

L'enrobage de semences pour l'amélioration des parcours non arables par semis aérien au Maroc

Dr. C. Bätke *

RESUME

Des enrobages pour les semences de *Trifolium subterraneum*, *Medicago litoralis* et *Lolium rigidum* ont été développés dans le but d'améliorer leur germination et installation en cas de semis aérien sur des parcours non arables.

L'effet de la composition des pilules à base de farine de tourbe et de bois, de phosphate brut, d'adhésif et d'insecticides sur la germination et l'enracinement des semences enrobées a été étudié au laboratoire, en serre et au champ.

Sur les parcours, les fourmis constituent la plus grande menace pour les graines semées sur la surface du sol. Dans 18 essais pendant 2 ans sur 3 sites, le taux d'installation (en % de graines semées) est passé de 6,1 % pour semences pures à 13,3 % pour semences enrobées. Des comprimés aplatis contenant 5-8 graines ont produit une meilleure installation que des pilules à 1 graine. La survie à long terme n'a pas été améliorée par l'enrobage et n'a pas dépassé un taux de 2 %.

I. INTRODUCTION

La faible production fourragère de nombreux parcours au Maroc pourrait être augmentée par l'introduction de plantes pastorales adaptées, en particulier *Medicago spp.*, *Trifolium subterraneum* et *Lolium rigidum*. La végétation dégradée par des décennies de surpâturage n'exploite pas le potentiel de ces surfaces et expose les sols à l'érosion (Stubbenieck 1978).

La superficie des parcours recevant plus de 300 mm de pluie/an qui se prêterait à un semis aérien, est estimée à 5 mio ha (Jaritz et Kuba 1978, Jaritz 1983). Dans des régions homoclimatiques de Nouvelle Zélande et Australie, les surfaces non arables sont améliorées par fertilisation et semis aérien depuis plus de 40 ans (Prichard 1945, Scott 1970, Charlton et Grant 1977, Mc Donald et Campbell 1979).

INRA, Programme Fourrages - B.P. 6570, Rabat-Instituts, Maroc

Pour le semis aérien des légumineuses, l'enrobage des semences avec tourbe, gomme arabique et chaux, après inoculation avec *Rhizobium* pour assurer la formation des nodules aux plantules, est pratiqué depuis longtemps (Brockwell 1962, Lowther 1975).

Peu de travaux cherchent à améliorer directement le processus d'installation des semis aériens par un enrobage des semences (Scott et Hay 1974).

Sur la base des résultats de Dowling et al. (1971) et Campbell et Swain (1973a), avec des graines germant sur la surface du sol, il nous a paru théoriquement possible, d'améliorer le processus de germination et d'enracinement par un enrobage approprié. En tenant compte des conditions spécifiques au Maroc, quelques exigences à l'égard de l'enrobage ont été formulées par Bâtke (1987a).

Ci-après, un résumé des phases importantes du semis aérien qui peut être influencé par l'enrobage :

Phase	Problème	Solution par enrobage
1. Semis aérien	Propriétés balistiques des différentes graines causent une distribution hétérogène	Semences sous forme de pilules calibrées
2. Semences reposant à la surface du sol	Perte de semences par fourmis, oiseaux, vent, etc...	Effet répulsif contre voleurs de semences (e.g. par insecticides), contact étroit avec le sol par adhésif et poids
3. Germination	Approvisionnement en eau	Absorption et conservation de l'humidité par la pilule
4. Enracinement	Pénétration de la racine dans le sol difficile à cause de la formation d'une croûte superficielle après pluies	Ancrage des semences au sol par adhésif, poids, large zone de contact
5. Développement des plantules	Fertilité du sol	Eléments nutritifs dans la pilule, inoculation avec <i>Rhizobium</i> ...
6. Survie	Mauvaises herbes, stress hydrique, gestion de pâturage	— — —

Dans le cadre d'un projet de la coopération technique entre l'INRA*/Maroc et la GTZ*/R.F.A , il a été tenté de développer un enrobage adapté aux légumineuses et graminées fourragères annuelles, susceptible de résoudre les problèmes mentionnés ci-dessus.

Ci-après, un résumé des résultats essentiels de ce travail. Les méthodes et précisions ont déjà été communiquées en détail auparavant (Bätke 1987b).

II. MATERIEL ET METHODES

L'enrobabilité des semences et la compatibilité avec la germination des substances d'enrobage ont été vérifiées dans des essais préliminaires effectués en collaboration avec les Ets. Kleinwanzlebener Saatzzucht, Einbeck/R.F.A. Les essais ont montré qu'un mélange de pilules simplifié et l'utilisation de substances disponibles au Maroc a également donné de bon résultats, de sorte que les pilules ont été développées sur cette base :

Substances d'enrobage

- T = tourbe de horticulture, faiblement fertilisée, pH 5,5-6
- H = sciures de bois des espèces *Abies pinsapo*, *Pinus maritima* et *Shorea* spp. ("Meranti")
- P = phosphate brut en poudre (32 % P_2O_5)
- Ca = engrais de chaux ($CaCO_3$)
- K = adhésif sous forme de poudre de méthylcellulose (K_1 de la KWS, Einbeck/R.F.A.)
- J = insecticides :
 - Unden liquide (200g/1 Propoxur)
 - Baygon poudre
 - Decis liquide (25g/1 Deltamethrin)
 - Nexit liquide (255g/1 Lindan)
 - Indelac (23g/1 Chlorpyrifos et 20g/1 Dichlorfos)
- Superslurper = absorbants d'eau synthétiques à base de copolymères d'amidon fortement réticulés
- engrais = différentes formes de N, P, K et oligo-éléments en engrais soluble à un ou plusieurs éléments

* INRA = Institut National de la Recherche Agronomique, Rabat/Maroc

* GTZ = Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH, Eschborn/R.F.A.

