

La graine et la germination d'*Acacia raddiana*

P. DANTHU
J. ROUSSEL
M. NEFFATI



Résumé

Le tégument des graines d'*A. raddiana* a une structure anatomique typique des légumineuses qui induit une forte inhibition de la germination. Cela implique qu'une scarification naturelle (chocs, feu) ou artificielle (traitement mécanique ou chimique) du tégument est nécessaire pour permettre l'imbibition et la germination des graines. Cette forte inhibition tégumentaire explique aussi que les graines restent intactes après passage dans le tractus digestif des animaux sauvages ou domestiques qui les consomment.

Les semences d'*A. raddiana* peuvent conserver leur viabilité pendant plusieurs années, *in situ* ou en collections. Elles ont un comportement orthodoxe. La germination est optimale à une température comprise entre 20 et 35 °C, elle est peu perturbée par des contraintes hydriques ou salines fortes. Les graines d'*A. raddiana* semblent donc bien adaptées aux conditions d'aridité dans lesquelles l'espèce se développe.

La présente synthèse montre enfin que la maîtrise de la technologie des semences d'*A. raddiana* est suffisante pour envisager l'utilisation de cette espèce en reboisement.

Mots-clés :

TÉGUMENT, SCARIFICATION, CONSERVATION, DISPERSION, TEMPÉRATURE,
CONTRAINTES HYDRIQUE ET SALINE, TECHNOLOGIE DES SEMENCES, SAHEL.

Abstract

The seed tegument of *A. raddiana* has a typical anatomic structure of legumes which induces a high germination inhibition. This implies that a natural (shocks, fire) or artificial (mechanical or chemical processing) scarification of the tegument is required to allow soaking and germination of the seeds. This tegumental high inhibition accounts for the fact that seeds remain undamaged after passing through the digestive tract of wild or domestic animals which consume them. *A. raddiana* seeds may preserve their viability for several years, in situ or collectively. They have an orthodox behaviour. Optimum germination takes place at a temperature between 20 and 35 °C, and it is little affected by high water and saline stress. Therefore *A. raddiana* seeds seem to be well adapted to the arid conditions where the species develops.

Finally, the current synthesis shows that the control over seeding technology for *A. raddiana* is enough to envisage the use of the species for reforestation.

Keywords:

TEGUMENT, SCARIFICATION, PRESERVATION, DISPERSAL, TEMPERATURE, MOISTURE AND SALINE STRESS,
SEED TECHNOLOGY, SAHEL

Introduction

Acacia raddiana Savi est un arbre des régions arides et semi-arides, présent au nord et au sud du Sahara. Très résistant à la sécheresse, il se développe entre les isohyètes 50 et 1 000 mm (Le Floch et Grouzis, cet ouvrage)¹. Arbre à usages multiples, il est une des espèces majeures dans la zone sahélienne (Le Floch et Grouzis, loc.cit.). Son utilisation en reboisement peut être envisagée afin de mettre en place un système forestier durable. La sylviculture de cette espèce mérite donc d'être étudiée. En particulier, il est important de bien maîtriser les conditions de sa germination. Or celle-ci est régulée par des caractéristiques génotypiques (structure anatomique des téguments, aptitude à la déshydratation), mais aussi par les conditions environnementales (traitement avant semis, disponibilité en eau, présence de sel, température...) (SHARMA, 1973 ; LUSH et EVANS, 1980 ; GUTTERMAN, 1993).

Dans le présent chapitre, après un rappel sur la structure anatomique du tégument d'*A. raddiana* et sur l'inhibition qu'elle induit, nous aborderons les aptitudes à la conservation des graines, nous décrirons les modes de dissémination des semences, puis nous traiterons de quelques éléments de l'écologie de la germination. Enfin, nous tenterons de dégager les conséquences que ces résultats impliquent concernant la technologie des semences.

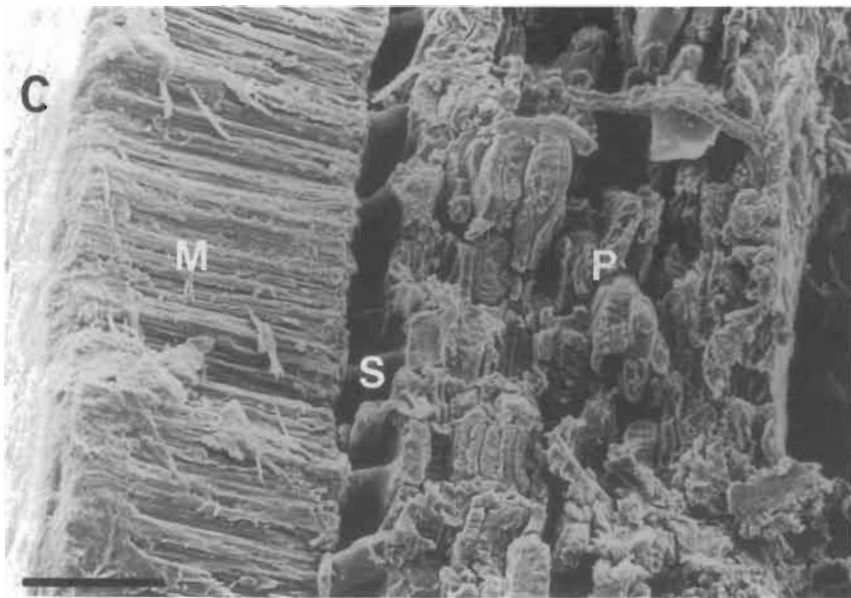
1. « *Acacia raddiana*, un arbre des zones arides à usages multiples ». In Grouzis M., Le Floch E., éd. : *Un arbre au désert*, *Acacia raddiana*. Paris, IRD Éditions, 2003 : 21-58.

Structure du tégument

Depuis les travaux fort anciens de BECQUEREL (1907), il est très largement démontré que les graines de légumineuses ont des téguments imperméables à l'eau et à l'oxygène et nécessitent une scarification permettant l'imbibition et la germination (WERKER, 1980/1981 ; HANNA, 1984 ; CAVANAGH, 1987). Cette dormance d'origine tégumentaire, ou plus exactement cette inhibition tégumentaire, puisque l'embryon, débarrassé du tégument de la graine, est apte à germer (CÔME, 1970), peut différer la germination d'une graine pendant plusieurs années (CLEMENS *et al.*, 1977 ; TYBIRK *et al.*, 1994).

