

Caractérisation agromorphologique des cultivars de canne à sucre (*Saccharum officinarum* Linné.) cultivées au Sud et au Centre-Bénin

Agromorphological characterization of sugar cane cultivars (*Saccharum officinarum* Linné.) grown in southern and central Benin

Adonis Owoniola Babalakoun^{1*}, Ernest Amoussou², Saliou Bello², Elie Idossou Assaba¹, Hounnankpo Yedomonhan³, Placide Cledjo², Jeanne Zoundjihekpon¹

Résumé

La situation alimentaire au Bénin reste précaire, malgré les atouts dont dispose le pays à travers sa diversité agroécologique qui lui confère une large possibilité de production des produits vivriers et de rentes tels que la canne à sucre. L'objectif de cette étude est de déterminer l'hétérogénéité phénotypique des cultivars de canne à sucre (*Saccharum officinarum* L.) cultivés au Sud et au Centre-Bénin. Les données basées sur 17 descripteurs de canne à sucre sont collectées à l'intérieur d'un dispositif en blocs randomisés à trois (3) répétitions. Une Analyse en Composantes Principales et une Classification Ascendante Hiérarchique ont permis de ranger les accessions de canne à sucre en différentes classes phénotypiques distinctes. Trois (03) groupes phénotypiques ont été identifiés. Le premier représentant 22,81% de l'ensemble est constitué des cannes à tiges noires, grosses (DT = 5,4 cm) et

Mots clés : Cultivars, variabilité génétique, phénotype, canne à sucre

Abstract

The food situation in Benin remains precarious, despite the assets available to the country through its agro-ecological diversity which gives it a large possibility of producing food and cash crops such as sugarcane. The objective of this study is to determine the phenotypic heterogeneity of sugarcane cultivars (*Saccharum officinarum* L.) grown in South and Center-Benin. Data based on 17 sugarcane descriptors are collected within a randomized block device with three (03) repetitions. A Principal Component Analysis and an Ascending Hierarchical Classification made it possible to classify the sugarcane accessions into different distinct phenotypic classes. Three (03) phenotypic groups were identified. The first, representing 22.81% of the whole, is made up of canes with black stems, large (DT = 5.4 cm) and

Keywords: Cultivars, genetic variability, phenotype, sugarcane.

avec beaucoup de nœuds (NEN = 10,8), moyennement productives (Poids = 4,9 kg). Le deuxième est caractérisé par une hauteur des plants (HP) de 6,3 m, une longueur d'entre-nœuds (LEN) de 16,5 cm. Il renferme à la fois des cannes de couleur jaune (17,54%) et verte (14,03%). Le troisième caractérisé par un fort tallage (NT = 12), une taille élevée (HP = 7,5 m) et très productif (Poids = 6,08 kg), est essentiellement constitué de 42,11% de cannes de couleur rouge au vin. L'étude a montré une importante variabilité génétique au sein des cultivars, de même que des corrélations intra et inter-phénotypiques hautement significatives ($P < 0,0001$; $\alpha = 0,05$) entre les paramètres quantitatifs et qualitatifs ; véritable atout pour une sélection variétale. Des études biochimiques et moléculaires permettront de déterminer la variabilité génétique des cultivars.

with many knots (NEN = 10.8), moderately productive (Weight = 4, 9kg). The second is characterized by a plant height (HP) of 6.3 m, an internode length (LEN) of 16.5 cm. It contains both yellow (17.54%) and green (14.03%) canes. The third, characterized by strong tillering (NT = 12), high size (HP = 7.5 m) and very productive (Weight = 6.08 kg), is essentially made up of 42.11% of canes of red color in the wine. The study showed significant genetic variability within cultivars, as well as highly significant intra- and inter-phenotypic correlations ($P < 0.0001$; $\alpha = 0.05$) between quantitative and qualitative parameters; a real asset for varietal selection. Biochemical and molecular studies will determine the genetic variability of cultivars.

¹Laboratoire de Génétique Ecologique, Département de Génétique et des Biotechnologies, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, BENIN

²Centre de Recherches Agricoles Sud de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, BP 03 Attogon, Allada, République du Bénin

³Laboratoire de Botanique et Écologie Végétale (LaBEV), Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 4521 Cotonou (Bénin)

*Correspondance : adobaba87@gmail.com

Soumis le 30 septembre 2022

Accepté pour publication le 15 décembre 2022

1. Introduction

La canne à sucre (*Saccharum officinarum* L.) est une plante tropicale herbacée à port de roseau, originaire de l'Asie du Sud-Est (Souza *et al.*, 2010). À l'échelle mondiale, les superficies occupées par les plantations de canne à sucre sont estimées à 20 millions d'hectares et sont essentiellement localisées au Brésil, en Inde, en Chine et au Pakistan (Debibakas, 2012). Ces pays qui sont les plus gros producteurs de canne à sucre, fournissent à eux seuls, les $\frac{3}{4}$ de la production mondiale de sucre.

Au Bénin, la canne à sucre est cultivée dans presque toutes les différentes zones agro-écologiques et constitue une importante source de revenus aux producteurs des zones rurales (Ekpélikpézé *et al.*, 2016a). Sa production qui occupe une superficie moyenne de 672 hectares, avec un rendement moyen de 186.396 tonnes (FAOSTAT, 2019). Elle est assurée traditionnellement en milieu paysan par les producteurs, et industriellement par la Sucrerie Complant du Bénin (SuCoBe), basée à Savè dans le département des Collines pour la production de sucre, de l'éthanol et de l'énergie électrique (MAEP, 2009). Malheureusement, cette culture est confrontée à de nombreuses contraintes d'ordre biotique et abiotique qui peuvent conduire à l'abandon et à la disparition de certains cultivars (Rott et Davis, 2000 ; Ekpélikpézé *et al.*, 2016a).

L'évaluation participative avec les producteurs des cultivars manipulés a révélé l'existence des ressemblances agro-morphologiques sur le plan de la dénomination locale et entre les cultivars performants pouvant répondre aux nouvelles conditions liées aux changements climatiques (Ekpélikpézé *et al.*, 2016b). À l'exception de quelques accessions étudiées par Ekpélikpézé *et al.* (2016b) et Gandonou *et al.* (2011), les performances agronomiques de la canne à sucre au Bénin reste peu connue. Ainsi, une caractérisation agro-morphologique des cultivars détenus par les producteurs mérite d'être faite pour révéler (i) d'une part les synonymies et les homonymies inhérentes à la taxonomie locale et (ii) d'autre part pour évaluer les performances agronomiques de ces cultivars, dont entre autres, le rendement, aux fins d'un accroissement de la production et du revenu des producteurs.

L'objectif principal de la présente étude est de déterminer l'hétérogénéité phénotypique de la canne à sucre au Sud et au Centre-Bénin. De façon spécifique, il s'est agi de :

- analyser la variabilité agro-morphologique de la canne à sucre au Sud et au Centre-Bénin ;
- identifier les variables qualitatives et quantitatives significatives qui fondent l'identification de cultivars de canne à sucre ;
- analyser les relations entre les variables quantitatives qui influencent le rendement.

