

«JACHERES, PLANTES AMELIORANTES, ROTATIONS, ASSOLEMENTS, CULTURES ASSOCIEES».

Quelques aspects de la bioclimatologie dans des cultures associées de plantes annuelles.

Ch. BALDY, A.E. N'GUESSAN et B. OSSENI*

QUELQUES ASPECTS DE LA BIOCLIMATOLOGIE DANS DES CULTURES ASSOCIEES DE PLANTES ANNUELLES.

Ch. BALDY, A.E. N'GUESSAN et B. OSSENI

Fruits, Mai 1987, vol. 42, n° 5, p. 273-287.

RESUME - Il existe différents types d'associations culturales, annuelles, mixtes et pérennes, qu'on définit ; on étudie essentiellement ici des systèmes à base annuelle, et on compare les réactions des cultures, en mélanges, en lignes alternées, et en bandes. On définit ensuite les effets de coopération et de compétition entre les éléments de l'association, selon les schémas de WILLEY, et la notion de surface équivalente.

Puis, on aborde les modifications de l'extinction et de l'utilisation du rayonnement solaire par quelques types d'associations, et notamment leur évolution en fonction de l'indice de surface foliaire de chaque composante.

On s'intéresse enfin à l'occupation du sol par les éléments de l'association, selon le régime des pluies durant les cultures, et leurs effets sur la production de masse sèche et sur le rendement, avant d'aboutir à quelques conclusions.

INTRODUCTION

La culture en associations plus ou moins complexes d'espèces (ou de variétés) annuelles ou pérennes (ou des deux ensemble) constitue des pratiques extrêmement répandues, en agriculture *traditionnelle*, en Afrique, en Amérique et en Asie tropicales. Mais on les rencontre aussi, en climat méditerranéen, dans des systèmes de cultures intensifs, comme en Italie par exemple.

C'est ainsi qu'en Inde, plus de 70 p. 100 des surfaces consacrées aux céréales et aux légumineuses à graines portent des cultures associées ; on en a plus de 80 p. 100 au Nigéria, et plus de 65 p. 100 au Brésil. Plusieurs mises au point ont été publiées récemment, notamment par WILLEY, (1979, 1985) et par STEINER (1982).

Il faut distinguer différents types d'*associations culturales* :

- des cultures en mélanges, dans lesquelles deux ou plusieurs

composants apparaissent intimement mêlés : les types en sont la *prairie*, ou le *jardin créole*. Ces mélanges répondent généralement à des critères précis : précocités différentes des composantes de la prairie, ou utilisation maximale des sols et de la lumière, en jardins créoles (CAVALIE et COLY, 1979 ; RABOT, 1982).

- des cultures en lignes mélangées, dans lesquelles les composants sont semés sur la même ligne de culture dans un ordre défini ou non ;

- des cultures en lignes alternées, où chacune porte une espèce ; elles peuvent comporter 1 à 4 lignes de cultures de petite taille, et 1 ou 2 de grande taille. Ces pratiques sont à l'étude dans les instituts du CIRAD du sud de la Côte d'Ivoire : IRFA, IRHO, IRCC, IRCA et CTFT ;

- des cultures en bandes plus ou moins larges : cette dernière technique permet de réduire la compétition pour la lumière entre plantes de ports différents, on le verra ; elle permet d'envisager l'emploi de machines de récolte, si un minimum de précautions ont été prises lors de la mise en place (TORRES, 1983 ; HOEKSTRA, 1983).

Il peut s'agir de cultures annuelles ou pérennes. Tous

* Ch. BALDY - Directeur de recherches, INRA - B.P. 91 84140 MONTFAVET (France)
N'GUESSAN et OSSENI - IRFA/CIRAD - 01 B.P. 1740
ABIDJAN 01 (R.C.I.).

en place des aracées (taro, malanga) (SIVAN, 1984). Les résidus de culture couvrent le sol, et restituent sous une forme facilement assimilable la majeure partie des fertilisants puisés. Mais il faut bien choisir les espèces, pour éviter que ces résidus ne constituent un refuge pour différents parasites ou maladies (NAFUS et SCHREINER, 1986).

En plantations industrielles, l'utilisation de légumineuses pérennes (*Centrosema* ...), parfois pâturées, part du même raisonnement : mais la plupart des praticiens n'ont pas conscience qu'il s'agit d'une association ! (AGAMUTHU et BROUGHTON, 1985).

L'analyse des phénomènes de compétition entre plantes adventices et cultures montrent que les pertes de rendement dues aux adventices sont souvent plus fortes que celles qu'on attribue à une composante associée, dans des essais analogues. Ces effets dépressifs croissent généralement quand les études de la compétition due aux adventices sont poursuivies plusieurs années.

La notion de surface relative équivalente (SRE = LER en anglais), présentée par WILLEY (1979) est particulièrement importante : il s'agit de la fraction de surface du sol occupée par une culture pure équivalente à la surface de sol produisant le même rendement dans l'association. Ainsi, pour une association 50 : 50, c'est-à-dire dans laquelle les deux éléments occupent la même surface relative, on aura $L_A = 0,77$ pour la culture A, et $L_B = 0,33$ pour la culture B, en appelant L_A et L_B les indices LER partiels : $LER = 1,10$. Le rendement de l'association est supérieur de 10 p. 100 à celui des surfaces équivalentes de cultures pures. Dans ce cas, A est la culture dominante, et B la culture dominée.

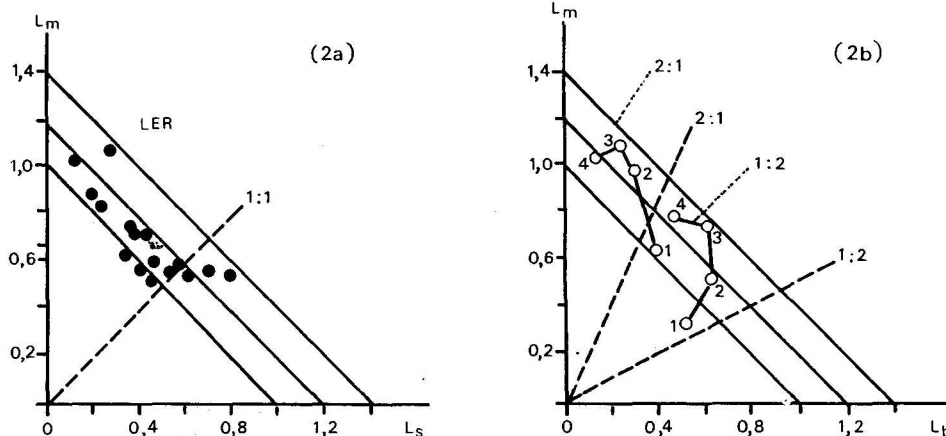
Plusieurs cas peuvent se rencontrer, selon qu'on aura compétition ou coopération mutuelle (figure 1). L'associa-

tion ne sera négative que si tous ces constituants ont une production inférieure à leur quote-part. Si les densités de semis et les espèces associées ont été convenablement choisies, on obtient en général des rendements équivalents ou supérieurs à ceux des composantes.

L'utilisation des LER dans l'étude des associations est illustrée par les figures 2, tracées d'après WILLEY (1979) : les indices d'égalité amélioration constituent des parallèles joignant les axes en 1,0, 1,2 ... Sur la figure 2a, la bissectrice indique l'espérance de rendement de chaque culture pure pour des densités partielles 50 : 50. Tous les points situés au-dessus représentent des rendements positifs pour le sorgho, et négatifs pour le mil. Il ne faut pas négliger pour autant les rendements pondéraux, pour juger de l'intérêt économique d'une association. La figure 2b présente une association par tiers. Les droites en pointillés indiquent là aussi les cas d'égalité compétition.

La figure 3 présente des résultats portant sur des cultures de maïs et de niébé au Kenya, à des niveaux de rendement élevés. Ils montrent l'effet variable du maïs selon sa densité de semis (a) : 2,5 plants/m² ; (b) : 5 pl/m² ; (c) : 7,5 pl/m². (CHANG et SHIBLES, 1985). Le niébé est planté à 100 000 pl/ha. Dans ce cas particulier l'azote joue un rôle plus important que le phosphore. On a : N1 ou P1 : pas d'engrais ; N2 ou P2 : fertilisation. M maïs pur ; C niébé pur ; Mc : 67 p. 100 M et 33 p. 100 c ; mc : 50/50 p. 100 ; mC : 33/67 p. 100.