Toutes les substances grossières ont été séchées et moulues dans un moulin mâchefer à 0,25 mm.

Semences

Les semences utilisées pour les essais ont été importées d'Australie en septembre 84 :

<i>Trifolium subterraneum</i>	Daliak, Mt. Barker, Clare, Seaton Park
<i>Medicago littoralis</i>	Harbinger
<i>Lolium rigidum</i>	Wimmera
<i>Phalaris aquatica</i>	Sirolan

Enrobage

Le récipient ayant servi à l'enrobage était un aquarium sphérique de 26 cm de diamètre, dont la paroi extérieure a été renforcée par 2 couches de fibre de verre et de résine de polyester. Actionné par un moteur électrique, sa vitesse de rotation pouvait être variée à volonté. Il s'est avéré que 30 rotations/min. convenaient particulièrement à l'enrobage, l'axe de rotation étant incliné à un angle qui porte à faux de 60-70°.

40-100 g de semences ont pu être enrobés par charge. Un pulvérisateur a servi à humecter les semences avec la solution adhésive (1-3 g K_{51} /1 H_2O). L'adjonction dosée du mélange sec des matières d'enrobage a été effectuée avec une cuillère. Les pilules finies ont séché sur des tamis métalliques dans une étuve à 30-35° C. Elles contenaient chacune une semence; leur rapport de poids semence : enrobage était après le séchage de 1 : 1 à 1 : 3, le diamètre de 3-5 mm.

Pour appliquer les insecticides, les pilules sèches ont été humectées dans le tambour d'enrobage par pulvérisation d'une solution d'insecticide (concentration 0,5 à 2 % selon le mode d'emploi du produit). L'Indelac a été appliqué non dilué en raison de 1 à 7 % du poids des pilules sèches.

Comprimés de semences (Tabs)

Des comprimés de grande taille à plusieurs semences ont été réalisés pour servir d'alternative à l'enrobage d'une seule semence. Les semences (possibilité de mélanger variétés et espèces) ont été mélangées avec 6 à 7 fois leur poids de matière d'enrobage sèche, humectées avec la solution adhésive (2 g K_{51} /1) et travaillées pour obtenir une pâte. Les comprimés ont été formés à la main (env. 10 mm de diamètre, env. 2 mm d'épaisseur), chacun contenant 5-8 semences. Le séchage des comprimés s'est fait dans l'étuve à 35° C.

Tests de germination (laboratoire)

Table de germination de Jacobsen ; température constante à 20° C ; semis des semences/pilules sur des disques de papier-filtre, recouvertes de calottes aérées en plexiglas.

Test de semis aérien simulé (serre)

Des coupes peu profondes en plastique (7 × 35 × 55 cm) ont été remplies à ras de 6,5 kg de sol sablonneux (séché à l'air, pH 6,8, teneur en argile 3,5 %, tamisé à < 2 mm) et égalisées avec une planche de bois. Avant le semis, un seul arrosage a été effectué jusqu'à saturation d'eau moyennant un dispositif d'arrosage fin (barre du pulvérisateur avec buses à trous ronds de 1,0 mm, débit d'eau env. 1 mm/min.).

Intensité d'arrosage "humide": arrosage journalier jusqu'à saturation du sol
"aride": arrosage tous les 2-3 jours selon l'intensité de l'ensoleillement

Essais au champ

Les semences enrobées ont été testées en petites et en grandes parcelles sur différents sols. Les sites expérimentaux se distinguaient par la nature du sol et le climat comme suit :

Station	Sol	Pluviométrie annuelle (mm)	Températures ¹⁾ (° C)	Zone climatique
Had Soualem (ferme SNDE)	sable	371	M 27,3 m 6,8	semi-aride hiver doux
Norafri (ferme SOGETA)	argile	668	M 28,9 m 8,6	subhumide à hiver doux
Assifane (ferme INRA)	lêhm	1150	M 32,1 m 2,0	humide à hiver froid

¹⁾ M = maxima moyen du mois le plus chaud
m = minima moyen du mois le plus froid

Le semis a été effectué à la main sur le sol non labouré. La surface du sol était recouverte, selon les essais, de résidus de végétation et de nouvelle végétation spontanée de différentes quantités (0-800 kg MS/ha). Dans certains cas, le semis a été suivi d'un piétinement intensif de la surface expérimentale par un troupeau d'ovins, afin de faire pénétrer les semences dans le sol.

Toutes les surfaces expérimentales ont été fertilisées avant le semis aérien avec 80 kg/ha de P₂O₅ (supertriplephosphate) et 60 kg/ha de K₂O (chlorure de potassium). Dans certains cas, les parcelles ont été traitées avant le semis avec 2 l/ha de Grammoxone ou 3 l/ha de Roundup, afin de détruire la végétation spontanée.

III. RESULTATS

A. ESSAIS EN LABORATOIRE ET DANS LA SERRE

1. Choix des espèces

Le pouvoir des différentes espèces fourragères de s'enraciner après avoir germé sur la surface de sol, a été testé en serre (arrosage "aride"). Les semences graminéennes de *Lolium* et *Phalaris* ont montré des taux d'installation (exprimés en % de graines germées) plus élevés que celles de *Medicago* ou *Trifolium*. La figure 1 montre ces différences.

