

Amélioration de la disponibilité des fourrages par la diversification des systèmes de cultures à base du mil en zone agricole au Niger

Mahamadou MALAM ABDOU^{1*}, Salissou ISSA¹ et Nouri MAMAN²

¹ *Département Production Animale (DPA), Institut National de Recherches Agronomiques du Niger (INRAN), BP 429 Niamey, Niger*

² *Département Cultures Pluviales (DCP), Institut National de Recherches Agronomiques du Niger (INRAN), BP 429 Niamey, Niger*

* Correspondance, courriel : mamalam1@yahoo.fr

Résumé

La pratique de l'élevage en mode sédentaire et l'insuffisance du pâturage en toute saison de l'année, commandent aux agro-éleveurs du Niger la diversification des systèmes de cultures pour augmenter la disponibilité du fourrage et la production grain en vue de satisfaire les besoins de la population et du cheptel. Pour cela, la diversification des systèmes de cultures à base du mil est indispensable. Notre étude s'est intéressée à l'association mil /niébé, mil / oseille, mil / niébé / oseille et niébé/ oseille avec une densité au semis de 0,8m x 0,8m en lignes intercalées. Les résultats obtenus montrent que les systèmes de cultures associées mil / niébé / oseille »et « mil / niébé », sont les plus intéressants en offrant des avantages en production de biomasse avec un LER respectif de 48 % et 41 % et en production grain, l'avantage est de 20 % pour le premier système et 33 % pour le second. Cependant, le niébé et l'oseille donnant d'autres produits de grande valeur économique comme les cosses pour le niébé et le calice pour l'oseille, une analyse économique est nécessaire pour bien dégager le système de culture le plus rentable pour les producteurs.

Mots-clés : *fourrage, diversification, systèmes de cultures, mil, niébé, oseille, Niger.*

Abstract

Improvement of forage availability through the diversification of millet-based cropping systems in Niger

The practice of livestock farming in sedentary mode and insufficient grazing in any season of the year, command the agro-pastoralists of Niger diversification of cropping systems to increase the availability of forage and grain production to meet the needs of the population and the livestock. For this, diversification of millet-based crop systems is essential. Our study investigated the association millet - cowpea, millet - sorrel, millet—cowpea - sorrel and cowpea - sorrel with a seed density of 0.8m x 0.8m in intermediate row. The results showed that intercropping systems " millet - cowpea - sorrel" and "millet - cowpea" offer advantages in production of biomass with a respective LER 48 % and 41 % and grain production, the advantage is 20 % for the first system, 33 % for the second. However, cowpea and sorrel giving other products such as pods for the first and calyx for the second, an economic analysis is needed to clear the most profitable cropping systems for producers.

Keywords : *forage, diversification, cropping systems, millet, cowpea, sorrel, Niger.*

1. Introduction

Le recensement général de l'agriculture et du cheptel (RGAC) réalisé de 2005 à 2007, a montré que 66 % du cheptel nigérien sont élevés en mode sédentaire [1]. Ce mode d'élevage est pratiqué plus en zone agricole et se compose des animaux conduits en élevage traditionnel et ceux élevés en embouche paysanne ou en embouche commerciale [2, 3]. En passant de l'élevage traditionnel à l'embouche commerciale, le mode d'alimentation devient de plus en plus intensif. Il passe d'une simple complémentation n'intervenant qu'en période de pénurie pour l'élevage traditionnel à l'alimentation complète à l'auge des animaux soumis à l'embouche commerciale [4]. En zone agricole, pendant la saison des pluies correspondant à la période de l'abondance des pâturages naturels, les terres sont occupées par les cultures. Les parcours et les aires de pâturage deviennent insuffisants ou souvent inaccessibles. De ce fait, Certains animaux sont gardés en stabulation aux piquets et nourris à l'auge, tandis que d'autres, sont conduits au pâturage sur des aires réservées à cet effet ou des aires non cultivables (collines, cuirasses etc.) sous la surveillance des bergers [4, 5]. Pour le reste de l'année correspondant à la saison sèche, les champs sont ouverts, les animaux ont accès aux pâturages naturels et post-récoltes. Néanmoins en cette période, ces pâturages sont maigres, et ne peuvent couvrir les besoins des animaux que pendant deux à trois mois après la libération des champs. Ainsi, en zone agricole, en milieu urbain comme en milieu périurbain, la difficulté de l'alimentation des animaux est au centre des préoccupations des éleveurs [5]. Le problème de la disponibilité en quantité et en qualité de l'alimentation du bétail s'aggrave par la présence d'autres facteurs non moins importants tels que la baisse de la pluviométrie enregistrée d'année en année qui impacte sur l'offre fourragère, le surpâturage, l'envahissement des aires de pâturages par des espèces végétales peu ou pas appréciées par les animaux. La pratique de l'élevage en mode sédentaire et l'insuffisance du pâturage naturel en toute saison de l'année justifient la forte demande du fourrage naturel et des résidus de culture. Les résidus de cultures sont très utilisés dans l'alimentation animale comme en témoignent les travaux de [6 - 9]. Un circuit de commercialisation du fourrage naturel et des résidus de culture s'installe particulièrement en zone urbaine et périurbaine [4, 10 - 13]. L'augmentation de la production du fourrage en zone agricole tout en tenant compte des besoins vivriers des familles s'avère donc nécessaire. La présente étude qui consiste à la diversification des cultures dans les systèmes de cultures à base du mil (principale culture céréalière au Niger), permet aux producteurs le choix du type d'association pour une amélioration de la production graine et fourragère, dans le souci de satisfaire le besoin alimentaire des familles et des cheptels.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel

