

***Expérience sur l'amorçage des graines  
d'épinette noire: résultats préliminaires***

***Par:  
Mélanie Gaudreault  
Denis Walsh  
Daniel Lord***

***Département des sciences fondamentales et  
Groupe de recherche en productivité végétale  
Université du Québec à Chicoutimi***

***Partenaires du Consortium de recherche sur  
la forêt boréale commerciale  
Chicoutimi (Québec) G7H 2B1***

***Pour:  
Jean-Pierre Girard  
Ministère des ressources naturelles du Québec  
3950 boulevard Harvey  
Jonquière (Québec) G7X 8L6***

***Février 1999***

## TABLE DES MATIÈRES

<b>TABLE DES MATIÈRES .....</b>	<b>I</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>III</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>IV</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATÉRIEL ET METHODES .....</b>	<b>4</b>
2.1 PROVENANCES .....	4
2.2 TRAITEMENTS D'AMORÇAGE .....	4
2.3 TESTS DE GERMINATION.....	5
2.4 ANALYSES STATISTIQUES.....	6
<b>3. RÉSULTATS .....</b>	<b>7</b>
3.1 COMPARAISON ENTRE LES PROVENANCES.....	7
3.2 EFFET DE LA TEMPÉRATURE.....	9
3.3 EFFET DE LA DURÉE .....	16
<b>4. CONCLUSION .....</b>	<b>18</b>
<b>5. RÉFÉRENCES .....</b>	<b>20</b>

**LISTE DES TABLEAUX**

**TABLEAU 1.** Caractéristiques des lots de graines d'épinette noire utilisés.....4

**TABLEAU 2.** Analyse de variance du pourcentage de germination (GERM), de l'indice de germination maximal (IG MAX), du jour du pic (JPIC) et de la valeur germinative (VG) des graines d'épinette noire.....7

**TABLEAU 3.** Comparaison du pourcentage de germination (%), de l'indice de germination maximal (IG MAX), du jour du pic (J PIC) et de la valeur germinative (VG) de trois lots de graines d'épinette noire selon différentes températures et durées d'amorçage.....8

## LISTE DES FIGURES

<b>FIGURE 1.</b> Colonnes utilisées pour l'amorçage des graines.....	4
<b>FIGURE 2.</b> Schéma d'un bloc du dispositif expérimental.....	6
<b>FIGURE 3.</b> Évolution du pourcentage de germination journalier des graines d'épinette noire du lot Y45, pour les groupes témoins et amorcés à des températures de 5°C, 10°C et 15°C.....	10
<b>FIGURE 4.</b> Évolution du pourcentage de germination journalier des graines d'épinette noire du lot L63, pour les groupes témoins et amorcés à des températures de 5°C, 10°C et 15°C.....	11
<b>FIGURE 5.</b> Évolution du pourcentage de germination journalier des graines d'épinette noire du lot K13, pour les groupes témoins et amorcés à des températures de 5°C, 10°C et 15°C.....	12
<b>FIGURE 6.</b> Évolution du pourcentage de germination cumulatif des graines d'épinette noire du lot Y45, pour les groupes témoins et amorcés à des températures de 5°C, 10°C et 15°C.....	13
<b>FIGURE 7.</b> Évolution du pourcentage de germination cumulatif des graines d'épinette noire du lot L63, pour les groupes témoins et amorcés à des températures de 5°C, 10°C et 15°C.....	14
<b>FIGURE 8.</b> Évolution du pourcentage de germination cumulatif des graines d'épinette noire du lot K13, pour les groupes témoins et amorcés à des températures de 5°C, 10°C et 15°C.....	15

## **1. INTRODUCTION**

L'épinette noire est l'essence la plus fréquemment utilisée dans le programme de reboisement québécois (Parent, 1996). Toutefois, les lots de semences forestières employés pour la production des plants sont de qualité variable. Pour pallier à cette réalité, l'ensemencement multiple est devenue une pratique courante. Elle consiste à semer plus d'une graine par alvéole afin d'obtenir un taux d'occupation se rapprochant le plus possible de 100%. Mais cette manière d'opérer occasionne des coûts de main d'œuvre supplémentaires pour les pépiniéristes car les alvéoles contenant plus d'un plant doivent être éclaircies à la main (Carlson, 1981).

Une manière efficace d'éviter l'ensemencement multiple serait de n'utiliser que des graines de haute qualité, provenant de vergers. Puisque la disponibilité limitée de ces semences ne rend pas toujours possible ce procédé, il serait utile de développer une technique efficace pour rendre utilisable les lots de graines de moindre qualité, qui ne sont actuellement plus en demande par les pépiniéristes. L'intérêt du développement d'une technique efficace de prétraitement des graines d'épinette noire réside donc dans le fait qu'en améliorant la vitesse, l'uniformité et le pourcentage de germination, il serait possible de réduire les coûts d'opération reliés au chauffage et à l'étape de l'éclaircie – repiquage, tout en assurant une meilleure utilisation des semences (Bettez *et al.*, 1996; Downie, 1993; Malek, 1992).

Il existe plusieurs types de traitements pouvant être effectués avant le semis des graines. Ils ont tous en commun l'amélioration et la synchronisation de la germination des lots de graines (Taylor *et al.*, 1998; Downie *et al.*, 1993).

L'amorçage (*priming*) est l'une de ces techniques et permet la stimulation des activités métaboliques dans les graines. Elle consiste à faire tremper les semences dans l'eau ou une solution, sous des conditions qui ne permettent pas l'expansion de la radicule (Bettez *et al.*, 1996). L'amorçage peut être séparé en deux groupes distincts selon la manière dont l'eau est accessible aux semences. Dans le premier groupe, la disponibilité en eau est contrôlée par la technique d'envigoration, la méthode des particules solides (*solid matrix priming*) ou

l'utilisation d'une solution de faible potentiel osmotique (*osmotic priming*), ce qui permet d'éviter l'expansion de la radicule. Dans le deuxième groupe, l'apport en eau n'est pas contrôlé et la germination est prévenue par la durée de trempage et la température de l'eau (Taylor *et al.*, 1998).

Plusieurs travaux ont démontré que l'amorçage permettait d'accélérer et/ou d'uniformiser la germination (Bewley and Black, 1985; Bennett and Waters, 1987; Bettez *et al.*, 1996; Boyer *et al.*, 1988; Chilembwe *et al.*, 1992; Hill *et al.*, 1989; McDonald, 1998).

Toutefois, peu d'études portant sur le prétraitement des graines ont été consacrées à l'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.). Les trois suivantes montrent les effets de différentes techniques d'amorçage sur la germination des semences de cette espèce. Selon Flemming and Lister (1985), le trempage des graines dans un agent osmotique (PEG) permettrait l'amélioration de la vigueur, de la rapidité et de l'uniformité de la germination, mais n'influencerait pas le pourcentage final de germination des graines d'épinette noire. D'après Malek (1992), un amorçage dans l'eau aérée serait plus efficace que l'amorçage dans le PEG et permettrait de réduire le temps de production des plants d'épinette noire d'environ une semaine. Downie *et al.* (1993) ont montré que le PEG n'apporte aucun bénéfice pour la germination et, qu'en présence d'une quantité limitée d'eau, l'uniformité et le pourcentage de germination ne sont pas modifiés. L'augmentation de la vitesse de germination serait seulement due au phénomène d'imbibition.