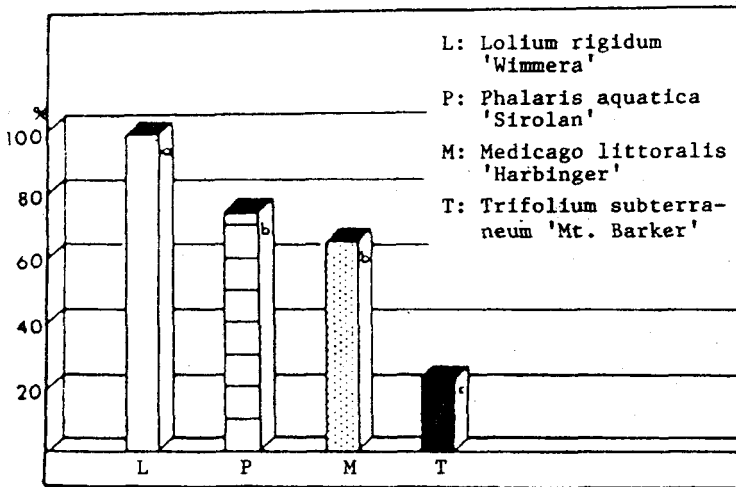


Fig. 1 : Installation de différentes espèces fourragères non enrobées semées sur la surface du sol (en % des graines germées)

Un essai réalisé dans la serre avec plusieurs variétés de *Trifolium subterraneum* et 2 intensités d'arrosage, a montré des différences intraspécifiques de taux d'enracinement. La variété à grosses semences "Clare" s'est avérée supérieure aux variétés "Mt. Barker", "Daliak" et "Seaton Park" et a montré dans des conditions plus sèches (arrosage tous les 2 jours) une efficacité d'installation plus élevée que les autres variétés (figure 2).

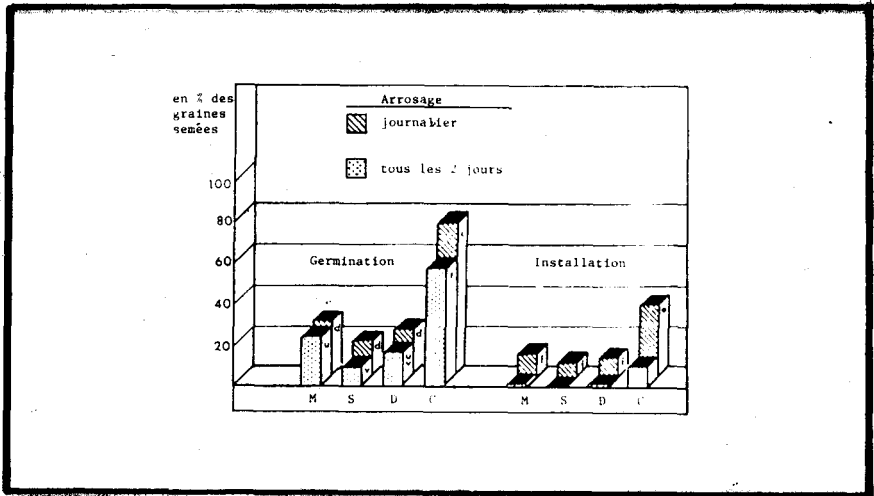


Fig. 2 : Germination et installation de semences non enrobées de *Trifolium subterraneum* sur la surface du sol (essai en serre ; M = Mt. Barker, S = Seaton Park, D = Daliak, C = Clare)

2. Composition de la matière d'enrobage

- Des pilules à base de farine de tourbe (T) ou farine de bois (H), phosphate brut (P) et adhésif de méthylcellulose (K) ont permis des taux de germination élevés en laboratoire chez *Trifolium*, *Medicago* et *Lolium*. *Phalaris aquatica* a réagi à toute sorte d'enrobage par une baisse de la capacité de germination.
- Pour des raisons techniques d'enrobage, il a été nécessaire d'ajouter à la farine de tourbe ou de bois, riche en fibres, du phosphate brut d'une proportion de 40-60 % du poids.
- Le remplacement de tourbe par des mélanges de farine de bois a entraîné une baisse faible à modérée de l'enrobabilité et de la capacité de germination.
- Un supplément de matière adhésive (K₅₁ - poudre de méthylcellulose) ajouté au mélange de T resp. H et P, a favorisé la plasticité et la formation de fluide visqueux de l'enrobage humide. Des doses de 5-20 % du poids du mélange T/P n'ont pas influencé la capacité de germination des semences enrobées.
- Les pilules T/P avec un supplément de 5-10 % de K₅₁ ont absorbé 4 à 5 fois plus d'eau que les semences pures et ont retardé de plusieurs heures le resé-

chage des semences (au laboratoire). Lors du semis aérien simulé dans la serre avec arrosage réduit, cette capacité de rétention d'eau a permis aux semences enrobées de *Medicago* et *Trifolium* d'atteindre des taux de germination nettement supérieurs par rapport aux semences pures (augmentation de 2-5 fois selon l'espèce et la disponibilité d'eau).

- Une couche de matière adhésive à la surface des pilules a pu les faire adhérer, après humidification, à la zone de contact au sol. Le pouvoir adhésif était toutefois insuffisant pour permettre à la racicule de surmonter la résistance à la pénétration de la surface du sol. L'élongation de la racicule a par conséquent souvent conduit à un déplacement de la semence et ensuite au dessèchement de la racicule.
- Le fait d'être protégées de la lumière par l'enrobage n'a pas modifié le comportement de germination des graines. L'augmentation de l'humidité ambiante a été décisive. Des influences liées au processus d'enrobage (charge mécanique dans le tambour d'enrobage, bref gonflage des semences dans la pilule humide, absorption de substances nocives contenues dans les matières d'enrobage) n'ont pas exercé d'effet évident sur la germination.
- Des suppléments d'engrais d'ammonitrate, de supertriplephosphate ou de phosphate dihydrogène de potassium ajoutés au mélange de base T/P ont été supportés à faible doses (N jusqu'à 0,5 %, P à envi. 0,4 %, P + K combinés à envi. 0,7 % du poids de mélange de base). Une influence positive sur le poids des plantules n'a cependant pas été constatée.
- A des concentrations de plus de 3 g de K_2O / 1 H₂O, l'adhésif contenu dans la solution de pulvérisation lors de l'enrobage a rendu l'enrobage plus difficile et augmenté la dureté des pilules. Malgré cela, dans des conditions naturelles de pluie, la résistance des pilules n'a pu être améliorée de façon décisive. 4,5 mm de pluie ont suffi à dissoudre les pilules en 3.1/2 heures même lorsqu'elles étaient produites avec 8 g K_2O / 1 de solution de pulvérisation.
- En laboratoire, le traitement des pilules T/P avec Carbofuran, Propoxur, Deltaméthrin ou Lindan n'a ni produit un effet répulsif sur les fourmis, ni abouti à leur destruction rapide. Seul "Indelac", à base de Chlorpyrifos et Dichlorfos, s'est montré répulsif et - au contact - relativement toxique. Les semences ont réagi à des quantités croissantes d'Indelac par une baisse de la capacité de germination. La sensibilité augmentait dans l'ordre suivant : *Trifolium*, *Medicago*, *Lolium*, *Phalaris*.
- Les comprimés de semences (tabs) ont atteint après humidification un poids élevé et formé une grande surface de contact au sol, de sorte que la germination et l'installation dans la serre étaient nettement supérieures aux pilules à 1 seule semence.

