

EFFET DE LA DENSITE DE PEUPELEMENT SUR L'EFFICIENCE D'UTILISATION DE L'EAU ET DE LA LUMIERE CHEZ VICIA FABA MAJOR. L.

*Amnay L.
Bamouh A.*

SUMMARY

This study was concerned with :

- A field experiment was conducted to study the relationships between the interception of light and dry matter production and the relationships between water consumption and dry matter production as well as grain yield of *Vicia faba major* (variety : Aguadulce). The objective was to identify canopy which will optimize the utilization of available water resources in environmental conditions where water is a limiting factor.

Four treatments were used : $D_1 = 5$ plants/m², $D_2 = 12,5$ plants / m² and $D_3 = 25$ plants/m² all non irrigated ; and C = 12,5 plants/m² irrigated as a control in order to test the effects of plant density and water availability on the growth and the yield of *Vicia faba*.

The experiment was carried out at the experiment station of Sidi El Aydi, located in semi-arid region with 388 mm annual rainfall. The experimental layout was a randomized complete block design with three replications.

Based on the results of the experiments, the following conclusions were made :

- There was a direct linear relationship between the amount of dry matter produced and the amount of intercepted radiation by canopy.
- The amount of dry matter produced per unit area increased with the amount of intercepted radiation. The light use efficiency decreased from the higher to the smaller plant density.
- The amount of dry matter produced per unit area increased with the amount of water consumption.

The maximum water use efficiency for dry matter production was obtained with D_3 (25 plants/m²) and C. However, the maximum water use efficiency for grain production was obtained with D_2 .

Consequently, in semi-arid region as Sidi El Aydi, the canopy

which will optimize the utilization of the available water for grain yield corresponds to the non irrigated density (D_2) of 12,5 plants /m².

RESUME

Cette étude a porté sur un essai en plein champs, visant à étudier d'une part les liaisons entre l'interception de la lumière et la production de matière sèche, d'autre part les relations entre eau consommée, production de matière sèche et rendement grain chez *Vicia faba* majeur (variété Aguadulce). Ceci afin de dégager quel est le couvert végétal qui optimise au mieux les ressources en eau disponibles dans un environnement pédo-climatique où l'eau est limitante.

Trois densités de peuplement ont été retenues : $D_1 = 5$ plants/m², $D_2 = 12,5$ plants/m² et $D_3 = 25$ plants/m² et une densité moyenne répétée en irrigué ($C = 12,5$ plants/m²) pour tester à côté du facteur densité l'effet du facteur eau sur la croissance et le rendement de la fève.

L'essai a été installé dans le domaine expérimental de Sidi El Aydi, situé dans une zone semi-aride à pluviométrie moyenne annuelle de 388 mm. Le dispositif expérimental est en blocs aléatoires complets avec trois répétitions.

Les résultats de l'essai ont permis de dégager que la quantité de matière sèche produite par unité de surface du sol augmente linéairement avec l'accroissement de la quantité de radiation interceptée. L'efficacité d'utilisation de la lumière obtenue en forte densité de peuplement (25 plants /m²) est nettement supérieure à celle de la faible (5 plants/m²) et moyenne densité de peuplement (12,5 plants/m²). La quantité de matière sèche produite augmente linéairement avec la quantité d'eau consommée (ETR cumulé).

L'efficacité maximum d'utilisation de l'eau pour une production de matière sèche a été obtenue avec la forte densité de peuplement (D_3) et la densité moyenne irriguée (C). Tandis que l'efficacité maximum d'utilisation de l'eau pour une production grain a été obtenue avec la densité moyenne non irriguée (D_2) soit 12,5 plants /m².

ملخص

اهتم هذا البحث بتجربة في الحقل ، تستهدف من جهة دراسة العلاقات التي تجمع بين حجب الضوء وانتاج المادة الجافة ، ومن جهة اخرى بين الماء المستهلك، انتاج المادة الجافة ومردودية الحبوب عند الفول *Vicia-faba major.L* نوع اكوابولص. " الهدف من هذه الدراسة يتجلى في معرفة الغطاء النباتي الذي يحسن استهلاك الماء الموجود في المناطق الشبه الجافة .

ثلاثة كتافات نباتية اجريت عليها التجربة في البور $S = D1$ نباتات / $12,5 = D2$ h2م نباتات / $2م = D3$ 25 و نباتات /م وكثافة متوسطة مروية (12,5 نباتات/م²) لمعرفة فعالية الماء على نمو ومردودية الفول. لقد قمنا بهذه التجربة في محطة التجارب لسيدي العيدي (سطات) التي تقع في منطقة شبه جافة حيث معدل هطول الامطار السنوي هو 388 مم. التصميم التجريبي هو عبارة على مجموعة احتمالية كاملة مكررة ثلاثة مرات. النتائج المحصل عليها تمكنا من استنتاج ما يلي :

- كمية المادة الجافة المنتجة بوحدة مساحة التربة ترتفع بارتفاع كمية اشعة الشمس المحجبة . فعالية استعمال ضوء الشمس تقل مع قلة كثافة الزرع .
- كمية المادة الجافة تزداد مع ارتفاع كمية الماء المستهلك وفعالية استعمال الماء لانتاج اكثر كمية من المادة الجافة حصلنا عليها باكبر كثافة الزرع (25 نباتات /م²) والكثافة المتوسطة المسقية (12,5 نباتات/م²) لكن فعالية استعمال الماء لانتاج مرتفع من الحبوب حصل عليه بكثافة الزرع المتوسطة 12,5 نبات/م² الغير المسقية.

واخيرا استنتجنا بالمناطق الشبه الجافة "سيدي العيدي" أن الغطاء النباتي الذي يستعمل الماء الموجود بالتربة بطريقة جيدة لاعطاء مردودية مرتفعة للحبوب حصل عليه بكثافة.

