



Variabilité des caractéristiques physiques des mangues cultivées au Tchad : caractérisation de la diversité fonctionnelle

Augustin Schinzoumka PASSANNET^{1,2}, Jean AGHOFACK-NGUEMEZI^{2*} et Donatien GATSING³

¹Département des Sciences de la Vie et la de Terre, Faculté des Sciences Techniques et Technologie, Université de Pala, BP 28 Pala, Tchad.

²Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences, Université de Dschang, BP 67 Dschang, Cameroun.

³Département de Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Dschang, BP 67 Dschang, Cameroun.

*Auteur correspondant, Email : jean.aghofack@univ-dschang.org; Tel +237 675071292

Original submitted in on 25th January 2018. Published online at www.m.elewa.org on 31st August 2018
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v128i1.6>

RESUME

Objectif : Le Tchad produit plus de 14 variétés de mangues, de caractéristiques physiques cependant peu connus. L'étude avait pour objectif de déterminer les caractères physiques de ces variétés de mangues afin de contribuer à leur vulgarisation et valorisation.

Méthodologie et résultats : Les données physiques ont été collectées sur chaque fruit de mangue dans un échantillon constitué de 15 fruits mûrs d'une variété, récoltés sur trois manguiers dans un verger. L'ensemble des fruits ont été récoltés dans 12 vergers repartis dans les quatre régions d'étude. Cette étude a montré que les variétés de mangues Davis haden, Smith, Eldon, Kent et Cœur de Bœuf cultivées au Tchad et particulièrement dans la région du Logone Occidental avaient les meilleurs paramètres physiques notamment la masse, le volume, l'indice de calibre, la masse de la pulpe et le rendement de la pulpe. Par contre les variétés locales (Bangui, Kassai et Mangotine) avaient les paramètres les plus modestes excepté la variété Maïduguri, qui est classée parmi les variétés moyennes avec José Tchad, Julie Kassawa, Keitt, Palmer et Valencia, mais toutefois avait la meilleure qualité commerciale (proportion de la pulpe : $83,26 \pm 2,36\%$). Les variétés locales avaient néanmoins une fermeté plus élevée ($2,33 \pm 0,38$ à $2,46 \pm 0,33$) par rapport aux variétés améliorées ($2,11 \pm 0,29$ à $2,39 \pm 0,23$). Toutes ces variétés de mangues étaient de forme allongée et avaient un poids spécifique proche de celui de l'eau à l'état mûr ($0,99 \pm 0,01$ à $1,12 \pm 1,02$). Chez toutes ces variétés de mangue, une corrélation positive parfaite ($r = 1$) a été trouvée entre la masse de la mangue et la masse de la pulpe.

Conclusions et applications des résultats : Il ressort de cette étude qu'il y a une importante variabilité des caractéristiques morphologiques et physiques entre les variétés et qu'ils sont milieu-dépendants. Les variétés améliorées se distinguent nettement des variétés locales par l'importance de ces paramètres. Les résultats obtenus permettraient d'apprécier les potentialités adaptatives des variétés de mangues et fourniraient des informations nécessaires aux différents acteurs de la filière mangue en vue de rationaliser le choix des variétés de mangues. Ils pourraient permettre notamment le tri des fruits mûrs des non mûrs car les fruits mûrs ont un poids spécifique proche de l'unité, donc flottable sur l'eau. Enfin, ces résultats

montrent que la variabilité des paramètres étudiés résulterait d'une diversité fonctionnelle des mangues cultivées au Tchad.

Mots clés : Variétés de mangues, caractères physiques, diversité fonctionnelle, Tchad et régions de culture

ABSTRACT

Variability of physical characteristics of mangoes cultivated in Chad: characterization of the functional diversity

Objective: Chad produces more than 14 varieties of mangoes; however, their physical characteristics are little known. The aim of the study was to determine the physical characteristics of these varieties of mangoes in order to contribute to their popularization and valorization.

Methodology and results: Physical data were collected from each mango fruit in a sample of 15 ripe fruits of one variety harvested from three mango trees in an orchard. All fruits were harvested from 12 orchards in the four study regions. This study showed that Davis haden, Smith, Eldon, Kent and Coeur de Boeuf mango varieties cultivated in Chad and particularly in the region of Logone Occidental had the best physical parameters including mass, volume, index of caliber, the mass of the pulp and the pulp yield. On the other hand, the local varieties (Bangui, Kassaï and Mangotine) had the most modest parameters except the variety Maïduguri, which is classified among the medium varieties group with José Tchad, Julie Kassawa, Keitt, Palmer and Valencia, but nevertheless possessed the best commercial quality (pulp proportion: $83.26 \pm 2.36\%$). Local varieties had higher firmness (2.33 ± 0.38 to 2.46 ± 0.33) than improved varieties (2.11 ± 0.29 to 2.39 ± 0.23). All these varieties of mangoes grown in Chad were elongated and had at ripe stage a specific weight nearly to 1 (0.99 ± 0.01 to 1.12 ± 1.02). In all these varieties of mango, a perfect positive correlation ($r = 1$) was found between the mass of the mango and the mass of the pulp.

Conclusions and applications of the results: This study showed that there is a great variability of morphological and physical characteristics between varieties and that they are milieu-dependent. The improved varieties were clearly distinguishable from local varieties by the importance of morphological and physical parameters. The results obtained would allow an appreciation of the adaptive potential of mango varieties and provide the necessary information to the various actors in the mango sector in order to rationalize the choice of mango varieties. They could in particular allow the sorting of mature and ripe fruits because the ripe fruits have a specific weight nearly to unit, therefore floatable on water. Finally, these results indicated that the variability of parameters studied could be a result of a functional diversity of mango varieties cultivated in Chad.

