

## Impacts des pratiques culturelles sur l'organisation génétique des sorghos cultivés par les Lokpa au Nord-Ouest du Bénin révélés par les marqueurs SSRs

Antoine Abel Missihoun<sup>1, 2\*</sup>, Hubert Adoukonou-Sagbadja<sup>1</sup>, Rollande Aladé Dagba<sup>1</sup>, Corneille Ahanhanzo<sup>1</sup>, Clément Agbangla<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département de Génétique et des Biotechnologies, Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi, 01BP 526, Cotonou, Bénin.

<sup>2</sup>Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique (CBRST), 03BP 1665, Cotonou, Bénin.

\*Auteur correspondant : [missihoun\\_antoine@yahoo.fr](mailto:missihoun_antoine@yahoo.fr) ; Tél: +229-95-56-56-84 / 97-99-38-06.

Original submitted in on 22<sup>nd</sup> October 2012. Published online at [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on 31<sup>st</sup> December 2012.

### RESUME

**Objectif:** *Sorghum bicolor* (L.) Moench est une importante plante alimentaire dont la conservation et la valorisation sont d'une grande priorité pour la sécurité alimentaire des populations impliquées dans sa production. L'objectif de cette étude est d'analyser les impacts du mode de gestion traditionnelle sur la structuration génétique des sorghos cultivés afin de définir des stratégies d'une meilleure conservation de ces ressources génétiques en milieu paysan.

**Méthodologie et résultats:** Une enquête ethnobotanique a été premièrement conduite en milieu Lokpa, l'une des plus importantes ethnies productrices du sorgho au Nord-Ouest du Bénin. Dans les trois villages prospectés, 13 noms représentant 10 variétés locales ont été inventoriés. Ces variétés sont traditionnellement classées en deux groupes principaux suivant la nomenclature paysanne des sorghos: les *Talèm'la* ou sorghos de champ et les *Tiam'la* ou sorghos de case. Une analyse morpho-botanique de 11 accessions de sorgho cultivé par les Lokpa et collectées lors de l'enquête a montré l'existence de deux races: la race *guinea* et la race *caudatum*. Enfin, une étude moléculaire utilisant 8 marqueurs microsatellites (SSRs) nucléaires a révélé une variation génétique relativement importante de cette collection avec un taux de polymorphisme de 87,5%, un nombre moyen d'allèles par locus de 3,125, un pouvoir discriminant (PIC) moyen de 0,32 et une distance génétique moyenne entre accessions estimée à 0,45. Les analyses UPGMA et PCoA des données moléculaires sont concordantes avec la classification paysanne des variétés en deux groupes globalement confirmée.

**Conclusion et applications des résultats:** Ces résultats révèlent clairement un impact significatif des pratiques paysannes sur l'organisation génétique des sorghos en milieu Lokpa. Ils sont significativement importants pour la définition de stratégies pour la conservation et donc l'utilisation durable des ressources génétiques du sorgho au Bénin.

**Mots clés:** *Sorghum bicolor*, ethnobotanique, marqueurs SSRs, structure génétique, conservation *in situ*, Bénin.

## Impacts of agricultural practices on the genetic structure of the sorghum cultivated by Lokpa in the North-West of Benin as revealed by SSRs markers

### ABSTRACT

**Objective:** *Sorghum bicolor* (L.) Moench is an important crop that the conservation and valorization are of a great priority for food security of the local populations involved in its production. The objective of this study is to analyze the impacts of the mode of traditional management on the genetic structure of the sorghum for the definition of suitable on-farm conservation strategies.

**Methodology and results:** To implement the study, an ethnobotanic survey was first conducted in tribal area of Lokpa, one of the important ethnic groups in term of sorghum production and conservation. In the three villages investigated, 13 local names representing 10 landraces were inventoried. These varieties are traditionally classified into two principal groups according to farmer taxonomy: *Talèm'la* or field sorghums and *Tiam'la* or home sorghums. A morpho-botanic analysis of 11 accessions of these sorghum landraces collected during the investigation showed the existence of two races: *guinea* and *caudatum*. Lastly, a molecular study using 8 nuclear microsatellites (SSRs) markers revealed a relatively important genetic variability with a polymorphism rate of 87,5%, an average number of alleles of 3,125 per locus, an average PIC value of 0,32 and an estimated genetic distance between accessions averaging 0,45. UPGMA and PCoA analyses of molecular data are concordant with the farmer classification of the varieties into two groups globally confirmed.

**Conclusion and results' applications:** These results clearly reveal a significant impact of the farmer practices on the genetic organization of the sorghums. They are significantly important for the strategies' definition for conservation and sustainable use of sorghum genetic resources in Benin.

**Key words:** *Sorghum bicolor*, ethnobotanic, SSR markers, genetic structure, in situ conservation, Benin.

### INTRODUCTION

Le sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moench) est une importante denrée alimentaire dans les régions tropicales Semi-arides d'Afrique et d'Asie. Il fait partie des plus importantes ressources génétiques utilisées depuis des millénaires en Afrique au Sud du Sahara. Le sorgho cultivé est une espèce herbacée annuelle, diploïde ( $2n = 20$ ), appartenant à la famille des Poacées. L'inflorescence du sorgho est une panicule terminale portant de nombreuses fleurs hermaphrodites. Le sorgho est préférentiellement autogame. Pour un bon développement, le sorgho demande en moyenne 500 à 700 mm d'eau dans les conditions extrêmes (MAEP, 2008). Sur la base de la forme de l'épillet, du grain et des glumes, les sorghos cultivés sont généralement classés en cinq races botaniques de base (*guinea*, *caudatum*, *durra*, *kafir*, *bicolor*) et dix races intermédiaires regroupant les caractéristiques de deux ou plusieurs races de base (Harlan et de Wet, 1972).

Le sorgho est largement cultivé à travers le monde. Il est mieux adapté que le maïs aux climats chauds et secs et aux températures élevées (Doggett, 1988). Avec une production estimée à 55,7 millions de tonnes en 2010, le sorgho occupe la cinquième position dans la production céréalière mondiale après le maïs (*Zea mays*), le riz (*Oryza spp.*), le blé (*Triticum spp.*) et l'orge (*Hordeum spp.*) (FAOSTAT, 2012). En Afrique, sa production atteint environ 21 millions de tonnes (FAOSTAT, 2012). Au Bénin, la production du sorgho grain est estimée à 127500 tonnes en 2010. Avec cette production, le sorgho occupe le second rang dans la production céréalière du pays après le maïs (FAOSTAT, 2012). Il est plus cultivé au Nord que dans les autres parties du pays. Les rendements sont estimés en moyenne à 1,2 t/ha avec les plus faibles observés dans les régions du Sud et du Centre (MAEP, 2008 ; FAOSTAT, 2012). La plus

grande partie de la production est assurée par les groupes ethniques suivants : les Bariba, les Yom, les Peulh et les Lokpa. Le sorgho est utilisé aussi bien dans l'alimentation humaine et animale que dans les industries. Dans l'alimentation humaine, le sorgho grain est utilisé dans la préparation de divers mets traditionnels comme les pâtes locales (*Dibou ou wô, Sifanou, Fourra*), les bouillies (*Koko, Sorou, Kamanguia*) et les boissons locales (*Tchoukoutou, chakpalo*) (Kayodé *et al.*, 2005). L'agriculture béninoise avec ses énormes potentialités a pourtant du mal à garantir une sécurité alimentaire durable. Le sorgho est l'une des céréales jouant traditionnellement un rôle capital dans l'agriculture et dans l'alimentation surtout des populations locales du Nord du pays. Bien que la production ait substantiellement augmenté au cours de ces dernières décennies, un déficit céréalier de plus de 379000 tonnes a été récemment enregistré en 2010 par l'ONASA (Office Nationale de Sécurité Alimentaire). L'amélioration et la promotion des cultures traditionnelles de base comme le sorgho sont alors importantes. Au Bénin comme dans beaucoup de pays africains, la production du sorgho est basée essentiellement sur les variétés locales peu performantes mais qui possèdent des caractères de rusticité favorables à des rendements stables, donc durables. Ces variétés locales possèdent une variabilité phénotypique et une diversité génétique très importantes (Kayodé *et al.*, 2006 ; Missihoun *et al.*, 2012). Cette forte diversité génétique des variétés locales est, d'une part, le résultat des pratiques culturelles et de gestion paysanne des semences (sélection, échanges et introductions de variétés, modes de conservation et de multiplication des semences, etc.) et, d'autre part, d'une allogamie relativement élevée entre 3 et 31% (Ollitrault *et al.*, 1997). Les attributs sociologiques, culturels et les pratiques paysannes de gestion des populations locales constituent des facteurs majeurs qui influencent substantiellement le niveau de diversité, la conservation et l'utilisation des ressources génétiques des cultures (Sam *et al.*, 2006 ; Joseph & Antony, 2008). Au

Bénin, des études récentes ont fait état d'un mode de gestion particulier des variétés locales de sorgho chez les Lokpa (Missihoun *et al.*, 2012). En effet, cette ethnie distingue globalement, au sein de cette plante, deux groupes de variétés qu'elle cultive dans deux environnements strictement séparés. Les variétés dites sorgho de case, « *Tia-m'la* ; *Tia* = case ou maison » et des variétés dites sorgho de champ, « *Talè-m'la* ; *talè* = champ » (Missihoun *et al.*, 2012). Cette observation chez une plante déjà préférentiellement autogame (Ollitrault *et al.* 1997) a suscité un questionnement : la séparation spatiale de la culture de groupes de variétés de sorgho n'aurait-elle pas un impact sur la structuration génétique du fait de la séparation d'environnements de culture qui limite les flux de pollen entre groupes de variétés ? Dans ce travail, nous essayerons de répondre à ce questionnement.