INTRODUCTION

Lorsque l'approvisionnement en eau adéquat la croissance de la culture est largement déterminée par le niveau de radiation solaire interceptée et l'efficacité de conversion de cette radiation en matière sèche (MONTEITH, 1977 ; FASHEUN et DENNETT, 1982 ; MUCHOW, 1985).

$$Yb = \sum_{t_1}^{t_2} I \cdot E_c \cdot dt$$

où Yb = Rendement biologique (matière sèche / unité de surface).

I = Quantité de radiation interceptée durant l'intervalle (t₁, t₂)

E_c = Efficacité de conversion

Le taux de croissance est maximal lorsque le feuillage est suffisamment dense pour intercepter tout le rayonnement incident. Par contre en situation d'eau limitante (zones arides et semi-arides) la contrainte eau limite souvent la croissance soit par réduction de la taille du couvert végétal et/ou l'efficacité de conversion de cette radiation en matière sèche. C'est dans cette optique qu'une expérimentation essai densité a été conduite dans le domaine expérimental de Sidi El Aydi (INRA) avec comme objectifs.

1) d'étudier les relations entre la production de matière sèche et l'interception de la lumière.

2) D'étudier les relations entre la consommation en eau, production de matière sèche et rendement grain.

Ceci dans le but de dégager le couvert végétal qui optimise au mieux la ressource en eau disponible dans un environnement pédo-climatique où l'eau est limitante.

MATERIELS ET METHODES

Pour répondre à nos objectifs, une expérimentation a été conduite dans le domaine expérimental de Sidi El Aydi situé dans une zone semi-aride à pluviométrie moyenne annuelle inférieure à 400 mm. Le matériel végétal utilisé est la fève (variété : Aguadulce). Le facteur densité a été choisi comme variable pour l'obtention de couverts végétaux très contrastés. Enfin, un traitement C, correspondant à la densité moyenne irriguée a été choisi pour tester à côté du facteur densité l'effet du facteur eau sur la croissance et le rendement de la fève. Les doses d'irrigation sont de 20 mm et appliquées sur le traitement C aux dates suivantes : 4/12/86, 23/12/86/, 16/3/87, 27/1/87, 28/2/87, 29/3/87 et 11/4/87.

Tableau 1

DEFINITION DES TRAITEMENTS

TRAITEMENTS	ECARTEMENTS INTER-LIGNES e (cm)	ECARTEMENTS INTER-LIGNES E (cm)	NOMBRE DE LIGNES PAR PARCELLE ELEMENTAIRE	DENSITES PIEDS/M2
D1 (faible densité)	20	100	10	5
D2 (Densité moyenne)	20	40	16	12,5
D3 (Forte densité)	20	20	21	25
D (Densité moyenne irriguée)	20	40	16	12,5

Le dispositif expérimental est en blocs aléatoires complets avec trois répétitions. Les parcelles élémentaires sont de 5 x 10m². Le semi a été manuel et effectué entre le 29/11/86. La fertilisation N-P-K a été de 20-100 et 60 unités/ ha et apportée en totalité au semis.

Les mesures et observations effectuées sont :

- composantes de rendement
- Matière sèche aérienne
- Taux de recouvrement du sol par photographie et à l'aide de règles graduées.

- Surface foliaire mesurée au planimètre électronique
- Hauteur de végétation
- Rayonnement intercepté déterminé à partir des formules de calcul suivantes.

PAR incident = 50 % du rayonnement global (SZEICZ, 1974)

PAR transmis = $I_0 - kI$ (MONTEITH, 1977)

avec I_0 = PAR incident (50% du rayonnement global)

k = Coefficient d'extinction de la lumière estimé à 0,8 (FASHEUN et DENNETT, 1982)

PAR absorbé = $I_0 - P.A.R$ transmis

Pour le milieu, les contrôles et mesures suivants ont été réalisés :

- Humidité du sol : relevée à l'aide de la sonde à neutron aux profondeurs 15, 30, 60, 90 et 120 cm. L'humidité volumique a été calculée à partir de la courbe d'étalonnage. La formule utilisée est :

$$O_v = 0,039 + 0,348 \text{ C.R. } \left(\text{C.R.} = \frac{\text{Comptage}}{\text{Standard}} \right) \quad (\text{KARROU et EL MOURID, 1987})$$

L'évapotranspiration a été calculée en utilisant l'équation du bilan hydrique :

$$ET = P + I + S_1 - S_2$$

P = précipitations

I = irrigations

S_1 = Stock d'eau à la date d_1

S_2 = Stock d'eau à la date d_2

La campagne 1986/87 a été caractérisée par une irrégularité au niveau de la répartition des pluies. Les pluies sont concentrées sur les mois de Janvier, Février et Mars. Au delà du mois de Mars, les précipitations deviennent rares. Le total des précipitations reçu sur toute la campagne 86/87 est 206,5 mm.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1 - Rendement grain et ses composantes

Les résultats (Tableau 2) montrent que pour une même densité de semis, l'irrigation améliore le rendement grain de 30%. Cette amélioration est liée à une augmentation du nombre de gousses par tige. Pour les traitements secs, la densité intermédiaire (12,5 plants/m²) a réalisé le meilleur rendement (17 qx/ha) (Tableau 2). La chute de rendement de la forte densité de peuplement découle d'une baisse générale de toutes les composantes de rendement. Quant au nombre de grains/ gousse et poids moyen du grain, ils sont restés stables et peu affectés par l'irrigation et la densité de peuplement (Tableau 2).

2 - Croissance et interception de la lumière.

2.1 - Surface foliaire

Pour les traitements secs (D₁, D₂ et D₃) la surface foliaire par plante diminue avec l'accroissement de la densité de peuplement (fig 1). Cette diminution est à relier au faible nombre de tiges réalisé par les fortes densités de peuplement. Tandis que l'irrigation améliore la surface foliaire par plante. En effet à 112 jours après semis l'irrigation améliore la surface foliaire par plante de 84%) (fig 1).