La structure histologique des graines d'*A. raddiana* est caractéristique de l'ensemble des légumineuses (PITOT, 1935 ; CÔME, 1970 ; VASSAL, 1975 ; LUSH *et* EVANS, 1980 ; WERKER, 1980/1981 ; CAVANAGH, 1987). Le tégument des graines a une épaisseur au niveau de l'écusson, variant entre 220 et 260 μm . Comparé aux téguments des autres espèces du genre, celui d'*A. raddiana* a une épaisseur moyenne : le tégument de *A. drummondii* (*acacia* australien) est épais de 50 μm (CAVANAGH, 1987) et celui de *A. sieberana*, d'environ 700 μm . Il comporte, de l'extérieur vers l'intérieur de la graine :

- une cuticule cireuse fine ;
- une couche de cellules pallissadiques, les cellules de Malpighi (photographie 1) disposées radialement et dont l'épaisseur est comprise entre 80 et 90 μm ;

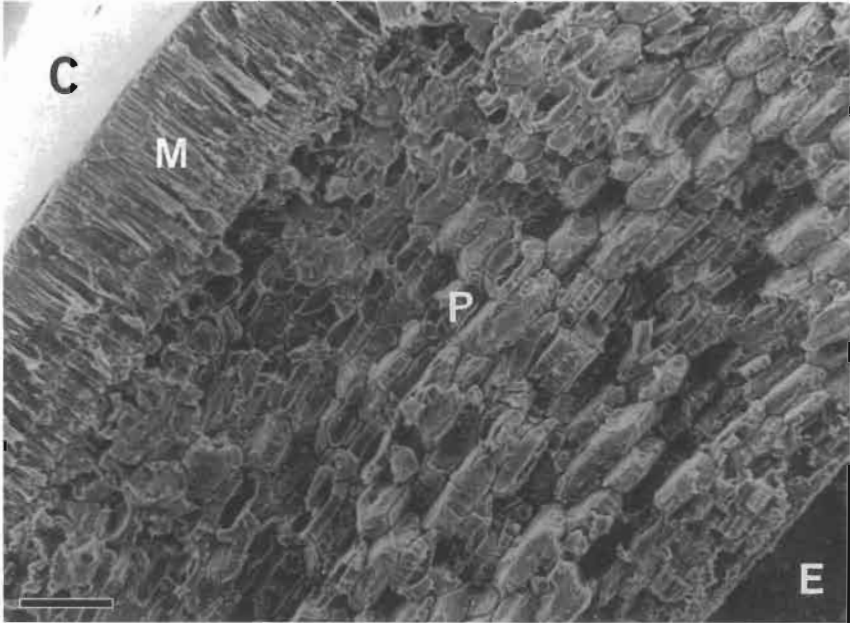


▽ Photographie 1

Vue en microscopie électronique à balayage d'une coupe de tégument d'*A. raddiana*

C : cuticule ; M : couche des cellules de Malpighi ; S : cellules en sabliers ;
P : tissu parenchymateux ; (les barres représentent 50 μm).

- une couche de cellules en forme de sablier, les ostéoslérides, nettement séparées les unes des autres (photographie 1) ;
- un tissu parenchymateux interne composé de cellules à parois cellulósiques dont l'épaisseur est comprise entre 130 et 180 μm (photographie 2).



▽ Photographie 2

Vue en microscopie électronique à balayage d'une coupe de tégument d'*A. raddiana*

C : cuticule ; M : couche des cellules de Malpighi ;

P : tissu parenchymateux ; E : embryon (cotylédon), (les barres représentent 50 μm).

L'imperméabilité des graines est due en grande partie, aux cellules pallissadiques constituées d'hémicellulose et de pectine qui deviennent dures et hydrophobes dans les derniers stades de maturation des graines (WERKER, 1980/1981 ; TRAN et CAVANAGH, 1984). Les ostéoslérides auraient un rôle dans l'absorption des déformations mécaniques et donc dans la résistance des graines aux chocs (TRAN et CAVANAGH, 1984).

Il faut aussi noter que la structure du tégument des graines n'est pas uniforme. Il existe des points particuliers, le hile (cicatrice du funicule) et, surtout, le strophiole (lentille), qui sont des zones de faiblesse et les principaux points initiaux d'entrée de l'eau après scarification comme l'ont montré BALLARD (1973), TRAN (1979) et HANNA (1984) sur diverses légumineuses. La levée de l'inhibition tégumentaire d'une graine n'est donc pas nécessairement réalisée par la destruction de la totalité du tégument séminal. Elle peut l'être par une scarification ponctuelle du tégument et en particulier du strophiole. Celle-ci peut se produire naturellement en réponse à des chocs mécaniques, chimiques ou thermiques (BALLARD, 1973).

L'inhibition tégumentaire, sa levée

L'inhibition tégumentaire des graines constitue un facteur adaptatif important pour la survie de l'espèce, puisqu'elle permet le maintien d'un stock de graines viables dans le sol (NONGONIERMA, 1978 b ; COE et COE, 1987 ; TYBIRK, 1991). Ces graines peuvent survivre ainsi plusieurs années, passer sans dommage des périodes défavorables à la germination et à la survie de la plantule – sécheresse, feux de brousse, par exemple – et germer lorsque les conditions écologiques deviennent favorables (TYBIRK, 1991).

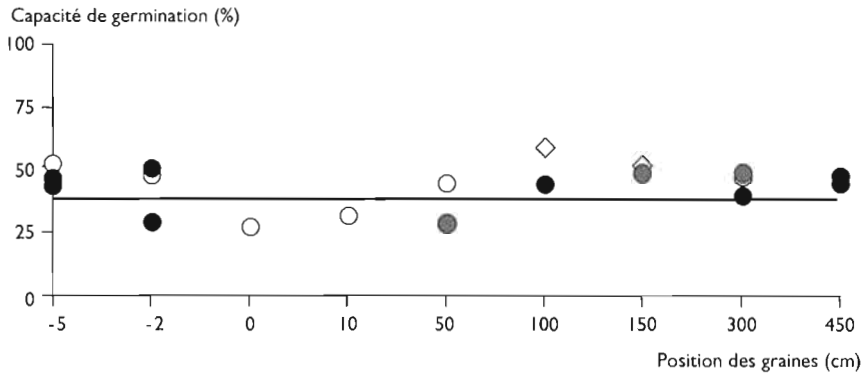
Mais un lot de graines n'est pas homogène et entre 10 % et 40 % des graines d'*A. raddiana* sont aptes à germer sans prétraitement (tabl. I, fig. 1). Toutes les autres graines nécessitent une scarification du tégument afin de le rendre perméable à l'eau. *In situ*, la scarification peut se faire par des chocs (PEARSON et ISON, 1987 ; TYBIRK, 1991) ou par passage du feu (SABITI et WEIN, 1987). Certains auteurs comme HALEVY (1974) estiment que la digestion par les animaux a un effet scarificateur (ce point sera discuté plus loin).

▽ Tableau I – Taux de germination des graines d'*Acacia raddiana* dix jours après le semis en fonction du prétraitement appliqué aux graines.

Prétraitement des graines	Durée de prétraitement	Taux de germination (%)
Aucun		8 c
Scarification manuelle		95 a
Eau froide	6 h	9 c
	12 h	6 c
	24 h	11 c
	48 h	9 c
	72 h	6 c
	120 h	5 c
Eau chaude	6 h	3 c
	12 h	3 c
	24 h	4 c
	48 h	8 c
	72 h	12 c
	120 h	4 c
Eau bouillante	5 s	6 c
	10 s	7 c
	30 s	3 c
	60 s	5 c
	120 s	9 c
Acide sulfurique	30 mn	37 b
	60 mn	96 a
	120 mn	97 a
	240 mn	97 a

Test de Newman-Keuls au seuil de 5 %.

Le traitement à l'eau chaude consiste à plonger les graines dans l'eau bouillante qu'on laisse refroidir.



