

<b>Titre :</b>	<b>Bilan de l'essai sur l'établissement d'une grille de fréquence des tests au Centre de semences forestières de Berthier pour les principales essences utilisées dans le programme de reboisement du Québec</b>
<b>Années d'exécution :</b>	2000-2008
<b>Responsables :</b>	Fabienne Colas et Isabelle Auger
<b>Collaboration :</b>	Michèle Bettez (Centre de semences forestières de Berthier) et Anne Savary (Division des semences, Direction générale des pépinières et stations piscicoles)

**Rappel :** un premier avis technique sur le projet fréquence a été produit en 2006. Il ne traitait que de la conservation de l'épinette noire après 5 ans. La recommandation émise alors était le maintien de l'écart entre deux tests à 5 ans.

### 1. Contexte

Le projet de mise à jour de la grille de fréquence des tests au Centre de semences forestières de Berthier (CSFB) a débuté en 2000. Ce projet vise les principales essences résineuses testées et entreposées au CSFB : épinettes blanche, noire et de Norvège, pins gris et blanc. L'objectif est de déterminer la période de temps durant laquelle le résultat d'un test de germination est valable, c'est-à-dire de déterminer un intervalle de temps idéal entre deux tests de germination pour que la valeur fournie soit le reflet acceptable de la réalité du lot. Le but de cette étude est de réduire le nombre de tests de germination effectué au CSFB sans nuire à la qualité et la précision des données utilisées pour l'allocation des semences. De plus, disposer d'un portrait réaliste de la qualité des lots de semences conservés dans la banque pourra faciliter la planification des récoltes. Actuellement, une grille de fréquence des tests des différentes essences est utilisée par le CSFB. Cette grille a été établie empiriquement à partir de l'historique des résultats de germination obtenus au CSFB pour chaque essence. La version en vigueur au CSFB est fournie à l'annexe 1, elle date de 2006.

En 2000, la division de semences forestières de la Direction générale des pépinières et stations piscicoles (DGPSP) a identifié les sources à récolter. Elles ont été choisies en fonction de leur utilisation pour la production de plants, leur nombre est variable selon les essences. Une emphase particulière a été accordée à l'épinette blanche en raison des variations observées dans la germination par le passé. Trois récoltes sont prévues par source. La germination de chaque lot de semences de chaque récolte sera évaluée tous les ans durant 10 ans. Pour s'assurer qu'une quantité suffisante de graines soit disponible tout au long de l'essai, un volume de graines a été retranché de l'inventaire. Ces graines sont réservées pour la réalisation des essais de germination du projet de mise à jour de la fréquence des tests. Elles sont conservées dans un contenant, de même volume, séparé du lot initial.

Depuis 2003, des améliorations importantes ont été apportées aux méthodes d'extraction du CSFB, elles ont permis d'augmenter la qualité des lots et donc le pourcentage de germination moyen.

...2

Les premières récoltes de cônes du projet fréquence des tests ont débuté en 2000 pour toutes les essences. Selon l'abondance de la fructification de certaines essences et sources, de 1 à 3 récoltes ont rapidement été effectuées. Or, en raison de la modification des conditions d'extraction au CSFB, il a été convenu en 2004 de ne pas tenir compte des résultats obtenus jusqu'alors pour les épinettes blanche et de Norvège, les pin gris et blanc, puisque les lots récoltés après 2003 n'auraient pas le même traitement que ceux récoltés de 2000 à 2002 rendant difficiles les comparaisons. Cependant, les modifications à l'extraction ayant été mineures pour l'épinette noire (EPN), nous avons donc jugé que les données obtenues depuis 2000 restaient valables. C'est pourquoi la durée de conservation testée pour l'EPN va jusqu'à 7 ans, alors qu'elle est au maximum de 5 ans pour les autres essences.

De plus, depuis 2007, le CSFB a intégré la mesure de l'activité de l'eau (AE) comme test de qualité de routine appliqué à tous les lots de semences. Cette intégration a été faite en parallèle aux travaux de caractérisation hydrique des principales essences utilisées dans le programme de reboisement réalisée à la Direction de la recherche forestière (DRF). Les mesures effectuées par le CSFB ont mis en lumière d'importantes augmentations d'AE sur les lots suivis dans le projet fréquence. Des mesures de teneur en eau effectuées sur ces mêmes lots ont révélé de fortes augmentations dans les lots suivis dans le projet par rapport au lot « parent » conservé dans la banque du CSFB.

Ces résultats nous conduisent à produire le présent avis afin de faire le point sur les résultats et effectuer des recommandations pour la poursuite ou non du projet.

## **2. Matériel et méthodes**

**Note** : tous les lots sont récoltés à l'année x. Le test de germination initial est effectué l'année x+1 puisque les extractions sont faites l'hiver suivant la récolte. Aux environs de la date anniversaire du premier test de germination, le suivant est débuté afin de maintenir l'intervalle entre chaque test le plus proche de un an. Dans tous les cas, le dernier test de germination pris en compte dans l'étude date de 2008.

### **2.1. Sources et lots d'épinette noire**

Treize sources ont été identifiées dont deux sont des sources naturelles, les autres provenant de vergers à graines de première génération. À une exception, les sources ont été récoltées à deux ou trois reprises, ce qui porte le nombre de lots suivis à 35. La durée de conservation des lots s'échelonne de 7 ans pour les lots récoltés en 2000 à 3 ans pour les lots récoltés en 2004.

**Tableau 1. Identification des sources et lots utilisés pour le projet fréquence des tests pour l'épinette noire (EPN). Onze proviennent de vergers à graines de première génération et deux sont des sources naturelles**

Source	Lot	Source	Lot
EPN-V1-EST-2-1	2000-070-1-1	EPN-V1-DOL-2-1	2000-067-1-1
	2001-097-1-1		2001-026-1-1
	2003-173-1-1		2003-067-1-1
EPN-V1-RCH-2-1	2000-039-1-1	EPN-V1-RAD-2-2	2000-068-1-1
	2002-051-1-1		2001-085-1-1
	2003-055-1-1		2002-110-1-1
EPN-V1-GAR-2-1	2000-051-1-1	EPN-V1-GAO-2-2	2000-218-1-1
	2001-019-1-1		2001-095-1-1
	2003-061-1-1		2003-150-2-1
EPN-V1-LEV-2-1	2000-057-1-1	EPN-V1-GAB-2-2	2000-217-1-1
	2001-023-1-1		2001-094-1-1
	2003-064-1-1		2003-149-2-1
EPN-V1-LAU-2-1	2000-233-1-1	EPN-V1-LAS-2-1	2000-016-1-1
	2001-096-1-1	EPN-V1-CHA-1-1	2000-013-1-1
	2002-038-3-1		2003-168-1-1
	2003-157-1-1		
EPN-N0-137-1-1	2003-065-1-1	EPN-N0-127-1-0	2000-238-1-1
	2004-137-1-1		2003-160-1-1

## **2.2. Sources et lots d'épinette blanche**

Dix-sept sources ont été identifiées dont une seule est de provenance naturelle, les autres provenant de vergers à graines de première ou deuxième génération, de parc à clones ou peuplement semencier. Les récoltes ont débuté en 2003. Le nombre de récoltes par source est variable (de 1 à 4), il dépend de la fructification qui est assez irrégulière pour l'EPB. La durée de conservation des lots s'échelonne de 5 ans pour les lots récoltés en 2003 à 1 an pour les lots récoltés en 2006.

**Tableau 2. Identification des sources et lots utilisés pour le projet fréquence des tests pour l'épinette blanche (EPB). Seize proviennent de vergers à graines de première (13) ou deuxième (1) génération, parc à clones (1), peuplement semencier (1) et une est une source naturelle**

Source	Lot	Source	Lot
EPB-V1-EST-1-0	2003-041-1-2	EPB-L1-CT0-1	2003-020-1-2
	2004-021-1-1		2006-123-1-1
EPB-V1-WEV-2-0	2003-026-1-2	EPB-V1-BAB-1	2003-034-1-2
	2006-019-1-1		2004-014-1-1
EPB-V1-FAL-1-0	2003-015-1-2		EPB-V1-ROM-1
	2004-010-1-1	2004-018-1-1	
	2005-008-1-1	EPB-P0-136-2	2006-026-1-1
	2006-016-1-1		2005-009-1-3
EPB-V1-ROB-1	2003-038-1-2	EPB-V2-PBE-1	2006-017-1-2
	2004-017-1-1		2006-027-1-1
	2006-025-1-1	EPB-V1-LAS-1	2003-037-1-2
EPB-V1-AVE-1	2003-029-1-2	EPB-N0-084-1	2003-027-1-2
	2004-012-1-1	EPB-V1-SFD-1	2003-019-1-2
	2006-124-1-1	EPB-V1-SFD-2	2004-023-1-1
EPB-V1-EST-1-0	2003-041-1-2	EPB-V1-FON-1	2006-021-1-1
	2004-021-1-1	EPB-V1-FON-2	2003-031-1-2

### **2.3. Sources et lots de pin gris**

Huit sources ont été identifiées, elles proviennent toutes de vergers à graines de première génération. Le nombre de récolte par source varie de 1 à 3. La durée de conservation des lots s'échelonne de 5 ans pour les lots récoltés en 2003 à 3 ans pour les lots récoltés en 2005.