2-1-1. Site expérimental

L'expérimentation a été conduite sur le site de la station expérimentale de N'Dounga situé à 7 km du siège du Centre Régional de Recherche Agricole (CERRA) de Kollo. Les coordonnées de cette station sont : 13° 22' Nord de latitude, 02° 14' Est de longitude et placée à une altitude de 192 m. Elle a une superficie de 7 Ha. Le sol est sableux et adapté aux cultures pluviales notamment le mil, le niébé et d'autres cultures comme l'oseille, le sésame. Le climat de la zone est du type sahélien marqué par une longue saison sèche (octobre à juin) et une courte saison de pluies (juillet à septembre). La pluviométrie moyenne annuelle est de 500 mm. Les mois les plus pluvieux sont juillet et août.

2-1-2. Matériel végétal

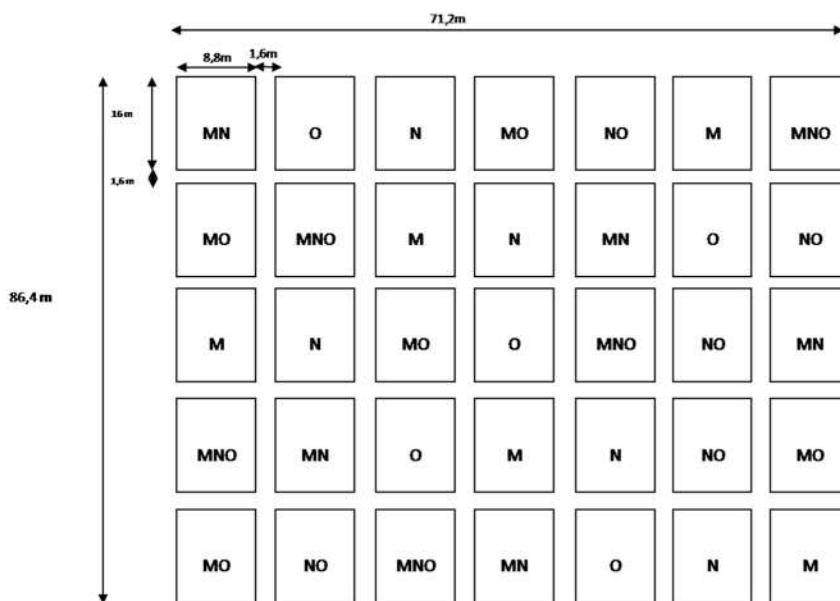
Le matériel végétal utilisé est composé de trois cultures : le mil [*Penisetum glaucum*(L.) R. Br.], le niébé [*Vigna unguiculata*(L.) Walp.] et l’oseille [*Hibiscus sabdariffa*(L.)].

- ✓ Mil, est la variété sélectionnée HKP obtenue par l’Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) en 1978. Il a un cycle végétatif variant entre 75 à 90 jours avec un potentiel de production graines de 1,5 à 2,5 tonnes / Ha. Les résidus de culture constitués de tiges et feuilles sont utilisés entre autre comme fourrage dans l’alimentation du bétail ;
- ✓ Niébé : C’est la variété améliorée TN 256-87 obtenue par l’INRAN en 1987 qui est utilisée. Elle a un cycle végétatif de 75 à 80 jours avec un rendement grain potentiel de 2,5 tonnes / Ha [14]. Les fanes contribuent à l’alimentation des animaux surtout les petits ruminants ;
- ✓ Oseille : C’est un écotype local obtenu sur le marché. Il est apprécié par les producteurs pour sa production en calices de couleur rouge foncée utilisées dans la préparation d’une boisson appelée jus de « Bissap ». Quant aux graines, elles servent à la préparation du « Soumbala » (un ingrédient intervenant dans la préparation des sauces en milieu traditionnel) mais elles interviennent aussi dans l’alimentation des animaux comme un aliment concentré. Les résidus de la culture constitués de tiges, feuilles et reste des fruits après battage, entrent également dans l’alimentation du bétail comme fourrage grossier.

2-2. Méthode

2-2-1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental était un bloc complet randomisé composé de sept (7) traitements ou parcelles élémentaires, répartis en cinq (05) répétitions. Une allée de 1,6 m est laissée entre les traitements et les répétitions. La dimension globale de l’essai était de 86,4 m x 71,2 m. Chaque parcelle élémentaire avait pour dimension 16m de longueur sur 8,8 m de largeur soit 140,8m². Les traitements étaient : (M) = mil en culture pure ; (N) = Niébé en culture pure ; (O) = Oseille en culture pure ; (MN) = Association mil/niébé ; (MO) = association mil/oseille ; (NO) = association niébé/oseille ; (MNO) = association mil/niébé/oseille (**Figure 1**).



