

Effets de l'égoissage, de l'inoculation et des apports azotés sur la biomasse et la fructification du haricot vert conduit en hydroponique sous serre

Ahmed SKIREDJ¹ & Andrée BOUNIOLS²

(Reçu le 07/06/1993 ; Accepté le 03/02/1994)

الفاصولياء الخضراء تحت ظروف زراعية مكثفة و تغذية معدنية سائلة لا تربية

اهتم هذا البحث بدراسة التغذية الأروضية للفاصولياء الخضراء تحت ظروف زراعية مكثفة. و أقيمت التجارب على أعلى مستوى للزراعة المكثفة للوصول إلى قمة محاصيل الصنفين المصدرين المعروفين في بلادنا. روالينيل (صنف قزم) وكريسطلال (صنف متسلق). ولقد أكد البحث أن هذا الصنف الأخير متلائم وظروف الزراعة المكثفة (تحت البيوت الوقائية، مكيمة المناخ، وبتغذية معدنية سائلة لا تربية)، وذلك بإنتاجه ستين طناً للهكتار من الفاصولياء الخضراء الجيدة خلال 77 يوماً من الدورة الحيوية أما روالينيل، فليس بالصنف المتلائم، وقد كان لجلب الأروط بعد الإزهار وقع حسن على الإثمار وإنتاج المادة الحيوية، ولم يكن للتغليف البكتيري أي تأثير على إنتاج الدرنات الريزوبومية، كما استفاد الإثمار ونسبة الحصاد من عملية القطف المتعددة.

الكلمات المفتاحية : الفاصولياء الخضراء - الإنتاج المكثف - جلب الأروط المتأخر - التغليف البكتيري للبنور - قطف الثمار - الإنتاج - التثيف الزراعي.

Effets de l'égoissage, de l'inoculation et des apports azotés sur la production des biomasses et la fructification du haricot vert conduit en hydroponique sous serre

La nutrition azotée du haricot vert a été étudiée pour la production de gousses-filets de bonne qualité. Les essais ont été conduits à un niveau élevé d'intensification, visant l'obtention de rendements potentiels des principaux cultivars (cv) utilisés au Maroc : Royalnel (cv nain) et Cristal (cv à rames). Ce dernier cultivar s'est montré adapté à la conduite en hydroponique sous serre. Le rendement potentiel obtenu a été de 60 T/ha sur un cycle de 77 jours. Royalnel n'a pas montré d'adaptation à la culture intensive. Par ailleurs, l'azote apporté en période post-florale a été favorable à la production des biomasses et à la fructification. La nodulation a été nulle. L'égoissage a amélioré la fructification et l'indice de récolte.

Mots clés : - *Phaseolus vulgaris* L. - Azote - Inoculation - Égoissage

Effect of pod picking, inoculation and nitrogen on fructification and biomass production of snap bean grown with hydroponic solution in greenhouse

Nitrogen nutrition was studied on snap bean for good quality thread production. Trials were conducted at a high intensification level to obtain potential yields of the principal varieties used in Morocco: Royalnel (dwarf) and Cristal (climbing). The later variety was adapted to soilless intensive culture and gave a yield of 60 T/ha in a cycle of 77 days. Royalnel did not show any adaptation to intensive conditions. Besides, post-blooming nitrogen application was favorable to fructification and biomass production. Nodulation was missing. Pod picking was favorable to fructification and harvest index.

Key words: - *Phaseolus vulgaris* L. - Nitrogen. - Inoculation - Pod picking

¹ Département d'horticulture, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P. 6202-Instituts, 10 101 Rabat

² INRA d'Auzeville, Station d'Agronomie, BP 27, 31326 Castanet - Tolosan, Cedex, France

♦ Auteur correspondant

INTRODUCTION

La nutrition ammoniacale seule ou symbiotique se traduit, en général, par des rendements faibles chez la plupart des légumineuses et chez le haricot en particulier (Westermann *et al.*, 1981 ; Baird *et al.*, 1983 ; Sundstrum *et al.*, 1983 ; Srivastava & Ormrod, 1986). Les rendements les plus satisfaisants sont obtenus à partir d'une nutrition nitrique seule ou complétant la fixation symbiotique (Felix *et al.*, 1981 ; Ethel, 1983).