**Tableau 3. Identification des sources et lots utilisés pour le projet fréquence des tests pour le pin gris (PIG). Les huit sources proviennent de vergers à graines de première génération**

Source	Lot	Source	Lot
PIG-V1-PAR-2-1	2003-063-1-1	PIG-V1-ROS-2	2003-058-1-1
	2004-035-1-1		2004-031-1-1
	2005-17-1-1		2005-014-1-1
PIG-V1-MON-2-2	2003-156-2-1	PIG-V1-BRI-2	2003-138-1-1
	2004-082-2-1		2005-054-1-1
	2005-067-1-1	PIG-V1-DUV-1	2003-176-2-1
PIG-V1-LAV-1-1	2003-003-1-1		2004-094-1-1
	2004-001-3-1		2005-083-2-1
	2005-002-3-1	PIG-V1-MUR-2	2003-073-1-1
PIG-V1-CHS-1	2003-004-1-1		
	2004-005-1-1		
	2005-004-1-1		

#### **2.4. Sources de pin blanc**

Quatre sources ont été identifiées, elles proviennent de vergers à graines de première génération et d'un parc à clones. Le nombre de récolte par source est une ou deux. La durée de conservation des lots est de 5 ans pour les lots récoltés en 2003 et 4 ans pour les lots récoltés en 2004.

**Tableau 4. Identification des sources et lots utilisés pour le projet fréquence des tests pour le pin blanc. Les quatre sources proviennent de vergers à graines de première génération (3) ou de parc à clones (1)**

Source	Lot
PIB-V1-CLE-1-0	2003-098-1-1
	2004-052-1-1
PIB-V1-HUD-1	2004-071-1-1
PIB-V1-DOR-1	2004-078-1-1
PIB-L1-CTO-1	2003-070-1-1

## 2.5. Sources d'épinette de Norvège

Trois sources ont été identifiées, une seule récolte a été effectuée en 2003. C'est l'essence pour laquelle nous disposons de moins de données.

**Tableau 5. Identification des sources et lots utilisés pour le projet fréquence des tests pour l'épinette de Norvège. Les trois sources proviennent de vergers à graines de première génération (1), de test de provenances (1) ou de peuplement semencier (1)**

Source	Lot
EPO-V1-VIN-1-0	2003-078-1-1
EPO-R1-SBL-2	2003-053-1-1
EPO-PO-073-3	2003-170-1-1

## 2.6. Évaluation de la germination

Le pouvoir germinatif des graines est évalué à l'aide d'un test de germination effectué en milieu artificiel (germoir) selon les normes internationales en vigueur (ISTA 2009).

Lors de chaque test, 4 répétitions de 100 graines de chaque lot de graines se sont mises à germer. La germination se déroule dans un germoir G30 Conviron (Winnipeg, Canada) ayant les réglages suivants : alternance de température (jour/ nuit : 28/ 20 °C), 16 h de lumière, humidité relative 85 %). Certaines conditions du test varient selon les essences, elles sont regroupées dans le tableau 6.

**Tableau 6. Conditions de réalisation des tests de germination pour les différentes essences suivies dans le projet de fréquence des tests**

Essence	Stratification	Durée du test
EPN	Non	21 jours
EPB	Oui	21 jours
PIG	Non	14 jours
PIB	Oui	28 jours
EPO	Non	21 jours

Le pourcentage de germination (PG) correspond au nombre total de graines ayant germé pendant la durée du test de germination, ramené au nombre de graines mises en germination. Le PG est validé avec la table des écarts acceptables entre les répétitions de l'ISTA (2009). La valeur germinative (VG, index combinant la vitesse et l'importance de la germination) de chaque lot de graines est calculée selon la procédure de CZABATOR (1962) avec les formules suivantes :

$$VG = IG_{\max} \times \text{Moyenne journalière}$$

$$IG = \frac{\text{Nombre total de graines germées}}{\text{Nombre de jours de germination accumulés}}$$

**IG max** est la valeur maximale atteinte par l'indice de germination au cours des 21 jours de germination.

**Moyenne journalière** est la valeur de l'indice de germination calculée au bout des 21 jours de germination.

Plus la VG est élevée, plus le lot germe rapidement.

Les répétitions sont réparties dans quatre plats de germination différents. Pour les essences devant être stratifiées (EPB et PIB), la stratification a la même durée que celle du test (respectivement 21 et 28 jours). Les comptages sont effectués à des jours fixes dans la semaine (ces jours varient selon le responsable du test).

### **3. Résultats**

#### **3.1. Germination**

##### **3.1.1. Épinette noire**

Les données complètes de germination (PG et VG), activité de l'eau et teneur en eau (PHUM) sont présentées à l'annexe 2.

L'épinette noire est la seule essence pour laquelle nous disposons de données de conservation jusqu'à 7 ans. La figure 1 présente le PG en fonction du nombre d'années de conservation pour les 35 lots suivis dans le projet. La figure 2 présente le même graphique dans lequel l'échelle de l'ordonnée a été réduite. Cette modification met plus facilement en évidence l'évolution moyenne des lots et les variations observées lors des différentes prises de mesures. Ces variations sont normales. Elles sont à la fois à la hausse et à la baisse et aucune tendance claire de l'évolution moyenne du PG au cours de la conservation ne peut être observée. Nous avons fait les mêmes graphiques pour la VG, ils sont présentés aux figures 3 et 4. Tout comme pour le PG, les variations de VG de chacun des lots sont nombreuses à la hausse et à la baisse. L'évolution moyenne de la VG ne permet pas de dégager une tendance claire quant à une éventuelle détérioration de la qualité des graines au cours de la conservation.

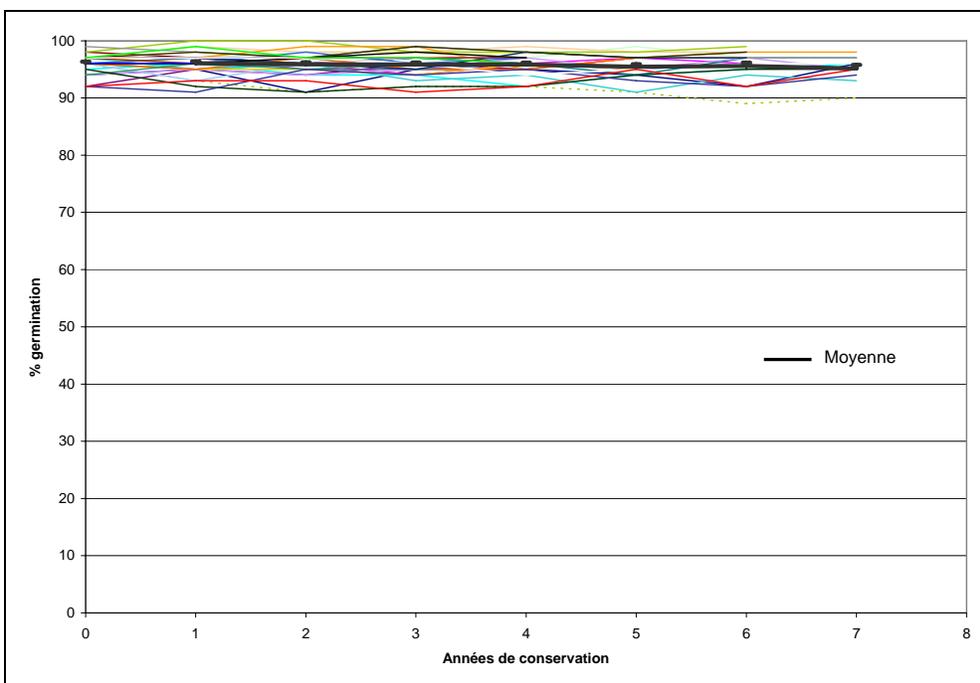


Figure 1. Évolution du pourcentage de germination moyen de 35 lots d'EPN au cours de leur conservation jusqu'à 7 ans. L'échelle des ordonnées est 0-100. Les barres verticales sur la courbe moyenne correspondent à l'erreur-type.

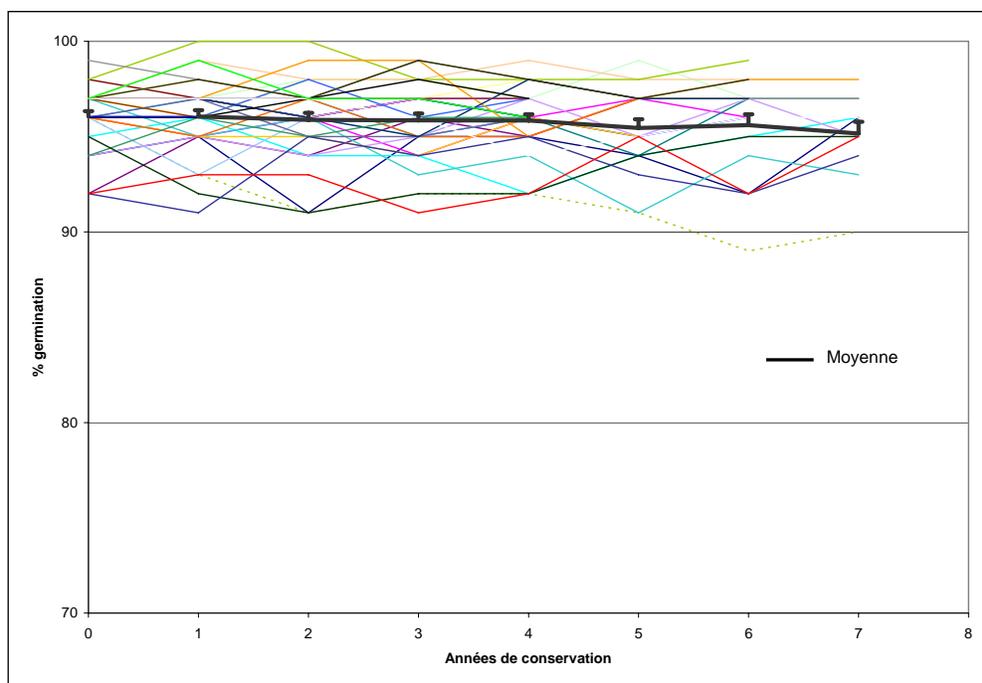


Figure 2. Évolution du pourcentage de germination moyen de 35 lots d'EPN au cours de leur conservation jusqu'à 7 ans. L'échelle des ordonnées est 70-100. Les barres verticales sur la courbe moyenne correspondent à l'erreur-type.