Keywords: Mango varieties, physical characters, functional diversity, Chad and cultivation regions

INTRODUCTION

Selon les statistiques du Groupe Intergouvernemental sur la Banane et les Fruits Tropicaux de la FAO (2011), la production de mangues par le Tchad estimée à quelques 27 600 tonnes en 2010, représente 2% de la production des pays de la CEDEAO. La mangue (*Mangifera indica* L.) joue un rôle très important dans l'alimentation des populations surtout rurales en Afrique tropicale (Vayssières *et al.*, 2008). En effet, la mangue est un fruit très nutritif riche en eau, en sels minéraux, en vitamines, en glucides et contient également des protéines, des lipides, des caroténoïdes, des polyphénols, des acides gras

oméga-3 et oméga-6 (USDA, 2010 ; Kasse, 2015). Avec plus de 14 variétés de mangues cultivées, la mangue est l'un des principaux fruits produits au Tchad. Sa récolte commence généralement en février et atteint son pic de production pendant les mois de mars, avril et mai (Passannet *et al.*, 2017). La mangue est essentiellement produite dans ce pays pour la consommation locale en frais et accessoirement sous forme séchée ou transformée. Les mangues de variété locale (Bangui, Kassaï, Maïduguri et Mangotine) produites dans presque toutes les régions du sud du Tchad représentent la majorité de la production

nationale de mangues, alors que les mangues de variété améliorée (Cœur de Bœuf, Davis haden, Eldon, Keitt, Kent, José Tchad, Julie Kassawa, Palmer, Smith et Valencia) sont essentiellement cultivées dans la région du Logone Occidental. Leurs récoltes interviennent après celles de mangues locales (Passannet et al., 2017). Certes, ce fruit génère des revenus non négligeables sur le marché national mais néanmoins son réel potentiel de production et de commercialisation n'est pas totalement exprimé. Car la filière mangue est confrontée à de nombreuses contraintes qui sont entre autres le manque d'encadrement technique, le manque de technologie post-récolte, le manque de réseau de distribution bien organisé et le fléau des mouches des fruits. De plus, il n'existe pas de données sur les caractéristiques physiques des variétés de mangues cultivées au Tchad. Or, l'utilisation de ces caractéristiques permet une bonne appréciation des potentialités

adaptatives de l'espèce et fournit aux sélectionneurs un outil simple de caractérisation de la variabilité phénotypique (El Oualidi, 1991; Khiari & Boussaid, 2000). Dans ce cas, les caractéristiques physiques peuvent être des traits de la diversité fonctionnelle qui présume la façon dont chaque plante utilise les ressources disponibles et représente une manifestation des mécanismes endogènes de la régulation souvent réciproque de l'activité des différents organes par exemple entre les feuilles et les fruits de la plante. La diversité fonctionnelle existerait ainsi aux côtés des diversités classiques notamment spécifique et génétique (Garnier & Navas, 2013). La présente étude a été réalisée dans le but de constituer une ébauche de base de données des caractéristiques physiques de mangues cultivées au Tchad afin d'appréhender leur diversité fonctionnelle et de rationaliser leur choix par les sélectionneurs, les producteurs, les grossistes et les consommateurs.

MATERIEL ET METHODES

Matériel : Le matériel végétal utilisé est constitué des fruits mûrs du manguier (*Mangifera indica* L.) issus de 14 variétés réparties dans deux catégories à savoir les variétés de mangues locales et les variétés de mangues améliorées. La catégorie de mangues locales comprend les variétés Bangui, Kassaï, Maïduguri et Mangotine. Celle de mangues améliorées est constituée de Cœur de Bœuf, Davis haden, Eldon, José Tchad, Julie Kassawa, Keitt, Kent, Palmer, Smith et Valencia. Ces fruits ont été récoltés dans quatre régions au sud du Tchad. Il s'agit des régions du Logone Occidental, du Logone Oriental, du Mandoul et du Mayo Kebbi Ouest, caractérisées par un climat de type tropical sec avec deux saisons dont une sèche (octobre-avril) et une pluvieuse (mai-septembre). Cette zone qui est recouverte des forêts claires et de savanes arbustives enregistre une pluviométrie dépassant 700 mm et pourrait atteindre 1200 à 1300 mm par an au sud (INSEED, 2005). Les températures journalières varient de 29 °C à 38 °C et le taux d'hygrométrie varie

de 32 à 72% pendant les mois d'avril, mai et juin. L'analyse des sols de différentes régions a montré que le sol de la région du Logone Occidental (R1) a les meilleurs caractéristiques donc plus favorable à l'arboriculture des manguiers par rapport aux sols d'autres régions (Tableau 1).

Méthodes

Échantillonnage : Pour caractériser les fruits de chaque variété, 15 fruits mûrs d'une variété ont été récoltés sur trois manguiers dans un verger. L'ensemble des fruits a été récolté sensiblement dans un même stade de mûrissement pendant la saison de mangues 2016 dans 12 vergers répartis dans les quatre régions d'étude. Les données physiques ont été collectées sur chaque fruit de mangue de l'échantillon.

Masse de la mangue et de ses différentes parties : Les masses de la mangue (Mm), de la pulpe fraîche (Mpu), du noyau (Mn), de la peau (Mpe) et de l'amande (Ma) ont été respectivement déterminées à l'aide d'une balance de précision 0,1g de marque WH-BO5.

Tableau 1: Principales caractéristiques des sols de différents vergers étudiés.

Régions	Vergers	Caractéristiques des sols (mg/kg sol)										
		Ca	Mg	pH H2O	pH KCl	CO (%)	MO (%)	CEC cmole(+)/Kg	P Ass	K	Na	N
R1	V1	820	330	6,9	5,7	6	11	18,8	56,98	0,19	0,5	190
	V2	800	440	6,1	4,8	5	11	16,5	38,56	0,2	0,5	110
	V3	1010	360	5,5	4,2	5	12	18,56	15,13	0,18	0,6	310
R2	V1	1080	120	6,9	5,7	4	8	9,26	22,82	0,19	0,4	180
	V2	700	290	6,8	5,8	3	6	9,56	10,83	0,18	0,3	220
	V3	580	320	6,8	5,7	5	5	16,16	54,16	0,18	0,2	200
R3	V1	700	200	6,4	4,7	5	3	12,36	13,76	0,12	0,2	150
	V2	800	400	6,6	5,1	3	6	9,39	9,48	0,13	0,1	180
	V3	780	720	6,4	5,5	3	6	11,37	47,52	0,1	0,1	220
R4	V1	680	840	6,8	5,5	3	6	10,24	25,14	0,11	0,4	270
	V2	880	780	7,2	5,7	4	6	13,36	27,63	0,13	0,7	110
	V3	740	740	7	5,8	3	6	9,36	18,79	0,11	0,6	210

R1: Région du Logone Occidentale, R2: Région du Logone Oriental, R3: Région du Mandoul et R4: Région du Mayo kebbi Ouest, V1: verger 1, V2: verger 2, V3: verger 3, CEC: Capacité d'échange cationique; CO: Carbone organique, MO: Matière organique; P Ass: Phosphore assimilable; pH H2O: pH qui correspond à l'acidité réelle du sol; pH KCl: pH théorique du sol.

Proportion en pulpe et proportion en amande d'une variété de mangue : La proportion en pulpe d'une variété de mangue a été calculée à partir de la formule utilisée par Chafi *et al.* (2015) comme suit :

$$Ppu (\%) = \frac{Mpu \times 100}{Mm}$$
 Elle permet de déterminer la qualité commerciale et industrielle d'une variété.