La sélection par des critères physiques est une autre méthode permettant l'amélioration de la qualité des lots de graines. Elle permet de discriminer les semences selon leur densité, leur masse ou leur taille (Taylor *et al.*, 1998). La séparation densimétrique fait partie de cette catégorie et est utilisée pour sélectionner les graines selon leur potentiel de germination. En effet, plusieurs travaux ont démontré que le potentiel de germination des semences augmentait avec leur densité (Falleri and Pacella, 1997; Hill *et al.*, 1989; Khademi *et al.*, 1993; Taylor and Kenny, 1985).

L'objectif général de ce projet est de développer une technique efficace pour sélectionner les graines d'épinette noire qui ont le meilleur potentiel de germination. Les objectifs spécifiques de cette étude préliminaire sont: 1) de déterminer les paramètres idéaux pour l'amorçage des graines d'épinette noire, en vue d'une séparation densimétrique 2) d'évaluer les effets d'un traitement d'amorçage dans l'eau sur la germination des graines d'épinette noire, 3) d'examiner l'influence de la température et de la durée du traitement sur la germination des semences et 4) de comparer l'effet de l'amorçage sur la germination de trois lots de graines de qualité différente.

## 2. MATÉRIEL ET METHODES

### 2.1 Provenances

Trois lots de graines d'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) provenant de la pessière noire à mousses ont été fournis par le Centre de semences forestières de Berthier (CSFB) (Tableau 1). L'une provient d'un verger à graine tandis que les autres ont été récoltés en forêt. Leur pourcentage de germination estimé par le CSFB est de 77%, 85% et 97%.

**Tableau 1**  
Caractéristiques des lots de graines d'épinette noire utilisés.

Provenance	Canton	Unité de gestion	Région <sup>1</sup>	Lat.	Long.	Germination <sup>2</sup>
EPN-NI-12B-Y45-024-86	Lac Etiennish	24	12B	49'35"	71'30"	77%
EPN-NI-12B-L63-025-82	Mornay	25	12B	49'15"	73'15"	85%
EPN-V7-025-K13-026-96	Levy	26	12B	49'50"	74'50"	97%

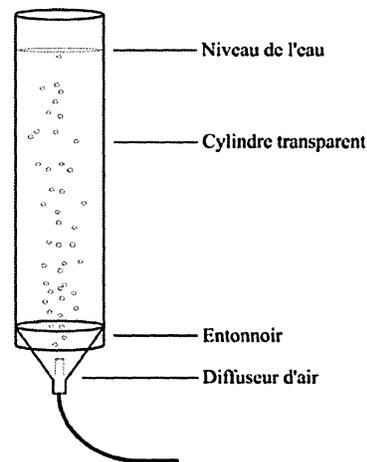
<sup>1</sup> D'après Thibeault (1987)

<sup>2</sup> Pourcentage de germination estimé par le Centre de semences forestières de Berthier (CSFB)

### 2.2 Traitements d'amorçage

Le traitement d'amorçage consistait à faire tremper les graines dans des colonnes d'acrylique (Figure 1) contenant de l'eau déminéralisée continuellement aérée par un diffuseur d'air (Bergsten, 1987; Bourgeois et Malek, 1990; Malek, 1992). L'éclairage était continu et fourni par des lampes fluorescentes à une densité du flux photonique photopériodique située entre 15 et 20  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ . Quatre durées d'amorçage (0h, 24h, 48h et 72h) et trois températures de l'eau (5, 10 et 15°C) ont été

utilisés en combinaison. Les graines n'ayant subi aucun traitement d'amorçage (durée 0h) étaient soumises directement aux conditions des tests de germination et ont donc servi de témoin. Les colonnes d'amorçage étaient situées à l'intérieur de chambres à environnement contrôlé Conviron® CPM3023 afin de maintenir l'eau à une température constante ( $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ).



**Figure 1.** Colonnes utilisées pour l'amorçage des graines.

### **2.3 Tests de germination**

Pour chacune des combinaisons de traitement, cinq échantillons de 100 graines chacun ont servi à l'évaluation de la germination. Le lit de germination était constitué de Kimpack® humidifié avec de l'eau déminéralisée et placé dans des boîtes de germination de plastique transparent (Spencer & Lemaire®). Les tests de germination ont été effectués dans des chambres à environnement contrôlé Conviron® CPM3023. L'humidité relative était maintenue à près de 100%, la température était de 20°C durant 16h et de 28°C durant 8h. La photopériode était d'une durée de 16h, période incluant celle où la température était la plus élevée. L'éclairage était fourni par des lampes fluorescentes à une densité du flux photonique photopériodique située entre 15 et 20  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ . Ces conditions de germination étaient les mêmes que celles prescrites pour l'épinette noire par l'Association Internationale d'essais de Semences (ISTA, 1996).

Une évaluation journalière du nombre de graines germées a été effectuée sur une période de 21 jours. Les graines étaient considérées germées lorsque les cotylédons devenaient visibles (Stade 2 dans Bettez *et al.*, 1996 (page 13)). Ce critère permettait d'obtenir un pourcentage de germination représentatif du nombre de graines pouvant produire un semis normal. Suite à l'évaluation de la germination, la viabilité des graines non germées a été déterminée par un test au tétrazolium (ISTA, 1996).

Les tests de germination ont permis de calculer différents indices décrivant le déroulement de la germination des graines, soit le pourcentage de germination, le jour du pic, l'indice de germination et la valeur germinative (Czabator, 1962).

1. **Pourcentage de germination** = (Nombre de graines germées / nombre de graines semées)  $\times$  100
2. **Indice de germination (IG)** = Nombre cumulatif de graines germées / nombre de jour depuis le début du test
3. **Jour du pic** = Jour où l'indice de germination est maximal
4. **Valeur germinative (VG)** = Indice de germination maximal  $\times$  (nombre total de graines germées / 21)

## 2.4 Analyses statistiques

Un test de Bartlett a permis de vérifier l'homoscedasticité des données. Certaines variables ont été transformées pour assurer l'homogénéité des variances. Les analyses statistiques ont donc été effectuées sur l'arc sinus de la racine carré du pourcentage de germination et sur le logarithme en base 10 du jour du pic (Sokal and Rohlf, 1981). Les différents paramètres décrivant la germination ont été analysés par la procédure GLM (*General Linear Model*) de SAS (1985) incluant des analyses de contrastes, selon un dispositif par bloc en tiroirs subdivisés, ou *split-split-plot* (Figure 2).

	T°5	T°10	T°15			
Lot=Y45						
Lot=L63						
Lot=K13			0H	24H	48H	72H

**Figure 2.** Schéma d'un bloc du dispositif expérimental

Les températures étaient obtenues à l'intérieur de chambres à environnement contrôlé différentes. À l'intérieur d'une même chambre, trois colonnes d'amorçage contenait un échantillon de graines de provenance différente. Les durées d'amorçage étaient obtenues par trois prélèvements subséquents, à l'intérieur d'une même colonne. Lors de chacune des répétitions, la température de chaque chambre et la provenance traitée dans chaque colonne d'amorçage étaient attribuées au hasard. Un bloc correspondait donc à neuf colonnes d'amorçage réparties dans trois chambres différentes.