Pour mieux étudier la structure de la variation génétique chez les plantes, les marqueurs moléculaires sont très utilisés (Adoukonou-Sagbadja *et al.*, 2007 ; Barnaud *et al.*, 2007 ; Barro-Kondombo *et al.*, 2010 ; Bhosale *et al.*, 2011). Divers marqueurs génétiques moléculaires à savoir les RFLPs (Restriction Fragment Length Polymorphism) (Deu *et al.*, 1994 ; Ahnert *et al.*, 1996), les RAPDs (Random Amplified Polymorphic DNA) (Ayana *et al.*, 2000 ; Uptmoor *et al.*, 2003), les AFLPs (Amplified Fragment Length Polymorphism) (Uptmoor *et al.*, 2003 ; Menz *et al.*, 2004), les ISSRs (Inter Simple Sequence Repeats) (Alhajturki *et al.*, 2011) et les SSRs (Simple sequence repeats) (Smith *et al.*, 2000 ; Uptmoor *et al.*, 2003 ; Menz *et al.*, 2004 ; Casa *et al.*, 2005 ; Folkertsma *et al.*, 2005 ; Ali *et al.*, 2007 ; Barnaud *et al.*, 2007 ; Barro-Kondombo *et al.*, 2010) sont déjà utilisés avec succès pour évaluer la variation génétique chez le sorgho. Au Bénin, les marqueurs AFLPs sont, par exemple, récemment utilisés dans l'évaluation de la diversité génétique des variétés locales de sorgho en relation avec leur qualité nutritionnelle (Kayodé *et al.*, 2006).

Chez de nombreuses plantes y compris le sorgho, les microsatellites ou *Simple Sequence Repeats* (SSRs) sont connus pour être plus efficaces dans la caractérisation génétique et les mieux indiqués pour des études de structuration de diversité génétique (Agrama et Tuinstra, 2003). En ce qui concerne leur intérêt en génétique, ils sont des marqueurs neutres, co-dominants, extrêmement polymorphes et distribués sur l'ensemble du génome (Powell *et al.*, 1996 ; Santoni *et al.*, 2000). Les marqueurs microsatellites (SSRs) sont connus pour faire une bonne discrimination entre des individus (variétés) de sorgho étroitement liées et ceci même avec seulement très peu de loci (Djè *et al.*, 1999; Smith *et al.*, 2000; Ghebru *et al.*, 2002 ; Barnaud *et al.*, 2007 ; Manzelli *et al.*, 2007). L'objectif général de la présente étude est d'analyser, sur la base des informations ethnobotaniques, les traits morphologiques et les marqueurs génétiques moléculaires SSRs, l'impact des modes de gestion paysanne des agriculteurs sur la structuration de la diversité génétique des

variétés locales de sorgho utilisées dans l'agriculture traditionnelle béninoise. L'ethnie Lokpa dans le Département de la Donga est choisie pour sa spécificité en matière de gestion traditionnelle des ressources génétiques du sorgho.

Spécifiquement, il s'agira:

- (1) de rassembler les variétés locales de sorgho cultivées dans des villages exclusivement Lokpa ;
- (2) d'identifier, sur le plan morpho-botanique, les différentes races auxquelles appartiennent ces variétés locales cultivées ;
- (3) de déterminer la variabilité et la structuration génétiques au sein de cette collection au moyen des marqueurs microsatellites nucléaires (SSRs).
- (4) d'analyser l'impact des modes de gestion paysanne des agriculteurs sur la structuration de la diversité génétique et ses implications pour la conservation.

## **MATERIEL ET METHODES**

**Zone d'étude :** L'étude a été réalisée dans le Département de la Donga situé au Nord-Ouest du Bénin (Figure 1). Ce département est situé dans la zone agro-écologique semi-aride caractérisée par une pluviométrie incertaine et irrégulière (en moyenne 1200 mm/an) avec une seule saison pluvieuse allant généralement de mai à octobre et une saison sèche couvrant la période de novembre à avril (Adam et Boko, 1993). Il appartient à la zone soudanienne entre 9° 43N et 1°41E au 9°N45 et 12°25N. C'est le domaine des sols hydromorphes, des sols drainés, des plateaux ferrugineux et des lithosols.

**Prospection, documentation et collecte des variétés du sorgho cultivé :** Une prospection avec collecte du matériel végétal a été organisée en Décembre 2010 dans trois villages Lokpa du Département de la Donga, choisis sur la base de la production du sorgho et de la distance géographique. Il s'agit des villages Sonaholou, Kim-kim et Dawaringa. L'ethnie Lokpa a été ciblée dans cette étude car elle fait partie des ethnies majeures de production du sorgho au Bénin et aussi du fait de son mode particulier de

gestion des variétés locales. Les données ethnobotaniques collectées à travers ces villages (confère Missihoun *et al.*, 2012) ont été réalisées selon les outils et techniques d'une approche de recherche participative (Adoukonou-Sagbadja *et al.*, 2006 ; Dansi *et al.*, 2010). Dans chaque village, les enquêtes individuelles ont concerné 10 à 15 paysans. Au total, les enquêtes ont porté sur un échantillon de 33 paysans dans les trois villages. Des informations diverses relatives, entre autres, aux critères de nomination, de distinction des variétés, le cycle végétatif, de même qu'aux utilisations traditionnelles, ont été recueillies. Au total, 11 accessions correspondant à 7 variétés locales cultivées en milieu Lokpa ont été assemblées pour la présente étude. Une classification raciale selon Harlan et de Wet (1972) de ce matériel a été ensuite réalisée au Laboratoire de Génétique et des Biotechnologies de l'Université d'Abomey-Calavi. Les descripteurs révisés du sorgho établis par l'IBPGR/ICRISAT (1993) ont été utilisés pour cette classification.