La proportion en amande est également obtenue comme suit :
$$Pa (\%) = \frac{Ma \times 100}{Mm}$$
 (Avec Mpu : masse de la pulpe, Mm : masse de la mangue et Ma : masse de l'amande).

Volumes des mangues, des noyaux et des amandes : Les volumes de la mangue (Vm), du noyau (Vn) et de l'amande (Va) ont été déterminés en introduisant le fruit entier, le noyau puis l'amande dans une éprouvette graduée de 1000 ml contenant de l'eau de volume connu. La différence entre le volume final (après immersion totale du fruit, du noyau ou de l'amande) et le volume initial (avant immersion) correspondait au volume de la mangue (Vm), du noyau (Vn) ou de l'amande (Va).

Masses volumiques ou poids spécifique des mangues et des noyaux : Le poids spécifique ou masse volumique de la mangue se calcule simplement en divisant la masse de la mangue par le volume de la mangue (Kushman & Pope, 1968). La masse volumique du fruit (ρ_m), la masse volumique de son noyau (ρ_n) et la masse volumique de l'amande (ρ_a) ont été déterminées par le rapport de la masse (M) sur le volume (V) selon les cas:

➤ le poids spécifique de la mangue a été obtenu comme suit :
$$\rho_m = \frac{Mm}{Vm} \text{ (g/cm}^3\text{);}$$

➤ le poids spécifique du noyau a été obtenu comme suit :
$$\rho_n = \frac{Mn}{Vn} \text{ (g/cm}^3\text{);}$$

➤ le poids spécifique de l'amande a été obtenu comme suit :
$$\rho_a = \frac{Ma}{Va} \text{ (g/cm}^3\text{).}$$

Rapport de la masse de la pulpe et de la masse du noyau : Le rapport du poids frais de la pulpe (Mpu) et du poids frais du noyau (Mn) a été obtenu par la formule suivante:
$$\frac{Mpu \times 100}{Mn}$$
. Ce rapport permet d'apprécier l'importance de la masse la pulpe ou du noyau.

Dimensions des mangues et des noyaux : La mesure des dimensions des fruits et de leurs noyaux a été faite à l'aide d'un pied à coulisse de précision 0,1 cm :

➤ Pour le fruit entier : le diamètre longitudinal (a), le diamètre latéral (b), l'épaisseur (c), l'épaisseur de la pulpe (d) et la circonférence de la mangue (Circ) ont été déterminés ;

➤ Pour le noyau : le diamètre longitudinal (a'), le diamètre latéral (b') et l'épaisseur (c') ont été déterminés.

Forme de mangues : La forme des fruits a été appréciée par l'indice de calibre (Ic) et l'indice de sphéricité (Is) selon les formules utilisées par Silou (1996) et le coefficient de forme (Cf) par la formule de Fagbohoun & Kiki (1999):

➤
$$Ic = \sqrt[3]{a.b.c} ;$$

➤
$$Is = \sqrt[3]{a.b.c} / a ;$$

➤ $Cf = \frac{a}{b}$.

Le coefficient de forme permet de classer les variétés en trois catégories de forme, notamment : $Cf < 0,8$: forme aplatie ; $Cf > 1$: forme allongée et $0,8 < Cf < 1$: forme ronde.

Fermeté de la pulpe de mangues : La mesure de la fermeté de la pulpe ou de la consistance des fruits entiers a été faite au moyen d'un pénétromètre de type GY-2 de marque SAUTER GmbH. Elle a consisté à évaluer la résistance à la pénétration de l'embout cylindrique de l'instrument à l'intérieur du fruit selon la méthode utilisée par Méhinagic *et al.* (2003). Une sonde cylindrique (diamètre : 4 mm), de type convexe,

a été utilisée pour perforer les endroits préalablement pelés de la mangue. Trois perforations ont été réalisées en trois endroits dans la zone équatoriale du fruit. La fermeté de la pulpe est généralement exprimée en kilogramme-force (kgf) ou en newtons (N) (1 kgf = 9,80665 N).

Analyses statistiques : Les données recueillies ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) en utilisant le logiciel XLSTAT 2014 de façon à détecter les différences significatives entre les moyennes. Le test de comparaison de Student-Newmann-keuls a été utilisé pour analyser la significativité des résultats à un seuil de probabilité fixé à 5%.

RESULTATS ET DISCUSSION

Masse, volume et dimensions des variétés de mangues et de leurs différentes parties : Les variétés de mangues cultivées dans les quatre régions présentent une grande variabilité des paramètres physiques. Les résultats des tableaux 2, 3, 4 et 5 indiquent que les variétés Davis haden, Smith, Eldon, Kent et Cœur de Bœuf présentaient les masses de fruit, de pulpe, de noyau, d'amande, de peau, l'épaisseur du fruit, la circonférence et les volumes significativement plus élevés par rapport aux variétés Bangui, Kassai et Mangotine qui avaient eux des paramètres plus modestes. Cependant, les variétés José Tchad, Julie Kassawa, Keitt, Maïduguri, Palmer et Valencia avaient des paramètres moyens. Ces résultats s'expliqueraient par la relation source-puits et ses conséquences sur la croissance et la composition du fruit. En effet, la force de source correspond à la vitesse de production des assimilats d'un organe résultant à la fois de son activité photosynthétique et de sa taille. La force puits est le flux d'assimilats net importé par le puits (Warren-Wilson, 1967). Le volume et la masse des fruits augmentent avec la quantité d'assimilats disponibles (nombre de feuilles par fruit plus élevé) (Frehaut, 2001). En conséquence, la masse finale et la composition du fruit dépend d'une part de la disponibilité en assimilats C et N et d'autre part du fonctionnement des organes photosynthétiques, du nombre et de la taille de cellules, du nombre de puits de stockage, de la charge en fruit et du nombre de feuilles par fruit (Triboi & Triboi-Blondel, 2002). Dans l'ensemble, les variétés de mangues améliorées sont manifestement plus grosses que les variétés locales (Tableau 2). Les variétés de mangues améliorées disposeraient d'une importante force des puits, d'un ratio feuilles/fruit élevé, d'une charge en fruit par plante