Pour l'évaluation de la germination, chacune des boîtes contenait les graines provenant d'une combinaison température × provenance différente, correspondant à la distribution aléatoire effectuée pour l'amorçage. Les graines obtenues à la suite des quatre durées d'amorçage se retrouvaient à l'intérieur d'une même boîte, pour un total de 400 graines (4×100) par boîte.

### 3. RÉSULTATS

#### 3.1 Comparaison entre les provenances

Le pourcentage final de germination, le jour du pic, l'indice de germination maximal et la valeur germinative sont significativement différents ( $\alpha < 0.01$ ) entre chacun des lots de graine (Tableau 2). Les graines des trois provenances sélectionnées se comportent donc de façon très différente lors de leur germination. Les graines du lot Y45 sont d'une qualité inférieure, celles du lot L63 sont de qualité moyenne, tandis que les semences provenant d'un verger à graine (K13) sont de qualité supérieure (Tableau 3).

**Tableau 2**

Analyse de variance du pourcentage de germination (GERM), de l'indice de germination maximal (IG MAX), du jour du pic (JPIC) et de la valeur germinative (VG) des graines d'épinette noire. Certaines variables ont été transformées pour assurer l'homogénéité des variances.

Source	dl	GERMTR <sup>1</sup>		JPICTR <sup>2</sup>		IGMAX		VG	
		F	$\alpha$	F	$\alpha$	F	$\alpha$	F	$\alpha$
<b>PARCELLE PRINCIPALE</b>									
Bloc	4								
T°	2	7.20	<b>0.0163</b>	5.29	<b>0.0344</b>	5.01	<b>0.0389</b>	6.03	<b>0.0253</b>
T <sub>l</sub>	1	11.66	<b>0.0092</b>	7.66	<b>0.0244</b>	9.92	<b>0.0136</b>	11.71	<b>0.0091</b>
T <sub>q</sub>	1	2.74	0.1365	2.91	0.1263	0.009	0.7663	0.36	0.5675
Erreur	12								
<b>SOUS-SOUS-PARCELLE</b>									
Lot	2	1289.56	<b>0.0001</b>	67.74	<b>0.0001</b>	933.75	<b>0.0001</b>	1565.27	<b>0.0001</b>
K13 vs L63	1	1190.03	<b>0.0001</b>	13.11	<b>0.0014</b>	658.36	<b>0.0001</b>	1306.82	<b>0.0001</b>
L63 vs Y45	1	225.86	<b>0.0001</b>	60.37	<b>0.0001</b>	298.76	<b>0.0001</b>	357.54	<b>0.0001</b>
T° × Lot	4	1.39	0.2687	1.03	0.4097	0.76	0.5587	0.25	0.9084
Erreur	24								
<b>SOUS-PARCELLE</b>									
Durée	3	8.95	<b>0.0001</b>	3.91	<b>0.0108</b>	0.83	0.6197	1.46	0.2304
D <sub>l</sub>	1	19.50	<b>0.0001</b>	10.30	<b>0.0018</b>	0.05	0.8287	2.37	0.1265
D <sub>q</sub>	1	4.21	<b>0.0426</b>	0.52	0.4720	0.09	0.7703	1.45	0.2310
D <sub>c</sub>	1	0.02	0.8903	0.90	0.3446	1.65	0.2015	0.55	0.4604
T° × Durée	6	2.40	<b>0.0326</b>	1.40	0.2210	1.73	0.0833	1.57	0.1632
Lot × Durée	6	0.83	0.5522	0.72	0.6375	0.61	0.6953	0.51	0.7969
T° × Lot × Durée	12	0.75	0.6982	0.58	0.8555	0.88	0.7988	0.62	0.8191
Erreur	108								

<sup>1</sup>GERMTR = Arcsin (racine carré (% de germination)) × 180/3.1416

<sup>2</sup>JPICTR = LOG<sub>10</sub> (jour du pic)

**Tableau 3**

Comparaison du pourcentage de germination (%), de l'indice de germination maximal (IG MAX), du jour du pic (J PIC) et de la valeur germinative (VG) de trois lots de graines d'épinette noire selon différentes températures et durées d'amorçage.

LOT	TEMPÉRATURE (°C)	DURÉE (heures)	GERMINATION (%)	IG MAX (graines/jours)	J PIC (jours)	VG	
<b>Y45</b>	Témoin	0H	69.2	3.93	15.8	12.99	
		5°C	24H	68.4	3.92	15.4	12.77
			48H	61.8	3.70	14.8	10.97
			72H	63.4	3.82	15.0	11.59
	10°C	24H	69.6	4.06	15.9	13.69	
		48H	69.2	3.91	15.9	13.12	
		72H	67.2	3.93	16.4	12.69	
	15°C	24H	68.6	3.91	15.4	12.72	
		48H	74.2	4.38	14.4	15.62	
		72H	68.6	4.29	14.1	14.08	
	<b>L63</b>	Témoin	0H	79.4	5.16	13.5	19.54
			5°C	24H	79.8	5.21	13.6
48H				78.2	4.94	13.6	18.60
72H				73.8	4.86	13.4	17.27
10°C		24H	82.2	5.60	13.4	21.73	
		48H	77.8	5.04	13.8	18.69	
		72H	76.2	5.33	12.8	19.94	
15°C		24H	79.4	5.33	12.8	20.45	
		48H	80.6	5.86	12.6	22.58	
		72H	76.2	5.54	12.0	19.97	
<b>K13</b>		Témoin	0H	96.8	7.27	12.5	33.46
			5°C	24H	96.2	7.18	12.4
	48H			92.2	6.46	13.7	29.46
	72H			94.2	7.03	12.0	31.24
	10°C	24H	96.8	7.20	12.4	32.85	
		48H	96.6	7.20	12.4	33.47	
		72H	93.6	6.91	12.7	30.78	
	15°C	24H	95.6	7.59	11.8	34.84	
		48H	96.8	7.28	11.8	33.59	
		72H	93.0	7.57	11.2	33.91	

Ces trois lots de graines d'épinette noire avaient été choisis sur la base de ces différences afin de permettre une comparaison des effets du traitement d'amorçage sur des lots de diverses qualités.