Matériel et Méthodes

Milieu d'étude

La présente étude a été conduite dans trois départements du Bénin à savoir : le Mono, l'Ouémé et les Collines (Figure 1). Situé dans la région centrale du Bénin, avec une superficie de 13.931 km², le département des Collines (5) est limité au Nord par les départements de la Donga, du Borgou, au Sud par ceux du Zou et du Plateau et appartient intégralement à la zone de climat soudano-guinéen à deux (02) saisons pluvieuses et deux saisons sèches. Les sols sont de type ferrugineux tropical sur socle cristallin, ces sols sont noirs et hydromorphes. Le département regroupe essentiellement deux grands groupes ethniques majoritaires que sont les Yoruba et apparentés (46,2%) et les fon et apparentés (38,5%). Avec une superficie de 1.605 km², le département du Mono (9) quant à lui est situé au sud-ouest du Bénin et est limité au Nord par le département du Couffo, au Sud par l'Océan Atlantique, à l'Est par le département de l'Atlantique et à l'Ouest par la République du Togo, et bénéficie d'un climat de type subéquatorial avec une succession de quatre (4) saisons avec des sols de types hydromorphe, ferralitique et argilo-sableux. En dehors des Guen ou Mina, le département est majoritairement peuplé par deux groupes ethniques que sont les Adja et apparentés (69,2%), et les Fon et apparentés (27,8%). Enfin, limité au Sud par l'Océan Atlantique et le département du Littoral, au Nord par le département du Plateau, à l'Ouest par le département de l'Atlantique et à l'Est par la République Fédérale du Nigéria, le département de l'Ouémé (8) est situé au sud-est du Bénin, sur une superficie de 1.281 km², avec des sols ferralitiques, argileux-sableux et hydromorphes, et traversé par un climat de type subéquatorial à quatre saisons caractérisées par l'alternance de deux saisons des pluies et de deux saisons sèches.

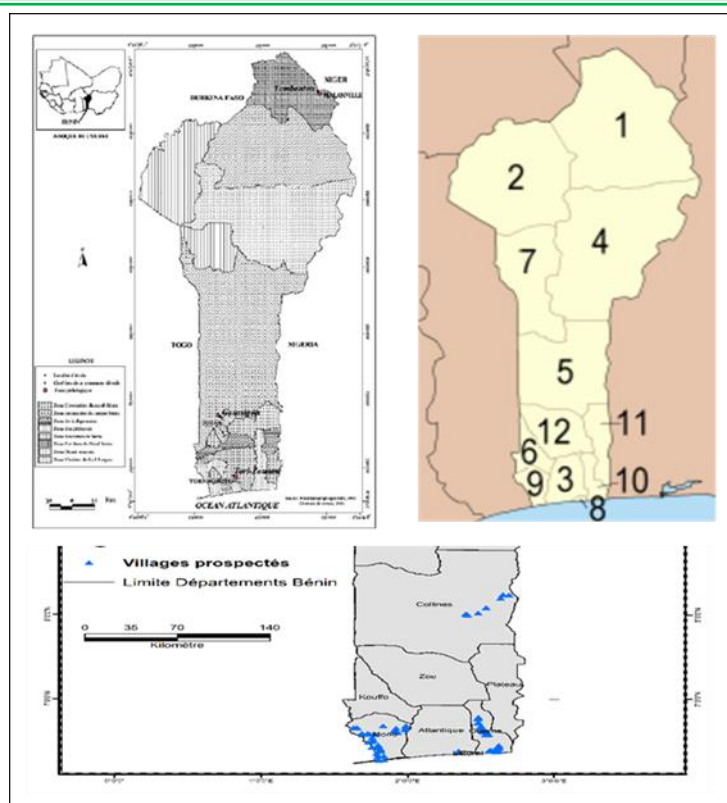


Figure 1 : Localisation géographique des villages enquêtés de la zone d'étude

Choix des villages et des producteurs enquêtés

Dans chaque département, les communes, les arrondissements et les quartiers de ville ont été choisis sur la base de la forte production en canne à sucre. Afin d'avoir un échantillon représentatif, les producteurs ont été choisis équitablement dans les différentes communes productrices de la canne à sucre de chaque département. Une fois au contact d'un producteur, la technique de boule de neige Evrard (2003) a été utilisée pour le recensement des autres producteurs. Au total, 192 producteurs de canne à sucre répartis dans 64 villages soit 27 producteurs par communes et 3 ouvriers de la Sucrierie Complant Bénin (Figure 1) ont été enquêtés.

Collecte des données

Elle s'est déroulée dans les plantations paysannes qui ont été choisies de façon raisonnée. Pour y parvenir, trois (3) producteurs ont été sélectionnés et les données ont été enregistrées directement dans les champs installés par eux-mêmes. Dans chaque plantation comprenant un cultivar distinct, cinq (5) placettes ont été mises en place suivant les diagonales, à raison d'une (01) proche de chaque sommet et d'une (1) au centre de la plantation.

Dix-neuf (19) paramètres discriminants, dont sept (7) qualitatifs et 12 quantitatifs, ont été sélectionnés parmi les descripteurs recommandés de la canne à sucre par IPGRI (1994) et utilisés par Ekpélikpézé (2016b). Toutes les données ont été recueillies à 180 jours après la plantation (JAP) Abdelmahmoud et al., (2012) à l'exception du nombre de talles prélevé à 60 jours après plantation. La liste, les méthodes de mesure et les modalités des variables sont résumées aux tableaux 1 et 2. Le matériel végétal utilisé, est constitué des cultivars collectés dans les trois (3) départements retenus

Tableau 1 : Variables qualitatives et leurs diverses modalités utilisées pour la caractérisation morphologique

Âge de la plantation	Variables qualitatives	Code	Modalités
Six (06) mois	Couleur externe de la tige	CET	Jaune (1), Vert (2), Noire (3), Rouge (4), Jaune rougeâtre (5), Vert foncé (6), Violet (7)
	Couleur feuille (Limbe)	CL	Verte (1) autres (2)

	Couleur ligule	CL	Marron (1), Vert foncé (2), Vert (3), Autres (4)
	Couleur gaine foliaire	CGF	Verte (1), Jaune (2), Rouge (3), Marron (4), Autres (5)
	Port végétatif	PV	Appréciation de l'architecture des tiges par rapport à la verticale
	Pubescence de la gaine foliaire	PL	Présent (1), absent (0)
12 mois	Floraison	Flo	Présent (1), absent (0)

Tableau 2 : Variables quantitatives et méthodes de collecte utilisées pour l'évaluation morphologique

Age de la plantation	Traits quantitatifs	Méthodes de collecte
Deux (02) mois	Nombre de talles	Compter le nombre de talles
	Largeur des feuilles (cm)	Largeur de la partie la plus large de la troisième feuille complètement ouverte à partir du sommet
	Longueur des feuilles (cm)	Distance entre l'extrémité de la feuille et la base de la troisième feuille complètement ouverte à partir du sommet
	Longueur des ligules (cm)	Mesurer en cm
Six (06) mois	Diamètre de la tige (cm)	Mesure horizontale de la tige à 1m du sol à l'aide du pied à coulisse
	Longueur des entre-nœuds (cm)	Mesurer la distance entre deux nœuds consécutifs sur la tige
	Taille des bourgeons (cm)	Distance entre la base et le sommet de bourgeons
	Nombre des entre-nœuds	Compter le nombre d'entre-nœuds sur 1m.
	Diamètre des nœuds (cm)	Mesure horizontale de la tige au niveau des nœuds
12 mois	Nombre de tige Usinable/3m	Comptage du nombre de tiges usinables
	Poids des tiges (kg)	Enlever les feuilles et peser les talles
	Hauteur de la plante (m)	Mesurer la tige de la base au sommet de la plante

Analyses statistiques

Les données quantitatives des variables (Tableau 2) collectées ont été soumises dans un premier temps, à des analyses descriptives. Ainsi, les valeurs moyennes, minimales, maximales, l'écart-type de la moyenne et le coefficient de variation (%) ont été déterminés pour l'ensemble des variables quantitatives étudiées. Ces analyses ont été faites à l'aide du logiciel XLSTAT V.2020.