limité et d'une hyperactivité des sources des assimilats. Lechaudel & Joas (2000) rapportent que le noyau est le compartiment dont les coûts de construction des tissus sont les plus importants, suivi de la peau puis de la pulpe. Cela implique que les fruits ayant des noyaux, amandes, pulpe et peaux importants (Tableaux 2 et 5) nécessiteraient une force puits conséquente. D'autre part, Weiher *et al.* (1999) ont révélé que la masse des noyaux est liée à l'allocation des individus à la reproduction et au succès de développement des plantules après germination. Ce trait reproducteur déterminé génétiquement caractériserait la vigueur et la viabilité d'une plantule. La grande majorité des variétés de mangues cultivées au Tchad sont pourvues de ce trait (Tableau 5) et pourrait servir de porte-greffe à cause de la robustesse de leur plantule, à l'exception de Maïduguri qui a le plus petit noyau ($18,53 \pm 8,02$ g). Car, le porte-greffe permet de modifier certaines caractéristiques du greffon notamment la vigueur, la rapidité de mise à fruit, le calibre, la coloration, la croissance de l'arbre et le rendement (Williamson & Coston, 1989). Ces résultats sont en accord avec ceux de Rey *et al.* (2004) qui ont montré qu'au Mali, les variétés Davis-haden (500 à 1200 g) et Eldon (300 à 450 g) ont des poids importants et les variétés Kassai (150 à 250 g) et Mangotine (80 à 100 g) ont de poids modestes. Cependant, ces auteurs ont évoqué aussi que la variété Davis haden a un mûrissement de la chair très irrégulière. Elle est également très sensible aux piqûres de mouches et aux maladies fongiques et par conséquent sujette à d'importantes pertes lors de la récolte. La taille de ces fruits et leur sensibilité aux maladies et ennemis rendent difficile leur exportation intercontinentale. En ce qui concerne le poids spécifiques (Tableau 3), il faut noter que toutes ces

Passannet et al., J. Appl. Biosci. 2018 Variabilité des caractéristiques physiques des mangues cultivées au Tchad : caractérisation de la diversité fonctionnelle

variétés de mangues ont des valeurs quasi identiques ($0,99 \pm 0,030$ à $1,12 \pm 1,02$). Ces valeurs proches de la densité de l'eau montrent que toutes les variétés de mangues mûres peuvent flotter sur l'eau. Cela pourrait constituer un procédé de tri des fruits mûrs et des fruits

non mûrs pendant la récolte et le chargement des camions en mangues. Ces valeurs sont comparables à celle obtenue par Diakabana (2013) avec la mangue « Boko » ($1,02 \pm 0,04$).

Tableau 2 : Variation de la masse du fruit, de la pulpe, de la peau, du noyau et l'amande des mangues mûres.

Variétés	Masse (g)				
	Fruit entier (Mm)	Pulpe (Mpu)	Peau (Mpe)	Noyau (Mn)	Amande (Ma)
Bangui	268,48±52,47 ⁱ	199,14±49,51 ^h	35,36±6,56 ^h	33,98±7,96 ^c	21,56±5,88 ^{cd}
Cœur de Bœuf	503,23±85,83 ^{cde}	395±71,23 ^{cd}	66,90±13,56 ^b	41,33±11,01 ^{ab}	29,47±8,37 ^a
Davis haden	614,23±89,26 ^a	498,39±74,25 ^a	71,69±12,27 ^a	44,15±11,16 ^a	30,53±9,19 ^a
Eldon	531,98±96,91 ^c	421,04±81,06 ^c	71,53±17,52 ^a	39,40±7,68 ^b	26,16±5,96 ^b
José Tchad	370,23±45,85 ^h	297,47±39,73 ^g	49,20±6,08 ^{fg}	23,57±4,36 ^e	15,43±3,70 ^e
Julie Kassawa	421,03±51,20 ^f	345,07±43,47 ^{ef}	53,16±7,28 ^{def}	22,80±7,94 ^e	12,51±6,01 ^e
Kassaï	172,57±34,41 ⁱ	122,08±27,4 ⁱ	27,02±5,77 ⁱ	23,58±6,89 ^e	14,26±5,10 ^e
Keitt	487,10±99,98 ^{de}	401,80±86,9 ^c	55,12±13,11 ^{de}	30,18±4,96 ^d	15,38±4,00 ^e
Kent	511,92±70,65 ^{cd}	422,09±63,75 ^c	56,09±8,46 ^d	33,73±7,50 ^c	19,79±5,32 ^d
Maïduguri	397,19±70,41 ^{gh}	331,34±63,24 ^f	47,33±6,48 ^g	18,53±8,02 ^f	6,98±6,76 ^f
Mangotine	145,80±37,09 ^k	101,29±29,49 ^j	22,42±5,84 ^j	22,09±4,94 ^e	14,82±3,53 ^e
Palmer	417,67±92,19 ^g	333,83±76 ^{ef}	50,53±10,38 ^{edf}	33,30±10,38 ^{cd}	20,83±6,57 ^{cd}
Smith	573,36±76,28 ^b	466,22±68,85 ^b	65,20±8,23 ^b	41,93±6,95 ^{ab}	30,02±7,13 ^a
Valencia	464±78,36 ^e	366,40±63,33 ^{de}	60,13±12,62 ^c	37,47±6,90 ^{bc}	24,27±5,13 ^{bc}

Dans chaque colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de SNK.

Tableau 3 : Variation des poids spécifiques et des volumes des fruits, des noyaux et des amandes.

Variétés	Volume et poids spécifique			
	Volume du Fruit entier (cm ³)	Poids spécifique	Volume du Noyau (cm ³)	Volume de l'Amande (cm ³)
Bangui	270,08±53,54 ^h	0,99±0,03 ^a	33,77±7,88 ^c	20,48±5,57 ^d
Cœur de Bœuf	501,83±82,81 ^{cde}	1,00±0,87 ^a	42,17±10,78 ^{ab}	29,60±8,12 ^a
Davis haden	607,85±109,10 ^a	1,12±1,02 ^a	45,57±10,38 ^a	31,01±9,22 ^a
Eldon	533±95,41 ^c	0,99±0,01 ^a	39,69±8,11 ^b	25,91±6,12 ^b
José Tchad	373±45,91 ^g	0,99±0,01 ^a	23,90±4,74 ^{de}	15,33±3,53 ^e
Julie Kassawa	423,33±52,61 ^f	0,99±0,01 ^a	24,36±6,29 ^d	12,94±6,12 ^e
Kassaï	175,29±35,56 ⁱ	0,99±0,03 ^a	23,60±7,96 ^{de}	14,08±4,69 ^e
Keitt	488,83±100,06 ^{de}	1,00±0,01 ^a	31,92±4,77 ^c	15,68±3,98 ^e
Kent	514,48±70,13 ^{cd}	0,99±0,01 ^a	34,82±7,93 ^c	19,79±5,56 ^d
Maïduguri	402,58±70,54 ^f	0,99±0,04 ^a	22,53±9,32 ^{de}	7,80±6,23 ^f
Mangotine	144,73±37,83 ^j	1,01±0,03 ^a	19,73±4,14 ^e	14,33±3,49 ^e
Palmer	422,17±90,82 ^f	0,99±0,02 ^a	34,67±8,36 ^c	21,23±6,73 ^{cd}
Smith	570,56±65,96 ^b	1,01±0,09 ^a	42,56±6,72 ^{ab}	30,69±6,86 ^a
Valencia	467,83±78,87 ^e	0,99±0,02 ^a	40,90±7,63 ^b	24,10±5,07 ^{bc}

Dans chaque colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de SNK.

