



Aspects nutritionnels de l'optimisation d'un système de cultures associant le maïs et l'arachide au Sud-Bénin

B. S. ADJAHOSSOU¹, V. N. ADJAHOSSOU^{2*}, D. F. ADJAHOSSOU³
P. EDORH⁴, B. SINSIN³ and M. BOKO²

¹Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC/UAC); 01BP 2417 Cotonou, Bénin.

²Faculté des Lettres Arts et Sciences Humaines-Université d'Abomey-Calavi (FLASH/UAC);
BP 55 Abomey-Calavi, Bénin.

³Faculté des Sciences Agronomiques-Université d'Abomey-Calavi (FSA/UAC); 01 BP 526 Cotonou, Bénin.

⁴Faculté des Sciences et Techniques, Département de Biochimie et de Biologie Cellulaire, Université
d'Abomey-Calavi (FAST/UAC); 01 BP 526 Cotonou, Bénin.

*Auteur correspondant, E-mail: vidnae@yahoo.fr

RESUME

On a évalué au Sud Bénin et en milieu contrôlé, les aspects nutritionnels d'une part, de systèmes de cultures pures (arachides et variétés de maïs à port érigé, à port semi retombant ou particulièrement riche en protéines) et d'autre part de cultures associant l'arachide avec ces trois variétés de maïs. Les cultures ont été conduites avec une irrigation d'appoint et une fertilisation organique (10 t de matière organique/ha) et chimique (100 kg/ha d'engrais complet 10-20-20). En culture pure, les rendements en grains par ha atteignaient 1,785 t pour l'arachide et respectivement 2,89 t, 4,17 t et 4,77 t pour les trois variétés de maïs semées à la même densité. En associant l'arachide et le maïs, les rendements par ha en arachide et en maïs atteignaient respectivement 1,16 t (arachide) et 2,7 t (pour le maïs), 0,94 t et 13,5 t et enfin 0,81 t et 3,62 t. Ces productions ont également été exprimées en glucides, protéines et lipides pour déterminer le nombre de rations alimentaires par ha. Ce n'est pas le système qui fournit le plus de graines de maïs et d'arachide par ha en culture pure, mais l'association du maïs à port érigé avec l'arachide qui donne les meilleurs résultats ; 7369 rations alimentaires journalières équilibrées par ha, contre 6628 et 6022 rations pour les deux autres associations. Les cultures mono spécifiques ne fournissent que 1486 à 2429 rations par ha. L'association optimisée du maïs avec de l'arachide permet donc de nourrir davantage de personnes par ha.

© 2009 International Formulae Group. All rights reserved

Mots clés : cultures pures, mélanges de cultures, glucide, protéine, lipide.

INTRODUCTION

Dans le Sud-Bénin, le maïs apporte aux populations 60% de l'énergie totale alimentaire (Cresta et al., 1994). La quasi-totalité de ce maïs est produite de façon traditionnelle dans de petites exploitations familiales. Les rendements obtenus de l'ordre de 600 à 700 kg/ha, sont non seulement extrêmement bas, mais pourraient encore baisser sous l'effet des perturbations climatiques de plus en plus fréquentes.

La menace d'une crise alimentaire est donc persistante et les solutions préconisées

par les décideurs tendent vers la promotion de l'intensification de l'agriculture sur le modèle des pays développés. Cependant, les contraintes majeures que constituent une pluviométrie aléatoire, la fragilité des sols, la très forte pression parasitaire (Pujolle, 1994), et l'absence de ressources humaines et financières adéquates, réduisent les chances de succès d'un tel projet.

Dans ces conditions, les alternatives les plus crédibles devront s'appuyer sur l'amélioration des savoirs faire traditionnels. Ainsi des variétés spécifiques pourraient être

© 2009 International Formulae Group. All rights reserved

introduites dans les systèmes de cultures associées (Muleba et al., 1985) et l'utilisation des intrants d'appoint soutiendrait la fertilité des sols, tandis qu'une irrigation sélective réduirait les déficits hydriques très prononcés.

L'expérimentation a été réalisée dans ce sens, et les rendements ont été notablement améliorés (Adjahossou et al., 2008). Mais la fonction de base de la production agricole étant d'assurer quantitativement et qualitativement l'alimentation, l'appréciation des rendements devra inclure l'évaluation de la capacité de production de rations alimentaires équilibrées en glucides, en protéines et en lipides par hectare. Cette démarche est d'autant plus justifiée que les variétés courantes de maïs ne peuvent assurer quantitativement les besoins en protéines et en lipides pour les populations les utilisant comme aliment de base (FAO/OMS, 1973). Par ailleurs, les grains de ces variétés sont généralement carencés en lysine et en tryptophane. Ces déficiences dans la composition chimique ont suscité de nombreux travaux visant à améliorer par diverses voies, cette précarité alimentaire.

