

## **Evaluation d'une démarche participative d'insertion des cultures fourragères dans deux villages sites de la Région du Centre-Nord du Burkina Faso**

**Raogo Sylvain TENSABA<sup>1\*</sup>, André KIEMA<sup>1</sup>, Moussa ZONGO<sup>2</sup> et Bila Isidore GNANDA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Département Productions Animales, Laboratoire de Nutrition Animale, 04 BP 8645 Ouagadougou 04, Burkina Faso*

<sup>2</sup> *Université Joseph KI ZERBO, Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT), Département de Biologie et Physiologie Animales (BA/PA), Laboratoire de Physiologie Animale, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso*

(Reçu le 21 Janvier 2022 ; Accepté le 28 Février 2022)

---

\* Correspondance, courriel : [sylvaintensaba@yahoo.fr](mailto:sylvaintensaba@yahoo.fr)

### **Résumé**

Le Burkina Faso connaît régulièrement des déficits fourragers. L'une des solutions à ce problème est la promotion des cultures fourragères en utilisant des espèces végétales adaptées au milieu. Cette étude a pour objectif d'évaluer la rentabilité économique et les rendements en fourrage et en grains de variétés améliorées et locales de niébé, de mil et de sorgho et d'apprécier les perceptions paysannes sur le développement de ces cultures dans deux villages (Sian et Fanka) de la région du Centre-Nord du Burkina Faso. Des cultures pures ont été mise en place, chacune sur des parcelles de 640 m<sup>2</sup> (16 m x 40 m). Des données ont été collectées sur les cycles des cultures, les coûts de production et les prix des différents produits et sous-produits obtenus. Les perceptions paysannes ont été recueillies sur la base d'une enquête. Les résultats obtenus montrent des rendements significativement plus intéressants en fanes (2664,05 ± 1788,04 kg/ha) et en tiges (5701,88 ± 1898,39 kg/ha) respectivement pour les variétés améliorées de niébé et de mil comparativement aux variétés locales. Quant au sorgho amélioré, il est significativement meilleur en rendement grains (1741,6 ± 631,77 kg/ha). Les meilleures marges bénéficiaires sont obtenus avec les variétés améliorées : 209111 FCFA/ha, 80038 FCFA/ha et 105074 FCFA/ha pour respectivement le sorgho SEPON-82, le mil maïwa et le niébé K VX 745-11P. Ce travail montre que les variétés améliorées proposées sont adaptés au milieu local. Elles peuvent contribuer à l'amélioration de l'alimentation animale et humaine. Toutefois, le producteur devrait respecter les itinéraires techniques.

**Mots-clés :** *sorgho, mil, niébé, rendement, rentabilité, perception, Burkina Faso.*

### **Abstract**

**Assessment of a participatory approach to integrating fodder crops in two villages in the North-Center region of Burkina Faso**

Burkina Faso is repeatedly faced with forage deficits. One of the solutions to this constraint remains the promotion of fodder crops through the use of plant species that are adapted to the growing environment. The

objective of this study is to assess economic profitability, fodder and grain yields of improved and local varieties of cowpea, millet and sorghum and farmers' perceptions on these crops expansion in two villages (Sian and Fanka) in the Centre-North region of Burkina Faso. Pure crops were planted, each of which occupied 640 m<sup>2</sup> (16 m x 40 m) plots. The data collected was based on crop cycles, production costs and prices of the various products and by-products gained. Farmers' perceptions were collected on the basis of a survey. The results show that haulm ( $2664.05 \pm 1788.04$  kg/ha) and stalk ( $5701.88 \pm 1898.39$  kg/ha) yields are significantly higher for improved cowpea and millet varieties, respectively, compared to local varieties. Grain yield of improved sorghum was also significantly higher ( $1741.6 \pm 631.77$  kg/ha). The best profit margins are obtained with the improved varieties of sorghum SEPON-82, millet maïwa and cowpea K VX 745-11P with respective gains of 209111 FCFA/ha, 80038 FCFA/ha and 105074 FCFA/ha. This work shows that the improved varieties that were proposed are adapted to the local environment. They could contribute to improve animal and human nutrition. However, the farmers should respect the technical itineraries.

**Keywords :** *sorghum, millet, cowpea, yield, profitability, perception, Burkina Faso.*

## 1. Introduction

L'élevage constitue l'une des principales activités économiques majeures de nombreux pays du Sahel avec une contribution de 30 à 40 % aux Produits Intérieurs Bruts agricoles [1 - 3]. Au Burkina Faso, l'élevage est pratiqué par environ 82 % des ménages agricoles pour lesquels il contribue à l'amélioration des conditions de vie à travers la sécurité alimentaire et nutritionnelle et l'accès aux services sociaux de base [4 - 6]. Toutefois, cette activité est confrontée à de nombreuses contraintes qui entravent son développement dont la plus importante reste l'alimentation [7]. L'élevage au Burkina Faso est essentiellement de type extensif et l'alimentation du bétail est basée sur l'exploitation des pâturages naturels qui représentent environ 75 % de l'alimentation des herbivores [8]. Sous les effets de diverses actions anthropiques (systèmes de production culturale et pastorale), la baisse continue de la pluviométrie et les différentes formes d'érosion hydrique et éolienne ont entraîné la détérioration de la diversité biologique végétale [9, 10]. Cela se traduit par une forte variabilité saisonnière de la disponibilité et de la qualité des fourrages. La saison des pluies correspond à l'abondance des pâturages naturels.

Cependant, elle ne dure que 3 mois (zone sahélienne) à 5 mois (zone soudanienne) et offre une prédominance des espèces annuelles [11]. Pendant la saison sèche qui s'étend d'octobre à mai, le fourrage herbacé se réduit et se retrouve à un stade où il ne répond plus aux besoins quantitatifs et qualitatifs des animaux [12, 13]. Il en résulte une difficulté croissante d'alimentation du bétail, occasionnant des baisses de productions importantes dont des pertes saisonnières de poids et des risques élevés de mortalité. La transhumance ou la migration vers des zones écologiques plus favorables sont devenues de plus en plus difficiles car constituant des sources de nombreux conflits avec les populations des régions d'accueil [14]. Pour faire face à cette situation, les éleveurs ont développé plusieurs stratégies alternatives dont la fauche et conservation de fourrages naturels, l'exploitation et la valorisation des ressources fourragères ligneuses, le stockage et l'utilisation des résidus de récoltes, etc. Toutefois, ces stratégies ne valent que ce que vaut le disponible fourrager. Alors, il importe d'améliorer l'offre fourragère. Dans le cadre de l'amélioration de l'offre fourragère, il s'avère capital de contribuer au renforcement de l'intégration agriculture-élevage à travers la recherche de voies d'amélioration du disponible et de la qualité du fourrage, tout en tenant compte des besoins vivriers familiaux des producteurs [15]. L'une des solutions est la promotion des cultures fourragères en utilisant des espèces végétales adaptées au milieu [16]. C'est dans cette optique que la présente étude a été conduite. Elle s'est intéressée à des variétés améliorées de niébé, de mil et de sorgho et a pour objectif d'évaluer la rentabilité économique et les rendements en fourrage et en grains de ces spéculations en milieu paysan et d'apprécier les perceptions paysannes sur le développement de ces cultures.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Zone d'étude