Cette complémentarité des deux voies de nutrition azotée du haricot vert (assimilation des nitrates et fixation biologique de l'azote atmosphérique) est, en général, obtenue par l'inoculation et par des apports post-floraux de N-combiné (Westermann *et al.*, 1981 ; Felix *et al.*, 1981 ; Franco *et al.*, 1979). Elle présente l'avantage d'économiser une quantité d'engrais azoté équivalente à la quantité de l'azote fixé.

Par ailleurs, l'égoissage qu'implique la cueillette fréquente des gousses-filets modifie l'équilibre, de type "source-puits", existant entre la production des photosynthétats et leur distribution vers les nodosités, les points de croissance et les fruits qui détiennent la priorité du transfert des assimilats (Felix *et al.*, 1981 ; Graham & Rosas, 1979).

La suppression momentanée des gousses par des cueillettes régulières pourrait donc favoriser la fixation et étaler sa période de forte activité en orientant les assimilats en partie vers les nodosités (Franco *et al.*, 1979).

Ce travail s'intéresse à l'étude des effets de l'égoissage, de l'inoculation et des apports post-floraux de N-combiné sur la production de la biomasse, utile et totale, et sur la fructification des deux principales variétés de haricot vert cultivées au Maroc: Royalnel (variété naine, à croissance déterminée) et Cristal (variété à rames, à croissance indéterminée).

Les cultures ont été conduites en conditions d'intensification élevée, afin de permettre l'obtention des productions potentielles des deux variétés.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Après désinfection des semences pendant 5 minutes dans l'eau de javel (24 degrés, diluée à 10%), les graines ont été inoculées par la souche

CIAT 57 à la concentration de 10^9 bactéries par graine et mises dans le germeoir pendant 4 jours pour atteindre le stade levée (plantules à 2 feuilles simples cordiformes).

La plantation a eu lieu sur des plaques en polyester (couvrant les bacs contenant les différentes solutions nutritives), en triplets avec 60 cm d'écartement et 12 cm entre les rangs.

L'espacement entre 2 plantes dans le rang a été de 12 cm. La densité moyenne a donc été de 24 plantes au m^2 .

Afin d'atteindre le potentiel génétique de production du matériel végétal utilisé, la culture a été conduite sous serre, à climat contrôlé (25°C le jour et 20°C la nuit, avec une lumière artificielle complétant la lumière naturelle pendant 16 h/j à une intensité de 1400 Watts par m^2) et sur un milieu nutritif hydroponique, avec bullage intermittent d'oxygène dans la solution nutritive pendant 3 minutes par intervalle de 5 min.

Le dispositif expérimental a été de type blocs aléatoires complets à parcelles divisées, avec les facteurs 1 : "inoculation", portant 2 niveaux: I+ (inoculé) et I- (non inoculé) et 2: "apport de N-combiné" portant 2 niveaux pour la variété "Cristal": T (plantes témoins, alimentées par les solutions S1, S2, et S3 (Tableau 1) et N40 (plantes alimentées de la même manière que les plantes "T" sauf qu'au 40ème jour après levée (JAL), le milieu nutritif a été renouvelé par la solution S4, contenant une supplémentation d'azote en période post-florale).

Pour la variété "Royalnel", 3 niveaux ont été étudiés: T ; N40 (même milieu que pour "Cristal") ; et N30 (plantes alimentées de la même manière que les plantes "T" sauf qu'au stade 30ème JAL, le milieu nutritif a été renouvelé par la solution S4).

Les blocs de "Cristal" ont été formés par 2 bacs (T et N40) et ont été répétés 6 fois. Ceux de "Royalnel" ont été formés par 3 bacs (T, N30 et N40) et ont été répétés 4 fois.

Pour chaque mesure effectuée, 4 paires de plantes par traitement ont été prélevées au hasard pour les comptages des nodosités et des fruits et pour la détermination des biomasses des différents organes séchés.

