



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*



**CARIBBEAN
FOOD
CROPS SOCIETY**

*SOCIETE CARAIBE
POUR LES PLANTES ALIMENTAIRES*

25

Twenty fifth
Annual Meeting 1989

25^e CONGRES ANNUEL

Guadeloupe

Vol. XXV

EXTENSION D'UNE METHODE D'ANALYSE DE LA CROISSANCE D'UN COUVERT VEGETAL AUX CULTURES ASSOCIEES: BASES THEORIQUES.

CRUZ P., MOULIA B., SINOQUET H.

Station Agropédoclimatique. Centre des Antilles-Guyane. Institut National de la Recherche Agronomique. BP 1232. 97184 Pointe à Pitre Cédex. Guadeloupe. French Antilles.

RESUME

Nous proposons une démarche, permettant d'évaluer les mécanismes de la compétition interspécifique, pour le partage de ressources trophiques telles que la lumière, l'eau et l'azote.

La croissance du couvert est considérée comme le résultat d'un processus de conversion de l'énergie solaire en énergie potentielle chimique contenue dans la biomasse (VARLET-GRANCHER et al., 1982): la productivité du couvert est caractérisée par son rendement énergétique, qui relie la production de matière sèche au rayonnement solaire intercepté par la culture. En cas d'alimentations hydrique et minérale non limitantes, cette relation est une droite commune à toutes les plantes d'un même type photosynthétique (C3 ou C4). Réciproquement, tout écart à ces droites de référence traduit une contrainte d'origine hydrique ou minérale, qu'il est possible de discriminer par des mesures de potentiel hydrique et de teneur en azote.

Cette méthode est couplée à un modèle d'interception du rayonnement solaire, qui permet d'estimer le rayonnement absorbé par chaque composante d'une association binaire. Ce modèle, qui prend en compte l'hétérogénéité spatiale du couvert, détermine les termes du bilan radiatif de l'association, à partir de la structure géométrique de la culture, des propriétés optiques des feuilles et du sol, et du rayonnement incident.

Une telle approche sera prochainement utilisée par notre équipe sur deux types de culture Graminée-Légumineuse, largement répandus en milieu tropical et très contrastés quant à la distribution spatiale du feuillage.

ABSTRACT

METHOD FOR GROWTH ANALYSIS OF MIXED CANOPIES

We suggest an analytical method for evaluating the processes of the interspecific competition, in terms of sharing of trophic resources such as light, water and nitrogen.

The growth of the crop is taken as the result of the conversion of the solar radiation energy into chemical energy of the biomass : the crop productivity is characterized by a energetic efficiency relating the dry matter production to the solar radiation intercepted by the canopy. If water and mineral nutrients are not limiting, this relation is a line which is the same for all plants of a photosynthetical type (C3 or C4). Reciprocally, deviation from the reference line characterizes water or nutrient stress which can be identified by additional measurements (water status, nitrogen rate).

The method is connected with a model of solar radiation interception which estimates the radiation absorbed by each component of a binary mixture. The model takes into account the spatial heterogeneities of the canopy , and calculates the terms of the radiative balance of the crop from its geometrical structure, the optical properties of the foliage and the soil, and the incident radiation.

Une telle approche sera prochainement utilisée par notre équipe sur deux types de culture Graminée-Légumineuse, large-ment répandus en milieu tropical et très contrastés quant à la distribution spatiale du feuillage.

INTRODUCTION

L'association de plusieurs espèces végétales au sein d'une même culture est un mode de conduite traditionnel, largement répandu sur l'ensemble des régions tropicales (PAPENDICK et al., 1976). Ces cultures associées présentent une variété extrême, qui est due à la diversité des espèces utilisées et aux possibilités pratiquement illimitées de l'occupation de l'espace. On distingue généralement des formes simples, telles que les cultures en mélange (mixed intercropping), les cultures associées en rangs alternés (row intercropping, strip intercropping), et des formes complexes, tels que les systèmes agroforestiers ou les «jardins créoles».