Légende : M = mil ; N = Niébé ; O = Oseille ; MN = mil /niébé ; MO = mil / Oseille ; NO = Niébé / Oseille ; MNO = mil /Niébé/ Oseille

Figure 1 : Plan du dispositif expérimental

2-2-2. Arrangement cultural

Les cultures étaient semées en pur ou en association selon les traitements (**Figure 2**). En culture pure les écartements au semis étaient de 0,80 m entre les lignes et 0,80 m entre les poquets soit une densité de 15625 poquets / Ha. En association de deux cultures (mil - niébé ou mil - oseille) les écartements sont de 0,8 m entre les poquets et 1,6 m entre les lignes avec une ligne de niébé ou d'oseille intercalée entre deux lignes de mil, soit une densité de 7812 poquets / Ha et par culture. Dans le cas de l'association de trois cultures (mil, niébé, oseille), l'arrangement était de une ligne de mil suivie par une ligne de niébé puis une ligne d'oseille semées à 0,8m entre poquets et 2,4m entre lignes d'une culture soit une densité de 5208 poquets / Ha par culture. Le démariage des cultures a été de 3 plants par poquet pour le mil, 2 à 3 plants par poquet pour le niébé et 1 à 2 plants par poquet pour l'oseille.

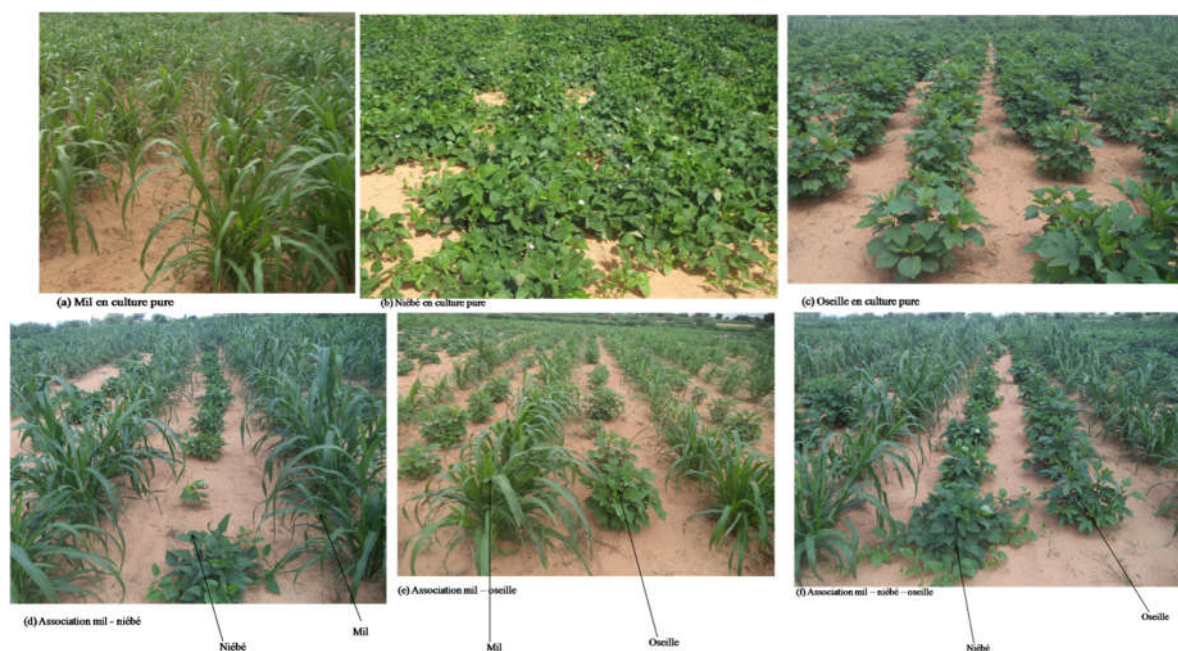


Figure 2 : Différents types d'arrangements de cultures

2-2-3. Entretien

Avant l'installation de l'essai, le terrain était labouré avec une charrue à soc sur une profondeur de 10 cm en moyenne. Le semis a été fait le 21/06/2017 pour les cultures du mil en pur ou en système associé, après avoir enregistré une pluie de 23mm. Le niébé et l'oseille ont été semés 10 jours plus tard. Au cours du semis, l'engrais minéral NPK de formule 15-15-15 a été apporté en localisation aux poquets à la dose de 100 kg / Ha. Au cours du développement, toutes les cultures avaient reçu le même entretien cultural : il s'agit d'un premier sarclage effectué trois semaines après le semis et le second réalisé dans l'intervalle de 15 à 20 jours après le premier. En outre, le mil avait reçu comme fumure de couverture un premier apport d'urée au poquet après le démariage au stade levée avancée et un second au stade début épiaison, à la dose de 100 kg / Ha pour les deux apports. Le niébé, avait été traité en début floraison et au stade fructification avec un insecticide du nom commercial « Titan EC 25 » à la dose de 1 litre / Ha. Pour l'oseille, aucun traitement particulier ne lui avait été réservé.

2-2-4. Collecte des données

Les données collectées étaient :

- ✓ la densité à la levée : Elle correspond à la densité au début de développement des cultures. Après le

premier sarclage suivi d'un démariage des cultures, un comptage des poquets réussis était fait au 23^{ème} jour après le semis par parcelle élémentaire. Ensuite, ce nombre avait été extrapolé à l'hectare pour obtenir la densité des cultures à la levée;