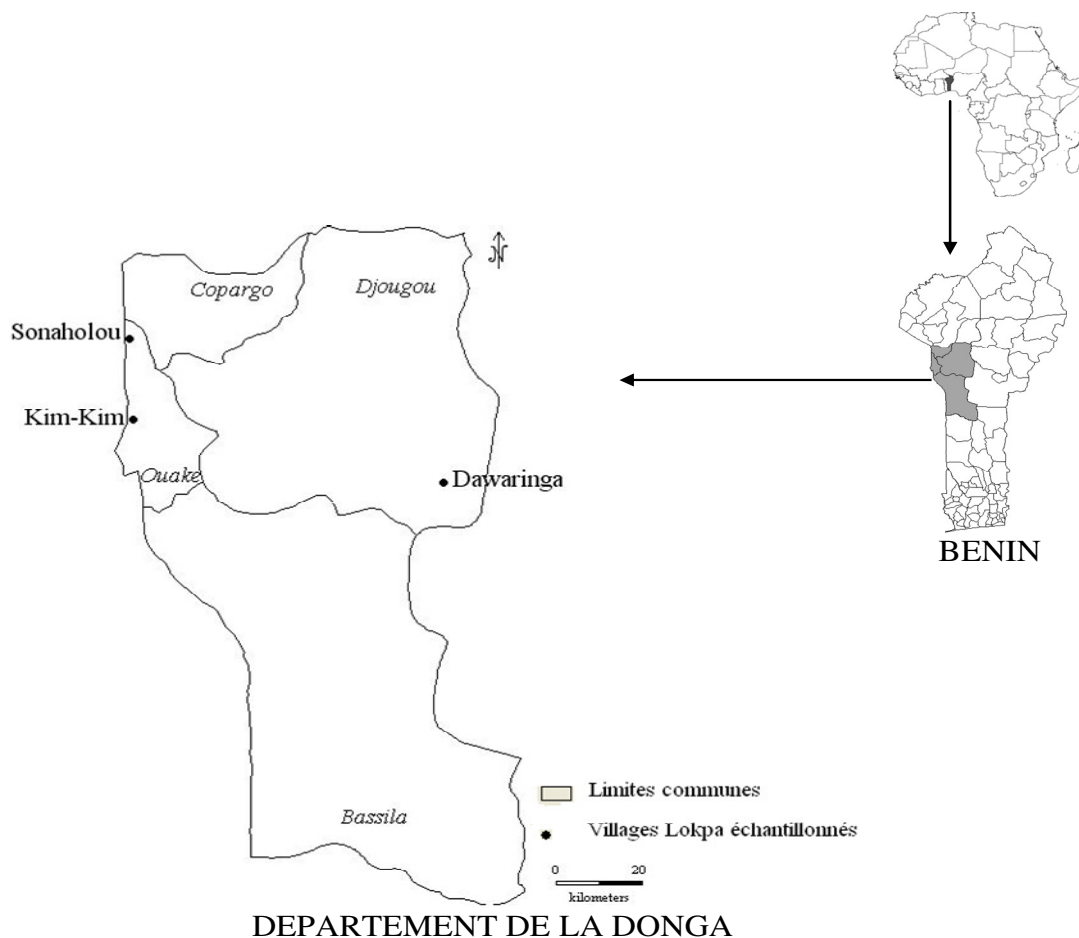


Figure 1 : Carte montrant la situation géographique des villages concernés par l'étude

**Analyse génétique moléculaire par les microsatellites nucléaires (SSRs):** L'analyse génétique par les marqueurs microsatellites nucléaires a été conduite sur les échantillons de variétés locales collectées pendant l'enquête ethnobotanique.

**Extraction de l'ADN:** L'extraction de l'ADN des échantillons a été faite selon le protocole proposé par Gawel et Jarret (1991) utilisant le MATAB (*Mixel Alkyl Triméthyl Ammonium Bromide*), modifié et adapté sur diverses spéculations tropicales par Agbangla *et al.* (2002). Ce protocole a été utilisé avec succès chez plusieurs plantes tropicales comme l'igname (*Dioscorea spp.*) (Agbangla *et al.*, 2002, Missihoun, 2009), le manioc (*Manihot esculenta*), les Ocimum (*Ocimum gratissimum*, *O. basilicum*) (Ahanhanzo *et al.*,

2009), *Solenostemon rotundifolius* (Nanema *et al.*, 2010). Environ 0,2 g de jeunes feuilles de sorgho âgées de 8 jours sont prélevées sur 5 plants puis broyées dans un mortier en porcelaine avec 2 ml du tampon Tris-EDTA Sorbitol (TES). Le broyat est versé dans un tube Eppendorf de 2 ml puis centrifugé à 10000 rpm durant 10 min à 4°C. Après centrifugation, le surnageant est éliminé. Au culot sont ajoutés 750 µl du tampon MATAB à 4% préchauffé à 65°C. L'ensemble est mis au bain-marie à 65°C pendant 1 h 30 min tout en remuant à chaque 10 min. Ensuite, 750 µl du Chloroforme/Alcool isoamylique 24 :1 est ajouté au mélange refroidi à la température ambiante et agité délicatement par retournement pendant 2 min puis centrifugé à 10000 rpm pendant 15 min à 4°C. La

phase supérieure aqueuse contenant l'ADN est récupérée dans un nouveau tube. La précipitation de la pelote d'ADN est obtenue par ajout d'un volume égal d'isopropanol très froid. Après centrifugation le surnageant est éliminé de façon délicate et la pelote purifiée à l'éthanol 70°. Ensuite la pelote est séchée et reprise dans l'eau ultra pure stérile. La qualité de l'ADN des extraits a été évaluée par électrophorèse dans un gel d'agarose à 0,8% ; coloré au Bromure d'Éthidium (BET) puis visualisé sur un transilluminateur UV. L'ADN extrait a été conservé à -20°C pour la suite des analyses.

**Amplification par la réaction en chaîne de la polymérase (PCR) :** Huit marqueurs microsatellites, révélés polymorphes chez le sorgho et publiés par Taramino *et al.* (1997), Bhatramakki *et al.* (2000), Kong *et al.* (2000) et Shehzad *et al.* (2008), ont été utilisés pour caractériser la diversité génétique des accessions collectées. Ils sont choisis au hasard et de manière à recouvrir globalement le génome. Les noms

de ces marqueurs, leurs séquences, les motifs de base, leur taille ainsi que leur localisation chromosomique sont présentés dans le Tableau 1. Des dilutions des extraits d'ADN ont été effectuées pour obtenir des concentrations de l'ordre de 10 ng/µl nécessaires pour les amplifications. Le thermocycleur utilisé pour les amplifications est de type Peltier-Effect Cycling (PTC-100™). Le cycle d'amplification comporte une pré-dénaturation à 94° C pendant 4 min suivi de 35 cycles, composés chacun d'une dénaturation à 94° C pendant 30 s, d'une hybridation à 51° C pendant 1 min et d'une élongation à 72° C pendant 1 min. Une incubation finale à 72° C pendant 8 min met fin au programme. Les produits PCR sont vérifiés sur gel d'agarose à 2 %. Une migration des amplifiats par électrophorèse a été réalisée sur un gel de polyacrylamide dénaturant à 5%. Le temps de migration est de 1 h 30 min à 2 h. Après migration, la révélation des électrophorégrammes est faite au nitrate d'argent.

**Tableau 1:** Caractéristiques des marqueurs microsatellites du sorgho utilisés

N°	Nom des marqueurs*	Séquence des amorces 5'> 3' F et R	Motifs de base	Taille (pb)	T°C Hybridation	Localisation chromosomique
1	Xtxp 149	F- AGCCTTGCATGATGTTCC R-GCTATGCTTGGTGTGGG	(CT)10	160–165	51	1
2	Xtxp 284	F-CCAGATTGGCTGATGCATACACACT R-GGGTAATTTATGCACTCCAAGGTAGGAC	(AAG)19	200–245	51	1
3	Xtxp 201	F-GCGTTTATGGAAGCAAAT R-CTCATAAGGCAGGACCAAC	(GA)36	225-265	51	2
4	Cba	F-AAAGCTCGGCGTTAGAAATA R-CGCTTAACAACCTACCATC	(TA)18	195-230	51	3a
5	Xtxp 51	F-TCTCGGACTCAAGAGCAGAGG R-GGACAGCAGCGCTTCAG	(TG)11	225-230	51	4b
6	Kaf2	F-TCGGCGAGCATCTTACA R-TACGTAGGCGGTTGGATT	(CAA)9	260–275	51	5
7	Xtxp 258	F-CACCAAGTGTGCGAACTGAA R-GCTTAGTGTGAGCGCTGACCAG	(AAC)19	180-225	51	7b
8	Xtxp 278	F-GGGTTTCAACTCTAGCCTACCGAACTTCT R-ATGCCTCATCATGGTTCGTTTTGCTT	(TTG)12	240-225	51	9a

\*Publiés par Taramino *et al.* (1997), Bhatramakki *et al.* (2000) et Kong *et al.* (2000)

**Analyse des données :** Les données de la prospection ont été analysées par les méthodes de Statistiques descriptives (fréquence, pourcentage de réponses, moyenne) pour générer des résumés, des tableaux et figures. Concernant les données génétiques moléculaires, les bandes obtenues à chaque locus sont enregistrées sous formes de

compositions alléliques. L'absence ou la présence de bande est codée respectivement 0 et 1. Les données sont enregistrées dans Excel afin de générer une matrice d'analyse. Les paramètres de diversité génétique tels que le taux de polymorphisme (P), la diversité allélique et le PIC (*Polymorphism Information Content*) qui fournit une estimation du pouvoir

discriminatoire d'un locus en tenant compte non seulement du nombre d'allèles qui s'est exprimé mais aussi de la fréquence relative de chaque allèle (Smith et al., 2000) ont été estimés. Les valeurs PIC ont été calculées selon l'algorithme:

$$PIC = 1 - \sum f_i^2$$

Avec

$f_i$ , la fréquence de chaque allèle;

le PIC varie de 0 (locus monomorphique) à

1 (hautement discriminante, avec plusieurs allèles chacun en faible et égale fréquence).