Les avantages attendus de ces systèmes sont multiples. Outre une certaine manipulation du microclimat du couvert végétal, ils permettent, par la

diversification, d'assurer une production minimale au petit exploitant, ou encore de limiter le développement d'agents pathogènes.

Dans l'étude de ces systèmes, l'approche la plus classique, notamment en milieu tropical, consiste à comparer les productions finales d'espèces conduites en association et en cultures pures. A cet effet, ont été établis différents critères, dont le plus classique est le Land Equivalent Ratio (LER), proposé par WILLEY (1979ab). Cette démarche ne permet pas une analyse des mécanismes de la compétition, mais uniquement la mise en évidence de ses conséquences (CRUZ, 1987); dans ces conditions, seule l'efficacité d'une combinaison donnée peut être testée, mais l'extrapolation des résultats est délicate et la recherche d'une combinaison optimale est laborieuse. En définitive, la caractérisation de la dynamique de la compétition, exprimée en termes de partage des ressources du milieu (lumière, eau, azote), est nécessaire pour en expliciter les mécanismes, les contrôler, et enfin, rationaliser ces systèmes de culture.

Les concepts développés pour l'étude agronomique des couverts monospécifiques sont le plus souvent insuffisants dans leur application aux cultures associées: par exemple, la notion de Réserve Facilement Utilisable (RFU) ne distingue pas l'eau du sol disponible pour chaque composante. De même, l'analyse de la dynamique de croissance des couverts plurispécifiques, exprimée en termes de rendement énergétique, s'est longtemps heurtée à l'impossibilité d'établir le bilan radiatif de chaque composante de l'association. Disposant depuis peu d'un modèle d'interception du rayonnement solaire au sein de certaines cultures associées, nous proposons maintenant une méthode d'analyse de la croissance applicable à ces cultures, et qui devrait permettre d'évaluer les mécanismes de la compétition interspécifique, pour le partage de ressources trophiques telles que la lumière, l'eau et l'azote.

I- ANALYSE DE LA CROISSANCE D'UNE CULTURE EN TERMES DE RENDEMENTS ENERGETIQUES

Une méthode d'analyse de la croissance doit fournir à l'agronome un cadre pour l'interprétation de l'effet des traitements qu'il a appliqués . Ainsi doit elle nécessairement reposer sur une décomposition de la croissance en des termes ayant une signification physiologique. De plus, pour être utilisables agronomiquement, ces termes doivent être simples et leur calcul ne nécessiter que des mesures réalisables au champ.

I-1 Décomposition de la croissance

Il est possible de considérer la croissance d'une culture comme résultant d'un processus de conversion de l'énergie du rayonnement solaire en

énergie potentielle chimique contenue dans la biomasse (VARLET GRANCHER et al, 1982). Ainsi un accroissement de biomasse ∂MS pendant une période ∂t résulte de l'application au rayonnement solaire global incident RG (mesuré pour la même période ∂t) de trois rendements énergétiques successifs, nommés efficacités :

- une efficacité climatique $\langle \epsilon \rangle_c$ traduisant la part du rayonnement utile à la photosynthèse (PAR, bande spectrale 400-700nm) dans le rayonnement incident. De nombreuses mesures, en zones tempérée et tropicale (Guadeloupe, Guyane) ont montré que $\langle \epsilon \rangle_c$ était peu variable et pouvait être considérée en première approximation comme égale à 0,48.

- une efficacité d'interception $\langle \epsilon \rangle_i$, traduisant l'interception et l'absorption de la lumière par la culture, et qui dépend de l'indice foliaire, de la géométrie du couvert et des propriétés optiques des feuilles et du sol. Cette efficacité peut être mesurée dans le cas des cultures pures, mais seule la modélisation peut, à ce jour, permettre de dissocier le rayonnement intercepté par chaque composante d'une association.

- une efficacité de conversion $\langle \epsilon \rangle_{b/C}$, traduisant la conversion du PAR absorbé (PARa) en biomasse (∂MS). Cette efficacité s'est avérée relativement constante quand on la considère sur une repousse: la relation entre la biomasse totale accumulée (MS) et la somme du rayonnement absorbé ($\Sigma PARa$) est donc une droite de pente $\langle \epsilon \rangle_{b/C}$.