▽ Fig. 1
Effet de la position des graines et de l'intensité des feux sur la germination des graines d'*A. raddiana* comparée à celle d'un témoin non scarifié (trait plein).
Intensité du feu faible (en blanc), moyenne (en gris), forte (en noir) ;
un cercle indique que la différence avec le témoin n'est pas significative,
un losange indique une différence significative ;
test au seuil de 5 %.

Une étude récente (DANTHU *et al.*, 2002) a porté sur l'impact des feux de brousse sur la germination de quelques acacias africains. Deux paramètres principaux ont été étudiés. Le premier a été la position des graines : (i) plus ou moins profondément enfouies dans le sol, (ii) sur le sol ou (iii) en suspension dans le tapis herbacé ou la litière après dissémination. Le second paramètre pris en compte est l'intensité du feu, caractérisée par la quantité de biomasse combustible (essentiellement composée de paille de *Schoenefeldia gracilis* Kunth) : 1,3 et 5 t.ha⁻¹. Concernant *A. raddiana*, les résultats obtenus montrent que la viabilité des graines enfouies dans le sol n'est pas altérée par le passage d'un feu quelle que soit son intensité. Il en est de même pour les graines, posées sur le sol ou en suspension dans le tapis herbacé ou la litière, si le feu est de faible intensité. Dans le cas de feux d'intensité moyenne, la viabilité des graines est significativement réduite si elles sont situées entre les niveaux 0 (posées sur le sol) et 50 cm au-dessus du sol. Si le feu est de forte intensité, les graines situées entre 0 et 3 mètres au-dessus du sol sont endommagées.

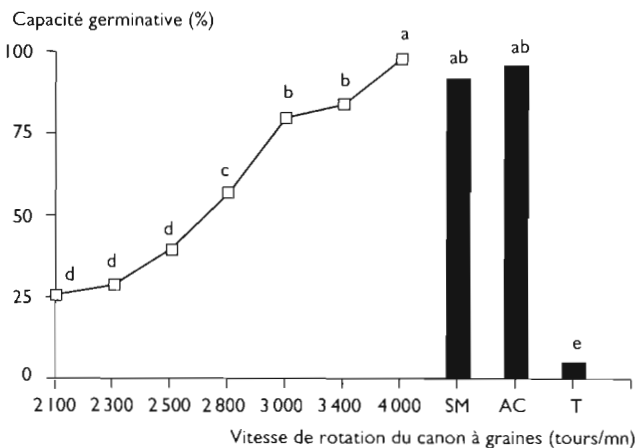
La question est alors de savoir si dans les cas où le passage du feu n'entraîne pas la mort des graines, il peut constituer un stimulus suffisant pour lever la dormance des semences. La figure 1 montre que le taux de germination des graines d'*A. raddiana* est du même ordre de grandeur que celle des graines témoins n'ayant subi aucun traitement préalable.

Dans deux cas seulement (lorsque les graines situées à 1 et 1,5 m au dessus du sol ont été exposées à un feu de faible intensité), la germination est significativement meilleure que pour le témoin. On peut noter cependant que la fenêtre où les chocs thermiques ont un effet scarificateur est très étroite. De plus, les résultats obtenus restent très nettement inférieurs à ceux mesurés après une scarification

manuelle ou chimique (tabl. I). Ce comportement peut être rapproché de l'absence d'effet scarificateur mis en évidence sur ces espèces après passage par le tractus digestif de divers ruminants domestiques (DANTHU *et al.*, 1992). Il est une preuve supplémentaire de l'extrême dureté de ces graines, qui est une adaptation aux conditions écologiques régnant en zone sèche (GUTTERMAN, 1993).

Le tableau I, inspiré des travaux antérieurs de KARSCHON (1975), BEBAWI et MOHAMED (1985), DANTHU *et al.* (1996 a) et TEKETAY (1996) sur des graines d'*A. raddiana*, permet de comparer les effets de traitements potentiellement scarificateurs. Le trempage des graines dans l'eau, quelle que soit sa durée ou sa température, n'est d'aucune efficacité pour lever l'inhibition tégumentaire. Les traitements les plus efficaces sont la scarification manuelle, qui consiste en l'ablation de quelques mm² de tégument de la graine à l'aide d'un sécateur, et le trempage dans une solution concentrée (95 %) d'acide sulfurique pendant une durée d'une heure au minimum.

L'utilisation du « canon à graines » dont le principe consiste à projeter les graines contre une paroi métallique induisant une fissuration ou une fracture du tégument des semences (POULSEN et STUBSGAARD, 1995) donne des résultats satisfaisants. Les taux de germination dix jours après le semis des graines traitées par le canon tournant à la vitesse de 4 000 tr.mn⁻¹ sont aussi bons que ceux obtenus après scarification manuelle ou traitement par l'acide sulfurique (fig. 2). Cela n'est pas toujours le cas, comme l'ont montré DIALLO *et al.* (1996) sur *Faidherbia albida*, pour lequel les taux de germination obtenus après passage dans le canon à graines restent toujours significativement inférieurs à ceux obtenus après scarification acide.



▽ Fig. 2

Influence de la vitesse de rotation du canon à graines sur la germination des graines d'*A. raddiana*.

T : témoin, SM : graines scarifiées manuellement, AC : graines scarifiées par l'acide sulfurique ; test de Newman-Keuls au seuil de 5 %.

Viabilité des graines, aptitude à la conservation

Depuis les travaux de ROBERTS (1973) complétés par ceux de ELLIS *et al.* (1990), on distingue classiquement trois catégories de semences quant à leur aptitude à la conservation : orthodoxes, intermédiaires et récalcitrantes. Les premières peuvent se conserver à des températures négatives si leur teneur en eau est inférieure à 10 %, alors que les graines récalcitrantes d'origine tropicale ne survivent pas à la déshydratation et sont tuées par des températures inférieures à 10-15 °C. Les graines intermédiaires ont un comportement médian (BONNER, 1990).