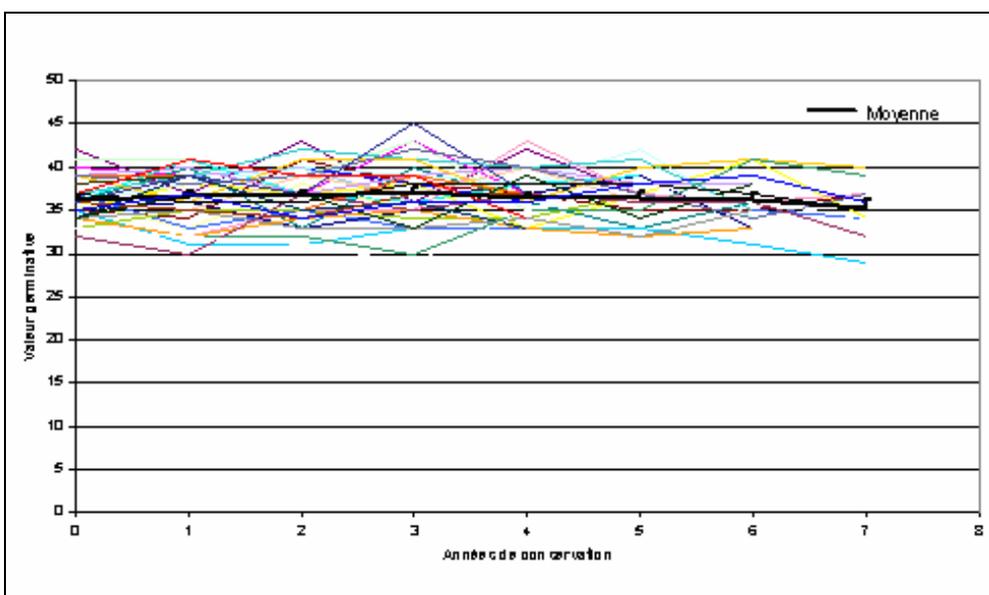


Figure 3. Évolution de la valeur germinative moyenne de 35 lots d'EPN au cours de leur conservation jusqu'à 7 ans. L'échelle des ordonnées est 0-50. Les barres verticales sur la courbe moyenne correspondent à l'erreur-type.

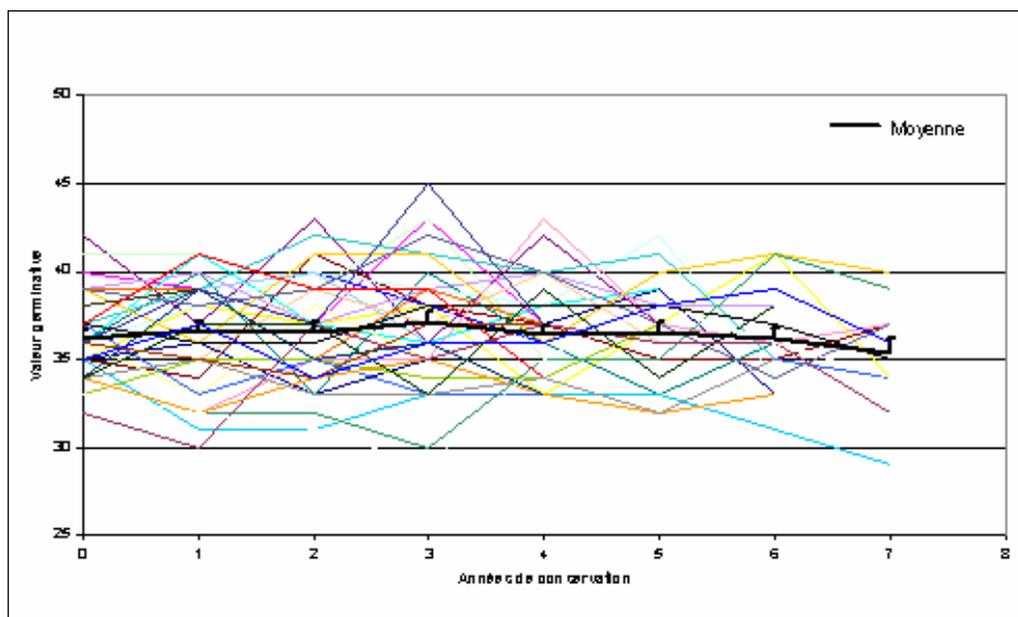


Figure 4. Évolution du pourcentage de la valeur germinative moyenne de 35 lots d'EPN au cours de leur conservation jusqu'à 7 ans. L'échelle des ordonnées est 25-50. Les barres verticales sur la courbe moyenne correspondent à l'erreur-type.

Nous avons choisi de présenter les prochains graphiques avec une échelle réduite qui met bien en évidence les variations observées.

### 3.1.2. Épinette blanche

Les données complètes de germination (PG et VG), activité de l'eau et teneur en eau (PHUM) sont présentées à l'annexe 3.

Comme pour l'EPN, il est difficile de déterminer une tendance quant à l'évolution des PG et des VG (Figures 5 et 6).

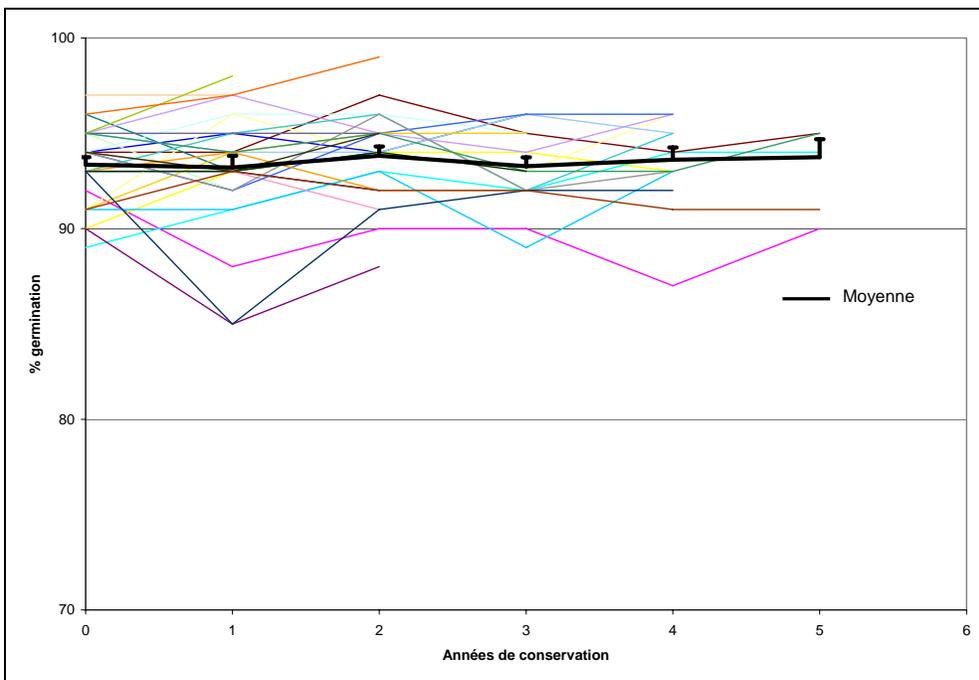


Figure 5. Évolution du pourcentage de germination moyen de 29 lots d'épinette blanche stratifiés au cours de leur conservation jusqu'à 5 ans. Les barres verticales sur la courbe moyenne correspondent à l'erreur-type.

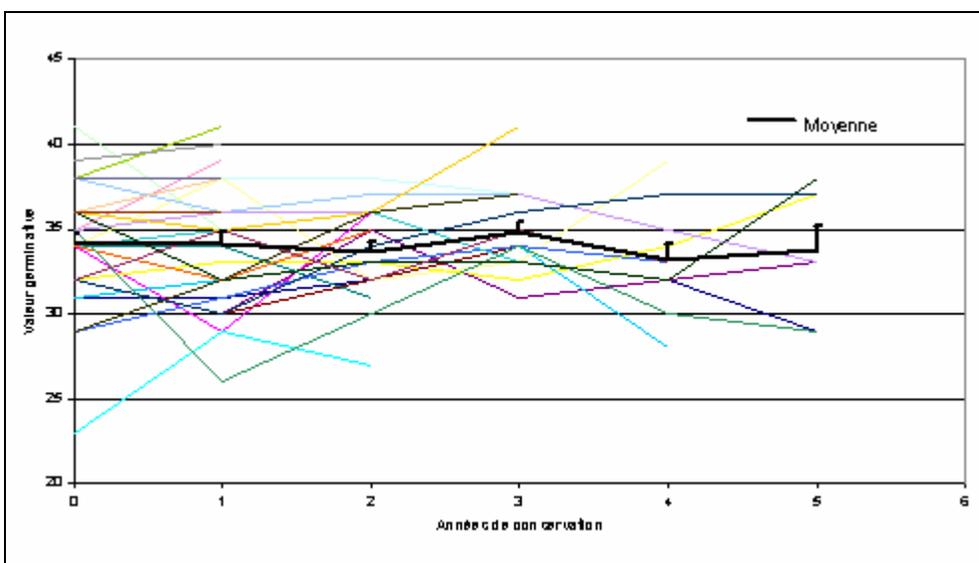


Figure 6. Évolution du pourcentage de la valeur germinative moyenne de 29 lots d'épinette blanche stratifiés au cours de leur conservation jusqu'à 5 ans. Les barres verticales sur la courbe moyenne correspondent à l'erreur-type.

### 3.1.3. Pin gris

Les données complètes de germination (PG et VG), activité de l'eau et teneur en eau (PHUM) sont présentées à l'annexe 4.

Tout comme pour les épinettes blanche et noire, il est difficile de déterminer une tendance dans l'évolution de la germination et la valeur germinative des lots de pin gris (Figures 7 et 8). Les variations observées entre les tests sont normales et la moyenne montre une bonne stabilité de la germination. La valeur germinative présente des variations plus importantes mais, encore une fois, impossible de dégager une tendance.

