore plus de valeur à ces résultats.

Comme pour l'EPN et le PIG, on observe des gains de temps lors de l'opération d'éclaircie (de 6 à 14 %) qui doivent être ajoutés à l'économie de 12 % de semences. Sur la figure 3, le décalage de l'histogramme vers la droite est moins important qu'avec l'EPN et le PIG, il faut dire que le facteur d'ensemencement a été réduit de 2,5 à 2,2 et non 2,0 comme pour les deux autres essences.

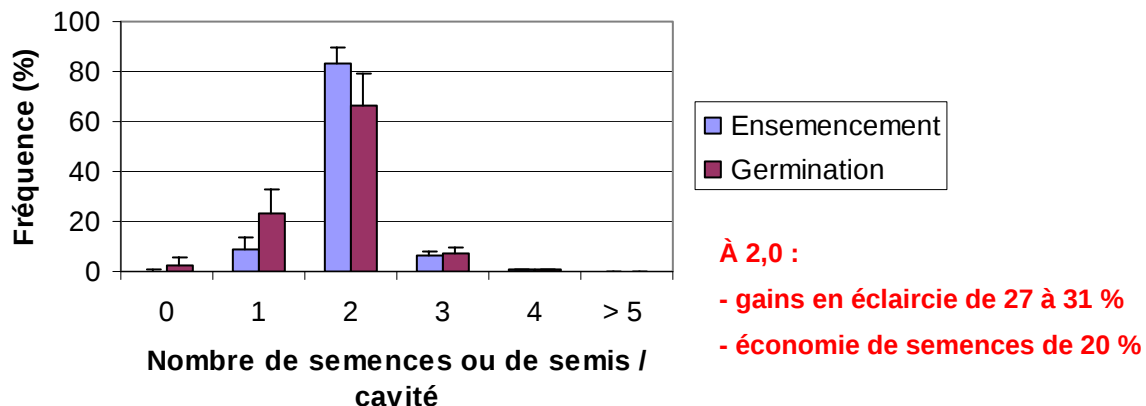
4.3.2. Production avec un lot de source hautement amélioré (Verger de deuxième génération de la pépinière de Berthier)

Ce lot a été utilisé pour 3 productions de 100 kplts à Berthier, Grandes-Piles et Saint-Modeste. Son PG est de 97 %.

Tableau 4 et figure 4 : Distribution des semences à l'ensemencement et des semis lors de la germination du lot de V2 d'épinette blanche lors de l'ensemencement, dans 3 pépinières, avec 2 semences totales par cavité (soit 1,94 s.v./cavité)

Nombre de semences ou de semis par cavité	Facteur 2,0 s.t./cavité Distribution moyenne (%) :	
	Semences à l'ensemencement (%)	Semis à la germination (%)
0	0,3 (0 à 0,6)*	2,7 (0,7 à 6,2)
1	9,2	22,9
2	83,4	66,5
3	6,4	7,1
4	0,6	0,7
> 5	0,1	0,1

EPB facteur 2.0 s.t (3 pépinières)



La précision des semoirs utilisés est suffisante pour délivrer la quantité de semences. Un taux moyen de cavités vides à l'ensemencement de 0,3 % est un bon indice de la qualité de l'opération. Cependant, en augmentant la fréquence du suivi à l'ensemencement, on pourrait améliorer encore la répartition des graines et limiter les cavités à 3 graines et plus. En effet, les fréquences de suivis pour ce lot varient de 3,2 à 8 % des récipients ensemencés.

Après germination, le pourcentage moyen de cavités vides est de 2,7 %.

Les gains en éclaircie, par rapport au facteur 2,5, sont significatifs et relativement homogènes selon les pépinières (de 27 à 31 %) qui se rajoutent au gain en semences de 20 %.

4.3.3. Ensemencement de graines de croisements dirigés pour la production de pieds-mères pour le bouturage

Depuis 2005, deux nouvelles pépinières produisent des pieds-mères d'épinette blanche pour le bouturage (Berthier et Grandes-Piles). Le coût élevé et la rareté de ce type de semences imposent un ensemblement à 1 semence totale par cavité. En raison du volume de réceptifs à ensementer, il a été décidé de faire un ensemblement mécanique à 1 s.t. par cavité. Un suivi à l'ensemencement a été réalisé à Berthier et à Grandes-Piles. Aucun suivi de germination précis n'a été réalisé.