A partir de la découverte du gène opaque-2 (Mertz et al., 1964), la teneur en protéines du maïs a pu être portée de 6 à 26,6 % par la sélection génétique (Dudley et Lambert 1969; Dudley et al., 1974 ; Dudley et al., 1977). Diverses méthodes de transformation comme la cuisson alcaline et la fermentation améliorent également la valeur nutritive du grain de maïs (Agbessi dos Santos et Damon, 1987; Sanni et al., 2002 ; Wachter 2003; Sefa-Dedeh et al., 2004 ; Sanya et al., 2007). Une autre méthode, plus courante en Afrique, est la fortification de la farine de maïs par des farines de graines de légumineuses comme le soja ou par de la pâte d'arachide (Afoakwa et al., 2004; Asibuo et al., 2008; Ategbo et al., 2008).

L'objectif de la présente étude est d'évaluer les productions des systèmes de cultures en nombre de rations alimentaires équilibrées en glucides, en protéines et en lipides par hectare et de voir si l'amélioration des systèmes mixtes peut constituer une alternative crédible pour mieux satisfaire les besoins alimentaires dans les pays en développement, sans pour autant devoir augmenter les surfaces cultivées.

MATERIEL ET METHODES

Détermination de la satisfaction des besoins nutritionnels par les différents systèmes de cultures

Les calculs des productions par hectare en glucides, protéines et lipides (tableaux 2 et 5) s'appuient sur les travaux de Purseglove (1979a et 1979b) et de National Academy of Sciences (1979).

Bases de calcul des rations : On considère ici, en se basant sur Cresta et al. (1994) et Sagbohan (1996), que les besoins moyens journaliers par individu adulte sont de 250 g de glucides, 56,7 g de protéines et 86,4 g de lipides.

A partir des productions et des besoins alimentaires quotidiens, on a calculé le nombre de rations alimentaires journalières « équilibrées », c'est-à-dire comprenant le minimum de glucides, de protéines et de lipides par adulte requis par jour, en considérant les besoins journaliers retenus ci-dessus.

Matériel végétal

Une variété locale d'arachide (*Arachis hypogea*) du groupe "spanish" de 90 jours, a été semée avec une densité de 11,1 plants/m². Au cours de la campagne agricole 2002-2003, elle a été associée à la variété de maïs (*Zea mays*) DMR-ESRW, avec trois densités de semis (2,5 ; 3,1 ; 4,2 plants/m²). Au cours de la saison agricole 2003-2004, l'arachide semée à la densité de 11,1 plants/m², a été associée avec trois variétés de maïs : (i) la variété de maïs TZEEW (Tropical Zea Extra Early White) à port érigé et ayant un cycle de 80 jours; (ii) la variété DMR-ESRW (Downly Middew Resistent Early Streak White) à port semi-retombant ayant un cycle de 120 jours; (iii) la variété Obatanpa, riche en protéines (QPM) dont le cycle est de 105 jours.

Conditions de culture

L'essai a été conduit sur un sol ferrallitique dont la fertilité a été améliorée par un apport de 10 t/ha de matières organiques sous forme de paillage et par une application de 100 kg/ha d'engrais chimique ternaire NPK (10-20-20). L'alimentation en eau des cultures a été assurée par l'eau pluviale et par un système d'irrigation

d'appoint pour couvrir la demande maximale équivalente à l'ETP, estimée à 5 mm/j.

Dispositif expérimental

- Expérimentation de la campagne 2002-2003 : Le dispositif expérimental est en blocs aléatoires complets (BAC) avec quatre répétitions. Chaque bloc comporte sept parcelles

(4 m x 3 m) dont trois avec différentes densités de semis de maïs en culture mono spécifique et trois avec les mêmes densités de semis de maïs en association avec l'arachide et une parcelle d'arachide en culture mono spécifique.

- Expérimentation de la campagne 2003-2004 : Les combinaisons de l'arachide avec trois variétés de maïs de ports différents, constituent les traitements. Le dispositif expérimental est constitué de blocs aléatoires complets (BAC). Chaque bloc comporte sept parcelles : une parcelle d'arachide en culture mono spécifique, trois parcelles portant l'une des trois variétés de maïs TZE EW, DMR-ESRW, Obatanpa, en culture mono spécifique et enfin trois autres parcelles portant l'association de l'arachide avec chacune des trois variétés de maïs.