Tableau 4: Variation des dimensions des fruits, des noyaux et des amandes de différentes variétés.

Variétés	Dimensions						
	Circonférence (cm)	Diamètre longitudinal (cm)	Diamètre latéral (cm)	Épaisseur de la mangue (cm)	Diamètre longitudinal (cm)	Diamètre latéral (cm)	Épaisseur du noyau (cm)
Bangui	22,48±1,39 ^c	9,71±0,92 ^f	7,44±0,63 ^e	6,34±0,50 ^g	7,29±0,73 ^h	3,86±0,31 ^d	2,02±0,20 ^c
Cœur de Bœuf	28,69±2,36 ^{ab}	10,93±0,36 ^e	9,27±0,59 ^b	8,68±0,74 ^{ab}	8,45±0,34 ^{ef}	4,34±0,16 ^b	2,30±0,31 ^a
Davis haden	29,88±1,74 ^{ab}	12,16±0,81 ^c	9,43±0,72 ^b	8,89±0,44 ^a	9,41±0,78 ^d	4,45±0,36 ^{ab}	2,36±0,27 ^a
Eldon	28,10±1,77 ^{ab}	11,86±0,78 ^{cd}	9,34±0,70 ^b	8,33±0,47 ^c	8,73±0,75 ^e	4,11±0,30 ^c	2,17±0,18 ^b
José Tchad	24,49±0,01 ^{bc}	12,16±0,63 ^c	8,16±0,65 ^d	7,05±0,31 ^f	8,16±0,48 ^g	3,06±0,43 ^g	1,75±0,11 ^e
Julie Kassawa	26,18±0,01 ^b	11,96±0,83 ^c	8,81±0,45 ^c	7,38±0,51 ^e	8,49±0,74 ^{ef}	3,51±0,32 ^f	1,74±0,19 ^e
Kassaï	18,53±1,52 ^d	9,15±1,01 ^g	5,93±0,62 ^f	5,05±0,62 ⁱ	7,31±0,82 ^h	3,05±0,37 ^g	1,90±0,30 ^d
Keitt	27,28±2,02 ^b	11,99±0,85 ^c	9,30±0,72 ^b	7,76±0,51 ^d	9,87±0,90 ^c	4,58±0,38 ^a	1,76±0,21 ^e
Kent	32,02±1,39 ^a	10,95±0,81 ^e	9,80±0,63 ^a	8,57±0,43 ^b	8,01±0,68 ^g	4,31±0,31 ^b	2,01±0,24 ^c
Maiduguri	25,13±1,77 ^{bc}	11,57±0,76 ^d	8,38±0,73 ^d	7,14±0,49 ^f	8,59±0,67 ^e	3,63±0,68 ^e	1,53±0,28 ^f
Mangotine	17,89±1,58 ^d	7,90±0,87 ^h	5,66±0,61 ^g	5,35±0,60 ^h	6,40±0,71 ⁱ	3,12±0,27 ^g	1,79±0,19 ^{de}
Palmer	25,28±2,20 ^{bc}	12,77±1,06 ^b	8,18±0,74 ^d	7,5±40,72 ^{de}	10,31±0,93 ^b	3,91±0,42 ^{cd}	2,06±0,16 ^{bc}
Smith	28,28±1,31 ^{ab}	12,78±0,74 ^b	9,16±0,55 ^b	8,49±0,32 ^{bc}	9,99±0,58 ^{bc}	4,01±0,21 ^{cd}	2,33±0,14 ^a
Valencia	24,46±1,57 ^{bc}	14,42±1,19 ^a	8,10±0,43 ^d	7,23±0,45 ^{ef}	11,91±0,64 ^a	3,94±0,22 ^{cd}	1,92±0,15 ^{cd}

Dans chaque colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de SNK.

Tableau 5: Variation de la masse, du volume, de la densité et de la proportion de l'amande des variétés de mangues mûres.

Variétés	Masse de l'amande (g)	Volume de l'amande (cm ³)	Densité de l'amande pa (g/cm ³)	Proportion de l'amande dans le fruit (%)
Bangui	21,56±5,88 ^{cd}	20,48±5,57 ^d	1,05±0,12 ^a	8,29±2,39 ^b
Cœur de Bœuf	29,47±8,37 ^a	29,60±8,12 ^a	0,99±0,06 ^a	5,81±1,18 ^c
Davis haden	30,53±9,19 ^a	31,01±9,22 ^a	0,98±0,06 ^a	5,02±1,46 ^c
Eldon	26,16±5,96 ^b	25,91±6,12 ^b	1,01±0,05 ^a	5,02±1,17 ^c
José Tchad	15,43±3,70 ^e	15,33±3,53 ^e	1,01±0,08 ^a	4,19±0,94 ^d
Julie Kassawa	12,51±6,01 ^e	12,94±6,12 ^e	0,96±0,13 ^a	2,93±1,37 ^e
Kassaï	14,26±5,10 ^e	14,08±4,69 ^e	0,99±0,17 ^a	8,31±2,86 ^b
Keitt	15,38±4,00 ^e	15,68±3,98 ^e	0,98±0,08 ^a	3,28±0,99 ^{de}
Kent	19,79±5,32 ^d	19,79±5,56 ^d	1,01±0,09 ^a	3,91±1,09 ^d
Maiduguri	6,98±6,76 ^f	7,80±6,23 ^f	0,78±0,46 ^b	1,74±1,65 ^f
Mangotine	14,82±3,53 ^e	14,33±3,49 ^e	1,04±0,10 ^a	10,46±2,30 ^a
Palmer	20,83±6,57 ^{cd}	21,23±6,73 ^{cd}	0,99±0,10 ^a	5,04±1,39 ^c
Smith	30,02±7,13 ^a	30,69±6,86 ^a	0,98±0,05 ^a	5,27±1,25 ^c
Valencia	24,27±5,13 ^{bc}	24,10±5,07 ^{bc}	1,01±0,06 ^a	5,34±1,29 ^c

Dans chaque colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de SNK.