Les données ont été ensuite soumises à une Analyse en Composantes Principales (ACP) et à une analyse suivant la Classification Ascendante Hiérarchisée (CAH) dans l'optique d'identifier les différents regroupements des morphotypes de canne à sucre. Le coefficient de corrélation de Pearson a été utilisé pour mesurer le degré d'associations linéaires entre deux (2) variables. Pour analyser les relations entre les cultivars étudiés sur la base des variables qualitatives, la méthode décrite par Kombo *et al.* (2012) a été utilisée, tout en considérant les cultivars comme des individus et les traits morphologiques qualitatifs comme des variables, qui sont ensuite codées par des chiffres (Tableau 1). Le calcul de fréquence a été utilisé pour analyser la variabilité des données qualitatives. Les résultats obtenus de ces différentes analyses sont présentés aux tableaux et aux figures illustrés dans les lignes qui suivent.

3. Résultats

Typologie des cultivars de canne à sucre selon la couleur de la tige et de la gaine

Les caractéristiques des morphotypes étudiés suivant la couleur de la tige, des feuilles, des ligules et des gaines foliaires sont présentées à la figure 2.



Figure 2a : Cultivar de canne à sucre à tige de couleur rouge au vin



Figure 2b : Cultivar de canne à sucre à tige de couleur noire



Figure 2c : Cultivar de canne à sucre à tige de couleur jaune ;



Figure 2d : Cultivar de canne à sucre à tige de couleur jaune rougeâtre



Figure 2e : Cultivar de canne à sucre à tige de couleur rougeâtre



Figure 2f : Cultivar de canne à sucre à tige de couleur vert foncé



Figure 2g : Cultivar de canne à sucre à tige de couleur vert clair



Figure 2h : Cultivar de canne à sucre à gaine de couleur rouge



Figure 2i : Cultivar de canne à sucre à tige de couleur marron



Figure 2j : Cultivar de canne à sucre à tige de couleur rougeâtre tachetée ;

Figure 2k : Cultivar de canne à sucre à gaine de couleur verte

Figure 2l : Cultivar de canne à sucre à tige de couleur vert foncé

Figure 2 : Diversité des couleurs de tiges et de gaines foliaires des cultivars de canne à sucre (*S. officinarum*) recensées au Sud et au Centre-Bénin

La majorité (42,11%) des cultivars présentent des tiges de couleurs rouges au vin. Les couleurs noires, jaunes et vertes sont moyennement représentés tandis que la couleur marronne est rarement fréquente (Figure 3). Quant à la couleur de ligules, trois (3) types de couleurs ont été observées à savoir le marron, le vert foncé et le vert dans les proportions respectives de 70,18% ; 14,04% ; 15,78%. La majorité des cultivars étudiés ont des gaines foliaires de couleur marron (49,12%) que les gaines de couleur rougeâtre (21,06%), vert (15,79%), et jaune (14,03%). Dans la collection, deux (2) types de couleurs de feuilles ont été observés. Il s'agit des cultivars à feuilles vertes (54,39%) et à feuilles vert foncé (45,61%).

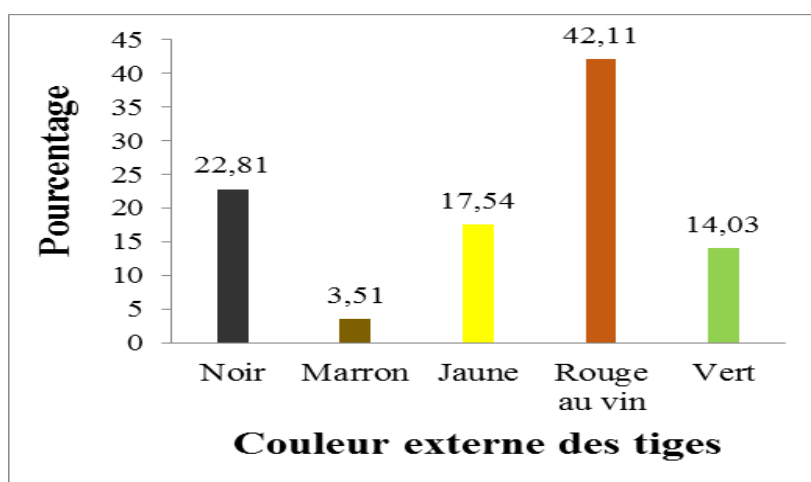


Figure 3b : Proportions de cultivars de canne à sucre recensées au Sud et au Centre-Bénin, selon la couleur externe de la tige

Corrélations des variables morphologiques étudiées

L'analyse en composante principale (ACP) a fait ressortir quatre (4) caractères (couleur externe des tiges, couleur de la feuille, couleur ligule et couleur gaine foliaire) qui sont les plus discriminants parmi les sept (7) caractères considérés. Des corrélations positives hautement significatives avec ($P < 0,05$ et $R > 0,5$) (Tableau 3) ont été observées entre plusieurs couples de variables. La plus forte corrélation positive, $r = 0,78$ est obtenue entre la couleur externe des tiges et la couleur des ligules. La couleur externe des tiges est également corrélée avec la couleur de la gaine foliaire. Il ressort donc de ces résultats que la couleur externe des tiges est induite par la couleur des gaines foliaires et des ligules. Ainsi les cannes à sucre ayant des tiges de couleur rouge au vin ont des gaines et ligules de couleur rouge au vin, celles des tiges de couleurs vertes, noires et jaunes ont respectivement des gaines et ligules de couleurs vertes, noires et jaunes.