WADE et SANCHEZ (1984) en Amazonie péruvienne, ont analysé des modèles de cultures multiples basées sur la culture juxtaposée, autant qu'associée, de maïs et de manioc, avec du soja, du niébé, du riz pluvial et de l'arachide, répartis sur un cycle de 2 ans (figure 4). Ces systèmes de cultures juxtaposées sont comparés aux mêmes cultures pures, effectuées aux mêmes périodes. L'analyse complète du système doit tenir compte de la durée des



FIGURES 2 - Diagrammes des surfaces relatives équivalentes (LER) et des niveaux relatifs de compétition dans deux types d'associations (d'après WILLEY, 1979).

2.a. : comparaison d'une association 50 : 50 : combinaisons de quatre génotypes de mil à quatre génotypes de sorgho. Tous les points situés au-dessus de la droite sont supérieurs à la somme des composants purs pour des surfaces équivalentes.

2 b. : comparaison de quatre niveaux de densités de semis pour deux types d'associations 1 : 2 et 2 : 1 de maïs et de haricots. Les chiffres (1, 2, 3, 4) indiquent les densités appliquées ; les droites pointillées les valeurs d'égalité compétition, pour les rapports de densité choisis. On observe un avantage global de l'association pour tous les points situés au-dessus de la droite joignant les LER 1,0.

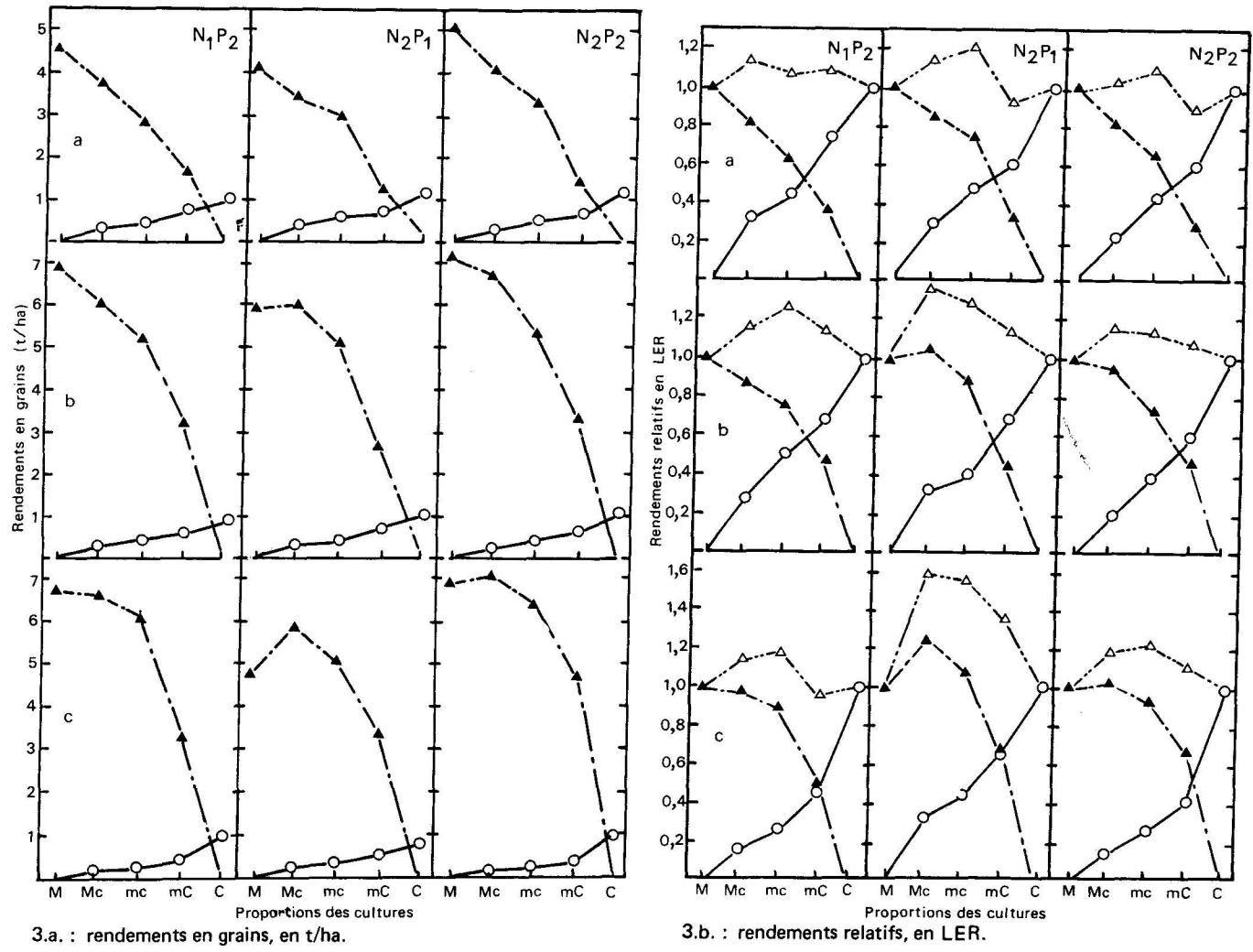


FIGURE 3 - Evolution des rendements du maïs et du niébé en association, selon les proportions de chaque culture et la fertilisation. M = maïs pur ; Mc = 67 p. 100 maïs, 33 p. 100 niébé ; mc = 50:50 ; mC = 33:67 ; C = niébé pur. N1 : pas d'azote ; P1 : pas de phosphate ; N2, P2 : engrais.

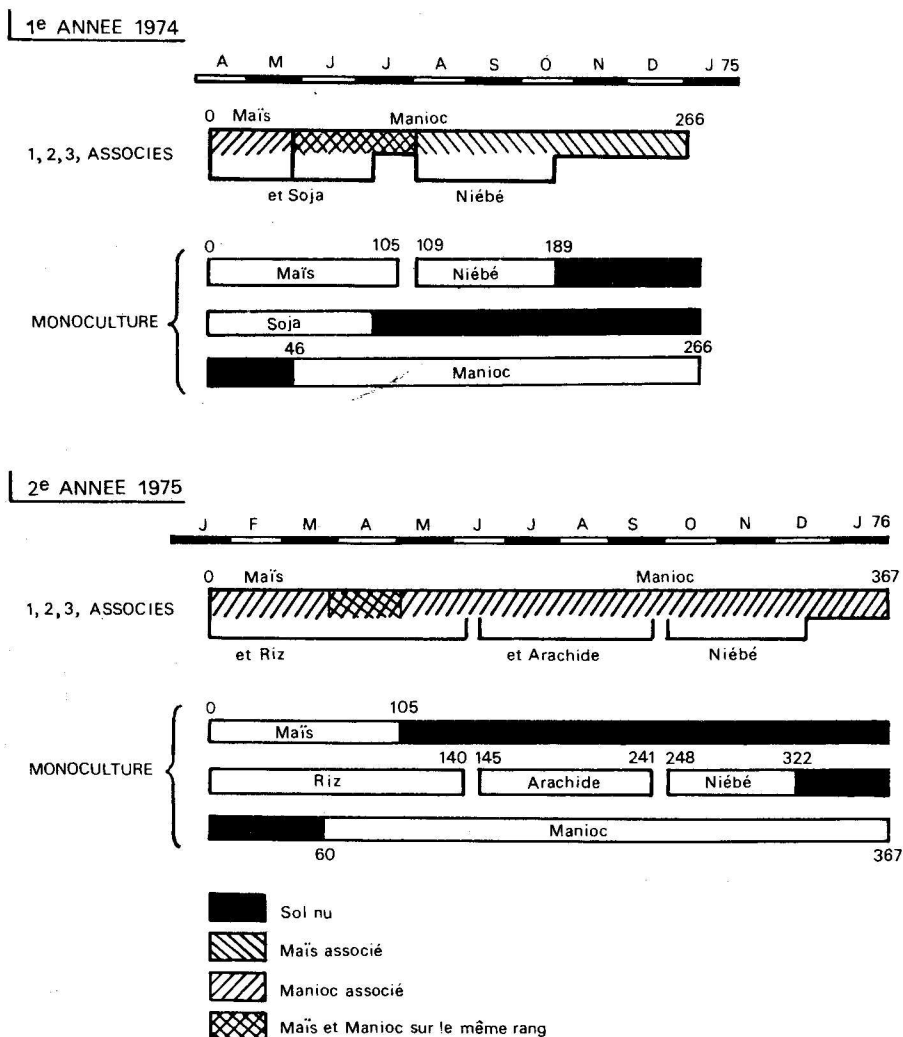


FIGURE 4 - Méthodes de plantation d'associations et de monocultures dans un essai de succession pendant 2 ans : première année : maïs ; manioc ; soja ; niébé. deuxième année : riz ; arachide.

cycles de culture de chaque élément. Ils proposent l'indice ATER (durée réelle du rapport équivalent), qui tient compte de la *durée d'occupation partielle des sols* par chaque culture : ainsi, l'introduction de cultures à cycle court dans le manioc, peut permettre d'éviter une trop forte compétition pour l'eau pendant des périodes de pluviosité limitée.

