

Table des matières

Dédicace	iii
Remerciements	iv
Liste des sigles et abréviations	vi
Liste des tableaux	vii
Listes des figures	viii
Résumé	ix
Abstract	x
Introduction générale.....	1
I. Généralité	5
1.1. Description botanique	5
1.1.1. Appareil végétatif	5
1.1.1.1. Port	5
1.1.1.2. Feuilles.....	5
1.1.2. Appareil reproducteur	6
1.1.2.1. Fruits.....	6
1.1.2.2. Graines.....	6
1.1.3. Phénologie	8
1.2. Nomenclature et Classification	9
1.3. Aire de distribution.....	11
1.4. Variabilité morphologique.....	14
II. Matériel et méthodes.....	15
2.1. Matériel	15
2.1.1 Sites d'étude.....	15
2.1.2. Matériel végétal	15
2.1.3. Matériel technique d'évaluation.....	16
2.1.3.1. Caractères biométriques	16
2.1.3.2. Caractères biochimiques	16
2.2. Méthodes	17
2.2.1. Caractérisation biométrique des fruits et des noix des ethno-variétés.....	17
2.2.2. Caractérisation biochimique des amandes et de la pulpe	17
2.2.2.1. Mesure du potentiel en matière grasse des amandes	18
2.2.2.2. Détermination des sucres totaux de la pulpe	18
2.2.2.3. Teneur en eau de la pulpe et des amandes	20
2.2.2.4. Mesure de l'acidité de la pulpe	21

2.2.2.5. Teneur en cendre de la pulpe.....	22
2.2.3. Analyse des données	22
III. Résultats	23
3.1. Caractérisation des ethno-variétés à partir des paramètres biométriques des fruits et des noix	23
3.1.1. Analyses uni-variées	23
3.1.1.1. Analyses de variances.....	23
3.1.1.2. Valeurs moyennes des variables mesurées par ethno-variétés.....	24
3.1.1.3. Comparaison des moyennes des variables biométriques.....	25
3.1.2. Analyses multi variées	26
3.1.2.1. Analyses en Composantes Principales (ACP) des paramètres biométriques	26
3.1.2.2. Analyses en Composantes Principales (ACP) des formes.....	27
3.1.2.3. Classifications Ascendantes Hiérarchisées CAH	28
3.2. Caractérisation des ethno-variétés à travers les paramètres biochimiques.....	29
3.2.1. Analyses de variances.....	29
3.2.2. Analyses multi variées	30
3.2.2.1. Analyses en composantes Principales (ACP)	30
3.2.2.2. Classifications Ascendantes Hiérarchisées (CAH).....	31
3.3. Caractérisation des ethno-variétés à partir de tous les paramètres.....	32
3.3.1. Analyses en Composantes Principales (ACP).....	32
3.3.2. Classifications Ascendantes Hiérarchisées (CAH).....	33
3.3.3. Régressions.....	34
3.3.3.1. Régressions linéaires simples	34
3.3.3.2. Régressions multiples.....	37
IV. Discussion.....	39
4.1. Variabilité des caractères biométriques des fruits.....	39
4.2. Variabilité des caractères biochimiques de la pulpe.....	40
4.3. Variabilité de la teneur en matière grasse des amandes	40
4.4. Relation entre variables biométriques et les variables biochimiques des fruits	41
Conclusion et perspectives.....	42
Références bibliographiques	43
Annexe.....	48

Dédicace

A

Une personne, une amie, une sœur

Ghyslaine Chenaux!

Remerciements

Le présent document est le fruit d'une synergie d'actions de soutien, de collaboration, d'aide, d'appui et de solidarité de plusieurs personnes sans lesquelles sa réalisation serait compromise. A travers les mots de cette page, nous voudrions leur exprimer toute notre gratitude. Il s'agit du :

-Dr Boukary Ousmane DIALLO, notre maître de stage, pour s'être engagé à nous suivre durant toute la période du stage, pour avoir mis à notre disposition le matériel nécessaire, nous avoir prodigué des conseils, des encouragements, nous avoir inculqué le savoir et toute la rigueur scientifique ;

-Pr Mipro HIEN, notre directeur de mémoire, pour nous avoir mis en contact avec la structure d'accueil et avoir assuré la direction de ce présent mémoire ;

-Dr Louis SAWADOGO, pour avoir approuvé notre demande de stage en nous acceptant dans son département ;

-Dr Théophile Ollo DIBLONI, pour tout le soutien dont nous avons bénéficié pendant le stage au sein du DEF/INERA ;

-Dr Kadidia SANON, chef de programme Amélioration des ressources forestières fauniques et halieutiques, pour nous avoir acceptée au sein de son programme ;