Fermeté, forme, densité et proportion des amandes

des variétés de mangues mûres : Les résultats du tableau 6 ont montré que les différentes variétés de mangues ont une fermeté de la pulpe allant de 2,11±0,29 à 2,43±0,88 kgf. Par contre Valente *et al.* (2004) ont eu des valeurs variant entre 2,44 et 7,7 kgf. Les différences avec les résultats de Valente *et al.* (2004) s'expliqueraient par la variété de mangue, l'état de mûrissement, les conditions de culture et de conservation, car selon Duprat & Roudot (1991), la

fermeté est tributaire de ces paramètres. Les mangues de variété locale ont une fermeté significativement supérieure à celle des variétés améliorées. Cette fermeté supérieure pourrait s'expliquer par la densité élevée des fibres dans ces fruits. Car selon Rey *et al.* (2004), les mangues de variété locale répandues en Afrique de l'Ouest et en Afrique Centrale sont riches en fibres. Par ailleurs, la fermeté de la pulpe est souvent en relation inverse avec le mûrissement, c'est-à-dire qu'elle diminue à mesure que le fruit mûrit (Smith *et al.*,

1989). En effet, le phénomène du mûrissement des fruits s'accompagne de la dégradation des parois pectocellulosiques sous l'action d'hydrolases, de cellulases, de polygalacturonases et d'expansines puis d'une diminution de la cohésion des cellules entre elles (Mbéguié-A-Mbéguié, 1999; Delroise, 2003). Le ramollissement des fruits étant une caractéristique importante du mûrissement, la fermeté de la mangue est un trait de qualité déterminant pour une meilleure manutention. Les producteurs et surtout les distributeurs et les revendeurs devraient être très attentifs à cet aspect. Il est évident que le transport des mangues déjà ramollies est une grave impertinence puisque celles-ci parviendraient à destination déjà pourries donc impropres à la consommation et aggraverait ainsi les pertes post récolte et commerciales. La fermeté peut donc être utilisée comme indice important pendant le transport des

mangues. Il s'agit donc d'un facteur important pour évaluer la sensibilité des fruits aux dommages physiques et aux manipulations post-récolte (Kramer, 1964). L'indice de calibre de mangues est corrélé positivement au volume et aux dimensions du fruit. Ce paramètre varie en fonction des variétés et des régions. Les résultats des tableaux 6 montrent que l'indice de calibre varie respectivement de $6,20 \pm 0,64$ à $10,06 \pm 0,52$. Lechaudel (2000) a montré dans ses travaux que le calibre du fruit est un critère de qualité qui dépend fortement de l'accumulation d'eau et de matière sèche dans les trois compartiments du fruit : le noyau, la pulpe et la peau. Plusieurs facteurs conditionnent le calibre des fruits : les facteurs de type trophique, à savoir la compétition entre fruits et pousses, entre fruits, et la capacité de l'arbre à mobiliser les éléments nutritifs nécessaires (Génard et al., 1990).

Tableau 6: Variation des paramètres morphologiques des variétés de mangues mûres.

Variétés	Paramètres morphologiques et qualitatifs					
	Indice de calibre (Ic)	Coefficient de forme (Cf)	Indice de sphéricité (Is)	Fermeté (kgf)	Proportion de la pulpe (%)	Masse de la pulpe/Masse du noyau
Bangui	7,70±0,57f	1,31±0,11 ^e	0,79±0,04 ^c	2,43±0,88 ^a	73,63±4,33 ^f	6,54±4,31 ^f
Cœur de Bœuf	9,57±0,51 ^{bc}	1,18±0,05 ^f	0,88±0,03 ^a	2,39±0,23 ^{ab}	78,68±2,23 ^e	9,94±1,91 ^e
Davis haden	10,06±0,52 ^a	1,29±0,09 ^e	0,83±0,03 ^b	2,24±0,27 ^b	81,11±1,97 ^{bcd}	11,99±3,65 ^{cde}
Eldon	9,73±0,57 ^b	1,27±0,05 ^e	0,82±0,02 ^b	2,34±0,54 ^{ab}	78,97±2,26 ^e	10,96±2,80 ^{de}
José Tchad	8,87±0,42 ^e	1,45±0,26 ^c	0,73±0,02 ^f	2,30±0,26 ^{ab}	80,26±1,79 ^{cde}	12,91±2,21 ^{cde}
Julie Kassawa	9,19±0,50 ^d	1,36±0,08 ^d	0,77±0,03 ^{de}	2,23±0,31 ^b	81,95±2,30 ^{bc}	17,05±6,63 ^b
Kassai	6,48±0,63 ^g	1,55±0,12 ^b	0,71±0,04 ^g	2,33±0,38 ^{ab}	70,58±4,56 ^g	5,65±2,16 ^{fg}
Keitt	9,52±0,60 ^{bc}	1,29±0,08 ^e	0,79±0,03 ^c	2,22±0,28 ^b	82,32±1,99 ^{ab}	13,67±3,81 ^c
Kent	9,72±0,50 ^b	1,12±0,07 ^g	0,88±0,07 ^a	2,18±0,33 ^b	82,34±2,56 ^{ab}	13,04±2,99 ^{cd}
Maiduguri	8,84±0,53 ^e	1,39±0,10 ^d	0,76±0,03 ^e	2,46±0,33 ^a	83,26±2,36 ^a	20,90±8,44 ^a
Mangotine	6,20±0,64 ^h	1,40±0,08 ^{cd}	0,79±0,03 ^{cd}	2,44±0,32 ^a	68,79±5,10 ^h	4,58±0,90 ^g
Palmer	9,23±0,79 ^{cd}	1,56±0,08 ^b	0,72±0,02 ^g	2,11±0,29 ^b	79,78±1,73 ^{de}	10,30±2,13 ^e
Smith	9,97±0,40 ^a	1,40±0,07 ^{cd}	0,78±0,02 ^{cd}	2,20±0,26 ^b	81,20±1,86 ^{bcd}	11,39±2,28 ^{cde}
Valencia	9,45±0,58 ^{bcd}	1,78±0,09 ^a	0,64±0,05 ^h	2,17±0,26 ^b	78,93±1,41 ^e	9,97±1,77 ^e

Dans chaque colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de SNK.