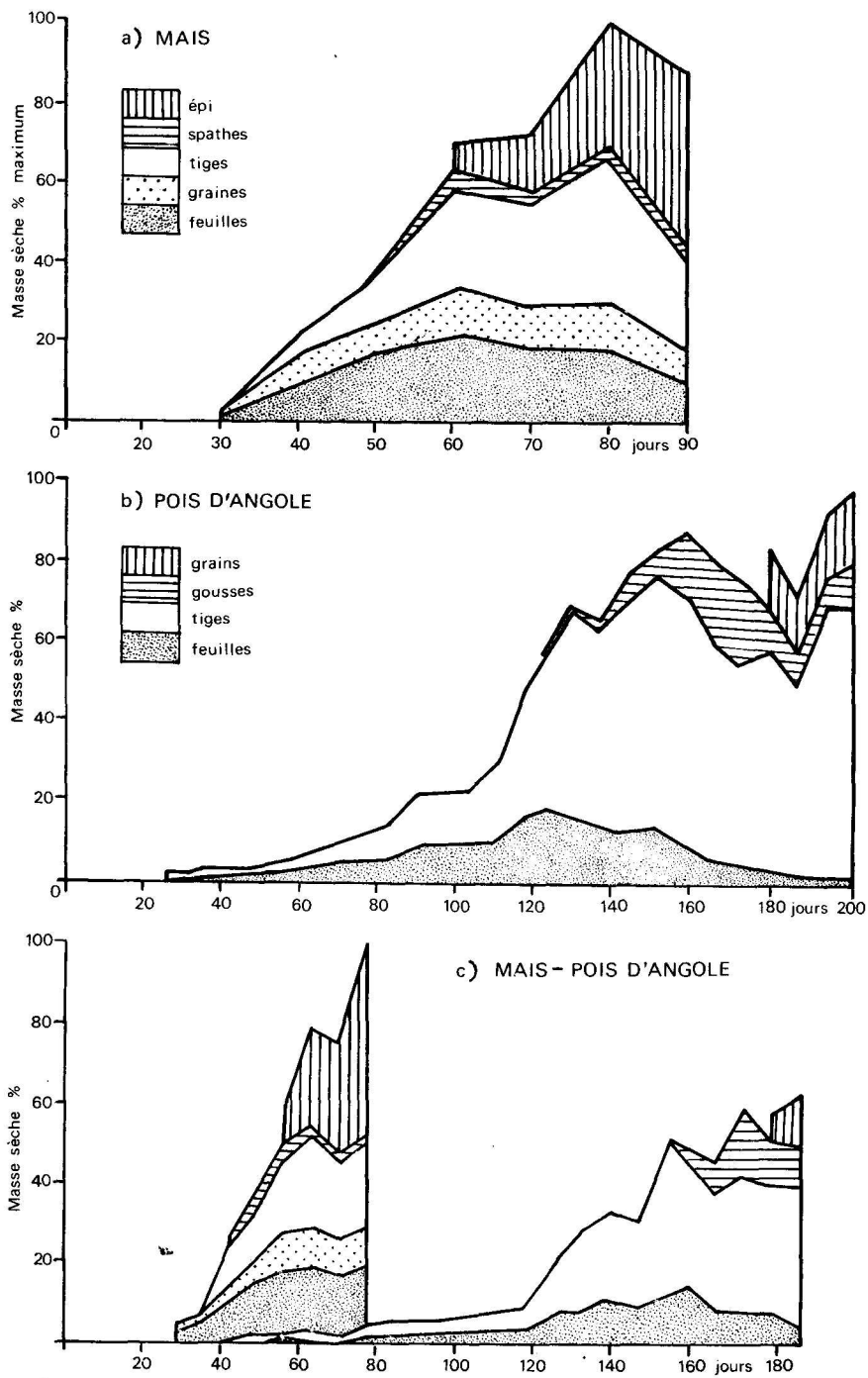
UTILISATION DE L'ENERGIE SOLAIRE PAR DES ASSOCIATIONS CULTURALES

On se limite ici à l'étude de cultures vivrières à cycle annuel : céréales (maïs, sorgho, mil ...), légumineuses (haricot, pois d'angole, niébé ...), solanacées (piment), et plantes-racines (manioc, igname, patate douce, taros), et à un exemple de culture semi-pérenne à cycle annuel, l'ananas.

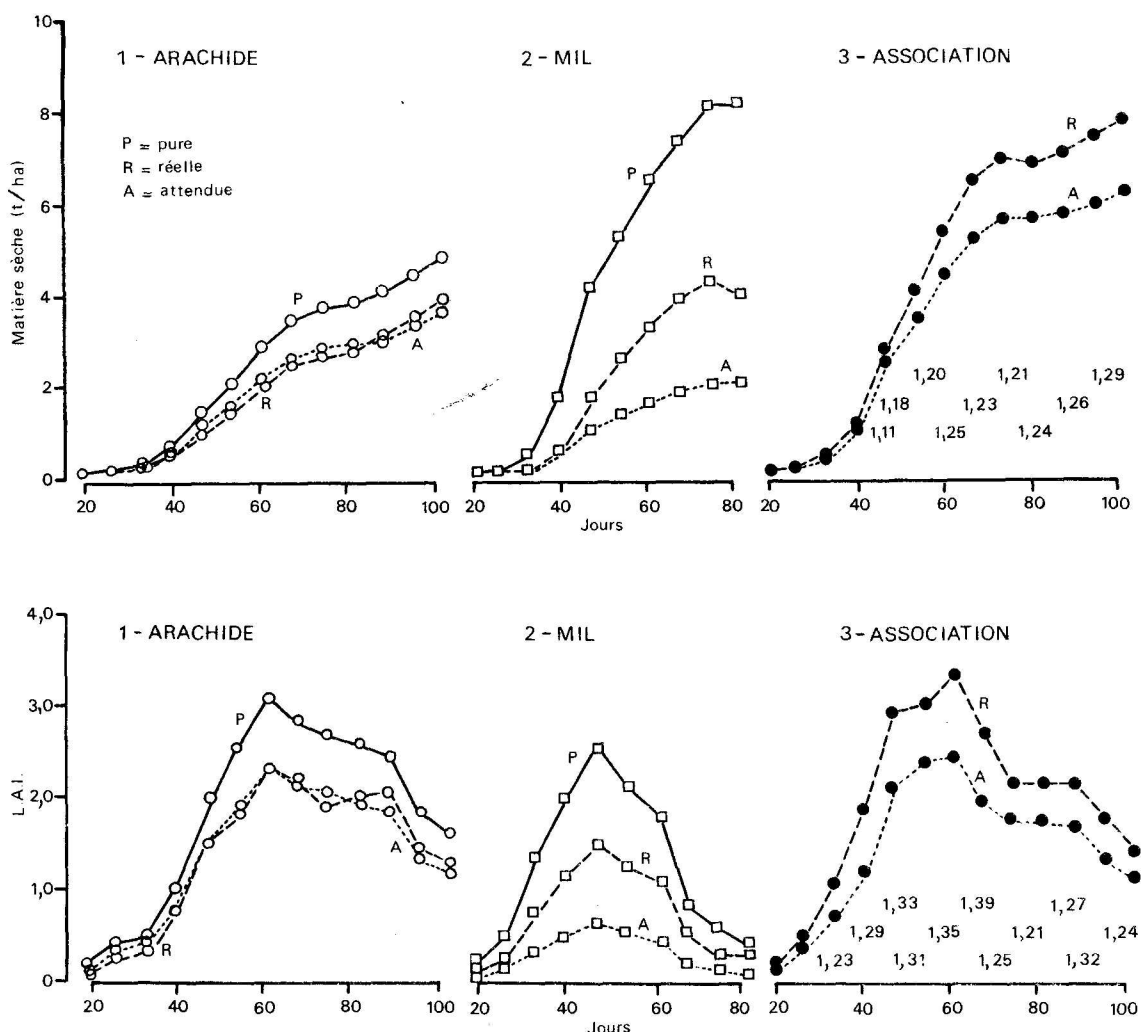
Dynamique du développement de l'association.