Tableau 5 : Distribution des semences et fréquence d'échantillonnage à l'ensemencement des lots de croisements dirigés d'épinette blanche lors de l'ensemencement avec 1 semence totale par cavité à Grandes-Piles et Berthier

Nombre de semences par cavité	Distribution des semences (%)		Fréquence d'échantillonnage (%)	
	Berthier	Grandes-Piles	Berthier	Grandes-Piles
0	1,0	1,1	1,7 (103 réceptifs sur 5929)	0,2 (12 réceptifs sur 5027)
1	98,3	95,0		
2	0,7	3,9		
>3	0	0		

L'ensemencement de Berthier a été grandement réussi, 98,3 % des cavités ont une seule semence. De plus, pour les 2 pépinières, le nombre de cavités ayant reçu aucune semence ou 2 semences est faible (inférieur à 3 %) et aucune cavité n'a reçu 3 semences. Ces données confirment que le semoir utilisé dans les pépinières publiques permet de délivrer les semences avec une grande précision. Pour augmenter la précision de l'opération, le suivi d'un nombre plus élevé de réceptifs sera souhaitable afin d'affiner l'ajustement du semoir.

5. Évaluation des avantages économiques

Tel qu'il avait été présenté dans l'essai 2004, l'abaissement du facteur d'ensemencement permet de faire des économies substantielles en frais de récoltes et d'extraction de cônes, ainsi qu'en aménagement de sources pour la DPSP (coûts de remplacements variables des semences). Pour les producteurs, l'économie réside dans la réduction des frais d'éclaircie-repiquage, en autant que l'ensemencement ait été réalisé avec une très bonne précision, afin de ne pas obtenir de cavités vides supplémentaires et d'éviter l'ensemencement de cavités avec un nombre trop élevé de semences.

Pour la DPSP, une baisse du facteur de 2,5 à 2,0 conduit à une économie brute de 20% de l'allocation des semences pour les essences concernées. Cette réduction des facteurs s'applique lors de l'utilisation de lots au pourcentage de germination supérieur ou égal à 90%, ce qui correspond à l'allocation réalisée en 2005. Ainsi, en fonction des objectifs de productions réalisés en 2005 dans les pépinières des deux réseaux, soit 144 millions de plants, l'économie totale pour les trois principales essences (EPN, EPB et PIG) s'élèverait à 278 k\$ par année. C'est en épinette noire que l'économie la plus substantielle peut être réalisée avec 126 k\$ par année pour la production de 82 millions de plants. Pour le pin gris, même si la production ne s'élève qu'à 38 millions de plants, l'économie estimée atteint 108 k\$ par année en raison des coûts élevés de production des semences de cette essence. Enfin, pour l'épinette blanche la

réduction du facteur à 2,2 diminuerait les coûts en semences de 25 k\$ par année, la production n'étant que de 23 millions de plants (voir tableau 6, la version détaillée est fournie en annexe 4)

Tableau 6 : Impact économique de la réduction des facteurs d'ensemencement pour la DPSP et pour les producteurs de plants

			Économie totale pour la DPSP (économie de semences⁽¹⁾)		Bilan pour les producteurs (économies d'éclaircie moins les pertes dues aux cavités vides supplé.)	
Essence	Objectif (kplants réc.)	Hypothèse de modification des facteurs	k\$	\$/kplants-obj.	k\$	\$/kplants-obj.
EPN	82 626	réduction de 2,5 à 2,0	126,74	1,53	21,30	0,26
PIG	38 000		108,86	2,86	7,83	0,21
EPB	23 418		42,64	1,82	- 1,97	- 0,08
		réduction de 2,5 à 2,2	25,58	1,09	- 22,86	- 0,98
Total	144 044	réduction de 2,5 à 2,0	278,24	1,93	27,16	0,20

⁽¹⁾ Les montants indiqués sont évalués en coûts de remplacement variables des semences (i.e. les coûts de récolte, d'aménagement de source, d'extraction et de coordination régionale, plus les bénéfices marginaux de ces opérations).

