

Comportement physiologique des glands de chêne liège (*Quercus suber* L.) durant leur conservation et variabilité inter-individus producteurs

Hachemi Merouani*, Carmen Branco, Maria Helena Almeida et João S. Pereira

Instituto Superior de Agronomia, Departamento de Engenharia Florestal, Tapada da Ajuda, 1399 Lisboa Codex, Portugal

(Reçu le 3 janvier 2000 ; accepté le 29 mars 2000)

Résumé – Des glands mûrs ont été séparément récoltés sur 12 arbres sélectionnés dans un peuplement de chêne liège situé au Sud du Portugal (Herdade da Palma). Après ressuyage, les glands sont conservés dans 3 types de sacs (2 en polyéthylène de 30 µm et 50 µm d'épaisseur et 1 en plastique avec mailles) durant 6 mois à 0 °C. Au moment de la dissémination, les glands de la plupart des arbres du même peuplement sont dans un même état de maturité morphologique et physiologique. Leur teneur en eau oscille entre 44 % et 47 % et leur taux final de germination est supérieur à 92 %. À la récolte, la germination est très lente en raison de l'existence d'une dormance embryonnaire qui semble dépendre de l'arbre producteur. Cette germination s'améliore durant la conservation traduisant une levée progressive de la dormance. Le temps moyen de germination est d'environ 10 jours pour les glands frais et n'est que de 4 jours après 6 mois de conservation. Une relation entre la viabilité des glands et leur teneur en eau a été observée. Le temps moyen de germination des glands ressuyés ou celui des glands conservés 4 mois dans les sacs à mailles est d'environ 13 jours. Cependant, une teneur en eau inférieure à 30 % est préjudiciable à la germination des glands.

conservation / germination / teneur en eau / pertes d'électrolytes / semence / *Quercus suber*

Abstract – Physiological behaviour of cork-oak acorns (*Quercus suber* L.) during storage and variation between trees. The mature acorns were harvested on twelve selected trees from a cork oak population in Southern Portugal (Herdade da Palma). After drying, the seed lots were stored on three types bags (polyethylene with 30 µm and 50 µm thick and plastic mesh), for six months at 0 °C. At the time of natural dissemination, the acorns from the majority of the trees from the same population were under the same state of morphological and physiological maturity. The moisture content was about 44–47% and a germination rate above 92%. At this time, the germination was very slow because of the existent embryonic dormancy that seems to be dependent on the individual trees. During the storage, germination rate is improved. This might be explained by the breaking dormancy during storage. The mean germination time was on an average 10 days for fresh seeds and decreased to about 4 days after 6 months storage. A relationship between viability and seed moisture content was observed. The Mean Germination Time of dried seed and stored seed for 4 months in plastic mesh bag increased to about 13 days. The germination capacity was strongly decreased when the seed moisture content was below 30%.

storage / germination / moisture content / electrolyte leakage / seed / *Quercus suber*

* Correspondance et tirés-à-part
Tel. +351 21 365 33 84 ; Fax. +351 21 364 50 00 ; e-mail: hmerouani@isa.utl.pt

1. INTRODUCTION

L'aire des suberaies portugaises a augmenté de 8.5 % durant ces 10 dernières années due à une forte reforestation (80 000 hectares) financée par des projets de l'UE (EEC Reg. 797/95 et 2080/92). Les suberaies jouent des rôles écologiques et socio-économiques considérables. Cependant, le recours à leur régénération par plantation, est aujourd'hui une nécessité.

L'irrégularité des glandées et les grandes pertes de glands frais, occasionnées avant leur utilisation (dessèchement) mais aussi leur germination difficile et très étalée dans le temps (dormance embryonnaire), imposent la conservation des glands pour permettre une germination plus groupée et un approvisionnement annuel des pépinières en glands. Bastien [2] conclut, pour 2 autres espèces de chênes (rouvre et pédonculé) que la conservation est le seul moyen de répondre à cette problématique.

Pour de nombreuses espèces, il existe une relation directe entre l'état morphologique des semences (taille/poids) et leur capacité germinative [4]. Aissa [1] montre que la dormance initiale des glands de chêne vert est fonction de l'arbre producteur mais aucune relation n'a été trouvée entre la taille (ou le poids) des glands et leur germination.

Des études [2, 3, 13, 25] rapportent que les glands du genre *Quercus* sont difficiles à conserver. Il n'existe aucun protocole standard pour la conservation à long terme des semences récalcitrantes ou intermédiaires, à l'exception de quelques succès obtenus avec la cryopreservation sur *Araucaria hunsteinii* [19]. La difficulté réside dans la maîtrise de la teneur en eau des glands durant la conservation : à teneur en eau élevée (teneur en eau initiale), les glands germent et une forte déshydratation peut entraîner leur mort. La viabilité des glands de *Quercus macrocarpa* conservés à -2°C et 1°C est significativement affectée par leur teneur en eau avec un optimum de germination à 44 % et un minimum à 27 et 17 % [20]. Grange et Finch-Savage [10], Finch-Savage [9], Hendry et al. [11] notent une teneur en eau optimale de 40 % et un seuil létal de 20 % pour les glands de *Quercus robur*. Pour maintenir la viabilité et éviter la germination précoce des glands durant la conservation, un ressuyage préalable est nécessaire [1]. Des pertes de l'ordre de 5 à 10 % semblent adéquates pour les chênes méditerranéens [5].

Nous proposons donc d'étudier les effets de la conservation au froid humide sur le comportement germinatif des glands de chêne liège en relation avec leur état hydrique et les pertes des électrolytes des embryons et sa variabilité inter-individus échantillonnés.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Matériel végétal

Des échantillons de glands frais (un minimum de 1300 glands), morphologiquement mûrs, ont été séparément récoltés fin novembre 1998 sur 12 arbres sélectionnés dans un peuplement de chêne liège de structure pâturage situé au Sud du Portugal (Alcácer do Sal/Herdade da Palma, $38^{\circ}33' \text{N}$, $8^{\circ}42' \text{W}$; 73–76 m d'altitude ; 566 mm de précipitation moyenne annuelle et $16,4^{\circ}\text{C}$ de température moyenne annuelle).