Les figures 5a, b, c, résument l'évolution d'une association de mil et de pois d'angole, réalisée en Inde (SIVAKUMAR et VIRMANI, 1980), en climat semi-aride de mousson (1130 mm de juin à février) sur vertisol montmorillonitique calcaire, avec des températures maximales de 33° en juin et de 27° en décembre, et minimales de 23° en juin et 15° en décembre. Les quantités d'énergie solaire sont de l'ordre de 1400 à 2000 J cm⁻² par jour, avec un minimum en août et un maximum en octobre.

Le maïs à cycle court (90 jours), et le pois d'angole à cycle long (180 jours), ont été semés le 12 juin ; les réserves en eau du sol ont alimenté le pois jusqu'à la récolte finale. Les semis ont été réalisés à 80 000 pl/ha (maïs en cultures pure et associée), à 40 000 pl/ha (pois en association), et 80 000 pl/ha (culture pure). Les rendements en



FIGURES 5- Evolution des composantes de la production de matière sèche du maïs et du pois d'angole en cultures pure et associée.
 5.a. : maïs pur
 5.b. : pois d'angole pur
 5.c. : association
 On exprime en fonction des jours après le semis, les productions en pourcentages du maximum atteint.



FIGURES 6

6.a. : évolution, au cours de la croissance, de la matière sèche totale (en t/ha) produite par les arachides, le mil et l'association.

On a la culture pure, la production attendue sans compétition, et la production réellement observée en association, en fonction du nombre de jours depuis le semis.

6.b. : évolution des indices de surface foliaire (LAI) pour le même essai.

On a indiqué les LER à chaque date sur les deux figures.

maïs ont été les mêmes en association (3 518 kg/ha) et en culture pure (3 500 kg/ha).

Grâce à l'étude bibliographique déjà citée (WILLEY, 1979), puis à des travaux ultérieurs portant sur le mil et l'arachide (REDDY et WILLEY, 1981 ; MARSHALL et WILLEY, 1983), on comprend clairement comment et pourquoi l'association culturale de deux espèces, dont les durées de cycles de croissance et les systèmes reproductifs diffèrent beaucoup, peuvent produire des rendements combinés (exprimés par leur LER), très supérieurs à ceux des cultures pures équivalentes.

Sur les figures 6a et b (d'après REDDY et WILLEY, 1981), on compare les évolutions des masses sèches et des indices foliaires d'une association comportant un rang de mil et trois d'arachide en lignes espacées de 30 cm, et de

ses composantes en cultures pures. La culture combinée est nettement plus productive que les valeurs attendues : le LAI de l'arachide est voisin de sa valeur attendue, compte tenu de sa densité partielle de semis ; l'ensemble mil+arachide a occupé le sol, et mieux utilisé l'énergie solaire incidente que ses composantes en cultures pures. Le rendement en matière sèche et en grains de l'association 50 : 50 est amélioré respectivement de 28 p. 100 et 26 p. 100 par rapport à ses composantes. Les indices LER partiels et totaux sont les suivants (tableau 1).

Evolution de l'occupation de l'espace.

Les figures 7 (d'après MARSHALL et WILLEY, 1983) présentent l'évolution des coefficients de transmission de l'énergie PAR (photosynthétiquement active) à 32, 46 et

TABLEAU 1 - Indices partiels de LER des rendements en grains et en matière sèche totale d'une association 50 : 50 et de ses composantes :

Culture	M.S. totale	Rendement en grain
arachide associée	0,69	0,71
mil associé	0,59	0,55
association	1,28	1,26
PPDS (5 p. 100)	0,10	0,21
CV p. 100 (5 p. 100)	5,41	11,24

PPDS - plus petite différence significative à 5 p. 100
 C.V. - coefficient de variation à 5 p. 100

57 jours après le semis, dans les composantes de l'association et dans celle-ci, au niveau du sol : les interlignes d'arachide disparaissent dès le 46e jour ; au-dessus de l'arachide l'énergie reste supérieure à 50 p. 100 jusqu'à la floraison du mil ; mais chaque rang a une réponse bien particulière, liée à sa position par rapport au soleil.

Les figures 8a, b, c corrélient l'accumulation de masse sèche et le PAR intercepté par les cultures de mil et d'arachide, et leur association. La figure 8d distingue les composantes de l'association ; dans tous les cas, on a repéré les

dates de début et fin de remplissage des grains ou gousses. Tout ceci montre que le fonctionnement photosynthétique de l'association est meilleur que celui de l'arachide pure, et que celui du mil associé est à peine moins bon que celui du mil pur.

Dans certains cas, on peut utiliser comme culture dominée une *plante d'ombre* : c'est le cas d'associations de taro et de manioc, ou d'ananas et de papayer : ce dernier type d'association est pratiqué dans les pays à climat très lumineux de type soudanien (KAPLAN, 1976 ; PY, 1980).

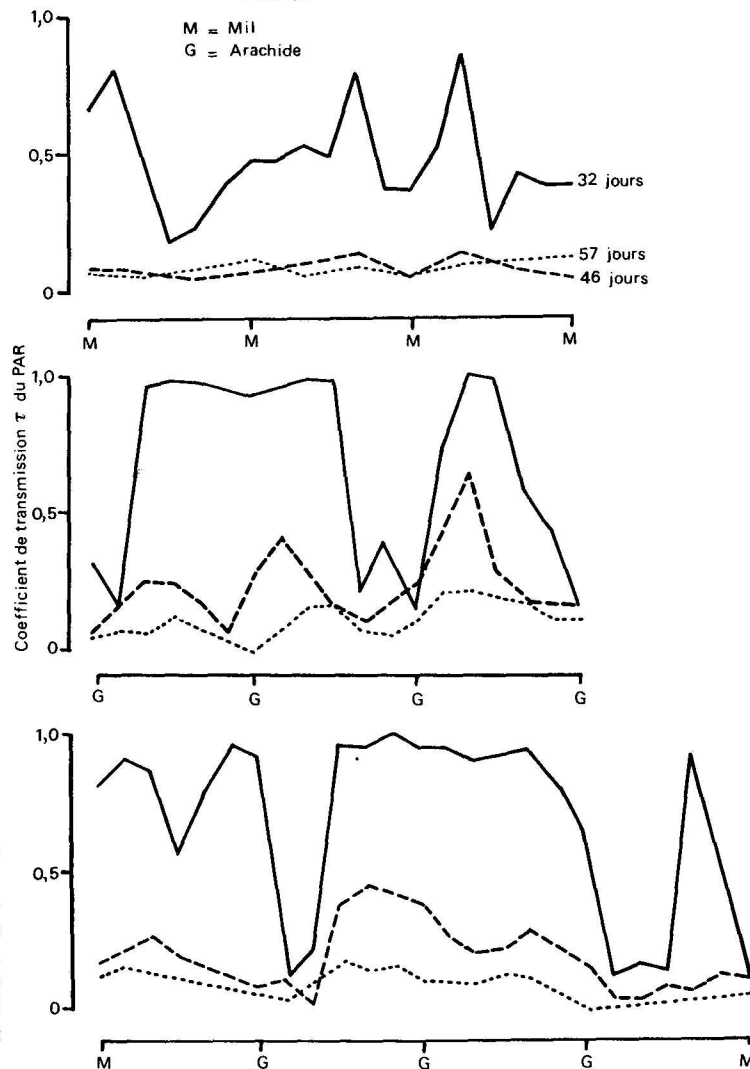
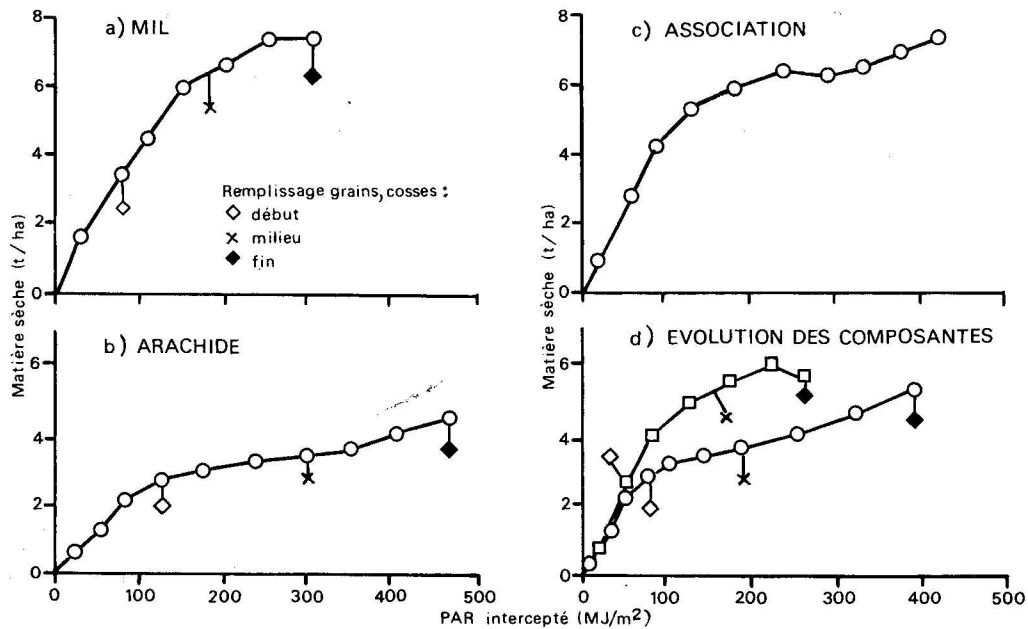