Le séchage a eu lieu à l'étuve à 70°C pendant 48 heures

Tableau 1. Compositions des solutions nutritives utilisées durant les cycles des plantes au niveau élevé d'intensification (mg/l)

Compositions des Si	PM(g)	Phase pendant laquelle on apporte la solution Si (i= 1,2,3,4)			Apport N-post floral S4
		0-12 JAL S1	12-20 JAL S2	>20 JAL S3	
KNO ₃	101	151,5	303	303	606
Mg SO ₄ -7H ₂ O	246,5	123	246	246	246
Ca (NO ₃) ₂ -4H ₂ O	236,1	236,0	472	472	944
PO ₄ -H ₂ -NH ₄	115	28,25	57,5	57,5	57,5
H ₃ BO ₃	61,8	2,86	2,86	4,29	4,29
Mn Cl ₂ -4H ₂ O	197,9	1,80	1,80	2,70	2,70
Cu SO ₄ -5H ₂ O	249,7	0,08	0,08	0,12	0,12
Zn SO ₄ -H ₂ O	287,5	0,22	0,22	0,33	0,33
Na ₂ Mo ₄ -2H ₂ O	241,9	0,04	0,04	0,06	0,06
EDTA - Fe ₃	421,1	30	30	45	45
Apport total de N (ppm)	-	52,5	105	105	203
dont : • NO ₃ N	-	49	98	98	196
• NH ₄ N	-	3,5	7	7	7
• P	-	7,5	15	15	15
• K	-	58,5	117	117	234

RÉSULTATS ET DISCUSSION

• Biomasses non commercialisables (BNC) des plantes

Au stade 48 JAL, la BNC des plantes non égoûssées n'a représenté que 66 % et 77 % de celle des plantes gossées, respectivement chez Royalnel et Cristal. L'égoûssage a donc créé un puits au niveau de la croissance végétative des plantes des 2 cultivars (Tableau 2).

Royalnel a été moins vigoureuse que Cristal. En moyenne, la BNC des plantes égoûssées de Royalnel n'a représenté que 44. 5, 72. 6 et 54. 6% de celle de Cristal, respectivement , aux stades 29, 48 JAL et en fin de cycle.

Chez les plantes non égoûssées, ces parts ont été respectivement de : 44. 5, 62. 9 et 60. 9 %. Ni l'azote, ni l'inoculation n'ont eu d'effet sur la BNC de Cristal.

Chez Royalnel, par contre, un apport de N aux stades 30 ou 40 JAL a significativement augmenté la BNC des plantes non égoûssées par rapport aux témoins. Chez les plantes égoûssées, aucune différence entre les traitements n'a été significative. En fin de cycle, les plantes non inoculées ont formé plus de BNC que les plantes inoculées quoique la nodulation ait été nulle.

L'inoculation semble avoir un effet indirect sur la physiologie de la plante. Toutefois, le haricot vert est connu pour sa faible nodulation en général

Tableau 2. Biomasses non commercialisables (BNC) (g MS/plante)

Variétés	Stades (JAL)	MG	Facteur inoculation		Facteur azote.....			% CV
			I+	I-	T	N30	N40	
Cristal	29	18.65	18.48	18.85	-	-	-	-
	48*	32.71	33.26	32.15	32.01	-	33.44	5.2
	48**	25.2	24.7	25.68	24.88	-	25.53	7.3
	77*	43.52	44.45	42.59	41.94	-	45.1	17.6
	95**	26	25.69	26.31	26.15	-	25.85	7.1
Royalnel	29	8.29	8.36	8.22	-	-	-	-
	48*	23.76	22.68	24.84	23.56	23.88	23.87	31.3
	48**	15.85	15.02b	16.67a	14.1b	17.1a	16.35a	7.7

Légende:traitements I+ = plantes inoculées ; I- = non inoculées ; T = plantes témoins (sans supplémentation en N) ; N30 et N40: plantes supplémentées en N aux stades respectifs 30 et 40 JAL ; MG = moyenne générale ; % CV= coefficient de variation ; JAL : jours après levée

* : plantes égoûssées ** : plantes non égoûssées

(Graham & Rosas, 1979 ; Huntington *et al.* , 1986) et surtout en présence de fortes doses d'azote (Awonaike *et al.* , 1980 ; Vencatasamy & Peeraly, 1981 ; Rushel *et al.* , 1982).