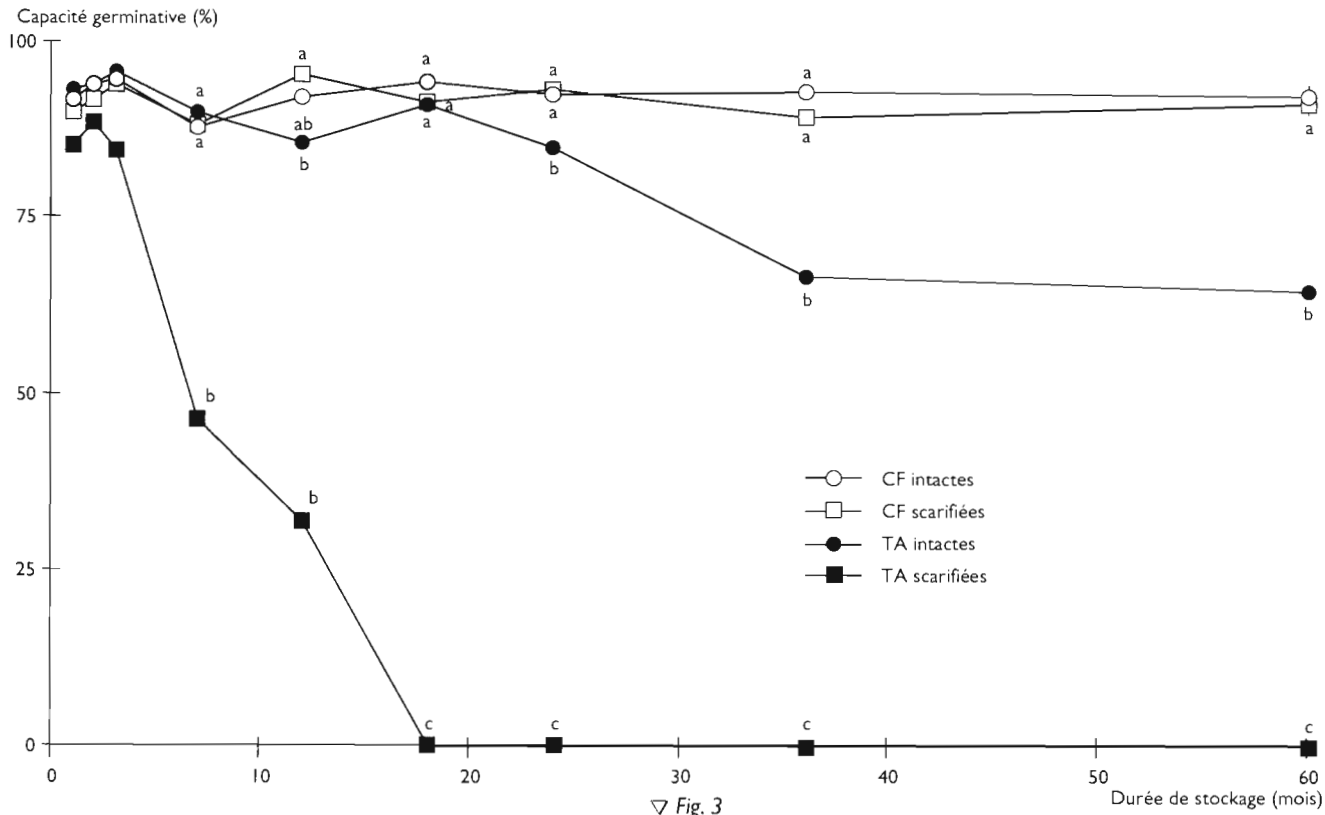
Les graines d'*A. raddiana* récoltées à maturité dans différents sites sénégalais ont une teneur en eau comprise entre 5 et 7 % (par rapport au poids de matière fraîche). Les résultats présentés au tableau II montrent que les graines stockées à - 18 °C conservent leur viabilité (96 % des graines germent après deux ans de stockage). Ces données permettent donc de classer indubitablement *A. raddiana* parmi les espèces orthodoxes, comme c'est d'ailleurs le cas pour la majorité des légumineuses (HONG et ELLIS, 1996).

On peut aussi noter que des expériences menées au Sénégal (DANTHU *et al.*, 1996 a) ont montré (fig. 3, tabl. II) qu'il est possible de conserver des graines d'*A. raddiana* scarifiées mécaniquement ou chimiquement pendant au moins cinq ans sans perte de viabilité, à la condition *sine qua non* que cette conservation soit effectuée à basse température (- 18 ou 5 °C). À température ambiante, (20-35 °C), la viabilité des graines ainsi traitées devient très faible ou nulle dès le dix-huitième mois de stockage, en particulier lorsqu'elles sont scarifiées chimiquement (tabl. II).

▽ Tableau II – Capacité germinative après deux ans de stockage des graines d'*A. raddiana* scarifiées avant conservation, en fonction du prétraitement et de la température de conservation.

Prétraitement des graines	Conditions de conservation		
	- 18 °C	+ 5 °C	T. ambiante
Aucun	96 a	94 a	80 a
Acide sulfurique	97 a	97 a	5 d
Scarification manuelle	93 a	92 a	38 b
Canon à graines	91 a	95 a	24 c

Le lot témoin a été scarifié par l'acide sulfurique au moment du semis.
Test de Newman-Keuls au seuil de 5 %.



▽ Fig. 3 Effets des conditions de stockage et de l'état des graines (intactes ou scarifiées) sur la germination des graines d'A. raddiana.

CF : chambre froide (+ 5 °C) ou TA : température ambiante (20-35 °C) ;
 test de Newman-Keuls au seuil de 5 % à chaque date de mesure.

Dispersion des graines : rôle des mammifères

COE et COE (1987) ont émis l'hypothèse que les espèces d'acacias à graines discoïdes et gousses déhiscents comme *A. senegal* seraient adaptées à une dispersion par le vent, alors que les espèces à graines sphériques et dures et à gousses indéhiscentes du type d'*A. nilotica* assureraient leur dispersion par les herbivores qui les consommeraient.

Comparée à ces deux espèces, *A. raddiana* a une position intermédiaire : graines aplaties et gousses plus ou moins tardivement déhiscents (NONGONIERMA, 1977, 1978 a). *A. raddiana* est cependant classée parmi les espèces dont la dissémination des graines est essentiellement réalisée par les mammifères sauvages (HALEVY, 1974 ; LAMPREY et al., 1974 ; COE et COE, 1987 ; MILLER, 1995) ou domestiques (DANTHU et al., 1996 b).

La question est alors de savoir si le passage dans le tractus digestif des ruminants favorise ou non la germination en levant l'inhibition tégumentaire. HALEVY (1974) estime que la germination des graines d'*A. raddiana* consommées par des gazelles est améliorée, alors que LAMPREY et al. (1974) montrent que la plupart des graines d'*A. tortilis* passent sans altération dans le tractus digestif des mammifères. MILLER (1995) rapporte qu'une partie importante des graines ingérées est détruite et que la proportion de celles qui survivent au passage par le tractus digestif augmente avec la taille du mammifère concerné.

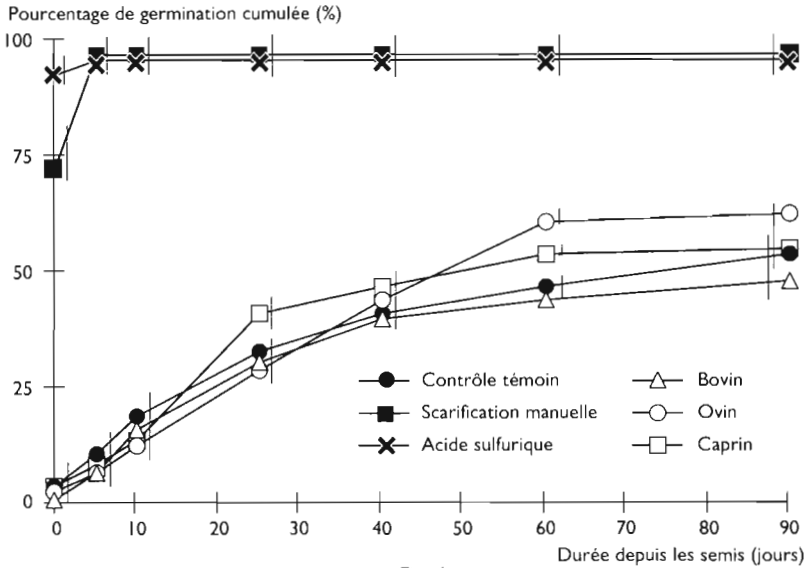
Les données du tableau III tirées de DANTHU et al. (1996 b) attestent effectivement que la proportion de graines intactes après passage dans le tractus digestif est très significativement plus importante chez les bovins que chez les ovins ou les caprins. Elles montrent aussi que la proportion de graines récupérées intactes varie avec la dureté des graines. Les graines dont les téguments sont les plus durs comme celles d'*A. nilotica adansonii* sont moins altérées par la mastication et l'attaque des sucs digestifs que les graines ne présentant qu'une très faible inhibition tégumentaire. Cette dernière situation est celle d'*A. senegal*, dont il a été prouvé que les téguments séminaux sont perméables (DANTHU et al., 1992). *A. raddiana* a une position intermédiaire entre ces deux espèces.