En se basant sur la matrice (0,1), des distances génétiques de Nei (1972) sont calculées entre les paires

de variétés locales. Pour accéder à la structure au sein de la collection un dendrogramme a été construit selon la méthode UPGMA (Unweighted Pair-Group Method using the Arithmetic average) suivant la procédure SAHN (Sequential Agglomerative Hierarchical Nested method) du logiciel NTSYS version 2.21f (Rohlf, 2000). En plus, pour confirmer les possibles regroupements des accessions analysées, les procédures DCENTER et EIGEN de ce logiciel sont aussi utilisées pour réaliser une Analyse en Coordonnées Principales (PCoA) en se basant sur la même matrice de distances génétiques afin de mieux apprécier la différenciation génétique entre les groupes obtenus.

## RESULTATS

**Diversité variétale et taxonomie locale chez les Lokpa :** Chez les Lokpa, le sorgho est connu sous le nom générique de *M'la* (Moula). Ils en distinguent plusieurs variétés. Au total, 13 noms vernaculaires représentant, sous réserve de synonymie, 10 variétés locales ont été dénombrées chez les paysans dans les trois villages Lokpa prospectés (Tableau 2). Parmi ces variétés, sept sont encore cultivées par les paysans enquêtés et sont alors échantillonnées au cours de la prospection. En général, les Lokpa regroupent les variétés de sorgho en deux grandes catégories: les sorghos de case cultivés aux alentours immédiats des

habitations (les *Tia-m'la*; *tia* = case ou maison) et les sorghos de champ (*Talèm'la*; *talè* = champ) cultivés dans les grands champs loin des habitations. Dans chacun des groupes, la couleur des grains, des glumes ou d'autres organes végétatifs sont utilisées pour distinguer les variétés. Ainsi distingue-t-on des *Tia m'la* rouges ou rougeâtres comme *Moussèma* et *Koussèm* et des *Tia m'la* blancs comme *Sèmoutchè* et *Kouhloumè*. Chez les *Talèm'la*, on distingue *Koulom* (sorgho à grains blancs), *Moukoulkouté* (sorgho à glumes jaunes) ou *Kpachiyan* (sorgho à gaine foliaire rouge ou sorgho colorant).

**Tableau 2 :** Diversité, classification et nomenclature des sorghos chez les Lokpa

Nom générique	Groupe variétal	Variétés	Autres noms	Significations	Quelques traits rapportés
M'la	Tiam'la (sorgho de case)	Kouhloumè	-	Sorgho blanc	Tardif (4 ou 6 mois?) à grains blancs
		Sèmoutchè	-	Sorgho blanc pur	Précoce (4 mois) à grains blancs
		Koussèm	Kousséma	-	Précoce (3-4 mois), à grains rougeâtres, populaire à cause de son usage
	Talèm'la (sorgho de champ)	Mousséma	Lisséma	Sorgho rouge pur	Précoce (3-4 mois), à grains rouges très populaire à cause de son usage
		Lélou	-	Sorgho nain	Très précoce (2,5 mois) à grains blancs
		Talèm'la	-	Sorgho de champ	Tardif (6 mois) à grains blanc-sale, très populaire
		Koulom	-	-	Tardif (6 mois) à grains blancs
Kassassahan	Moukoulkouté	Moukloukoyè	Sorgho à glume jaune	Tardif à grains blancs	
	Kpachiyan	-	Sorgho amer	Précoce à grains jaunes	
				Sorgho à gaines foliaires rouge	Précoce à grains rougeâtres

**Distribution et importance des variétés cultivées :** L'étude de la distribution des variétés de sorgho dans

les villages prospectés montre que les *Talèm'la* sont les plus représentées (100% des répondants) chez les

Lokpa (Figure 2). Tous les producteurs cultivent au moins une variété de *Talèm'la*. La large distribution de ces variétés pourrait être mise en relation avec leurs caractéristiques agronomiques (rendement en grains élevé, grosses panicules, etc.) et leur rôle très important dans l'alimentation locale. Les variétés tardives (6 mois et plus de cycle végétatif) *Talèm'la*

typique et *Koulom* sont les *Talèm'la* les plus populaires chez les Lokpa (respectivement 67% et 33% des répondants). Ces variétés sont très appréciées sur les plans culinaire et nutritif, leur farine blanche est utilisée pour la préparation de la pâte locale, de la bouillie pour bébés et pour les femmes allaitantes.

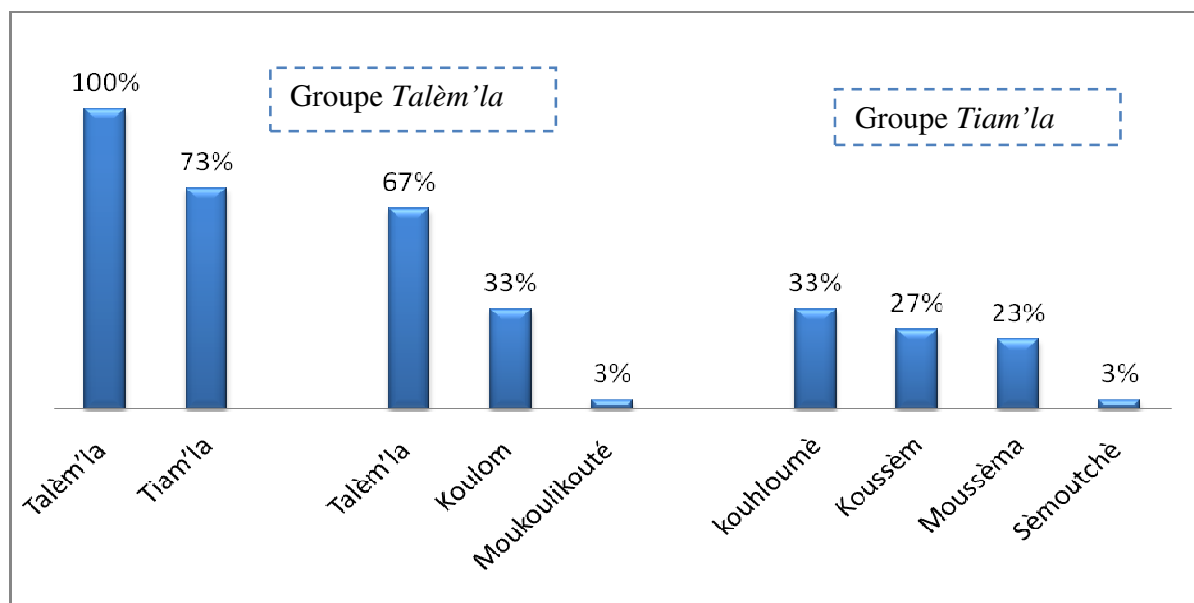


Figure 2 : Distribution des variétés de sorgho dans les villages prospectés

Les *Tiam'la* sont en général des variétés moins représentées (73% des répondants). Parmi celles-ci, les variétés *Kouhloumè*, *Koussèm* et *Moussèma* sont les plus fréquentes. Bien que moins populaires que les *Talèm'la*, les sorghos de case possèdent des caractéristiques spécifiques faisant d'elles des variétés aussi préférées par les producteurs. Par exemple, les variétés précoces (moins de 4 mois de cycle végétatif) *Koussèm* et *Moussèma*, à grains rouges, sont utilisées pour produire de la bière locale (*Tchoukoutou*). La précocité de ces variétés et leur valeur marchande élevée permettent aux producteurs de couvrir facilement certaines charges de leurs ménages (frais de scolarité, de santé, de maternité). *Sèmoutchè* et *Moukoulikouté* sont les variétés les moins représentées chez les Lokpa (3% des répondants chacune). La faible distribution de *Moukoulikouté* dépend non seulement de son faible rendement mais aussi de sa sensibilité au manque d'eau. Elle est une variété de décrue cultivée au bord des marigots et dans les bas-fonds. *Sèmoutchè* est une variété d'importance culturelle et

est surtout cultivée par les personnes âgées garant de la tradition pour la fête de la chicotte (*Kamou*) par les Lokpa. Il est à noter enfin que, parmi les variétés inventoriées, quelques unes possèdent des vertus thérapeutiques. Les variétés comme *Kpachyan*, *Koussèm* et *Moukoulikouté* sont utilisées dans la pharmacopée traditionnelle. Les grains de *Koussèm* entrent dans la préparation de potions pour guérir les maux de ventre et régulariser le cycle menstruel chez la femme alors que sa bouillie est connue pour favoriser la montée de lait chez les femmes allaitantes. Les gaines foliaires de *Kpachyan* servent à traiter l'anémie et ses grains seraient efficaces pour le traitement de l'asthme. Les variétés *Moukoulikouté* (*Moukloukouyé*) et *Kassassahan*, sont utilisées dans le traitement du paludisme.