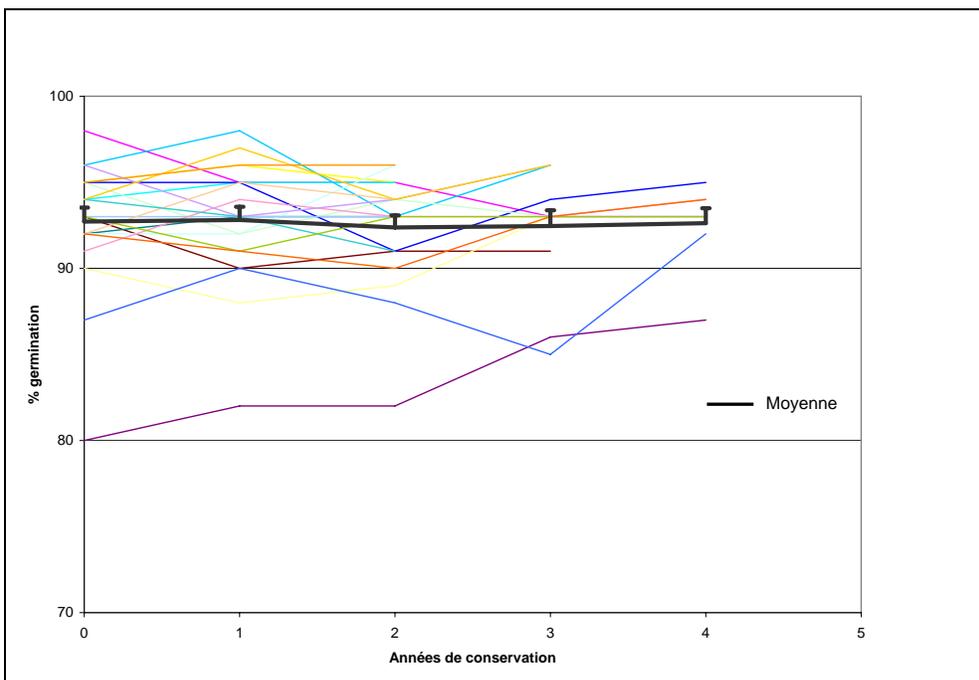


Figure 7. Évolution du pourcentage de germination moyen de 21 lots de pin gris au cours de leur conservation jusqu'à 4 ans. Les barres verticales sur la courbe moyenne correspondent à l'erreur-type.

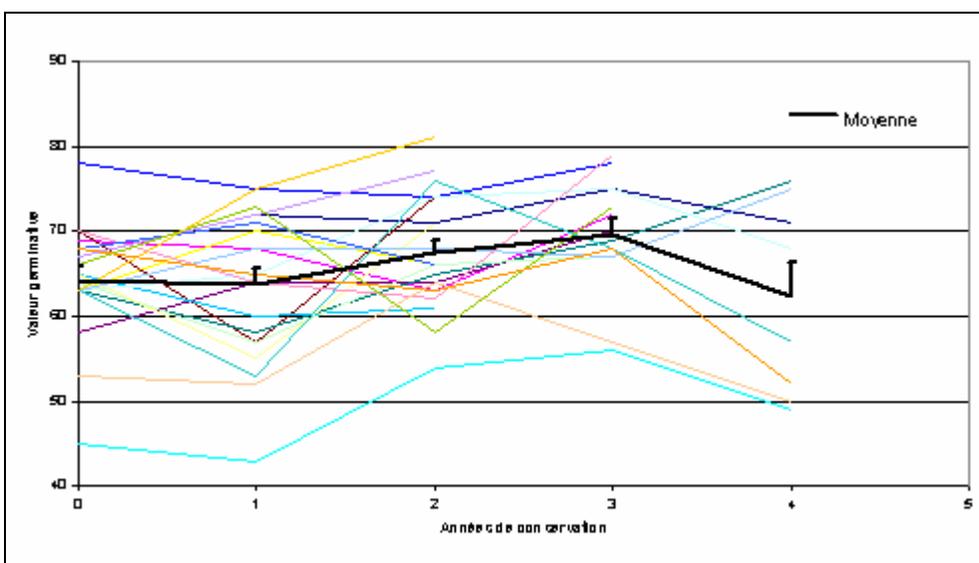


Figure 8. Évolution du pourcentage de la valeur germinative moyenne de 21 lots de pin gris au cours de leur conservation jusqu'à 4 ans. Les barres verticales sur la courbe moyenne correspondent à l'erreur-type.

### 3.1.4. Pin blanc

Les données complètes de germination (PG et VG), activité de l'eau et teneur en eau (PHUM) sont présentées à l'annexe 5.

Par rapport aux essences précédentes, nous avons un très petit nombre de lots pour le pin blanc (5 seulement). La germination moyenne, bien que variable puisque les lots ont des germinations initiales très différentes, ne présente pas de tendance claire (Figure 9). Une tendance vers une réduction de la VG semble se dessiner (Figure 10) mais le faible nombre de lots rend celle-ci difficilement généralisable.

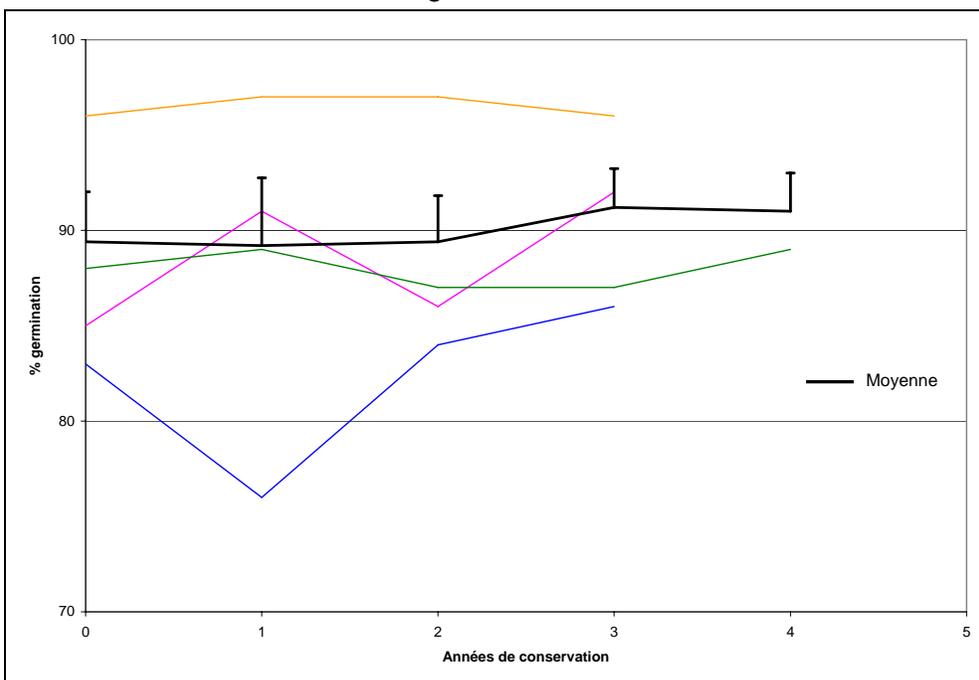


Figure 9. Évolution du pourcentage de germination moyen de 5 lots de pin blanc stratifiés au cours de leur conservation jusqu'à 4 ans. Les barres verticales sur la courbe moyenne correspondent à l'erreur-type.

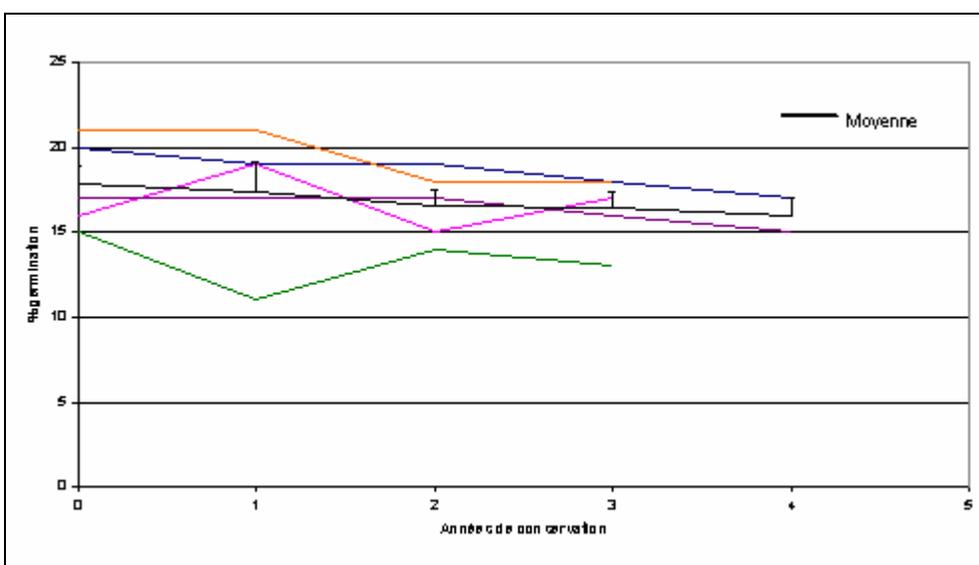


Figure 10. Évolution du pourcentage de la valeur germinative moyenne de 5 lots de pin blanc stratifiés au cours de leur conservation jusqu'à 4 ans. Les barres verticales sur la courbe moyenne correspondent à l'erreur-type.

Les mesures de TE sur les lots suivis dans le projet de fréquence n'ont pas été faites.

### 3.1.5. Épinette de Norvège

Les données complètes de germination (PG et VG), activité de l'eau et teneur en eau (PHUM) sont présentées à l'annexe 6.

Le faible nombre de lots suivis explique l'importance des erreurs-types puisque les lots ont des germination et VG assez différentes (Figures 11 et 12).