Le calibre d'un fruit est donc un trait de qualité qui dépend non seulement des propriétés endogènes de la variété mais aussi des conditions agrotechniques et environnementales. L'indice de sphéricité et le coefficient de forme des variétés de mangues cultivées au Tchad (Tableau 6) sont respectivement compris entre $0,64 \pm 0,05$ et $0,88 \pm 0,07$, et entre $1,12 \pm 0,07$ et $1,78 \pm 0,09$. Ces paramètres montrent que les variétés de mangues cultivées au Tchad sont toutes de forme allongée car leur coefficient de forme est supérieur à 1. La forme oblongue des variétés, indépendamment des

régions de culture montre que cette caractéristique serait déterminée génétiquement. Le rendement de la pulpe de ces variétés de mangues étudiées (tableau 6) a varié de $68,79 \pm 5,10\%$ à $83,26 \pm 2,36\%$. Il est plus élevé que ceux des cultivars Boko (67%) étudié par Diakabana (2013), Amélie (40-50%), Lippens (35-45%), Brooks (30-40%) et Kent (40-50%) étudiés par Rivier et al. (2009). Les variétés Maiduguri, Kent, Keitt, Davis haden, Smith, José Tchad et Julie Kassawa ont un rendement de pulpe significativement supérieur aux autres variétés. Ces variétés ont donc une meilleure

qualité commerciale ou industrielle. La production de matière sèche est divisée entre des compartiments (feuilles, tiges, racines, fruits) qui apparaissent comme des « puits » pour le stockage de la matière produite. Le rendement en pulpe représente la proportion utile de la production de matière sèche qui va au compartiment végétal d'intérêt économique (Reffye, 2009). C'est un trait de qualité qui serait corrélé à la force des puits, aux pratiques culturales et aux conditions pédoclimatiques (Tableau 1).

Corrélation entre les caractéristiques physiques des variétés de mangues cultivées au Tchad : La matrice de corrélation (tableau 7) a permis d'identifier les interactions entre les différents paramètres et a révélé une corrélation positive parfaite ($r = 1$) entre la masse de la mangue et la masse de la pulpe. Cela implique que les plus grosses variétés ont naturellement une importante pulpe. Elle a mis en exergue une corrélation positive très forte ($0,9 > r > 0,99$) entre la masse, le volume, la circonférence, la masse de la peau, le diamètre latéral, l'épaisseur et l'indice de calibre d'une mangue. Ce qui montre une liaison fonctionnelle évidente entre ces paramètres et que surtout la masse de la mangue a un effet positif sur les autres paramètres du groupe. Buisson (1998) a montré dans ses travaux que la corrélation entre le poids du fruit et de la pulpe est plus nette ($r = 0,9$) que celle qui lie le poids du fruit à celui du noyau ($r = 0,7$). Les travaux de Mussane (2010) ont également mis en

évidence une telle corrélation entre ces paramètres. Il existe une corrélation positive forte ($0,80 > r > 0,89$) entre les couples des caractères suivants: (masse de la mangue et diamètre longitudinal du fruit), (masse de la mangue et épaisseur de la pulpe), (volume de la mangue et diamètre longitudinal de la mangue), (volume de la mangue et épaisseur de la pulpe), (circonférence de la mangue et masse de la peau), (circonférence de la mangue et épaisseur de la mangue), (masse de la pulpe et masse de la peau), (masse de la pulpe et diamètre longitudinal de la mangue), (masse de la pulpe et épaisseur de la pulpe), (masse de la peau et diamètre latéral), (masse de la peau et épaisseur de la mangue), (diamètre latéral du fruit et épaisseur de la pulpe), (épaisseur de la mangue et épaisseur de la pulpe), (indice de calibre et masse de la peau), (indice de calibre et diamètre longitudinal du fruit) et (indice de calibre et épaisseur de la mangue). Cette corrélation plus ou moins étroite montre que ces couples des caractères sont dépendants. Par contre, il existe une corrélation très faible ou quasi nulle ($r < 0,3$) entre la fermeté et le coefficient de forme. Ces types de liaison mettent en évidence l'absence d'effet entre ces paramètres. D'autre part, on observe une corrélation positive moyenne ($0,70 > r > 0,79$) entre les autres caractères du tableau 7. Cela traduit un effet modéré d'un élément sur l'autre.

Tableau 7 : Corrélation entre les caractéristiques morphologiques et physiques de mangues cultivées au Tchad.

Fermeté	1																		
Mm	-0,11	1																	
Vm	-0,11	0,99	1																
Circ	-0,1	0,96	0,96	1															
Mpu	-0,12	1	0,99	0,96	1														
Mpe	-0,09	0,92	0,91	0,89	0,89	1													
Mn	-0,01	0,52	0,5	0,5	0,45	0,52	1												
a	-0,12	0,8	0,81	0,74	0,81	0,76	0,32	1											
b	-0,09	0,92	0,91	0,96	0,92	0,83	0,42	0,73	1										
c	-0,11	0,93	0,92	0,95	0,92	0,86	0,5	0,7	0,91	1									
d	-0,1	0,8	0,8	0,83	0,81	0,74	0,31	0,68	0,8	0,82	1								
a'	-0,11	0,71	0,71	0,6	0,71	0,66	0,36	0,9	0,58	0,58	0,54	1							
b'	-0,01	0,68	0,68	0,71	0,67	0,6	0,57	0,47	0,7	0,69	0,53	0,49	1						
Ppu	-0,1	0,72	0,71	0,72	0,77	0,53	-0,08	0,68	0,74	0,68	0,68	0,54	0,39	1					
Ic	-0,11	0,96	0,95	0,96	0,96	0,89	0,45	0,86	0,96	0,95	0,83	0,73	0,68	0,75	1				
Cf (a/b)	-0,02	-0,34	-0,34	-0,48	-0,34	-0,27	-0,21	0,12	-0,55	-0,46	-0,34	0,24	-0,44	-0,25	-0,35	1			
	Fermeté	Mm	Vm	Circ	Mpu	Mpe	Mn	a	b	c	d	a'	b'	Ppu	Ic	Cf (a/b)			

Mm: masse du fruit, Vm: volume du fruit, Circ: circonférence, Mpu: masse de la pulpe, Mpe: masse de la peau, Mn: masse du noyau, a: diamètre longitudinal, b: diamètre latéral, c: épaisseur du fruit, d: épaisseur de la pulpe, a': diamètre longitudinal du noyau, b': diamètre latéral du noyau, Ppu: proportion de la pulpe, Ic: indice de calibre, Cf(a/b): coefficient de forme. Significativité des résultats à un seuil de probabilité de 5% selon le test de SNK.