▽ Tableau III – Proportion de graines récupérées
après passage dans le tractus digestif
de divers ruminants domestiques.

	Bovins	Ovins	Caprins
<i>A. raddiana</i>	86 A b	28 B a	27 B b
<i>A. nilotica</i>	99 A a	31 B a	51 B a
<i>A. senegal</i>	33 Ac	1 Bb	1 Bc

Test de Newman-Keuls au seuil de 5 %, appliqué à chaque ligne (lettres majuscules)
et à chaque colonne (lettres minuscules).

La figure 4 montre que l'effet scarificateur du passage par le tractus digestif de divers mammifères est à peu près nul pour *A. raddiana*. Les graines recueillies dans les fèces de bovins, d'ovins ou de caprins ont la même dynamique de germination que des graines intactes (environ les deux tiers ont germé trois mois après le semis), alors que les graines scarifiées par l'acide sulfurique ou manuellement germent complètement en moins de 10 jours.



▽ Fig. 4
Effet du passage dans le tractus digestif de quelques mammifères domestiques
sur la germination des graines d'*A. raddiana*.

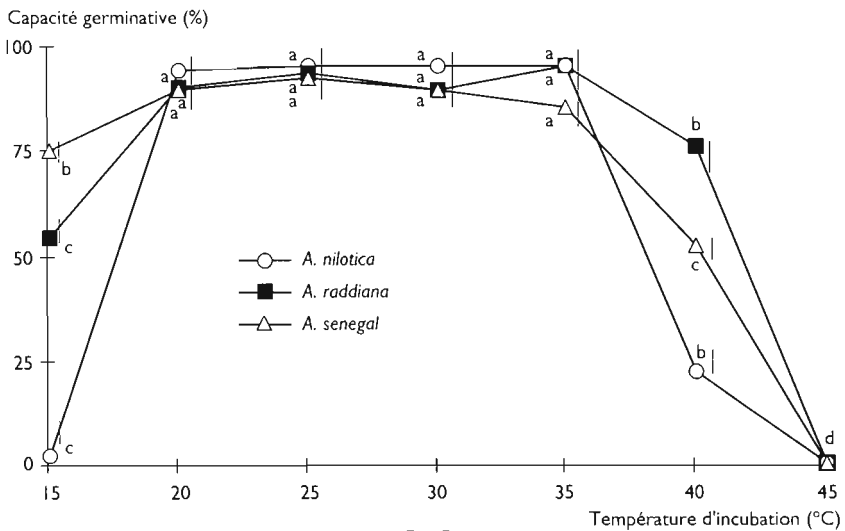
Test de Newman-Keuls au seuil de 5 % à chaque date de mesure.

L'ingestion et l'excrétion par les mammifères des graines d'*A. raddiana* n'améliorent donc pas leur aptitude à germer. Par contre, ce passage par le tractus digestif représente un facteur de dissémination important, puisque les graines peuvent séjourner plus de cinq jours dans le tractus digestif des animaux et ainsi être transportées le long des parcours sur des distances importantes estimées entre 50 et 80 km (DANTHU et al., 1996 b).

Écologie de la germination

Dans cette partie, l'influence de trois facteurs environnementaux (température, lumière et contrainte hydrique) sur la germination des graines d'*A. raddiana* est étudiée.

La figure 5 montre que la germination d'*A. raddiana* est optimale (supérieure à 90 %) dans une gamme de températures comprises entre 20 et 35 °C. Il en est de même pour *A. senegal* et *A. nilotica*. Les températures de 15 et 40 °C sont sub-optimales (germination de 50 à 75 % des graines). Aux températures élevées (≥ 45 °C), aucune graine ne germe. *A. raddiana* semble avoir une amplitude de germination plus importante que *A. senegal* et surtout que *A. nilotica*. Ainsi, à la température de 15 °C, *A. raddiana* germe significativement mieux que *A. nilotica* mais moins bien que *A. senegal* et à 40 °C, *A. raddiana* germe mieux que les deux autres espèces. Ce résultat confirme les conclusions de TEKETAY (1996), qui indiquent que la majorité des légumineuses de zones sèches germent à des températures comprises entre 15 et 40 °C, correspondant aux températures qui prévalent dans les aires arides ou semi-arides. Un essai a comparé la capacité germinative des graines d'*A. raddiana* à la lumière du jour et à l'obscurité totale. Les résultats obtenus ne montrent aucune différence significative (80 et 78 %, respectivement). La germination des graines d'*A. raddiana* n'est donc pas sensible à la lumière. Cette constatation confirme que, comme la plupart des légumineuses (CHOUARD, 1954), *A. raddiana* a des semences non photosensibles.



▽ Fig. 5
Effet de la température d'incubation sur la germination
des graines d'*A. raddiana*, *A. senegal* et *A. nilotica adansonii*.
Test de Newman-Keuls au seuil de 5 % à chaque température.