L'étude s'est déroulée dans deux (2) villages (Sian et de Fanka) de la commune de Kaya, chef-lieu de la région du Centre-Nord du Burkina Faso. Cette commune est située entre 13°5' latitude nord et 1°05' longitude ouest, à 100 km de Ouagadougou [17]. Le climat est du type Nord-Soudanien avec une longue saison sèche de 8 mois s'étalant d'octobre à mai et une courte saison pluvieuse de 4 mois, allant de juin à septembre [17]. La moyenne pluviométrique varie entre 414,64 et 671,31 mm d'eau par an avec des variations notables. La végétation est composée de savanes arbustives denses et dégradées dominées par des arbustes sous lesquels est disséminé un tapis herbacé.

### 2-2. Matériel végétal

Le matériel biologique utilisé est composé de semences de variétés à double objectif de niébé (*Vigna unguiculata*), de sorgho (*Sorghum bicolor*) et de mil (*Pennisetum glaucum*). Il s'agit précisément du :

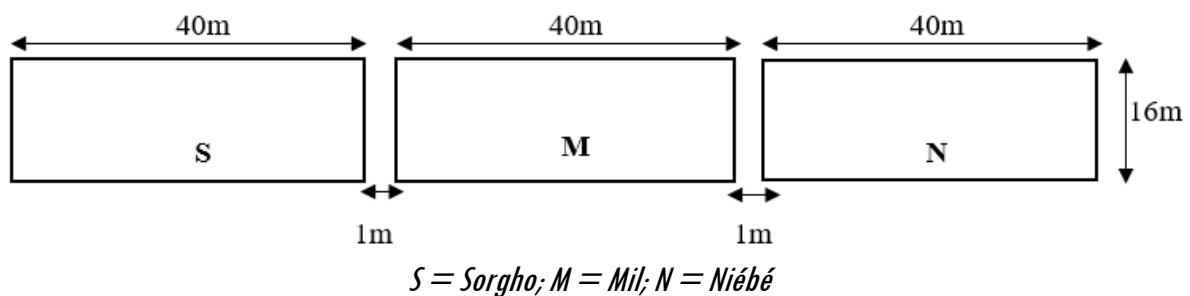
- Niébé de la variété KVX 745-11P, développé à l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) du Burkina Faso ;
- Sorgho, c'est la variété SEPON-82 (Sorghum Ellit Preliminary Observation Nursery), issue des collections génétiques de l'Institut International de Recherche sur les Cultures des Zones Tropicales Semi-arides (ICRISAT) en Inde ;
- Et de la variété du mil maïwa.

Ce sont toutes des variétés ayant la faculté de garder leurs tiges et feuilles vertes jusqu'à la maturité des grains pour l'alimentation humaine (« stay green ») et offrant de ce fait un fourrage de bonne qualité pour l'alimentation animale.

### 2-3. Méthode

#### 2-3-1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental (**Figure 1**) est constitué de cultures pures de niébé, de sorgho et de mil. Chaque culture est conduite sur une parcelle de 640 m<sup>2</sup> (16 m x 40 m). Sur l'ensemble des deux sites, 22 producteurs ont opté librement pour une ou deux spéculations. L'essai a pu installer au total 18 champs de niébé, 10 champs de sorgho et 12 champs de mil.



**Figure 1** : Dispositif expérimental

### **2-3-2. Mise en place et entretien des cultures**

Avant les semis, chaque champ a été labouré à l'aide d'une charrue à traction animale. En fonction de la disponibilité des producteurs, les semis ont eu lieu entre le 2 et le 15 juillet 2020 avec des écartements de 0,8 m entre les lignes et 0,5 m entre les poquets pour le mil et le sorgho et de 0,8 m et 0,4 m pour le niébé. Au cours du cycle végétatif, les opérations d'entretien ont consisté à réaliser des resemis, des démariages, deux sarclages et des apports de fertilisants. Seuls des fertilisants minéraux ont été utilisés. Il s'agissait du NPK 14-23-14+6s et de l'urée perlée 46 % N. Le NPK a été appliqué dans tous les champs entre le 16<sup>ème</sup> et le 26<sup>ème</sup> Jour Après Semis (JAS), à la dose de 100 kg/ha. L'urée a été utilisée uniquement dans les champs de mil et de sorgho au stade montaison, à la dose de 50 kg/ha. Deux traitements phytosanitaires au produit PACHA 25 EC ont été administrés dans les champs de niébé. Il est utilisable en préventif et en curatif à la dose de 50 mL pour 16 litres d'eau/ha. Le premier a eu lieu au bout de 5 semaines après les semis (en début de floraison) et le second, 15 jours après le premier (en début de formation des gousses).

### **2-3-3. Collecte de données sur les cycles de développement des cultures.**

Une fiche d'observation et de collecte de données a été utilisée pour consigner les variables d'analyse. Il s'est agi des :

- Dates de levée, de sarclages et de fertilisation ;
- Dates à 50 % d'un stade donné du développement de la culture : Elles permettent de calculer le nombre de Jours Après le Semis (JAS) pour lequel la moitié des poquets levés par parcelle ont atteint un stade de développement donné pour la culture. Elles ont été obtenues par observation visuelle. Dans cette étude, les dates retenues sont [18] :
  - Les dates au stade 50 % de ramification pour le niébé, 50 % de montaison pour le mil et le sorgho ;
  - Les dates au stade 50 % floraison pour le niébé et 50 % épiaison pour le mil et le sorgho ;
  - La date 100 % maturité des cultures : C'est la date à laquelle la culture peut être récoltée.
- Densités de peuplement à différents stades de développement par un comptage de poquets dans deux carrés de 25 m<sup>2</sup> chacun. Ce nombre a été ensuite extrapolé à l'hectare pour obtenir la densité des cultures à la levée et au moment des récoltes ;
- Hauteurs des plantes et la longueur des panicules à l'aide d'une règle graduée.

### **2-3-4. Evaluations des rendements grains et fourrage**

Afin d'évaluer les rendements, deux carrés de dimension 5 m x 5 m ont été placés, un au milieu et un autre à l'extrémité de chaque champ. Les champs de variétés locales de mil, de sorgho et de niébé ont aussi fait l'objet d'évaluation. Ils avaient des tailles nettement plus grandes. De ce fait, trois carrés de rendement de 5 m x 5 m ont été posés dans chacun de ces champs.