Le potentiel d'économie pour les producteurs est beaucoup moins important que pour la DPSP. Par contre, cette économie est appréciable en épinette noire et en pin gris, en autant que l'ensemencement est réalisé avec précision et que les conditions de germination des semences sont optimisées. Ainsi, on estime une économie minimum de 21 k\$ en épinette noire et près de 8 k\$ en pin gris, une fois que la perte en cavités vides moyenne supplémentaire a été déduite (0,88% de plus en épinette noire et aucune en pin gris lorsque l'on passe du facteur 2,5 à 2,0). En épinette blanche, étant donné l'augmentation du taux de cavités vides observée et l'hétérogénéité des résultats, le bilan pour le producteur tend vers une perte économique, en raison du plus petit volume de production, et dû au fait qu'une bonne proportion des plants est produite en PFD, auxquels sont associés des coûts de production élevés.

6. Conclusion

Le 3^e volet de l'étude sur la modification des facteurs d'ensemencement des 3 principales essences utilisées pour le reboisement au Québec (EPN, PIG et EPB) a confirmé que les semoirs utilisés dans les pépinières publiques peuvent délivrer les semences avec précision. Un suivi serré à l'ensemencement est requis. L'investissement en personnel à cette étape est compensé par l'économie lors de l'opération d'éclaircie, ainsi que, pour la DPSP, par des économies appréciables de semences et, par conséquent, de récolte et de traitement des cônes.

Pour l'EPN et le PIG, la réduction du facteur d'ensemencement de 2,5 à 2,0 n'entraîne pas d'augmentation significative du nombre moyen de cavités vides après germination, et permet des économies lors de l'opération d'éclaircie pour tous les types de récipients sauf pour les PFD. Ainsi, la seule production qui pourrait être exclue d'un facteur réduit pour ces deux essences est la production de plants en PFD. En raison de ses coûts de production élevés, toute cavité vide additionnelle représente des coûts de production supplémentaires importants. En 2005, la production de PFD était de 8 millions de plants en épinette noire (sur 82 millions) et de 0,2 millions en pin gris (sur 38 millions).

La réduction du facteur d'ensemencement, pour l'EPN et le PIG, entraîne une économie de production de semences de plus de 223 k\$ annuellement pour l'ensemble des productions réalisées par les pépinières privées et publiques (excluant les PFD).

En réduisant le facteur, on pourra produire plus de plants avec les meilleures classes des vergers à graines où les gains génétiques sont plus importants, ce qui se traduit par une augmentation significative des retombées économiques pour l'État québécois. Ces retombées sont estimées à 40 \$ par hectare en bénéfices actualisés, pour chaque point de pourcentage de gain additionnel (Luc Masse, communication personnelle).

La production d'EPB est plus difficile et les résultats observés montrent une grande variabilité. L'important taux de cavités vides observé après la germination d'un lot pour deux cultures, malgré un PG élevé, nous amène à nous questionner sur la faisabilité de réduire le facteur d'ensemencement pour l'EPB. En effet, cette essence est la plus difficile à cultiver. De plus, les grandes variations observées dans les conditions atmosphériques printanières depuis quelques années, et leur influence sur la germination nous amènent à être prudents dans nos recommandations. Réduire le facteur d'ensemencement pour l'EPB en production régulière serait hasardeux et risquerait d'ajouter une cause supplémentaire pouvant compromettre les objectifs de production des pépiniéristes.

L'essai à 2 semences totales par cavité pour la source hautement améliorée (V2 PBE) est lui, plus concluant. Bien que cultivé dans 3 pépinières, il s'agit d'un même lot et les résultats observés sont homogènes. Cette approche de réduction du facteur à 2,0 s.t. lors de l'utilisation de semences de sources de deuxième génération et plus, permet d'augmenter le gain génétique des plants produits, ce qui se traduit par une augmentation significative des retombées économiques pour l'État québécois, tel que mentionné précédemment.