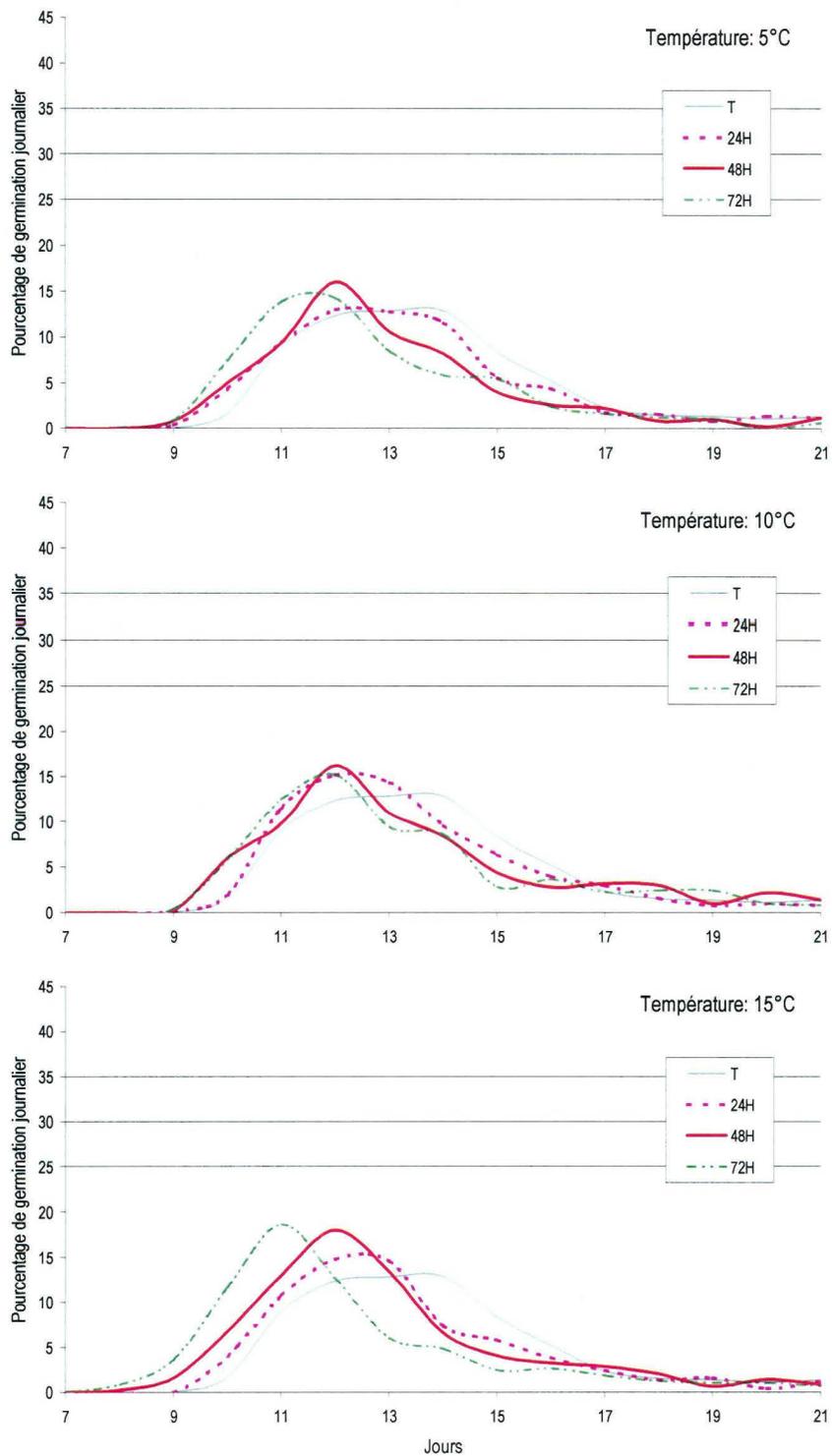
L'analyse de variance montre que les interactions température×lot et lot×durée ne sont pas significatives ( $\alpha>0.26$ ) pour l'ensemble des paramètres décrivant la germination (Tableau 2). Les semences des trois provenances répondent donc de façon similaire au traitement d'amorçage. Ces résultats correspondent à ceux obtenus chez diverses espèces végétales, pour des lots de graines de différentes qualités (Bennett and Waters, 1987; Downie *et al.*, 1993)

Le pourcentage de germination final des graines non amorcées des lots Y45, L63 et K13 est de 69,2%, 79,4% et 96,8%, respectivement (Tableau 3). Ce pourcentage est inférieur à celui estimé par le CSFB pour les lots Y45 et L63 tandis qu'il est le même pour le lot K13, issu d'un verger à graine (Tableau 1). L'écart observé pour ces deux lots peut s'expliquer par le vieillissement des semences puisque leur date de récolte remonte à 1982 et 1986.