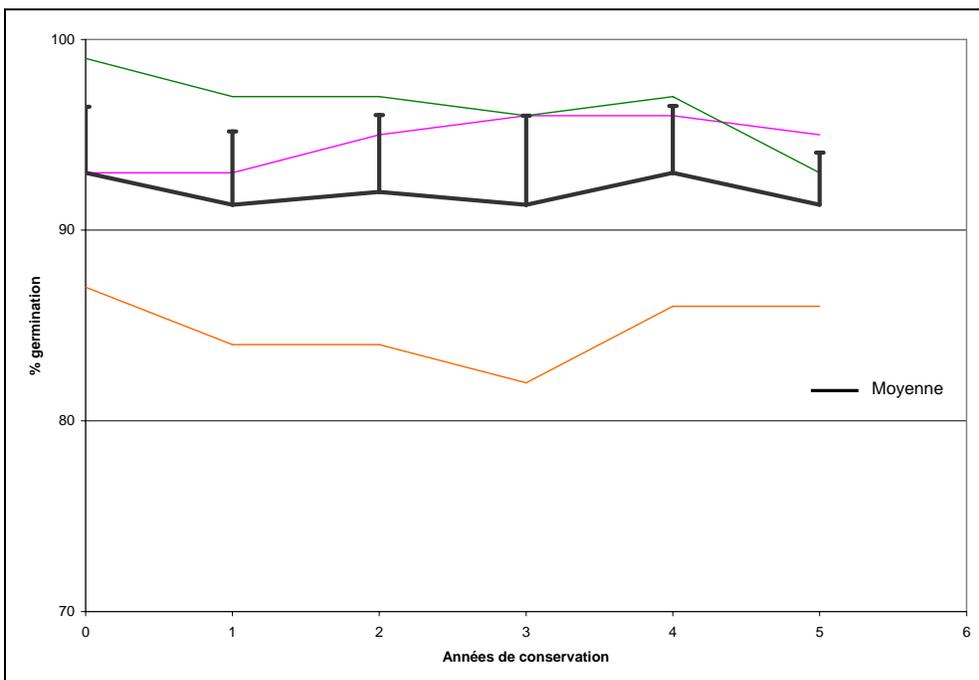


Figure 11. Évolution du pourcentage de germination moyen de 3 lots d'épinette de Norvège au cours de leur conservation durant 5 ans. Les barres verticales sur la courbe moyenne correspondent à l'erreur-type.

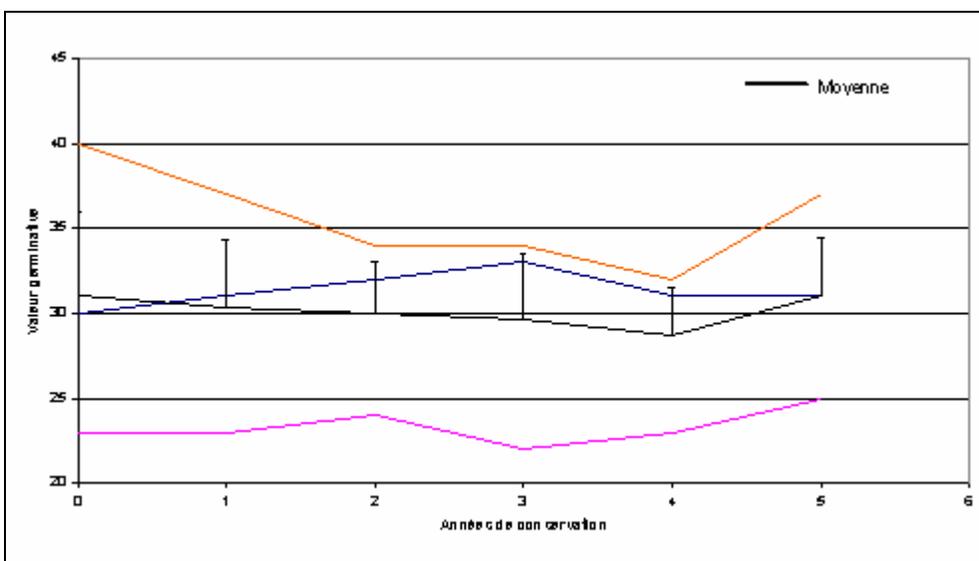


Figure 12. Évolution de la valeur germinative moyenne de 3 lots d'épinette de Norvège au cours de leur conservation durant 5 ans. Les barres verticales sur la courbe moyenne correspondent à l'erreur-type.

### 3.2. *Activité de l'eau et teneur en eau*

À la suite des travaux de collaboration entre le Cemagref et le MRNF, le CSFB a implanté la mesure de l'activité de l'eau (AE) dans ses tests de qualité de routine depuis 2007. La caractérisation hydrique des trois principales essences utilisées dans le programme de reboisement du Québec a été réalisée à la DRF. Pour cela, nous avons bâti des isothermes de sorption en utilisant un nombre important de lots : 20 pour l'EPN, 20 pour le PIG et 14 pour l'EPB (BALDET *et al.* 2007, COLAS *et al.* 2008). L'analyse des isothermes permet de déterminer l'AE optimale de conservation ainsi que la TE qui lui correspond. Les données obtenues (non encore publiées) sont regroupées dans le tableau 7.

**Tableau 7. Valeur d'activité de l'eau optimale de conservation et teneur en eau correspondante pour l'épinette noire, l'épinette blanche et le pin gris**

Essence	AE optimale de conservation	TE correspondante
EPN	0,352	6,63 %
EPB	0,343	6,33 %
PIG	0,361	7,61 %

Des mesures d'AE ont été prises en 2008, lors des tests effectués dans le cadre du projet fréquence. Les valeurs obtenues étaient très élevées notamment celles de l'EPN où elles dépassaient 0,7 soit plus de deux fois la valeur d'AE optimale de conservation. Nous avons alors décidé de prendre des mesures de TE afin de vérifier si celles-ci avaient été modifiées. Les données d'AE et TE pour l'EPN, l'EPB et le PIG sont regroupées dans les annexes 2 à 4.

Les TE obtenues ont été comparées avec celles des lots d'origine (donnée prise dans SGS). Pour l'EPN nous avons pu faire 28 comparaisons, 23 pour l'EPB et 6 pour le PIG. Les valeurs de TE des lots du projet fréquence des tests ont subi de fortes augmentations par rapport aux lots d'origine, qui sont toutefois variables selon les essences. En effet, le taux d'augmentation de TE varie de 1,7 à 2,5 pour l'EPN, de 1 à 1,8 pour l'EPB et de 1,4 à 1,7 pour le PIG. Les figures 13 à 15 illustrent ces variations.

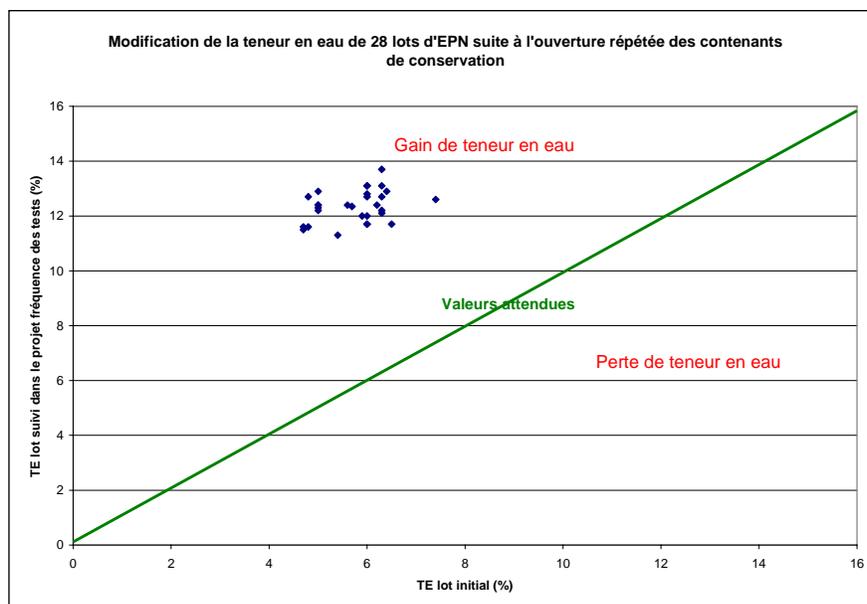


Figure 13. Teneur en eau mesurée en 2008 en fonction de la teneur en eau mesurée lors de l'extraction du lot (TE initiale) de 28 lots d'épinette noire. La ligne verte est celle où se retrouveraient les valeurs si aucune modification de teneur en eau n'était observée.

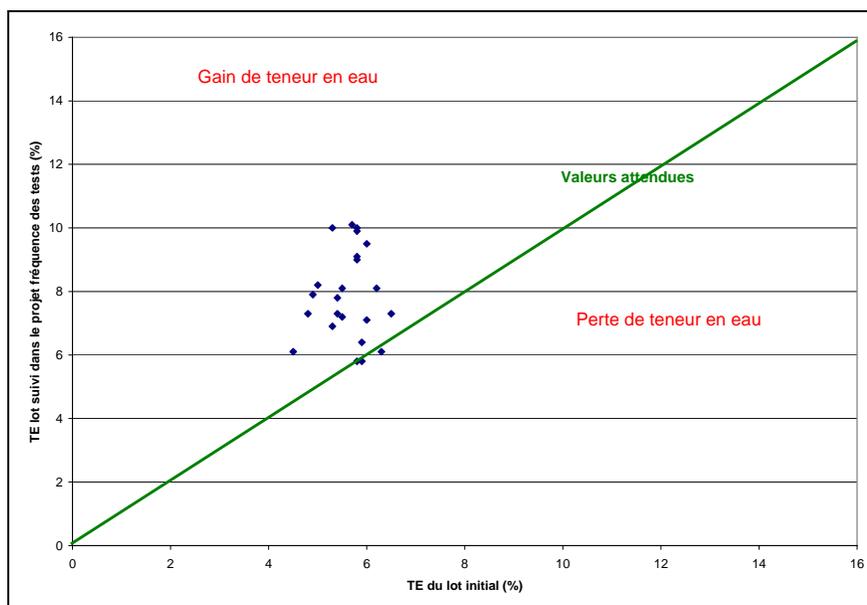


Figure 14. Teneur en eau mesurée en 2008 (après 4 ou 5 ans de conservation) en fonction de la teneur en eau mesurée lors de l'extraction du lot (TE initiale) de 23 lots d'épinette blanche. La ligne verte est celle où se retrouveraient les valeurs si aucune modification de teneur en eau n'était observée.