Après triage et nettoyage, les glands issus de chaque arbre sont ressuyés pendant une semaine à 20°C puis enrobés dans un fongicide (thirame, $1,5 \text{ g kg}^{-1}$) et immédiatement conservés dans 3 types de sacs : 2 sacs de polyéthylène de 30 et $50 \mu\text{m}$ d'épaisseur et 1 sac plastique à mailles (dans ce dernier type de sac, seuls les glands des arbres n° 3, 7 et 9, ayant produits suffisamment de glands, ont été expérimentés). La durée de conservation est de 6 mois à 0°C . Aucun traitement thermique n'a été appliqué aux glands avant leur conservation.

2.2. Méthodes

2.2.1. Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau des glands frais, ressuyés et chaque mois celle des glands conservés a été déterminée, pour chaque arbre, sur 10 glands pesés un à un. Leur poids sec (PS) est évalué après 17 heures à 103°C [12]. La teneur en eau, exprimée en % par rapport au poids frais (PF) des glands, a été calculée par la formule :

$$\text{H\%} = 100 \frac{(\text{PF} - \text{PS})}{\text{PF}}$$

2.2.2. Technique de germination

La germination des glands frais (3 jours après leur récolte), ressuyés et mensuellement celle des glands conservés a été conduite sur des lots de 25 glands par arbre. Les glands préalablement imbibés pendant 48 heures à 20°C et stérilisés pendant 10–15 min dans une solution de chlorure de sodium (80 %) sont privés du 1/3 de leur partie basale puis mis à germer dans du sable humide à l'obscurité et à 20°C durant 28 jours. L'apparition de champignons à partir du 2^e mois de conservation nous a amené à arroser le substrat de culture avec une solution de thirame ($1,5 \text{ g l}^{-1}$). Un gland est considéré comme germé lorsque la radicule perce les enveloppes et manifeste son géotropisme positif.

La vitesse de germination est appréciée par le temps moyen de germination (TMG) calculé par la formule :

$$\text{TMG} = \frac{n_i \cdot t_i}{N}$$

où n_i représente le nombre de glands germés au temps t_i et N le nombre total de glands germé à la fin de l'expérience.

2.2.3. Mesure de l'intégrité embryonnaire

Les pertes électrolytiques des embryons [21] des glands frais, ressuyés et conservés sont déterminés en utilisant la méthode de conductivité relative. Dix embryons par arbre sont individuellement immergés dans 7,5 ml d'eau désionisée. Les pertes d'électrolytes des embryons sont déterminées par la méthode de McKay [14, 15] adaptée aux racines secondaires.

2.2.4. Analyses statistiques

Les analyses statistiques sont réalisées avec le logiciel « Jendel SigmaStat ». L'analyse de la variance a été faite par ANOVA. À la récolte des glands, le test de Tukey au seuil de 5 % a été utilisé pour comparer les teneurs en eau et les pertes électrolytiques des embryons. Tous les résultats, d'états hydriques et de pertes électrolytiques, obtenus pour les différents arbres durant la conservation

ont été comparés par rapport à l'état frais en utilisant le test de Dunnett.

3. RÉSULTATS

3.1. Teneur en eau

Au moment de la dissémination, 3 groupes de glands différents par leur teneur en eau se distinguent parmi les arbres échantillonnés : un premier groupe fortement hydraté (51,3 %) comprenant seulement les arbres n° 5 et n° 10, un deuxième intermédiaire (47,1 %) composé de 4 arbres et un troisième faiblement hydraté (44,1 %) correspondant au reste des arbres (*tableau I*). Seule la teneur en eau des glands des arbres du groupe 1 est significativement différente ($P < 0,05$) de celle du groupe 3. Après une semaine de ressuyage, les glands montrent des pertes d'eau différentes d'un arbre à l'autre ; les glands de l'arbre n° 10 (fortement hydratés) sont ceux qui ont significativement ($P < 0,05$) perdu le plus d'eau et ceux de l'arbre n° 4 (faiblement hydratés) ont perdu le moins d'eau. Ces différences dans les pertes d'eau ont alors entraîné des groupes différents, en terme de composition d'arbres de ceux de l'état frais (*tableau I*).

Au cours de la conservation, les teneurs en eau des glands varient selon le type de sac (*figure 1*). En effet, pour tous les arbres, la teneur en eau des glands

Tableau I. Détermination de trois groupes d'arbres en fonction de la teneur en eau initiale des glands frais et après une semaine de ressuyage à 20 °C. Mesure de la perte d'eau par rapport au poids frais.

Groupes	Arbres	Teneur en eau des glands (%) :		Pertes d'eau des glands (%)	
		frais	Arbres ressuyés		
I	5a	49,76 ± 3,34	9a	44,78 ± 3,71	6,3
	10a	52,84 ± 9,79	5a	44,81 ± 2,84	9,9
	<i>Moyenne</i>	51,3 ± 2,18		44,8 ± 0,02	
II	11ab	45,99 ± 1,72	4a	41,35 ± 2,82	1,0
	6ab	46,09 ± 3,92	1ab	41,74 ± 2,13	8,9
	9ab	47,81 ± 5,13	3ab	41,75 ± 1,79	6,3
	8ab	48,61 ± 7,91	6ab	42,22 ± 2,90	8,4
			10ab	42,63 ± 3,21	19,3
			8ab	43,99 ± 1,91	9,5
<i>Moyenne</i>		47,1 ± 1,3	11ab	44,68 ± 3,11	2,9
				42,6 ± 1,25	
III	4b	41,78 ± 2,43	12b	38,37 ± 3,05	9,7
	12b	43,28 ± 1,2	7b	40,34 ± 0,96	10,5
	2b	44,08 ± 4,55	2b	40,35 ± 2,79	8,5
	3b	44,56 ± 1,25			
	7b	45,05 ± 1,27			
	1b	45,84 ± 3,61			
<i>Moyenne</i>		44,1 ± 1,43		39,7 ± 1,14	

Pour la colonne arbre, une différence significative ($P < 0,05$) de l'état hydrique des glands des différents arbres est observée lorsque les lettres sont différentes.