Analyse statistique

L'analyse de variance, les erreurs standards des moyennes, la comparaison par paire par le test de Turkey ont été effectués avec le logiciel Statistix 8. Le seuil de significativité est $\alpha = 0,01$.

RESULTATS

Les essais préliminaires conduits en 2001-2002 ont montré que la densité optimale de semis dans les conditions de l'expérimentation est de 4,1 pieds/ m² pour le maïs et de 11,1 plants/m² pour l'arachide. Les essais d'amélioration de rendements de différents systèmes de cultures, ont été menés au cours des campagnes 2002-2003 et 2003-2004.

L'analyse de variance des données obtenues pour chaque saison a été faite selon le dispositif de blocs aléatoires complets. Les résultats ont mis en évidence des différences hautement significatives ($p = 0,001$) entre la productivité des systèmes de cultures étudiés.

Campagne 2002-2003

Le tableau 1 indique que les rendements en grains de maïs en association avec l'arachide sont significativement plus bas que ceux obtenus en culture mono spécifique. Cette baisse attribuable pour l'essentiel aux compétitions des deux cultures pour l'eau et les sels minéraux, est de 25%. La réduction de la densité de semis du maïs induit un accroissement du rendement de l'arachide. Ce qui tend à stabiliser la productivité du couvert végétal que constituent les deux cultures. Le tableau 2 récapitule la productivité des systèmes de cultures en glucides, en lipides et en protéines.

L'association des deux espèces produit une quantité de lipides qui représente 72,3 à 86,4% de la production de lipides de l'arachide en culture mono spécifique. On peut en outre observer que ces systèmes de cultures sont les meilleurs producteurs de protéines et quelle que soit la densité de semis de maïs, les quantités produites sont très peu différentes.

L'association du maïs et de l'arachide a été donc favorable à la production des lipides et des protéines. Ces deux éléments nutritifs étant habituellement ceux qui sont insuffisants dans les rations alimentaires dans les pays pauvres, l'association des cultures est susceptible de contribuer à l'amélioration de l'état nutritionnel des populations (Tableau 2).

Une évaluation des rendements en nombre de rations alimentaires permet alors de mesurer plus facilement l'efficacité des associations végétales à retenir afin de maximiser la satisfaction des besoins alimentaires par unité de surface.

Comme le montre le tableau 3, les cultures mono spécifiques de l'arachide et du maïs à différentes densités de semis, peuvent fournir 1333 à 2387 rations. Par contre, dans les mêmes conditions culturelles, le nombre de rations varie de 5825 à 7028 pour les systèmes associant les deux cultures.

Campagne 2003-2004

L'essai mené en 2003-2004, a eu pour objectif d'examiner l'influence des variétés de maïs associées à l'arachide, notamment de la diversité de ports, sur le rendement des systèmes de cultures étudiés. On a associé l'arachide respectivement au

Tableau 1: Rendements en grains des différents systèmes de cultures (2002-2003).

Systèmes de cultures	Rendement (kg/ha)	
	Grains (maïs)	Graines (arachide)
Arachide (monoculture)	-	1 600,9±34,1 A
Maïs (monoculture)		
DMR-ESRW d ₁	3 181±55,8 CD	-
DMR-ESRW d ₂	3 875±84,8 B	-
DMR-ESRW d ₃	4 687±171,2 A	-
Maïs et Arachide		
DMR-ESRW-Arachide d ₁	2 392,2±68,8 E	1 129±49,8 B
DMR-ESRW-Arachide d ₂	2 913,8±61,3 E	885,3±14,5 C
DMR-ESRW-Arachide d ₃	3 556,3±124,2 BC	780±28,3 C

d₁ = 2,5 plants/m² d₂ = 3,1 plants/m² d₃ = 4,2 plants/m²

d₁, d₂, d₃: densités de semis du maïs

DMR-ESRW: Dowly Middew, Resistent Early Streak White

A, B, C : Les valeurs d'une même colonne, suivies de différentes lettres sont statistiquement différentes avec $p < 0.0001$ avec $\alpha = 0,01$ (Comparaison par paire par le test de Turkey HSD).

Tableau 2: Rendements des systèmes de cultures en glucides, en protéines et en lipides (2002-2003).