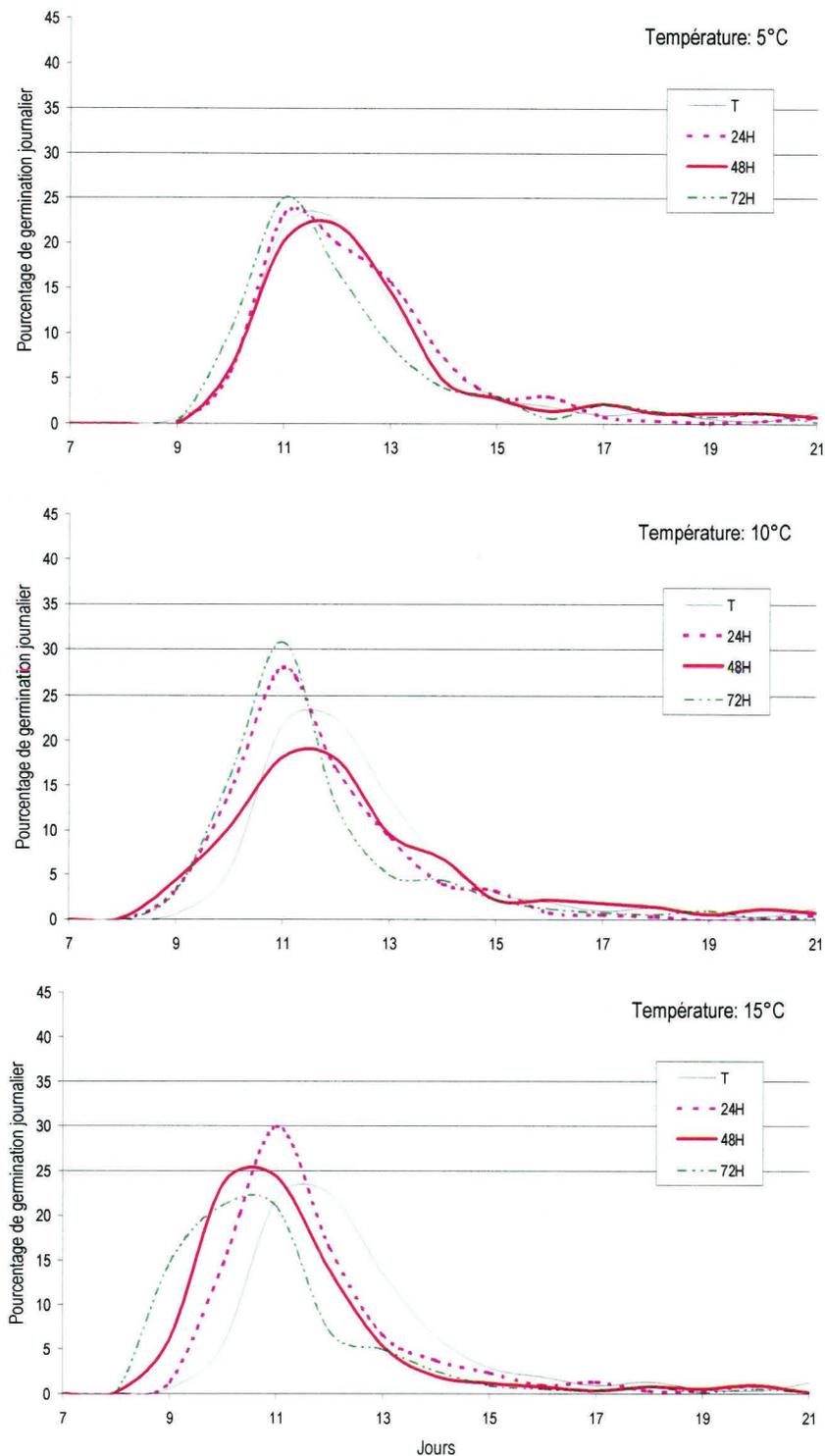
### **3.2 Effet de la température**

Pour les trois lots, l'effet de l'amorçage est significativement différent ( $\alpha<0.04$ ) selon que la température soit de 5°C, 10°C ou 15°C (Tableau 2). Ainsi, le pourcentage de germination, l'indice de germination maximal et la valeur germinative augmentent avec l'élévation de la température, tandis que le jour du pic diminue.

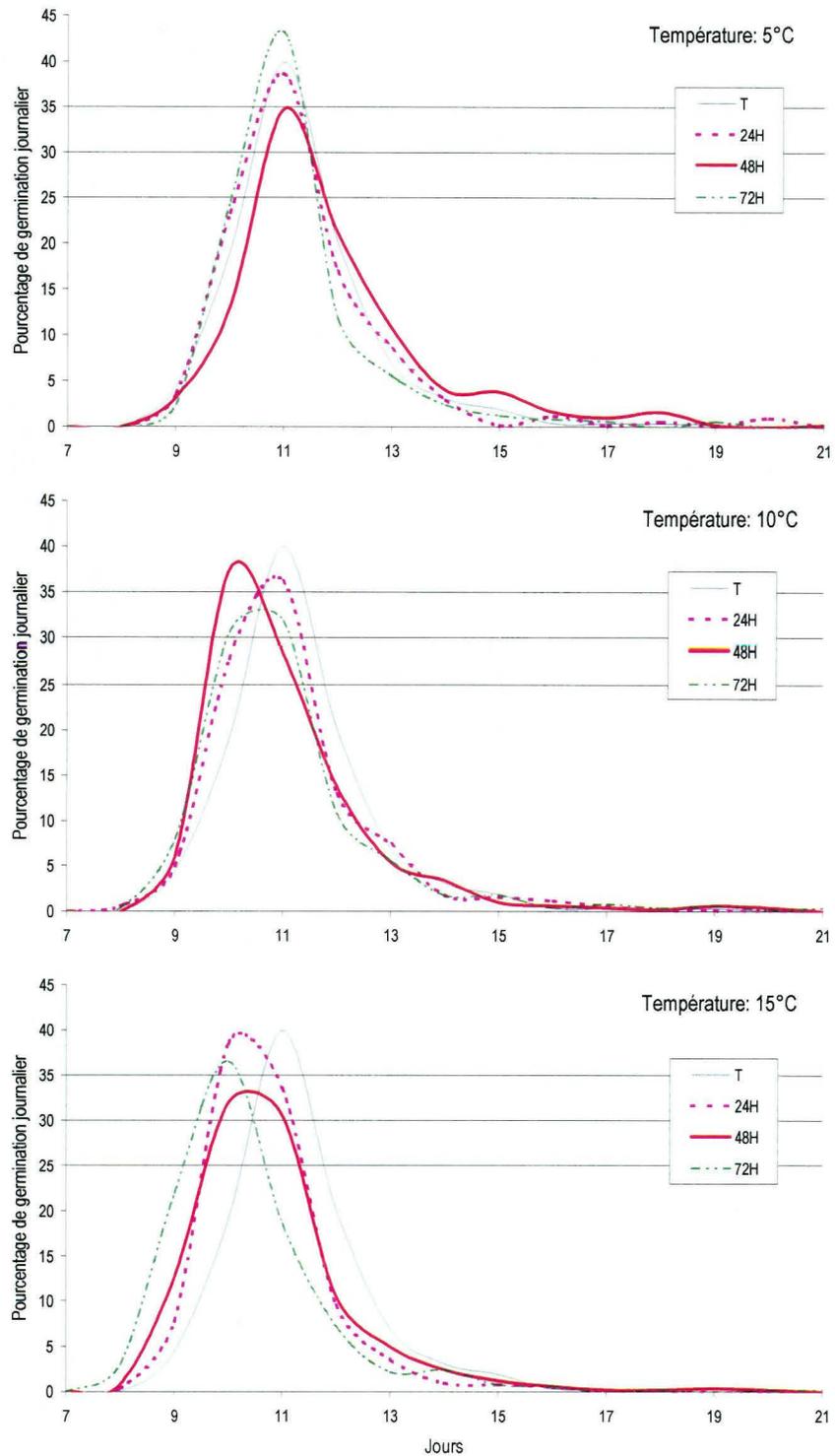
La progression de ces indices traduit une augmentation de la vitesse, de la vigueur et du pourcentage de germination des graines en fonction de la température. L'évolution des pourcentages de germination cumulatif et journalier (Figures 3 à 8) montre aussi une amélioration de la germination avec la hausse de la température. Une température d'amorçage de 15°C semble donc être plus favorable à la germination des graines d'épinette noire.