Les augmentations de TE sont moins importantes que pour l'EPN. Les points les plus proches de la ligne verte correspondent à des lots conservés depuis 2006.

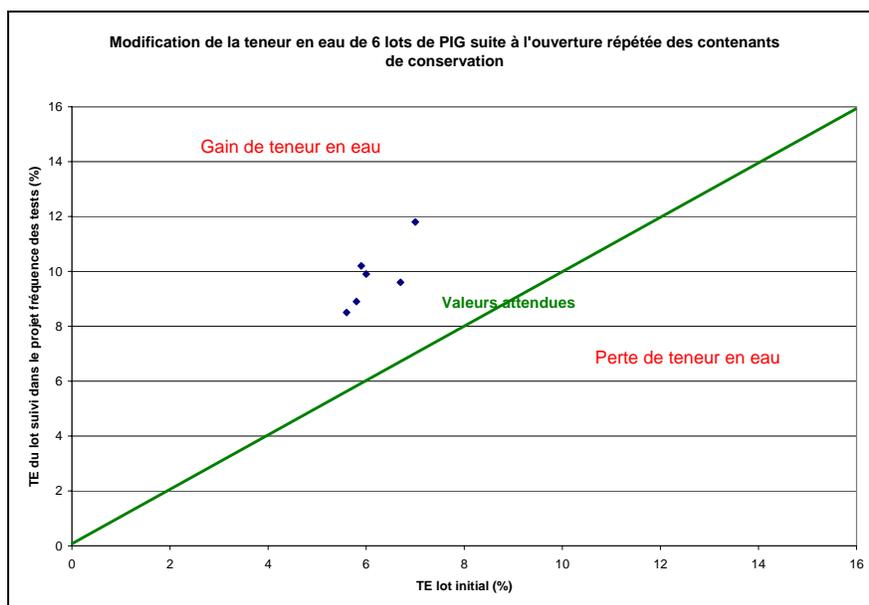


Figure 15. Teneur en eau mesurée en 2008 (après 4 ou 5 ans de conservation) en fonction de la teneur en eau mesurée lors de l'extraction du lot (TE initiale) de 6 lots de pin gris. La ligne verte est celle où se retrouveraient les valeurs si aucune modification de teneur en eau n'était observée.

Quelle que soit l'essence, plus la durée de conservation augmente, plus l'augmentation de TE est importante.

Pour l'épinette blanche, nous avons pu faire des mesures supplémentaires. En effet, pour les lots d'origine du projet fréquence dont il reste encore des semences dans la banque, nous avons pu mesurer l'activité de l'eau et leur teneur en eau en 2008. Ces mesures ont été regroupées avec celles faites sur les mêmes lots suivis par le projet fréquence des tests. Les données sont présentées en figure 16.

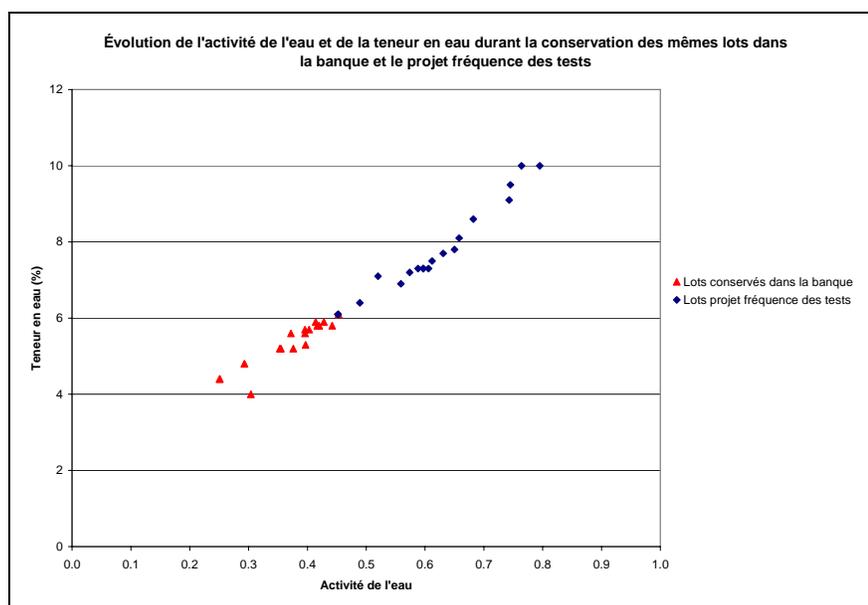


Figure 16. Mesure de la teneur en eau en fonction de l'activité de l'eau pour 17 lots d'épinette blanche dont une partie a été conservée dans la banque de semences du CSFB et l'autre partie a été réservée pour le projet de fréquence des tests.

Les points rouges correspondent aux lots d'origine, et les bleus les lots suivis dans le projet fréquence, la mesure ayant été prise en 2008.

#### 4. Discussion

Les données de germination (PG et VG) ne permettent pas, dans l'état actuel, de déterminer une durée de conservation optimale pour les différentes essences étudiées dans le test. Si nous n'avions disposé que de ces données, nous aurions continué le projet durant les 10 années comme prévu. Or, l'introduction de la mesure de l'AE dans les tests de routine a permis de révéler une augmentation significative de la TE pour les lots analysés dans le projet fréquence. Nous pensons que cette augmentation de TE est due à l'ouverture répétée des contenants pour faire les prélèvements de semences à chaque année. Une telle hypothèse a d'ailleurs été formulée par SIMPSON *et al.* (2004). Les auteurs de ce même article affirment que la TE et la température de conservation ont un effet significatif sur la conservation de graines. Dans leurs essais, ils ont comparé deux températures de conservation (-20 °C et +4 °C). Une TE plus élevée à +4 °C entraîne une réduction de germination, alors que la même élévation de TE à -20 °C n'a pas d'effet. La température de conservation des graines au CSFB étant de -3 °C, l'élévation de TE aura une incidence sur la qualité de la conservation.

Selon les résultats du présent essai, pour l'EPB et le PIB, on ne peut mettre en évidence de détérioration de la qualité des lots au cours de la conservation. Au CSFB la fréquence entre deux tests est actuellement de 1 an pour ces essences, ce qui génère un grand nombre de tests, principalement pour l'EPB. Nos connaissances actuelles montrent qu'il est possible d'augmenter la fréquence des tests pour ces deux essences.

Les graines des lots suivis dans le projet fréquence ont été conservées dans des contenants séparés des lots d'origine. Le contenant est le même que pour les gros lots, ainsi, la part du volume de graines pour le volume total du contenant est assez faible. Or, lors des prélèvements, l'ouverture et la fermeture du lot entraînent le renouvellement de cet air. Des mesures récentes montrent que l'humidité relative de l'air dans les chambres froides est

supérieure à 70 %. Lors d'un prélèvement, l'importante condensation qui se retrouve sur les contenants entraîne l'introduction d'air très humide dans le contenant qui entre en contact avec les graines, entraînant, à la longue, l'augmentation de la TE des graines. De plus, il faut également tenir compte de la perméabilité des contenants qui est inhérente au polymère utilisé (HDPE, information reçue du Centre de technologie minérale et de plasturgie Inc., Thetford Mines) et des fuites d'air via le bouchon du contenant. En effet, il appert que le bouchon est la partie la moins hermétique d'un contenant (GÓMEZ-CAMPO 2007). Tout ceci concourt donc à une augmentation de la TE des lots. Un nouveau projet de recherche a été déposé à la DRF dont un des volets est l'optimisation du contenant de conservation des graines (type de polymère, conception d'un bouchon qui serait hermétique et permettrait l'introduction d'une sonde de mesure d'AE sans modifier l'ambiance de conservation dans le contenant). Il est prévu que toute avancée dans ce projet serait rapidement recommandée pour l'amélioration des contenants de conservation au CSFB.

Avec les augmentations de TE observées pour les trois principales essences, il est clair que nous avons modifié les conditions de conservation des lots utilisés pour l'étude. Ainsi, sans le savoir au départ, nous avons introduit un biais dans notre étude lequel va rendre les résultats difficilement interprétables après 10 ans. En effet, il ne sera pas possible de déterminer si la modification, ou non, de germination est due à l'épuisement des réserves de la semence durant la conservation ou à l'effet de l'augmentation de la TE dans le contenant. Nous avons jugé inutile d'effectuer des analyses statistiques approfondies sur l'évolution du PG et de la VG. En effet, nous considérons suffisant de constater que nous n'observons pas de réduction de germination de plus de 5 % (seuil qui avait été établi lors de l'établissement du projet), même avec une augmentation importante de TE.

Lors de discussions récentes à propos de la durée de vie anticipée d'un lot de graines dans la banque du CSFB, il est apparu que grâce à l'implantation du système SGS, les récoltes sont plus ciblées et leur volume est adapté à la demande. Également, lors de l'allocation des semences, la priorité est donnée aux lots ayant le meilleur gain génétique sans égard à l'âge, ce qui favorise les lots les plus jeunes. Ainsi, la durée de conservation des lots sera réduite d'où un faible risque de détérioration lors de cette conservation. De plus, les améliorations constantes de la chaîne d'extraction mises en place au CSFB, ont permis une augmentation importante de la qualité des lots entreposés. En optimisant ainsi la qualité dès leur introduction dans la banque, les risques de détérioration sont réduits d'autant.