Systèmes de cultures	Quantité de glucides en kg/ha	Quantité de protéines en kg/ha	Quantité de lipides en kg/ha
Arachide (monoculture)	333,2 ±15,05 E	387,7 ±17,5 B	651,8 ±13,5 A
Maïs (monoculture)			
DMR-ESRW d ₁	2 236,4 ±66,25 C	265,9 ±7,86 D	140,0 ±4 E
DMR-ESRW d ₂	2 723,8 ±86,45 B	323,9 ±10,3 C	170,6 ± 5,31 DE
DMR-ESRW d ₃	3 295,5 ±154,8 A	391,8 ±18,4 B	206,2 ± 9,6 D
Maïs et Arachide			
DMR-ESRW-Arachide d ₁	1 916,8 ±78,6 D	473,4 ±20 A	607,2 ± 26,02 B
DMR-ESRW-Arachide d ₂	2 233,0 ±91,34 C	458,0 ± 9,4 A	521,8 ± 11,11 C
DMR-ESRW-Arachide d ₃	2 662,8 ±121 B	486,2 ± 21,6 A	503,3 ± 23,6 C

d₁ = 2,5 plants/m² d₂ = 3,1 plants/m² d₃ = 4,2 plants/m²

d₁, d₂, d₃: densités de semis du maïs

DMR-ESRW: Dowly Middew, Resistent Early Streak White

A, B, C : Les valeurs d'une même colonne, suivies de différentes lettres sont statistiquement différentes avec $p < 0.0001$ avec $\alpha = 0,01$ (Comparaison par paire par le test de Turkey HSD).

maïs TZEEW à port érigé, au maïs DMR-ESRW à port étalé et au maïs Obatanpa à port semi érigé.

Le tableau 4 indique les rendements obtenus. L'analyse de variance des données, montre que les différences sont hautement significatives entre les types de systèmes de cultures étudiés avec $\alpha = 0,01$ ($p = 0,001$).

La comparaison par paire par le test de Turkey (HSD) avec $\alpha = 0,01$, identifie trois groupes homogènes de systèmes de cultures.

La production d'arachide diminue de 54,5% quand cette culture est associée à la variété de maïs DMR-ESRW à port étalé, de 47,25% quand elle est associée avec la variété de maïs Obatanpa à port semi érigé et seulement de 35,2% quand elle est associée à la variété de maïs TZEEW à port érigé. Dans ce dernier cas, la lumière pénètre sans doute mieux jusque vers le feuillage de l'arachide.

Tableau 3: Nombre de rations journalières en glucides, protéines et en lipides produites par système de cultures par hectare (2002-2003)

Systèmes de cultures	Nbre de rations journ./ha			Nombre de rations journalières « équilibrées » /ha
	Glucides	Protéines	Lipides	
Arachide (monoculture)	1333±60,2 E	6838±308,1 B	8238±156 A	1333±60,2 E
Maïs (monoculture)				
DMR-ESRW d ₁	8947±265 C	4690±138,6 D	1620±46 E	1620±46,2 E
DMR-ESRW d ₂	10898±345,8 B	5713±181,6 C	1973±62 DE	1973±61,5 DE
DMR-ESRW d ₃	13182±365,1 A	6911±324,2 B	2387±112 D	2387±112,1 D
Maïs et Arachide				
DMR-ESRWd ₁ -Arachide	7668±314,2 D	8349±352,1 A	7028±301 B	7028±301,2 B
DMR-ESRWd ₂ -Arachide	8932±365,3 C	8078±165,7 A	6040±129 C	6040±129 C
DMR-ESRWd ₃ -Arachide	10651±482,8 B	8575±380,5 A	5825±273 C	5825±272,8 C

d₁ = 2,5 plants/m² d₂ = 3,1 plants/m² d₃ = 4,2 plants/m²

d₁, d₂, d₃: densités de semis du maïs

Nbre de rations journ : Nombre de rations journalières

DMR-ESRW: Dowly Middew, Resistent Early Streak White

A, B, C : Les valeurs d'une même colonne, suivies de différentes lettres sont statistiquement différentes avec p < 0.0001 avec α = 0,01 (Comparaison par paire par le test de Turkey HSD).

Tableau 4: Rendements en grains des différents systèmes de culture (2003-2004)

Systèmes de cultures	Rendement (kg/ha)	
	Grains (maïs)	Graines (arachide)
Arachide (monoculture)	-	1 785,4±116,6 A
Maïs (monoculture)		
TZEEWd ₃	2973±147,7 C	-
OBATANPA d ₃	4167±305,9 AB	-
DMR-ESRW d ₃	4 770±347,7 A	-
Maïs et Arachide		
TZEEW d ₃ -Arachide	2 778±46,3 C	1157±43,6 B
OBATANPA d ₃ - Arachide	3496±212,3 BC	942±36,4 BC
DMR-ESRW d ₃ -Arachide	3620±200 BC	812± 32,6 C

d₃ = 4,2 plants/m²

d₃: densité de semis du maïs

DMR-ESRW: Dowly Middew, Resistent Early Streak White

TZEEW: Tropical Zea Extra Early White

A, B, C : Les valeurs d'une même colonne, suivies de différentes lettres sont statistiquement différentes avec p < 0.0001 avec α = 0,01 (Comparaison par paire par le test de Turkey HSD).