Cette amélioration de la surface foliaire s'explique par l'effet du facteur eau sur la taille individuelle de chaque feuille et par conséquent sur la surface foliaire par plante. Ces résultats sont en concordance avec les travaux de nombreux auteurs (KARAMANOS, 1978 ; FARAH, 1981) sur *Vicia faba*. L, qui par comparaison des traitements secs et irrigués ont montré que la surface foliaire des plantes non irriguées est réduite de 50% par rapport à la surface foliaire des plantes bien alimentées en eau. Aussi, POULAIN, et al, 1986, sur *Vicia faba*. L, ont montré que l'augmentation de la densité de peuplement de 5 à 55 plantes/m², affecte négativement le nombre de tiges par pied et par conséquent la surface foliaire par plante.

2.2 - Indice foliaire

L'évolution des foliaires des différents traitements suit une évolution en cloche (fig. 2). Les indices foliaires maximums atteints par les différents traitements à 110 jours après semis sont de 4.3, 3.9, 2.3 et 1.2, respectivement pour la densité moyenne irriguée (C), la forte (D₃), la moyenne (D₂) et la faible densité de peuplement (D₁) . Au delà de 110 jours, on constate une diminution des indices foliaires des traitements liée à une perte des feuilles par senescence. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés dans la littérature (KARAMANOS, 1978, POULAIN ET al, 1986).

2.3 - Taux de recouvrement du sol

Les résultats (Tableau 3) montrent que l'irrigation et l'augmentation de la densité de peuplement favorisent le développement rapide d'un couvert végétal fermé. En effet à 127 jours après semis, la forte densité de peuplement (D₃) et la densité moyenne irriguée (C) ont atteint un recouvrement total du sol

de 100 %. Tandis que pour la faible et moyenne densité de peuplement les taux de recouvrement sont de 39 et 68 % respectivement (Tableau 3). Les différences de pourcentage de recouvrement du sol obtenues entre les différents traitements sont à relier aux différences d'indices foliaires (fig. 2). L'accroissement de la densité de peuplement et l'irrigation permettent de réaliser des pourcentages de recouvrement du sol élevés permettant d'intercepter le maximum de lumière incidente (SHIBLES et WEBER, 1966 ; COSTA et al, 1980 ; MUCHOW, 1982 ; POULAIN et al, 1986).

2.4 - Production de matière sèche :

Les résultats (fig. 3 et 4) montrent que le niveau de matière sèche total produite par unité de surface suit linéairement l'accroissement de la quantité de radiation photosynthétiquement active interceptée. Selon MONTHEITH, 1977, l'équation liant la matière sèche totale à la radiation interceptée (G. I. R.) est donnée par la relation suivante :

$$M. S. = a. G. I. R. + b$$

avec M. S. = matière sèche en gr/m^2

$$G.I.R = P. A. R_{\text{absorbé}} (MJ / m^2)$$

Les pentes des droites de régression calculées dans le cas de Vicia faba. L. (variété Aguadulce) sont de 1.2 ; 0.93 ; 0.86 et 0.66, respectivement pour le traitement irrigué (C), la forte, moyenne et faible densité de peuplement. Pour les traitements secs, l'augmentation de la densité de peuplement de 5 à 25 pieds/ m^2 améliore l'efficacité d'utilisation de la lumière de 40 % (fig. 3). Aussi, pour une même densité de semis, l'irrigation améliore cette efficacité d'utilisation de la lumière de 40% (fig. 4)

3 - Efficacité d'utilisation de l'eau pour la production grain :

Les résultats (fig. 5) montrent qu'il y'a une liaison étroite entre le rendement grain et la quantité d'eau consommée. Ces résultats sont souvent rapportés dans la littérature ALESSUE et POWER, 1976 ; HEBBLETHWAITE, 1982 ; DAY et LEGG, 1983).

Par ailleurs, l'étude des relations liant la matière sèche totale à la consommation en eau montre que le niveau de matière sèche totale produite suit linéairement la quantité d'eau consommée (fig. 6 et 7). Aussi, pour tous les traitements étudiés la quantité de matière sèche coupe l'axe des abscisses (ETR) à des valeurs déplacées à droite de l'origine (fig. 5 et 6), ceci correspond à la fraction d'eau perdue par évaporation sans production de matière sèche lorsque le sol est encore partiellement couvert. Les fractions d'eau perdues par évaporation sont de 35. 1 mm, 26. 6mm et 23. 5mm respectivement pour la faible, moyenne et forte densité de peuplement.

Quant à l'efficacité d'utilisation de l'eau (ou water use efficiency, WUE) l'analyse statistique n'a pas montré de différences significatives entre la densité moyenne irriguée et celle non irriguée (Tableau 4). Malgré des niveaux de

rendement grain élevés (22. 44 qx / ha) réalisés par la densité moyenne irriguée, celui-ci reste sévèrement limité pour compenser le niveau élevé de matière sèche totale. A la lumière de ces résultats, on peut conclure que l'efficacité maximum d'utilisation de l'eau pour une production grain correspond à la densité moyenne non irriguée ($D_2 = 12,5$ plantes/m²). L'augmentation de la densité de peuplement au delà de cette dose réduit fortement l'efficacité d'utilisation de l'eau (Tableau 4). Ces résultats rejoignent les travaux de nombreux auteurs (YOSHIDA, 1972 ; DUNCAN, 1975) qui ont montré qu'en situation d'eau limitante, l'augmentation de la densité de peuplement au delà de l'optimum réduit le rendement grain par accroissement du nombre de tiges stériles.