FIGURE 7 - Mesures des coefficients de transmission τ du PAR (rayonnement photosynthétiquement actif) à 32, 46 et 57 jours après le semis, à la surface du sol, entre trois cellules unitaires de mil, d'arachide et d'une unité d'association. Les interlignes sont à 30 cm.



FIGURES 8- Matière sèche accumulée exprimée en t/ha, en fonction des sommes de PAR intercepté par le mil, l'arachide et l'association. Les sommes sont calculées du 33e jour après le semis jusqu'à la récolte finale. Le début, le milieu (en temps) et la fin du remplissage des grains ou des cosses sont indiqués. 8.d. : on compare l'évolution des composantes dans l'association.

Un problème particulier se pose quand on associe des plantes de même taille finale : on observera une domination de l'espèce qui a la vitesse de croissance la plus grande, si l'association est trop intime (cultures en mélanges), SIVAKUMAR et VIRMANI (1980) en donnent un exemple pour le maïs et le pois d'angole. La figure 9 traduit l'évolution de la production de masse sèche des composantes et de l'association, par rapport au PAR intercepté : le pois d'angole prend du retard en association jusqu'à la récolte du maïs, puis il rattrape celui-ci, et le rendement final en est peu affecté : le LER de l'association est de 1,65, avec des rendements de maïs de 3 500 kg/ha (pur comme associé) et de pois de 1 833 kg/ha (pur) et 1 500 (associé), avec deux rangs de maïs pour un de pois d'angole.

Dans une première tentative d'étude d'associations de piment et d'ananas, OSSENI et N'GUESSAN (1987) ont trouvé que la culture combinée a un rayonnement net R_n qui varie de 58 à 64 p. 100 du rayonnement solaire global, et un albedo moyen a compris entre 17 et 19 p. 100, entre 3 et 6 mois, alors que sur la culture pure d'ananas, on a mesuré respectivement dans les mêmes conditions un R_n plus élevé (65 à 75 p. 100) et un albedo plus faible (14,5 à 17,5 p. 100) (tableau 2).

Conclusion partielle.

L'ensemble des résultats analysés montre que l'adaptation des variétés à l'association est un critère essentiel,

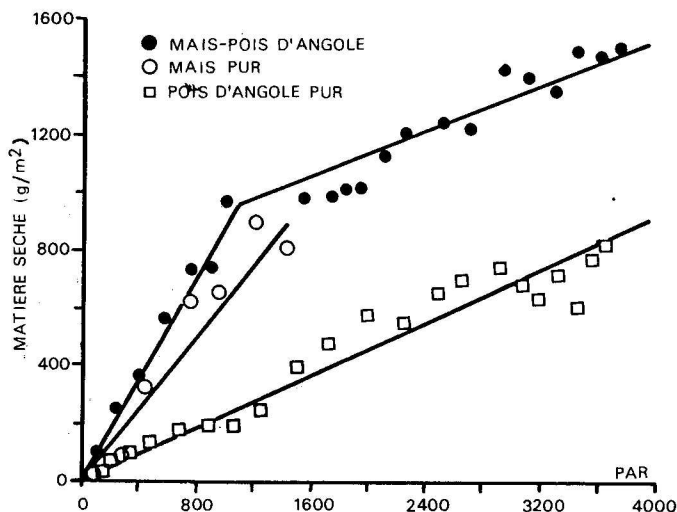


FIGURE 9- Production de matière sèche (en g/m²), exprimée en fonction de la somme des PAR (en 10⁶ micro-einsteins/m²) dans le maïs seul, le pois d'angole seul, et l'association des deux.

TABLEAU 2 - Evolution de l'albedo et des coefficients c et d de la relation reliant le rayonnement global R_g au rayonnement net R_n , dans le cas d'une association culturale ananas et piment à Anguédédou (5° N), Côte d'Ivoire.

Période de l'année âge de la culture	albedo moyen p. 100	$R_n = aR_g + d$ (Wm^{-2})		Coefficient de corrélation
		c	d	
août 1984 90 à 100 jours	17,2 ± 0,6	0,580	13,17	0,986
septembre 1984 105 à 120 jours	18,3 ± 0,7	0,585	10,13	0,965
octobre 1984 135 à 150 jours	18,8 ± 0,6	0,631	- 7,55	0,995
novembre 1984 165 à 180 jours	18,8 ± 0,8	0,640	- 11,90	0,985

mais souvent mal perçu. Des essais très intéressants ont été publiés à ce sujet par CHETTY et REDDY, 1984 ; FRANCIS *et al.*, 1976 ; CRUZ *et al.*, 1984 ; WAHUA *et al.*, 1981 ; notamment.

L'erreur la plus fréquemment commise est d'additionner les densités optimales de semis (CROOCKSTON et HILL, 1979) des composantes de l'association : la culture

associée est alors deux fois plus dense que ses composants purs.

Dans la plupart des cas, on aboutit à une réduction considérable du rendement de la composante dominée. WAHUA et MILLER (1978) ont analysé les conséquences de ces densités excessives (figure 10). WILLEY et RAO (1980) en donnent d'autres exemples, tout en soulignant