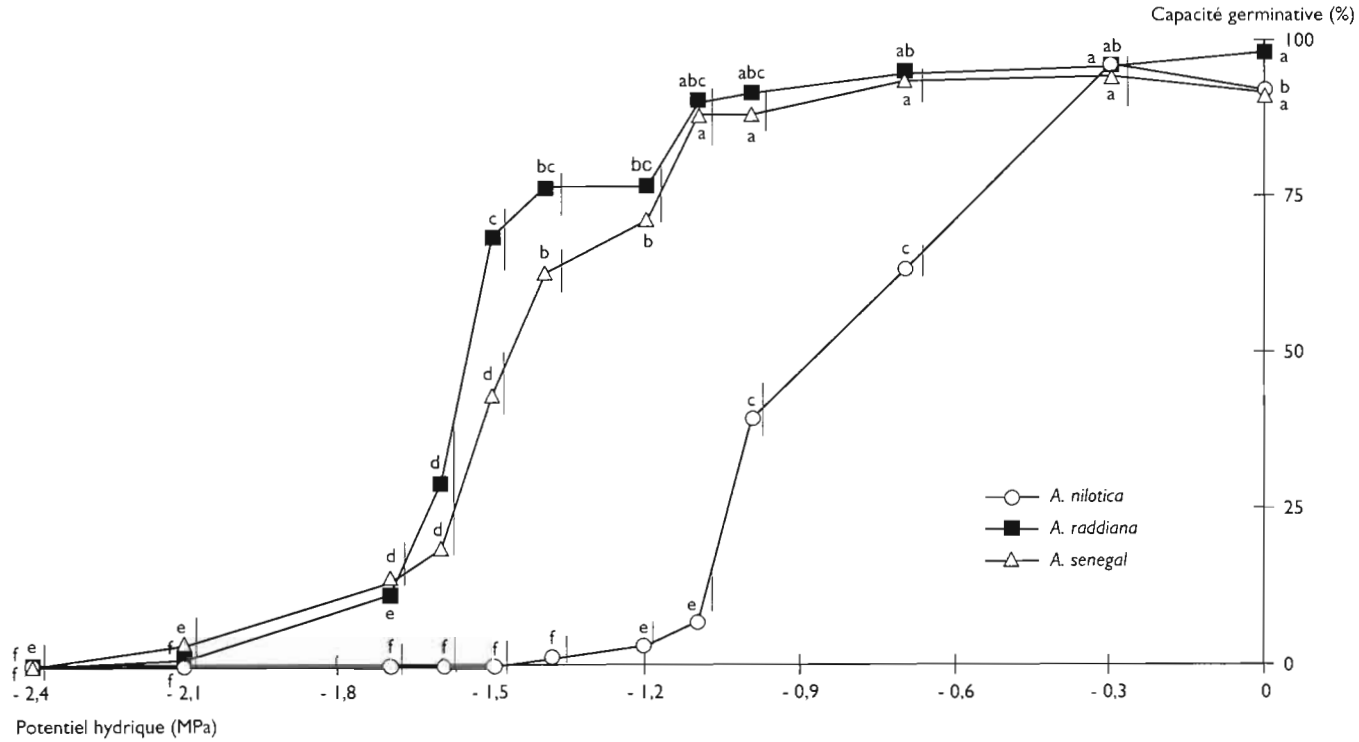
L'effet d'une contrainte hydrique ou saline sur la germination d'*A. raddiana* a été étudié par NDOUR et DANTHU (1998). Ces auteurs montrent que *A. raddiana* est une des espèces d'acacias africains dont la germination est la moins perturbée par la présence de sel. Le taux de germination n'est pas affecté par des concentrations salines de 15 ou 17,5 g.l⁻¹ et ne s'annule que pour des concentrations en sel

proches de celle de l'eau de mer (35 g.l^{-1} correspondant à un potentiel hydrique, ψ , de $-2,1 \text{ MPa}$) (fig. 6). *A. senegal* a une réponse sensiblement identique, alors que *A. nilotica adansonii* est très nettement plus sensible (germination perturbée dès 5 g.l^{-1} et nulle dès 25 g.l^{-1}). Lorsque les graines d'*A. raddiana* et d'*A. senegal* sont soumises à une contrainte hydrique simulée par adjonction de polyéthylène glycol (PEG) à l'eau d'imbibition, leur germination n'est significativement inférieure à celle des témoins (germination en absence d'osmoticum) que pour un potentiel hydrique inférieur à $-1,8 \text{ MPa}$. Si $\psi = -2,1 \text{ MPa}$, un quart environ des graines germent encore (fig. 7). Là encore, *A. nilotica* se montre plus sensible au stress hydrique que les deux autres espèces. Ces résultats confirment donc que la germination d'*A. raddiana* est possible sous de plus fortes contraintes hydriques ou salines que celles mesurées pour d'autres espèces d'acacias (COUGHENOUR et DETLING, 1986 ; SINGH *et al.*, 1991 ; NDOUR et DANTHU, 1998).

Ces différents résultats semblent mettre en évidence une meilleure tolérance d'*A. raddiana* et d'*A. senegal* aux conditions environnementales limites, basses et hautes températures, salinité du milieu ou sécheresse, en comparaison avec *A. nilotica*. Cependant, NDOUR et DANTHU (1998) montrent que l'aptitude à germer en conditions de stress hydrique ou salin n'est pas obligatoirement représentative de l'écologie de la plante adulte, rejoignant ainsi les constats de SHARMA (1973) ou de SY *et al.* (2001). Cette aptitude serait plus indicatrice de stratégies d'installation des différentes espèces. Pour *A. raddiana*, la capacité de germer sous de fortes contraintes hydriques ou salines procure à l'espèce un net avantage compétitif par rapport aux autres espèces.

Conséquences pour la technologie des semences

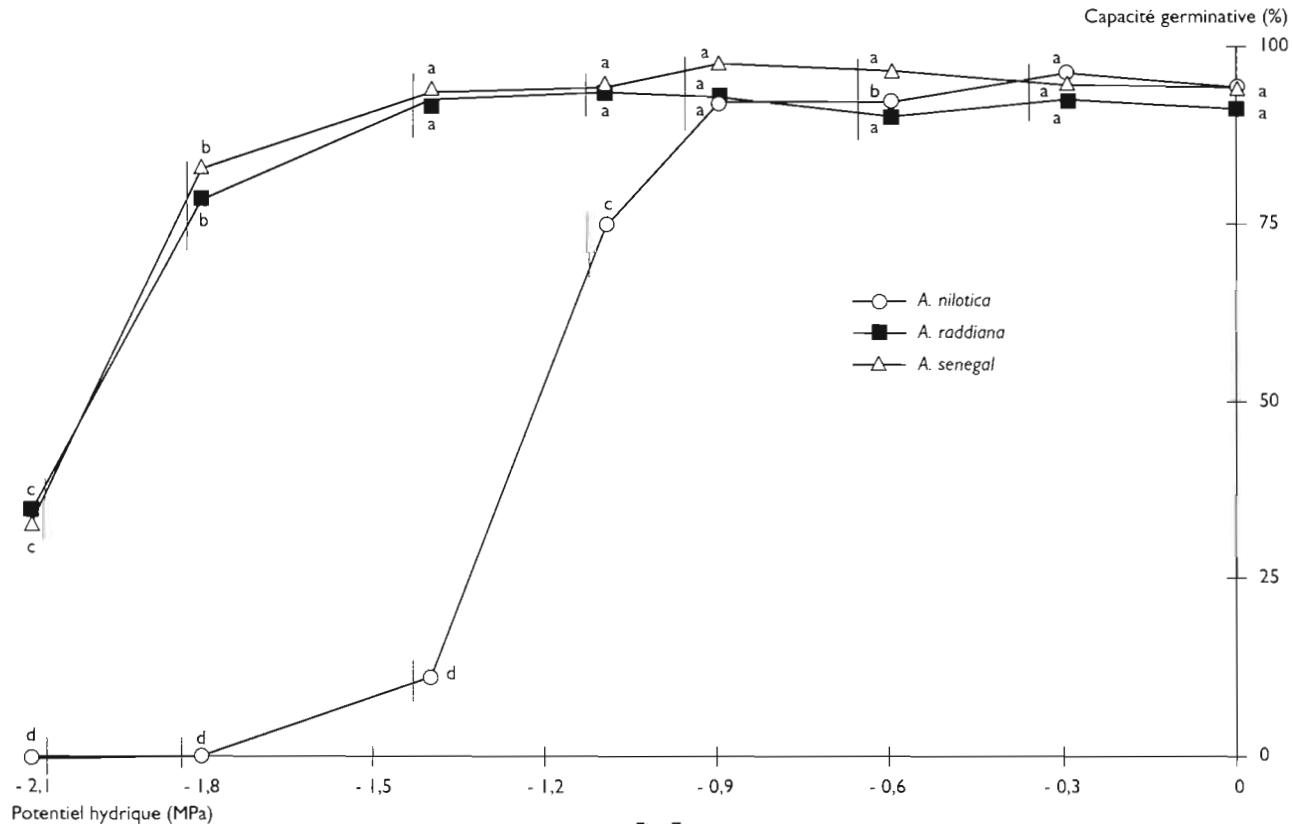
L'ensemble des résultats qui précèdent a donc montré que les graines d'*A. raddiana* ont des téguments durs induisant une inhibition profonde de la germination. Par ailleurs, ils ont mis en évidence le comportement orthodoxe des graines pendant le stockage. Ces caractères, qui représentent des facteurs adaptatifs aux zones sèches, peuvent être soit des atouts, soit des inconvénients aux yeux du forestier. Ainsi, si le comportement orthodoxe des graines d'*A. raddiana* facilite la collecte et le stockage des semences, l'inhibition tégumentaire est un problème pour le pépiniériste. En effet, elle induit une germination erratique et étalée dans le temps incompatible avec la production de plants à moyenne ou grande échelle (ROUSSEL, 1995), car le reboiseur recherche une germination homogène et synchrone des graines. C'est pourquoi de nombreux travaux ont eu pour objectif de mettre au point des méthodes contrôlées de levée de l'inhibition tégumentaire des graines.