Tableau 3 : Corrélations entre les variables morphologiques utilisées dans la caractérisation agromorphologique des accessions de canne à sucre

Variables	CET	CF	CL	CGF
CET	1			
CF	-0,01	1		
CL	0,78*	-0,2372	1	
CGF	0,50*	0,3607	0,3060	1

* : Corrélation significative au seuil $P < 0,05$; $R > 0,5$; **CET** : couleur externe de la tige ; **CF** : couleur des feuilles ; **CL** : couleur des ligules ; **CGF** : couleur de la gaine foliaire

Variabilité des caractères agronomiques

Le tableau 4 présente les résultats des analyses issues de la statistique descriptive (minimum, maximum, moyenne, écart-type et coefficient de variation) à partir des 12 variables quantitatives. Le nombre des tiges (talles), le poids des tiges, la taille des bourgeons, le diamètre des tiges, le diamètre des nœuds et le nombre d'entrenœuds ont été les caractères quantitatifs les plus dispersés avec des coefficients de variation respectifs de 17,59 % ; 14,82 % ; 14,74 % ; 13,42 % ; 11,57 % et 10,12 %. En effet, des écarts importants ont été observés entre les valeurs minimales et maximales pour les caractères comme le nombre de tiges, la longueur des feuilles, la longueur des entre-nœuds, le diamètre des tiges, le nombre d'entre-nœuds et le poids des tiges. Le nombre de tiges varie de 4 à 12 avec une moyenne de 9. La longueur des feuilles varie de 6,2 cm à 9,1 cm avec une moyenne de 7,1 cm. La longueur des entre-nœuds varie de 10 cm à 18 cm avec une moyenne de 12 cm. Les cultivars étudiés ont en moyenne 4,8 cm comme diamètre des tiges. Les cannes à sucre à tige de petit diamètre mesurent 1,9 cm et celles de grand diamètre mesurent 6,1 cm. Le nombre d'entrenœuds varie de 5 à 12 avec une moyenne de 10 entrenœuds. Le poids des tiges varie de 2,14 kg à 6,94 kg avec une moyenne de 5,08 kg.

Tableau 4 : Statistique descriptive des variables agronomiques utilisées

Variables	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart-type	CV (%)
NT (nombre de talles)	4,10	12,30	9,00	3,89	17,59
Lf (largeur de la feuille)	1,44	1,87	1,55	0,20	7,84
LF (longueur de la feuille)	6,23	9,06	7,06	1,23	9,82
LL (longueur de la ligule)	4,54	6,57	5,70	0,71	6,95
LEN (longueur de l'entrenœud)	10,83	18,09	12,67	2,02	7,23
TB (taille du bourgeon)	0,56	1,55	0,75	0,33	14,74
DT (diamètre de la tige)	1,90	6,15	4,83	1,42	13,42
NEN (nombre de l'entrenœud)	5,10	12,30	9,70	2,24	10,12
DN (Diamètre du nœud)	2,91	5,64	4,92	1,06	11,57
HP Hauteur de la plante	5,49	7,58	6,70	1,08	7,34
Poids (Poids de la tige)	2,14	6,94	5,08	1,44	14,82

Corrélations entre les variables agronomiques

Des corrélations positives et négatives hautement significatives (Tableau 5) ont été observées entre les différentes variables quantitatives étudiées. Une corrélation positive et hautement significative ($P < 0,0001$; $\alpha = 0,05$) a été observée entre plusieurs couples de variables et certaines variables sont fortement corrélées entre elles. La plus forte corrélation positive ($r = 0,82$) est obtenue d'une part entre la longueur des entrenœuds et la hauteur des plants, ce qui prouve que les plants les plus hauts ont les entrenœuds longs, et d'autre part entre le diamètre des nœuds et le diamètre des tiges montrant ainsi que la grosseur des tiges est relativement proportionnelle aux diamètres des nœuds. La plus forte corrélation négative ($r = -0,77$) associe le diamètre des nœuds et la taille des bourgeons. En outre, le diamètre des tiges et le poids des tiges sont fortement corrélés entre eux et avec le nombre d'entrenœuds, la longueur des ligules et le nombre d'entrenœuds.

Tableau 5 : Corrélations de Person entre les variables quantitatives utilisées pour la caractérisation agromorphologique des accessions de canne à sucre recensées

Variables	NT	Lf	LF	LL	LEN	TB	DT	NEN	DN	HP	Poids
NT	1.00										
Lf	-0,45	1.00									
LF	-0,48	0,60*	1.00								
LL	0,13	0,51*	0,72*	1.00							
LEN	-0,35	-0,25	-0,33	-0,63*	1.00						
TB	-0,67*	-0,05	-0,07	-0,56*	0,69*	1.00					
DT	0,29	0,39	0,40	0,53*	-0,67*	-0,77*	1.00				

NEN	0,23	0,39	0,45	0,50*	-0,64*	-0,73*	0,53*	1.00			
DN	0,43	0,33	0,41	0,67*	-0,65*	-0,75*	0,78*	0,60*	1.00		
HP	0,48	-0,62*	-0,59*	-0,14	0,82*	-0,3458	0,10	0,03	0,10	1.00	
Poids	-0,09	0,51*	0,57*	0,54*	-0,38	-0,33*	0,65*	0,59*	0,45	-0,30	1.00

* : Corrélacion significative au seuil $P < 0,05$; $R > 0,5$; **NT** : Nombre tiges ou talles ; **LL** : Longueur des ligules ; **LF** : Longueur des feuilles ; **Lf** : Largeur des feuilles ; **LEN** : Longueur des entrenœuds ; **TB** : Taille des bourgeons ; **DT** : Diamètre de la tige ; **NEN** : Nombre d'entrenœuds **DN** : Diamètre des nœuds ; **HP** : Hauteur de la plante ; **Poids** : Poids de la tige.

Regroupement des cultivars par l'Analyse en Composantes Principales (ACP) à partir des variables quantitatives

L'analyse en composantes principales (ACP) regroupe les variables en différentes composantes dont les trois (3) premières permettent d'expliquer 96,63% de la variabilité totale (Tableau 6). Le pourcentage cumulé des variances indique que les deux premières composantes sont les plus pertinentes et expliquent à elles seules 93,43% de la variabilité morphologique totale. Le premier axe (Axe1) est négativement corrélé à la longueur des entrenœuds, à la taille des bourgeons et à la hauteur des plants. Par contre ce même axe est positivement corrélé à la longueur des feuilles, la longueur des ligules, le diamètre des tiges, le nombre d'entrenœuds et le poids des tiges. Cet axe explique à lui seul 60,50% de la variabilité et regroupe environ des variables considérées. Cette première composante (Axe 1) est déterminante, car ces variables sont liées au rendement et au développement végétatif. La deuxième composante (Axe 2) décrit 32,93% de la variance totale et, est négativement corrélée à la largeur et la longueur des feuilles, la taille des bourgeons, la longueur des entrenœuds et positivement avec le nombre de talles et la hauteur des plants. L'axe 3 contribue pour 3,19% de la variance, est positivement corrélé avec le poids des plants.

Tableau 6 : Valeurs propres et corrélations des variables quantitatives aux axes générées par l'Analyse en Composantes Principales

Variables	Axe 1	Axe 2	Axe 3
NT	0,25	0,89	-0,03
Lf	0,52	-0,69	-0,11
LF	0,57	-0,69	-0,08
LL	0,85	-0,09	-0,12
LEN	-0,78	-0,19	0,32
TB	-0,78	-0,53	0,03
DT	0,90	0,13	0,12
NEN	0,87	0,06	0,17
DN	0,84	0,21	-0,16
HP	-0,07	0,87	0,17
Poids	0,69	-0,33	0,55
Valeurs propres	6,65	3,62	0,35
Pourcentages	60,49	32,93	3,19
% Cumulés	60,49	93,43	96,63

La projection des cultivars de *S. officinarum* dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (Figures 4) montre que les variables permettant de mieux expliquer la diversité des cultivars étudiés sont, dans l'ordre décroissant, le diamètre des tiges, le nombre d'entrenœuds, la hauteur des plants, le nombre de thalles et le poids des tiges. La taille des bourgeons et la longueur des entrenœuds sont par contre les variables quantitatives expliquant le moins la diversité des cultivars.