- Pour l'estimation des rendements en biomasse (feuilles et tiges) à l'état frais, les feuilles et tiges récoltées à l'intérieur de chaque carré ont été pesé à l'état frais puis extrapolé à l'hectare ;
- Pour déterminer le rendement en matière sèche, des échantillons de 0,5 à 1 kg de la biomasse fraîche ont été prélevés dans chaque champ. Ces échantillons ont été séchés dans un premier temps au soleil puis à l'étuve à 85°C jusqu'à obtention de poids constant. Les échantillons séchés ont été ensuite pesé pour obtenir le pourcentage de matière sèche. Ce pourcentage est rapporté au rendement à l'hectare de la biomasse à l'état frais pour déterminer le rendement en matière sèche par hectare ;
- Les gousses de niébé ou les panicules de sorgho et de mil récoltés au niveau de chaque carré ont été

séchées puis battues. Après battage, les grains ont été pesés séparément pour chaque carré puis extrapolé à l'hectare pour obtenir le rendement grains à l'hectare ;

- Après battage, les cosses de niébé ont été aussi pesées séparément des graines pour chaque carré puis extrapolé à l'hectare pour obtenir le rendement grains à l'hectare.

### ***2-3-5. Analyses de la qualité des fourrages***

Les échantillons ont été séchés, puis broyés pour des analyses bromatologiques. La qualité fourragère a en effet été estimée à l'aide du modèle d'étalonnage NIRS pour les matières sèches, l'azote, les fibres détergentes neutres, les fibres détergentes acides, la lignine détergente acide, l'énergie métabolisable et la digestibilité in vitro des matières organiques.

### ***2-3-6. Evaluations économiques***

L'estimation de la rentabilité économique a concerné les cultures-tests et les variétés locales. Elle a été évaluée à l'hectare sur la base des principales lignes de dépenses et des recettes suscitées par les productions. Les paramètres calculés sont les marges brutes et les marges nettes par hectare. Les données collectées ont été relatives aux coûts de production et aux recettes. Pour les coûts liés à la production, il s'est agi des intrants (semences, NPK, urée, fumier et pesticides), de la main d'œuvre (labour, semis, sarclages, récoltes) et du matériel de conditionnement des produits récoltés. Quant aux recettes, les données collectées étaient relatives aux prix de vente des produits et sous-produits des cultures. Les différents prix ont été ceux pratiqués au niveau local. Les semences de sorgho SEPON-82 et de mil maïwa ont été estimées respectivement à 1500 F CFA/ha et 1000 F CFA/kg. Les prix du kg de NPK et de l'urée ont été évalués respectivement à 350 et 330 F CFA. Le coût du fumier sur le marché local a été estimé à 9,7 F CFA/kg. Le prix d'une quantité de pesticide (Pacha)/ha s'élevait à 1500 F CFA, tandis que l'herbicide utilisé coûtait 2000 F CFA/boîte/ha. Le prix des sacs de conditionnement était de 250 F CFA/sac de 100 kg. La main d'œuvre pour les travaux champêtres était de 30000 F CFA/ha pour le labour et 2000 FCFA/ personne/jour de travail de sarclage, alors que les semis et les récoltes coûtaient respectivement 1000 F CFA/personne/ jour de travail. Sur les marchés locaux, le prix du sorgho grain était de 150 F CFA/kg contre 181,25 F CFA/kg pour les grains de mil et 300 F CFA/kg pour le niébé graine. Les pailles de sorgho et de mil se vendaient à 39,28 F CFA/kg tandis que les fanes et les cosses de niébé coûtaient respectivement 92 F CFA/kg et 35 F CFA/kg.

### ***2-3-7. Evaluation de la perception des paysans***

Des enquêtes ont été réalisées à l'aide d'un questionnaire semi-structuré. En plus des informations personnelles de l'enquêté, les informations ont été collectés relativement aux pratiques culturelles et phytosanitaires, aux perceptions des acteurs sur les caractéristiques intrinsèques des cultures-tests, aux préférences d'adoption ainsi qu'aux contraintes. Au total, 21 producteurs-cibles ont été interviewés sur l'ensemble des deux sites. La langue de communication a été le mooré (langue locale) ou le français.

### ***2-3-8. Analyses statistiques***

Tous les paramètres collectés ont été saisis sur Excel pour en constituer une base de données. L'exploitation et l'analyse des données ont fait l'objet d'analyse de variance (ANOVA) à partir du logiciel libre R. Les différences ont été considérées statistiquement significatives au seuil de probabilité  $p < 0,05$ .

### 3. Résultats

#### 3-1. Développement des plants

Le suivi du cycle végétatif, des semis aux récoltes, a permis de caractériser les espèces cultivées. Les résultats au **Tableau 1** indiquent que la levée s'est effectuée dans un délai maximal de 6 jours après semis (JAS) dans les champs de Sorgho SEPON-82 et de mil maïwa. En revanche, elle a été plus précoce pour le niébé K VX 745-11P ( $4,04 \pm 0,73$  JAS). Le stade 50 % montaison/ramification a été atteint dans un intervalle de 32 à 36 JAS pour le sorgho et le mil. Ce temps a été de 30 à 33 jours après semis chez le niébé. La floraison à 50 % a été notée dans les champs de niébé à  $46,78 \pm 3,68$  JAS. Pour ce qui est de l'épiaison à 50 %, il a été constaté dans un délai de  $69,7 \pm 1,05$  JAS avec le sorgho. Ce délai a été plus précoce pour le mil. La maturité à 100 % est intervenue à  $106,3 \pm 2,98$  JAS pour le sorgho SEPON-82, au bout de  $121,87 \pm 4,67$  JAS dans les champs de mil maïwa et de  $80,71 \pm 1,68$  pour le niébé KV745-11P.

**Tableau 1 : Cycles de développement des cultures-tests**

Spécifications	Paramètres agronomiques relevés				
	Levée (JAS)	Montaison/ ramification à 50 % (JAS)	Epiaison à 50 % (JAS)	Floraison à 50 % (JAS)	Maturité 100% (JAS)
Sorgho SEPON-82	$5 \pm 0,81$	$34,1 \pm 0,99$	$69,7 \pm 1,05$		$106,3 \pm 2,98$
Mil maïwa	$5 \pm 0,75$	$35,5 \pm 1,77$	$56,25 \pm 1,98$		$123,87 \pm 4,67$
Niébé K VX 745-11P	$4,04 \pm 0,73$	$31,64 \pm 1,15$		$46,78 \pm 3,68$	$80,71 \pm 1,68$

Les densités au semis ont été de 25000 poquets/ha pour les céréales (le sorgho et le mil) et 31250 poquets/ha pour le niébé. Une comparaison des densités au semis et celles après la levée des différentes cultures a montré un fort taux de réussite à la levée qui était de  $89,10 \pm 5,75$  % avec le niébé K VX 745-11P et  $83,78 \pm 10,92$  % pour le sorgho SEPON-82. Ce taux était moins important pour le mil maïwa ( $79,62 \pm 13,52$  %). Par ailleurs, entre la levée et le stade des récoltes, il y a eu quelques pertes de poquets concernant toutes les cultures. En effet, un comptage du nombre de poquets au moment des récoltes suivi d'une comparaison avec le nombre de poquets à la levée a permis de relever des pertes de l'ordre de 0,54 % dans les champs de sorgho SEPON-82 contre 3,5 % pour le mil maïwa et 2,5 % dans les cultures de niébé K VX 745-11P. En fin de cycle, les cultures de sorgho SEPON-82 présentaient des plantes d'une hauteur moyenne de  $170,4 \pm 3,6$  cm et des panicules de  $24,92 \pm 2,7$  cm. Les plantes de mil maïwa ont été nettement plus grande ( $210,56 \pm 12,66$  cm) et avec des épis, également, de grande taille ( $51,8 \pm 10$  cm), comparativement aux épis de culture de variétés locales de mil dans la zone d'étude ( $31,16 \pm 9,12$  cm).