• Nombre de gousses par plante

L'inoculation n'a eu aucun effet significatif sur le nombre de gousses par plante, sauf qu'en fin de cycle les plantes de Royalnel non égoussées et inoculées ont formé moins de gousses que les plantes non inoculées.

L'azote a significativement favorisé la production totale de gousses par plante égoussée au stade 77 JAL, chez Cristal. Par contre, chez Royalnel, l'azote, apporté en début floraison (N30), n'a pas été favorable à la fructification.

Avec égoussage, le cultivar à rames a formé 47% du nombre total de ses gousses durant les deux premières semaines de la fructification (35-48 JAL), c'est-à-dire durant environ le tiers de la période totale des cueillettes.

Royalnel a été aussi précoce que Cristal (stade 35 JAL), mais son rythme de production précoce a été beaucoup plus faible.

Sa production totale a été complètement épuisée au stade avancé 48 JAL. À ce stade (48 JAL), elle n'a formé que 55 à 62 % du nombre total des gousses de Cristal, respectivement chez les plantes égoussées et non égoussées (Tableau 3).

L'égoussage a augmenté le nombre de gousses par plante des 2 cultivars. En effet, le nombre de gousses des plantes non égoussées n'a été que de 31% de celui des plantes égoussées chez Cristal à la fin de cycle. À un stade plus avancé (48 JAL), ce pourcentage a été plus élevé (63 %).

Pour Royalnel, au stade 48 JAL, les plantes non égoussées ont formé 71% du nombre total des gousses produites par les plantes égoussées (Tableau 3).

• Distribution des gousses sur les étages foliaires (EF) des plantes égoussées au stade 48 JAL

Chez Cristal, 68 % des fruits ont été concentrés à l'EF moyen. L'EF supérieur n'a comporté que 21 % des gousses de la plante et l'EF bas, moins de 11 %. Quant à Royalnel, les gousses ont été concentrées plutôt à l'EF inférieur (54 %). L'EF moyen n'a

Tableau 3. Nombre cumulé de gousses par plante

Variétés	Traitements	35JAL	48JAL*	48JAL**	77JAL*	95JAL**
Cristal	I+	15.25	35.13	22.51	75.75	23.38
	I-	14.75	35.75	22.26	74.50	22.88
	Témoins	15	36.38	21.13	71.63b	22.25
	N40	15	34.51	23.63	78.63a	24
	MG	15	35.44	22.4	75.13	23.13
	% CV	8.1	7.8	11.6	5.3	11.6
	I+	2	20.17	11.92b	-	-
	I-	2.25	18.92	16.25a	-	-
	Témoins	2.5a	19.25	14.26	-	-
	Royalnel	N30	1.75b	20.51	14.38	-
	N40	2.5a	18.88	13.25	-	-
	MG	2.13	19.54	13.96	-	-
	% CV	30.4	18.1	32.1	-	-

* : Plantes égoussées

** : Plantes non égoussées

Tableau 4. Distribution des gousses aux différents étages foliaires (EF) des plantes égoussées, au stade 48 JAL

Variétés	Traitements	Nombre de gousses par étage foliaire par plante		
		EF bas	EF moyen	EF haut
Cristal	I+	3.75	24.25	7.13
	I-	4	24	7.75
	Témoins	4	24.5	7.88
	N40	3.75	23.75	7
	MG	3.88	24.13	7.44
	% CV	16.7	14.8	35.7
	I+	10.58	5.96	3.63a
	I-	10.5	6	2.42b
	Témoins	10.25b	5.5b	3.5
	Royalnel	N30	12.13a	5.25b
	N40	9.25b	7.13a	2.5
	MG	10.54	5.96	3.04
	% CV	15.2	21	44.3