Le tableau 5 récapitule la productivité des systèmes de cultures en glucides, en lipides et en protéines.

Les systèmes de cultures mixtes ont amélioré significativement la production de protéines et de lipides. Ainsi pour les protéines, l'accroissement est de 106,2% pour

le système associant TZEEW, de 25,1% et de 24,1% respectivement pour les systèmes de cultures associant Obatanpa et DMR-ESRW.

Quant aux lipides, l'accroissement de la production par rapport au maïs en monoculture est encore plus important; de 386%, de 212,3% et de 147,9% pour les

systèmes associant respectivement TZEEW, Obatanpa et DMR-ESRW.

Ces résultats confirment ceux obtenus au cours de la campagne agricole 2002-2003, montrant que l'association de l'arachide et du maïs est très favorable à la production des lipides et des protéines. Ce qui constitue un atout favorable à l'amélioration du nombre de rations alimentaires équilibrées produites par hectare.

L'évaluation des systèmes de cultures en nombre de rations alimentaires journalières équilibrées en macronutriments par ha est consignée dans le tableau 6.

En raison d'une faible production en glucides, le nombre de rations le plus bas (1486) concerne l'arachide en culture mono spécifique. Pour les trois systèmes mono spécifiques à base des variétés de maïs, ce nombre varie de 1514 à 2429.

Par contre, l'association des deux cultures favorisant une meilleure interception de la lumière, améliore quantitativement la production. L'introduction de l'arachide dans le système de cultures de maïs améliore qualitativement la production en augmentant celles de lipides et de protéines sur une même surface. Le nombre de rations alimentaires

« équilibrées » que l'on peut produire par hectare, passe alors de 6022 à 7369 (Tableau 6). Il faut aussi remarquer que la production la plus élevée de rations alimentaires est obtenue, dans le cas présent, non pas en associant l'arachide avec les variétés de maïs les plus performantes en cultures pures (DMR-ESRW pour le rendement en grains et en glucide, Obatanpa pour les rendements en protéines), mais avec une variété comme TZEEW, moins performante en culture pure (en production de glucides, de protéines et de lipides par ha) que les précédentes.

DISCUSSION

L'amélioration des systèmes de cultures mixtes est l'un des moyens pouvant permettre d'assurer la sécurité alimentaire en région tropicale (Weber, 1976). En effet, de nombreux travaux ont montré que l'association des cultures permet d'obtenir des rendements globaux plus élevés (Steiner, 1985; Sasson, 1986). Mais ces travaux n'ont suscité ni l'intérêt des chercheurs locaux, ni la considération des vulgarisateurs qui considèrent l'association des cultures comme une pratique archaïque, ne pouvant s'insérer

Tableau 5: Rendements des systèmes de cultures en glucides, en protéines et en lipides (2003-2004).

Systèmes de cultures	Quantité de glucides en kg/ha		Quantité de protéines en kg/ha		Quantité de lipides en kg/ha	
Arachide (monoculture)	371,7±19	D	432,5±18,34	D	794,1±36,2	A
Maïs (monoculture)						
TZEEW d ₃	2 090,5±84,5	C	248,6±14,6	E	130,8±17	E
Obatanpa d ₃	2 731,2±113,4	B	550,6±26,54	B	183,4±20,83	DE
DMR-ESRW d ₃	3 353,6±148,15	A	399,2±15,81	D	209,9±19	D
Maïs et Arachide						
TZEEW d ₃ -Arachide	2 194,4±85,7	C	512,6±31,36	BC	636,7±32,67	B
Obatanpa d ₃ -Arachide	2 658,5±99,13	B	688,9±27,36	A	572,7±19,3	C
DMR-ESRW d ₃ -Arachide	2 539,8±50,13	B	495,3±37,6	C	520,3±43,12	C

d₃ = 4,2 plants/m²

DMR-ESRW: Dowly Middew, Resistent Early Streak White.

TZEEW: Tropical Zea Extra Early White.

A, B, C : Les valeurs d'une même colonne, suivies de différentes lettres sont statistiquement différentes avec $p < 0.0001$ avec $\alpha = 0,01$ (Comparaison par paire par le test de Turkey HSD).