7. Recommandations

Pour le réseau des pépinières publiques, pour la prochaine saison de production de plants :

- Utiliser le facteur 2,0 s.v./cavité à toutes les productions d'EPN et de PIG, sauf pour les productions PFD. Des suivis à l'ensemencement et à la fin de la germination seront effectués sur des cultures sélectionnées. Les suivis seront faits par le personnel des pépinières. Ceci s'applique pour les lots au PG supérieur ou égal à 90%.
- Maintenir le facteur 2,5 s.v./cavité aux productions d'EPB à l'exception de celles utilisant des sources hautement améliorées (verger de 2^{ième} génération et plus).
- Instaurer le facteur 2,0 semences totales/cavité aux productions d'essences hautement améliorées, ayant des PG supérieurs ou égal à 90 %.
- Réaliser un suivi à l'ensemencement sur au moins 3 % des récipients par culture.

Fabienne Colas, biologiste, DESS
DRF

Michèle Bettez, agr.
CSFB

Anne Savary, ing.f.
DPSF

Annexe 1 : Calcul du nombre optimal de graines à semer par cavité

La probabilité qu'une graine germe est dite «binomiale». Il y a donc seulement deux alternatives qui peuvent se produire : la semence germe ou ne germe pas.

L'expression binomiale va comme suit :

X = probabilité qu'une semence germe. Cette valeur est donnée par le taux de germination du lot

Y = probabilité qu'une semence ne germe pas. Elle correspond au taux d'échec de la germination, soit 1- X.

Par exemple, pour un lot dont le PG est de 95 % : X = 0,95 et Y = 0,05.

Lorsque 2 semences sontensemencées :

$$(X + Y)^2 = X^2 + 2 XY + Y^2$$

X^2 = probabilité que les 2 semences germent

$2XY$ = probabilité qu'une semence germe et que l'autre ne germe pas

Y^2 = probabilité que les 2 semences ne germent pas.

Lorsque 3 semences sontensemencées :

$$(X + Y)^3 = X^3 + 3 X^2Y + 3XY^2 + Y^3$$

X^3 = probabilité que les 3 semences germent

$3 X^2Y$ = probabilité que 2 semences germent et qu'une semence ne germe pas

$3XY^2$ = probabilité qu'une semence germe et que les 2 autres ne germent pas

Y^3 = probabilité que les 3 semences ne germent pas.

Lorsque 4 semences sontensemencées :

$$(X + Y)^4 = X^4 + 4 X^3Y + 6X^2Y^2 + 4XY^3 + Y^4$$

X^4 = probabilité que les 4 semences germent

$4X^3Y$ = probabilité que 3 semences germent et qu' 1 semence ne germe pas

$6X^2Y^2$ = probabilité que 2 semences germent et que 2 ne germent pas

$4XY^3$ = probabilité qu'une semence germe et que 3 ne germent pas

Y^4 = probabilité que les 4 semences ne germent pas.

La probabilité d'avoir des cavités vides est calculée en élevant le taux d'échec de germination (Y), exprimé en décimal, à la puissance du nombre de graines déposées par cavité. **En fonction de la tolérance à la proportion de cavités vides, on décidera du nombre de graines à déposer par cavité.**

Probabilité de cavité vides pour n semences / cavité = (Y)ⁿ. où Y est exprimé en décimal.

Exemple 1 de calcul :

PG du lot de semences = 95 % (95 % des semences germent et 5 % ne germent pas)

Taux d'échec (exprimé en décimal) = 0,05

Ensemencement : 1 semence / cavité : Probabilité de cavités vides = (0,05)¹ soit 5 %.

Ensemencement : 2 semences / cavité: Probabilité de cavités vides = (0,05)²= 0,0025 soit 0,25 %.

Une autre façon de présenter cet exemple est que, pour 100 cavitésensemencées, les 100 premières semences produiront 95 semis; si on ajoute 100 semences additionnelles dans les mêmes cavités, ces dernières ne produiront que 4 ou 5 semis de plus puisque la probabilité de cavités vides avec 2 semences est réduite à 0,25 %. Ainsi, selon le calcul de probabilité, 99 cavités devront contenir au moins un semis.