EF bas = pour Cristal, entrenoeuds : du nœud 1 au nœud 4 (EN1-4); hauteur (H) des plantes:inférieure à 70 cm ; pour Royalnel,(EN 1-2); H : inférieure à 20 cm

EF moyen = pour Cristal, EN 5-12; H : 70-170 cm ; pour Royalnel, EN 3-4; H : 20-40 cm

EF haut = pour Cristal, EN 13-20 ; H : supérieure à 170 cm ; pour Royalnel EN 5-7 ; H : supérieure à 40 cm

comporté que 30. 5% des gousses de la plante. Le type de croissance des variétés testées a donc été à l'origine des différences de distribution des gousses aux différents EF des plantes (Tableau 4).

L'inoculation et l'azote combiné apporté en période post- florale n'ont eu aucun effet sur cette distribution chez Cristal. Par contre, chez Royalnel, les plantes inoculées ont formé plus de gousses que les

plantes non inoculées au niveau de l'EF supérieur uniquement. Cet effet pourrait être expliqué par une réaction physiologique, non symbiotique, de la plante à l'inoculation puisque la nodulation a été nulle. Quant à l'azote, son effet favorable à la fructification est noté au niveau des EF bas et moyen (respectivement aux apports 30 et 40 JAL).

• Biomasse utile des plantes égoussées

Cristal a présenté 2 phases de production des gousses: 30-53 JAL, avec un grossissement intensif et rapide, et 53-77 JAL, avec un rythme de grossissement affaibli. Le stade 53 JAL a donc été un stade repère pour Cristal. Durant la période 48 - 53 JAL, le transfert des assimilats vers les fruits a été le plus élevé (Tableau 5).

Royalnel a plutôt présenté 3 phases de grossissement des gousses, (30-41), (41-44) et (44-48) JAL avec des rythmes respectifs de grossissement faible, maximal et décroissant.

Les 2 stades repères ont donc été 41 et 44 JAL. Le maximum de transfert de la matière vers les gousses a eu lieu durant la courte période de 41-44 JAL.

De même, au stade 48 JAL, Royalnel n'a produit que près de 40% de la production (MF) de Cristal. Royalnel n'a pas pu être au niveau de la production de Cristal et n'a donc pas été un cultivar adapté à la culture sous abri-serres.

Tableau 5. Rendements cumulés des plantes égoussées* et cinétiques de production par phase du cycle de la plante

Variétés	Stades (JAL)	Rendements**	Cinétiques Phases (JAL)	g MF/plante.jour
Cristal	35	20	30 - 35	4.0
	39	44.37	35 - 39	6.1
	48	104.61	39 - 48	6.7
	53	140.92	48 - 53	7.2
	60	171.30	53 - 60	4.3
	65	188.68	60 - 65	3.5
	77	217	65 - 77	2.3
Royalnel	35	2.57	30 - 35	0.5
	39	6.36	35 - 39	0.9
	41	8.47	39 - 41	1.0
	44	32.96	41 - 44	8.1
	48	42.39	44 - 48	2.3

* moyenne générale des traitements qui n'ont présenté aucun effet significatif ni de l'inoculation, ni de l'azote

** en g MF/plante égoussée

• Indice de récolte (IR)

Au stade 48 JAL, l'IR de Royalnel n'a représenté que 59% de celui de Cristal. La variété à rames a donc été plus efficiente dans le transfert des assimilats vers les fruits que la variété naine. En fin de cycle, l'efficacité de Cristal a été améliorée (IR= 32.92 % en moyenne) mais sa valeur a été faible en comparaison aux IR d'autres légumineuses, tel que le soja (60%) (Bouniols *et al.*, 1990). L'azote a eu un léger effet positif (mais non significatif) sur IR de Cristal.

Pour Royalnel, l'effet de l'azote n'a pas été significatif non plus mais il a été plus favorable en cas de son apport au stade 30 JAL plutôt qu'au stade 40 JAL. L'inoculation n'a pas présenté d'effet significatif sur IR des plantes. Cependant, les plantes non inoculées ont eu un IR plus élevé que celui des plantes inoculées chez Cristal. L'inverse a été obtenu avec Royalnel (Tableau 6).