Les essais conduits dans la serre ont montré que l'enrobage pouvait influencer le taux d'installation principalement grâce à une meilleure germination et, avec traitement d'Indelac, à l'effet répulsif exercé sur les fourmis.

Par contre, la faible capacité de résistance des pilules à la pluie rendait peu probable l'amélioration de l'installation par ancrage des semences au sol ou par adjonction d'engrais.

Pour les essais au champ, différentes compositions d'enrobage ont été produites, dont des pilules à engrais, pilules "Superslurper", pilules inoculées, pilules à insecticides ainsi que des comprimés à plusieurs graines (tabs).

B. ESSAIS AU CHAMP

1. Effet des pilules

A Had Soualem, la comparaison de différentes pilules et de comprimés sur petites parcelles a montré que la composition de l'enrobage a peu influencé le taux d'installation. Seule l'utilisation de comprimés a conduit à une nette amélioration du résultat (tableau 1).

Tabl. 1 : Taux d'installation de semences pures et enrobées à Had Soualem 85/86 (39 jours après le semis en % des graines semées)

Semences	<i>Medicago littoralis</i>	<i>Lolium rigidum</i>
pures	4,9	18,0
enrobées ¹⁾	4,5 - 5,8	11,7 - 24,5
comprimés ²⁾	16,8	39,0
PPDS 5 %	3,9	7,2

¹⁾ Valeur limite de 6 différentes compositions d'enrobage

²⁾ Moyenne de 2 différentes compositions

Des observations de quelques pilules et semences individuelles ont montré que l'enrobage, lavé et emporté par la pluie, n'a pas exercé longtemps des effets sur les semences. Ce manque de résistance des pilules s'était déjà signalé dans les essais effectués dans la serre.

Dans 18 comparaisons de semis aérien de semences pures et enrobées réalisées au cours de 2 périodes de végétation sur 3 sites, les semences pures de dif-

férentes espèces de plantes fourragères ont atteint un taux d'installation moyen de 6,2 % des graines semées contre 13,3 % lorsqu'il s'agissait de semences enrobées. La réussite de l'installation y était davantage liée à la protection des semences contre les fourmis qu'à l'amélioration de l'installation par un enrobage approprié.

En fonction de l'abondance des précipitations, des pertes dues aux fourmis et à la dureté de la croûte du sol, le taux d'installation des semences pures était de 0 à 19,7 %, celui des semences enrobées de 0 à 34,3 %.

Dans aucun essai, il n'a été possible de prouver une influence de l'enrobage sur le taux de survie à long terme. Dans tous les semis aériens, le nombre de plantules survivant plus de 4 mois après le semis, était inférieur à 2 % du nombre de graines semées.

2. Protection contre les fourmis

Lorsque les semences étaient menacées par des fourmis, l'enrobage a retardé les pertes et augmenté les chances de germination et d'installation. Cette protection a été renforcée par "Indelac". Toutefois, il est aussi arrivé quelquefois d'enregistrer des pertes élevées avec des semences protégées (tableau 2).

Tabl. 2 : Semences retrouvées et installées de *Medicago* pures et enrobées par rapport à l'activité des fourmis sur la surface expérimentale (résumé de 5 essais à Had Soualem 85/86)

Activité des fourmis	Semences retrouvées en % des graines semées		Semences installées en % des graines semées	
	pures	enrobées	pures	enrobées
très faible	84,0	81,0*	4,9	10,6*
faible	64,0*	98,0*	9,7*	28,2*
moyenne	41,5	77,9	6,1	14,7
élevée	2,0	58,3*	0,4	19,1*
très élevée	0,4	2,8*	0,0	0,2*

* Semences resp. pilules traitées avec Indelac

Les observations ont montré que les fourmis nécessitent un certain temps avant de reconnaître les semences enrobées, mais qu'elles les ramassent ensuite avec la même intensité que les semences pures. L'effet répulsif du traitement à Indelac disparaissait en 3-4 jours, de sorte qu'en cas de sécheresse prolongée après le semis, même Indelac ne pouvait empêcher des pertes.

3. Enfouissement des semences dans le sol par piétinement d'ovins

Etant donné que les fourmis ramassent de préférence les semences reposant sur le sol, il a été testé si un piétinement de la surface expérimentale immédiatement après le semis aérien peut faire pénétrer les semences dans le sol. Ceci devrait diminuer les pertes de semences et exercer un effet positif sur le taux d'installation grâce aux meilleures conditions de germination dans le sol.

Des essais effectués avec différentes semences sur différents sols ont montré que le piétinement a seulement peu amélioré le taux d'installation bien que parfois une quantité considérable de semences a été enfouie dans le sol (tableau 3). Sur un sol léhmieux dur et sec, cette mesure a été un échec total.