Tableau 6: Nombre de rations journalières en glucides, protéines et en lipides produites par système de cultures et par hectare (2003-2004).

Systèmes de cultures	Nbre de rations journ./ha			Nombre de rations journalières équilibrées en macro nutriments/ha
	Glucides	Protéines	Lipides	
Arachide (monoculture)	1 486±75,9 E	7 626±323,4 D	9 188±419 A	1 486±75,9 E
Maïs (monoculture)				
TZEEWd ₃	8 362±337,9 D	4 383±257,4 E	1 514±197 E	1 514±197 E
Obatanpa d3	10 854±453,7 B	9 701±468,1 B	2 122±241 DE	2 122±241 DE
DMR-ESRW d ₃	15 245±592,6 A	7 033±278,9 D	2 429±220 D	2 429±220 D
Maïs et Arachide				
TZEEW-d3-Arachide	8 295±342,8 D	9 887±553 BC	7 369±378 B	7 369±378 B
Obatanpa d3-Arachide				
DMR-ESRW d3-Arachide	9 499±396,5 BC	12 854±482,5 A	6 628±223 C	6 628±223 C
Arachide (monoculture)	10 519±200,5 C	9 402±663,1 C	6 022±499 C	6 022±499 C

d₃ = 4,2 plants/m²d₃ : densité de semis du maïs

Nbre de rations journ : Nombre de rations journalières

DMR-ESRW: Dowly Middew, Resistent Early Streak White

TZEEW: Tropical Zea Extra Early White

A, B, C : Les valeurs d'une même colonne, suivies de différentes lettres sont statistiquement différentes avec $p < 0.0001$ avec $\alpha = 0,01$ (Comparaison par paire par le test de Turkey HSD).

dans les systèmes économiques officiels orientés vers l'exportation des produits agricoles bruts et l'importation de la plupart des denrées alimentaires de base. Pourtant, un apport modéré d'engrais et l'irrigation complémentaire, tant au cours de la campagne 2002-2003 qu'au cours de celle de 2003-2004, ont favorisé des rendements agronomiques importants, montrant ainsi que les recherches pour l'intensification des cultures associées est une alternative plausible.

Lors des deux campagnes agricoles, l'association de l'arachide avec le maïs, grâce à sa richesse en lipides et en protéines, a permis d'obtenir environ 6 500 rations alimentaires « équilibrées » par hectare, bien plus qu'en mono-cultures. Ces résultats montrent que dans les conditions de l'expérimentation, le rendement du système dépend plus de l'organisation du couvert végétal formé par le maïs et l'arachide pour capter l'énergie solaire que de la performance génétique de chacune des deux espèces (Adjahossou et al., 2008).

L'amélioration de la productivité des systèmes de cultures mixtes devra alors au moins au tant que la création de variétés productives, définir les bases de la réalisation des combinaisons les plus adéquates des espèces végétales. Analysant les résultats des tentatives visant à accroître la productivité de ces systèmes, par l'introduction des variétés améliorées, Stem (1984) avait déjà conclu qu'il n'existe aucune corrélation entre la performance des variétés en association avec leur performance en culture mono spécifique. Ce qui montre que dans un système de cultures multiples, le type biologique et l'organisation incluant les densités de semis, sont à prendre en compte.

Par ailleurs, la sélection et le choix des espèces doivent, non seulement tenir compte de leur adaptabilité aux systèmes de cultures mixtes mais aussi des composantes nutritives des plantes (Steiner, 1985).

Dans ce sens, des progrès remarquables ont été réalisés depuis plusieurs décennies dans la création des variétés de maïs contenant plus de 25% de protéines

(Mertz et al., 1964; Charreau et Vidal, 1965; Dudley et Lambert, 1969; Dudley et al., 1974; Dudley et al., 1977). Malgré ce progrès, la teneur en protéines de la plupart des variétés en culture ne dépasse pas 10%.

La variété Obatanpa, un composite riche en protéines utilisée dans le présent essai, ne s'installe que péniblement en milieu paysan à cause, en partie des habitudes alimentaires déjà acquises avec les anciennes variétés. Du point de vue quantitatif, les 180 grammes de maïs consommés par jour et par personne dans la zone de l'étude n'apporteraient que 16 g de protéines brutes (Sagbohan, 1994). Qualitativement, les protéines du maïs sont déficientes en tryptophane et lysine notamment (FAO, 1993). Dans ces conditions, la couverture des besoins en protéines ne peut être assurée qu'avec un apport important des protéines animales nécessitant des ressources financières. Cette situation aggrave la précarité alimentaire de ces populations rurales qui n'ont généralement pas des sources fiables de revenus financiers. De ce fait, le régime s'est orienté vers les féculents et vers les protéines d'origine végétale (Cresta et al., 1994).