## 5. Recommandations

À la lumière de ces résultats, nous recommandons de mettre fin au projet fréquence des tests sous sa forme actuelle et donc d'arrêter les tests de germination.

Actuellement, la fréquence entre deux tests de germination pour l'EPB et le PIB est de un an. Nous recommandons d'augmenter cette fréquence à deux ans pour les quatre prochaines années. En fonction des données obtenues après quatre ans, cette fréquence sera réévaluée.

Depuis 2008, tous les lots entrés dans la banque du CSFB ont une valeur initiale d'AE. Ainsi, pour les quatre prochaines années, les lots dont la germination doit être réévaluée à la lumière de la grille de fréquence en vigueur, une mesure d'AE sera prise. Si celle-ci est supérieure 0,5, alors le test de germination devrait être repris. Si elle est inférieure à 0,5, le résultat du test de germination dans le système sera reconduit. De plus, pour les lots dont l'AE mesurée sera supérieure à 0,5, le rééquilibrage de la totalité du lot à l'AE optimale de conservation devra être fait via le sécheur à pollen/graines du CSFB.

Une attention particulière devra maintenant être apportée lors des prélèvements dans les contenants, il faudra s'assurer de ne pas introduire d'humidité relative. Pour cela, il faudrait que le CSFB se dote d'un local dont l'humidité relative soit réglée autour de 30 à 40 %. Le prélèvement ne pourra débuter si de la condensation est encore visible sur les parois du

contenant. Ainsi, même si de l'air est introduit dans les contenants, comme il aura une humidité relative compatible avec une bonne conservation des graines, cela n'aura pas d'incidence sur la qualité des lots à moyen terme.

Afin d'éviter d'avoir un volume d'air dans les contenants très supérieur au volume de graines, il sera important d'adapter le volume du contenant à celui des graines au fur et à mesure de la vie du lot dans la banque.

Après quatre ans, nous ferons une évaluation de cette recommandation avant de la rendre définitive.

## 6. Remerciements

Nous tenons à remercier le personnel du Centre de semences forestières de Berthier qui a réalisé les tests de germination (Christiane Corriveau, Lynda Généreux et Jean-Pierre Faust), et Madame Sylvie Lépine de la Direction générale des pépinières et stations piscicoles pour la sélection des lots de l'étude.

## 7. Références bibliographiques

- BALDET, P., F. COLAS et M. BETTEZ, 2007. *Mesure de l'activité de l'eau : intégration d'une nouvelle technologie pour le contrôle de la qualité des semences et des pollens*. Colloque Des plants aux plantations; techniques, technologies et performances. Carrefour de la recherche forestière, Centre des Congrès de Québec, 19 septembre 2007.
- COLAS, F., P. BALDET et M. BETTEZ, 2008. *Water activity: a new tool for moisture management of seedlots in tree seed centres*. In IUFRO – CTIA 2008 Joint Conference - Adaptation, Breeding and Conservation in the Era of Forest Tree Genomics and Environmental Change. CTIA Tree Seed Working Group Workshop, Québec (Canada), August 25-28. p. 51.
- CZABATOR, F.J., 1962. *Germination value : an index combining speed and completeness of pine seed germination*. Forest Science 8(4) : 386-396.
- GÓMEZ-CAMPO, C., 2007. *A guide to efficient long term seed preservation*. Monographs ETSIA, Univ. Politécnica de Madrid 170 : 1-17.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA), 2009. *Règles internationales pour les Essais de Semences 2009*. Bassersdorf (Suisse).
- SIMPSON, J.D., B.S.P. WANG et B.I. DAIGLE, 2004. *Long term seed storage of various Canadian hardwoods and conifers*. Seed Sci. & Technol. 32 : 561-572.

**Annexe 1. Table de fréquence des tests de germination des essences résineuses actuellement en vigueur au CSFB**

ESSENCE	PRIORITÉ D'UTILISATION <sup>1</sup>	CATÉGORIE DE PG	AGE DU LOT DEPUIS SA RÉCOLTE	DELAI MAXIMAL AVANT LE PROCHAIN TEST
EPN	1	90 à 100	0-20	5 ans
			21 et +	10 ans ou préallocation
	2	80 à 89	Tous les âges	À la préallocation
	3	0 à 79	Pour épuration	
EPB, PIB	1	85 à 100	Tous les âges	1 an
	2	50 à 84	Tous les âges	À la préallocation
	3	0 à 49	Pour épuration	
EPR, EPO	1	85 à 100	0-10	5 ans
			11 et +	10 ans ou préallocation
	2	70 à 84	Tous les âges	À la préallocation
	3	0 à 69	Pour épuration	
MEL,MEH,MEJ, MEU	1	60 à 100	Tous les âges	1 an
	2	35 à 59	Tous les âges	À la préallocation
	3	0 à 34	Pour épuration	
PIG	1	85 à 100	0-10 ans	5 ans
			11 ans et plus	10 ans ou préallocation
	2	60 à 84	Tous les âges	À la préallocation
	3	0 à 59	Pour épuration	
PIR, PIS	1	85 à 100	Tous les âges	3 ans
	2	70 à 84	Tous les âges	À la préallocation
	3	0 à 69	Pour épuration	
PIN, THO	1	60 à 100	Tous les âges	2 ans
	2	50 à 59	Tous les âges	À la préallocation
	3	0 à 49	Pour épuration	
SAB	1	50 à 100	Tous les âges	1 an
	2	40 à 49	Tous les âges	À la préallocation
	3	0 à 39	Pour épuration	
<b>Autres essences</b>	1	0 à 100	Tous les âges	À la préallocation

<sup>1</sup> La priorité 1 contient les lots susceptibles d'être alloués.

La priorité 2 contient les lots qui ont peu de chance d'être alloués.

La priorité 3 contient les lots à éliminer.

-Les semences de calibre 4 sont testées à l'allocation seulement. Après extraction, un lot de semences de calibre 4 qui est conservé se voit appliquer le PG du lot de calibre 123 apparenté (PG calcul.), tandis que des tests de KS/KG et de PP sont effectués sur le lot.

-La quantité minimale de semences dans un lot pour appliquer la grille est de 25 ksv.

-Les tests refaits pour les essences livrées stratifiées sont les PGS seulement.

DPSF, octobre 2006

**Annexe 2. Données complètes de germination (pourcentage de germination et valeur germinative), activité de l'eau et teneur en eau (PHUM) obtenues pour les 35 lots d'épinette noire lors de leur conservation jusqu'à 7 ans**

Source	Lot	0		1		2		3		4		5		6		7		AE	PHUM initial	PHUM 08	Tx augm. TE*
		PG	VG	PG	VG	PG	VG	PG	VG	PG	VG	PG	VG	PG	VG	PG	VG				
EPN-V1-EST-2-1	2000-070-1-1	94	35	95	37	91	34	95	36	95	36	94	38	92	39	96	36	0,818	6,0	12,8	2,1
	2001-097-1-1	96	35	95	36	96	33	94	35	96	37	97	39	96	33			0,784	5,9	12,0	2,0
	2003-173-1-1	97	40	96	39	98	37	98	43	97	37							0,715	6,0	11,7	2,0
EPN-V1-RCH-2-1	2000-039-1-1	95	35	96	38	94	37	94	38	92	33	94	37	95	41	96	34	0,803	5,0		
	2002-051-1-1	92	36	95	41	94	37	96	36	95	38	97	39					0,735	5,0	12,3	2,5
	2003-055-1-1	98	42	97	37	96	43	97	36	97	42							0,769	6,5	11,7	1,8
EPN-V1-GAR-2-1	2000-051-1-1	97	35	97	34	96	41	97	38	96	37	94	35	97	35	97	37	0,759	5,0	12,4	2,5
	2001-019-1-1	97	36	97	40	96	33	97	40	96	36	95	33	96	36			0,766	5,2		
	2003-061-1-1	96	39	97	39	97	40	95	38	96	36							0,758	6,3	13,1	2,1
EPN-V1-LEV-2-1	2000-057-1-1	96	35	93	31	91	31	92	33	92	33	91	33	89	31	90	29	0,793	5,0	12,4	2,5
	2001-023-1-1	97	36	97	38	98	40	98	39	97	38	99	42	97	34			0,798	4,7		
	2003-064-1-1	97	41	98	41	97	39	97	43	98	35							0,752	6,3	12,2	1,9
EPN-N0-137-1-1	2003-065-1-1	96	36	93	33	96	38	95	35	96	33							0,8	6,3	13,7	2,2
	2004-137-1-1	97	37	97	39	96	40	97	36									0,777	4,8	12,7	2,6
EPN-V1-DOL-2-1	2000-067-1-1	94	33	95	32	94	35	95	35	97	43	95	37	97	36	95	37	0,787	6,0	12,7	2,1
	2001-026-1-1	97	39	99	40	98	37	98	39	99	40	98	38	98	38			0,765	4,8	11,6	2,4
	2003-067-1-1	96	35	96	39	98	37	96	40	97	36							0,798	6,2	12,4	2,0
EPN-V1-RAD-2-2	2000-068-1-1	97	37	95	33	96	35	93	33	94	33	91	32	94	35	93	34	0,726			
	2001-085-1-1	98	37	100	39	100	42	98	41	98	40	98	41	99	35			0,739	5,4	11,3	2,1
	2002-110-1-1	96	33	95	35	95	35	94	34	96	34	95	37					0,758	4,7	11,5	2,4
EPN-V1-GAO-2-2	2000-218-1-1	97	39	97	36	99	41	99	41	95	36	97	40	98	41	98	40	0,746	5,0	12,2	2,4
	2001-095-1-1	96	34	95	32	97	34	95	35	95	33	97	32	97	33			0,707	6,0		0,0
	2003-150-2-1	96	39	97	39	95	35	95	39	96	37							0,771	7,4	12,6	1,7
EPN-V1-GAB-2-2	2000-217-1-1	99	39	98	38	97	39	99	42	98	40	97	37	97	34	97	37	0,76	6,0	11,7	2,0
	2001-094-1-1	97	34	97	35	96	33	95	33	98	34	97	32	97	35			0,79	5,6	12,4	2,2
	2003-149-2-1	94	34	96	39	95	35	96	36	96	33							0,816	6,3	12,7	2,0
EPN-V1-LAU-2-1	2000-233-1-1	95	33	92	32	91	32	92	30	92	35	94	35	95	41	95	39	0,819	6,0		0,0
	2001-096-1-1	97	34	98	37	97	37	99	33	98	39	97	34	98	38			0,772	4,7	11,6	2,5
	2002-038-3-1	97	38	96	39	épuisé															
	2003-157-1-1	97	36	97	35	97	34	97	37	97	37							0,8	6,0	13,1	2,2