Exemple 2 de calcul :

PG du lot de semences = 78 % (78 % des semences germent et 22 % ne germent pas)

Taux d'échec (exprimé en décimal) = .0,22

Ensemencement : 1 semence / cavité : Probabilité de cavités vides = (0,22)¹ soit 22 %.

Ensemencement : 2 semences / cavité : Probabilité de cavités vides = (0,22)²= 0,0484 soit 4,84 %.

Ensemencement : 2,5 semences / cavité : probabilité de cavités vides = (0,22)^{2,5}= 0,0227 soit 2,3 %.

Ensemencement : 3 semences / cavité : Probabilité de cavités vides = (0,22)³= 0,010648 soit 1 %.

Une autre façon de présenter cet exemple est que, pour 100 cavitésensemencées, les 100 premières semences produiront 78 semis; si on ajoute 100 semences additionnelles dans les mêmes cavités, ces dernières ne produiront que 17 semis supplémentaires et 100 autres semences additionnelles produiront 4 semis supplémentaires.

Source : Schwartz, M. 1993. *Germination math : Calculating the number of seeds necessary per cavity for a given number of live seedlings*. Tree Planters' Notes 44 (1) : 19-20.

Annexe 2 - Productions ciblées pour le Projet facteur d'ensemencement (mis à jour le 26 avril 2005)

		Nouvelles demandes								Demandes visées par le suivi	# Culture à suivre	Date probable d'ensem.
Pépinière	Type de Récipient	Nombre de récipients	Objectif (kp)	Facteur d'ens. (s.v./cav)	Facteur sécurité	Source	Lot	PG	VG			
EPB												
Berthier	25-350A	1200	25	2.2	1.2	EPB-V1-FON-1-0	2003-030-1-2	94	32	15287	G89	2 au 10 mai
		2400	50	2.5	1.2					15286	G92	2 au 10 mai
Berthier	25-350A	1200	25	2.2	1.2	EPB-V1-AVE-1-0	2003-029-2-2	96	39	15284	G90	2 au 10 mai
		2400	50	2.5	1.2					15285	G91	2 au 10 mai
Grandes-Piles	25-350A					EPB-V1-FAL-1-0	2003-015-1-2	94	30	15259	G64	
		1920	40	2.2	1.2					15260	G65	
Grandes-Piles	25-350A					EPB-V1-WEV-1-0	2003-025-2-2	94	35	15257	G67	
		1920	40	2.2	1.2					15258	G68	
Saint-Modeste	45-340S*	1440	30	2.2	1.2	EPB-V1-FAL-1-0	2003-015-1-2	94	30	15358	H04	2 mai
		2880	60	2.5	1.2					15359	H05	2 mai
Saint-Modeste	25-200					EPB-V1-EST-1-0	2003-041-1-2	88	31	15323	H07	3 mai
		1452	33	2.2	1.1					15324	H08	3 mai
Normandin	25-200	1452	33	2.2	1.1	EPB-N0-095-1-0	2003-183-1-2	96	33	15300	G45	19 avril
		2948	67	2.5	1.1					15301	G46	19 avril
Normandin	25-310					EPB-N0-095-1-0	2003-183-1-2	96	33	15294	G41	
		1672	38	2.2	1.1					15295	G44	
Trécesson	25-310	1804	41	2.2	1.1	EPB-V1-BAB-1-0	2003-034-1-2	94	29	14169	A13-A	
		3695	84	2.5	1.1					14169	A13-B	
Trécesson	25-310	1232	28	2.2	1.1	EPB-V1-DRO-1-0	2003-036-1-2	90	26	14171	A15-A	
		2508	57	2.5	1.1					14171	A15-B	