Les résultats montrent que l'amélioration des systèmes de cultures traditionnels par la mise en valeur de la biodiversité végétale et l'introduction modérée des intrants, est en mesure de satisfaire quantitativement les besoins en glucides, en protéines et en lipides. Qualitativement, même si pour des raisons de teneur en acides aminés essentiels tels que, la cystéine, la méthionine, le tryptophane, les protéines animales sont privilégiées dans la confection des menus équilibrés, il est nécessaire de tenir compte à la fois des coûts énergétique et environnemental de la production sans oublier le paramètre essentiel que constitue le coefficient de digestibilité des protéines végétales. En effet, l'animal est un piètre transformateur de l'énergie qu'il consomme. Ainsi, la production d'un kilo de viande de bœuf nécessite seize kilos de protéines végétales (Bourre, 2000). Il est évident que les protéines d'origine animale ayant un coefficient d'utilisation digestive de 90% contre 60 à 75% pour les protéines végétales présentent un net avantage sur le plan nutritionnel. Cependant, cet avantage ne

compense pas le coût très élevé en consommation de ressources naturelles (notamment en superficie) qu'exige la production des protéines d'origine animale. En outre, de nombreux types de traitements tels que la germination, la fermentation, le dépelliculage ou la nixtamalisation, améliorent notablement la digestibilité des protéines d'origine végétale. Ainsi, la digestibilité de l'arachide dépelliculée peut atteindre 90% (Agbessi Dos Santos et Damon, 1987) et la nixtamalisation du maïs augmente l'assimilation des protéines et des vitamines; elle améliore le goût, l'arôme et réduit les mycotoxines (Wacher, 2003). Les nombreux modes traditionnels de consommation associant le maïs et l'arachide sont favorables à une complémentation alimentaire et les teneurs de l'arachide en tryptophane notamment, soit, 64 à 70 mg/gN, (FAO, 1981), corrige partiellement les carences du maïs en acides aminés indispensables. Les résultats de recherches en technologie alimentaire partant des modes consommation traditionnels sont disponibles pour soutenir la supplémentation et la fortification des régimes alimentaires à base de maïs (Sefa-Dedeh et al., 2001; Afoakwa et al., 2004; Asibuo et al., 2008). La promotion des cultures mixtes associant le maïs aux légumineuses pourrait assurer largement les besoins nutritionnels des populations avec des externalités environnementales négatives bien moindres.