Tabl. 3 : Influence du piétinement d'ovins sur le taux de récupération et d'installation de semences pures et enrobées

1) Site	2) Four- mis	3) Es- pèce	4) Traitement des se- mences	5) Sem. retrouvées (en % du semis)			6) Sem. installées (en % du semis)		
				sans piétinement	avec	PPDS 5 %	sans piétinement	avec	PPDS 5 %
HS	5	M	—	2,0	7,5	n.s.	0,4	5,8	n.s.
HS	3	M	IND	60,7	32,5	18,5	10,3	14,8	n.s.
HS	3	M	E + IND	58,3	24,0	9,3	19,1	13,7	n.s.
HS	5	L	—	0,4	2,5	n.s.	1,2	2,9	n.s.
HS	3	L	IND	52,0	22,8	18,0	12,1	14,0	n.s.
HS	3	L	E + IND	65,8	37,5	12,1	12,0	14,5	n.s.
A	1	T	—	96,7	94,0	n.s.	0,1	0,1	n.s.
SA	2	M	—	89,9	56,1	16,4	2,0	2,3	n.s.
Moyenne				53,2	34,6		7,15	8,51	

1) HS = Had Soualem (sable) ; A = Assifane (léhm) ; SA = Sidi Aissa (argile)

2) Activité des fourmis : 1 = très faible, 5 = très forte

3) M = *Medicago spp.* ; L = *Lolium* ; T = *Trifolium subterraneum*

4) IND = traitement Indelac (1,2-1,6 % de poids de graines ; 5-7 % de poids de pilules) ;

E = enrobage d'un mélange à base de farine de tourbe, farine de bois, phosphate brut et méthylcellulose

5) Semences retrouvées 1-8 jours après le semis à la surface du sol

6) Plantules enracinées 30-40 jours après le semis

4. Recouvrement du sol

Sous une couverture de végétation spontanée sèche ou verte, le sol reste plus longtemps humide après la pluie. Des semences au stade de germination y trouvent plus facilement un appui pour faire pénétrer la radicule dans le sol, d'autant plus que la surface est moins compacte que sans protection végétale.

Ces conditions d'installation plus favorables ont conduit lors d'un semis aérien de semences protégées contre les fourmis à une bonne réussite d'installation à Had Soualem (figure 3).

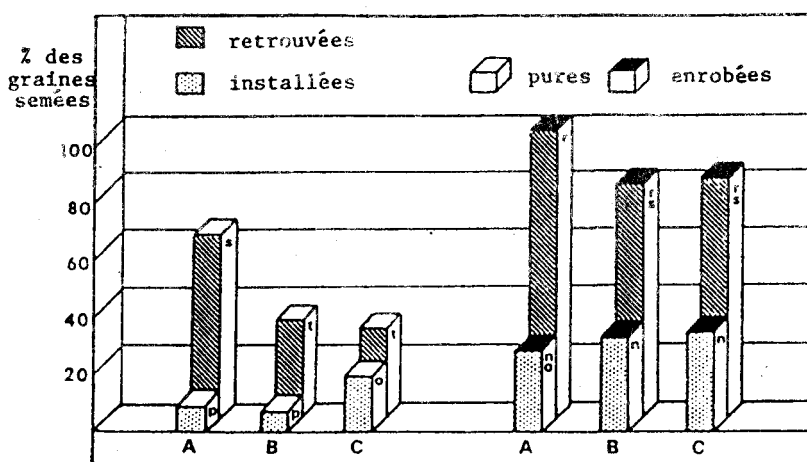


Fig. 3 : Influence du recouvrement du sol sur le taux de semences retrouvées et installées de *Medicago littoralis* pures ou enrobées

(A = sol nu, B = résidus de végétation secs de 0,8 t MS/ha, C = comme B avec couverture de mauvaises herbes de 0,2 t MS/ha traitée avec un herbicide)

Le taux de récupération a diminué légèrement avec couverture du sol étant donné que l'activité des fourmis y est plus grande que sur le sol nu. En dépit de cela, le taux d'installation de semences de *Medicago* pures et enrobées, traitées avec Indelac, est passé en moyenne de 19,7 % à 27,0 %. L'efficacité d'installation a par conséquent été considérablement augmentée par recouvrement du sol.

Mis en relation avec le nombre de semences retrouvées 10 jours après le semis, le nombre de plantules enracinées est passé grâce au recouvrement du sol de 15,1 % à 63,5 % en ce qui concerne les semences pures et de 29,8 % à 41,8 % en ce qui concerne les semences enrobées.

L'effet particulièrement favorable de la couverture de mulch sur les semences pures a été expliqué par des observations détaillées : les semences pures sont de plus petite taille que les pilules de semences, ce qui leur permet de glisser plus souvent et plus profondément dans de petites fissures ou irrégularités du sol où la germination et l'enracinement sont plus faciles qu'à la surface.

Malgré la bonne installation, les plantes de cet essai n'ont pas non plus atteint la maturité des semences, soit parce qu'elles se sont desséchées tôt, soit parce que la végétation de mauvaises herbes les a réprimé.

5. Intensité pluviométrique

Les essais réalisés avec des semences enrobées ou des comprimés de semences de *Trifolium subterraneum* sur un site expérimental à précipitations hivernales élevées (Assifane, P = 1150 mm) n'ont pas abouti à des résultats positifs, malgré plusieurs répétitions au cours de l'année 85/86. L'intensité des averses ont à chaque fois entraîné la dissolution rapide de l'enrobage et souvent même les semences ont été emportées. Les quelques semences restées sur la parcelle n'ont pas pu faire pénétrer leur radicule dans ce sol argileux. Des plantes installées ont seulement été trouvées dans d'anciennes empreintes bovines et sous des résidus végétaux.