• Biomasses des plantes non égoussées et indices de récolte (IR)

Au stade 48 JAL, Royalnel n'a formé que 64 % de la biomasse utile (MS des gousses pleines) de Cristal (Tableau 7). La variété naine a toujours été moins productive que la variété à rames. L'azote a permis une augmentation de la biomasse utile de 36.6 % par rapport aux témoins chez Cristal et de 13.8 % chez Royalnel lorsqu'il a été apporté au stade 30 JAL. L'azote a aussi significativement amélioré la biomasse totale des plantes chez Cristal.

Chez Royalnel, N n'a pas eu d'effet significatif sur les biomasses totales des plantes. Apporté au stade 40 JAL, l'azote a souvent présenté un effet défavorable sur la biomasse utile de Royalnel, probablement à cause de son cycle plus court que celui de Cristal.

Par contre, sur la BNC de Royalnel, l'azote a eu un effet défavorable pour les 2 stades d'apport, 30 et 40 JAL. Chez Cristal, l'effet de N n'a pas été significatif ni sur la BNC au stade 48 JAL, ni sur les biomasses utile et totale à la fin de cycle (95 JAL). L'inoculation a significativement réduit les biomasses utiles et non commercialisables de la variété Royalnel.

Aucun effet de l'inoculation n'a été significatif sur Cristal. La réaction physiologique des plantes à l'inoculation a donc différé selon que les plantes ont

Tableau 6. Biomasses et indices de récoltes (IR) des plantes égoussée (IR = MS gousses en % MS plante entière)

Variétés	Stades (JAL)	TraitementsBiomasses des plantes égoussées.....			IR (%)
			BNC	Gousses	Total	
Cristal	48	I+	33.26	10.1	43.36	23.29
		I-	32.15	11.01	43.16	25.51
		Témoins	32.01	9.95	41.96	23.71
		N40	33.4	11.15	44.55	25.02
		MG	32.71	10.56	43.27	24.4
Cristal	77	I+	44.45	20.0	64.45	31.03
		I-	42.59	22.73	65.32	34.79
		Témoins	41.94	19.80	61.74	32.07
		N40	45.09	22.90	68.00	33.67
		MG	43.52	21.36	64.88	32.92
Royalnel	48	I+	22.68	4.02	26.70	15.05
		I-	24.84	3.97	28.81	13.78
		Témoins	23.56	4.00	27.56	14.84
		N30	23.86	4.46	28.32	15.74
		N40	23.86	3.58	27.44	13.06
		MG	23.76	4.01	27.77	14.44

Tableau 7. Biomasses et indices de récoltes (IR) des plantes non égoussées

Variétés	Stades (JAL)	Traitements	BNC* Biomasses utiles*.....		Biomasse totale IR (%).....	
				Gousses pleines	Graines		Gousses pleines	Graines
Cristal	48	I+	24.70	6.47	-	31.17	20.7	-
		I-	25.68	6.79	-	32.47	20.9	-
		Témoins	24.88	5.6b	-	30.49b	18.4b	-
		N40	25.53	7.65a	-	33.18a	23.1a	-
		MG	25.2	6.63	-	31.83	20.8	-
Cristal	95	I+	25.69	37.97	24.16	63.66	59.5	37.9
		I-	26.31	37.63	21.7	63.94	58.7	33.7
		Témoins	26.15	38.95	24.29	65.1	59.8	37.3
		N40	25.85	36.65	21.58	62.5	58.4	34.3
		MG	26.00	37.80	22.93	63.8	59.1	35.8
Royalnel	48	I+	15.02b	3.89b	-	18.91	20.57	-
		I-	16.67a	4.61a	-	21.28	21.66	-
		Témoins	14.08b	4.2ab	-	18.29	23a	-
		N30	17 a	4.78a	-	21.88	21.8a	-
		N40	16.35a	3.76b	-	20.11	18.7b	-
		MG	15.85	4.25	-	20.1	21.14	-

* BNC et Biomasses utiles en g MS par plante

été égoussées ou non. Aucun effet, ni de l'inoculation, ni de l'azote n'a été significatif à la fin de cycle chez Cristal.