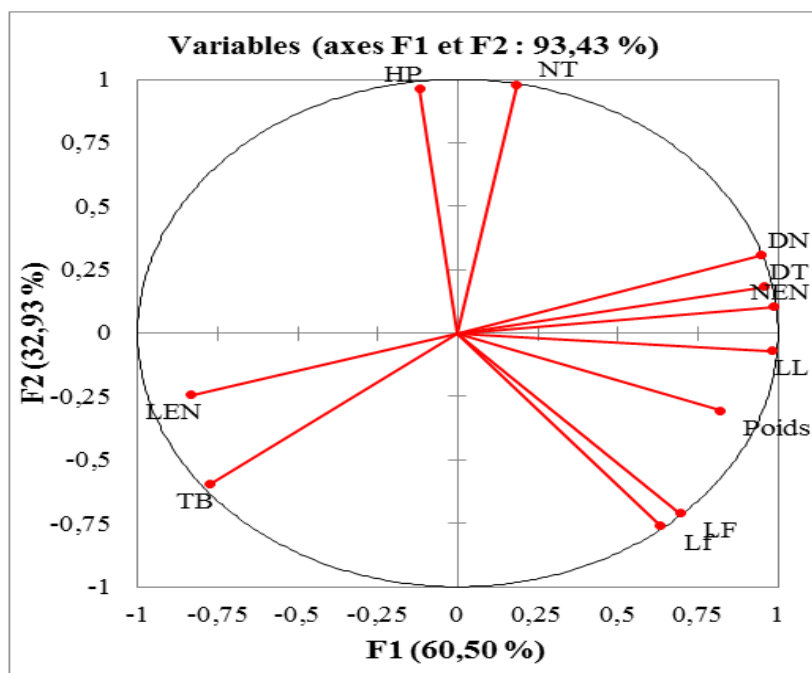


Figure 4 : Cercle de corrélations résultant de la projection des cultivars de cannes étudiées et des variables agro-morphologiques observées dans le plan factoriel 1-2 selon l'ACP.

Regroupement des cultivars par la Classification Ascendante Hiérarchisée (CAH)

La Classification Ascendante Hiérarchisée (CAH) a permis de regrouper les cultivars en trois (3) groupes (Tableau 7). Le dendrogramme issu de la combinaison des variables quantitatives discrimine les 53 cultivars en trois (3) classes (Figure 5). Les cultivars provenant de différentes zones agro-écologiques se retrouvent dans les mêmes classes. La première classe (C1) est constituée de 17 individus caractérisés par le nombre et la longueur des entrenœuds, la longueur des feuilles, la longueur des ligules, le diamètre des tiges (Figure 6). Ce sont des cannes à sucre à grosses tiges avec beaucoup de nœuds sur les tiges. Par ailleurs, en associant les caractères qualitatifs et quantitatifs, la classe C1 est majoritairement constituée des cultivars à tige noire. La deuxième classe C2 quant à elle, se distingue avec sept (07) individus qui sont caractérisés par la hauteur des plants, la longueur des entrenœuds et la taille des bourgeons. Cette classe renferme à la fois les cannes à sucre de couleurs jaunes et vertes et cela se justifie par le fait qu'à maturité les cannes de couleurs vertes tendent vers la couleur jaune. Enfin, la troisième classe C3 est la plus représentée avec vingt-neuf (29) individus. Cette classe a le plus grand nombre de cultivars. Elle est caractérisée par le nombre de thalles, des entrenœuds moyennement longs, le diamètre des tiges, le poids et la hauteur des plants. Ce sont des cannes à sucre de haute taille, les plus cultivées et très productives.

Tableau 7 : Caractéristiques des variables par classe

Classes	1	2	3
Objets	17	7	29
Somme des poids	17	7	29
Variance intra-classe	10,45	0,18	1,07
Distance minimale au barycentre	2,17	0,18	0,27

Distance moyenne au barycentre	2,94	0,38	0,76								
Distance maximale au barycentre	6,45	0,53	3,70								
Classe	NT	Lf	LF	LL	LEN	TB	DT	NEN	DN	HP	Poids
1	5,53	1,77	8,41	6,12	11,92	0,76	5,42	10,85	5,20	5,49	4,88
2	4,30	1,44	6,23	4,54	16,50	1,52	1,90	5,18	2,92	6,30	3,46
3	12,16	1,45	6,48	5,74	12,18	0,56	5,19	10,12	5,24	7,51	6,08

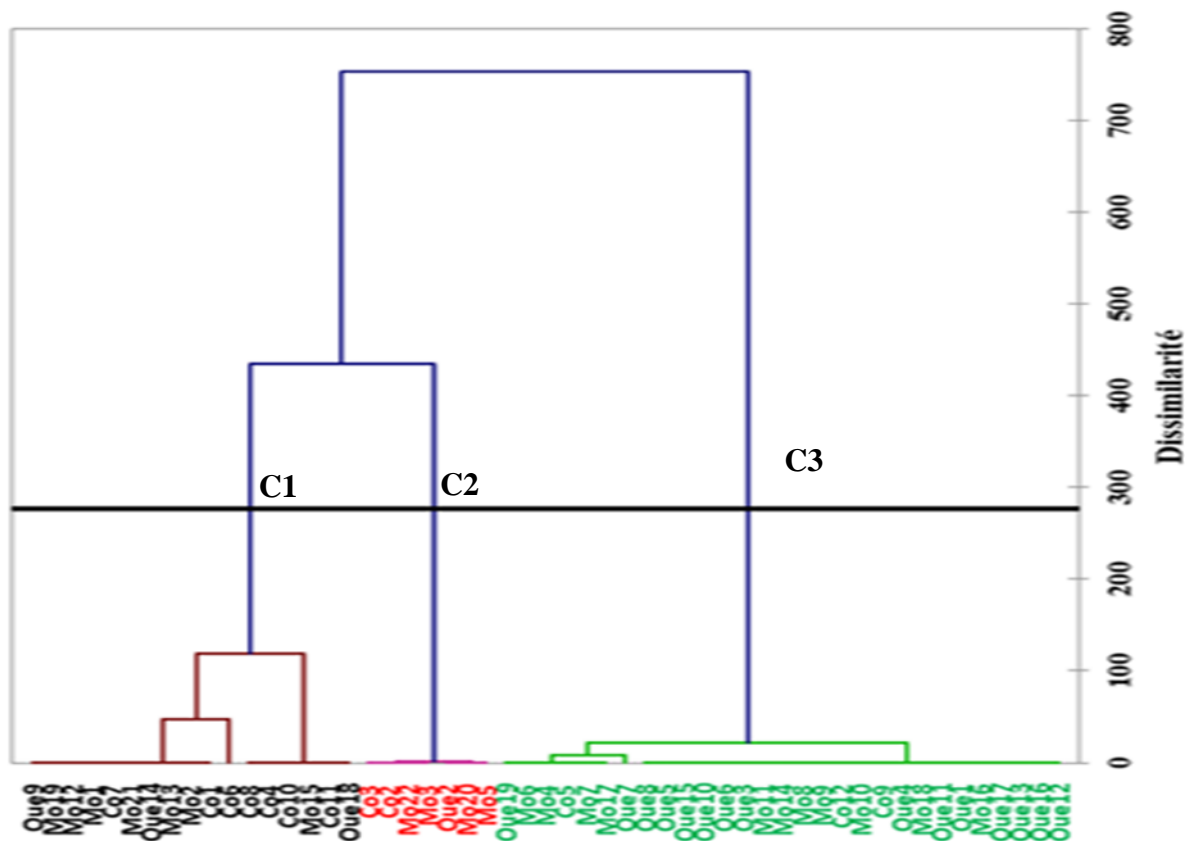


Figure 5 : Dendrogramme montrant la similarité entre les 53 cultivars de canne à sucre sur la base des descripteurs agro-morphologiques