IV. DISCUSSION

1. ESSAIS EN SERRE

Influence du génotype sur l'installation

Les plantes fourragères utilisées pour l'enrobage s'étaient montrées adaptées aux sites expérimentaux au cours de précédents essais variétaux et de comportement (Bounejmate et al. 1982-85).

La capacité de germination et d'installation observée sur la surface du sol dans l'ordre *Lolium* > *Phalaris* > *Medicago*, *Trifolium* est conforme aux résultats de Harper et Benton (1966). La capacité de germination divergente de *Lolium rigidum* et *Trifolium subterraneum* en présence de peu d'eau a été rapportée dans d'autres études (Campbell 1968a ; Mott 1974 ; Roberts 1966). Ensuite, outre la taille et l'étendue de la zone de contact possible au sol, la formation de fluide visqueux par les cellules épidermiques du testa joue également un rôle important.

Derwyn et al. (1966) et Smith (1968) ont trouvé chez des graminées annuelles une relation directe entre le taux de germination et le taux d'installation. Une plus grande efficacité d'installation de *Lolium* et *Phalaris* par rap-

port à *Medicago* et *Trifolium* est d'après Campbell et Swain (1973a) une conséquence de différentes stratégies de pénétration dans le sol. Les semences graminéennes s'attachent à la surface du sol par des poils très fins du côté de l'embryon et injectent la racicule directement dans le sol. Les semences légumineuses n'ont pas ce lien et la racicule est plus grosse que celle des graminées.

D'après Cornish (1982), la croissance réduite et le taux de survie défavorable des plantules installées après un semis aérien sont dus à la formation déficiente de la racine principale. Nos observations ont permis de déceler des contractions, endommagements et torsions au niveau du collet de la racine lorsque la racine ne pouvait pas pénétrer dans le sol immédiatement à côté ou sous la semence.

Influence de l'enrobage sur la germination et l'installation

Une amélioration de la rapidité et du taux de germination des graines semées sur la surface du sol par l'enrobage a déjà été obtenue par Dowling et al. (1971) moyennant de simples enrobages de chaux ou de bentonite. L'effet de l'enrobage provient de l'augmentation de l'humidité environnante, à laquelle les semences à forts besoins hydriques (*Trifolium*) réagissent positivement. L'influence négative de tout enrobage chez *Phalaris aquatica* a confirmé les résultats de Dowling (1978), qui a constaté chez *Festuca arundinacea* et *Phalaris* avec différents enrobages des capacités de germination en baisse.

Installation de pilules

Au cours des essais préliminaires, des morceaux durs de pilules avaient gêné le développement des cotylédons et la pénétration de la racicule dans le sol. Campbell et Swain (1973b) ont cité ces obstacles parmi les raisons de pertes lors du semis aérien. Le problème a été résolu par l'addition de 5-10 % de méthylcellulose à la matière d'enrobage, qui devient gélatineuse après absorption d'eau et qui rend les pilules facilement perforables pour les racicules.

L'adhésion des pilules au sol n'a toutefois pas été suffisante pour permettre aux racicules de rentrer dans le sol. Les essais de Dowling et al. (1971) donnent une idée de la force d'une racicule qui s'étire. Ils ont obtenu une amélioration nette de l'installation rien qu'en fixant les semences au sol avec des pointes courbées. Dans nos essais, seul l'effet jugulé du poids et des pouvoirs de cohésion des comprimés de semences (Tabs) a permis un ancrage suffisant des graines au sol.

Incorporation d'engrais dans l'enrobage

L'effet réduit d'engrais ajoutés à l'enrobage sur le développement des

plantules était dû à la restriction quantitative de fournir suffisamment d'éléments nutritifs sans causer de dégâts dus au sel. Selon Dowling et al. (1970), Krigel (1967) et Silcock et Smith (1982), les besoins précoces en éléments nutritifs de semences germinantes ont été estimés à 1,5-2 mg N par plant pour *Trifolium* et *Medicago*, 0,5 mg N pour *Lolium* et 40-80 mg P. Il n'a pas été possible d'ajouter aux pilules de telles doses d'engrais soluble sans inhiber fortement la germination.

Vartha et Clifford (1973) de même que Scott et Hay (1974) ont attribué les effets positifs de l'enrobage avec engrais surtout aux effets physiques de la pilule. Etant donné que la faible quantité d'engrais applicable sans inhiber la germination est en plus lavée de la semence par la pluie et offerte au sol à l'adsorption, l'absence d'effet de fertilisation devient plausible.

Protection des semences contre les fourmis

En Australie, les fourmis ramasseuses de semences de l'espèce *Pheidole* spp. et *Veromessor* spp. figurent parmi les principales causes de pertes de semences après semis aérien (Campbell et Swain 1973b). Campbell et Gilmour (1979) ont réussi de diminuer ces pertes par traitement des semences avec Lindan ou Permethrin, alors que Chlorpyrifos s'est avéré sans effet.

Dans nos essais par contre, l'espèce fourmilère dominante au Maroc, *Messor barbarus*, n'a réagi ni à Lindan, ni à Deltaméthrin, proche de Permethrin. Seul Indelac, contenant du Chlorpyrifos, a eu un fort effet répulsif. Il n'a pas été élucidé si celui-ci était dû au Chlorpyrifos ou au Dichlorofos également présent.

La compatibilité limitée d'Indelac avec la germination n'a permis qu'un faible dosage sur les semences pures et enrobées. Dans l'essai au champ, les pertes de semences ont pu être diminuées nettement dans certains cas ; l'effet de protection s'est toutefois estompé après quelques jours.

Sans Indelac, en cas d'activité élevée des fourmis, des pertes de semences de 20-30 kg/ha en 2 jours ont été observées.

La brièveté de l'effet de protection d'Indelac impose un semis aérien juste avant le début de pluies déclenchant la germination. Après la germination, les semences ne sont plus ramassées par les fourmis.