-Dr Charles PARKOUDA, pour sa collaboration et son accompagnement lors de nos analyses biochimiques au laboratoire de physico-chimie du DTA/IRSAT ;

-Dr Bernard BACYE, directeur de l'IDR et tous les enseignants de l'institut pour la qualité du savoir transmis avec patience et dévouement ;

-Mr Abdoulazize SANDWIDI, doctorant en stage au DEF/INERA pour nous avoir accompagnée, conseillée, guidée et soutenue depuis nos premiers instants dans le département ;

-Mme Sophie SOMDA, Mme Rose YAMMA, Mr Adama LODOUME et Mr Souleymane ZONGO, techniciens au laboratoire physico-chimie du DTA/IRSAT, pour leur accueil chaleureux, leur collaboration franche et leur appui inconditionnel lors de nos travaux d'analyse ;

-Mr Cyrille SANOU et Mr Yentéma COMBARY, chauffeurs au DEF/INERA, pour le service rendu durant notre séjour dans le département ;

-Mme Adjaratou DA, secrétaire au DEF/INERA, pour sa disponibilité et les différents services rendus ;

-Issaka ZIDA, Seydou KROMA, Issouf SAWADOGO et Ousmane SAWADOGO, stagiaires du département, pour leurs conseils, pour les repas de midi que nous avons partagés ainsi que la bonne ambiance qui a régné durant notre séjour ;

-Lassané NAKOULMA, Rodrigue SANOU, Bakaye SANOU et Djénéba BAMBA, aînés de l'IDR, pour les conseils et le soutien dont nous avons bénéficié de leur part depuis nos premiers jours dans l'institut.

Nous adressons également notre sincère reconnaissance à tous les camarades de notre promotion particulièrement ceux de l'option eaux et forêts, Norbert N. OUEDRAOGO et Wilfried K. OUEDRAOGO, pour la fraternité et les moments passés ensemble lors de notre cursus universitaire.

Un remerciement particulier à l'endroit des familles SOMBIE et NEBIE à Ouagadougou pour leurs soutiens multiformes depuis toujours.

Pour terminer, nous nous tournons vers nos parents, nos frères, notre sœur et tous nos amis, à qui nous disons que ce mémoire est le leur et surtout nous leur disons infiniment merci.

Liste des sigles et abréviations

ACP	: Analyse en Composantes Principales.
ADA	: Agence Autrichienne pour le Développement.
ADN	: Acide DésoxyriboNucléique.
ANOVA	: Analysis Of Variances (Analyses de variances).
APFNL	: Agence de Promotion des Produits Forestiers Non Ligneux.
CAH	: Classification Ascendante Hiérarchisée.
DEF	: Département Environnement et Forêts.
DTA	: Département de Technologie Alimentaire.
FCFA	: Franc de la Communauté Financière Africaine.
GPS	: Global Positioning System.
IDR	: Institut du Développement Rural.
INERA	: Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles.
IRSAT	: Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies.
MICA	: Ministère de l'Industrie du Commerce et de l'Artisanat.
RAPD	: Random Amplified Polymorphic DNA.

Liste des tableaux

Tableau I : Noms locaux du karité.....	10
Tableau II : Classification du karité dans le règne végétal	11
Tableau III : Caractéristiques pédoclimatiques des sites d'étude.....	15
Tableau IV : Nombre d'arbres par ethno-variété.....	16
Tableau V : Préparation de la gamme de concentration.	19
Tableau VI : Analyses de variances des paramètres biométriques des fruits.....	23
Tableau VII : Analyses de variances des paramètres biométriques des noix.....	23
Tableau VIII : Moyennes des variables mesurées par ethno-variété.	24
Tableau IX : Test de comparaison des moyennes des ethno-variétés à partir des variables mesurées sur les fruits.	25
Tableau X : Test de comparaison des moyennes des ethno-variétés à partir des variables mesurées sur les noix.....	26
Tableau XI : Analyses de variances des paramètres biochimiques.....	29
Tableau XII : Répartition des individus selon la classe.....	34