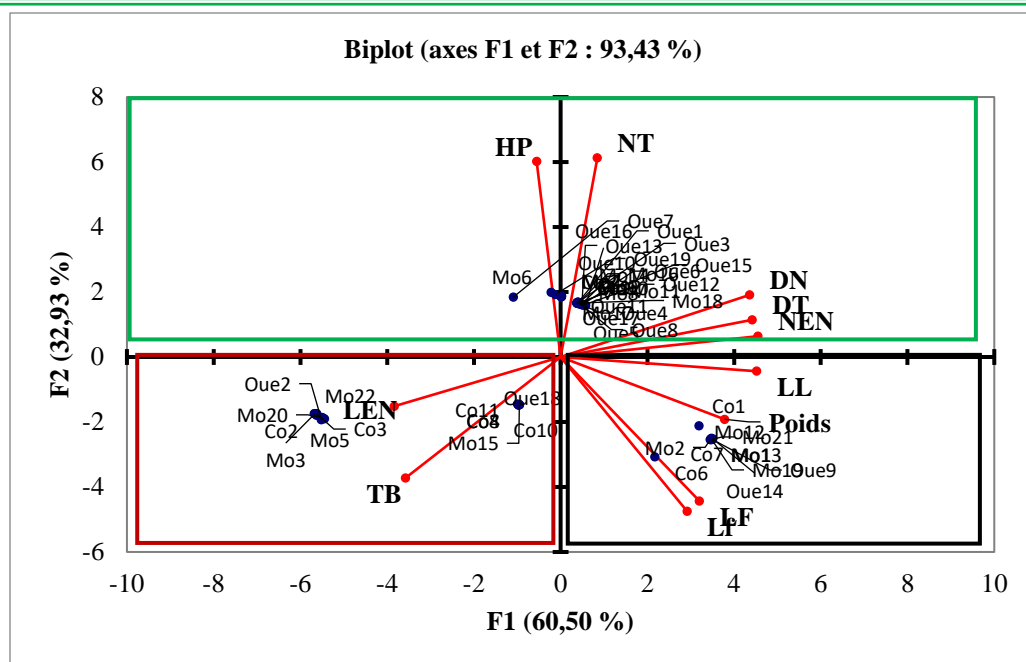


Figure 6 : Projection des accessions de la canne à sucre (*S. officinarum*) dans le plan 1-2 de l'analyse en composante principale (ACP).

4. Discussion

L'aspect morphologique constitue le premier maillon de l'identification variétale. L'étude a permis d'observer trois (3) couleurs majeures au niveau des tiges de la canne à sucre. Il s'agit des tiges de couleur rouges au vin, noires et jaunes avec les fréquences respectives de 42,11% ; 22,81% et 17,54%. Ces résultats diffèrent de ceux de Ekpélikpézé *et al.*, 2016b qui a observé la prédominance des tiges noires et un taux de 67,04% pour ces trois couleurs externes de tiges. Cette différence s'expliquerait d'une part par l'introduction et la valorisation des cannes à sucre provenant de diverses origines dans le département du Bénin et d'autre part par la taille des échantillons considérés par les deux études. En dehors de la couleur externe des tiges, une forte variabilité a été observée aussi au niveau des variables qualitatives telles que la couleur de la feuille, la couleur de la ligule et la couleur de la gaine foliaire. La couleur externe des tiges est corrélée positivement avec la couleur des ligules et la couleur de la gaine foliaire. Ce résultat s'explique par le fait que la couleur des tiges est le caractère distinctif le plus utilisé par les producteurs pour la séparation des cultivars de cannes à sucre et ceci témoigne également d'une grande diversité phénotype entre les cultivars étudiés. Car l'utilisation des traits qualitatifs a permis également de mettre en évidence la diversité phénotypique inter et intra spécifique au sein d'une collection et l'évaluation agro-morphologique de la canne à sucre (Ekpélikpézé *et al.*, 2016a) et d'autres Poaceae telles que le sorgho (Dossou-Aminon *et al.*, 2015 ; Nébié *et al.*, 2013) et le mil (Sy *et al.*, 2015).

L'analyse descriptive a permis d'enregistrer d'importants écarts entre les valeurs minimales et les valeurs maximales pour tous les caractères quantitatifs observés tels que le nombre de tiges, la longueur des feuilles, la longueur des entre-nœuds, le diamètre des tiges, le nombre d'entre-nœuds et le poids des tiges. En outre, le nombre de tiges (talles), le poids des tiges, la taille des bourgeons, le diamètre des tiges, le diamètre des nœuds et le nombre d'entrenœuds ont été dans cet ordre, les caractères quantitatifs les plus dispersés avec des coefficients de variations les plus élevées. L'importance des coefficients de variation obtenus a été soulignée également par Ekpélikpézé *et al.* (2016b). Cette constatation est en accord avec les travaux de Tadesse *et al.* (2014) réalisés à Wonji en Éthiopie. La forte dispersion du nombre de tiges obtenue a été également rapportée par des études antérieures (Béhou *et al.*, 2018 ; Zadi *et al.*, 2017). Les coefficients de variations obtenus dans le cadre de la présente étude varient de 10,12% à 17,59%, mettent en évidence la pertinence des variables phénotypiques ou génotypiques observées dans la caractérisation des cultivars étudiés. Ce résultat traduit une diversité génétique potentielle. Les valeurs ainsi obtenues sont dans les mêmes ordres de grandeur que ceux obtenus par Singh *et al.* (1994), qui ont classé les valeurs de coefficients de variation phénotypique (CVP) ou génotypique (CVG) suivant trois (3) niveaux, allant du faible, compris entre 0 et 10%, au moyen compris entre 11 à 20% et au niveau élevé, supérieur à 20%. Les niveaux de valeurs

du coefficient de variation (CV (%)) déterminées dans le cadre de la présente étude sont moyens, comparativement à ceux de ces auteurs.