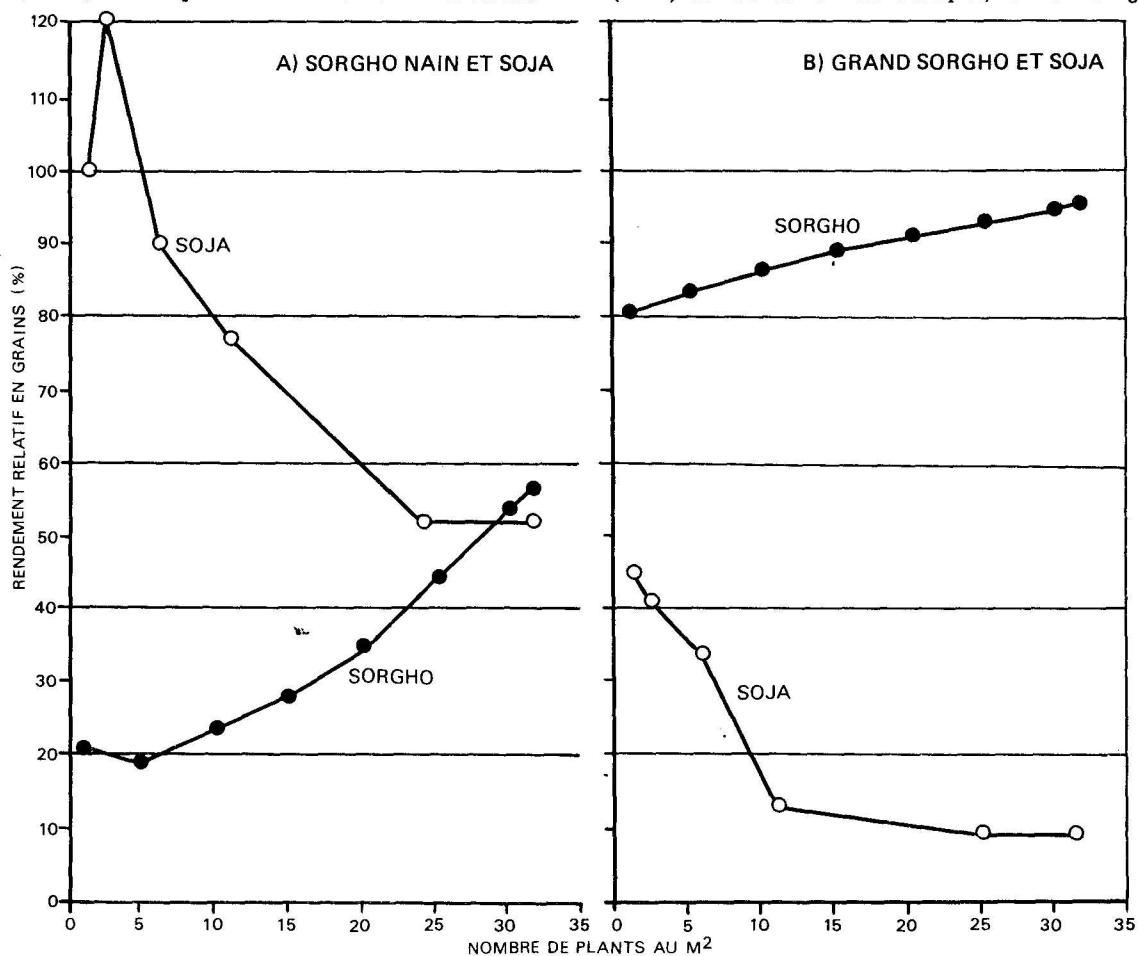


FIGURE 10 - Rendements relatifs (p. 100) en grains des sorgho et soja associés, par rapport au peuplement de a) sorgho nain ; b) grand sorgho, en plantes/m².

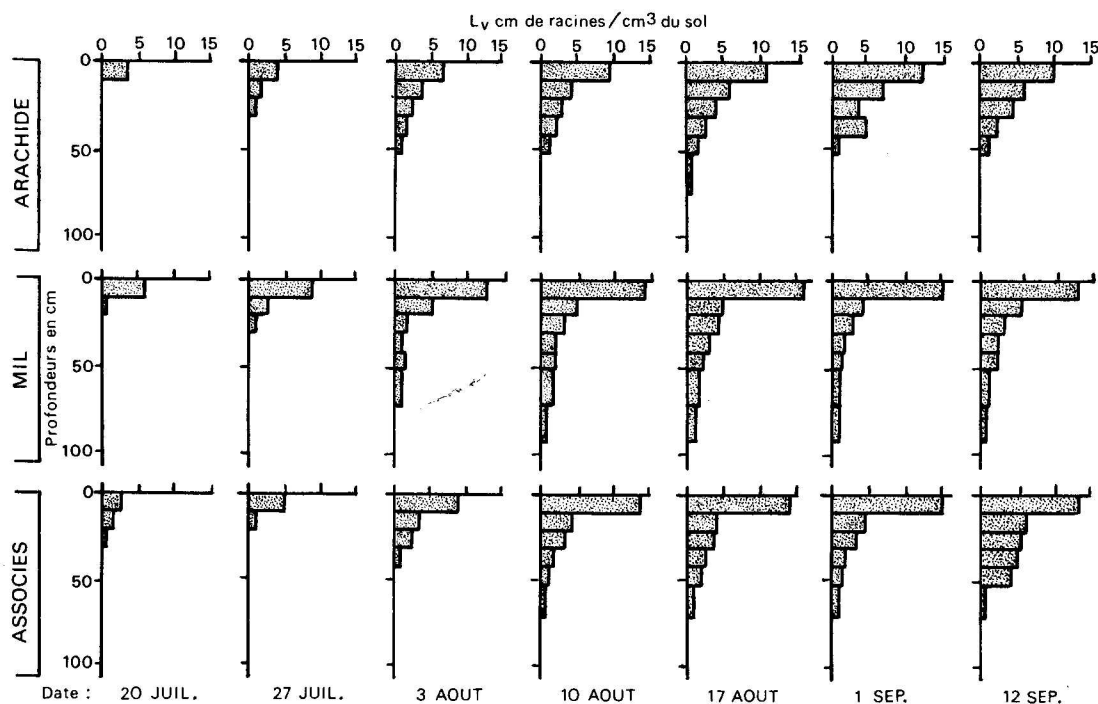


FIGURE 11 - Distribution des longueurs de racines dans les profils de sol à différentes dates, à partir d'échantillons de sol lavés. En ordonnées, les profondeurs en cm (d'après GREGORY et REDDY, 1982).

l'importance du décalage des maturations, et proposent un rapport de *compétitivité*, dérivé du LER, qui tient compte des rendements partiels des composantes : $CR = (LERa / LERb) (Zba / Zab)$, avec Zab et Zba , proportions des surfaces en associations attribuées (au semis) respectivement aux cultures a et b.

LA COMPETITION POUR L'EAU

L'utilisation de l'eau par chaque élément de l'association.

Elle dépend de plusieurs facteurs : la capacité qu'a une espèce à puiser l'eau dans le sol (l'ananas est moins adapté que le mil à puiser une eau rare), et la vitesse de croissance de son système racinaire durant sa vie. On possède malheureusement peu de données concernant ce dernier point, car les études de l'enracinement sont rares. Un excellent travail de GREGORY et REDDY (1982) compare les enracinements de mil et d'arachide. Les figures 11 illustrent la colonisation du sol par les cultures pures et associées. On notera qu'elle est nettement plus importante jusqu'à 50 cm de profondeur dans l'association que sous les composantes pures. Il n'a pas été possible de distinguer les systèmes racinaires dans cet essai. REDDY et WILLEY (1981) constatent que la consommation d'eau d'une culture associée de mil et d'arachide ne dépasse que de 10 p. 100 celles de ses composants purs, et qu'elle est inférieure à la consommation « attendue » par addition des productions. L'efficacité de l'eau s'avère meilleure : les auteurs estiment que l'ombrage partiel de l'arachide peut l'expliquer dans les conditions de l'essai.

SINHA *et al.* (1985), étudiant cet effet en saison sèche

dans le Pendjab, ont montré que la réponse du blé irrigué, associé à la moutarde, au pois, et au pois chiche, dépend beaucoup de la plante associée, et du mode d'irrigation, mais que les besoins en eau globaux sont assez peu différents. Irriguées avec 300 mm d'eau, les associations consomment au plus 340 mm contre 250 mm pour le blé seul. L'association du blé et de la moutarde peu irriguée (60 mm) a même un coefficient d'utilisation de l'eau meilleur que le blé seul. Le problème est que les auteurs ne donnent pas les rendements des cultures pures de moutarde, pois et pois chiche, ce qui empêche de calculer les LER.

Le régime des pluies et l'utilisation de l'eau par chaque composante.

Plusieurs auteurs montrent que l'association de deux plantes bien adaptées à la sécheresse, mais dont les maximum de consommation se situent à des périodes différentes de leurs cycles, pourront mieux supporter des phases de déficit en eau du sol, liées à l'irrégularité des pluies, car chaque densité de peuplement partiel est assez faible, et permettra de tirer parti des faibles exigences de l'autre au moment critique : l'exemple d'un mil à cycle court et d'un sorgho rouge à cycle plus long est souvent donné. D'autres auteurs apportent d'ailleurs une preuve indirecte, en soulignant l'effet très négatif de la sécheresse sur des plantes qui y sont sensibles.