Tableau 2

LE RENDEMENT GRAIN ET SES COMPOSANTES

Composantes de Rendements Traitements	Nombre de Pieds/m ²	Nombre de Tige/Pied	Nombre de Gousse/Tige	Nombre de Nœuds Portant Gousse/Tige	Nombre de Grain/Gousse	Poids Moyen du Grain	RENDEMENT
D ₁	5.00	3.67 a	1.70 a	2.18 a	3.69	1.12	11.91 c
D ₂	12.5	3.45 a	1.10 b	1.68 b	3.20	1.09	17.34 c
D ₃	25	2.46 b	0.90 b	1.42 c	2.38	1.05	13.97 c
C	12.5	3.46 a	1.75 a	2.12 a	3.39	1.02	22.44 A
L.S.D. (PPDS) 5%	0.57	0.51	0.36	0.83	0.22	3.31	
Différence	S	S	S	N.S.	N.S.	S	

S = Significant

N.S. = non significative

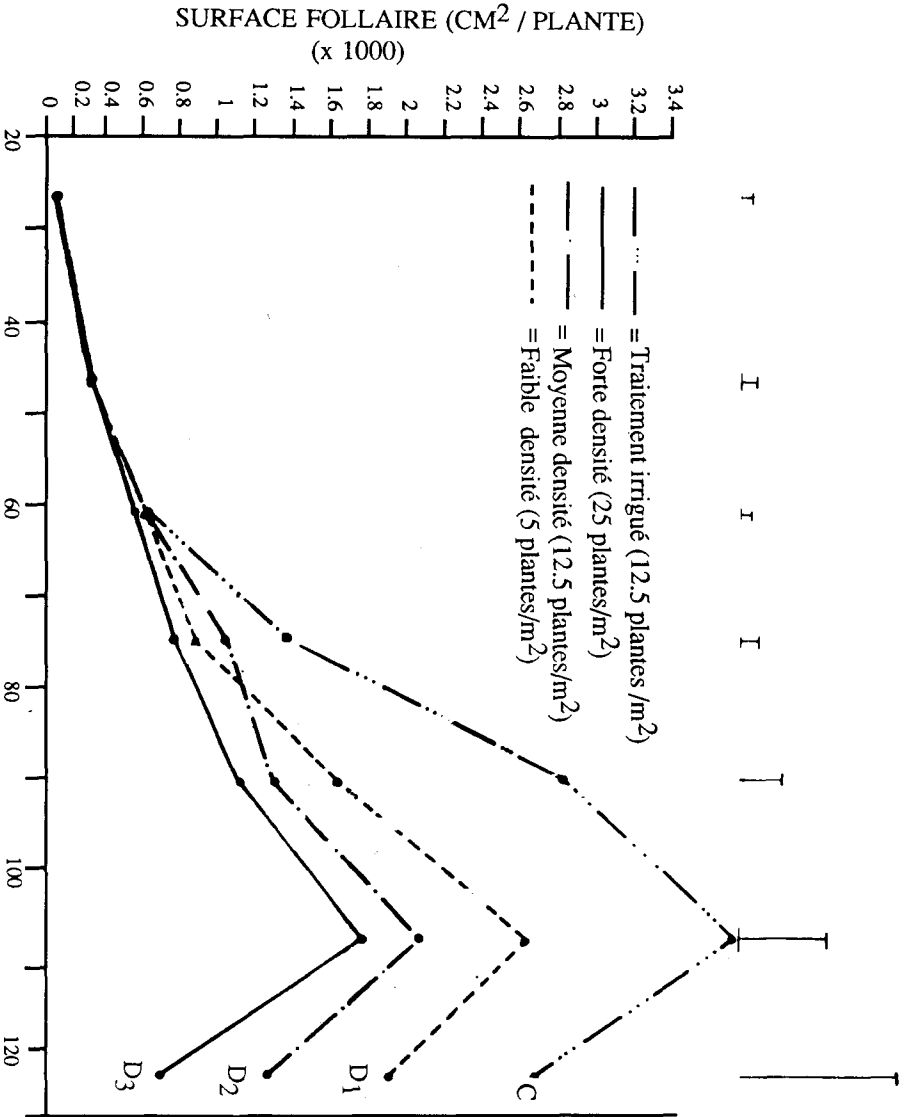


Fig n° 1 : - Evolution de la surface foliaire par plante dans le temps.