- ✓ la date à 50 % d'un stade donné du développement de la culture : Elle permet de calculer le nombre de jours après le semis pour lequel la moitié des poquets levés par parcelle ont atteint un stade de développement donné pour la culture. Dans la présente étude, les dates retenues sont :
 - ❖ Date au stade 50 % ramification pour le niébé, 50 % montaison pour le mil et 50 % émission des tiges secondaires pour l'oseille;
 - ❖ Date au stade 50 % floraison pour le niébé et l'oseille et 50 % épiaison pour le mil ;
 - ❖ Date de maturité totale des cultures : C'est la date à laquelle la culture peut être récoltée sur l'ensemble de la parcelle.
- ✓ Les rendements : Au stade récolte, trois types de carré de rendement ont été posés : un premier carré de 2 m x 2 m sur les parcelles en culture pure, un second de 4m x4m sur les parcelles d'association de deux cultures et un troisième de 6m x 6m sur les parcelles d'association de trois cultures. La récolte a été faite, les épis ont été séparés des tiges pour le mil, les gousses sont séparées des fanes pour le niébé et les calices sont séparés des tiges pour le cas de l'oseille. Les rendements suivants ont été déterminés :
 - ❖ Rendement en biomasse à l'état frais des résidus des cultures : Au niveau de chaque carré, les résidus sont pesés à l'état frais puis extrapolé à l'hectare pour avoir le rendement de la biomasse fraîche ;
 - ❖ Rendements en matière sèche (MS) de chaque culture. Pour déterminer le rendement en matière sèche de la culture, un échantillon de 1kg de la biomasse fraîche de chaque culture était prélevé après la récolte et mis au séchage à l'étuve à 105°c pendant deux jours pour déterminer le pourcentage de matière sèche (% MS). Ce pourcentage est rapporté au rendement à l'hectare de la biomasse à l'état frais pour obtenir le rendement en MS par hectare de la culture ;
 - ❖ Rendement en grain des cultures. Après séchage au soleil à une température variant de 32 à 35°c pendant trois à cinq jours les épis du mil ou les gousses de niébé sont battus et vannés. Quant aux capsules de l'oseille, elles sont débarrassées de leurs calices avant d'être séchées pendant cinq à sept jours pour récupérer les graines par déhiscence. Les graines ainsi obtenues sont pesées pour chaque carré puis extrapolé à l'hectare pour obtenir le rendement grain à l'hectare ;
 - ❖ Rendement en cosse pour le niébé et en calice sec pour l'oseille : Après battage des gousses de niébé récoltées, les cosses étaient récupérées et pesées. Le poids obtenu par carré était rapporté à l'hectare par extrapolation pour obtenir le rendement cosse à l'hectare. Le même procédé est utilisé pour les calices récupérés des capsules qui étaient séchées puis pesés avant l'extrapolation pour obtenir le rendement à l'hectare.

2-2-5 Analyse statistique

Les données collectées étaient saisies sur Excel. Elles avaient subi une analyse statistique par la procédure GLM multivarié à l'aide du logiciel SPSS 20 Statistical (version 2003) et la comparaison des moyennes entre les systèmes de cultures est faite à l'aide du test de Duncan au seuil de 5 %.

3. Résultats

3-1. Densité des cultures à la levée

Après avoir fait le comptage de nombre de poquets à la levée et évaluer la densité à la levée, une comparaison de cette dernière avec la densité au semis a été faite. Le résultat montrait un taux de réussite très élevé variant de 88 à 99 % avec des écarts types très grands pour le mil et le niébé en culture pure (*Tableau 1*).

Tableau 1 : Densité moyenne des cultures au semis et à la levée

Système de cultures	Culture	Densité au semis (Nb pqs / Ha)	Densité moyenne à la levée (Nb pqs / Ha)	Ecarts types	Taux de réussite (%)
Culture pure	Mil	15625	14063	3410,7	90
	Niébé	15625	13750	1890,5	88
	Oseille	15625	15469	163,5	99
Association mil / niébé	Mil	7813	7344	403,6	94
	Niébé	7813	7344	560,6	94
Association mil / oseille	Mil	7813	7734	92,6	99
	Oseille	7813	7422	483,3	95
Association niébé / oseille	Niébé	7813	7422	539,5	95
	Oseille	7813	7344	478	94
Association mil / niébé / oseille	Mil	5208	5155	191,9	99
	Niébé	5208	5155	316	99
	Oseille	5208	4687	725,3	90

Nb : pqs / Ha = nombre poquets / Ha

3-2. Cycle des cultures

Pour le mil, le stade 50 % montaison est atteint au niveau des différents systèmes de cultures, dans l'intervalle de 41 à 43 jours après le semis (j a s). Celui de 50 % épiaison est notée entre 52 à 53 j a s et la maturité à 80 j a s. Pour chacun de ces stades il n'ya aucune différence significative entre les systèmes de culture au seuil de 5 %. Pour la culture du niébé, le stade 50 % ramification est atteint entre 35 à 37 jours, 50 % floraison est entre 53 à 54 j a s et la maturité entre 75 à 80 j a s. Aussi sur cette culture, il n'ya aucune différence significative selon le système de culture. Quant à l'Oseille, le stade 50 % émission des tiges le long de la tige principale est observé dans l'intervalle de 31 à 32 j a s, celui de 50% floraison est relevé entre 85 à 90 j a s. Alors que la maturité, est échelonnée et variait de 100 à 120 j a s sans avoir une différence significative entre les systèmes de culture au seuil de 5 %. Toutefois, nous avons remarqué au fur et à mesure que les capsules atteignent la maturité, l'oseille perd ses feuilles basales (*Figure 3*), et les capsules s'ouvrent par déhiscence et laissent tomber les graines. Pour les trois cultures, leurs cycles végétatifs n'ont pas été influencés par le système de culture (culture pure ou culture associée).