#### 3-2. Rendements grains et fourrage des parcelles de culture

Après les récoltes, les évaluations de rendements (**Tableau 2**) ont montré que pour le niébé, il n'a pas été enregistré une différence significative ( $P < 0,05$ ) en rendement grains entre la variété K VX 745-11P ( $413 \pm 148,9$  kg/ha) et les variétés locales ( $637,75 \pm 576,09$  kg/ha). Les mêmes tendances ont été observées avec les rendements cosses qui ont été respectivement de  $189,85 \pm 117,78$  kg/ha et  $195,75 \pm 142,46$  kg/ha pour le niébé K VX 745-11P et les variétés locales de niébé. En revanche, le rendement en fanes du niébé K VX 745-11P ( $2664,05 \pm 1788,04$  Kg/ha) a été significativement ( $P < 0,05$ ) plus intéressant que celui des variétés locales ( $1153,14 \pm 618,76$  kg/ha). Par contre, les cultures de sorgho SEPON-82 ont présenté un rendement grains ( $1741,6 \pm 631,77$  kg/ha) significativement plus important à celui du sorgho local. Toutefois,

en termes de rendement en matière sèche (paille/tiges), le sorgho SEPON-82 ( $6013,87 \pm 2139,79$  kg/ha) n'a pas été significativement meilleur, au seuil de 5 %, par rapport aux variétés locales de sorgho ( $5221,73 \pm 1388,57$  kg/ha). Quant au mil maïwa, l'évaluation des rendements a révélé qu'en termes de paille/tiges, il est significativement plus productif ( $5701,88 \pm 1898,39$  kg/ha) que les variétés locales de mil ( $3154,45 \pm 1039,86$ ). En production grains, son rendement ( $755,62 \pm 394,40$  kg/ha) n'a pas été significativement différent de celui enregistré avec les variétés locales de mil cultivées dans la zone d'étude, au cours de la même période.

**Tableau 2 : Rendements en grains et fourrage des variétés améliorées et locales étudiées**

Spéculations	Rendement (kg/ha)			
	Grains	Tiges	Fanes	Cosses
Sorgho SEPON-82	$1741,6 \pm 631,77^a$	$6013,87 \pm 2139,79^a$		
Sorgho local	$1118 \pm 426,93^b$	$5221,73 \pm 1388,57^a$		
Mil maïwa	$755,62 \pm 394,40^c$	$5701,88 \pm 1898,39^b$		
Mil local	$710 \pm 142,71^c$	$3154,45 \pm 1039,86^c$		
Niébé KVX 745-11P	$413 \pm 148,9^d$		$2664,05 \pm 1788,04^a$	$189,85 \pm 117,78^a$
Niébé local	$637,75 \pm 576,09^d$		$1153,14 \pm 618,76^b$	$195,75 \pm 142,46^a$

NB : Les chiffres qui portent les mêmes lettres, dans la même colonne, ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

### 3-3. Qualité de la biomasse produite

L'analyse bromatologique (**Tableau 3**) a révélé un taux de matière sèche de  $92,21 \pm 0,4$  % pour le niébé KVX 745-11P,  $93,52 \pm 0,58$  % pour mil maïwa et  $93 \pm 0,66$  % pour le sorgho SEPON. Ces taux ont été sensiblement les mêmes pour les variétés locales. Par contre, la teneur en matière azotée totale était trois à quatre fois plus importante avec le niébé KVX 745-11P ( $20,77 \pm 2,09$  %) et le niébé local ( $14,86 \pm 3,44$  %) que chez les variétés locale et améliorée de mil (respectivement  $5,71 \pm 1,67$  % et  $6,13 \pm 2,92$  %) ou les variétés locale et améliorée de sorgho (respectivement  $4,33 \pm 1,07$  % et  $5,62 \pm 1,6$  %). Pour la teneur en NDF (Neutral Detergent Fiber), c'est avec le mil maïwa ( $70,17 \pm 2,42$ ) et les variétés locales de mil ( $68,39 \pm 3,02$ ) qu'il a été enregistré les plus fortes valeurs. La plus petite teneur en NDF a été obtenue avec le niébé KVX 745-11P ( $34,56 \pm 5,37$ ). La teneur en ADF (Acid Detergent Fiber) était également plus forte avec les variétés locales de mil ( $42,91 \pm 2,86$ ) et le mil maïwa ( $42,89 \pm 3,56$ ). Ces valeurs ont été respectivement de  $40,45 \pm 3,58$  et  $37,17 \pm 1,73$  avec le sorgho local et le sorgho SEPON-82. Quant à la teneur en ADL (Acid Detergent Lignin), les valeurs ont été approximativement les mêmes ( $4,23$  à  $5,76$ ) avec toutes les spéculations.

**Tableau 3 : Composition chimique du fourrage des variétés améliorées et locales**

Paramètres étudiés	Fanes		Pailles			
	niébé KVX 745-11P	niébé local	mil maïwa	mil local	sorgho SEPON	sorgho local
MS%	$92,21 \pm 0,4$	$92,02 \pm 0,26$	$93,52 \pm 0,58$	$93,91 \pm 0,49$	$93 \pm 0,66$	$93,35 \pm 0,49$
MAT%	$20,77 \pm 2,09$	$14,86 \pm 3,44$	$6,13 \pm 2,92$	$5,71 \pm 1,67$	$5,62 \pm 1,6$	$4,33 \pm 1,07$
NDF%	$34,56 \pm 5,37$	$41,43 \pm 6,24$	$70,17 \pm 2,42$	$68,39 \pm 3,02$	$64,27 \pm 3,54$	$67,71 \pm 3,2$
ADF%	$30,07 \pm 4,27$	$32,34 \pm 5,46$	$42,89 \pm 3,56$	$42,91 \pm 2,86$	$37,17 \pm 1,73$	$40,45 \pm 3,58$
ADL%	$4,57 \pm 0,9$	$5,76 \pm 1,17$	$4,43 \pm 0,69$	$4,92 \pm 0,87$	$4,24 \pm 0,4$	$4,23 \pm 0,33$
EM(mj/kg)	$8,99 \pm 0,44$	$8,84 \pm 0,44$	$7,39 \pm 0,5$	$7,26 \pm 0,32$	$7,80 \pm 0,67$	$7,09 \pm 0,39$
ivomd%	$63,26 \pm 2,61$	$60,89 \pm 3,99$	$50,15 \pm 3,95$	$48,41 \pm 2,79$	$52,32 \pm 3,45$	$48,16 \pm 2,84$