La production de masse sèche et le rendement.

La position relative des composantes de l'association

paraît jouer un rôle important : HULUGALLE et LAL (1986) ont montré que les rendements du maïs et du niébé en conditions d'alimentation en eau limitée sont meilleurs en association ligne à ligne qu'en cultures pures ou en plantes intercalées sur la ligne ; OSSENI et N'GUÉSSAN (1987) ont estimé que l'association du piment à l'ananas peut assurer une meilleure exploitation des ressources hydriques du sol. En effet, l'ananas est planté sur des billons hauts de 20 cm, et le piment au fond de ceux-ci : on observe ainsi une meilleure occupation du volume de sol, et une concurrence pour la lumière réduite, au moins en début de culture.

EN CONCLUSION GENERALE

La plupart des résultats disponibles montrent que l'association se comporte généralement mieux quand ses éléments sont suffisamment dissociés. L'analyse de l'extinction du rayonnement solaire, et du fonctionnement des systèmes racinaires sous l'association l'expliquent aisément. Mais les données de la littérature mettent aussi en évidence le rôle essentiel joué par l'adaptation des variétés à l'association.

La plantation de rangs (ou mieux encore de petites séries de rangs) alternés permet au composant le moins haut de recevoir assez de PAR pour parvenir à un rendement suffisant (mais inférieur à celui de la culture pure) : FAWUSI (1985) le montre bien en associant maïs et okra au Sud Ouest du Nigéria.

Ces effets s'estompent souvent quand on effectue des apports d'azote dans des associations céréales-légumineuses, car cette dernière s'en trouve relativement affaiblie, du fait de la vigueur plus grande de la graminée (CORDERO et McCOLLUM, 1979).

Les meilleurs résultats sont atteints quand la culture dominante a un cycle court, ou que la culture à cycle le plus court a une vitesse de croissance nettement plus grande que celle à cycle long.

L'utilisation de l'énergie solaire est meilleure dans une association bien choisie que dans ses composants ; rendements en masse sèche et en grains ont alors des LER analogues.

Dans des associations de légumineuses à des graminées ou du manioc, mieux vaut utiliser des légumineuses à port buissonnant que des types grimpants, qui s'adaptent mal : il semble que ces derniers ont des besoins en énergie PAR plus importants. Ceci a été montré notamment au Brésil et en Colombie, avec des haricots et du maïs. (CAETANO *et al.*, 1984 ; CLARK et FRANCIS, 1985).

La suppression rapide de la composante à cycle court, (maïs dans le pois d'angole par exemple) permet d'obtenir rapidement une première récolte, sans perturber le rendement de la seconde. Mais ce système n'est vraiment adapté qu'à des zones où la saison des pluies est assez longue.

On doit tenir compte des exigences énergétiques maximales de chaque composante de l'association, et éviter d'effectuer le semis associé de cultivars au moment où une forte nébulosité est probable. On pourra cependant associer au maïs ou au bananier plantain une culture comme le taro, qui supporte l'ombrage, mieux qu'une arachide ou une tomate (ADELANA, 1984 ; IGBOKWE *et al.*, 1985 ; SIVAN, 1984, etc.).

Les associations de cultures annuelles, si on utilise des densités de plantation correctement choisies, et si elles sont placées dans des conditions pédo-climatiques favorables, permettent donc d'obtenir des rendements à l'hectare supérieurs à ceux des composants purs. Elles sont très importantes chaque fois que les surfaces disponibles sont faibles. Elles assurent une meilleure régularité du rendement de leurs composantes, réduisent l'envahissement des terres par les mauvaises herbes (UNAMMA et ENE, 1985 ; AYE-NI *et al.*, 1984) et l'érosion hydrique en début de saison, grâce à leur couverture rapide du sol.

L'utilisation de systèmes de plantation en bandes permet d'effectuer une récolte mécanique, si les écartements sont correctement choisis : l'association permet souvent de réduire les infestations parasitaires, chaque composante «piégeant» plus ou moins les parasites de l'autre (LITSINGER et MOODY, 1976 ; NAFUS et SCHREINER, 1986 ; OSSENI, 1985b).

On peut aussi envisager la mise en place successive de deux cultures à cycle court dans les interlignes libérés, et améliorer ainsi la productivité du sol au cours de l'année (CORDERO et McCOLLUM, 1979).

Tout ce qui précède a eu pour but de montrer qu'à partir du moment où on prend sérieusement en compte l'association de cultures, il faut se donner les moyens de l'optimiser, et notamment rechercher quelles modifications elle exige par rapport aux méthodes utilisées en cultures pures. Toutes ces possibilités sont exploitées, sous une forme ou une autre, dans de nombreux pays. Des colloques récents ont permis de faire un point général des résultats acquis, et surtout, des instituts de recherches de haut niveau comme l'ICRISAT, l'IITA et bien d'autres, ont commencé à mettre en place, depuis plus de dix ans, des programmes coordonnés. Ceci rend optimiste pour l'avenir des associations de cultures.

ELEMENTS BIBLIOGRAPHIQUES

- ADELANA (B.O.). 1984.
Evaluation of maize-tomato mixing-cropping in south-western Nigeria.
Indian J. agric. Sci., 54 (7), 564-569.
- AGAMUTHU (P.) et BROUGHTON (W.J.). 1985.
Nutrient cycling within the developing oil-palm legume ecosystem.
Agric. Ecos. Envir., 13, 111-123.
- AYENI (A.O.), DUKE (W.B.) et AKOBUNDU (I.O.). 1984.
Weed interference in maize, cowpea and maize/cowpea intercrop in a subhumid tropical environment.
Weed Research, 24 (4, 6), 269-290, 439-448.
- CAETANO (L.F.), SILVEIRA (A.J.) da, VIEIRA (C.), CARDOSO (A.A.) et TELES (F.F.F.). 1984.
Behaviour of cultivars of cassava and beans when intercropped. (Port.).
Revista Ceres, 31 (174), 120-135.