\* taux augmentation de la teneur en eau = PHUM 08 / PHUM initial

Source	Lot	0		1		2		3		4		5		6		7		AE	PHUM initial	PHUM 08	Tx augm. TE*
		PG	VG																		
EPN-N0-127-1-0	2000-238-1-1	92	32	91	30	95	37	94	35	95	37	93	36	92	36	94	32	0,732	6,0	13,1	2,2
	2003-160-1-1	96	36	96	39	97	37	98	45	97	37							0,78	6,4	12,9	2,0
EPN-V1-LAS-2-1	2000-016-1-1	97	37	97	36	97	36	96	38	94	38	95	38	96	37	96	35	0,812	5,0	12,9	2,6
EPN-V1-CHA-1-1	2000-013-1-1	92	33	93	32	93	31	91	29	92	35	95	38	92	36	95	34	0,797	6,0	12,0	2,0
	2003-168-1-1	97	37	99	41	97	39	97	39	96	34							0,801	6,3	12,1	1,9

\* taux augmentation de la teneur en eau = PHUM 08 / PHUM initial

**Annexe 3. Données complètes de germination (pourcentage de germination et valeur germinative), activité de l'eau et teneur en eau (PHUM) obtenues pour les 29 lots d'épinette blanche lors de leur conservation jusqu'à 5 ans**

Source	Lot	0		1		2		3		4		5		AE	PHUM initial	PHUM 08	Tx augm. TE *
		PG	VG														
EPB-V1-EST-1-0	2003-041-1-2	92	31	88	31	90	32	90	33	87	32	90	29	0,59	5,9	5,8	1,0
	2004-021-1-1	90	34	93	29	94	36	94	37	93				0,675	5,8	5,8	1,0
EPB-V1-WEV-2-0	2003-026-1-2	89	32	91	33	93	33	92	32	94	34	94	37	0,476	6,3	6,1	1,0
	2006-019-1-1	90	23	85	29	88	27							0,443	6,5	7,3	1,1
EPB-V1-FAL-1-0	2003-015-1-2	94	32	94	30	97	35	95	31	94	32	95	33	0,711	5,5		
	2004-010-1-1	96	32	93	30	94	32	96	34					0,721	5,8	9,9	1,7
	2005-008-1-1	93	34	93	34	92	31							0,74	5,5	7,2	1,3
	2006-016-1-1	94	36	95	38	94								0,56	5,4	7,8	1,4
EPB-V1-ROB-1	2003-038-1-2	91	31	91	32	93	33	89	34	93	28				5,7		
	2004-017-1-1	94	38	96	38	96	38	95	37					0,658	5,5	8,1	1,5
	2006-025-1-1	95	41	92	35									0,489	5,6		
EPB-V1-AVE-1	2003-029-1-2	91	34	96	38	94	32	93	33	96	39			0,696	6,2		
	2004-012-1-1	95	38	94	36	94	37	96	37	95				0,745	6,0	9,5	1,6
	2006-124-1-1	94	35	93	39	91								0,452	4,5	6,1	1,4
EPB-L1-CT0-1	2003-020-1-2	95	35	97	36	95	36	94	37	96	35			0,743	5,8	9,1	1,6
	2006-123-1-1	97	36	97	38									0,597	4,8	7,3	1,5
EPB-V1-BAB-1	2003-034-1-2	94	29	92	31	95	33	96	34	96	33			0,651	6,2	8,1	1,3
	2004-014-1-1	93	34	95	35	96	36	92	33	95				0,704	5,8	9,0	1,6
	2006-023-1-1	95	38	98	41									0,606	5,4	7,3	1,4
EPB-V1-ROM-1	2004-018-1-1	91	36	94	35	95	36	95	41					0,701	5,6		
EPB-PO-136-2	2005-009-1-3	93	34	94	32	92	35	92						0,67	5,0	8,2	1,6
	2006-017-1-2	96	38	97	38	99								0,489	5,9	6,4	1,1
EPB-V2-PBE-1	2006-027-1-1	95	39	95	40	95								0,419	5,3	6,9	1,3
EPB-V1-LAS-1	2003-037-1-2	94	32	92	30	96	34	92	36	93	37			0,736	6,0		
EPB-NO-084-1	2003-027-1-2	93	35	85	26	91	30	92	34	92	30			0,764	5,8	10,0	1,7
EPB-V1-SFD-1	2003-019-1-2	95	36	94	32	95	33	93	33	93	32	95	38	0,707	5,3	10,0	1,9
EPB-V1-SFD-2	2004-023-1-1	93	29	93	32	94	36	93	37					0,51	4,9	7,9	1,6
EPB-V1-FON-1	2006-021-1-1	94	36	93	36	95								0,432	6,0	7,1	1,2
EPB-V1-FON-2	2003-031-1-2	91	32	93	35	92	32	92	35	91	33			0,786	5,7	10,1	1,8

\* taux augmentation de la teneur en eau = PHUM 08 / PHUM initial

**Annexe 4. Données complètes de germination (pourcentage de germination et valeur germinative), activité de l'eau et teneur en eau (PHUM) obtenues pour les 21 lots de pin gris lors de leur conservation jusqu'à 4 ans**

Source	Lot	0		1		2		3		4		AE	PHUM initial	PHUM 08	Tx augm. TE *
		PG	VG												
PIG-V1-PAR-2-1	2003-063-1-1	98	67	95	72	95	71	93	75	93	71	0,665	6,7		
	2004-035-1-1	95	69	96	68	95	63					0,523	5,6	8,5	1,5
	2005-17-1-1	94	63	95	70	95	66					0,606	6,3		
PIG-V1-MON-2-2	2003-156-2-1	80	45	82	43	82	54	86	56	87	49	0,727	7,1		
	2004-082-2-1	93	58	90	64	91	64	91	70			0,7	5,9		
	2005-067-1-1	92	70	93	57	93	74					0,576			
PIG-V1-LAV-1-1	2003-003-1-1	95	63	95	58	91	65	94	69	95	76	0,754			
	2004-001-3-1	96	78	98	75	93	74	96	78			0,58	5,8	8,9	1,5
	2005-002-3-1	92	65	92	60	96	61					0,572	5,8		
PIG-V1-CHS-1	2003-004-1-1	95	63	92	65	94	74	93	75	93	68	0,801	7,0	11,8	1,7
	2004-005-1-1	90	64	88	57	89	66	93	67			0,623	6,0	9,9	1,7
	2005-004-1-1	93	65	93	55	93	71					0,424	6,0		
PIG-V1-ROS-2	2003-058-1-1	91	63	94	68	93	68	93	67	94	75	0,681	5,0		
	2004-031-1-1	96	70	93	64	94	62	96	79			0,671	5,9	10,2	1,7
	2005-014-1-1	92	67	95	72	94	77					0,437	5,9		
PIG-V1-BRI-2	2003-138-1-1	87	53	90	52	88	64	85	57	92	50	0,759	6,8		
	2005-054-1-1	94	68	93	71	91	66					0,466	6,1		
PIG-V1-DUV-1	2003-176-2-1	93	63	91	53	93	76	93	68	93	57	0,757	7,2		
	2004-094-1-1	94	66	97	73	94	58	96	73			0,653	6,7	9,6	1,4
	2005-083-2-1	95	63	96	75	96	81					0,557	6,1		
PIG-V1-MUR-2	2003-073-1-1	92	68	91	65	90	63	93	68	94	52	0,705	6,3		

\* taux augmentation de la teneur en eau = PHUM 08 / PHUM initial

**Annexe 5. Données complètes de germination (pourcentage de germination et valeur germinative) obtenues pour les 5 lots de pin blanc lors de leur conservation jusqu'à 4 ans**

Source	Lot	0		1		2		3		4		AE	PHUM initial
		PG	VG	PG	VG	PG	VG	PG	VG	PG	VG		
PIB-V1-CLE-1	2003-098-1-1	95	20	93	19	93	19	95	18	93	17	0,526	6,4
	2004-052-1-1	85	16	91	19	<b>86</b>	15	92	17			0,464	5,9
PIB-V1-HUD-1	2004-071-1-1	96	21	97	21	97	18	96	18			0,429	5,5
PIB-V1-DOR-1	2004-078-1-1	83	15	76	11	84	14	86	13			0,44	5,4
PIB-L1-CTO-1	2003-070-1-1	88	17	89	17	87	17	87	16	89	15	0,427	5,9

**Annexe 6. Données complètes de germination (pourcentage de germination et valeur germinative) obtenues pour les 3 lots d'épinette de Norvège lors de leur conservation jusqu'à 5 ans**

Source	Lot	0		1		2		3		4		5		AE	PHUM initial
		PG	VG												
EPO-V1-VIN-1	2003-078-1-1	93	30	93	31	95	32	96	33	96	31	95	31	0,663	5,9
EPO-R1-SBL-2	2003-053-1-1	87	23	84	23	84	24	82	22	86	23	86	25	0,555	5,9
EPO-P0-073-3	2003-170-1-1	99	40	97	37	97	34	96	34	97	32	93	37	0,6	6,1