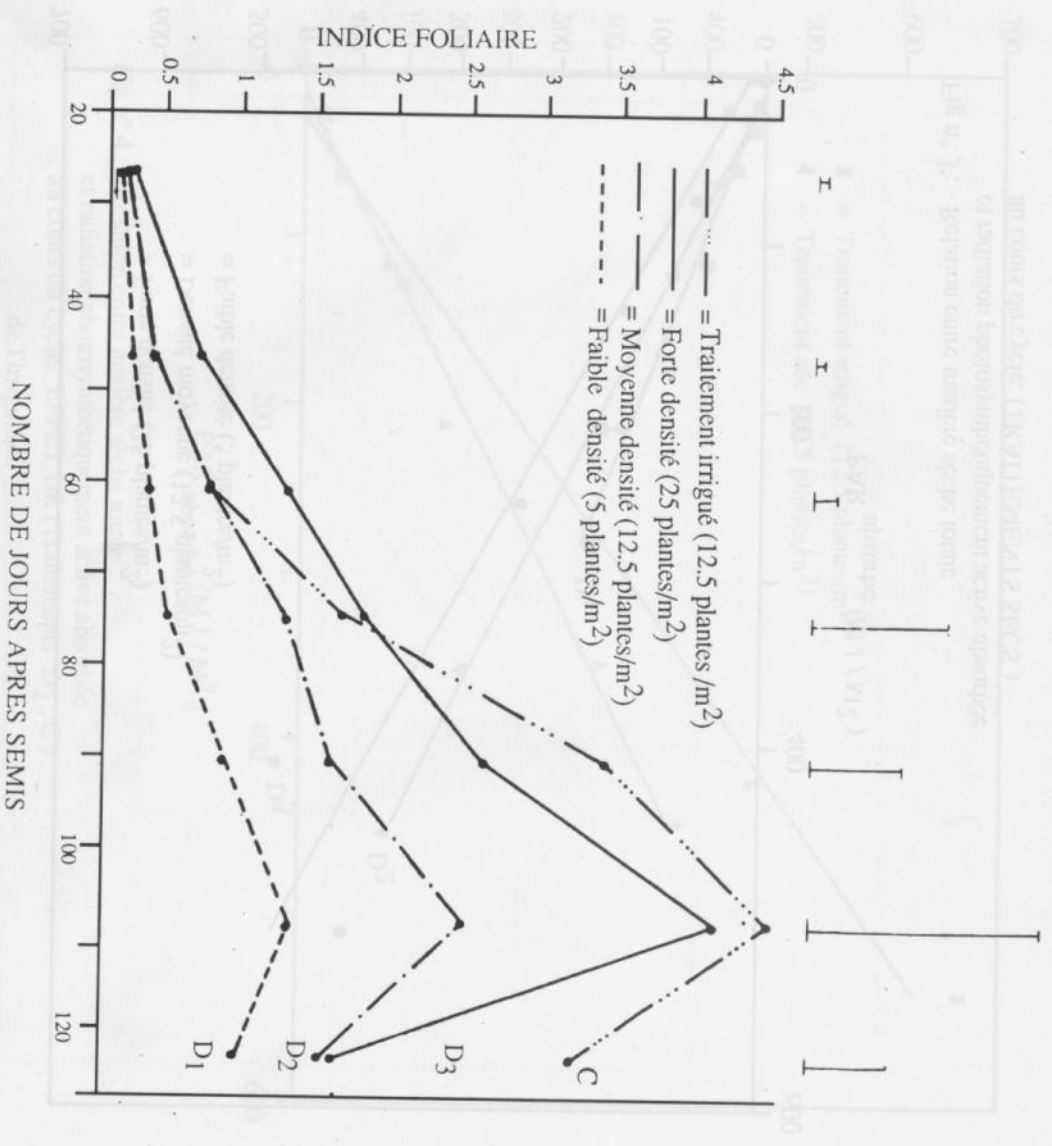


Fig n° 2 : - Evolution de l'indice foliaire dans le temps.

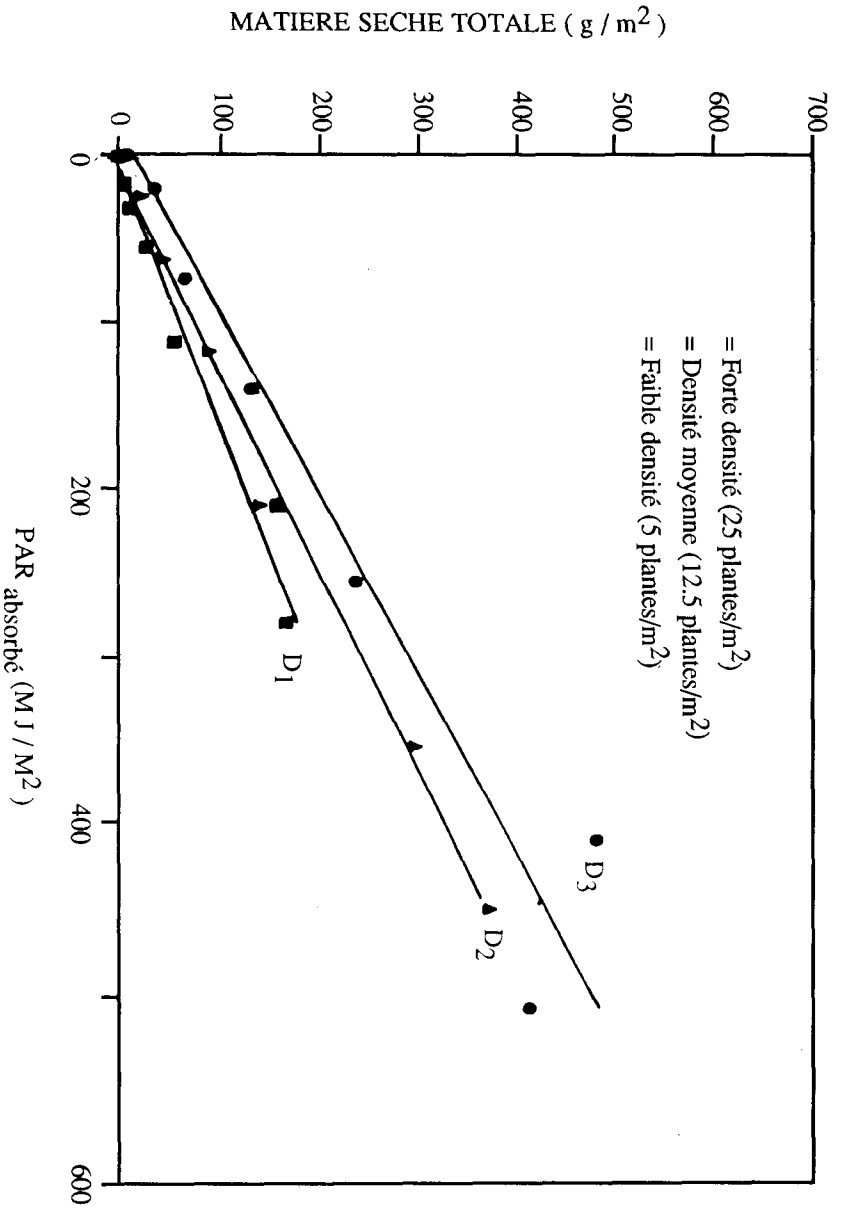


Fig n° 3 : - Relation entre matière sèche totale
 et radiation photosynthétiquement active absorbée
 au cours du cycle. (TRAITEMENTS SECS)