CONCLUSION

Il ressort globalement de cette étude qu'il ya une importante diversité physiques des mangues en fonction des variétés et des régions de culture. Les variétés de mangues améliorées ont les masses, volumes et indices de calibre les plus importants comparées aux mangues de variétés locales. Les plus grosses variétés de mangues sont Davis haden, Kent, Smith et Eldon, particulièrement celles cultivées dans la région du Logone Occidental. Les mangues de variété locale sont caractérisées par une petite taille, une grande fermeté et une faible proportion de pulpe à l'exception de la variété Maïduguri qui ressemble aux variétés améliorées. Par ailleurs, toutes les variétés de

ces mangues ont un poids spécifique proche de 1 donc flottable sur l'eau et sont oblongues. La flottabilité des mangues mûres peut être utilisée comme un procédé de tri des fruits mûrs et des fruits non mûrs lors de la récolte et du transport des mangues. Ces travaux constituent une ébauche des sources de données physiques des mangues cultivées au Tchad pouvant permettre une meilleure appréciation de leurs potentialités adaptatives et de leurs qualités commerciales ou industrielles par lessélectionneurs, ainsi qu'une facilitation de leur vulgarisation et valorisation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Buisson G., 1998. Les déterminants génétiques de la qualité chez l'abricot (*Prinus armeniaca*), ENESAD, 35p.
- Chafi A., Benabbes R., Bouakka M., Hakkou A., Kouddane N., Berrichi A., 2015. Pomological study of dates of some date palm varieties cultivated in Figuig oasis. *Journal of Material and Environmental Science*, 6 (5) 1266-1275.
- Delroise A., 2003. Caractérisation de la qualité et étude du potentiel de maturation de la mangue (*Mangifera indica* L. Lirfa) en fonction de son stade de récolte UTC - Génie Biologique CIRAD FLHOR, La Réunion Pôle agroalimentaire 76p.
- Diakabana P., Kobawila S., Massengo V., Louembe D., 2013. Effet du degré de maturation sur la cinétique de fermentation éthylique de la pulpe de mangue cultivar Boko. *Cameroon Journal of Experimental Biology*, 9(1):1-8.
- Duprat F. & Roudot F., 1991. De l'hétérogénéité des fruits. *Science des Aliments*, 11: 613-626.
- El Oualidi J., 1991. Biosystematique et taxonomie des Teucrium de la section Polium (Lamiaceae) dans le bassin mediterraneen occidental. Thèse de Doctorat Faculté de sciences et techniques du Languedoc, 219p.
- Fagbohoun O. & Kiki D., 1999. Aperçu sur les principales variétés de tomate locales cultivées dans le sud du Bénin. *Bulletin de la recherche agronomique du Bénin*, 24: 10-21.
- FAO, 2011. Mangue. Service des nouvelles des marchés, International Trade Center (ITC) Genève, 25p.
- Frehaut G., 2001. Étude de la composition biochimique de la mangue (*Mangifera Indica* L.) en fonction de son stade de maturité. CIRAD FHLOR - Pôle Agroalimentaire, 65p.
- Garnier E. & Navas M.L., 2013. Diversité fonctionnelle des plantes. Licence3, Master et Doctorat en Sciences de la Vie et de la Terre, concours de l'enseignement. De Boeck Supérieur Belgique, 353p.
- Génard M. & Souty M., 1994. Corrélations among quality parameters of peach fruit. *Journal of Food Science*, 66: 241-245.
- INSEED, 2005. Institut National de la Statistique, des Études Économiques et Démographiques Enquête Démographique et de Santé Tchad 2005. ORC Macro Calverton, Maryland USA, 432p.
- Kasse M., 2015. Amélioration de la conservation des mangues 4ème gamme par l'utilisation d'un enrobage, d'un traitement antimicrobien et du conditionnement sous atmosphère modifiée. Thèse de doctorat, Université, Cheikh Anta Diop de Dakar, 140p.
- Khiari D. & Boussaid M., 2000. Diversité phénotypique de quelques populations de Romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) en Tunisie. *Tropicultura*, 18 (4): 203-207.
- Kramer A., 1964. Definition of texture and its measurement in vegetable products. *Food Technology*, (May): 46-49.
- Kushman, L.J. & Pope, D.T., 1968. Procedure for determining intercellular space of roots and specific gravity of sweetpotato root tissue. *Horticultural Science*, 3(1):44-45.
- Léchaudel M. & Joas J., 2000. An overview of preharvest factors influencing mango fruit growth, quality and postharvest behaviour.

- Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19: 287-298.
- Mbéguié-A-Mbéguié D., 1999. Isolement, identification et caractérisation de gènes impliqués dans la maturation de l'abricot (*Prunus armeniaca* L.), 410p.
- Mehinagic E., Royer G., Bertrand D., Symoneaux R., Laurens F. & Jourjon F., 2003. Relationship between sensory analysis, penetrometry and Visible-NIR spectroscopy of apples belonging to different cultivars. *Food Quality and Preference*, 14: 473-484.
- Mussane C.R.B., 2010. Morphological and genetic characterisation of mango (*Mangifera indica* L.) varieties in Mozambique. University of the Free State Bloemfontein South Africa, Magister Scientiae Agriculturae Degree in the Department of Plant Sciences, 143p.
- Passannet A.S., Aghofack-Nguemezi J. & Gatsing D., 2017. Diversité de variétés, de production et de conservation de mangues au Tchad. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(3): 1145-1164.
- Reffye de P., 2009. Architecture de la production végétale, in "Aux origines des plantes". Fayard, 360p.
- Rey J-Y., Diallo T.M., Vannière H., Didier C., Kéita S. & Sangaré M., 2004. La mangue en Afrique de l'Ouest francophone: variétés et composition variétale des vergers. *Fruits*, 59(3): 191-208.
- Rivier M., Méot J.M., Ferré T. & Briard M., 2009. Le Séchage des Mangues. Éditions Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA), Pays Bas; 116p.
- Silou T., 1996. Le safoutier (*Dacryodes edulis*), un arbre mal connu. *Fruits*, 51: 47-60.
- Smith N.J.S., Tucker G.A. & Jeger J., 1989. Softening and cell wall changes in bananas and plantains. *Aspects of Applied Biology*, 20:57-65.
- Triboi, E. & Triboi-Blondel A.M., 2008. Qualité des récoltes et sécheresse. *Innovations Agronomiques*, 2: 131-158.
- USDA National Nutrient Database for Standard Reference, SR-23, Fruit Reports-09, Mango, 2010. <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12354500/Data/SR23/reports/sr23fg09.pdf>.
- Valente M., Dornier M., Piombo G. & Grotte M., 2004. Relation entre la fermeté de la mangue fraîche et la teneur en amidon de la pulpe. *Fruits*, 59 (6).
- Vayssières J-F., Korie S., Coulibaly O., Temple L. & Boueyi S.P., 2008. The mango tree in northern Benin: cultivar inventory, yield assessment, infested stages and loss due to fruit flies (Diptera Tephritidae). *Fruits*, 63: 1-8.
- Warren-Wilson J., 1967. Stand structure and light penetration. Sunlit foliage area. *Journal of Applied Ecology*, 4:159-165.
- Weiher E., van der Werf A., Thompson K., Roderick M., Garnier E. & Eriksson O., 1999. Challenging Theophrastus: a common core list of plant traits for functional ecology. *Journal of Vegetation Science*, 10: 609-620.
- Williamson J.G. & Coston D.C., 1989. The relationship among root growth, shoot growth, and fruit growth of peach. *Journal American Society for Horticultural Science*, 114(2): 180-183.