Figure 3 : Évolution de la maturité de l'oseille

3-3. Estimation des rendements en biomasse sèche des cultures

Les rendements de matière sèche (MS) du mil en culture pure et en association avec le niébé ne sont pas significativement différents ($P < 0,05$). Par contre, il ya une différence significative entre le rendement de biomasse du mil en culture pure et les rendements obtenus respectivement en association avec l'oseille et dans l'association à trois cultures (mil, niébé oseille) (**Tableau 2**). Au niveau du niébé le rendement de MS en culture pure est significativement différent ($P < 0,05$) avec les rendements obtenus dans l'association avec le mil ou avec l'oseille. Ces derniers ne sont pas significativement différents entre eux, mais ils le sont avec le rendement dans l'association à trois cultures (mil, niébé et oseille) (**Tableau 2**). Pour la culture de l'oseille, le rendement de MS en culture pure est significativement différent ($P < 0,05$) avec les rendements enregistrés dans les autres systèmes. La différence est significative entre le rendement de l'oseille dans l'association avec le niébé avec les rendements dans l'association avec le mil et dans l'association mil et niébé. Par contre, les rendements de l'oseille dans ces deux derniers systèmes n'ont pas de différence significative entre eux (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Rendement en biomasse sèche des cultures à la récolte selon les systèmes de cultures (Kg MS / Ha)

Système de culture	Mil (kg MS / Ha)	Niébé (kg MS / Ha)	Oseille (kg MS / Ha)
Mil pur	6532 ± 1088 ^{cd}		
Niébé pur		6054 ± 608,7 ^{cd}	
Oseille pur			9338 ± 41,7 ^e
Association mil niébé	6317 ± 128,8 ^{cd}	2692 ± 180,5 ^{ab}	
Association mil oseille	4806 ± 29,5 ^{bc}		3400 ± 123,2 ^{ab}
Association niébé oseille		3245 ± 173,7 ^{ab}	4577 ± 121,9 ^{bc}
Association mil niébé oseille	3538 ± 61,2 ^{ab}	1724 ± 101,8 ^a	2749 ± 184,9 ^{ab}

Sur une même colonne, les chiffres portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %

3-4. Estimation des rendements grains et autres produits

L'analyse des rendements grain du mil, du niébé et de l'oseille permet de constater que le mil en culture pure ou en association donne de bons rendements. En culture pure le rendement est significativement différent au seuil ($P < 0,05$) avec les rendements en association avec le niébé ou l'oseille (**Tableau 3**). Pour le niébé, les rendements en culture pure et en association avec le mil ne sont pas significativement différents entre eux. Mais, ils sont significativement différents avec les rendements dans l'association avec l'oseille ou en association de trois cultures. Pour l'oseille, le rendement est faible et la différence n'est pas significative ($P < 0,05$) entre les différents systèmes de culture (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Rendement grain selon les systèmes de cultures

Systèmes de cultures	Mil (kg / Ha)	Niébé (kg / Ha)	Oseille (kg / Ha)
Mil pur	2303 ± 1517,5 ^c		
Niébé pur		695 ± 266,3 ^{ab}	
Oseille pur			327 ± 59,2 ^a
Association Mil Niébé	998 ± 283,9 ^{ab}	668 ± 220,4 ^{ab}	
Association Mil oseille	1562 ± 657,8 ^b		135 ± 18,8 ^a
Association Niébé Oseille		423 ± 318,3 ^a	126 ± 37,2 ^a
Association Mil Niébé Oseille	749 ± 245,2 ^{ab}	360 ± 144,5 ^a	126 ± 54 ^a

NB : Sur une même colonne les chiffres portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %

D'autre part, le niébé et l'oseille offrent d'autres produits : Il s'agit de cosse de niébé très important dans l'alimentation bétail et les calices séchés de l'oseille qui servent à la préparation d'une boisson sous forme de jus communément appelé « Bissap ». L'estimation des rendements de ces deux produits (**Tableau 4**) fait ressortir que le rendement en cosse de niébé varie du simple au double (110 à 284 kg / Ha) entre l'association à trois cultures et la culture pure. Le rendement en calice sec évolue du simple au double entre le rendement dans l'association à trois cultures à celui dans l'association à deux cultures (177 à 257 kg /ha), il peut quadrupler ou quintupler quand on compare au rendement en culture pure (790 kg / Ha) (**Tableau 4**).

Tableau 4 : Rendement de cosse de niébé et calice d'oseille (kg / Ha)

Système de culture	Cosse Niébé (kg / Ha)	Calice Oseille (kg / Ha)
Niébé pur	284,27 (229,61 - 338,92)	
Oseille pur		790,34 (667,62 - 913,07)
Association mil niébé	170,32 (115,66 - 224,98)	
Association mil oseille		257,32 (134,59-380,05)
Association niébé oseille	151,68 (97,03 - 206,34)	246,2 (123,47 - 368,93)
Association mil niébé oseille	108,99 (54,33 - 163,65)	177,14 (54,41 -299,87)