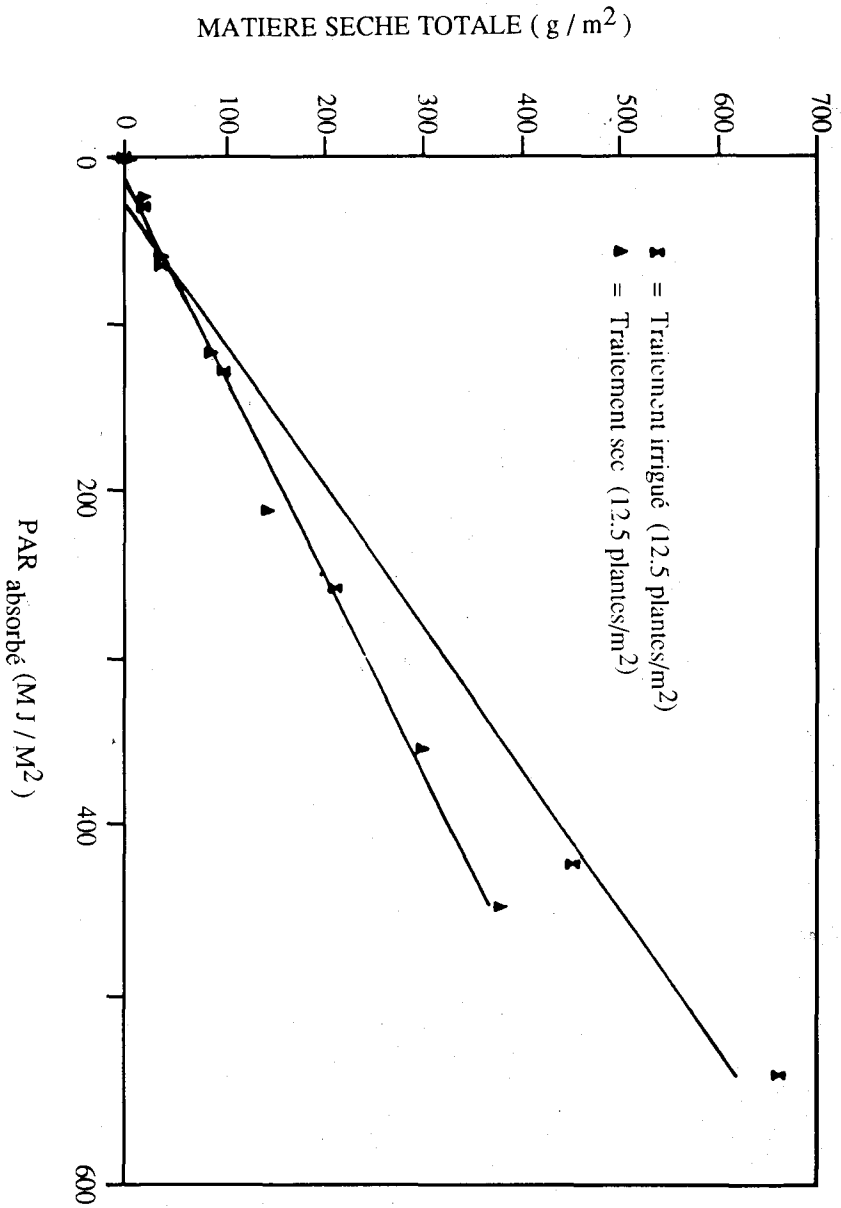


Fig n° 4 : - Relation entre matière sèche totale et radiation photosynthétiquement active absorbée au cours du cycle. EFFET DE (Traitements D₂, C) de l'irrigation