L'analyse des corrélations entre les couples de variables montre que les plants les plus hauts ont des entrenœuds longs et les tiges les plus lourdes ont de gros diamètres et nœuds. Ces résultats sont similaires à ceux de Ekpélikpézé *et al.* (2016b), qui ont montré que plus la tige est grosse plus elle est lourde et possède plus d'entrenœuds, et moins grande est l'écartement des entrenœuds. Par ailleurs, le poids des tiges est corrélé positivement avec la longueur des feuilles, le diamètre des tiges, la largeur des feuilles, le nombre d'entrenœuds et la longueur des ligules. Ces variables fortement corrélées entre elles sont liées au rendement et au développement végétatif. Ces résultats sont déterminants pour les études de la génétique quantitative sur le rendement. Selon Gouy (2012), la biomasse, la hauteur des tiges, leur diamètre et le tallage expliquent mieux les études liées à la génétique quantitative de la canne à sucre. Poser (2013) a également utilisé entre autres le poids des tiges et l'installation de la surface foliaire pour évaluer la diversité génétique des cultivars et l'adaptation à divers environnements de *S. officinarum*. Contrairement aux résultats de Ekpélikpézé *et al.* (2016b) qui ont montré l'inexistence de corrélation entre certains caractères, la présente étude a mis en évidence que chaque variable est au moins corrélée à un autre caractère. Les différences observées entre ces deux (2) études pourraient s'expliquer par les facteurs environnementaux ou édaphiques qui changent au fil du temps. Les résultats de la présente étude sont conformes à ceux de Sills *et al.* (1995) qui ont montré une corrélation positive entre le tallage et les autres caractères liés au rendement. D'après Jackson (2005), les corrélations obtenues par différentes études sont parfois contradictoires.

L'ACP a montré que les cultivars provenant de différentes zones agro-écologiques se retrouvent dans les mêmes classes. Ceci prouve l'importance d'échange de cultivars entre paysans d'une même zone et la ressemblance entre les cultivars. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus sur d'autres spéculations telles que l'igname (Assaba *et al.*, 2018) et sur le sorgho (Nebié *et al.*, 2013).

L'analyse de variance réalisée à la suite de la classification ascendante hiérarchisée a permis de faire ressortir les caractéristiques de chaque classe. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Ekpélikpézé *et al.* (2016b) et Silva *et al.* (2005) qui ont observé également une variabilité au sein d'une collection de clones de *S. officinarum*. Cette variabilité observée constitue une étape importante de l'étude de la diversité génétique et permet d'envisager des éventuels croisements entre les cultivars de différents groupes (Béhou *et al.*, 2018 ; Zadi *et al.*, 2017 ; Sheela et Gopalan, 2006 ; Lahbib *et al.*, 2012). Les critères de préférence en milieu paysan étant la grosseur de tiges, la hauteur des tiges, le faible nombre de nœuds sur les tiges et la productivité, des possibilités de croisement entre les cultivars des classes C1 et C2, des classes C1 et C3 d'une part et entre les cultivars des classes C2 et C3 d'autre part, permettraient d'obtenir respectivement des cannes à grosses tiges, longs avec de peu de nœuds ; à tiges plus grosses, longues et nombreuses ; à entrenœuds plus longs, à tiges plus grosses et longues. En se basant sur les caractéristiques des classes et des possibilités de croisement obtenues, les cultivars locaux ainsi étudiés permettraient d'obtenir des hybrides à haut rendement. Ces cultivars méritent d'être améliorés avant leur valorisation. Ces résultats sont similaires à ceux de Ekpélikpézé *et al.* (2016b) sur la canne à sucre et contraires à ceux obtenus sur d'autres spéculations où des variétés performantes dites élites sont à promouvoir directement dans l'agriculture. C'est le cas du manioc (*Manihot esculenta* Crantz.) (Agré *et al.*, 2015) et du sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moench) (Dossou-Aminon *et al.*, 2015).

En associant les caractères qualitatifs et quantitatifs, certaines modalités sont dispersées dans les différentes classes pour raison de similarité entre cultivars. Le mélange de cultivars de couleurs jaunes et vertes dans la deuxième classe se justifie par le fait qu'à maturité les cannes de couleurs vertes tendent vers la couleur jaune. Ce résultat est contraire à celui de Ekpélikpézé *et al.* (2016b) qui ont obtenu quatre (4) classes distinctes en fonction des couleurs de la tige à savoir des classes essentiellement constituées des cultivars à tige noire, à tige jaune et à couleur verte. L'importante variabilité phénotypique observée pourrait être imputable à divers facteurs tels que la provenance de la semence, la sélection variétale et l'acclimatation aux nouvelles conditions agro-écologiques. Cette énorme variabilité observée pourrait être attribuée aux facteurs génétiques et/ou environnementaux. Ces résultats corroborent ceux de Gouy (2012), de Kwar *et al.* (2009), et de Pinto *et al.* (2011) qui ont montré l'importance d'un recours aux marqueurs moléculaires pour l'évaluation de la diversité génétique afin de : (i) confirmer l'évaluation agro-morphologique, (ii) évaluer l'adaptation des cultivars aux zones agro-écologiques (Poser, 2013), et (iii) promouvoir leur exploitation commerciale ou industrielle (Silva *et al.*, 2005 ; Gouy, 2012).

5. Conclusion

Une hétérogénéité phénotypique a été mise en évidence dans la collection de canne à sucre cultivée par les producteurs du Sud et Centre Bénin. Elle a été structurée en trois (3) groupes de canne à sucre significativement distincts grâce aux caractères qualitatifs et quantitatifs utilisés, en particulier ceux liés à la couleur externe des tiges, à l'architecture et au rendement. Le premier groupe est constitué des cannes à sucre à tiges noires et grosses, avec beaucoup de nœuds sur les tiges. Le deuxième groupe comporte les cannes à sucre de couleurs jaunes et noires, à grande taille et à entrenœuds longs. Le troisième groupe est caractérisé par les cannes de couleurs rouges au vin, de haute taille, de grand diamètre et très productives. L'étude des performances phénotypiques des cultivars a montré des corrélations intra et inter-phénotypique significatives au sein et entre les paramètres étudiés. Cette variabilité génétique observée entre les cultivars constitue un atout pour les travaux de sélection. La structuration en classes a permis d'identifier des morphotypes ayant des caractères complémentaires. Une étude moléculaire et biochimique permettrait donc de suivre ces différents groupes définis afin d'étudier la part des gènes dans la variation des performances phénotypiques et de production de la canne à sucre. Une étude d'adaptation des différents cultivars aux différentes zones agro-écologiques du Bénin est nécessaire afin d'évaluer la performance agronomique de chaque cultivar pour leur culture à une échelle industrielle.