EPN															
Grandes-Piles	25-350A	1840	40	2.5	1.15	EPN-T1-ALP-5-2	2004-051-2-1	96	38	15264	G60				
		3726	81	2.0	1.15					15265					
Saint-Modeste	25-350A	1426	31	2.5	1.15	EPN-V1-EST-2-1	1998-007-1-3	97	38	15319	G97				
		2898	63	2.0	1.15					15357					
Saint-Modeste	45-110	2396	98	2.5	1.1	EPN-V1-LEV-2-1	2003-064-1-1	98	38	15309	H02		25 mai		
		4864	199	2.0	1.1					15310					
Normandin	45-110	831	34	2.5	1.1	EPN-V1-LEV-2-1	2003-064-1-1	98	37	15288	G32				
		1613	66	2.0	1.1					15289					
Normandin	25-350A	664	26	2.5	1.15	EPN-V1-RCH-2-1	2003-055-1-1	97		15296	G34				
		1380	54	2.0	1.15					15297					
Normandin	25-200	1628	37	2.5	1.1	EPN-V1-GAR-2-1	2003-061-1-1	97	34	15302	G36		20 avril		
		3300	75	2.0	1.1					15303					
Trécesson	25-350A	2622	57	2.5	1.15	EPN-V1-GAO-2-1	2003-150-1-1	95	38	14684	E31-A				
		5290	115	2.0	1.2					14684					
Trécesson	25-200	1628	37	2.5	1.1	EPN-V1-LAU-2-1	2000-233-1-3	94	36	14732	C92-A				
		3300	75	2.0	1.1					14732					

PIG												
Grandes-Piles	45-110						1997-021-1-3	88	55	15252 15251	G56 G55	
		1540 2958	63 121	2.5 2.0	1.1 1.1	PIG-V1-BRI-2-0						
Grandes-Piles	45-110						2003-004-1-1	95	66	15253 15254	G57 G58	
		1540 2958	63 121	2.5 2.0	1.1 1.1	PIG-V1-CHS-1-1						
Saint-Modeste	45-110						2004-035-2-1	94	69	15311 15312	H61 H62	
		1613 3276	66 134	2.5 2.0	1.1 1.1	PIG-V1-PAR-2-2						
Normandin	45-110						2004-035-2-1	94	69	15290 15292	H10 H09	
		831 1613	34 66	2.5 2.0	1.1 1.1	PIG-V1-PAR-2-2						
Normandin	25-200						2003-063-1-1	98	67	15327 15306	G40 G39	21 avril 21 avril
		562 1149	23 47	2.5 2.0	1.1 1.1	PIG-V1-PAR-2-1						
Trécesson	25-200						2002-002-1-1	91	56	14736 14736	E34-A E34-B	
		2288 4664	52 106	2.5 2.0	1.1 1.1	PIG-V1-MON-2-1						

Productions avec les semences hautement améliorées (2 sem. totales/cavité)

Pépinière	Récipient	Nombre de réceptacles	Objectif mod.	Facteur d'ens. (s.v./cav)	Facteur sécurité	Source	Lot	PG	V.G.		Culture #	Date d'ens.
Berthier	25-350A	4800	100	1.94	1.2	EPB-V2-PBE-1-0	2003-043-1-2	97	36		E40	2 au 10 mai
Grandes-Piles	25-350A	4800	100	1.94	1.2	EPB-V2-PBE-1-0	2003-043-1-2	97	36		E41	
Saint-Modeste	45-340*	4800	100	1.94	1.2	EPB-V2-PBE-1-0	2003-043-1-2	97	36		E49	2 mai

* Modifié p/r à la dernière version du tableau

Annexe 3

Fréquence d'échantillonnage lors des opérations d'ensemencement dans les 5 pépinières publiques pour les lots sélectionnés des trois principales essences (EPN, PIG et EPB)

Facteur testé	Essence	Fréquence d'échantillonnage par pépinière (%)					
		Berthier	Grandes-Piles	Normandin	Saint-Modeste	Trécesson	Moyenne par essence et par facteur
2,0	EPN		2,4	2,7	1,2	0,7	1,8
	PIG		2,1	2,9	0,7	1,7	2,1
	EPB	8,3	3,2		3,2		4,9
2,2	EPB	9,4	4,6	2,0	2,6	1,1	3,9
2,5	EPN		3,4	3,1	0,9	1,5	2,2
	PIG		1,9	4,7	0,6	1,8	2,6
	EPB	8,3	1,6	2,5	2,4	0,8	3,1
Moyenne par pépinière		8,7	2,7	3,0	1,7	1,1	

Les cases en gris illustrent l'absence de suivi.