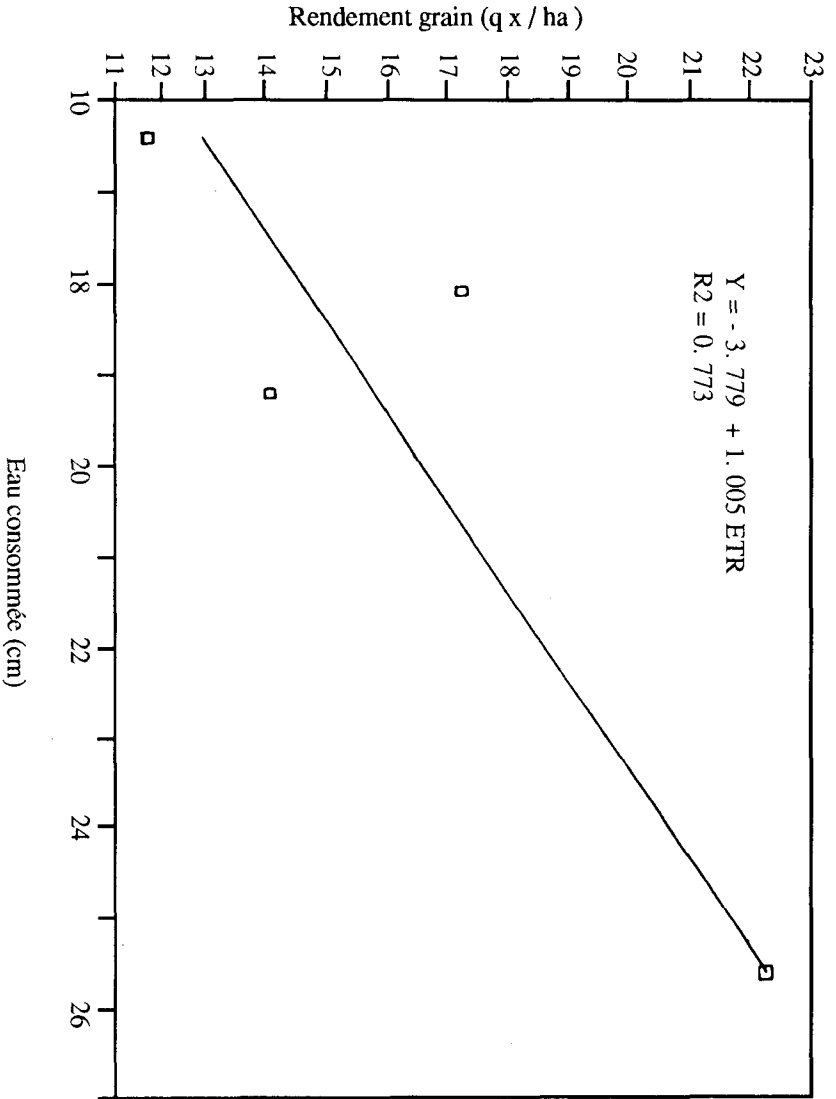


Fig n° 5 : - Relation entre rendement grain et consommation en eau.

MATIERE SECHE TOTALE (g/m²)

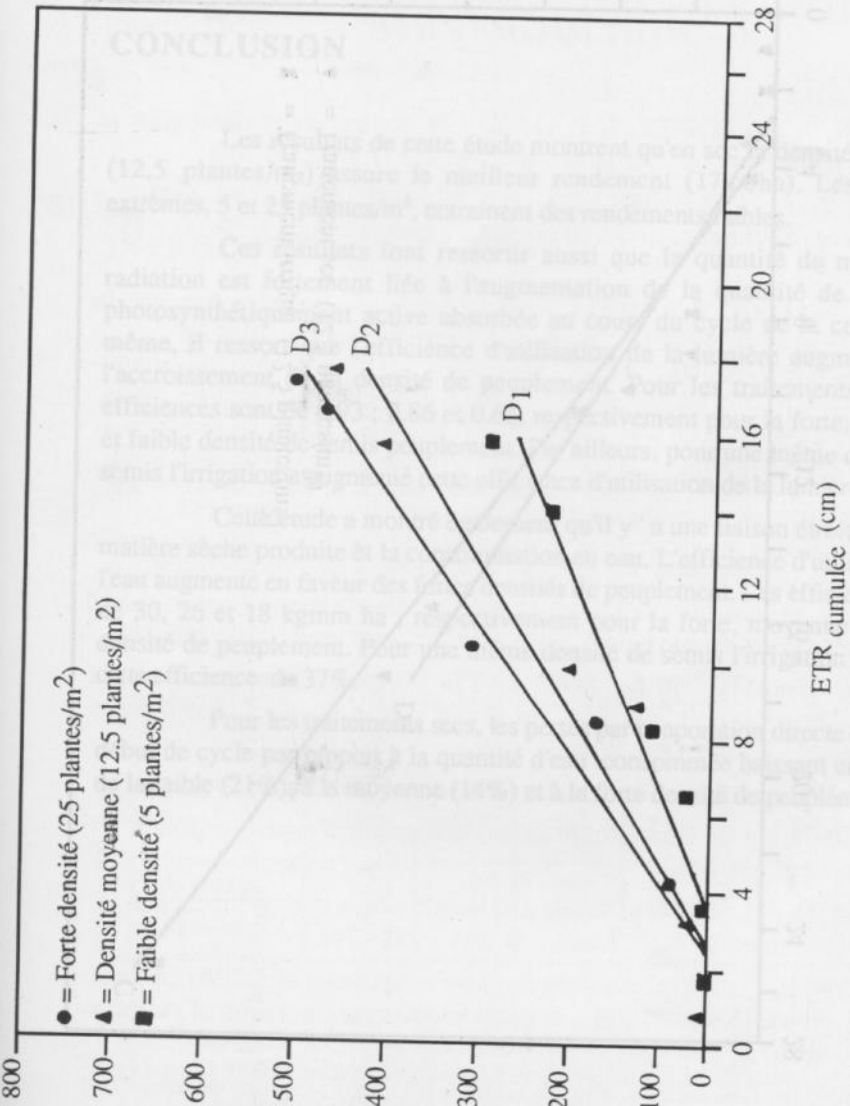


Fig n° 6 : - Relation entre matière sèche totale et évapotranspiration réelle cumulée au cours du cycle.