▽ Fig. 6

Effet d'une contrainte hydrique simulée par adjonction de sel à l'eau d'imbibition des graines sur la germination d'*A. raddiana*, *A. senegal* et *A. nilotica adansonii*.

Test de Newman-Keuls au seuil de 5 %.



▽ Fig. 7

Effet d'une contrainte hydrique simulée par adjonction de PEG à l'eau d'imbibition des graines sur la germination d'*A. raddiana*, *A. senegal* et *A. nilotica adansonii*.

Test de Newman-Keuls au seuil de 5 %.

La méthode la plus efficace pour lever cette dormance tégumentaire consiste en un trempage dans une solution d'acide sulfurique concentré pendant une heure environ. La scarification manuelle peut être aussi employée. Mais ces méthodes posent le problème de leur utilisation à grande échelle par les structures de développement. En effet, la scarification acide requiert une compétence et un équipement souvent absents (BELLEFONTAINE, 1993) et la scarification manuelle ne peut s'appliquer qu'à de petits lots de graines.

Le passage d'un feu courant n'est pas un élément inducteur de la germination des semences d'*A. raddiana*. Ce constat implique donc qu'en zone de savane sèche, il n'est pas possible d'envisager le feu comme un auxiliaire du reboisement ou de la régénération des peuplements de cette espèce.

C'est pourquoi, des moyens fiables et sans risque de produire des plants d'*A. raddiana* dans des structures à faible technicité ont été recherchés. La scarification par le canon à graines, méthode rapide et sans danger peut être préconisée. Une autre solution pourrait consister à faire assurer la scarification, la conservation et la diffusion des graines « prêtes à l'emploi » par un centre semencier ou un laboratoire bien équipé (canon à graines, chambre froide...). Un essai de vulgarisation mené dans le cadre du Projet national de semences forestières du Sénégal a d'ailleurs montré une très bonne acceptation d'un tel matériel végétal de la part des pépiniéristes villageois sénégalais (Bauwens, communication personnelle).

La germination des graines d'*A. raddiana* est favorisée par une température comprise entre 20 et 35 °C. Pour les essais de laboratoire, on peut donc préconiser de faire germer les semences à une température moyenne de 30 °C. Les graines étant non photosensibles, l'incubation peut être réalisée à l'obscurité. De plus, *A. raddiana* n'est pas sensible aux contraintes hydriques et salines, ce qui rend possible son élevage dans des conditions rustiques. Les techniques de propagation à partir de graines sont donc maîtrisées. Par ailleurs, l'élevage et la gestion des plants jusqu'à leur installation au champ ont fait l'objet de nombreuses mises au point (ROUSSEL, 1995 et présent ouvrage)².

Conclusion

Cette revue a donc permis de faire le point sur les connaissances concernant la graine et la germination d'*A. raddiana*. Elle met en lumière le fait que de nombreux aspects concernant l'écologie et la physiologie de la germination de cette espèce sont maintenant bien connus. Un paquet technologique complet, fiable, permettant la production de plants d'*A. raddiana* soit dans des systèmes à grande échelle (plantations en régie), soit dans des structures à faible technicité (plantations villageoises), est donc disponible.

2. « Élevage en pépinière, mise en place et entretien des plantations d'*Acacia raddiana* en Afrique de l'Ouest ». In Grouzis M., Le Floch E., éd. : *Un arbre au désert, Acacia raddiana*. Paris, IRD Éditions, 2003 : 301-307.

Cependant, et malgré son importance écologique, *A. raddiana* représente moins de 1 % des reboisements au Sénégal (65 000 plants produits sur un total supérieur à 6,7 millions d'après les statistiques de la Direction des eaux, forêts, chasse et conservation des sols [1996]). Le facteur limitant la diffusion de cette espèce n'est donc pas technique, mais relève plutôt de la politique forestière, de contraintes économiques et/ou sociologiques.

Auteurs

P. Danthu
CIRAD-Forêt, BP 853,
Antananarivo 101, Madagascar

J. Roussel
Le Chatellier,
35133 Fougères, France

M. Neffati
Institut des régions arides,
4119 Médenine, Tunisie.

Références bibliographiques

BALLARD L. A. T.,
1973 – Physical barriers to germination.
Seed Sci. & Technol., 1 : 285-303.

BEBAWI F. F., MOHAMED S. M.,
1985 – The pretreatment of
six Sudanese acacias to improve
their germination response.
Seed Sci. & Technol., 13 : 111-119.

BECQUEREL P.,
1907 – Recherches sur la vie latente
des graines. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 13 : 193-311.

BELLEFONTAINE R.,
1993 – « Prétraitements des semences
forestières ». In : *Les problèmes de semences
forestières, notamment en Afrique*, Leiden,
Backhuys Publishers : 143-153.

BONNER F. T.,
1990 – Storage of seeds: potential and
limitations for germplasm conservation.
Forest Ecology and Management, 35 : 35-43.

CAVANAGH T.,
1987 – « Germination of hard-seeded
species (Order Fabales) ». In : *Germination of Australian native plant seed*,
Melbourne, Inkata Press : 58-70.

CHOUARD P.,
1954 – *Dormances et inhibitions des graines
et des bourgeons. Préparation au forçage.*
Thermopériodisme. Paris, C.D.U., 157 p.

CLEMENS J., JONES P. J., GILBERT N. H.,
1977 – Effect of seed treatments
on germination in *Acacia*.
Aust. J. Bot., 25 : 269-276.

COE M., COE C.,
1987 – Large herbivores, *Acacia* trees
and bruchid beetles. *South African
Journal of Science*, 83 : 624-635.