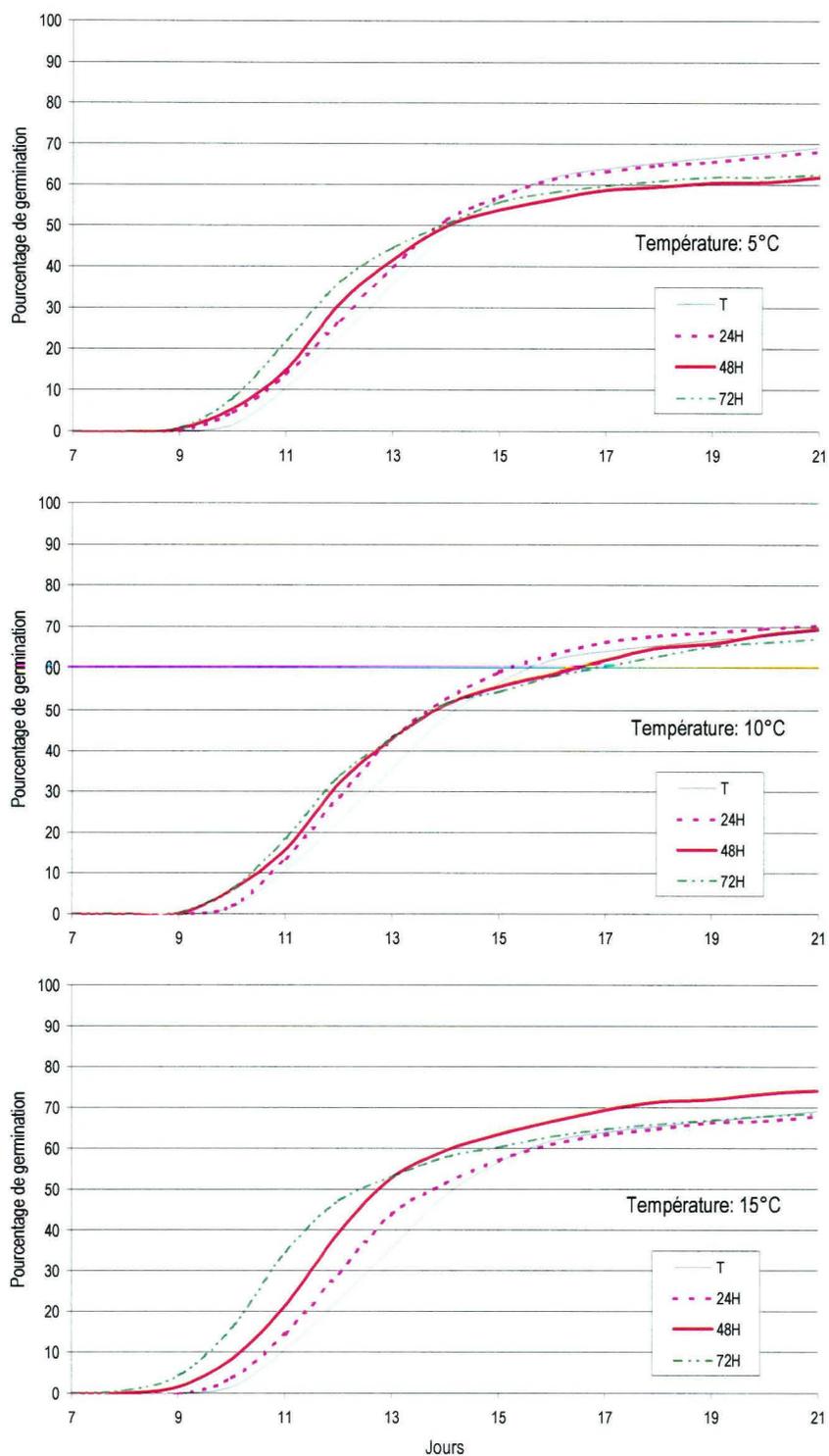
**Figure 4.** Comparaison du nombre journalier de graines germées du lot Y45, pour les groupes témoins et amorcés à des températures de 5°C, 10°C et 15°C.



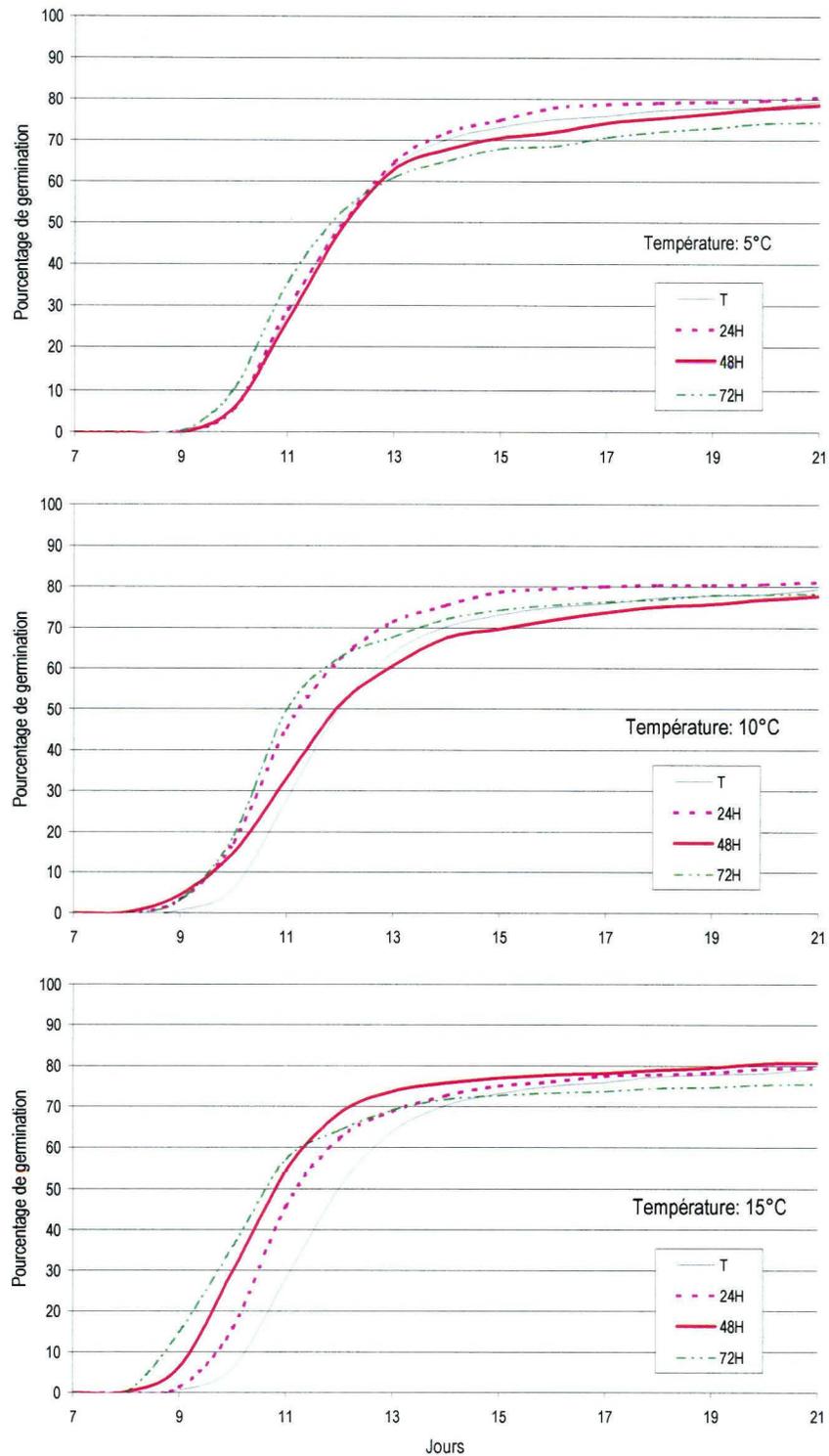
**Figure 5.** Comparaison du nombre journalier de graines germées du lot L63, pour les groupes témoins et amorcés à des températures de 5°C, 10°C et 15°C.