Annexe 4 : Impact économique pour la DPSP et pour les producteurs de plants des facteurs d'ensemencement réduits mis à l'essai en 2005 dans les trois principales essences (EPN, PIG et EPB) et selon le type de récipient utilisé

Essence (a)	Type de récipient simulé (b)	Facteur d'ensemencement F (sv/cavité) (c)	Taux de réduction du facteur d'ensemencement par rapport à 2,5 (%) (d)	Taux de cavités à éclaircir (%) (e)	Coût de remplacement variable des semences (\$/ksv) ¹		Coût de remplacement variable des semences en \$/kplants-obj. ¹ (g)		Economie de semences en \$/kplants-obj. (h)		Prix payé au producteur (\$/kplants) ² (i)	Coût pour le pourcentage de cavités vides supplémentaires créées (selon résultats moyens obtenus) (\$/kplants) ³ (j)	Opérations d'éclaircie- repiquage			Bilan économique						Facteur (s)	
					amél.	non-amél.	améliorée	non-amél.	améliorée	non-amél.			Taux de réduction du % de cavités à éclaircir (%) (k)	Coûts de l'écl.-rep. (\$/kplants- obj.) ⁴ (l)	Economie estimée en \$/kplants- obj. (m)	Objectif de production 2005 (kplants) (n)	DPSP: économie de semences ⁵		Producteurs: économie d'éclaircie moins perte en coût de cavité vide ⁶				
																	Valeur totale p/r à l'objectif (k\$) (o)	Valeur en \$/kplants-obj. (p)	Valeur totale par rapport à l'objectif (k\$) (q)	Valeur en \$/kplants obj. (r)			
EPN	25-350A	2.5	0	100	3.23	1.13	8.88	3.11	0	0	382.52	0.0	0	13.14	0	8 000	0		0		2.5		
		2.0	20	87	3.23	1.13	7.11	2.49	1.78	0.62	382.52	3.4	13	11.43	1.71		12.3	1.53	- 13.26	- 1.66	2.0		
	45-110	2.5	0	100	3.23	1.13	8.88	3.11	0.00	0	131.85	0.0	0	11.16	0	22 609	0		0		2.5		
		2.0	20	84	3.23	1.13	7.11	2.49	1.78	0.62	131.85	1.2	16	9.37	1.79		34.7	1.53	14.14	0.63	2.0		
	67-50	2.5	0	100	3.23	1.13	8.88	3.11	0	0	110.65	0.0	0	8.37	0	44 290			0		2.5		
		2.0	20	84	3.23	1.13	7.11	2.49	1.78	0.62	110.65	1.0	16	7.03	1.34		67.9	1.53	16.19	0.37	2.0		
	Autres:126-25 (86%)	2.5	0	100	3.23	1.13	8.88	3.11	0	0	90.16	0.0	0	10.32	0	7 727					2.5		
	36-200,25-200	2.0	20	87	3.23	1.13	7.11	2.49	1.78	0.62	90.16	0.8	13	8.98	1.34		11.9	1.53	4.24	0.55	2.0		
PIG	45-110	2.5	0	100	5.48	3.67	15.07	10.09	0	0	124.29	0.0	0	11.16	0	14 270					2.5		
		2.0	20	90	5.48	3.67	12.06	8.07	3.01	2.02	124.29	0.0	10	10.04	1.12		40.9	2.86	15.93	1.12	2.0		
	67-50	2.5	0	100	5.48	3.67	15.07	10.09	0	0	92.14	0.0	0	8.37	0	21 294					2.5		
		2.0	20	90	5.48	3.67	12.06	8.07	3.01	2.02	92.14	0.0	10	7.53	0.84		61.0	2.86	17.82	0.84	2.0		
	Autres (36-200,25-200,25-310,15-320)	2.5	0	100	5.48	3.67	15.07	10.09	0	0	216.7	0.0	0	10.32	0	2 436					2.5		
		2.0	20	88	5.48	3.67	12.06	8.07	3.01	2.02	216.7	0.0	12	9.08	1.24		7.0	2.86	3.02	1.24	2.0		
EPB	25-310	2.5	0	100	3.55	0.89	9.76	2.45	0	0	387.77	0.0	0	13.14	0	14 469					2.5		
	(incluant 25-350A et le S45-340)	2.2	12	94	3.55	0.89	8.59	2.15	1.17	0.2937	387.77	2.1	6	12.35	0.79		15.8	1.09	- 19.45	- 1.34	2.2		