Listes des figures

Figure 1. Illustration des différents ports du karité.	7
Figure 2. Quelques morphes des fruits, des noix et des feuilles de karité	8
Figure 3. Aire de distribution naturelle du karité en Afrique.....	12
Figure 4. Distribution du karité au Burkina Faso.....	13
Figure 5. Courbe d'étalonnage	20
Figure 6. Représentation bidimensionnelle des paramètres biométriques et des individus.	27
Figure 7. Représentation bidimensionnelle des paramètres biométriques et des individus	28
Figure 8. Structuration des ethno-variétés en fonction des paramètres biométriques.	29
Figure 9. Représentation bidimensionnelle des variables biochimiques et des individus dans le plan 1/2.	30
Figure 10. Représentation bidimensionnelle des variables biochimiques et des individus dans le plan 1/3.	31
Figure 11. Dendrogramme de la structuration des ethno-variétés en fonction des paramètres biochimiques.	32
Figure 12. Représentation bidimensionnelle des ethno-variétés et des individus (Plan 1/2).....	33
Figure 13. Dendrogramme de la structuration des ethno-variétés en fonction des paramètres biométriques et biochimiques.	34
Figure 14. Relation entre le potentiel en matière grasse et les paramètres biométriques des fruits..	35
Figure 15. Relation entre le taux de sucre et les variables des fruits.	36
Figure 16. Relation entre le taux de sucre et le potentiel en matière grasse.	36
Figure 17. Relation entre le potentiel en matière grasse et les variables du fruit.....	37
Figure 18. Relation entre la matière grasse les variables de la noix.	37
Figure 19. Relation entre le taux de sucre et les autres paramètres biochimiques de la pulpe.....	38

Résumé

Les variabilités de la taille et de la forme des fruits de karité ont fait l'objet de plusieurs études. Cependant, celle liée au taux de sucre de la pulpe et à la teneur en matière grasse des amandes reste un sujet à explorer. Les fruits collectés dans les deux sites de l'étude ont été caractérisés suivant leur taille, leur forme, leur teneur en sucre et leur potentiel en matière grasse. Les résultats de cette étude ont révélé la présence de deux formes de fruit à savoir les formes ovoïde et ellipsoïde et deux classes de taille qui sont une petite classe et une grande classe. Les valeurs moyennes de la longueur et de la largeur des fruits sont respectivement de 42,01 mm et 35,39 mm, celles des noix sont de 31,36 mm pour la longueur et de 23, 11 mm pour la largeur. Pour le poids des fruits, des noix et de la pulpe les valeurs moyennes sont respectivement de 23,11 g, 9,62 g et 19,79 g. La caractérisation biochimique de la pulpe fraîche montre qu'elle a des teneurs moyennes en eau de 72,40 %, en sucres totaux de 41,86 %, en cendre de 4,82 % et en acide gras de 2 %. La caractérisation biochimique des amandes sèche donne une valeur de 4,02 % pour la teneur en eau et une teneur en matière grasse de 45,34 %. Aucune différence significative n'a été observée entre les ethno-variétés pour les paramètres biochimiques de la pulpe et de l'amande. Aussi aucune corrélation n'a pu être établie entre ces paramètres et ceux biométriques.

Mots clés: biométrique, biochimique, fruit, ethno-variété, karité, Diabo, Pankatioro, Burkina Faso.

Abstract

The variabilities of the size and the shape of the fruits of Shea tree were the subject to several studies. However, topic related on sugar rate of pulp and the fat content of almonds remains a subject to be explored. The fruits collected in the two sites the study area were characterized according to their size, their shape, their sugar content and their potential fat content. Results of this study revealed the presence two fruit shapes: the ovoid and the ellipsoidal and two classes of size which are a small one and the large one. The averages length and width of the fruits and nuts are respectively 42.01mm, 35.39mm, 31.36mm and 23.11mm. For the weight of the fruits, nuts and pulp the values are respectively 23.11g, 9.62 g and 19.79g. The biochemical characterization of pulp shows that it has average water content of 72.40 %, of sugar totals of 41.86 %, in ash of 4.82 % and acid fat of 2 %. Biochemical characterization of dried almonds gives a value of 4.02 % for the water content and a fat content of 45.34 %. No significant difference among the measured parameters was found. Therefore no correlation could be established between these parameters and those biometric.

Key words: biometric, biochemical, fruit, ethno-variety, Shea tree, Diabo, Pankatioro, Burkina Faso.

Introduction générale

Au Burkina Faso comme dans beaucoup de pays tropicaux, les fruits sauvages jouent un rôle important dans l'alimentation des populations rurales et constituent l'une des principales sources de revenu monétaire (Parkouda *et al.*, 2007). Le karité (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn.) l'un des fruitiers sauvages en cours de domestication est une espèce présente dans les formations naturelles et les parcs agroforestiers. Les fruits, dont la pulpe sucrée est comestible renferment des amandes riches en matière grasse. Selon Bonkougou (1987), Sallé *et al.* (1991), Senou (2000), le karité est une essence non cultivée mais qui a bénéficié depuis longtemps d'une protection spéciale de la part des paysans qui l'épargnent pendant le défrichement des champs et le protègent contre le broutage des animaux dans les jachères de moins de cinq ans. Arbonnier (2002), Diarassouba *et al.* (2008), Badini *et al.* (2011a) ont montré que les fruits du karité sont utilisés dans l'alimentation, la pharmacopée et le cosmétique. Son bois est utilisé dans l'artisanat et ses amandes font l'objet d'un commerce mondial. Ainsi, le principal produit dérivé des amandes qu'est le beurre, constitue l'une des principales sources de matière grasse d'origine végétale et sa commercialisation avec celles des amandes est la première source de revenu des femmes en milieu rural dans la zone Soudano-sahélienne d'Afrique (Badini *et al.*, 2011 b). Au Burkina Faso, le karité (amandes et beurre) constitue le quatrième produit d'exportation après l'or, le coton et le bétail (Badini *et al.*, 2011b). Cette commercialisation a généré en 2011 environ 28,991 milliards de FCFA de chiffre d'affaire, soit 0,60% de la valeur du PIB courant (APFNL, 2012). Le Burkina Faso abrite environ 195 millions d'arbres avec un potentiel de production de 850.000 tonnes d'amandes sèches (MICA, 2012).