Ainsi ce cadre analytique permet de distinguer, dans l'action d'un traitement donné, le terme de la fonction de croissance (interception/conversion) qui est modifié. D'autre part, les travaux de GOSSE et al. (1986) ont montré que l'on pouvait définir une pente potentielle pour la relation $MS=f(\Sigma PARa)$ correspondant à des conditions hydriques et azotées non limitantes. Enfin, les pentes potentielles ne diffèrent significativement qu'entre plantes de types métaboliques différents (C3 et C4). Il est donc possible de caractériser l'effet d'un traitement sur la conversion par la diminution qu'il induit sur $\langle \epsilon \rangle_{b/C}$ par rapport à la pente potentielle correspondante.

I-2 Mise en évidence du facteur impliqué:

L'analyse précédente permet de déterminer quelle a été l'action du traitement étudié. Une étape suivante dans l'analyse de la croissance consiste à identifier quels sont les facteurs qui ont été modifiés. Nous nous restreindrons ici à la seule étude des facteurs hydriques et azotés. Tout d'abord, il convient de souligner que même un dispositif expérimental aussi simple qu'une comparaison culture irriguée/ culture non irriguée peut s'avérer d'interprétation complexe: en effet l'irrigation peut, par exemple, avoir amélioré la fourniture

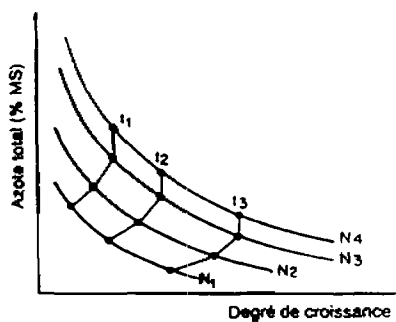


Figure 1

Schéma des courbes de dilution de l'azote dans la biomasse aérienne

$$\%N = \alpha (MS)^{-\beta}$$

N_1, N_2, N_3, N_4 = niveaux d'offre d'azote par le sol

t_1, t_2, t_3 = temps de repoussé

(d'après CRUZ & LEMATRE, 1986)

d'azote par le sol au cours d'une période de sécheresse. Il faut donc pouvoir distinguer, au moins à postériori, entre effets sur la nutrition azotée, et effets hydriques.

L'analyse de la nutrition azotée de chaque composante de l'association peut être effectuée par la méthode des courbes de dilutions (CRUZ et LEMAIRE, 1986). Ces courbes (Figure 1) traduisent la liaison entre la cinétique de diminution de la teneur en azote total et la cinétique de croissance de la matière sèche aérienne. Pour chaque type métabolique (C3/C4), il existe une courbe, stable entre lieux et repousses, à partir de laquelle toute offre supplémentaire d'azote n'a plus aucun effet sur la croissance en matière sèche; seules les teneurs peuvent éventuellement continuer à augmenter chez les plantes accumulant des nitrates. Cette courbe (niveau N3 dans notre schéma) peut donc être utilisée comme référence pour un diagnostic à postériori du niveau réel de nutrition azotée de la culture étudiée (N1 ou N2 dans notre schéma); ainsi la distance à la courbe de référence représente une indication de l'intensité du déficit de nutrition azotée.

La mise en évidence de l'implication du facteur hydrique dans l'effet d'un traitement sur une culture associée est plus compliquée; en effet les méthodes classiquement utilisées pour les cultures pures (rapport ETR/ETM par exemple) ne permettent pas de définir l'état hydrique de chaque composante. La seule approche actuellement disponible consiste à suivre l'évolution du Contenu Relatif en Eau (RWC) moyen des feuilles et/ou du potentiel hydrique foliaire moyen pour chaque composante, mais nous ne disposons pas actuellement de référence caractérisant un état hydrique non limitant de la croissance.