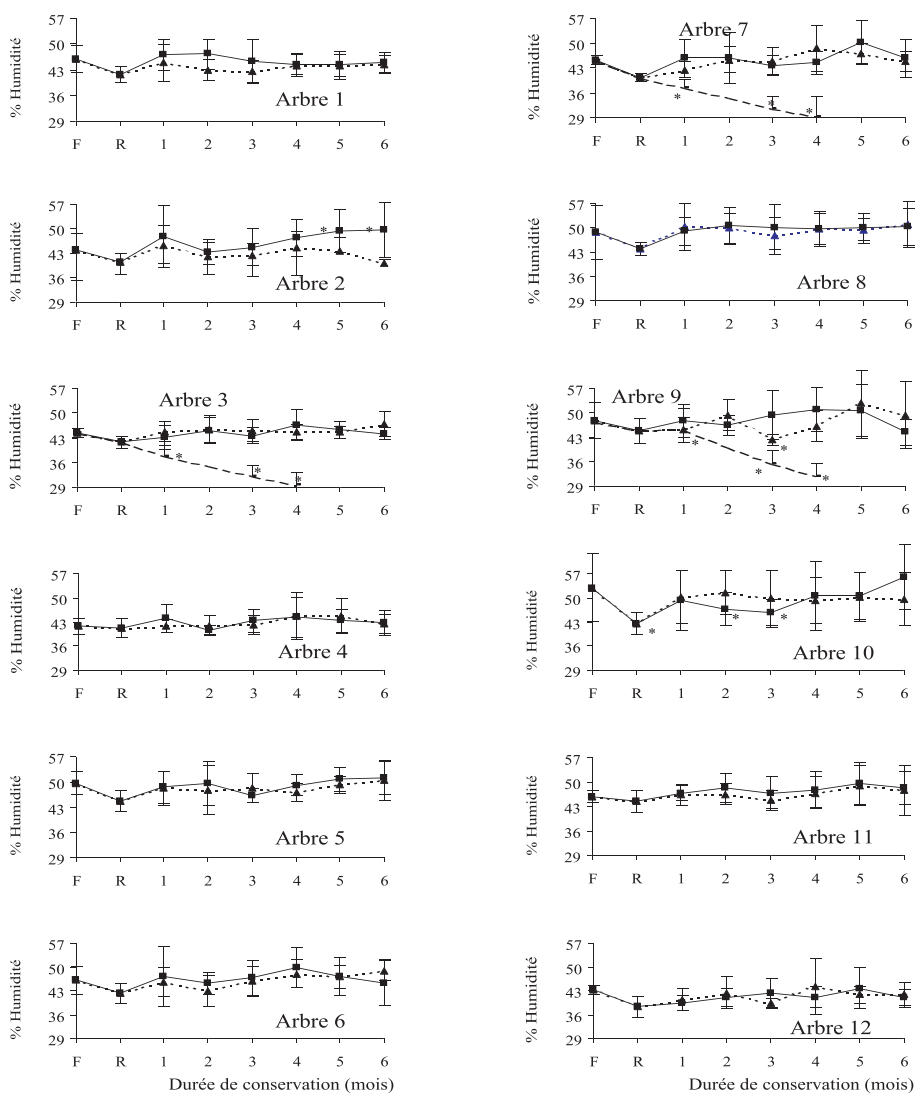


Figure 1. Évolution de la teneur en eau des glands fraîchement récoltés (F), ressuyés (R) et conservés durant 6 mois dans les sacs de polyéthylène 30 µm (---▲---) et 50 µm (---■---) et dans le sac plastique à mailles (---).
 * Différences significatives ($P < 0,05$) de l'état hydrique des glands par rapport à leur état frais.

conservés dans les sacs de polyéthylène (30 et 50 µm) augmente dès le 1^{er} mois de conservation pour atteindre un niveau proche de l'état hydrique initial (état frais) puis se stabilise durant le reste du temps de conservation. Aucune différence significative n'est observée entre l'état hydrique des glands conservés et l'état hydrique des glands frais à l'exception de celui des glands de l'arbre n° 2 (au 5^e et 6^e mois de conservation), de l'arbre n° 9 (au 3^e mois) et de l'arbre n° 10 (au 2^e et 3^e mois)

(figure 1). Ces variations sont probablement dues à une condensation de l'eau à l'intérieur du sac (cas de l'arbre n° 2) et à une perforation des parois de celui-ci par les larves de *Balanus* (cas des arbres n° 9 et n° 10). Au contraire, les glands des 3 arbres conservés dans les sacs à mailles montrent des pertes significatives de leur teneur en eau dès le 1^{er} mois et atteignent des teneurs de l'ordre de 30 % au 4^e mois de conservation (figure 1).