**Classification raciale des accessions de sorgho collectées :** La classification raciale, faite sur la base de critères définis par Harlan et de Wet (1972), des 11 échantillons collectés montre la présence de deux races principales avec une forte prédominance



(90,91%) de la race *guinea* (Tableau 3). La seconde race identifiée est la race *caudatum*, représentée ici par un seul échantillon. Les races *bicolor*, *durra* et *kafir* n'ont pas été rencontrées dans les villages prospectés. La description morphologique des panicules montre

que la plupart (90,9%) des accessions collectées ont des panicules lâches, 36,4% sont à glumes brunes, 100% ont une forme de grain simple (non jumelée) dont 72,7% sont arrondis et 36,4% sont à couleur intermédiaire (rougeâtre et blanchâtre).

**Tableau 3** : Classification raciale (Harlan et de Wet, 1972) et traits caractéristiques sommaires des échantillons collectés

Noms des variétés	Races*	Couleur grain	Forme grains	Allongement des grains	Forme panicule	Couleur glume
Sémoutché (So) **	G	Blanc	Simple	Allongé	Très lâche	Marron
Moussema (So)	G	Rouge	Simple	Arrondi	Lâche	Marron
Moussema (Da)	G	Rouge	Simple	Arrondi	Lâche	Noire
Talem'la (So)	G	Rougeâtre	Simple	Arrondi	Lâche	Noire
Talem'la (k-k)	G	Rougeâtre	Simple	Allongé	Lâche	Brune
Kouhloumè (So)	G	Blanc	Simple	Arrondi	Lâche	Noire
Moukoulikouté (So)	C	Rouge-blanc	Simple	Arrondi	Compacte	Beige
Kouhloumè (k-k)	G	Blanc	Simple	Arrondi	Lâche	Brune
Koussèm (k-k)	G	Rougeâtre	Simple	Arrondi	Lâche	Brune
Koussèm (Da)	G	Rouge	Simple	Arrondi	Lâche	Marron
Koulom (Da)	G	Blanchâtre	Simple	Allongé	Lâche	Brune

\*C: *caudatum*; G: *guinea* ; \*\*Entre parenthèses, les initiales des noms de village: So=Sonaholou, Da = Dawaringa, k-k = Kim-Kim

**Polymorphisme génétique révélé par les marqueurs microsatellites** : Parmi les huit marqueurs SSRs utilisés dans notre étude, 7 se sont révélés polymorphes (Tableau 4), avec un taux de loci polymorphes estimé à 87,5%. Dans la collection analysée, le nombre d'allèles produits par locus varie de 2 comme chez Xtxp 278 ou Cba à 7 chez Xtxp 149 qui est le locus le plus polymorphe. Le nombre moyen

d'allèles par locus est estimé à 3,125 allèles. Le pouvoir discriminant de chaque paire d'amorces, estimé par la valeur du PIC (*Polymorphism Information Content*), varie entre 0,17 et 0,73 avec une moyenne de 0,32 pour l'ensemble des SSRs analysés (Tableau 4). Parmi les marqueurs polymorphes, Xtxp 284 est le plus discriminant alors que Cba, Kaf2 et Xtxp 258 sont très peu discriminants.

**Tableau 4** : Nombre d'allèles et estimation du PIC des huit marqueurs SSR utilisés

Marqueurs SSR utilisés	Nombres d'allèles	PIC
Xtxp 149	7	0,331
Xtxp 284	4	0,727
Xtxp 201	1	-
Cba	2	0,165
Xtxp 51	3	0,396
Kaf2	4	0,165
Xtxp 258	2	0,165
Xtxp 278	2	0,298
Moyenne	3,125	0,321

**Niveau de diversité et structure génétiques des variétés de sorgho des Lokpa** : Malgré la faible diversité raciale observée dans la collection, cette étude a permis de mettre en évidence une variabilité

génétique relativement importante au sein des variétés locales du sorgho cultivées par les Lokpa. Les distances génétiques estimées entre les variétés sont présentées dans le tableau 5. La plus faible distance

génétique ( $D=0$ ) est observée entre les deux accessions de *Moussema*. Par contre, la plus grande divergence génétique ( $D=0,96$ ) est observée entre les variétés *Koulom* (un *Talèm'la*) et *Sèmoutchè* (un *Tiam'la*) d'une part ou *Koulom* et *Kouhloumè* (So) (un *Tiam'la*) d'autre part. Les *Tiam'la* sont les plus diversifiées avec une moyenne de 46,8% de différences génétiques entre les variétés alors que celles-ci sont estimées à 36,3% chez les *Talèm'la*. En général, la distance génétique moyenne estimée entre toutes les accessions de sorgho est relativement élevée avec  $D=0,45$ . Sur la base de ces distances génétiques, un dendrogramme basé sur l'UPGMA est construit et présenté dans la figure 3. Au seuil de 52% de dissimilarité, les différentes accessions analysées sont organisées en deux groupes majeurs. Le groupe I, composé de trois accessions, inclut les accessions

*Kouhloumè* (So), *Sèmoutchè* (So) et *Koussèm* (k-k) et le groupe II contenant huit accessions est composé de *Moukoulkouté* (So), *Koussèm* (Da), *Kouhloumè* (k-k), *Koulom*, les 2 *Talèm'la* typiques et les 2 *Moussema*. L'analyse typologique de ce dendrogramme montre que le groupe I se compose uniquement des variétés locales de type *Tiam'la* à cycle végétatif court et le groupe II des variétés locales de type *Talèm'la* à cycle végétatif long avec quelques accessions mal classées comme *Moussema*, *Koussèm* (Da) et *Kouhloumè* (k-k). Cette classification des accessions en deux groupes majeurs est clairement confirmée par l'Analyse en Coordonnées Principales (PCoA) avec les deux premiers axes exprimant 81,3% de la variation totale (Figure 4); l'axe 1 comptant pour 65% et l'axe 2 pour 16,3% de la variation.

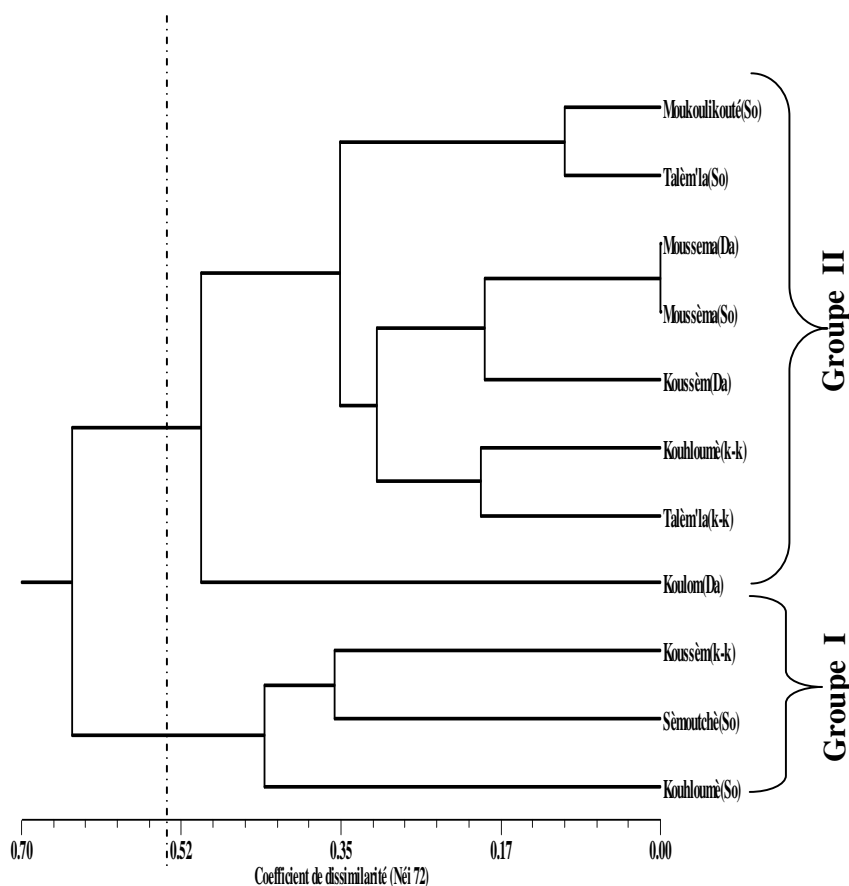


Figure 3: Dendrogramme montrant les relations génétiques entre les accessions de sorgho par analyse UPGMA méthode SAHN utilisant le coefficient de Nei (1972).