Nous avons donc défini un cadre d'analyse de la dynamique de croissance d'un couvert. Cette méthode peut être appliquée à une culture associée à condition de pouvoir séparer le rayonnement intercepté par chaque composante.

II- ESTIMATION DE L'EFFICIENCE D'INTERCEPTION DE CHAQUE COMPOSANTE DE LA CULTURE ASSOCIEE.

Dans le cas des couverts monospécifiques, l'efficacité d'interception de la culture peut être obtenue à partir de la mesure des rayonnements incidents, réfléchis et transmis sous le couvert (VARLET-GRANCHER et BONHOMME, 1974). De manière générale, cette méthode n'est pas applicable aux cultures associées, où de telles mesures permettent d'évaluer le rayonnement intercepté par l'ensemble de la culture, et non pas l'efficacité d'interception de chaque composante de l'association. C'est pourquoi, dans ce cas, la modélisation des échanges radiatifs au sein de la culture associée devient indispensable.

Par rapport aux couverts monospécifiques homogènes, une culture associée présente deux types d'hétérogénéité: d'une part, elle contient évidemment plusieurs espèces; d'autre part, en dehors de certaines cultures en mélange, la structure du couvert présente des variations spatiales: la surface foliaire de chaque composante de l'association n'est pas répartie uniformément dans l'espace occupé par la végétation.

MARSHALL et WILLEY (1983), ainsi que JACKSON (1983), ont proposé des modèles d'interception pour les cultures associées, dans lesquelles le feuillage de chaque espèce est contenu dans une zone spatiale distincte: c'est le cas de systèmes agro-forestiers, à l'intérieur desquels les strates de végétation sont bien différenciées. A l'opposé, le modèle de RIMMINGTON (1984) traite les cultures associées en mélange («well mixed canopies»), dont la structure est homogène et la position d'une feuille par rapport à une autre est aléatoire. Le modèle développé par notre équipe (SINOQUET, 1988) présente un caractère plus général: il permet de prendre en compte l'hétérogénéité spatiale de la culture associée et la présence simultanée de deux espèces dans une même zone. Il s'applique à tout couvert bispécifique, dont la structure géométrique est uniforme ou présente des variations régulières (cas, par exemple, des cultures associées en rangs alternés, des cultures semées en carré ou en quinconce...).

Ce modèle détermine les termes du bilan radiatif de la culture (rayonnements réfléchis, transmis au sol, absorbés par chaque espèce), à partir de la structure géométrique du couvert, des propriétés optiques des feuilles et du sol, et des caractéristiques du rayonnement incident (composantes directe et diffuse, hauteur du soleil). Dans le cas d'un couvert homogène, les paramètres de structure peuvent se limiter aux indices foliaires et aux inclinaisons moyennes des feuilles de chaque espèce. En revanche, le modèle est capable de tenir compte d'une caractérisation beaucoup plus fine de la structure géométrique, qui s'exprime alors en termes de répartition spatiale de la surface et de l'orientation des feuilles de chaque composante. Le degré de finesse de la description de la structure est lié à la nature de la culture et à la précision des mesures qui peuvent être effectuées au champ.

L'hétérogénéité spatiale du couvert est traitée en découpant l'espace occupé par la végétation en cellules parallélépipédiques supposées homogènes; chaque cellule peut contenir du feuillage d'une ou de deux espèces, ou bien être vide. Les rayonnements solaires incidents ou rediffusés par le sol et les plantes sont décomposés en rayons élémentaires. Le principe fondamental du modèle consiste à suivre le chemin de ces rayons dans la végétation, c'est-à-dire la succession des cellules traversées. L'interception d'un rayon au cours de son passage dans une cellule non vide

est déterminée en appliquant localement les lois d'interception du rayonnement.

Dans le cas des cellules contenant un mélange des deux espèces, les lois d'interception en couvert monospécifique (NILSON, 1971), basées sur la notion de «fréquence de trous» («gap frequency», c'est-à-dire probabilité de non-interception), sont insuffisantes: elles n'indiquent pas comment le rayonnement intercepté par la culture se répartit entre les composantes de l'association. Une analyse théorique de l'interception en couvert bispécifique a permis d'obtenir des expressions, en tenant compte des caractéristiques géométriques de chaque espèce et de l'agencement spatial du feuillage des deux composantes (SINOQUET, 1990).