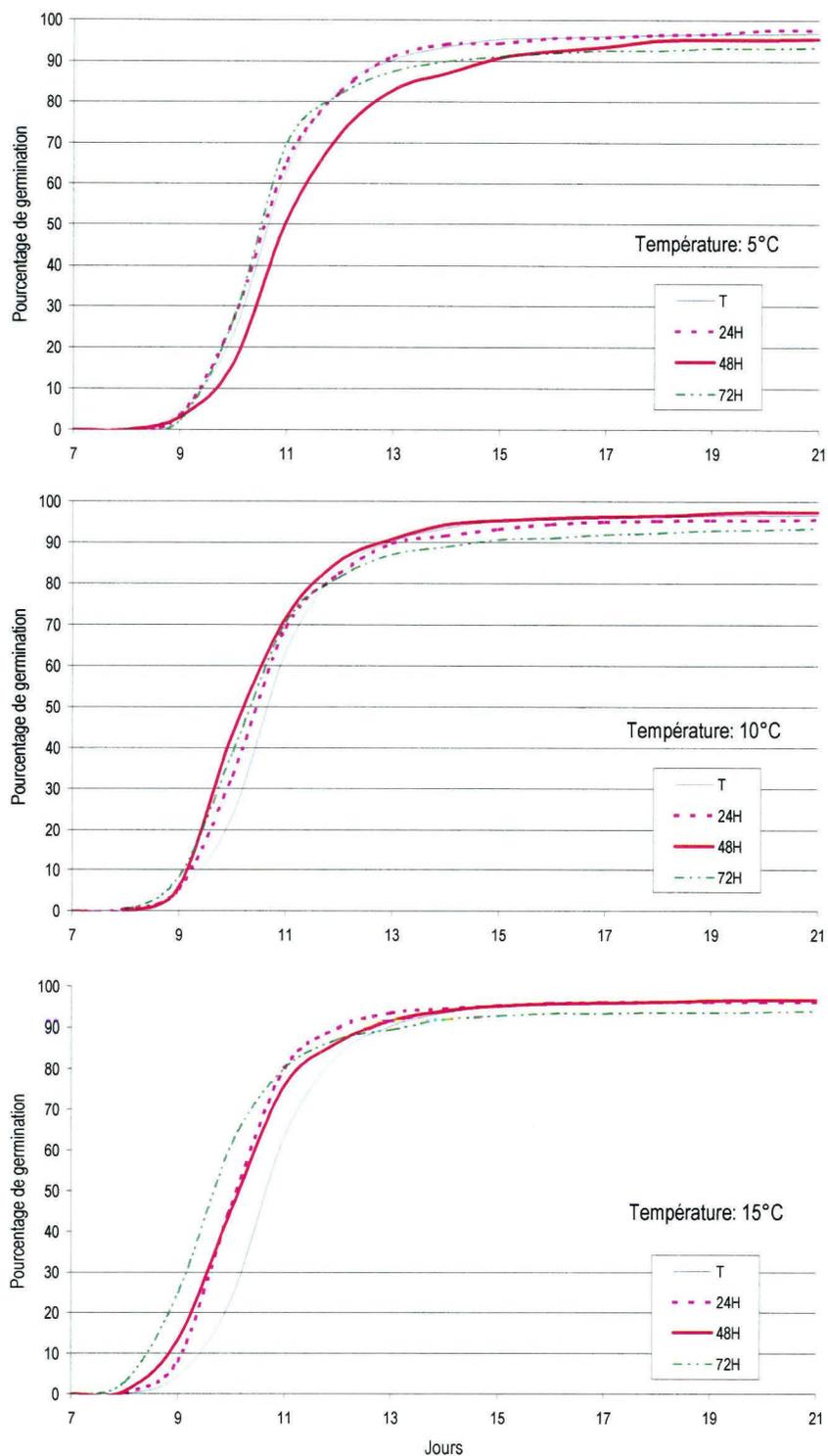
**Figure 6.** Comparaison du nombre journalier de graines germées du lot K13, pour les groupes témoins et amorcés à des températures de 5°C, 10°C et 15°C.



**Figure 7.** Comparaison du pourcentage de germination du lot Y45, pour les groupes témoins et amorcés à des températures de 5°C, 10°C et 15°C.



**Figure 8.** Comparaison du pourcentage de germination du lot L63, pour les groupes témoins et amorçés à des températures de 5°C, 10°C et 15°C.



**Figure 9.** Comparaison du pourcentage de germination du lot K13, pour les groupes témoins et amorcés à des températures de 5°C, 10°C et 15°C.

Cette température correspond à celle utilisée pour réaliser un amorçage efficace dans une solution osmotique ou lors d'une envigoration, chez diverses espèces d'épinettes et de pin (Bergsten, 1987; Downie *et al.*, 1993; Flemming and Lister, 1984). Elle correspond aussi à l'intervalle 10°C-20°C suggéré par Bewley and Black (1985) pour l'amorçage des graines de plusieurs espèces végétales. À des températures plus faibles (5°C et 10°C), les effets bénéfiques de l'amorçage sont réduits parce que certains processus métaboliques mis en cause dans le déroulement de la germination sont dépendants de la température (Bewley and Black, 1985).

### **3.3 Effet de la durée**

Pour les trois lots, la durée du traitement d'amorçage modifie significativement le pourcentage de germination et le jour du pic tandis qu'elle n'affecte pas de façon significative ( $\alpha > 0.23$ ) l'indice de germination et la valeur germinative (Tableau 2).

L'augmentation de la durée de l'amorçage occasionne une diminution significative du jour du pic ( $\alpha < 0.01$ ) donc, une accélération de la germination. Cette augmentation de vitesse est causée par l'imbibition et la stimulation des activités métaboliques dans les graines (Bettez *et al.*, 1996), ce qui fait qu'elles sont à un stade de développement plus avancé au moment du semis.

Dans le cas du pourcentage de germination, l'analyse de contrastes montre des relations quadratique ( $\alpha = 0.0426$ ) et linéaire ( $\alpha = 0.0001$ ) significatives. La germination ne semble donc pas affectée entre 0h et 48h de traitement, mais est diminuée lorsque la durée atteint 72h (Tableau 3; Figures 6 à 8). Les chocs répétés des graines avec le diffuseur d'air et les parois des colonnes d'amorçage pourraient expliquer le plus faible pourcentage de germination observé pour une durée de 72h. En effet, des lésions du tégument des graines ont été observés pour cette durée d'amorçage.

On observe aussi une interaction significative ( $\alpha = 0.0326$ ) entre la température et la durée d'amorçage, pour le pourcentage de germination. Les différentes combinaisons de température

et de durée expérimentées n'ont donc pas le même effet sur le nombre total de graines germées. C'est la combinaison d'une période d'amorçage de 48h et d'une température de 15°C qui est la plus bénéfique au nombre final de graines germées. Pour cette combinaison, le pourcentage de germination des semences des lots Y45 (74.2%) et L63 (80.6%) est plus élevé que pour le témoin tandis qu'il n'est pas affecté pour le lot K13 (96.8%) (Tableau 3).

L'indice de germination maximal et la valeur germinative les plus élevés sont aussi observés à cette combinaison, pour le lot Y45 (4.38graines/jours et  $VG=15.62$ ) et le lot L63 (5.86 graines/jours et  $VG=22.58$ ) (Tableau 3). Dans le cas du lot K13, ces valeurs sont en seconde position (7.28 graines/jours et  $VG=33.59$ ). Pour les trois lots, cette combinaison de température et de durée permet donc d'éviter les effets négatifs sur le pourcentage de germination final, tout en maximisant les bénéfices sur les autres paramètres décrivant la germination des semences. Les courbes de l'évolution du pourcentage de germination journalier (Figures 3 à 5), montrent aussi que pour certaines combinaisons de traitement, l'uniformité de la germination semble affectée.