Conclusion

Dans un contexte de petites exploitations, l'intensification de l'agriculture vivrière pour satisfaire les besoins alimentaires, pourrait s'orienter vers l'amélioration technique des systèmes de cultures traditionnels. Une irrigation d'appoint, l'apport de matière organique et un apport modéré d'engrais chimique, ont permis d'améliorer la productivité d'un système de cultures associant l'arachide à trois variétés de maïs. La forte teneur de l'arachide en protéines et surtout en lipides, a contribué à l'amélioration qualitative de la production. Les rendements ont été exprimés en nombre de rations équilibrées en glucides, en protéines et en lipides. Cette expression a mis en exergue, la capacité des cultures mixtes à mieux assurer la sécurité alimentaire.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adjahossou BS, Adjahossou DF, Adjahossou VN, Sinsin B, Boko M. 2008. Optimisation de la productivité d'un système de cultures associant le maïs (*Zea mays*) et l'arachide (*Arachis hypogea*) au Sud-Bénin. *Cameroon J. Exp. Biol.*, 4(2): 57-66.
- Afoakwa EO, Sefa-Dedeh S, Sakyi-Dawson E. 2004. Effects of cowpea fortification, dehydration method and storage time on some quality characteristics of maize-based traditional weaning foods. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 4(1): 1-17.
- Agbessi Dos Santos H, Damon M. 1987. *Manuel de Nutrition Africaine: Eléments de Base Appliqués*. Edition Khartala: Paris.
- Asibuo J, Akromah R, Adu-Dapaah HK, Safo-Kantanka O. 2008. Evaluation of nutritional quality of groundnut (*Arachis Hypogaea* L.) from Ghana. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 8(2).
- Ategbro ED, Dossa RAM, Ategbro JM. 2008. Food fortification for alleviating micronutrient deficiencies in Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*, 10(2): 135-152.
- Bourre JM. 2000. *La Diététique du Cerveau*. Edition Odile Jacob : Paris.
- Charreau C, Vidal P. 1965. Influence de l'*Acacia albida* Del. sur le sol, nutrition minérale et rendements des mils Pennisetum au Sénégal. *Agron. Trop.*, 20: 600-626.
- Cresta M, Adandédjan FCC, Vecchi F, Nouwakpo F. 1994. L'alimentation d'une communauté rurale au sud du Bénin (Sous-préfecture de Zè): les bilans énergétiques des ménages et de leurs composants adultes. *Riv Antropol*, 72: 15-80.
- Dudley JW, Lambert RJ. 1969. Genetic variability after 65 generations of selection in Illinois high oil, low oil, high protein and low protein strains of *Zea mays* L. *Crop Sci.*, 9: 179-181.
- Dudley JW, Lambert RJ, Alexander DE. 1974. Seventy generations of selections for oil and protein concentration in the maize kernel. In *Seventy Generations of Selection for Oil and Protein in Maize*, Dudley JW (ed). Madison, Wis.: USA; 181-211.
- Dudley JW, Lambert RJ, de la Roche IA. 1977. Genetic analysis of crosses among corn strains divergently selected for percent oil and protein. *Crop. Sci.*, 17: 111-117.
- FAO/OMS. 1973. Besoins énergétiques et besoins en protéines. Rapport d'un comité spécial mixte FAO/OMS d'experts. Collection FAO: Alimentation et nutrition n°7 Rome. 123 p.
- FAO. 1981. Teneur des aliments en acides aminés et données biologiques sur les protéines. FAO, Rome, 285 p.
- Mertz ET, Bates LS, Nelson OE. 1964. Mutant gene that changes prote in composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145: 279-280.
- Muleba N, Brockman F, Kagne D. 1985. Développement variétal pour les associations de cultures. In *Technologies appropriées pour les paysans des zones semi-arides de l'Afrique de l'Ouest*, Ohm HW, Nagy JG (eds). West Lafayette: Indiana, USA.
- National Academy of Sciences. 1979. *Tropical Legumes: Ressources of the Future*. National Academy of Sciences: Washington DC.
- Pujolle T. 1994. *L'Afrique Noire*. Collection Dominos-Éditions Flammarion: Evreux, France.
- Purseglove JW. 1979a. *Tropical Crops: Monocotyledons*. Ed. Longman: London.
- Purseglove JW. 1979b. *Tropical Crops: Dicotyledons*. Ed. Longman: London.
- Sagbohan A. 1996. Les problèmes alimentaires et nutritionnels dans la ville de Cotonou. In *La situation Alimentaire et Nutritionnelle dans les Zones Urbaines en Afrique*, Nago MC, Hounhouigan JD, de Koning F, Gross R (eds). Porto Novo, Bénin; 469 p.
- Sanni AI, Sefa-Dedeh S, Sakyi-Dawson E, Asiedu M. 2002. Microbiological evaluation of ghanaiian maize dough co-fermented with cowpea. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 53(5): 367-373.
- Sanya EA, Chaffa G, Bouvier JM. 2007. Effets des variables opératoires sur la qualité texturale des extrudes de semoule

- de maïs durant la cuisson extrusion. *Journal des Sciences pour l'Ingénieur*, 8: 20-31.
- Sasson A. 1986. *Nourrir Demain les Hommes*. UNESCO : Paris.
- Sefa-Dedeh S, Kluitse Y and Afoakwa EO. 2001. Influence of fermentation and cowpea steaming on some quality characteristics of maize-cowpea blends. *African Journal of Science and Technology (AJST) - Science and Engineering Series*, 2(2): 71-80.
- Sefa-Dedeh S, Cornelius B, Amoa-Awua W, Sakyi-Dawson E et Afoakwa EO. 2004. The microflora of fermented nixtamalized corn. *International Journal of Food Microbiology*, 96(1): 97-102.
- Steiner KG. 1985. *Cultures Associées dans les Petites Exploitations Agricoles Tropicales en Particulier en Afrique de l'Ouest*. GTZ: Eschborn.
- Stern K. 1986. *Intercropping in Tropical Smallholder Agriculture with Special Reference to West Africa*. GTZ: Eschborn.
- Wacher C. 2003. La nixtamalisation : un procédé mésoaméricain de transformation du maïs à petite échelle présentant un grand potentiel pour l'amélioration de la qualité nutritionnelle d'aliments à base de maïs. In *Voies Alimentaires d'Amélioration des Situations Nutritionnelles*, Université de Ouagadougou (ed). Université de Ouagadougou : Ouagadougou, Burkina Faso ; 735-744.
- Weber EJ. 1976. La polyculture répond bien aux besoins de petites fermes. *Le CRDI Explore*, 5(2): 14-16.