3-5. Évaluation de l'association des cultures

Dans les évaluations de productivité des cultures, l'expression la plus utilisée est le rendement exprimé en masse par unité de surface. Cependant, dans le système de cultures en association, la comparaison directe paraît difficile du fait que les produits diffèrent selon les cultures. Dans ce cas, il faut alors évaluer la productivité des cultures à l'aide d'une unité commune et le « Land Equivalent Ratio » (LER) ou « Taux de Surface Equivalente » (TSE) est une méthode largement utilisée [15, 16]. Le « Land Equivalent Ratio » est défini comme étant la superficie de terrain en culture pure nécessaire pour avoir les rendements par ha atteints avec les cultures associées [17, 18]. Il est utilisé comme un critère de mesure de l'avantage de la culture associée par rapport au système de culture pure. Quand la valeur de LER est supérieure à 1, l'association favorise la croissance et le rendement des espèces en association. Quand la valeur de LER est inférieure à 1, l'association affecte négativement la croissance et le rendement des espèces en association, et si LER = 1,

ceci indique qu'il n'y a ni profit ni perte du fait de l'association des cultures. Le Land equivalent ratio (LER) est calculé de la manière suivante :

$$LER = LER_1 + LER_2 + \dots + LER_n = Y_{1a}/Y_{1p} + Y_{2a}/Y_{2p} + \dots + Y_{na}/Y_{np} \quad (1)$$

$LER_1 =$ Land equivalent ratio de la culture 1 $= Y_{1a}/Y_{1p} =$ Rendement de la culture 1 en association/Rendement de la culture 1 en culture pure ;

$LER_2 =$ Land equivalent ratio de la culture 2 $= Y_{2a}/Y_{2p} =$ Rendement de la culture 2 en association/Rendement de la culture 2 en culture pure.

Le calcul de LER relatif à la production de la matière sèche, montre que toutes les associations sont avantageuses par rapport aux systèmes de culture pure. En effet, l'association mil niébé offre 41 % de rendement en biomasse, l'association des trois cultures mil, niébé, oseille 48 %, l'association mil oseille a 10 % et celle de niébé oseille 3 % (Tableau 5). Parmi toutes les associations, celle du mil niébé oseille est la plus avantageuse avec une augmentation de 48 % (Tableau 5). Quant au LER relatif au rendement grain, il montre que les associations mil niébé et mil niébé oseille sont plus avantageuses que les cultures pures du mil, du niébé ou de l'oseille. La première association permet un gain de 33 % et la seconde 20 %. Alors que l'association mil oseille ou niébé oseille n'ont pas davantage par rapport à la culture pure des trois cultures (Tableau 6).

Tableau 5 : Rendement en biomasse sèche des cultures à la récolte et LER selon les systèmes de cultures (Kg MS / Ha)

Traitements	Rendement (kg MS / Ha)			LER						
	Mil	Niébé	Oseille	Mil	Niébé	Oseille	Mil/niébé	Mil/oseille	Niébé/oseille	Mil/niébé/oseille
Mil pur	6 533			1,00	-		-		-	-
Niébé pur		6 054		-	1,00		-		-	-
Oseille pur			9 338			1,00			-	-
Mil/niébé	6 317	2 692		0,97	0,44		1,41			
Mil/oseille	4 806		3 400	0,74		0,36		1,10		
Niébé/oseille		3 245	4 576		0,54	0,49			1,03	
Mil/niébé/oseille	3 538	1 724	2 749	0,54	0,64	0,29				1,48

Tableau 6 : Rendement grain et LER selon les systèmes de cultures

Traitements	Rendement (kg grain / Ha)			LER						
	Mil	Niébé	Oseille	Mil	Niébé	Oseille	Mil/niébé	Mil/oseille	Niébé/oseille	Mil/niébé/oseille
Mil pur	2 503			1,00	-		-		-	-
Niébé pur		695		-	1,00		-		-	-
Oseille pur			327			1,00			-	-
Mil/niébé	998	668		0,37	0,96		1,33			
Mil/oseille	1 562		135	0,58		0,41		0,99		
Niébé/oseille		423	135		0,61	0,41			1,02	
Mil/niébé/oseille	749	360	126	0,28	0,54	0,39				1,20

4. Discussion

La comparaison de la densité au semis avec celle à la levée (début développement des cultures), révèle un pourcentage de cette dernière entre 88 % à 99 %. Ce fort taux explique la bonne qualité des semences utilisée pour les trois cultures avec un bon pouvoir germinatif. Aussi, cette qualité peut être liée au lit de semence préparé car, avant le semis, le terrain a été labouré avec une charrue à soc avec nivellement à la daba pour rendre le sol meuble et favoriser l'infiltration de l'eau. Concernant le cycle de développement des cultures,

le mil et le niébé sont à maturité à 80 JAS, conformément au cycle indiqué sur le catalogue national des espèces et variétés végétales [14]. Ces cultures s'adaptent bien au régime pluviométrique sahélien (3 à 4 mois) pour boucler leurs cycles végétatifs. Quant à l'oseille, il a un cycle plus tardif (100 à 120 JAS). C'est une plante qui, pour terminer son cycle végétatif en zone sahélienne, valorise l'humidité résiduelle du sol, particulièrement en sol sableux. L'estimation des rendements en biomasse sèche montre que le système de culture pure du mil et du niébé donne des rendements dépassant 5 tonnes de MS / Ha. Ce qui prouve que ces cultures donnent de quantité très importante des résidus de cultures contribuant à améliorer la disponibilité des fourrages dans leurs zones de production. En effet, Gouro et al. (2014) montre que dans les pays de l'espace Union Economique et Monétaire Ouest - Africaine (UEMOA), les pays sahéliens (Niger, Burkina Faso, Mali et Sénégal) détiennent 90 % des résidus des céréales de l'espace UEMOA, dû aux cultures du mil et du sorgho. La production des fanes de légumineuses est importante également dans ces pays et même en augmentation au cours de ces cinq dernières années; l'essentielle de cette production est tirée par les 4 pays sahéliens dont le Sénégal en tête grâce à l'arachide et le Niger grâce au niébé [9]. La biomasse de l'oseille (9,3 tonnes / Ha) est aussi un atout pour l'augmentation de la disponibilité du fourrage dans les zone agricoles du Niger surtout avec l'exploitation des calices de couleur rouge pour le jus de « Bissap » qui est une autre source de revenu pour le producteur, influençant davantage la production de l'oseille.