#### **4. CONCLUSION**

L'amorçage des graines d'épinette noire permet d'améliorer la vitesse de germination et la vigueur des trois lots étudiés et semble aussi uniformiser leur germination. Le traitement a affecté les graines d'une façon similaire, que le lot soit de faible, moyenne ou bonne qualité. Pour les trois provenances, une température d'amorçage de 15°C, ainsi qu'une durée d'amorçage de 48h, sont les plus favorables à la germination des graines d'épinette noire. Cette combinaison permet d'éviter les effets négatifs sur le pourcentage de germination final, tout en maximisant les bénéfices sur la germination des semences.

Cette recherche s'insère dans le cadre d'un projet visant à vérifier l'efficacité de la combinaison de techniques de conditionnement et de sélection des semences, dans le but d'améliorer le taux d'occupation des alvéoles dans la production commerciale des plants d'épinette noire. Elle est donc une étape préliminaire permettant d'établir les paramètres d'amorçage les plus favorables, en vue de leur utilisation pour la séparation densimétrique des graines d'épinette noire.

En effet, la technique de l'amorçage dans l'eau, bien que bénéfique pour la vitesse de germination, ne permettrait pas d'améliorer significativement le taux d'occupation des alvéoles dans une production de plants en récipients, puisqu'elle n'affecte pas de façon importante le pourcentage final de germination. La combinaison de plusieurs types de traitements serait donc une solution à ce problème. Dans cet optique, le tamisage et la séparation densimétrique pourraient s'avérer utiles pour trier les graines selon leur potentiel de germination. En effet, il a été démontré que chez l'épinette noire, la masse influence la germination et la survie des semis (Walsh et Lord, 1996). De plus, chez plusieurs espèces végétales, le potentiel de germination augmente avec la densité des graines (Hill *et al.*, 1989; Falleri and Pacella, 1997).

L'effet d'accélération de la germination sur les graines d'épinette noire pourrait permettre une diminution du temps et des coûts de production des plants et l'utilisation des lots de plus faible

qualité qui sont actuellement moins en demande. Des recherches ultérieures devrait donc reprendre l'expérimentation afin de vérifier si l'amorçage apporte des bénéfices à l'ensemble des lots de semences d'épinette noire de faible potentiel germinatif et si le temps de production des plants en serre peut être réduit par un amorçage des graines. De plus, les résultats obtenus permettent de poursuivre les expérimentations sur la séparation densimétrique des graines d'épinette noire.

## 5. RÉFÉRENCES

- Bennett, M.A. et L. Waters. 1987. Seed hydration treatments for improved sweet corn germination and stand establishment. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112(1): 45-49.
- Bergsten, U. 1987. Incubation of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* L. (Karst.) seeds at controlled moisture content as an invigoration step in the IDS method. Swedish University of Agricultural Sciences. Umea. Sweden. 98 pages.
- Bettez, M, N. Brault et S. Mercier. 1996. Compte rendu de l'atelier sur l'évaluation de la qualité des graines d'arbres résineux. Centre de semences forestières de Berthier, Division de R-D sur les semences, boutures et plants, Ministère des ressources naturelles. 30 pages.
- Bewley, J.D. et M. Black. 1985. *Seeds : Physiology of developpement and germination.* Plenum Press. New York. 349 pages.
- Bourgeois, J. et L. Malek. 1990. Metabolic changes related to the acceleration of the jack pine germination by osmotic priming. *Tree physiology.* 8 : 407-413.
- Boyer, J.N., D.B., South, R.C., France et D.J., Sharp. 1988. Pregermination treatment hastens emergence of loblolly pine seedlings. *Tree Planter's Notes.* 39(4) : 36-38.
- Carlson, L.W. 1981. Conseils pour la culture en récipients des semis de conifères dans les provinces des prairies. Canadian Forestry Service Northern forestry research center. 50 pages.
- Chilembwe, E.H.C., W.S. Castle et D.J. Canliffe. 1992. Grading, hydrating and osmotically priming seed of four citrus rootstocks to increase germination rate and seedling uniformity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(3): 368-372.
- Czabator, F.J. 1962. Germination value : An index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science.* 8(4) : 386-396.
- Downie, B., U. Bergsten, B.S.P. Wang, J.D. Bewley. 1993. Conifer seed germination is faster after membrane tube invigoration than after prechilling or osmotic priming. *Seed Science Research.* 3: 259-270.
- Falleri, E et R. Pacella. 1997. Applying the IDS method to remove empty seeds in *Platanus ×acerifolia*. *Can. J. For. Res.* 27: 1311-1315.

- Fleming, F.L. et S.A. Lister. 1984. Stimulation of black spruce germination by osmotic priming : a laboratory studies. Great lakes forest research center. Canadian forestry service. Department of the environment. Information report 0-X-362
- Hill, H.J., A.G. Taylor et T.-G. Min. 1989. Density separation of imbibed and primed vegetable seeds. J. Amer. Soc. Hort. Sci.. 114(4) : 661-665.
- ISTA (International seed testing association). 1996. International rules for seed testing: rules 1996. Proceedings of the international seed testing association. Seed Sci. and Technol. 24: Suppl.
- Khademi, M., D.S. Koranski et J. Peterson. 1993. Protein concentration and vigor of imbibed density-separated *Primula* seed. Hortscience. 28(7) : 710-712.
- McDonald, B. 1998. Seed quality assessment. Seed Science Research. 8 : 265-275.
- Malek, L. 1992. Priming black spruce seeds accelerates container stocking in techniculture single-seed sowing system. Tree planter's note. Hiver 1992: 11-13.
- Parent, B. 1996. Ressource et industries forestières: portrait statistique. Ministère des Ressources naturelles. Direction des relations publiques. Québec. 142 pages.
- SAS (Statistical analysis system). 1985. SAS Institute Inc. Box 8000. Cary NC. [www.sas.com](http://www.sas.com)
- Sokal, R.R. et F.J. Rohlf. 1981. Biometry, The principles and practice of statistics in biological research. 2<sup>e</sup> édition. W.H. Freeman and company. New York.
- Taylor, A.G., P.S. Allen, M.A. Bennett, K.J. Bradford, J.S. Burris et M.K. Mishra. 1998. Seed enhancements. Seed Science Research. 8 : 245-256.
- Taylor, A.G. et T.J. Kenny. 1985. Improvement of germinated seed quality by density separation. J. Amer. Hort. Sci. 110(3) : 347-349.
- Thibeault, M. 1987. Les régions écologiques du Québec méridional. Deuxième approximation. Carte, Service de la recherche, ministère de l'Énergie et des Ressources. Québec.

Walsh, D. et D. Lord. 1996. Effets de la masse et de la dimension des graines d'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) sur le taux de germination et la survie des semis produits en récipients. Groupe de recherche en productivité végétale. Département des Sciences fondamentales. Université du Québec à Chicoutimi. 78 pages.