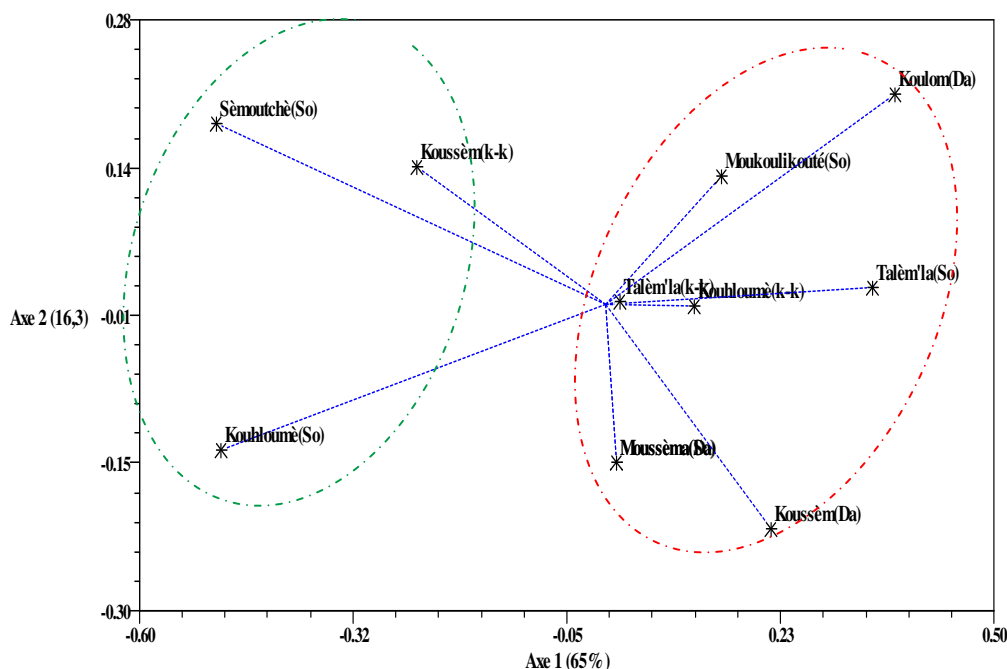


Figure 4 : Analyse en Coordonnées Principales (PCoA) des accessions de variétés locales de sorgho cultivées par les Lokpa

Tableau 5 : Distance génétique de Néi (1972) estimée entre les différentes accessions de sorgho utilisant les 25 allèles SSRs

Code	Variétés*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Moukoulkouté (So)	0,00										
2	Koussèm (k-k)	0,36	0,00									
3	Moussema (Da)	0,30	0,46	0,00								
4	Koussèm (Da)	0,40	0,60	0,19	0,00							
5	Moussèma (So)	0,30	0,46	<u>0,00</u>	0,19	0,00						
6	Kouhloumè (So)	0,70	0,36	0,46	0,80	0,46	0,00					
7	Kouhloumè (k-k)	0,22	0,51	0,30	0,40	0,30	0,70	0,00				
8	Talèm'la (So)	0,10	0,51	0,46	0,24	0,46	0,92	0,36	0,00			
9	Talèm'la (k-k)	0,31	0,45	0,26	0,34	0,26	0,45	0,20	0,45	0,00		
10	Koulom (Da)	0,40	0,74	0,51	0,63	0,51	<u>0,96</u>	0,56	0,56	0,36	0,00	
11	Sèmoutchè (So)	0,70	0,36	0,64	0,80	0,64	0,51	0,70	0,92	0,60	<u>0,96</u>	0,00

\*Entre parenthèses, les initiales des noms de village: So=Sonaholou, Da = Dawaringa, k-k = Kim-Kim

## DISCUSSION

La diversité variétale des sorghos cultivés par les Lokpa, telle observée dans cette étude, reste relativement importante comme déjà signalée dans d'autres études récentes (Kayodé *et al.*, 2006 ; Missihoun *et al.*, 2012). Certaines variétés mentionnées

mais non retrouvées lors de la prospection comme *Lissèma*, *Kassassahan* et *Kpachyan* sont signalées dans la commune de Djougou par Kayodé *et al.* (2006); leur absence ici serait certainement liée au nombre restreint de villages (3) considérés dans cette étude.

Aussi, une prospection plus large couvrant plus de villages Lokpa est-elle nécessaire pour vérifier si ces variétés sont toujours cultivées ou déjà abandonnées par l'ensemble des paysans Lokpa du département. Chez les Lokpa, le cycle végétatif renseignant sur la précocité des variétés (précoces, intermédiaires ou tardives) ne joue apparemment aucun rôle dans la taxonomie locale contrairement à ce qui a été par exemple observé sur le fonio (Adoukonou-Sagbadja *et al.*, 2006 ; Dansi *et al.*, 2010). Par contre, la taille de la plante et l'amertume des grains sont utilisées comme critères d'identification variétale. C'est le cas des variétés *Lélou* (sorgho nain) et de *Kassassahan* (sorgho amer). L'utilisation de l'apparence physique des panicules en général et la couleur des grains en particulier dans la taxonomie paysanne des sorghos est d'usage très courant et se retrouve chez la plupart des ethnies productrices de sorgho au Bénin (Kayodé *et al.*, 2006 ; Missihoun *et al.*, 2012). Elle est aussi signalée chez les *Duupa* au nord du Cameroun (Barnaud, 2007). Quant à la distribution des variétés au niveau d'une région, elle est généralement dictée par leur adaptabilité aux contraintes environnementales (Konan *et al.*, 2007) mais reste aussi intimement liée à leurs critères de préférence. Ceci a été aussi observé sur la distribution des variétés de fonio cultivées au Bénin (Dansi *et al.*, 2010). La faible diversité raciale des sorghos et surtout la prédominance de la race *guinea* comme observée ici chez les Lokpa sont déjà signalées au Burkina Faso (Barro-Kondombo *et al.*, 2008), au Ghana (Kudadjie, 2006) et semblent être un fait typique de toute la zone de l'Afrique de l'Ouest (Ollitrault, 1997). Au Bénin, les études réalisées sur l'ensemble du département de la Donga, identifient quatre races botaniques (*guinea*, *caudatum*, *durra* et *bicolor*) sur les cinq existantes et confirment toujours la prédominance de la race *guinea* (Missihoun, *in press*).

Les producteurs Lokpa reconnaissent et sélectionnent leurs différentes variétés locales sur la base de traits spécifiques comme la taille de la plante, la couleur ou l'amertume des gains. Bien que les deux accessions de *Moussèma* soient parfaitement identiques génétiquement sur la base des marqueurs microsatellites utilisés (par leur capacité de discrimination) alors qu'elles sont collectées dans deux villages géographiquement très éloignés, d'autres accessions comme celles de *Koussèm* n'appartiennent pas au même groupe et donc ne possèdent pas le même fond génétique. C'est aussi le cas des deux

accessions *Talem'la* typique qui ont été collectées dans deux villages éloignés l'un de l'autre de Ouaké. Il apparaît alors clairement que le même nom traditionnel de variété donné par le paysan ne reflète pas nécessairement une identité parfaite de génotype. Des observations similaires ont été déjà rapportées chez les mils chandelles (Buso *et al.*, 2000), le fonio (Adoukonou-Sagbadja *et al.*, 2007) et le riz (Barry *et al.*, 2007). Notons enfin que, dans cette étude, aucune différenciation génétique franche n'est visible entre *Moukoulikouté* (race *caudatum*) et les variétés de la race *guinea* comme cela a été récemment rapporté par Bhosale *et al.* (2011). Ce fait peut être dû au nombre limité de marqueurs SSRs utilisés ou à de possible flux de gènes entre les deux races inhérent à leur culture dans les mêmes zones agro-écologies depuis des millénaires. Le groupage de *Moukoulikouté* avec les *Talem'la* typique, tel que observé dans cette étude, semble être en faveur de cette dernière hypothèse.

La confirmation partielle sur le plan moléculaire du regroupement des variétés en deux groupes tels que définis par les producteurs montre clairement que les pratiques paysannes de gestion de la diversité ont un impact sur la structuration génétique des variétés locales de sorgho cultivées par les Lokpa. En effet, la culture séparée de ces variétés dans différents environnements (les *Tia* ou les *Talè*) a certainement limité les brassages génétiques et a favorisé la différenciation entre les deux groupes. La position des accessions mal classées pourrait s'expliquer par le fait que certaines d'entre elles sont reconnues par les producteurs, être cultivées parfois aux champs (cas de *Moussèma*), ce qui aurait favorisé les flux de gènes entre les deux types de sorgho. Comme il a été déjà rapporté chez d'autres plantes comme le fonio (Adoukonou-Sagbadja *et al.*, 2010), cette flexibilité des pratiques paysannes, dépendant essentiellement du bon vouloir de l'acteur principal (le paysan), joue donc un rôle important dans l'évolution génétique des sorghos.