Références

- Abdelmahmoud O. A., Ahmed O., 2012. Correlation Pattern among Morphological and Biochemical Traits in Relation to Tillering Capacity in Sugarcane (*Saccharum spp*). *Academic Journal of Plant Sciences*, 5(4):119-122. Doi: 10.5829/idosi.ajps.2012.5.4.1910.
- Agré A. P., Dansi A., Rabbi I. Y., Battachargee R., Dansi M., Melaku G., Augusto B., Sanni A., Akoegninou A., Akpagana K., 2015. Agro morphological Characterization of Elite Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Cultivars Collected in Benin. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*, 2(2): 1-14.
- Assaba E. I., Yolou M., Totin Vodounon S. H., Quenum A. G., Zoundjhekpou J., 2018. Caractéristiques des graines d'ignames cultivées du complexe d'espèces *Dioscorea cayenensis-Dioscorea rotundata* et évolution du taux de germination des graines. *Afrique SCIENCE*, 14(4) : 195–208.
- Béhou Y. Y. M., Péné C. B., Zézé A., Oura J-D., Ouattara Y., Boua M., 2018. Diversité Génétique des Premières Variétés de Canne à Sucre d'Origine Réunionno-Ivoirienne Présélectionnées à Ferké en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 125 : 12590-12606.
- Debibakas S., 2012. Impact de la diversité génétique du Sugarcane yellow leaf virus sur les déterminismes de résistance de la canne à sucre à la feuille jaune. Thèse de Doctorat, Université des Antilles et de la Guyane, 80 p.
- Dossou-Aminon I., Loko L. Y., Adjatin A., Ewédjè K. B., Dansi A., Rakshit S., Cissé N., Vishnu Patil J., Agbangla C., Sanni A., Akoegninou A., Akpagana K., 2015. Genetic Divergence in Northern Benin *Sorghum* (*Sorghum bicolor* L. Moench) Landraces as Revealed by Agromorphological Traits and Selection of Candidate Genotypes. *The Scientific World Journal*. Article ID 916476, <http://dx.doi.org/10.1155/2015/916476>.
- Ekpélikpézé O. S., Loko L. Y., Dansi, A., 2016a. Diversité et évaluation participative des variétés de la canne à sucre (*Saccharum officinarum*) cultivées au Bénin. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 2(2):25-36.
- Ekpélikpézé O. S., Agré P., Dossou Aminon I., Adjatin, A., Dassou A., Dansi A., 2016b. Characterization of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) cultivars of Republic of Benin. *International Journal Current Research. Biosciences and Plant Biology*. 3(5):147-156.
- FAOSTAT (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Production mondiale canne à sucre : <http://www.fao.org/faostat/fr/#data>.
- Gandonou C. B., Bada F., Abrini J., Skali-Senhaji N., 2011. Free proline, soluble sugars and soluble proteins concentration as affected by salt stress in two sugarcane (*Saccharum sp.*) cultivars differing in their salt tolerance. Available online at <http://ajol.info/index.php/ijbcs> *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(6): 2441-2453. DOI <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i6.23>
- Gouy M., 2012. Historique de l'amélioration de la canne à sucre et état de l'art des recherches en génétique d'association pour le rendement. In *Actes du Congrès sucrier*, septembre 2012, La Réunion. Paris, AFCAS/ARTAS, 300 p.
- IPGRI, 1994. *Descriptors for Sugarcane (Saccharum spp.)*. *International Plant*

- Genetic Resources Institute*, Rome, Italie. 54 p.
- Jackson P. A., 2005. Breeding for improved sugar content in sugarcane. *Field Crops Research Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR)* 92:277-290.
- Kawar P G., Devarumath R M., and Nerkar Y., 2009. Use of RAPD markers for assessment of genetic diversity in sugarcane cultivars. *Indian Journal of Biotechnology.*, 8:67-71.
- Kombo G.R., Dansi A., Loko LY., Orkwor GC., Vodouhe R., Assogba P., Magema J-M., 2012. Diversity of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars and its management in the department of Bouenza in the Republic of Congo. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(8):1789-1803.
- Lahbib K., Bnejdi F., Gazzah M., 2012. Genetic diversity evaluation of pepper (*Capsicum annum* L.) in Tunisia based on morphologic characters. *African Journal of Agricultural Research*, 7(3):3413-3417.
- MAEP, 2009. *Mise en place du Fonds National de la Gestion des Calamites Agricoles au Bénin (FNGCAB).*, 65 p.
- Nebié B., Nanema R. K., Bationo/Kando P. Traore E. R., Labeyrie V., Sawadogo N., Sawadogo M. et Zongo J-D., 2013. Variation de caractères agro-morphologiques et du Brix d'une collection de sorghos à tige sucrée du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(5): 1919-1928.
- Pinto L., Leite D., FÁjvero T., Pastina M, Garcia A, Perecin D, Gonçalves B, Creste S, Xavier M, Bidãia M., 2011. Identification of microsatellites markers associated with yield components and quality parameters. In sugarcane. *International Sugar Journal.*, 113 :140-144.
<http://producao.usp.br/handle/BDPI/19150>.
- Poser C., 2013. Influence de la température sur la phénologie de la canne la sucre : conséquences sur la phase d'implantation de la culture dans les Hauts de La Réunion. Agronomie. Université de la Réunion. <NNT : 2013LARE0030>. <tel- 01211468>.
- Rott P., et Davis M., 2000. Leaf scald. In: *A guide to sugarcane diseases*, ed. Rott P, Bailey R., Comstock J., Croft B, Saumtally A., Montpellier: CIRAD-ISSCT 339 p. ISSN 1251-7224. ISBN 2-87614-386-0. <https://books.google.bj>.
- Sheela M. S., Gopalan A., 2006. Association studies for yield and its related traits of fodder cowpea in F4 generation. *Journal of Applied Sciences Research.*, 2(9):584 – 586. <http://www.aensiweb.com/old/jasr/jasr/2006/584-586.pdf>.
- Sills G. R., Bridges W., Al-Janabi S. M., Sobral B. W. S. 1995. Genetic analysis of agronomic traits in a cross between sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) and its presumed progenitor (*S. robustum* Brandes & Jesw. ex Grassl). *Molecular Breeding.*, 1: 355-363.
- Silva C.M., Gonçalves-Vidigal M.C., Filho P.S. V., Scapim., C.A., Daros E., and Silvério L., 2005. Genetic diversity among sugarcane clones (*Saccharum* spp.) *Acta Scientiarum Agronomy*, 27: 2315-319.
- Singh R. K., Singh D. N., Singh S. K., Singh H. N., 1994. Genetic variability and correlation studies in foreign commercial hybrids of sugarcane. *Agriculture Sciences Digital., Karnat.* 103-107.
- Souza D.R.D., Stingel E., Almeida L.C.D., Munhae C.B., and Mayhe-Nunes A.J., 2010. Ant diversity in a sugarcane culture without the use of straw burning in southeast, Sao Paulo, Brazil. *American Journal of Agriculture and Biology Sciences*, 5: 183-188. Doi: 10.3844/ajabssp.2010.183.188.
- Sy O.; Fofana A., Ndiaga C., Kandiora N., Diaga D., Ibrahima N., Djibril S., Aboubacry K., Ndjido A. K., Tom H., Bettina H., et Elwegan E., 2015. Étude de la variabilité agromorphologique de la collection nationale de mils locaux du Sénégal. *Journal of Applied Biosciences*, 87: 8030-8046. Doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v87i1.1>.
- Tadesse F., Negi T., Getaneh A., Dilnesaw Z., Ayele N., Teferi Y., 2014. Genetic variability and heritability of ten exotic sugarcane genotypes at Wonji Sugar Estate of Ethiopia. *Glob. Adv. Research. Journal of Physical. and Applied Sciences.*, 3(4): pp xxx-xxx.
- Zadi M., Turquin L., Péné C. B., 2017. Évaluations agronomiques et technologiques des clones de canne à sucre (*Saccharum officinarum* L.) présélectionnés au stade ligne à Ferkessedougou, Nord Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 115 : 11502 -115