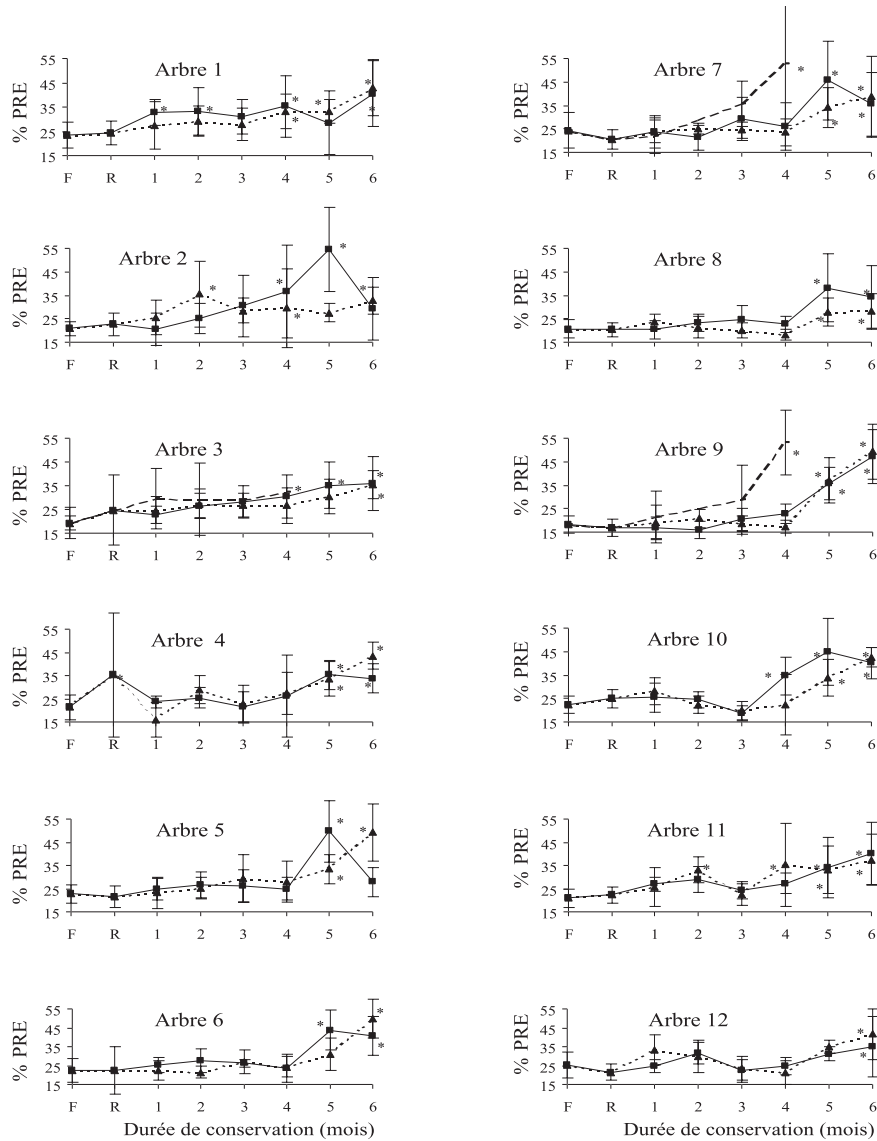


Figure 2. Évolution des Pertes Relatives d'Electrolytes (% PRE) des embryons des glands fraîchement récoltés (F), ressuyés (R) et conservés durant 6 mois dans les sacs de polyéthylène 30 µm (---▲---) et 50 µm (—■—) et dans le sac plastique à mailles (---○---).
 * Différences significatives ($P < 0,05$) avec les pertes électrolytiques des glands frais.

3.2. Pertes d'électrolytes

À la récolte, les glands des différents arbres ne présentent aucune différence de l'intégrité membranaire de leur embryons ($P=0,153$). Elle est de $21,9\% \pm 2,02$ en moyenne. Après ressuyage, seuls les glands de l'arbre n° 4 montrent une augmentation significative des pertes électrolytiques ($35,9\% \pm 26,7$) (figure 2). Cette augmentation des pertes membranaires, mais à variabilité impor-

tante, peut être expliquée par l'état hydrique initial très bas de certains glands.

C'est durant la conservation que les dégâts significatifs des embryons commencent à apparaître. Le moment d'apparition de ces dégâts diffère selon les arbres et selon le type de sac de conservation (figure 2). En effet, pour certains arbres (n° 1, n° 2, n° 10 et n° 11) l'altération des membranes embryonnaires des glands est plus précoce que celle du reste des arbres qui ne parvient qu'au

5^e mois de conservation (*figure 2*). Il semble que l'altération membranaire est plus importante chez les glands qui sont conservés dans les sacs 50 µm.

Quant aux glands conservés dans les sacs à mailles, les pertes électrolytiques des membranes embryonnaires augmentent dès le 1^{er} mois pour atteindre des valeurs supérieures à 40 % au 4^e mois de conservation (*figure 2*).

3.3. Germination

Deux types de germination seront considérés : la capacité germinative à différents états physiologiques des glands (frais, ressuyé et conservé) et le pourcentage de glands germés dans les sacs pendant le processus de conservation

3.3.1. Capacité germinative

Bien que le taux final de germination des glands frais des différents arbres soit supérieur à 92 % (exception faite pour ceux de l'arbre n° 12 avec 84 %), il apparaît que leur germination est très lente (*tableau II*). Certains arbres manifestent des différences significatives ($P < 0,05$) dans la capacité germinative de leurs glands. En effet, les glands de l'arbre n° 4, dont la germination est la meilleure et ceux des arbres n° 10 et n° 12, dont la germination est lente se distinguent des autres. Après ressuyage, le temps moyen de germination des glands de la plupart des arbres augmente à l'exception de celui des glands des arbres n° 6 et n° 10 (*tableau II*). Les résultats

(*tableau II, figure 3, figure 4*) montrent que, d'une manière générale, la vitesse de germination des glands conservés dans les sacs de polyéthylène s'améliore progressivement. Le Temps Moyen de Germination (TMG) des glands de la plupart des arbres semble être réduit de moitié après 3 mois de conservation ; mais pour le reste, le maximum de réduction du TMG ne s'opère qu'au 4^e mois (*tableau II*), moment où une baisse du taux final de germination des glands de quelques arbres est observée (*figure 3, figure 4*). Au contraire la germination des glands conservés dans le sac à mailles devient de plus en plus médiocre (*figure 5, tableau II*). Au 4^e mois de conservation les glands conservés dans les sacs à mailles présentent un taux final de germination inférieur à 40 % (*figure 5*) et un TMG de 10 à 14 jours environ (*tableau II*).

3.3.2. Germination durant la conservation

Au cours de la conservation, les glands entrent en germination. En effet, au 4^e mois, certains glands de la plupart des arbres commençaient à germer précocement à l'intérieur des sacs de polyéthylène. Mais seuls les glands des arbres n° 5, n° 9 et n° 10 présentaient des germinations particulièrement élevées à partir du 5^e mois (*tableau III*). Les autres arbres ne présentent que très peu (moins de 10 %) ou pas, de germination à la fin du processus de conservation (*tableau III*).

Tableau II. Temps moyen de germination des glands fraîchement récoltés, ressuyés et conservés durant 6 mois dans les sacs de polyéthylène (30 et 50 µm) et dans le sac plastique à mailles.