- CAVALIE (J.) et COLY (J.). 1979.
Observations sur la compétition maïs-pois congo dans l'association maïs-pois congo-sorgho sur vertisol calcaire.
XVIIe Congrès CFCS, 8 p + figures (ronéotypé).
- CHANG (J.F.) et SHIBLES (R.M.). 1985.
An analysis of competition between intercropped cowpea and maize.
I.- Soil N and P levels and their relationships with dry matter and seed productions.
II.- The effect of fertilization and population density.
Field crops research, 12, 133-152.
- CHETTY (C.K.R.) et REDDY (M.N.). 1984.
Analysis of intercrop experiments in dryland agriculture.
Expl. agric., 20 (1), 31-40.
- CLARK (E.A.) et FRANCIS (C.A.). 1985a.
Transgressive yielding in bean/maize intercrops : interference in time and space.
Field crops Res., 11 (1), 37-53.
- CLARK (E.A.) et FRANCIS (C.A.). 1985b.
Bean/maize intercrops : a comparison of bush and climbing growth habits.
Field crops Res., 10 (2), 151-166.
- CORDERO (A.) et McCOLLUM (R.E.). 1979.
Yield potential of interplanted annual food crops in southeastern USA.
Agron. J., 71 (6), 834-842.
- CROOKSTON (R.K.) et HILL (D.S.). 1979.
Grain yields and land equivalent ratios from intercropping corn and soybeans in Minnesota.
Agron. J., 71 (1), 41-44.
- CRUZ (J.C.), CORREA (L.A.), RAMALHO (M.A.P.), SILVA (A.F.) da et OLIVEIRA (A.C.) de. 1984.
Evaluation of maize cultivars intercropped with beans. (Port.).
Pesq. agrop. brasil., 19 (2), 163-168.
- DE WIT. 1960.
On competition.
Versl. Landbouwk Onderz., 66, 1-82.
- DUPRIEZ (H.) et DE LEENER (P.). 1984.
Agriculture tropicale en milieu paysan africain.
L'HARMATTAN Ed., 279 p.
- FAWUSI (M.O.A.). 1985.
Influence of spatial arrangements on the growth, fruit and grain yield and yield components of intercropped maize and okra (*Abelmoschus esculentus*).
Field crops Res., 11 (4), 345-352.
- FRANCIS (C.A.), FLOR (C.A.) et TEMPLE (S.R.). 1976.
Adapting varieties for intercropped systems in the tropics.
in : *Multiple cropping, ASA Special*, pub. N° 27, 235-255.
- GIACOMELLI (E.J.) et PY (C.). 1981.
L'ananas au Brésil.
Fruits, 36 (11), 645-687.
- GREGORY (P.J.) et REDDY (M.S.). 1982.
Root growth in an intercrop of pearl millet/groundnut.
Field crops Res., 5, 241-252.
- G.R.E.T. 1982.
Cultures associées en milieu tropical.
GRET/Ministère des Relations extérieures, Ed., 76 p.
- HOEKSTRA (D.A.). 1983.
An economic analysis of a simulated alley cropping system for semi-arid conditions, using microcomputers.
Agroforestry systems, 1 (4), 335-345.
- HULUGALLE (N.R.) et LAL (R.). 1986.
Soil water balance of intercropped maize and cowpea grown in a tropical hydromorphic soil in Western Nigeria.
Agron. J., 77, 86-90.
- IGBOKWE (M.C.), ARENE (O.B.), NDUBUIZI (T.C.) et UMANA (E.E.) 1985.
Culture associée du Taro et du Plantain : effets sur le rendement et les maladies du Taro.
Symp. Plantes Racines Tropicales - Publ. 221, IDRC, p. 186-188.
- JACQUARD (P.). 1968.
Manifestations et nature des relations sociales chez les végétaux supérieurs.
Oecol. plant., 3, 137-168.
- KAPLAN (J.). 1976.
La culture de l'ananas en Casamance.
Réunion annuelle IRFA, doc. 46.
- KELI (J.). 1985.
Cultures vivrières et intercalaires des jeunes hévéas.
(Exp. 138) IRCA, 40 p.
- LEE (S.A.). 1972.
Agro-economic studies on intercropping in pineapple.
Malaya pineapple, (2), 23-32.
- LITSINGER (J.A.) et MOODY (K.). 1976.
Integrated pest management in multiple cropping systems.
in : *Multiple cropping ASA Special publ.* N° 27, 293-316.
- LIYANAGE (M.) de S., TEJWANI (K.G.) et NAIR (P.K.R.) 1984.
Intercropping under coconuts in Sri Lanka.
Agroforestry systems, 2, 215-228.
- MARSHALL (B.) et WILLEY (R.W.). 1983.
Radiation interception and growth in an intercrop of pearl millet/groundnut.
Field crops Res., 7 (2), 141-160.
- MESSIAEN (C.M.). 1983.
Quelques caractéristiques des systèmes agricoles traditionnels en zone tropicale : limites de leurs performances, améliorations éventuelles.
Bull. agron. INRA/CRCA Antilles N° 1, 4-16.
- NAFUS (D.) et SCHREINER (L.). 1986.
Intercropping maize and sweet potatoes ; effects on parasitization of *Ostrinia furnacalis* eggs by *Trichogramma chilonis*.
Agric. ecosyst. environt., 15, 189-200.
- NAIR (P.K.R.). 1983.
Agroforestry with coconuts and other tropical plantation crops.
Plant res. agroforest. ICRAF N° 8, 79-102.
- NELDER (J.A.). 1962.
New kinds of systematic designs for spacing experiments.
Biometrics, 18, 283-307.
- N'GUESSAN (A.H.). 1985.
Analyse de l'évapotranspiration réelle d'*Ananas comosus* (L.).
MERR. en Basse Côte d'Ivoire.
Thèse Dr Ing., Université de Rennes et ENSA-Rennes, 164 p.
- OSSENI (B.). 1985a.
Comportement des cultures vivrières et légumières sur les sols désaturés de Basse Côte d'Ivoire à monoculture d'ananas.
Fruits, 40 (4), 249-259.
- OSSENI (B.). 1985b.
Les cultures associées à la culture de l'ananas.
Action sur le nématode *Pratylenchus brachyurus*, la croissance et le rendement de l'ananas Cayenne lisse.
Fruits, 40 (11), 709-718.
- OSSENI (B.) et MARCHAL (J.). 1986.
Influence des cultures associées sur la nutrition minérale de l'ananas Cayenne lisse.
Fruits, 41 (7-8), 437-447.
- OSSENI (B.) et N'GUESSAN (A.). 1987.
Premières approches de l'étude d'associations culturales ananas-piments : aspects agronomiques et bioclimatiques.
Fruits, à paraître.
- RABOT (Cécile). 1982.
Les jardins vivriers d'une petite région de la Guadeloupe.
Approche agro-écologique des associations végétales.
Mémoire de fin d'études ENITA-Dijon/CEAT, 105 p.
- REDDY (M.S.) et WILLEY (R.W.). 1981.
Growth and resource use studies in an intercrop of pearl millet/groundnut.
Field crops Res., 4, 13-24.
- SHAKEL (K.A.) et HALL (A.E.). 1984.
Effect of intercropping on the water relations of sorghum and cowpea.
Field crops Res., 8 (5), 381-387.
- SINHA (A.K.), NATHAN (A.K.) et SINGH (A.K.). 1985.
Radiation climate and water use studies in intercropping systems.
J. Nuclear Agric. and Biology, 14 (2), 64-69.
- SIVAKUMAR (M.V.K.) et VIRMANI (S.M.). 1980.
Growth and resource use of maize, pigeon pea and maize/pigeon pea intercrop in an operational research watershed.
Expl. agric., 16, 377-386.
- SIVAN (P.). 1984.
Effect of some intercrops on taro.
Proc. 6th Symposium intern. soc. tropical root crops CIP Lima Peru Ed., p. 103-107.
- STEINER (K.G.). 1982.
Intercropping in tropical smallholder agriculture with special

- reference to West Africa.
Schriftenreihe Deutsches Gesellschaft für technische Zusammenarbeit N° 137, 303 p.
- TORRES (F.). 1983.**
Potential contribution of *Leucaena* hedgerows intercropped with maize to the production of organic nitrogen and fuel wood in the lowland tropics.
Agroforestry systems, 1 (4), 323-333.
- TRENBATH (B.R.). 1975.**
Diversify or be damned ?
Ecologist, 5, 76-83.
- UNAMMA (R.P.A.) et ENE (L.S.O.). 1984.**
Weed interference in cassava-maize intercrop in the rain forest of Nigeria.
Tropical root crops production and use of Africa. IDRC Canada Ed., p. 59-62.
- WADE (M.K.), et SANCHEZ (P.A.). 1984.**
Productive potential of annual intercropping scheme in the Amazon.
Field crops Res., 9, 253-263.
- WAHUA (T.A.T.), BABAOLA (O.) et AKENOVA (M.E.). 1981.**
Intercropping morphologically different types of maize with cowpea : LER and growth attributes of associated cowpea.
Expl. agric., 17, 407-413.
- WAHUA (T.A.T.) et MILLER (D.A.). 1978.**
Leaf water potential and light transmission of intercropped sorghum and soyabeans.
Expl. agric., 14, 373-380.
- WILLEY (R.W.). 1979.**
Intercropping. Its importance and research needs.
Part. I.- Competition and yields advantages.
Part. 2.- Agronomy and research approaches.
Field crops Abstracts, 32 (1), 1-10 ; (2), 73-85.
- WILLEY (R.W.). 1985.**
Evaluation and presentation of intercropping advantages.
Expl. agric., 21, 119-133.
- WILLEY (R.W.) et RAO (M.R.). 1980.**
A competitive ratio for quantifying competition between intercrops.
Expl. agric., 16, 117-125.



DARBONNE
SOCIETE CIVILE DARBONNE

Siège social : 6, Boulevard JOFFRE
91490 MILLY-LA-FORET B.P. 8
Tél. : (1) 64.98.95.95 - Télex : 690373

PLANTS de FRAISIERS

Tous nos pieds-mères sont issus de méristèmes

PLANTS de FRAMBOISIERS

Pour toutes informations sur nos productions
DEMANDER NOTRE CATALOGUE GRATUIT

GRIFFES d'ASPERGES

Sélection DARBONNE n°4
Sélection DARBONNE n°5
Nouveauté : Hybride de clones
DARBONNE n°231
La gamme complète
des nouveaux hybrides INRA

Une visite en vaut la peine