*NDF: Neutral Detergent Fiber; ADF: Acid Detergent Fiber; ADL: Acid Detergent Lignin; MS: Matière Sèche; MAT: Matière azotée totale; EM(mj/kg): Energie métabolisable; ivomd: Digestibilité in vitro de la matière organique.*

### 3-4. Analyse économique

L'analyse économique a montré une marge nette intéressante pour les trois cultures mises en essai. Elle a été de 209111 FCFA/ha pour le Sorgho SEPON-82, 105074 FCFA/ha pour le Niébé KVX 745-11P, et 80038 FCFA/ha pour le mil maïwa (**Tableau 4**). La main d'œuvre a constitué le principal poste de dépense. Son coût a été triplement supérieur au cumul des autres charges. Quant aux recettes, la contribution de la biomasse a été capitale. La valeur de la production de pailles/tiges a représenté plus de 62 % des recettes chez le mil. La même tendance a été observée chez le niébé dont la contribution des sous-produits (fanés et en cosses) s'élevait à 68,62 % des recettes. Par ailleurs, Une évaluation économique réalisée sur les variétés locales de mil, de sorgho et de niébé cultivées dans la zone d'étude au cours de la même période a montré des marges nettes largement moins importantes (**Tableau 4**) comparativement aux variétés améliorées de chaque culture. Ces marges nettes étaient de 124888 FCFA/ha, 7476 FCFA/ha et 77706 FCFA/ha pour respectivement le sorgho local, le mil local et le niébé local.

**Tableau 4 : Charges, marges brutes et marges nettes des variétés améliorées et locales**

Libellés	Sorgho Sepon-82	Mil maïwa	Niébé KVX 745-11P	Sorgho local	Mil local	Niébé local
<b>I - Charges de production</b>						
1- Intrants (FCFA/ha)	66500	61500	50 000	27625	25842	21521
2- Main d'œuvre (Labour, semis, sarclages, récoltes)	217500	217500	217500	217500	217500	217500
3- Sacs de conditionnement	4354	1889	1030	2795	1775	1712
<b>Total charges de production (A) en FCFA/ha</b>	<b>288354</b>	<b>280889</b>	<b>268530</b>	<b>237750</b>	<b>245117</b>	<b>240734</b>
<b>II - Produits (FCFA/ha)</b>						
1- Grains	261240	136957	123707	167700	128687	205500
2- Fourrage	236225	223970	243252	205109	123906	106089
3- Cosses			6645			6851
<b>Total produits (B) en FCFA/ha</b>	<b>497465</b>	<b>360927</b>	<b>373604</b>	<b>372809</b>	<b>252594</b>	<b>318440</b>
<b>III - Marge brute (C) en FCFA/ha</b> <b>C = B – A</b>	<b>209111</b>	<b>80038</b>	<b>105074</b>	<b>124888</b>	<b>7476</b>	<b>77706</b>
<b>IV - Amortissement (D)</b> Location terrain	0	0	0	0	0	0
<b>V - Marge nette (E) en FCFA/ha</b> <b>E = C – D</b>	<b>209111</b>	<b>80038</b>	<b>105074</b>	<b>124888</b>	<b>7476</b>	<b>77706</b>



### 3-5. Perceptions paysannes des cultures expérimentées

#### 3-5-1. Appréciation des caractéristiques intrinsèques des cultures

Le cycle de développement des cultures-tests a été un point d'intérêt majeur sur lequel a porté un regard critique des participants. Le cycle court du niébé KVX 745-11P (75 à 80 jours) et celui intermédiaire du sorgho SEPON-82 (100 à 110 jours) ont été bien appréciés de tous les producteurs (100 %). Ces variétés sont bien adaptées aux zones sahéliennes qui connaissent des déficits pluviométriques ou des fins précoces de pluies. Cependant, le mil maïwa a focalisé les critiques et méfiances quant à la longueur de son cycle (120 à 140 jours). Pour ce qui est des rendements grains et fourrages, il a été demandé aux producteurs de donner leurs avis sur les différentes cultures, selon qu'ils estiment que le niveau des rendements est soit mauvais, soit passable, soit bon ou très bon. Ainsi, le sorgho SEPON-82 a retenu l'attention d'une très grande majorité. Ces rendements ont été estimés très bons par 85,71 % des répondants pour les grains et 61,90 % pour les tiges. Après le sorgho SEPON-82, c'est le niébé KVX 745-11P qui a suscité un intérêt majeur chez des producteurs. De l'avis de 80,95 % des interviewés, le niébé KVX 745-11P a présenté de très bons rendements en fanes. Quant au mil maïwa, ces rendements grains et ceux en tiges ont été jugés bons par respectivement 52,38 % et 71,42 % des producteurs (*Tableau 5*).

**Tableau 5 : Perceptions paysannes des rendements et cycles végétatifs des cultures**

Eléments d'appréciation	Proportion des répondants (%)		
	Mil maïwa	Sorgho SEPON	Niébé KVX
Longueur du cycle de développement	Positif		100
	Négatif	100	
	Sans intérêt		100
Rendement grain	Très bon		85,71
	Bon	52,38	9,52
	Passable	42,85	4,76
	Mauvais	4,76	
Rendement fourrage	Très bon		61,90
	Bon	71,42	33,33
	Passable	28,57	4,76
	Mauvais		