L'analyse des IR a montré qu'il n'y a pratiquement pas eu de différence entre Royalnel et Cristal au stade 48 JAL. À un stade plus tardif (95 JAL), Cristal a présenté des IR de 59,1 % et de 35,8 % sur les bases respectives des gousses pleines sèches et

des graines. La faible valeur de IR, caractérisant en général l'espèce de haricot, a témoigné des difficultés de transfert des photosynthétats vers les graines (Bouniols *et al.*, 1990).

L'azote a eu un effet significativement favorable sur IR au stade 48 JAL dans le cas de Cristal. Chez Royalnel dont le cycle a été relativement court (48 JAL), le meilleur moment d'apport de l'azote a aussi

été le stade précoce (30 JAL). Il n'y a pas eu de différence significative entre le témoin et le traitement N30. Par contre, N40 a été significativement défavorable à l'IR. Comparant les IR des plantes égoossées (Tableau 6) et des plantes non égoossées (Tableau 7), au stade avancé (48 JAL), l'égoossage a légèrement augmenté IR de Cristal mais a réduit celui de Royalnel.

En fin de cycle, chez la variété à rames, l'égoossage a sévèrement réduit IR. Cet effet négatif de l'égoossage sur IR pourrait être expliqué par un détournement des assimilats vers la BNC pendant chaque nouvelle vague de fructification.

L'étude de la relation "source-puits" à travers l'égoossage a montré que l'élimination du puits prioritaire "gousses" semble avoir favorisé le transfert des photosynthétats vers les autres organes de la plante. Certains chercheurs ont montré que des quantités appréciables d'assimilats ont été acheminées vers les nodosités en cas d'ablation d'un des organes prioritaires de la plante (fleurs, apex ou gousses) (Baird *et al.*, 1983 ; Graham & Rosas, 1979 ; Vencatasamy & Peerialy, 1983).

D'autres auteurs ont précisé qu'il ne s'agit pas d'insuffisance de photosynthétats au niveau des racines, mais leur faible transfert vers les nodosités et la faible néoformation du tissu nodulaire en période tardive de reproduction limitent, en général, la fixation symbiotique (Waters *et al.*, 1980).

L'égoossage, à son tour, a prolongé le cycle biologique de la plante et a offert à la plante plus de temps pour le transfert de ses photosynthétats vers la néoformation de ses tissus fructifères.

Enfin, l'étude des étages foliaires (EF) a mis en évidence l'importance, au niveau de la production, de l'EF moyen pour le cultivar à rames et de l'EF bas pour le cultivar nain. Des résultats sur l'alimentation des différents organes de la plante par des assimilats acheminés de différents étages foliaires ont été reportés dans la bibliographie (Waters *et al.*, 1980).

La connaissance de la contribution des différents étages foliaires à l'alimentation des organes de la plante en photosynthétats pourrait avoir des intérêts pratiques dans la conduite culturale et, en particulier, dans la taille (effeuillage, étêtage et écimage).

CONCLUSION

Les objectifs de nos essais ont été limités à la détermination des potentialités de croissance et de production des deux cultivars, Cristal et Royalnel, d'une part, et, d'autre part, à l'étude des effets de N-tardif, de l'inoculation et de l'égoossage sur les caractéristiques morphologiques et physiologiques des plantes.

En ce qui concerne les potentialités de croissance et de production des 2 cultivars, Cristal s'est montré adapté au niveau élevé d'intensification. Cette variété a produit presque 6 fois ce qu'a produit Royalnel. Cette dernière variété n'a pas été adaptée aux conditions culturales intensives.

Sous les conditions favorables de nos expérimentations, les 2 cultivars se sont avérés très précoces dans leurs croissance et production. La nodulation a été nulle quoique l'inoculation ait été effectuée à une concentration bactérienne élevée, probablement à cause des fortes doses apportées d'azote.

En absence de la nodulation, les effets de l'inoculation sont difficilement interprétables bien que la plante ait réagi favorablement sans qu'il y ait de nodosités.