Le traitement par insecticides de grandes surfaces de parcours à semis aérien est à déconseiller, d'autant que l'importance écologique des fourmis, qui, dans les régions arides, représentent jusqu'à 75 % de la faune du sol, n'est pas encore suffisamment connue (Whitfort 1978).

2. ESSAIS AU CHAMP

Effet d'enrobage

A Had Soualem, dans la moyenne de tous les essais au champ, les pilules ont atteint des taux d'installation légèrement plus élevés que les semences pures, alors qu'à pluviométrie plus élevée, sur des sols plus argileux à Tanger et Assifane, le semis aérien n'a pas été influencé par l'enrobage.

Les expériences faites pendant 16 ans sur au total 70.000 ha ont conduit Hull et al. (1963) à la conclusion que dans les régions semi-arides à arides les enrobages de semences n'offrent pas d'avantages pour l'installation des prairies. Mais dans des travaux ultérieurs en Australie et Nouvelle Zélande, les semis aériens de pilules ont été appréciés davantage (Johnson 1975, Vartha et Clifford 1973). L'efficacité de l'enrobage dépend du laps de temps qu'il reste sur les graines sans être dissous par la pluie (Silcock et Smith 1982).

Effet de recouvrement du sol

L'influence positive, observée à Had Soualem et Assifane, du recouvrement du sol par des résidus végétaux sur le taux d'installation ainsi que l'importance d'une surface de sol hétérogène et du type de sol ont confirmé les résultats correspondants de Dowling et al. (1971), Campbell (1968 a et b), Musgrave (1976), Dowling et Gilmour (1983) ainsi que Raguse et al. (1977).

L'importance d'une répression durable des mauvaises herbes pour le taux de survie de graines semées sur la surface du sol a été prouvée par les essais de Campbell et al. (1981). Dans nos essais, il a été observé dans tous les cas que les mauvaises herbes répriment les germes faibles installés, de sorte que le taux de survie était toujours inférieur à 2 %.

La disponibilité limitée de l'eau à Had Soualem (pluviométrie annuelle 371 mm) a été une autre menace pour les plantules installées. Dowling et al. (1971) ont même dans des régions d'une pluviométrie annuelle de 500-1000 mm enregistré des taux de survie de seulement 1-2 %. Le faible développement de la racine après l'installation des graines sur la surface du sol rend les plantules particulièrement sensibles au stress hydrique.

Piétinement d'ovins

Jusqu'à présent, il n'y a pas d'autres expériences publiées qui pourraient être comparées aux essais effectués concernant l'effet de piétinement d'ovins de semis aérien dans le but d'enfouir les semences dans le sol. Nos essais ont montré que, sur un sol sablonneux, plus de 30 % des graines semées peuvent être incorporées dans le sol. Il n'a toutefois pas été élucidé si elles sont alors

réellement à l'abri des fourmis car le taux d'installation n'a augmenté que modérément. D'après les résultats de laboratoire de Dowling et al. (1971) ainsi que de Campbell et Swain (1973a), l'ameublissement de la couche supérieure du sol pourrait avoir - du moins sur le sol sablonneux - des effets positifs sur le taux d'enracinement. Sur des sols riches en argile, les semences ne peuvent être enfouies par piétinement que si le sol est humide. Sur le sol argileux, sec, le piétinement d'ovins n'a pas d'effet.

Une appréciation finale de l'effet de piétinement d'ovins n'a pas encore été faite. Toutefois, étant donné que cette mesure est simple et bon marché au Maroc, elle peut constituer une aide pour le semis aérien.

V. CONCLUSION

L'influence directe de l'enrobage sur le taux d'installation du semis aérien est négligeable. En tant que support d'insecticides contre les fourmis, l'enrobage peut toutefois augmenter les chances de réussite d'un semis aérien, en contribuant à retenir un maximum de semences capables de germer sur la surface semée. La réussite de l'installation dépend de façon décisive de l'aménagement d'une surface structurée, couverte de résidus végétaux, d'un contrôle durable des mauvaises herbes et d'une date de semis si possible juste avant des précipitations abondantes.

En ce qui concerne l'emploi de comprimés de semences, les résultats obtenus ne permettent pas encore des conclusions. Leur utilisation se limiterait néanmoins à des surfaces presque nues, où les comprimés peuvent assurer un contact étroit au sol.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BÄTKE, C. 1987a : *L'enrobage de semences fourragères pour l'amélioration de parcours non arables par semis superficiel au Maroc.*
Al Awamia 62, 142-154.

BÄTKE, C. 1987b : *Pillierung von Futterpflanzensamen zur Verbesserung unbearbeiteter Hutungsflächen in Marokko durch Aufsaat.*
Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen 29, Triops-Verlag, Langen/RFA.

BOUNEJMATE, M. ; JARITZ, G. ; SCHULTE-BATENBROCK, T. GLATZLE, A. 1982 - 1985 : *Rapports annuels de la Station Centrale des Plantes Fourragères.* INRA-Maroc.

BROCKWELL, J. 1962 : *Studies on seed pelleting as an aid to legume seed inoculation.*
Aust. J. Agr. Res. 13, 638-649.