Arbres	Glands frais	Glands ressuyés	Mois de conservation															
			1		2		3		4		5		6					
			30	50	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50				
			Types de sacs															
					à maille				à maille				à maille				à maille	
1	10,4	13,0	8,2	7,3		7,7	8,1	3,8	6,3		5,6	5,2		5,0	5,5	5,25	5,59	
2	8,2	9,5	5,9	6,9		8,9	8,0	4,0	9,2		5,2	5,8		4,2	4,6	3,24	5,07	
3	8,7	12,6	6,6	8,8	7,4	8,8	9,3	7,6	5,0	11,5	3,3	5,9	10,3	4,8	4,0	3,94	3,71	
4	7,6	11,4	5,3	6,7		6,9	3,8	4,3	4,0		4,1	4,8		7,1	3,5	3,5	3,96	
5	9,4	12,8	5,8	5,7		10,6	7,9	4,8	4,2		3,4	3,6		4,1	5,2	3	3,62	
6	10,3	7,5	5,5	9,5		11,9	6,4	6,8	8,1		6,5	4,5		5,1	4,9	4,41	3,74	
7	9,2	16,0	4,6	7,3	6,7	9,6	4,4	3,6	4,6	8,2	3,2	4,3	13,3	5,0	3,0	3	3,24	
8	9,7	9,9	7,2	9,4		10,3	9,1	5,4	5,1		3,4	6,3		6,0	5,8	4,12	5,32	
9	10,8	15,8	6,4	10,1	7,7	5,3	7,5	6,7	7,2	11,4	5,7	3,5	13,9	3,7	4,1	4,67	4,35	
10	12,0	8,6	6,3	7,2		5,0	6,5	4,9	4,7		3,8	4,5		4,5	3,0	3,48	3,5	
11	9,6	16,4	3,6	6,0		5,1	5,7	5,6	3,2		4,0	5,1		5,7	3,4	5,08	5,27	
12	14,2	19,8	7,3	7,8		9,4	8,8	7,7	6,8		5,3	9,6		5,8	5,9	7,3	5,25	

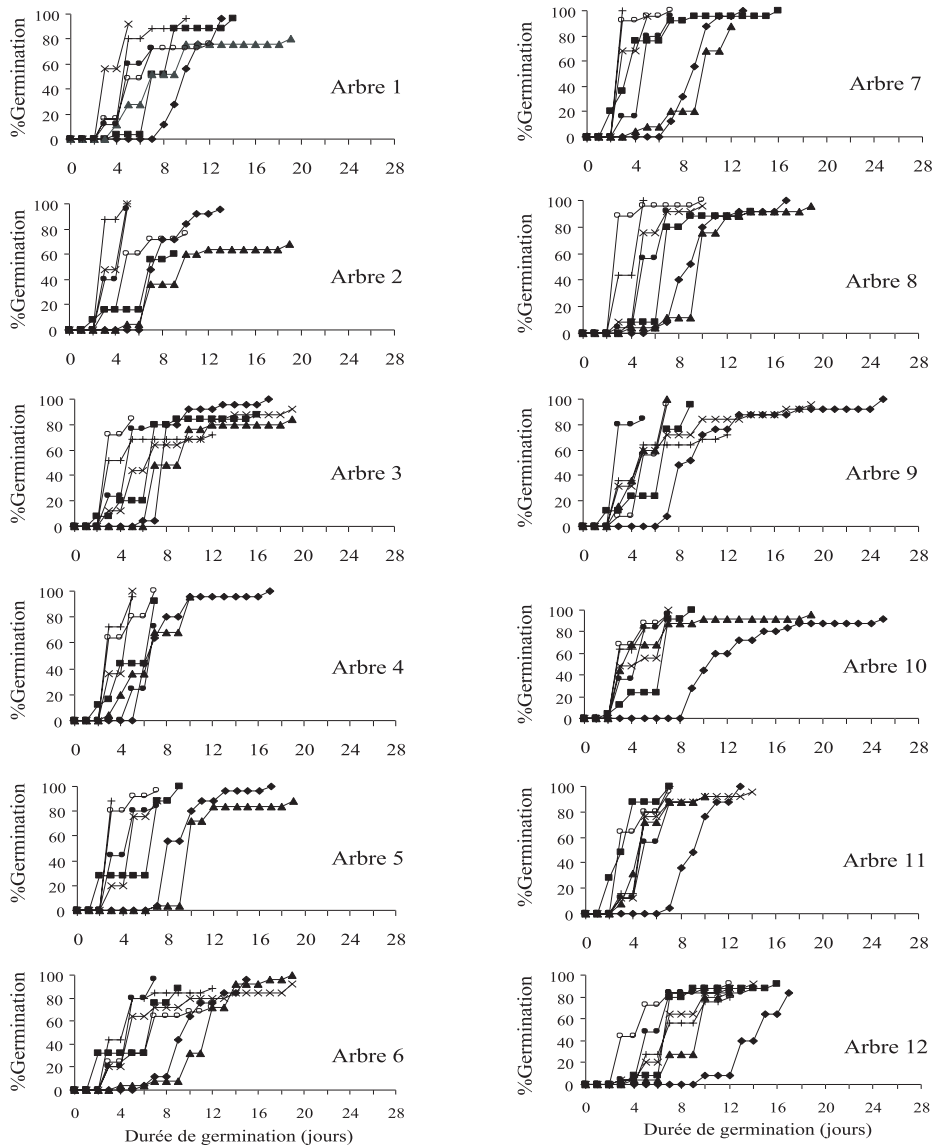


Figure 3. Évolution du pourcentage de germination des glands fraîchement récoltés sur les différents arbres et conservés durant 6 mois dans les sacs en polyéthylène de 30 µm d'épaisseur. (20 °C, obscurité, sable humide, durant 28 jours).