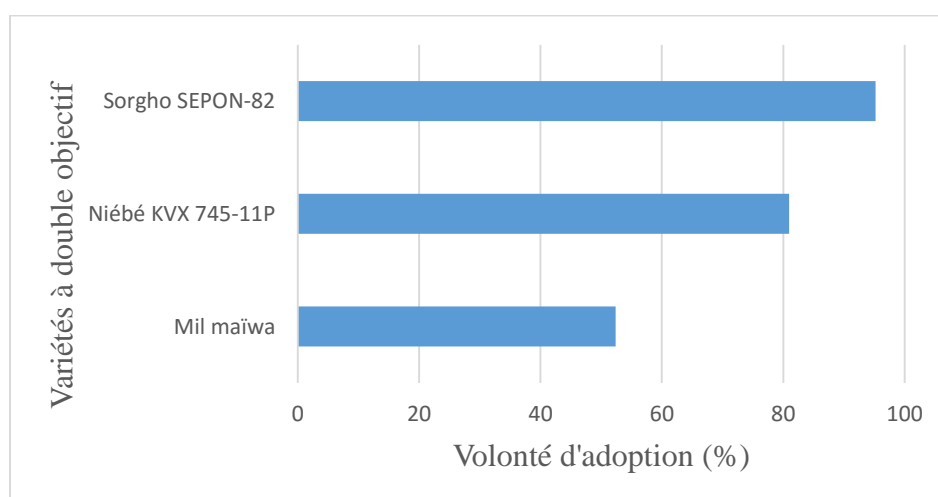
Les grains du sorgho SEPON-82 ont été bien appréciés pour sa couleur (95,23 % des répondants), la présentation physique de sa patte (tête de couleur blanche) et le bon goût de son têt (80,95 %). Les participants ont témoigné, soit de la très bonne (90,47 %) ou de la bonne (9,52 %) qualité du fourrage du sorgho SEPON-82. En effet, ils ont remarqué qu'en dehors des SPAI, les tiges du sorgho SEPON-82 sont un aliment préféré des animaux. Ils les consomment à volonté avec des quantités de refus relativement moindres (*Tableau 6*). En termes de qualité du fourrage, le niébé KVX 745-11P a été également reconnu de très bonne qualité par 95,23 % des participants. Toutefois, pour 52,38 % des producteurs, les grains du niébé KVX sont de mauvaise taille. Selon eux, la petite taille des grains de cette variété déprécierait sa valeur marchande. Cette petite taille des grains n'aurait pas d'impact sur leur goût. En effet, 85,71 % des interviewés ont indiqué que les grains du niébé KVX 745-11P ont un très bon goût. Quant au mil maïwa, la couleur des grains, et le goût du plat (le têt et le jus appelé zoom-koom) ont été jugés de très bonne qualité par respectivement 90,47 % des paysans. Outre les grains, le fourrage du mil maïwa a été estimé de bonne qualité par 80,95 % des répondants.

**Tableau 6 : Appréciation de la qualité des produits issus des cultures-tests**

Éléments d'appréciation		Proportion des répondants (%)		
		Mil maïwa	Sorgho SEPON	Niébé K VX
Couleur des grains	Très bonne	90,47	95,23	100
	Bonne	9,52	4,76	
	Passable			
	Mauvais			
Taille des grains	Très bonne	23,8		
	Bonne	66,66	71,42	
	Passable	9,52	28,57	47,61
	Mauvais			52,38
Goût du plat	Très bon	90,47	4,76	85,71
	Bon	9,52	80,95	14,28
	Passable		14,28	
	Mauvais			
Qualité du fourrage	Très bonne		90,47	95,23
	Bonne	80,95	9,52	4,76
	Passable	19,04		
	Mauvaise			

### 3-5-2. Choix d'adoption des cultures-tests

Au regard des caractéristiques intrinsèques de chaque culture, les producteurs ont exprimé des préférences d'adoption (**Figure 2**). Les choix d'adoption ont été prioritairement portés sur le sorgho SEPON-82 (95,23 % des répondants) et sur le niébé K VX 745-11P (80,95 % des paysans). Le mil maïwa, avec 52,38 % des volontés d'adoption exprimées, a été la culture la moins appréciée.

**Figure 2 : Expression des volontés d'adoption des variétés testées.**

## 4. Discussion

### 4-1. Cycle de développement des cultures

Le suivi du cycle de développement des cultures a montré pour le niébé K VX 745-11P, des dates de levée, 50 % ramification, 50 % floraison et 100 % maturité conformes aux caractéristiques agronomiques du Niébé

KVX 745-11P, une variété précoce arrivant à maturité au terme de 70-80 JAS. Les résultats obtenus avec le développement des plants du sorgho SEPON-82 répondent aux caractéristiques d'une variété à cycle intermédiaire. Le stade 100 % maturité des grains a été atteint à  $106,3 \pm 2,98$  JAS. Ce résultat est proche de la fourchette de 90 à 105 JAS observée lors de travaux antérieurs au Niger [16]. Contrairement au sorgho SEPON-82, le mil maïwa est arrivé dans des délais plus longs (120 à 130 JAS) confirmant son caractère tardif [19]. S'agissant des densités de peuplement, la comparaison entre les densités au semis et celle au stade levée a donné de forts taux de réussite qui sont de  $89,10 \pm 5,75$  pour le niébé KVX 745-11P et  $83,78 \pm 10,92$  % pour le sorgho SEPON-82. Ce taux est moins important pour le mil maïwa ( $79,62 \pm 13,52$  %). Toutes les parcelles ayant été labourées à l'aide de charrue à traction animale, c'est essentiellement la qualité des semences qui aurait prévalu à ces résultats [18]. On peut affirmer que les semences de sorgho SEPON-82 et de niébé KVX 745-11P avaient un bon pouvoir germinatif. Cependant, les relatives basses performances germinatives des semences du mil maïwa s'expliqueraient par les conditions de transport, d'entreposage et de conservation en milieu paysan. Les semences de mil maïwa sont venues du Niger par des cars de transport en commun, sans aménagement spécial, entraînant probablement des craquelures. Les semences cassées, fissurées ou écrasées sont plus vulnérables aux agents pathogènes [20]. Les résultats sur les cycles de développement des différentes variétés suggèrent qu'elles sont adaptées à l'environnement du milieu d'étude. Toutefois, une bonne adaptation aux conditions du milieu doit se traduire surtout par de bons résultats en termes de rendements et de rentabilités.

#### 4-2. Rendements grains et fourrage

En ce qui concerne les rendements, le niébé KVX 745-11P a présenté un rendement en graines de  $413 \pm 148,9$  kg/ha et en fanes de  $2664,05 \pm 1788,04$  kg/ha. Ces résultats sont en dessous des rendements potentiels de la variété qui sont de 1000 kg de grains par hectare et de 3-4 t/ha de fanes au bout de 75-80 JAS. Ceci pourrait s'expliquer par des fortes pluies qui ont occasionné souvent des inondations dans certains champs au moment de la floraison et de la formation des gousses. Il y a aussi que les fortes pluies ont occasionné des retards importants dans les opérations de sarclage. Il a été rapporté que les mauvaises herbes sont responsables de 5 % des pertes de récolte en zone tempérée et généralement de plus de 25 % en zone tropicale [21, 22]. Cependant, nos résultats sont conformes à des travaux réalisés sur des cultures de niébé KVX-11P, en milieu paysan, dans les régions du Centre-Est et du Centre-Sud du Burkina Faso [15]. Par ailleurs, une étude comparative des résultats obtenus par rapport aux rendements des cultures de variétés locales de niébé, a mis en exergue une plus-value avec la variété améliorée. En effet, pour la production en fanes, il a eu une différence très significative ( $P < 0,05$ ) en faveur de la variété KVX 745-11P sans qu'il n'ait été établi de différence significative par rapport aux variétés locales en termes de rendements graines et cosses. La compétitivité vis-à-vis des variétés locales permet aux producteurs de mieux gérer l'espace cultivable (de plus en plus rare) [15]. Les rendements obtenus avec le sorgho SEPON-82 sont en dessous des potentialités de la variété qui sont de 3 à 4 tonnes/ha de production en grains et 8 à 9 tonnes/ha de matière sèche (MS). Ils sont également en dessous des rendements de  $3,4 \pm 0,65$  t/ha et  $8,6 \pm 0,7$  t/ha respectivement en grains et en MS enregistrés à Djirataoua, au Niger [16]. Les effets nuisibles des adventices à la faveur des retards de sarclages pourraient en être une cause. Cependant, il y a eu une amélioration de plus de 15 % de MS avec la variété améliorée SEPON-82 et une bonne production en grains comparativement aux variétés locales de sorgho. Ceci apparait logique car il a été rapporté que des variables dont les variétés améliorées et le microdosage d'engrais sont des déterminants positifs dans la production du mil et du sorgho [23]. Quant au mil maïwa, bien que ces rendements soient au-dessus de ceux des cultures de variétés locales de mil, il y a une marge d'amélioration encore importante. En effet, il a été rencontré, en milieu paysan, des parcelles produisant plus de 2000 kg/ha de grains avec les variétés locales. Aussi, le mil a en général de forts rendements en biomasse (3 à 55 t MS/ha) et représente, de ce fait, une alternative intéressante aux autres plantes fourragères [24].