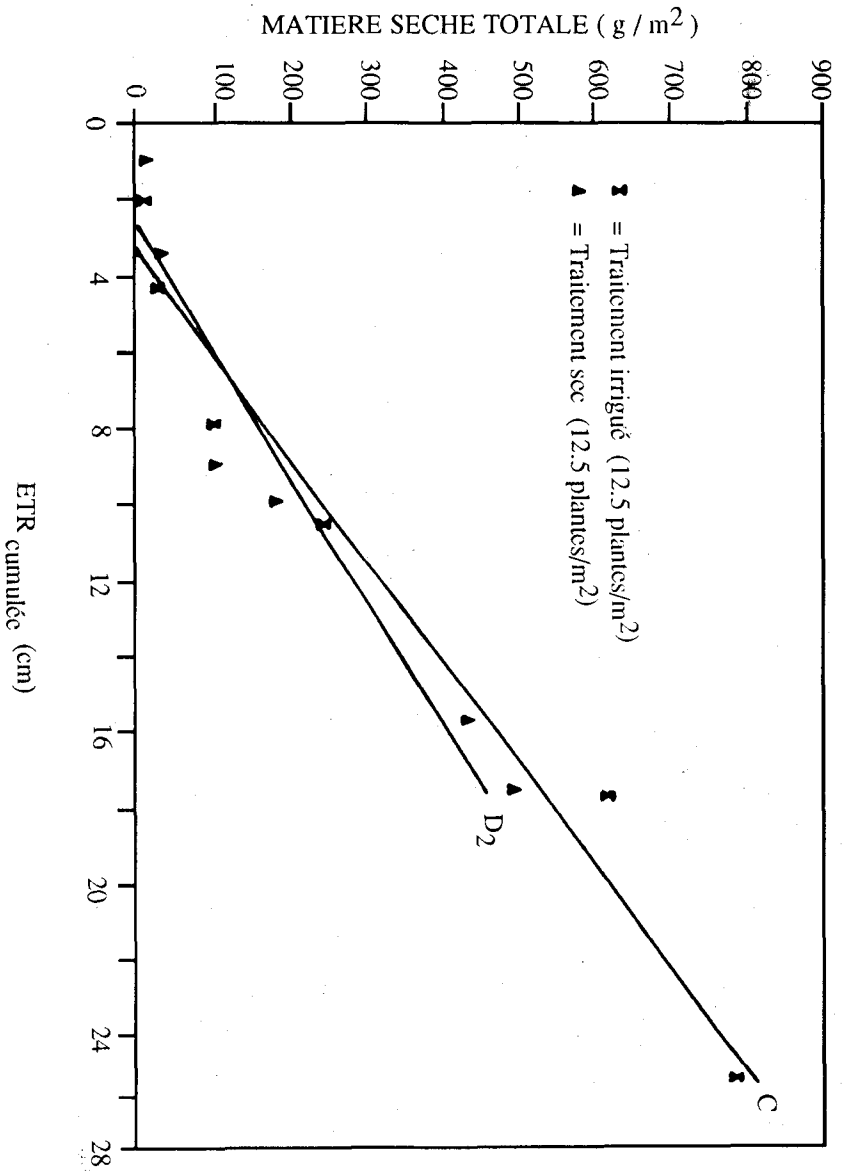


Fig n° 7 : - Relation entre matière sèche totale et évapotranspiration réelle cumulée au cours du cycle.

CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent qu'en sec la densité moyenne (12,5 plantes/m²) assure le meilleur rendement (17qx/ha). Les densités extrêmes, 5 et 25 plantes/m², entraînent des rendements faibles.

Ces résultats font ressortir aussi que la quantité de matière de radiation est fortement liée à l'augmentation de la quantité de radiation photosynthétiquement active absorbée au cours du cycle de la culture. De même, il ressort que l'efficacité d'utilisation de la lumière augmente avec l'accroissement de la densité de peuplement. Pour les traitements secs les efficacités sont de 0.93 ; 0.86 et 0.66, respectivement pour la forte, moyenne et faible densité de semis peuplement. Par ailleurs, pour une même densité de semis l'irrigation a augmenté cette efficacité d'utilisation de la lumière de 40%.

Cette étude a montré également qu'il y a une liaison étroite entre la matière sèche produite et la consommation en eau. L'efficacité d'utilisation de l'eau augmente en faveur des fortes densités de peuplement. Les efficacités sont de 30, 26 et 18 kgmm ha , respectivement pour la forte, moyenne et faible densité de peuplement. Pour une même densité de semis l'irrigation améliore cette efficacité de 37%.

Pour les traitements secs, les pertes par évaporation directe du sol en début de cycle par rapport à la quantité d'eau consommée baissent en passant de la faible (21%), à la moyenne (14%) et à la forte densité de peuplement.

BIBLIOGRAPHIE

ALLISSIE, J. and POWER, J. F. (1976) : Water use by dryland corn as affected by maturity class and plant spacing. *Agr. J.* 68 : 547-550.

COSTA, Y. A., OPLINGER, E.S. and PENDELTON, J. W. (1980) : Response of Soybean cultivars to planting patterns. *Agr. J.* 72 (1) : 153-156.

DAY, W. and LEGG, B.Y. (1983) : Water relations and irrigation response. In "the faba bean (*Vicia faba*, L.). A basis for improvement" edited by Hebblethwaite, P. D., 217- 231.

DUNCAN, W. G. (1957) : Maize. In " crop physiology" edited by L. T. Evans, 23-50

FARAH, S. M. (1981) : An examination of the effects of water stress on leaf growth of a crop field beans (*Vicia faba*, L).

1- crop growth and yield . *J. agri. Sci. Canb.* 96 : 327-336.

FASHEUN, A. and DENNETT, M. D. (1982) : Interception of radiation and growth efficiency in field beans (*Vicia faba*, L). *Agri. meteo.* 26 : 221-229.

HEBBLETHWAITE, P. D. (1982) : The effects of water stress on the growth , development and yield of *Vicia faba*, L. In " Fabae bean improvement " Hautin, G. et Webb, C (ed).

KARAMANOS, A.J. (1978) : Water stress and leaf growth of field beans (*Vicia faba*, L) in the field : leaf number and total leaf area - *Ann. Bot.*42 : 1393 - 1402.

MONTEITH, J. L. (1977) : Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Phil. trans. R. SOC. Lond.* B. 281 : 277 - 294.

MUCHOW, R. C. (1985) : An analysis of the effect water of deficits on grain legumes grown in a semi-arid tropical environment in terms of radiation interception and its efficiency of use. *Field crop. Res.* II : 309-329.

POULAIN, D., KELLER, S. and LE GUEN, J. (1986) : Canopy development and efficiency of foliar light interception in winter faba bean. *Fabis newsletter* 16 :13- 18.

SHIBLES, R. M. and WEBER, C. R. (1966) : Interception of Solar radiation and dry matter production by various soybean planting pattern. *Crop. Sci.* 6 : 55-59.

SZEICZ, G. (1974) : Solar radiation in canopies. *J. app. ecol.* 11 : 1117 - 1156.