Ce modèle a été validé par des mesures de rayonnement effectuées sur une culture associée en rangs alternés. Le couvert était composé d'une alternance de rangs de maïs, semés à deux dates différentes. La figure 2 présente les évolutions des rayonnements réfléchis par la culture, mesurés au champ et simulés par le modèle. Les deux courbes bien superposées, et les écarts faibles, illustrent le bon comportement général du modèle, et nous incitent à l'utiliser pour évaluer l'efficacité d'interception des composantes des associations graminées-légumineuses.

III-EXEMPLE D'APPLICATION DE LA DEMARCHE.

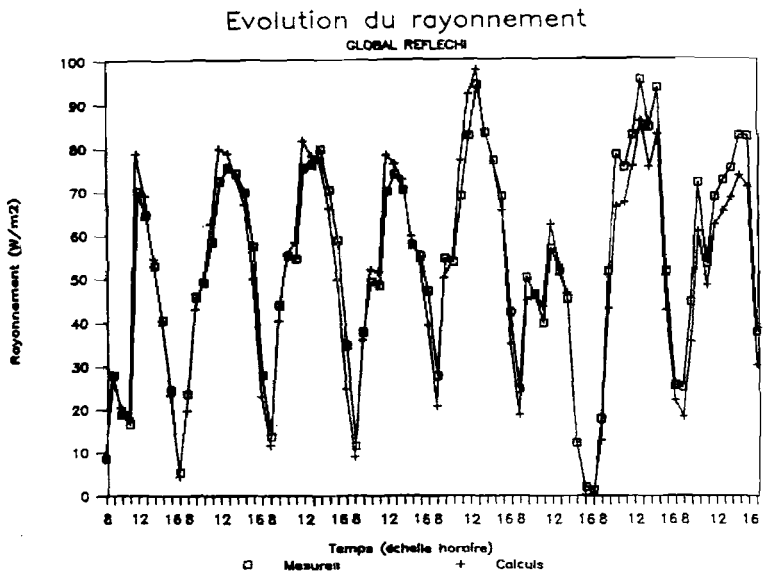
L'analyse proposée pour l'étude de la croissance des espèces associées sera appliquée par notre équipe sur des cultures binaires graminées-légumineuses. Deux types de peuplement de structures bien différenciées ont été choisis selon un critère de répartition spatiale relative de la surface foliaire des deux espèces (Figure 3).

La première de ces cultures est une association d'arbres légumineux fourragers (*Gliricidia sepium*) et d'une savane naturelle, strate herbacée dominée par une graminée, le *Dichatium aristatum*. Plusieurs arguments justifient le choix de cette association à savoir :

- l'existence très courante de ce type de peuplement (arbre fourrager-herbe) dans la Caraïbe et plus largement dans les régions tropicales, soit spontané soit planté par l'homme. C'est le cas en Guadeloupe des haies de *Gliricidia*, même si elles n'ont pas toujours le rôle précis de complément fourrager des savanes.

- l'originalité de l'arrangement spatial que présente cette association : les surfaces foliaires des composantes arbustive et herbacée sont en effet séparées en deux strates bien distinctes. Ceci pourra permettre, avec peu

FIGURE 2 : Rayonnements solaires réfléchis par une culture composée de rangs de maïs semés à deux dates différentes : Comparaison des valeurs simulées aux valeurs mesurées.