		2.0	20	73	3.55	0.89	7.81	1.96	1.95	0.4895	387.77	3.7	27	9.59	3.55		26.3	1.82	- 1.97	- 0.14	2.0		
	36-200 (incluant 25-200)	2.5	0	0	3.55	0.89	9.76	2.45	0	0	234.82	0.0	0	10.32	0	4 115					2.5		
		2.2	12	94	3.55	0.89	8.59	2.15	1.17	0.2937	234.82	1.3	6	9.70	0.62		4.5	1.09	- 2.67	- 0.65	2.2		
		2.0	20	n.d.	3.55	0.89	7.81	1.96	1.95	0.4895	234.82	2.2	-	-	-		7.5	1.82	-	-	2.0		
	45-110 (incluant 67-50)	2.5	0	0	3.55	0.89	9.76	2.45	0	0	152.23	0.0	0	11.16	0	4 834					2.5		
		2.2	12	94	3.55	0.89	8.59	2.15	1.17	0.2937	152.23	0.8	6	10.49	0.67		5.3	1.09	- 0.74	- 0.15	2.2		
		2.0	20	n.d.	3.55	0.89	7.81	1.96	1.95	0.4895	152.23	1.4	-	-	-		8.8	1.82	-	-	2.0		
¹ Le coût de remplacement comprend: les coûts de récolte et de traitement des cônes, la coordination régionale, l'aménagement des sources et les bénéfices marginaux.												Bilan pour la DPSP et pour les producteurs	EPN	réduction de 2,5 à 2,0		82 626	126.74	1.53	21.30	0.26			
² Selon les prix payés à l'OPPFQ en 2005.													PIG	réduction de 2,5 à 2,0		38 000	108.86	2.86	8.59	0.23			
³ Pourcentage de cavités vides supplémentaires multiplié par le prix/kplants-objectif. Facteur 2,5 à 2,0: +0,88% en EPN, -0,53 % en PIG et +0,95% en EPB. Facteur de 2,5 à 2,2: +0,54%.													EPB	réduction de 2,5 à 2,2		23 418	25.58	1.09	- 22.86	- 0.98			
⁴ Selon les coûts de revient moyens des pépinières publiques 2002-2003.														réduction de 2,5 à 2,0			42.64	1.82	- 1.97	- 0.08			
⁵ Economie de semences pour le DPSP, tout type de sources confondues, au prorata du % de semences améliorées et non améliorées, selon la distribution 2005. En supposant que toutes les semences atteignent un pourcentage de germination minimum de 90%.													TOTAL	réduction de 2,5 à 2,0		144 044	278.24	1.93	27.92	0.21			
														réduction de 2,5 à 2,2 (EPB)			25.58	1.09	- 22.86	- 0.98			

¹ Le coût de remplacement comprend: les coûts de récolte et de traitement des cônes, la coordination régionale, l'aménagement des sources et les bénéfices marginaux.

² Selon les prix payés à l'OPPFQ en 2005.

³ Pourcentage de cavités vides supplémentaires multiplié par le prix/kplants-objectif. Facteur 2,5 à 2,0: +0,88% en EPN, -0,53 % en PIG et +0,95% en EPB. Facteur de 2,5 à 2,2: +0,54%.

⁴ Selon les coûts de revient moyens des pépinières publiques 2002-2003.

⁵ Economie de semences pour le DPSP, tout type de sources confondues, au prorata du % de semences améliorées et non améliorées, selon la distribution 2005. En supposant que toutes les semences atteignent un pourcentage de germination minimum de 90%.

⁶ Economie estimée en éclaircie-repiquage moins la perte de revenue totale, selon l'objectif provincial (un résultat négatif indique des pertes monétaires pour les producteurs).