- CAMPBELL, M. H. 1968a : *Establishment, growth and survival of six pasture species surface-sown on unploughed land infested with serrated tussock.*
Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husband. 8, 470-477.
- CAMPBELL, M. H. 1968b : *Aerial sowing of pastures on the central tablelands of New South Wales.*
Agric. Gaz. N.S.W. 79, 644-650.
- CAMPBELL, M. H. et GILMOUR, A. R. 1979 : *Reducing losses of surface-sown seed due to harvesting ants.*
Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husband. 19, 706-711.
- CAMPBELL, M. H. ; GILMOUR, A. R. et VERE, D. T. 1981 : *Establishment and development of surface-sown pasture species in a nitrophilous weed association : effect of herbicide rate.*
Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husband. 21, 531-537.
- CAMPBELL, M. H. et SWAIN, F. G. 1973a : *Effects of strength, tillth and heterogeneity of the soil surface on radicle entry of surface-sown seeds.*
J. Br. Grassl. Soc. 28, 41-50.
- CAMPBELL, M. H. et SWAIN, F. G. 1973b : *Factors causing losses during the establishment of surface-sown pastures.*
J. of Range Management 26(5), 355-359.
- CHARLTON, J. F. L. et GRANT, D. A. 1977 : *Distribution of legume seed by aircraft in unploughable hill country.*
New Zealand J. Exp. Agric. 5, 85-89.
- CORNISH, P. S. 1982 : *Root development in seedlings of ryegrass (*Lolium perenne* L.) and phalaris (*Phalaris aquatica* L.) sown onto the soil surface.*
Aust. Agric. Res. 33, 665-677.
- DERWYN, R. ; WHALLEY, B. et MCKELL, C. M. 1966 : *Seedling vigour and the early non-photosynthetic stage of seedling growth in grasses.*
Crop Sci. 6, 147-150.
- DOWLING, P. M. 1978 : *Effect of seed coating on the germination, establishment and survival of oversown pasture species at Glen Innes, N. S. Wales.*
New Zealand J. Exp. Agric. 6, 161-166.
- DOWLING, P. M. ; CLEMENTS, R. J. et MCWILLIAM, J. R. 1970 : *Some factors influencing the germination and early seedling development of pasture plants.*
Aust. J. Agric. Res. 21, 19-32.
- DOWLING, P. M. ; CLEMENTS, R. J. et MCWILLIAM, J. R. 1971 : *Establishment and survival of pasture species from seeds sown onto the soil surface.*
Aust. J. Agric. Res. 22, 61-74.
- DOWLING, P. M. et GILMOUR, A. R. 1985 : *Influence of grazing and herbicide before sowing on establishment of surface-sown pasture species on the Northern Tablelands of N. S. Wales.*
Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husband. 23, 146-153.
- HARPER, J. L. et BENTON, R. A. 1966 : *The behaviour of seed in soil. II. The germination of seeds on the surface of a water supplying substrate.*
Journal of Ecology 54, 151-166.

- HULL, A. C. ; HOLMGREN, R. C. ; BERRY, W. H. et al. 1963 : *Pellet seeding on Western Rangelands*.
U. S. Dep. Agric. Misc. Publ. 922.
- JARITZ, G. 1983 : *Futterwirtschaft im Mediterranraum - ein Projektbeispiel aus Marokko*.
Entwicklung und ländlicher Raum 5, 15-18.
- JARITZ, G. et KUBA, F. 1978 : *Futterproduktion in Marokko*.
Gutachten, GTZ - Eschborn/RFA.
- JOHNSON, J. J. 1975 : *New developments in seed pelleting and seed coating with special reference to rangeland improvement*.
Outlook on Agriculture 8, 281.
- KRIGEL, I. 1967 : *The early requirements for plant nutrients by Trifolium subterraneum seedlings*.
Aust. Agric. Res. 18, 879-886.
- LOWTHER, W. L. 1975 : *Pelleting materials for oversown clover*.
New Zealand J. Exp. Agric. 3, 121-125.
- MCDONALD, W. J. et CAMPBELL, M. H. 1979 : *Replacing thistles with perennial pastures on non-arable land*.
Wool Technology and Sheep Breeding 27 (3), 31-34.
- MOTT, J. J. 1974 : *Factors affecting seed germination in three annual species from an arid region of Western Australia*.
Journal of Ecology 62 (3), 699-709.
- MUSGRAVE, D. J. 1976 : *Effect of ground cover and herbicide application on establishment of oversown lucerne*.
New Zealand J. Exp. Agric. 3, 447-449.
- PRICHARD, A. M. 1945 : *Air sowing - application and limitations*.
New Zealand J. of Agriculture 70, 117-120.
- RAGUSE, C. A. ; YOUNG, J. A. et EVANS, R. A. 1977 : *Germination of California annual range plants in response to a summer rain*.
Agronomy Journal 69 (2), 327-329.
- ROBERTS, F. J. 1966 : *The effect of sand type and fine particle amendments on the emergence and growth of subterranean clover with particular reference to water relations*.
Aust. J. Agric. Res. 17, 657-672.
- SCOTT, D. et HAY, R. J. M. 1974 : *Some physical and nutritional effects of seed coating*.
Proc. of the XII Int. Grassland Congress, Moscow, UDSSR, 1 (2), 316-324.
- SCOTT, R. S. 1970 : *Studies into the spatial distribution of fertilizers and seed applied from light aircraft*.
New Zealand J. Agric. Res. 13, 1-11.
- SILCOCK, R.G. et SMITH, F. T. 1982 : *Seed coating and localized application of phosphates for improving seedling growth of grasses on acid sandy red earth*.
Aust. J. Agric. Res. 33 (5), 785-802.

SMITH, D. F. 1968 : *The growth of barley grass (Hordeum leporinum) in an annual pasture. I. Germination and establishment in comparison with other annual pasture species.*
Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 8, 478-483.

STUBBENDIECK, J. 1978 : *Constraints to improvement of rangeland and livestock in the Central Plains and Central Plateau of Morocco.*
Proc. of the I. Int. Rangeland Congress, Denver, Colorado, USA, 140-142.

VARTHA, E. W. et CLIFFORD, P. T. P. 1973 : *Effects of seed coating on establishment and survival of grasses surface-sown on tussock grasslands.*
New Zealand J. Exp. Agric. 1, 39-43.

WHITFORD, W. G. 1978 : *Foraging by seed-harvesting ants.*
Dans : Production ecology of ants and knites. Editor M. V. Brian, Cambridge University Press, 107 ff.