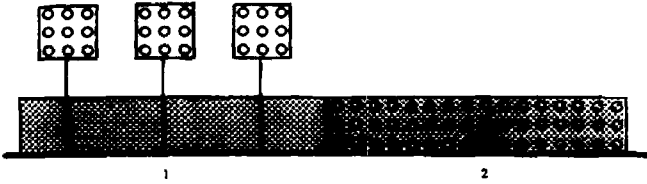


Figure 3 : Schéma représentatif de deux répartitions spatiales de la surface foliaire des légumineuses (O) et graminées associées (⊗)
 1 - Association arbres fourragers - herbe
 2 - Association de deux espèces herbacées

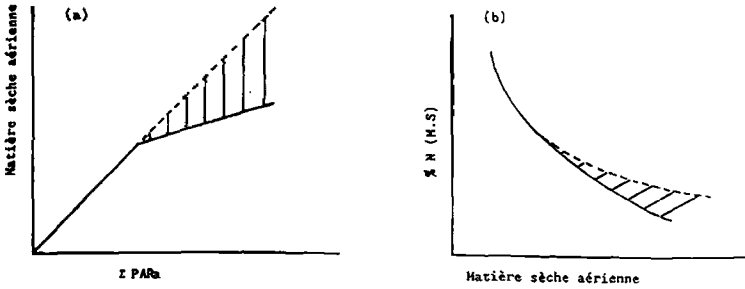


Figure 4 : Modifications en cas de forte densité des relations :
 (a) $MSa : f(\Sigma PARa)$
 (b) $\Sigma N : f(MSa)$

de contraintes, la validation expérimentale du modèle d'échanges radiatifs par la mesure du bilan de rayonnement de chaque composante. Parmi les espèces arbustives couramment utilisées à la Guadeloupe, le *Gliresia* a été retenu en raison de sa morphologie foliaire (forme et taille) plus facile à décrire que celle du *Leucaena leucocephala* l'autre espèce très répandue dans les savanes de la Grande-Terre.

- la possibilité d'étudier les éventuels effets bénéfiques de la présence des arbres sur la productivité de la strate herbacée tel que cela a été déjà réalisé sur des espèces fourragères en climat tempéré (Cruz et Lemaire, 1986 - Sinoquet et al., 1990). Des travaux réalisés dans la région Caraïbe et en Amérique Centrale sur les associations arbres légumineux-graminées montrent en effet une augmentation

des teneurs en azote et/ou des productions des graminées associées par rapport aux peuplements purs (Hernandez y Castillo, 1987 - Benavides et al., 1987). L'analyse de la productivité du couvert herbacé à travers son rendement énergétique et son niveau de nutrition azotée par les courbes de dilution permettra de mieux préciser les mécanismes qui sont à l'origine de ces résultats (Voir I-2).

D'autre part, cette démarche sera appliquée à une association entre la même graminée (*D. aristatum*) et une légumineuse herbacée (*Macroptilium atropurpureum* ou *Teramnus labialis*), associations également très répandues dans la zone Caraïbe. Ce type de couvert où il n'existe pas de ségrégation spatiale des strates foliaires pose encore d'importants problèmes méthodologiques. Néanmoins une première approximation dans le calcul de l'efficacité d'interception peut être envisagée sous deux hypothèses simplificatrices: agencement spatial aléatoire et absence de variation spatiale des caractéristiques géométriques au sein de chaque espèce.

D'une manière générale, l'utilisation sous climat tropical d'espèces herbacées pose, sur le plan méthodologique, des problèmes particuliers. En effet, l'application stricte des relations matière sèche en fonction du rayonnement absorbé et teneur en azote en fonction du degré de croissance, se limite à l'étude de la production primaire du couvert. Or, en conditions de terrain, les phénomènes de sénescence et de perte d'organes ne sont pas négligeables en milieu tropical. Et lorsque ces derniers deviennent importants, la production récoltable (la seule mesurable) n'est plus égale à la production primaire et les relations sont donc modifiées (MOULIA, 1986 et CRUZ, données non publiées -Figure 4-). Ceci oblige à travailler sur des périodes de repousse courtes (quelques semaines), quitte à comparer des résultats cumulés pour analyser les effets se manifestant à une échelle de temps supérieure.

Enfin il convient de souligner que l'importance du choix des espèces dans la démarche que nous proposons est très relative. En effet, quelles que

soient les espèces considérées, la décomposition analytique des relations inter-spécifiques pourra servir de cadre d'interprétation pour l'étude de cultures de structures similaires.