Glands fraîchement récoltés : ◆—◆
 Mois de conservation : 1 : ■—■, 2 : ▲—▲, 3 : x—x, 4 : o—o, 5 : ●—●, 6 : +—+

4. DISCUSSION

Les résultats obtenus avec les 12 arbres considérés individuellement montrent qu'au moment de la dissémination naturelle, la majorité des glands d'un même peuplement sont dans un même état de maturité morphologique et physiologique. En effet, à la récolte, les glands

avaient une teneur en eau oscillant entre 44 % et 47 % et un taux final de germination supérieur à 92 %. Néanmoins, à cette même période, les glands de certains arbres (*tableau I*) étaient apparemment immatures morphologiquement avec une teneur en eau supérieure à 51 %. Ysard [24] trouve que l'immaturité morphologique des glands des chênes pubescents et Kermès réside

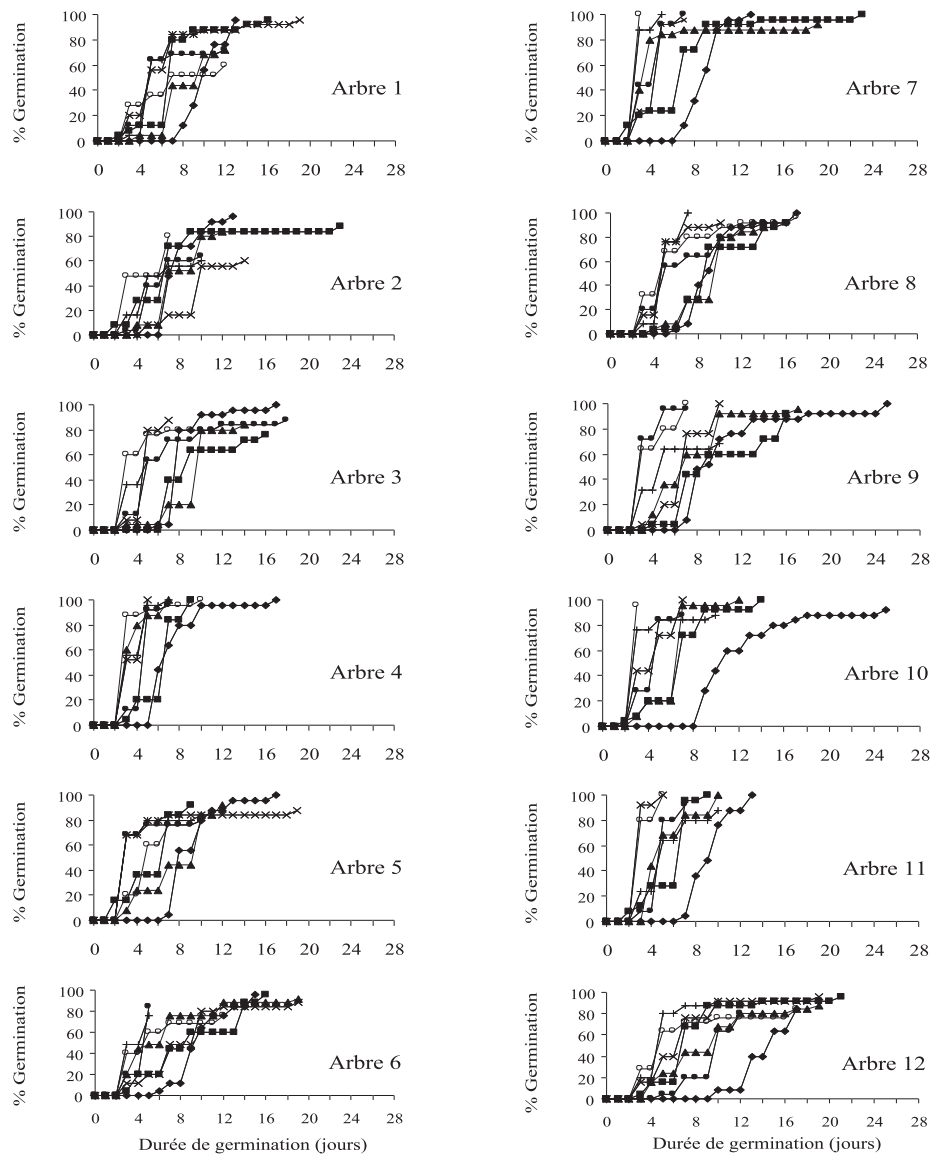


Figure 4. Évolution du pourcentage de germination des glands fraîchement récoltés sur les différents arbres et conservés durant 6 mois dans les sacs en polyéthylène de 50 µm d'épaisseur. (20° C, obscurité, sable humide, durant 28 jours).

Glands fraîchement récoltés : ◆—◆

Mois de conservation : 1 : ■—■, 2 : ▲—▲, 3 : x—x, 4 : o—o, 5 : ●—●, 6 : +—+

principalement au niveau des enveloppes. Cependant, l'importante teneur en eau des glands de l'arbre n° 10 (52,84%) est probablement due à une forte hydratation de leur péricarpe, ce qui expliquerait les fortes pertes d'eau (19,3%) durant la phase de ressuyage.

Une des caractéristiques physiologiques des glands mûrs fraîchement récoltés est la lenteur de leur germination. Cette difficulté germinative s'explique par l'existence d'une dormance embryonnaire qui semble dépendre de l'arbre producteur. Cette propriété physiolo-

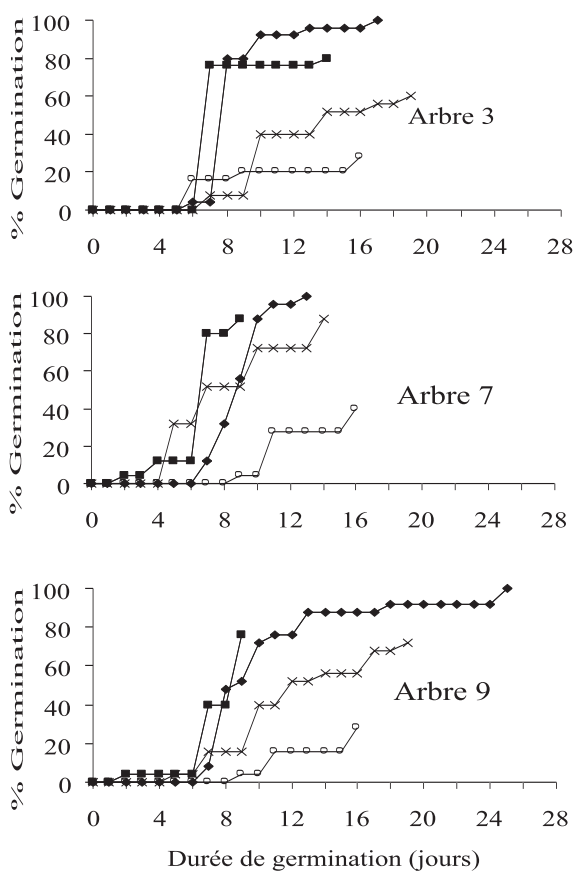


Figure 5. Évolution du pourcentage de germination des glands fraîchement récoltés sur les différents arbres et conservés durant 4 mois dans les sacs en plastique à mailles. (20° C, obscurité, sable humide, durant 28 jours).
 Glands fraîchement récoltés : ◆—◆
 Mois de conservation : 1 : ■—■, 3 : x—x, 4 : o—o