Toutefois, en zone sahélienne comme le Niger, le système de culture en association est largement pratiqué. Le calcul de LER, fait ressortir que le système de culture en association mil - niébé, mil- niébé -oseille et mil - oseille, est plus avantageux que le système de culture pure du ces trois cultures. En effet, la croissance de deux ou plusieurs cultures en association se traduit souvent par une diminution des rendements en raison de la concurrence pour les ressources essentielles limitées notamment l'eau, les éléments minéraux et la lumière [19 - 22]. Ainsi, la meilleure façon de réduire la concurrence entre deux ou plusieurs cultures en association pour les ressources essentielles (éléments minéraux, l'eau et la lumière), c'est de décaler la date de semis entre les cultures dans un système de cultures associées [23]. On peut également associer deux cultures ou deux variétés dont le cycle de développement est différent. Dans le cadre de l'association niébé oseille, la plante de couverture qui est le niébé souffre du manque de lumière face à une plante érigée en l'occurrence l'oseille qui a des feuilles larges pouvant capter la lumière au détriment du niébé. Dans l'association mil niébé, le mil est une plante érigée de cycle moyen dont la hauteur à maturité varie de 2 à 2,5m mais possède des feuilles effilées, laissant passer l'eau et la lumière pour les plantes rampantes comme le niébé. C'est pourquoi, les deux cultures rencontrent moins de compétition et arrivent à exprimer leurs potentiels en culture associée. Pour l'association mil - oseille, les deux cultures rencontrent moins de compétition même si elles sont toutes érigées car leurs cycles de développement sont différents ; le mil est de cycle moyen, alors que l'oseille a un cycle long, ce qui réduirait la concurrence de l'eau et de la lumière entre les deux cultures. A la récolte, la culture d'oseille à un faible rendement en biomasse car elle perd ses feuilles au cours de la maturité.

5. Conclusion

Les rendements en biomasse obtenus sur les cultures de mil, niébé et oseille dans les différents systèmes de cultures montrent que l'oseille et le mil produisent respectivement 9,5 tonnes de MS/Ha et 7 tonnes de MS/Ha en culture pure. Mais en culture associée, ces cultures produisent autant que la culture pure du niébé en biomasse (4 tonnes de MS / Ha). Ainsi avec l'objectif de produire plus de biomasse pour nourrir les animaux, la culture d'oseille est intéressante à condition qu'elle soit récoltée avant la maturité des capsules. Quant aux rendements grain, ils sont plus importants pour le mil en culture pure comme en association. Le rendement grain de l'oseille est faible (126 kg / Ha à 327 kg / Ha) dans tous les systèmes, cela est dû probablement au cycle long de la plante (plus de 120 jours) pour une période de pluies effective ne dépassant pas 90 jours.

Cependant, le niébé et l'oseille offrent d'autres produits : les cosses pour le niébé qui interviennent dans l'alimentation bétail et les calices pour l'oseille servant à la préparation d'une boisson appelé jus de « Bissap ». Face à ces différents produits, une analyse économique est nécessaire pour dégager les systèmes de culture les plus rentables pour les petits producteurs en particulier les femmes qui sont très intéressées dans la diversification des cultures. Le mil est une culture bien adaptée au Sahel pour la production de biomasse servant à l'alimentation des animaux et la production graine pour nourrir la population humaine. Mais avec l'objectif de produire plus de biomasse pour l'alimentation du bétail, l'on peut retenir les systèmes d'association mil / niébé / oseille et mil / niébé qui donnent des avantages respectifs de 48 % et de 41 % par rapport à la monoculture des trois cultures.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) qui dans la cadre de la subvention nationale a bien voulu financer cette étude. Nous remercions également le responsable du CERRA de Kollo et les techniciens du dit centre qui ont participé à la réussite de cette expérimentation.