BIBLIOGRAPHIE

BENAVIDES J.E., RODRIGUEZ R.A., BOREL R., 1989. Producció n y calidad del forrage de pasto King Grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) y Poro (*Erythrina poeppigiana*) sembrada en asociació n. Symposium «Alimentació n des ruminants en milieu tropical humide», INRA Guadeloupe, 2-6 juin, sous presse. 1987.p.p. 367.376

CRUZ P., 1989. Les associations graminées-légumineuses en climat tropical. Remarques sur les méthodologies d'étude. Symposium «Alimentation des ruminants en milieu tropical humide», INRA Guadeloupe, 2-6 juin, 1987, p.p.299-309.

CRUZ P., LEMAIRE G., 1986. Analyse des relations de compétition dans une association de luzerne (*Medicago sativa* L.) et de dactyle (*Dactylis glomerata* L.). II- Effets sur la nutrition azotée des deux espèces. Agronomie 6 (8). 727-734.

GOSSE G., VARLET-GRANCHER C., BONHOMME R., CHARTIER M., ALLIRANT J.M. et LEMAIRE G., 1986. Production maximale de matière sèche et rayonnement solaire intercepté par un couvert végétal. Agronomie 6 (1). 47-56.

HERNANDEZ C. , CASTILLO E., 1987. in : Ruiz T y Febles G. (Ed) Leucaena, una opció n para la alimentació n bovina en el tròpico y subtòpico. 144-165.

JACKSON J.E., 1983. Light climate and crop-tree mixtures. In: P.A. Huxley (Ed.). Plant research and Agroforestry. Kenya International Council for Research in Agroforestry , Nairobi. 365-377.

MARSHALL B., WILLEY, R.W., 1983. Radiation interception and growth in an intercrop of pearl millet/groundnut. Field Crops Res., 7. 141-160.

MOULIA B., 1986. Contribution à l'étude écophysiological de la Fétuque élevée, du Trèfle blanc et de leur association. Mémoire Ingénieur. ENITA de Bordeaux. 57p.

NILSON T., 1971. A theoretical analysis of the frequency of gaps in plants stands. *Agric. Meteorol.*, 8. 25-38.

PAPENDICK R.A., SANCHEZ P.A., TRIPLETTE E.B., 1976. Multiple cropping. ASA Special publication 27, Madison. 378 p.

RIMMINGTON G.M., 1984. A model of the effect of interspecies competition for light and dry-matter production. *Aust. J. Plant Physiol.*, 11. 277-286.

SINOQUET H., 1988. Modélisation des échanges radiatifs de courte longueur d'onde dans certains couverts hétérogènes: cultures en rangs, cultures associées en rangs alternés. Thèse DDI, INA Paris. 80 p.(+ figures et annexes).

SINOQUET H., 1989. A theoretical analysis of radiation interception in a two species canopy. Soumis à *Mathematical Bio Sciences*.

SINOQUET H., MOULIA B., GASTAL F., BONHOMME R., VARLET-GRANCHER C., 1989. Modeling the radiative balance of the components of a binary mixed canopy: application to a white clover-tall fescue mixture. *Acta Oecologica*, vol 11, N° 4, sous presse.

VARLET-GRANCHER C., BONHOMME R., 1974. Utilisation de l'énergie solaire par une culture de *Vigna Sinensis*. III.- Evolution du rendement énergétique pendant la phase végétative. *Ann. Agron.*, 25. 811-819.

VARLET-GRANCHER C., BONHOMME R., CHARTIER M. et ARTIS P., 1982. Efficience de la conversion de l'énergie solaire par un couvert végétal. *Acta Oecologia. Oecol. Plant.*, 3 (17). 3-26.

WILLEY R.W., 1979a. Intercropping : its importance and research needs. I.- Competition and yield advantages. *Field Crop Abst.*, 32. 1-10.

WILLEY R.W., 1979b. Intercropping : its importance and research needs. II.- Agronomy and research approaches. *Field Crop Abst.*, 32. 73-85.