Chez les Lokpa, le premier niveau d'organisation de la variabilité génétique des variétés locales du sorgho révélé par cette étude est le lieu de culture c'est-à-dire les *Tia* (case) et les *Talè* (champ). Cette structuration paysanne de la diversité des sorghos a été partiellement confirmée par les analyses moléculaires avec les marqueurs SSRs. Comme il a été déjà préconisé pour le riz en Guinée Maritime (Barry *et al.*, 2007), toute stratégie de conservation devrait tout

d'abord considérer ce niveau d'organisation et de gestion de la diversité génétique des sorghos. Par ailleurs, le maintien de certaines variétés, pour des raisons spécifiques ou stratégiques par les populations locales, est un autre aspect important à prendre en considération pour une conservation durable des ressources génétiques du sorgho. Par exemple, la valorisation de la fête de la chicotte (*Kamou*) est en effet un atout important pour la conservation de la variété *Sémoutché*. A l'intérieur de chaque groupe de variétés locales, la diversité génétique reste très largement distribuée aussi bien au niveau des variétés qu'au niveau des accessions. Dans le groupe des *Talèm'la* (sorgho de champ), la différence génétique moyenne estimée entre les accessions est de 36,3%. Elle est de près de 46,8% dans le groupe des *Tiam'la* (sorgho de case). Ceci serait lié à l'existence d'un flux de gènes naturels plus ou moins important entre les variétés de chaque groupe. Ces observations, dans l'ensemble, confirment les travaux de Kayodé *et al.* (2006) sur les sorghos du nord Bénin avec les marqueurs AFLPs. La conservation de toutes les combinaisons alléliques observées au cours de cette étude exigerait une approche *in situ*. Au contraire, pour une conservation *ex situ*, un grand nombre d'accessions de chaque variété devrait être prélevées

## CONCLUSION

Cette étude réalisée en milieu Lokpa a permis de mettre en évidence, à partir des connaissances endogènes et des marqueurs génétiques moléculaires, l'influence des pratiques paysannes de gestion sur l'organisation de la diversité génétique et l'évolution des sorghos au Bénin. Elle explore la taxonomie locale des sorghos cultivés chez les Lokpa et décèle, à cet effet, deux principaux groupes de variétés : les *Tiam'la* et les *Talèm'la*. Aussi, l'utilisation des marqueurs génétiques moléculaires a-t-elle révélé une variabilité

## REFERENCES

- Adam S. Boko M, 1993. Le Bénin. Les éditions du Flamboyant/EDICEF, p 96.
- Adoukonou-Sagbadja H, Dansi A, Vodouhè R, Akpagana K, 2006. Indigenous knowledge and traditional conservation of fonio millet (*Digitaria exilis* Stapf, *Digitaria iburua* Stapf) in Togo. *Biodivers. Conserv.* 15:2379-2395.
- Adoukonou-Sagbadja H, Wagner C, Dansi A, Ahlemeyer J, Dainou O, Akpagana K, Ordon

dans chaque groupe avec un accent particulier sur la complémentarité entre villages cultivant la même variété afin de couvrir la diversité génétique totale entre variétés du même groupe et aussi entre les accessions de la même variété. Notons enfin que la prospection en milieu Lokpa a montré que la culture de certaines variétés est abandonnée par les producteurs dans les trois villages enquêtés. Bien que des réserves doivent être ici émises vis-à-vis d'une éventuelle perte de diversité génétique, l'importance de cette culture traditionnelle dans l'agriculture locale impose des actions ardues pour la conservation et la valorisation de ses ressources génétiques. La connaissance du niveau et la structure de la diversité génétique d'une espèce est un atout important pour définir des stratégies pour sa conservation (Bellon *et al.*, 1997 ; Adoukonou-Sagbadja *et al.*, 2007). Il permet de choisir les entités génétiques à conserver et les unités éco-géographiques et organisations sociales (villages, groupes de villages, ethnie, etc.) sur lesquelles les initiatives de conservation doivent reposer (Adoukonou-Sagbadja *et al.*, 2006 ; Barry *et al.*, 2007). La présente étude en milieu Lokpa offre des données très utiles pour une meilleure conservation *in situ* des sorghos au Bénin.

relativement importante au sein des accessions et a globalement confirmé la classification paysanne des variétés locales en deux groupes. Ces résultats permettent de conclure que les pratiques paysannes de gestion de la diversité ont un impact sur l'organisation de la structure génétique des variétés locales de sorghos cultivées par les Lokpa. Ils sont globalement significatifs pour la définition de stratégies pour la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques du sorgho au Bénin.

- F, Friedt W, 2007. Genetic diversity and population differentiation of traditional fonio millet (*Digitaria* spp.) landraces from different agro-ecological zones of West Africa. *Theor. Appl. Genet.* 115: 917-931.
- Adoukonou-Sagbadja H, Wagner C, Ordon F, Friedt W, 2010. Reproductive system and phylogenetic relationships of fonio millets (*Digitaria* spp.,

- Poaceae) with some polyploid wild relatives. *Tropical Plant Biology* 3:240-251.
- Agbangla C, Ahanhanzo C, Tostain S, Dansi A, Dainou O, 2002. Evaluation de la diversité génétique par RAPD d'un échantillon de *Dioscorea alata* d'une région du Bénin, la sous préfecture de Savè. *J. Rech. Sci. Uni. Lomé (Togo)* 6 (1): 197-202.
- Agrama HD and Tuinstra MR, 2003. Phylogenetic diversity and relationships among sorghum accessions using SSRs and RAPDs. *Afr. Journ. of Biotechnol.* 2: 334-340.
- Ahanhanzo C, Dossoukpèvi R, Agassounon DTM, Agbangla C, Dramane K, 2009. Contribution à l'optimisation des conditions de culture *in vitro* de deux espèces d'*Ocimum spp.* (Lamiaceae) et étude de l'influence des manipulations *in vitro* sur la teneur et la qualité de acide désoxyribonucléique (ADN). *Sci. med.: Rev. CAMES* 09: 93-98.
- Ahnert D, Lee M, Austin D, Livini C, Woodman W, Openshaw S, Smith J, Porter K, Dalon G, 1996. Genetic diversity among elite sorghum inbred lines assessed with DNA markers and pedigree information. *Crop Sci.* 36:1385-1392.
- Alhajturki D, Jamali Mal, Kanbar A, 2011. Genetic Variation of Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Varieties Assessed by ISSR Markers. *Adv. Environ. Biol.* 5(11): 3504-3510.
- Ali ML, Rajewski JF, Baenziger PS, Gill KS, Eskridge KM, Dweikat L, 2007. Assessment of genetic diversity and relationship among a collection of US sweet sorghum germplasm by SSR markers. *Mol. Breed.* 9: 149-155.
- Ayana A, Bryngelsson T, Bekele E, 2000. Geographic and altitudinal allozyme variation in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) landraces from Ethiopia and Eritrea. *Hereditas* 135: 1-12.
- Barnaud A, Deu M, Garine E, McKey D, Joly HI, 2007. Local genetic diversity of sorghum in a village in northern Cameroon: structure and dynamics of landraces. *Theor Appl Genet.* 114:237- 248.
- Barro-Kondombo C, vom Brocke K, Chantereau J, Sagnard F, Zongo JD, 2008. Variabilité phénotypique des sorghos locaux de deux régions agricoles du Burkina Faso: la Boucle du Mouhoun et le Centre-Nord. *Cah. Agric.* 17:107-113.
- Barro-Kondombo C, Sagnard F, Chantereau J, Deu M, vom Brocke K, Durand P, Gozé E, Zongo JD, 2010. Genetic structure among sorghum landraces as revealed by morphological variation and microsatellite markers in three agroclimatic regions of Burkina Faso. *Theor. Appl. Genet.* 10(120):1511-1523.
- Barry MB, Pham JL, Courtois B, Billot C, Ahmadi N, 2007. Rice genetic diversity at farm and village levels and genetic structure of local varieties reveal need for *in situ* conservation. *Genet. Resour. Crop Evol.* 54:1675-1690.
- Bellon MR, Pham JL. and Jackson MT, 1997. Genetic conservation: a role for rice farmers. In: Maxted N, Ford-Loyd BV and Hawkes GJ (eds.) *Plant conservation: The in situ approach.* London: Chapman and Hall 263-289.
- Bhatramakki D, Dong J, Chhabra KA, Hart GE, 2000. An integrated SSR and RFLP linkage map of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Genome* 43: 988-1002.
- Bhosale US, Stich B, Rattunde WFH, Weltzien E, Haussmann GIB, Hash TC Melchinger EA, Parzies KH, 2011. Population structure in sorghum accessions from West Africa differing in race and maturity class. *Genetica* 139:453-463.
- Busso CS, Devos KM, Ross G, Mortimore M, Adams WM, Ambrose MJ, Alldrick S, Gale MD, 2000. Genetic diversity within and among landraces of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) under farmer management in West Africa. *Genet. Resour. Crop Evol.* 47:561-568.
- Casa A, Mitchell S, Hamblin M, Sun H, Bowers J, Paterson A, Aquadro C, Kresovich S, 2005. Diversity and selection in sorghum: simultaneous analyses using simple sequence repeats. *Theor. Appl. Genet.* 111:23-30.
- Chantereau J, Arnaud M, Ollitrault P, Nabayaogo P, Noyer JL, 1989. Étude de la diversité morpho-physiologique et classification des sorghos cultivés. *Agron. Trop.* 44 : 223-232.
- Dansi A, Adoukonou-Sagbadja H, Vodouhe R, 2010. Diversity, conservation and related wild species of Fonio millet (*Digitaria spp.*) in the northwest of Benin. *Genet. Resour. Crop Evol.* 57: 827-839.