### 4-3. Analyse économique

Les résultats montrent que la production de grains ou de fourrages considérés individuellement n'est pas rentable. Ceci a été aussi rapporté au Niger [16]. La marge nette enregistrée avec le niébé K VX (119574 FCFA/ha) est dans la fourchette de 113474 à 151005 F CFA/ha obtenue avec des variétés améliorées de niébé cultivées en milieu paysan dans la région du Plateau Central, au Burkina Faso [25]. Cependant, une marge bénéficiaire de 730500 F CFA/ha a été obtenue avec le niébé de variété améliorée LAKADE [16]. Cette dernière source a signalé une marge nette de 339200 F CFA/ha lors d'un essai de production de sorgho SEPON-82 au Niger. Cette valeur est largement au-dessus de nos résultats (265730 F CFA/ha avec le sorgho SEPON). Cette différence dans les recettes s'expliquerait en partie par une évolution spatio-temporelle des prix des produits et sous-produits agricoles [26]. Généralement, les commerçants ont plus de poids que les producteurs et les consommateurs dans la fixation des prix. Selon les régions, ils se basent sur le prix de collecte ou celui du bétail pour fixer le prix des produits et sous-produits agricoles et ceux-ci varient en conséquence [27].

### 4-4. Perceptions paysannes des cultures expérimentées

Les choix d'adoption des cultures-tests étaient fondés sur des critères relatifs à la durée du cycle de développement des plants. Les variétés à cycle court (niébé K VX 745-11P) et intermédiaires (sorgho SEPON-82) ont recueillies les plus fortes expressions de volonté d'adoption. Elles sont bien adaptées aux zones sahéliennes et Sub-sahéliennes qui connaissent des déficits pluviométriques ou des fins précoces de pluies [24]. Outre la durée des cycles de développement, d'autres déterminants individuels, dont la taille et la couleur des grains ou le goût des plats, ont influencé les préférences d'adoption des testeurs. L'utilité globale perçue d'une innovation correspond à la somme des utilités des caractéristiques composant cette innovation [28, 29]. Ce qui a été reproché au mil maïwa, c'est surtout la longueur de son cycle de développement (120-140 jours) qui présente un risque en situation de mauvaise pluviométrie. En effet, les producteurs réalisent leur choix en fonction de leurs préférences mais aussi de leurs perceptions du risque. Une innovation, perçue comme plus risquée et ne présentant pas d'avantage relatif par rapport à la situation actuelle de l'agriculteur, ne sera pas adoptée. L'aversion au risque est un frein majeur à l'adoption d'innovations dans l'exploitation agricole [28].

## 5. Conclusion

Cette étude a été menée afin de rechercher des voies d'amélioration du disponible fourrager. Elle a consisté à évaluer la rentabilité économique et les rendements en fourrage et en grains de variétés améliorées et locales de niébé, de mil et de sorgho et d'apprécier les perceptions paysannes sur le développement des cultures à double fin. Les résultats obtenus ont montré une amélioration significative des rendements en MS avec les variétés améliorées de niébé et de mil comparativement aux variétés locales. En termes de production graines, ces deux dernières variétés améliorées ont eu respectivement des rendements approximativement égales aux variétés locales. Le sorgho SEPON-82 a présenté des rendements grains significativement plus importants et des rendements en MS meilleurs comparativement aux variétés locales de sorgho. Les analyses économiques et bromatologiques ont aussi indiqué un bon rapport qualité/prix en faveur des variétés améliorées. De ce fait, les variétés améliorées testées sont adaptées au milieu local. Elles peuvent contribuer à la production agricole et à l'amélioration du disponible fourrager sans exercer une grande pression sur le foncier.