gique liée à la plante mère a été déjà signalée pour les céréales [4], pour le chêne vert [1] et pour l'olivier [23]. Cette différence d'aptitude germinative des glands frais pourrait être une expression de l'hétérogénéité génétique puisque les arbres échantillonnés sont situés dans les mêmes conditions climatiques. Cette hétérogénéité pourrait être liée à l'immaturité physiologique des glands ou/et à l'action mécanique exercée par le péricarpe à la sortie de la radicule, traduisant de ce fait le faible taux de germination (84 %) des glands de l'arbre n° 12, et à l'état hydrique élevé des enveloppes (cas des glands de l'arbre n° 10). Les enveloppes saturées d'eau constituent une barrière limitant la respiration de l'embryon [6, 7].

Au cours de la conservation, la teneur en eau des glands conservés dans les sacs de polyéthylène augmente dès le 1^{er} mois de conservation pour atteindre l'état hydrique initial, puis se stabilise. Au contraire, les glands conservés dans les sacs à mailles perdent progressivement leur eau et atteignent dès le 4^e mois des teneurs en eau de l'ordre de 30% préjudiciant ainsi leur viabilité. La vitesse de germination des glands conservés dans les sacs en polyéthylène s'améliore progressivement. La germination devient plus groupée et le temps moyen de germination de plus en plus réduit. Le traitement des glands par le froid humide élimine donc leur dormance embryonnaire qui semble être complètement levée au 3^e mois de conservation pour la plupart des arbres. Les mécanismes intervenant dans ce phénomène de levée de dormance peuvent être attribués à une diminution de l'acide abscissique et à une augmentation de l'acide gibbérellique durant le processus de conservation [22].

La réussite de la conservation des glands qui consiste à éviter leur germination précoce et à maintenir leur viabilité durant tout le processus de conservation, semble compromise par deux facteurs. L'un lié à la teneur en

Tableau III. Pourcentage de germination précoce des glands des différents arbres, à l'intérieur des sacs de polyéthylène (30 ou 50µm) et après chaque mois de conservation.

Mois de conservation	Type de sac	Les différents arbres échantillonnés											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	30	0	0	3,1	1,5	3,1	0	1,5	0	4,6	4,6	0	0
	50	0	0	1,5	1,5	4,6	0	4,6	1,5	1,5	1,5	3,1	0
5	30	0	4,6	7,7	0	12	3,1	4,6	3,1	9	12	4,6	1,5
	50	0	1,5	6,2	0	11	4,6	7,7	0	11	15	3,1	0
6	30	0	3,1	7,8	4,6	17	9,2	7,7	0	15	14	7,7	0
	50	0	1,5	6,2	3,1	20	4,6	6,2	3,1	14	18	3,1	0

eau des glands l'autre au développement des champignons. En effet, lorsque les glands se réhydratent fortement durant la conservation, comme c'est le cas des glands des arbres n° 5, n° 9 et n° 10, ils rentrent très rapidement en germination. Ce résultat suggère que les phases d'imbibition et d'élongation cellulaire de l'embryon sont déjà accomplies durant les 3 premiers mois de conservation. Cette précocité dans la germination durant la conservation paraît être liée à l'état hydrique élevé des glands juste avant leur conservation (44 %, cas des glands des arbres n° 5 et n° 9) et à l'immaturation morphologique des glands (cas des glands de l'arbre n° 10). Muller [16] rapporte que la teneur en eau des graines et leur maturité à la récolte influent sur la longévité des semences en conservation. Un ressuyage préalable amenant les glands frais à des teneurs en eau inférieures à 42 % évite donc des germinations précoces importantes. Les différentes études [Rohmeder dans 5, 11, 16], menées sur le genre *Quercus* recommandent des teneurs en eau des glands allant de 35 % à 42 % pour réussir la conservation. Mais lorsque les pertes d'eau deviennent plus importantes et que les teneurs en eau des glands atteignent des valeurs proches de 30 %, comme c'est le cas pour les glands conservés dans les sacs à mailles (figure 1), la capacité germinative est fortement affectée. Des travaux [9, 11, 18, 20] conduits sur d'autres chênes s'accordent sur le fait que la viabilité des glands est associée à des pertes importantes d'eau. Des teneurs en eau des glands inférieures à 30 % sont usuellement létales pour le genre *Quercus* [Schopmeyer 1974 dans 17]. Jones [13] rapporte que, pour obtenir une germination optimale du chêne blanc, la teneur en eau des glands ne doit pas descendre en dessous de 30 %. La baisse de la capacité germinative des glands de certains arbres, observée particulièrement à partir du 4^e mois de conservation, est due à l'expansion progressive de l'attaque des champignons. Un traitement thérapeutique [8, 16] des glands frais avant leur conservation est donc nécessaire pour lutter contre les champignons. Ces deux facteurs, déshydratation et attaque des champignons influent directement sur l'intégrité membranaire des embryons qui s'exprime par une augmentation des pertes d'électrolytes. Cependant, nous dirons que la réussite de la conservation des glands est compromise par un ensemble de paramètres dont le plus difficile est la maîtrise de la teneur en eau des glands.