CÔME D.,
1970 – *Les obstacles à la germination*.
Paris, Masson & Cie, 162 p.

- COUGHENOUR M. B., DETLING, J. K.,**
1986 – *Acacia tortilis* seed germination responses to water potential and nutrients. *Afr. J. Ecol.*, 24 : 203-205.
- DANTHU P., ROUSSEL J., DIA M., SARR A.,**
1992 – Effect of different pretreatments on germination of *Acacia senegal* seeds. *Seed Sci. & Technol.*, 20 : 111-117.
- DANTHU P., GAYE A., ROUSSEL J., SARR A.,**
1996 a – « Long-term conservation of seed pretreated by sulfuric acid ». In : *Innovation in tropical tree seed technology*, Copenhagen, Danida Forest Seed Centre : 37-44.
- DANTHU P., ICKOWICZ A., FRIOT D., MANGA D., SARR A.,**
1996 b – Effet du passage par le tractus digestif des ruminants domestiques sur la germination des graines de légumineuses ligneuses des zones tropicales sèches. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 49 : 235-242.
- DANTHU P., NDONGO M., DIAOU M., THIAM O., SARR A., DEDHIU B., OULD MOHAMED VALL A.,**
2002 – Impact of bush fire on germination of some West African acacias. *Forest Ecology and Management*, 173 : 1-10.
- DIALLO I., DANTHU P., SAMBOU B., DIONE D., GOUDIABY A., POULSEN K.,**
1996 – Effects of different pretreatments on the germination of *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. seeds. *International Tree Crops Journal*, 9 : 31-36.
- Direction des eaux, forêts, chasse et conservation des sols (DEFCCS),**
1996 – *Campagne nationale de reboisement*. Dakar, Bilan 1995, Prévisions 1996, 56 p.
- ELLIS R. H., HONG T. D., ROBERTS E. H.,**
1990 – An intermediate category of seed storage behaviour? *Journal of Experimental Botany*, 41 : 1167-1174.
- GUTTERMAN Y.,**
1993 – *Seed germination in desert plants. Adaptations of desert organisms*. Berlin, Springer-Verlag, 253 p.
- HALEVY G.,**
1974 – Effects of gazelles and seed beetles (Bruchidae) on germination and establishment of *Acacia* species. *Israel Journal of Botany*, 23 : 120-126.
- HANNA P. J.,**
1984 – Anatomical features of the seed coat of *Acacia kempeana* (Mueller) which relate to increased germination rate induced by heat treatment. *New Phytol.*, 96 : 23-29.
- HONG T. D., ELLIS R. H.,**
1996 – *A protocol to determine seed storage behaviour*. Rome, IPGRI Technical Bulletin 1, IPGRI, 64 p.
- KARSCHON R.,**
1975 – *Seed germination of Acacia raddiana Savi and A. tortilis Hayne as related to infestation by bruchids*. Bet Dagan, Agricultural Research Organization, Leaflet 52, 9 p.
- LAMPREY H. F., HALEVY G., MAKACHA S.,**
1974 – Interactions between *Acacia*, bruchid seed beetles and large herbivores. *E. Afr. Wildl. J.*, 12 : 81-85.
- LUSH W. M., EVANS L. T.,**
1980 – The seed coats of cowpeas and other grain legumes: structure in relation to function. *Field Crops Research*, 3 : 267-286.
- MILLER M. F.,**
1995 – *Acacia* seed survival, seed germination, and seedling growth following pod consumption by large herbivores and seed chewing by rodents. *Afr. J. Ecol.*, 33 : 194-210.
- NDOUR P., DANTHU P.,**
1998 – « Effet d'un stress hydrique et salin sur la germination de quelques espèces africaines du genre *Acacia* ». In Campa C., Grignon C., Gueye M., Hamon S., éd. : *L'acacia au Sénégal*, Paris, Orstom, coll. Colloques et Séminaires : 105-122.

NONGONIERMA A.,

1977 – Contribution à l'étude biosystématique du genre *Acacia* Miller en Afrique occidentale.
V. Caractères biométriques des fruits. *Bulletin de l'IFAN*, sér. A, 39 : 695-787.

NONGONIERMA A.,

1978 a – Contribution à l'étude biosystématique du genre *Acacia* Miller en Afrique occidentale.
VI. Caractères biométriques des graines. *Bulletin de l'IFAN*, sér. A, 40 : 312-422.

NONGONIERMA A.,

1978 b – Contribution à l'étude biosystématique du genre *Acacia* Miller en Afrique occidentale.
VII. Caractères biologiques des graines : la germination. *Bulletin de l'IFAN*, sér. A, 40 : 480-511.

PEARSON C. J., ISON R. L.,

1987 – *Agronomy of grassland systems*. Cambridge, Cambridge University Press, 169 p.

PITOT A.,

1935 – Le tégument des graines de Légumineuses. *Bulletin de la Société botanique de France*, 82 : 307-308.

POULSEN K. M., STUBSGAARD F.,

1995 – *Three methods for mechanical scarification of hardcoated seed*. Humlebaek, Danida Forest Seed Centre, Technical note, n° 27, 15 p.

ROBERTS E. H.,

1973 – Predicting the storage life of seeds. *Seed Sci. & Technol.*, 1 : 499-514.

ROUSSEL J.,

1995 – *Pépinières et plantations forestières en Afrique tropicale sèche*. Dakar, ISRA-Cirad, 435 p.

SABITI E. N., WEIN R. W.,

1987 – Fire and *Acacia* seeds: a hypothesis of colonization success. *Journal of Ecology*, 74 : 937-946.

SHARMA M. L.,

1973 – Simulation of drought and its effect on germination of five pasture species. *Agronomy Journal*, 65 : 982-987.

SINGH C., KHAJURIA H. N., SINGH A., SHARMA R.,

1991 – Acacias for arid regions. *Acta Botanica Indica*, 19 : 29-32.

SY A., GROUZIS M., DANTHU P.,

2001 – Seed germination of seven Sahelian leguminous species. *Journal of Arid Environments*, 49 : 875-882.

TEKETAY D.,

1996 – Germination ecology of twelve indigenous and eight exotic multipurpose leguminous species from Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, 80 : 209-223.

TRAN V. N.,

1979 – Effects of microwave energy on the strophiole, seed coat and germination of *Acacia* seeds. *Aust. J. Plant. Physiol.*, 6 : 277-287.

TRAN V. N., CAVANAGH A. K.,

1984 – Structural aspect of dormancy. *Seed physiology* : 1-44.

TYBIRK K.,

1991 – *Régénération des légumineuses ligneuses du Sahel*. University of Aarhus, Botanical Institute, AAU Reports, n° 28, 86 p.

TYBIRK K., SCHMIDT L. H., HAUSER T.,

1994 – Notes on soil seed banks of African acacias. *Afr. J. Ecol.*, 32 : 327-330.

VASSAL J.,

1975 – Histologie comparée des téguments séminaux dans quelques espèces d'acacias africains. *Boissiera*, 24 : 285-297.

WERKER E.,

1980/1981 – Seed dormancy as explained by the anatomy of embryo envelopes. *Israel Journal of Botany*, 29 : 22-44.