- Deu M, Gonzalez-de-Leon D, Glaszmann J, Degremont I, Chantreau J, Lanaud C, Hamon P, 1994. RFLP diversity in cultivated sorghum in relation to racial differentiation. *Theor. Appl. Genet.* 88: 838-844.
- Djè Y, Forcioli D, Ater M, Lefèbre C, Vekemans X, 1999. Assessing population genetic structure of sorghum landraces from North-western Morocco using allozyme and microsatellite markers. *Theor. Appl. Genet.* 99:157-163.
- Djè Y, Heuertz M, Mohamed Lefèvre AC, Vekemans X, 2007. Evaluation de la diversité morphologique des variétés traditionnelles de sorgho du nord-ouest du Maroc. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 11: 39-46.
- Doggett H, 1988. *Sorghum*. 2nd edition. Longman Scientific and Technical, UK. 512 pp.
- FAOSTAT, 2012. Base de données FAO, consultée en ligne sur le site [www.faostat.org](http://www.faostat.org) le 13/12/2012.
- Folkertsma RTH, Frederick W, Rattunde S, Chandra G, Soma RHTC, 2005. The pattern of genetic diversity of Guinea-race *Sorghum bicolor* (L.) Moench landraces as revealed with SSR markers. *Theor. Appl. Genet.* 111: 399-409.
- Gawel NJ, Jarret RL, 1991. A modified CTAB in MATAB: DNA extraction procedure for Musa and Ipomoea. *Plant. Mol.* 9: 262-266.
- Ghebru B, Schmidt RJ, Bennetzen JL, 2002. Genetic diversity of Eritrean sorghum landraces assessed with simple sequence repeat (SSR) markers. *Theor. Appl. Genet.* 105: 229-236.
- Harlan JR, de Wet JMJ, 1972. A simplified classification of cultivated sorghum. *Crop Sci.* 12: 172-176.
- IBPGR/ICRISAT, 1993. Descripteurs du sorgho [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italy; International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, Inde , 38 pp.
- Joseph JK, Antony VT, 2008. Ethnobotanical investigations in the genus *Momordica* L. in the Southern Western Ghats of India. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 55: 713-721.
- Kayodé, APP, Adégbidi A, Linnemann AR, Nout MJ R, Hounhouigan DJ, 2005. Quality of farmer's varieties of sorghum and derived foods as perceived by consumers in Benin. *Ecol. Food Nutr.* 44: 271-294.
- Kayodé APP, Linnemann AR, Nout MJR, Hounhouigan JD, Stomph TJ, Smulders MJM, 2006. Diversity and food quality properties of farmers' varieties of sorghum from Benin. *J. Sci. Food Agric.* 86:1032-1039.
- Konan CK, Roy-Macauley H, Gueye MC, Otto MC, Rami JF, Cissé N et Pasquet SR, 2007. Diversité génétique des variétés traditionnelles de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] au Sénégal : étude préliminaire. *Plant Genet. Resour. News l.* 152: 33- 44.
- Kong L, Dong J, Hart GE, 2000. Characteristics, linkage-map positions, and allelic differentiation of *Sorghum bicolor* (L.) Moench DNA simple-sequence repeats (SSRs). *Theor Appl Genet.* 101:438 - 448.
- Kudadjie E, 2006. Integrating science with farmer knowledge; sorghum diversity management in northern-east Ghana. PhD. Thesis, Wageningen University, ISBN 220 pp.
- MAEP, 2008. [www.maep.gov.mg/filtcecsorgo.htm](http://www.maep.gov.mg/filtcecsorgo.htm)
- Manzelli M, Pileri L, Lacerenza N, Benedettelli S, Vecchio V, 2007. Genetic diversity assessment in Somali sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) accessions using microsatellite markers. *Biodivers. Conserv.* 16:1715-730.
- Menz M, Klein R, Unruh N, Rooney W, Klein P, Mullet J, 2004. Genetic diversity of public inbreds of sorghum determined by mapped AFLP and SSR markers. *Crop Sci.*, 44:1236-1244.
- Missihoun AA, Ahanhazo C, Agbangla C, Chaïr H, Dansi A, Akpagana K. 2009. Evaluation génétique du processus de la domestication des ignames sauvages *Dioscorea abyssinica*, dans l'Etat de Nasarawa (Nigéria) par les marqueurs microsatellites (SSR). Comparaison des ignames pré-domestiquées avec les variétés locales des ignames cultivées *Dioscorea rotundata*. *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)* 11 (1) : 31-39.
- Missihoun AA, Agbangla C, Adoukonou-Sagbadja H, Ahanhazo C, Vodouhè R. 2012. Gestion traditionnelle et statut des ressources génétiques du sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moench) au Nord-Ouest du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6: 1003-1018.
- Nei M, 1972. Genetic distance between populations. *Am. Nat.*, 106: 283-292.

- Nanema RK, Missihoun AA, Agbangla C, Ahanhanzo C, Traoré ER, Bationo/Kando P, Sawadogo M, Zongo JD. 2010. Etude de la relation phylogénétique entre trois morphotypes de *Solenostemon rotundifolius* (Poir J. K. Morton) originaires du Burkina Faso par les marqueurs microsatellites chloroplastiques (SSRcp). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4: 1922-1931.
- Ollitrault O, Noyer JL, Chantereau J, Glaszmann JC, 1997. Structure génétique et dynamique des variétés traditionnelles de sorgho au Burkina Faso. In: *Gestion des ressources génétiques des plantes en Afrique des savanes* (ed. Begic A), pp. 231-240. Solagral, Bamako, Mali.
- ONASA/DPP/MAEP Rapport Bénin, 2010. Concentration Technique sur les bilans céréaliers et alimentaires dans les pays du cilss et en Afrique de l'Ouest. ACCRA, 4-6 Novembre 2009.
- Powell W, Morgante M, Andre C, Hanafey M, Vogel J, Tingey S, Rafalski A, 1996. The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Mol Breed.* 2: 225-238.
- Rohlf FJ, 2000. NTSYS-pc numerical taxonomy and multivariate analysis system, vs 2.20e. Exeter Publication, New York, USA.
- Sam PM, Mohandas A, Shareef SM, Nair GM, 2006. Biocultural diversity of the endemic 'wild jack fruit tree' on the Malabar coast of South India. *Ethnobot. Res. Appl.* 4:25-40.
- Sambatti JBM, Martins PS, Ando A. 2001. Folk taxonomy and evolutionary dynamics of cassava: a case study in Ubatuba, Brazil. *Econ. Bot.* 55: 93-105.
- Santoni S, Faivre-Rampant P, Prado E, Prat D, 2000. Marqueurs moléculaires pour l'analyse des ressources génétiques et l'amélioration des plantes. *Cah. Agric.* 9: 311-327
- Shehzad THS, Okuizumi MKH, Okuno K, 2008. Development of SSR-based sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) diversity research set of germplasm and its evaluation by morphological. *Genet. Resour. Crop Evol.* 56: 809-827.
- Smith JSC, Kresovich S, Hopkins MS, Mitchell SE, Dean RE, Woodman WL, Lee M, Porter K, 2000. Genetic diversity among elite sorghum inbred lines assessed with Simple sequence repeats. *Crop Sci.* 40:226-232.
- Taramino G, Tarchini R, Ferrario S, Lee M, Pe ME, 1997. Characterization and mapping of simple sequence repeats (SSRs) in *Sorghum bicolor*. *Theor. Appl. Genet.* 95: 66-72.
- Uptmoor R, Wenzel W, Friedt W, Donaldson G, Ayisi K, Ordon F, 2003. Comparative analysis on the genetic relatedness of *Sorghum bicolor* accessions from Southern Africa by RAPDs, AFLPs and SSRs. *Theor Appl Genet.* 106: 1316-1325.