En conclusion, nous dirons qu'au moment de la dissémination naturelle, la majorité des glands d'un même peuplement sont dans un même état de maturité morphologique et physiologique. Leur teneur en eau varie entre 44 % et 47 %. Bien que le taux final de germination soit supérieur à 92 %, la vitesse de germination des glands frais est très lente, traduisant ainsi l'existence d'une dormance qui semble dépendre de l'arbre producteur. La

conservation permet de lever cette dormance et rend la germination plus rapide et plus groupée. Cependant, la réussite de la conservation est compromise par un ensemble de paramètres dont le plus difficile est la maîtrise de la teneur en eau des glands au cours de la conservation. Pour éviter une germination précoce durant la conservation un léger ressuyage, amenant les glands à une teneur en eau inférieure à 42 %, est nécessaire. Le choix de sacs de conservation est déterminant pour le maintien de cette teneur en eau. L'utilisation de sacs à mailles entraîne une forte perte d'eau des glands qui atteignent très rapidement des valeurs létales de déshydratation. La viabilité des glands au cours de la conservation est non seulement conditionnée par leur déshydratation mais aussi par l'expansion progressive des champignons, présents initialement à l'intérieur du gland qui peut entraîner de grandes pertes. Ces deux facteurs agissent directement sur la perte de l'intégrité membranaire des embryons.

Remerciements : Ma profonde gratitude va aux responsables de l'EFN (Estação Florestal Nacional) et particulièrement à Eng^a Lourdes Santos pour leur aide dans les tests de germination et du CENASEF (Centre National des Semences Forestières-Amarante) pour nous avoir réservé une chambre de conservation. Je tiens aussi à remercier le Professeur De La Plaza pour nous avoir fourni les sacs de conservation de 30 µm. Les Travaux sont financés par le Projet Européen FAIR5-CT97-3480-

RÉFÉRENCES

- [1] Aissa D., Étude sur la germination des semences de chêne vert (*Quercus ilex* L.) I.- Influence de l'arbre producteur et de la taille des semences, Rev. Cytol. Biol. Végét. Bot. 6 (1983) 5-14.
- [2] Bastien Y., Résultats de semis de glands de conservation en pépinière, Rev. For. Fr. XLIV (1992) 430-433.
- [3] Bonner F.T., Testing for seed quality in Southern oaks. U.S. Dept. Agr. For. Serv., Southern For. Expt. Sta. Res. Note SO-306, 1984.
- [4] Chaussat R., Le Deunff Y., La germination des semences, Gauthier-Villars, Paris, 1975.
- [5] Claudot M., Indications pour la campagne 1974-1975 de récolte, de conservation et de semis de glands des chênes méditerranéens. Mémoire n° 2 du Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts France, 1974, pp. 1-32.
- [6] Côme D., Dégazage des enveloppes séminales lors de leur imbibition - I. Cas général, Physiol. Vég. 9 (1971) 439-446.
- [7] Côme D., Dégazage des enveloppes séminales lors de leur imbibition - II. Cas des graines de pommier, Physiol. Vég. 9 (1971) 447-452.

- [8] Delatour C., Morelet M., La pourriture noire des glands, *Rev. For. Fr.* 31 (1979) 101–115.
- [9] Finch-Savage W.E., Embryo water status and survival in the recalcitrant species *Quercus robur* L.: evidence for a critical moisture content, *J. Exp. Bot.* 43 (1992) 663–669.
- [10] Grange R.I., Finch-Savage W.E. Embryo water status during development of the recalcitrant species *Quercus robur*: determination of water relations parameters by pressure-volume analysis, *J. Exp. Bot.* 43 (1992) 657–662.
- [11] Hendry G.A.F., Finch-Savage W.E., Thorpe P.C., Atherton N.M., Buckland S.M., Nilson K.A., Seel W.E., Free radical processes and loss of seed viability during desiccation in the recalcitrant species *Quercus robur* L., *New. Phytol.* 122 (1992) 273–279.
- [12] International Rules for Seed Testing, Determination of moisture content, *Seed Sci. Technol.*, 13 (1985) 338–341.
- [13] Jones L. Recommendations for successful storage of tree seed, *Tree Planters' Notes* 55 (1972) 9–20.
- [14] McKay H.M. Electrolyte leakage from fine roots of conifer seedlings: a rapid index of plant vitality following cold storage, *Can. J. For. Res.* 22 (1992) 1371–1377.
- [15] McKay H.M., Protocol for measuring root electrolyte leakage, Forestry Commission Research Division, U.K., 1996.
- [16] Muller C., Le point sur la conservation des semences forestières et la levée de dormance, *R.F.F.* XXXVIII (1986) 200–204.
- [17] Nyandiga C.O., McPherson G.R. Germination of two warm-temperate oaks, *Quercus emoryi* and *Quercus arizonica*, *Can. J. For. Res.* 22 (1991) 1395–1401.
- [18] Pritchard H.W., Water potential and embryonic axis viability in recalcitrant seeds of *Quercus rubra*, *Ann. Bot.* 67 (1991) 43–49.
- [19] Pritchard H.W., Tompsett P.B., Manger K., Smidt W.J., The effect of moisture content on the low temperature responses of *Araucaria hunsteinii* seed and embryos, *Ann. Bot.* 76 (1995) 79–88.
- [20] Schroeder W.R., Walker D.S., Effects of moisture content and storage temperatures on germination of *Quercus macrocarpa* acorns, *J. Environ. Hort.* 5 (1987) 22–24.
- [21] Vertucci C.W. Relationship between thermal transitions and freezing injury in Pea and Soybean seed, *Plant physiol.* 90 (1989) 1121–1128.
- [22] Vogt A.R., Physiological importance of change in endogenous hormones during red oak stratification, *For. Sci. Bull.* 20 (1974) 187–191.
- [23] Voyiatzis D.G., Pritsa T., The onset and disappearance of relative dormancy of olive embryos as affected by age, *Acta Horticulturae* 356 (1994) 148–151.
- [24] Ysard D., Étude expérimentale de la germination de deux chênes méditerranéens : le chêne pubescent (*Quercus pubescens* Willd.) et le chêne Kermès (*Quercus coccifera* L.), Thèse de 3^e cycle, Univ. Aix-Marseille, 1987.
- [25] Wang B.S.P., Tree seed storage, *Can. For. Serv. Publ.* 1335 (1974).