La supplémentation post-florale de N-combiné a eu, en général, des effets positifs sur les biomasses des plantes. L'égoossage a accéléré la fructification et a été favorable à la bonne qualité des gousses-filets extra-fins.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Awonaike K. Q., Lea P. J., Day J. M., Roughley R. J. & Mifflin B. J. (1980) Effects of combined nitrogen on nodulation and growth of *Phaseolus vulgaris*. *Expl. Agric.* 16:303-311.
- Baird L. M., Sarath G. & Webster P. (1983) Effects of prevention of flowering on the growth of bean plants inoculated with an ineffective strain of *Rhizobium phaseoli*. *Bot. Gaz.* 144(2):225-230.
- Bouniols A., Tancogne M., Merrien A. & Blanchet R. (1990) L'alimentation azotée des légumineuses à graines dans l'agriculture française actuelle ; exemple du soja. *C. R. Agric. Fr.*, 76(4):109-115.
- Ethel T. E. (1983) Nitrate uptake, assimilation and the expression of nitrate reductase activities under various forms of N-nutrition in *Phaseolus vulgaris* L. Phd. Dissert. *Abstr. inter.* B(43)11:143 p

- Felix J. F. M. , Obaton C. M. , Messiaen J. & Salsac L (1981) Nitrate reductase and nitrogenase activities of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from different geographic locations. *Plant Soil* 63: 427-438
- Franco A. A. , Preira J. C. & Neyra C. A. (1979) Seasonal patterns of nitrate reductase and nitrogenase activities in *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiol.* 63:421-424
- Graham P. H. & Rosas J. C. (1977) Growth and development of indeterminate bush and Climbing cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. inoculated with *Rhizobium*. *J. Agric. Camb.* 88: 503-508
- Graham, P. H. & Halliday J. (1977) Inoculation and nitrogen fixation in the genus *Phaseolus* In J. M Vincent, A. S Whitney & J. Bose (ed) Exploiting the legume- *Rhizobium symbiosis in tropical agriculture. Univ of Hawaii, College of tropical agri. Misc. Pub.* 145: 313-334
- Graham, P. H. , Viteri S. E. , Mackie F. , Vargas A. T. & Palaciss A. (1982) Variation in acid soil tolerance among strains of *Rhizobium phaseoli*. *Field crops Res.* 5:121-128
- Rushel A. P. , Vose P. B. , Matsui E. , Victoria R. K. & Tsai saito S. M. (1982) Field evaluation of nitrogen fixation and nitrogen utilization by *Phaseolus* bean varieties determined by ¹⁵N isotope dilution. *Plant and Soil* 65:397-407
- Skiredj A. (1991) Contribution à l'amélioration de la production et de la fixation symbiotique du haricot filet au Maroc. Thèse d'État ès Sciences Agronomiques, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II Rabat (Maroc) 252 p
- Srivastava H. S. & Ormrod D. P. (1986) Effects of nitrite and nitrate nutrition on nodulation, nitrogenase activity, growth and N content of bean plants. *Plant physiol.* ,81:737-741
- Streeter J. G. (1985) Nitrate inhibition for legume nodule growth and activity. *Plant Physiol.* 77:321-328
- Sundstrum F. J. , Neal J. L. , Morse R. D. & Bender D. A. (1983) The effect of delayed inoculation on nitrogen fixation by *Phaseolus vulgaris* L. grown in Minesoil. *Commun. in soil Sci. Plant. Anal.* 14(1):15-27
- Vencatasamy D. R. & Peeraly M. A. (1981) Seasonal changes in the nitrogen fixing activity of *Phaseolus vulgaris* , cultivar Long Tom. *Revue agricole et sucrière de l'Ile de Maurice* 60(1):5-9
- Waters L. , Graham P. H. , Breen P. J. & Mack H. J. (1980) The effect of rice hull mulch on growth , carbohydrate content and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L. *Hort. Sci.* 15:138-140
- Westermann D. T. , Kleinkopt G. E. , Porter L. K. & Leggett G. E. (1981) Nitrogen sources for bean seed production. *Agron. Journ.* 73:15-29