Références

- [1] - MINISTERE DU DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET MINISTERE DES RESSOURCES ANIMALES (MDA et MRA). Rapport de synthèse sur du Recensement Général de l'Agriculture et du Cheptel (RGAC 2004/2008), projet GCP/NER/041/EC, FAO/UE, République du Niger, (2008) 187 p.
- [2] - YACOUBA SOUMANA, HASSOUMI GARBA et HAMANI DIAOUGA, Analyse technique et économique de l'embouche bovine et ovine dans trois zones agro-écologiques du Niger ; Rapport final, (2004) 100 p.
- [3] - Z. RHISSA, *Revue du secteur de l'élevage au Niger*, Rapport provisoire, FAO/SFW, Ministère de l'Élevage, République du Niger, (2010) 115 p.
- [4] - M. MALAM ABDU, Production fourragère et intensification de l'intégration agriculture - élevage en zone agricole au Niger, Thèse de doctorat d'Université, Spécialité productions et Biotechnologies Animales, Ecole Doctorale Sciences de la Vie, de la Santé et de l'Environnement (ED-SEV), Université Cheikh AntaDiop de Dakar, (2017) 113 p.
- [5] - L. ALI, P. VAN DEN BOSSCHE, E. THYS, Enjeux et contraintes de l'élevage urbain et périurbain des petits ruminants à Maradi au Niger : quel avenir ? *Revue d'Élevage et Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 56 (1 - 2) (2003) 73 - 82
- [6] - A. A. AYANTUNDE, S. FERNANDEZ-RIVERA, A. DAN-GOMMA, Sheep fattening with groundnut haulms and millet bran in the West African Sahel. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 61 (2008) 215 - 220
- [7] - C. C. ONYEONAGU et O. L. NJOKU, Crop residues and agro-industrial by-products uses in traditional sheep and goat production in rural communities of Markudi LGA. *Agro-Science Journal of Tropical Agriculture, Food, Environment and Extension*, 9 (3) (2010) 161 - 169
- [8] - CHAIBOU M, YAOU O.M, GOURO A, LAOUALI A, Diversité, disponibilité et circuits d'approvisionnement des aliments du bétail dans la communauté urbaine de Maradi. *Journal des Sciences de l'Environnement*, 1 (1) (2012) 27 - 34
- [9] - S. A. GOURO, C. LY, H. MAKKAR, Résidus agricoles et sous-produits agro-industriels en Afrique de l'ouest : Etat des lieux et perspectives pour l'élevage. FAO, Rome, Italie, (2014) 60 p.
- [10] - K. F. SANOU, S. NACRO, M. OUEDRAOGO, S. OUEDRAOGO, C. KABORE-ZOUNGRANA, La commercialisation de fourrages en zone urbaine de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) : pratiques marchandes et rentabilité économique, *Cah Agric*, Vol. 20, N°6 (novembre-décembre 2011) 487 - 493

- [11] - A. A. AYANTUNDE, M. BLUMMEL, E. GRINGS, A. J. DUNCAN, Prix et qualité des aliments du bétail dans les marchés périurbains du Sahel Ouest africain : étude de cas à Bamako, Mali, *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 67 (1) (2014) 13 - 21
- [12] - A. DAN GOMMA, I. CHAIBOU, M. BANOIN et E. SCHLECHT, Commercialisation et valeur nutritive des fourrages dans les centres urbains au Niger : cas des villes de Maradi et de Niamey, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, ISSN 2028-9324, Vol. 21, N° 3 (Oct. 2017) 508 - 521
- [13] - A. A. MAMAN LAWAL, M. CHAIBOU, M. M. GARBA, M. MANI, A. S. GOURO, Gestion et utilisation des résidus de cultures pour l'alimentation animale en milieu urbain et périurbain : cas de la communauté urbaine de Niamey, *Journal of Applied Biosciences*, 115 (July 2017) 11423 - 11433, <https://dx.doi.org/10.4314/jab/v115i1.2>
- [14] - MINISTERE DE L'AGRICULTURE (M/A), Catalogue national des espèces et variétés végétales (CNEV), FAO, République du Niger, (2012) 276 p.
- [15] - M. DARIUSH, M. AHAD and O. MEYSAM, Assessing the Land Equivalent Ratio (LER) of two corn [*Zea Mays* L.] varieties intercropping at various nitrogen levels in Karaj, Iran. *Journal of Central European Agriculture*, Vol. 7, N°2 (2006) 359 - 364
- [16] - A. N. OSMAN, A. RÆBILD, J. L. CHRISTIANSEN and J. BAYALA, Performance of cowpea (*Vigna unguiculata*) and pearl millet (*Pennisetum glaucum*) intercropped under *Parkia biglobosa* in an agroforestry system in Burkina Faso. *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 6, (4) (18 February 2011) 882 - 891, DOI : 10.5897/AJAR10.1117
- [17] - F. O. TAKIM, Advantages of Maize-Cowpea Intercropping over Sole Cropping through Competition Indices. *Journal of Agriculture and Biodiversity Research*, Vol. 1, Issue 4, (July 2012) 53 - 59 p.
- [18] - M. F. OBULBIGA, V. BOUGOUMA et H. O. SANON, Amélioration de l'offre fourragère par l'association culturale céréale légumineuse à double usage en zone nord soudanienne du Burkina Faso, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9 (3) (June 2015) 1431 - 1439, <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- [19] - T. O. OSENI, Evaluation of Sorghum-Cowpea Intercrop Productivity in Savanna Agro-ecology using Competition Indices. *Journal of Agricultural Science*, Vol. 2, N° 3 (September 2010) 229 - 234 p.
- [20] - M. E. N. AHMED and A. J. ABDEL RHIM, Effect of Plant density and Cultivar on Growth and Yield of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4 (8) (2010) 3148 - 3153
- [21] - K. COULIBALY, E. VALL, P. AUTFRAY, H. B. NACRO et M. P. SEDOGO, Premiers résultats sur l'intensification écologique et démarche participative en zone cotonnière à l'ouest du Burkina Faso. *Agronomie Africaine*, 24 (2) (2012) 129 - 141
- [22] - A. B. BALDE, Analyse intégrée du partage des ressources (eau, azote et rayonnement) et des performances dans les systèmes de culture en relais sous semis direct en zone tropicale subhumide ; thèse, Centre International d'Etudes Supérieures en Sciences Agronomiques Montpellier, Agronomie, SupAgro, Montpellier, (2011) 161 p.
- [23] - M. S. MBAYE, A. KANE, M. GUEYE, C. BASSENE, D. B. N. DIOP, S. N. SYLLA, K. NOBA, Date et densité optimales de semis du niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] en association avec le mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.]. *Journal of Applied Biosciences*, 76 (2014) 6305 - 6315