## Références

- [1] - M. O. DIAWARA, P. HIERNAUX, E. MOUGIN, F. GANGNERON et N. SOUMAGUEL, “ Viabilité de l'élevage pastoral au Sahel : Etude de quelques paramètres démographiques des élevages de Hombori (Mali) ”, *Cahiers. Agricultures*, 26 (45006) (2017) 1 - 8, DOI: 10.1051/cagri/2017039
- [2] - N. ZAMPALIGRE, I. SAVADOGO et M. SANGARE, “Analyses des paramètres démographiques et zootechniques du cheptel bovin des élevages péri-urbains laitiers de la ville de Bobo-Dioulasso à l'Ouest du Burkina Faso”, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(1) (2019) 441 - 451
- [3] - B. NDIAYE, M. N. DIOUF, B. S. SAMBE, G. K. DAYO et M. DIOP, “ Dynamique des troupeaux de Petits ruminants sahéliens dans les exploitations rurales au Sénégal ”, *European Scientific Journal*, 15 (30) (2019) 183 - 200
- [4] - H. O. SANON, A. DRABO, M. SANGARE, T. KIENDREBEOGO et A. GOMGNIBOU, “ Caractérisation des pratiques d'embouche bovine dans l'Ouest du Burkina Faso”, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(2) (2014) 536 - 550, DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i2.13>
- [5] - B. GNANDA, M. NIGNAN, S. OUEDRAOGO, et A. WEREME N'DIAYE, O. TRAORE, B. SINON, “Influence d'une co-construction de rationnement amélioré sur les performances d'embouche ovine paysanne dans la commune rurale de Korsimoro au Burkina Faso”, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (3) (2015) 1544 - 1556, DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i3.35>
- [6] - H. O. SANON, A. ZORMA, A. SIMIAN, M. F. OBULBIGA et E. COMPAORE, “Analyse des pratiques d'embouche ovine dans deux zones semi-arides du Burkina Faso”, *Journal of Applied Biosciences*, 150 (2020) 15390 - 15402
- [7] - R. S. TENSABA, A. KIEMA, B. I. GNANDA, A. WEREME N'DIAYE, M. ZONGO et A. K. TIEMA, “Effet de l'utilisation de rations améliorées sur la rentabilité zoo-économique de l'embouche ovine paysanne en région Centre-Nord du Burkina Faso”, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(6) (2021) 2327 - 2336, DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i6.7>
- [8] - MRA (Ministère des Ressources Animales), “ Contribution de l'élevage à l'économie et à la lutte contre la pauvreté, les déterminants de son développement”, Rapport (2011) 90 p.
- [9] - MRA (Ministère des Ressources Animales), “Politique Nationale de Développement Durable de l'Elevage au Burkina Faso 2010-2025”, (2010) 54 p.
- [10] - A. KIEMA, T. G. BAMBARA et N. ZAMPALIGRE, “ Transhumance et gestion des ressources naturelles au Sahel : contraintes et perspectives face aux mutations des systèmes de productions pastorales ”, *VertigO*, 14(3) (2014) 20 - 36
- [11] - G. YAMEOGO, A. KIEMA, B. YELEMOU et L. OUEDRAOGO, “Caractéristiques des ressources fourragères herbacées des pâturages naturels du terroir de Vipalogo (Burkina Faso)”, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(5) (2013) 2078-2091. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i5.25>
- [12] - KAGONE, “ Gestion durable des écosystèmes pâturés en zone nord soudanienne du Burkina Faso ”, Thèse de Doctorat, Gembloux, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, (200) 237 p.
- [13] - N. ZAMPALIGRÉ, “The role of ligneous vegetation for livestock nutrition in the sub Sahelian and Sudanian zones of West Africa: Potential effects of climate change”, PhD thesis, University of Kassel, Germany (2012), p. 100
- [14] - A. KIEMA, I. SAWADOGO, T. OUEDRAOGO, A. J. NIANOGO, “ Stratégies d'exploitation du fourrage par les éleveurs de la zone sahélienne du Burkina Faso ”. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(4) (2012) 1492 - 1505
- [15] - 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”, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (3) (2015) 1431 - 1439. DOI: 10.4314/ijbcs.v9i3.26

- [16] - M. M. ABDOU, S. ISSA, A. DAN GOMMA, A SOW et G. J. SAWADOGO, "Estimation des rendements et de la rentabilité économique de production de trois cultures: le sorgho, le niébé et la dolique à Djirataoua (Maradi - République du Niger)", *Journal of Applied Biosciences*, 117 (2017) 11642 - 11650
- [17] - MHU (Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme), "Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la ville de Kaya", Rapport d'étude (2013) 97p.
- [18] - M. M. ABDOU, S. ISSA et N. MAMAN, " Amélioration de la disponibilité des fourrages par la diversification des systèmes de cultures à base du mil en zone agricole au Niger ", *Afrique Science* 15 (5) (2019) 328 - 339, <http://www.afriquescience.net>
- [19] - Ministère de l'Agriculture, "Catalogue national des espèces et variétés végétales", République du Niger (2012), 276 p.
- [20] - FAO, "Outils de formation pour la production des semences : Entreposage des semences", (2019), <http://www.fao.org/3/ca1495fr/CA1495FR>, Consulté le 15-10-2021
- [21] - C. BASSENE, M. S. MBAYE, A. KANE, S. DIANGAR et K. NOBA, "Flore adventice du maïs : Structure et nuisibilité des espèces", *Journal of Applied Biosciences*, 59 (2012) 4307 - 4320
- [22] - S. BELLO, A. AHANCHEDE, G. GBEHOUNOU, G. AMADJI et N. AHO, "Diversité floristique, ethnobotanique et taxonomie locale des mauvaises herbes de l'oignon au Nord-est du Bénin", *Tropicultura*, 31 (2) (2013) 143 - 152
- [23] - P. SISSOKO et P. LEBAILLY, "Les déterminants des rendements du mil et du sorgho avec la technique du microdosage d'engrais", *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 7 (2) (2019) 213 - 222
- [24] - H. MOUSSA, I. SOUMANA, M. CHAÏBOU, O. SOULEYMANE et V. KINDOMIHOU, " Potentialités fourragères du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br), Revue de littérature", *Journal of Animal and Plant Sciences*, 34 (2) (2017) 5424 - 5447
- [25] - S. OUEDRAOGO, "Impact économique des variétés améliorées du niébé sur les revenus des exploitations agricoles du plateau central du Burkina Faso", *Tropicultura*, 21 (4) (2003) 204 - 210
- [26] - B. A. BATIONO, A. KALINGANIRE et J. BAYALA, " Potentialités des ligneux dans la pratique de l'agriculture de conservation dans les zones arides et semi arides de l'Afrique de l'Ouest : Aperçu de quelques systèmes candidats ", *ICRAF Technical Manual no. 17* (2012) 112 p.
- [27] - PAM (Programme Alimentaire Mondial des Nations Unies), "Analyse globale de la vulnérabilité, de la sécurité alimentaire et de la nutrition", (2014), <http://www.wfp.org/food-security>, Consulté le 22-08-2021
- [28] - C. ROUSSY, A. RIDIER et K. CHAÏB, "Adoption d'innovations par les agriculteurs : rôle des perceptions et des préférences", *Working Paper Smart-Lereco*, 15 (03) (2015) 1 - 37
- [29] - S. ASRAT, M. YESUF, F. CARLSON et E. WALE, "Farmers's preferences for crop variety traits : Lessons for on farm conservation and technology adoption", *Ecological Economics*, 69 (12) (2010) 2394 - 2401
- [30] - C. REGNAULT-ROGER, B. J. R. PHILOGENE et C. VINCENT, "Biopesticides d'origine végétale" 2eme édition, Lavoisier, Paris, (2008) 576 p.
- [31] - A. D. MONDEDJI, B. D. KASSENEY, W. S. NYAMADOR, G. A. ABBEY, K. AMEVOIN, G.K. KETOH et I. A. GLITHO, Effets d'extrait hydroéthanolique de feuilles de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) sur *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae) et *Lipaphis erysimi* (Hemiptera : Aphididae) dans la production du chou au Sud du Togo, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10 (4) (2016a) 1666 - 1677
- [32] - B. SANE, "Efficacité biologique des extraits d'*Azadirachta indica* A. Juss, *Hyptis suaveolens* (L.) Poit et *Anacardium occidentale* Linn. dans la lutte contre *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera, Noctuidae) ravageur du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) au Sénégal", Thèse unique, Université Cheikh Anta Diop, Dakar (2021) 166p.
- [33] - M. AMICHOT and E. WAJNBERG, Side effects of *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki on the hymenopterous parasitic wasp *Trichogramma chilonis*. *Environmental Science and Pollution Research International*, (2016) 3097 - 3103