Par ailleurs, la décision prise par l'Union Européenne en mai 2000 autorisant les chocolatiers à utiliser jusqu'à hauteur de 5% d'autres matières grasses végétales en substitut au beurre de cacao, fut une opportunité pour les pays Soudano-sahéliens pour augmenter leur exportation en amandes de karité. Comparativement aux beurres de karité des autres pays de l'aire de distribution de l'espèce, celui du Burkina Faso, avec un taux d'acide stéarique estimé à 45 % et un taux de triglycéride (stéarique-oléique-stéarique) à 40 %, est le meilleur beurre pouvant être utilisé en substitution à celui du cacao (Maranz *et al.*, 2004). Ce contexte doublement favorable pour le Burkina lui a permis d'augmenter ses quantités exportées aussi bien en amandes sèches qu'en beurre. Ainsi, selon Badini *et al.* (2011b), le Burkina est passé progressivement de 28 664 tonnes d'amandes sèches exportées en 2004 à 84.056 tonnes en 2008 ; pour ce qui est du beurre, les quantités ont évolué durant la même période de 235 à

1426 tonnes. Face à cette demande de plus en plus forte, le risque pour que le Burkina ne puisse pas satisfaire sa part de marché est très élevé à cause de l'absence de plantations de karité pouvant assurer des livraisons soutenues. En effet, Busson (1965) avait signalé qu'après plus de 7 siècles d'exploitation, les fruits du karité restent un produit de cueillette et cette situation n'a pas encore changé de nos jours. Malgré son importance économique, il n'a jusque-là pas fait l'objet de plantations industrielles, bien que la création de telles plantations ait été tentée par les communautés locales depuis l'époque coloniale (Bonkougou, 1987). Deux raisons ont été avancées pour expliquer cette situation : (i) l'entrée en production très tardive du karité (Chevalier 1948) ; (ii) l'irrégularité de la production d'une année à l'autre (Guira et Zongo, 2002). En effet, Lamien *et al.* (2006) ont montré que de par leur nature sauvage, les fruitiers locaux sont caractérisés par une grande hétérogénéité de production en terme quantitatif et qualitatif, avec un âge d'entrée en production souvent trop long pour les producteurs. Chez le karité, cet âge est compris entre 15 et 30 ans (Sallé *et al.*, 1991 ; Guira, 1997). Tous ces phénomènes pourraient être liés à la nature intrinsèque de l'espèce et plus particulièrement sous contrôle génétique. C'est pour cette raison que Bonkougou (1987), Sallé *et al.* (1991) ont suggéré que les recherches ultérieures soient orientées sur l'amélioration génétique de l'espèce. Depuis lors, des travaux ont été entrepris par plusieurs auteurs à travers toute l'aire de répartition de l'espèce afin d'approfondir les connaissances sur l'organisation de sa variabilité morphologique et génétique. Ainsi, trois approches ont été utilisées dans cette caractérisation. Il s'agit de : (i) l'approche moléculaire qui a permis de comprendre l'organisation de la diversité génétique au sein de l'espèce. Cette approche utilise les techniques RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) portant sur l'ADN total (Kelly *et al.*, 2004 ; Bouvet *et al.*, 2004 ; Fontaine *et al.*, 2004), la technique des marqueurs microsatellites portant sur l'ADN total pour déterminer la distribution spatiale de la diversité génétique (Sanou *et al.*, 2005) ou utilisant comme support l'ADN chloroplastique (Cardi *et al.*, 2005 ; Logassa *et al.*, 2011) pour comprendre la migration des gènes des populations de karité d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique de l'Est; (ii) l'approche morphologique qui a mis en évidence la grande variabilité des caractères morpho-adaptatifs ceux-là même qui ont été induits par une adaptation locale. Ces caractères portent soit sur la morphologie ou la dendrométrie des arbres (Lamien *et al.*, 2007 ; Compaoré, 2008) ou celles des fruits et des feuilles (Compaoré, 2008 ; Diarassouba *et al.*, 2008 ; Diarassouba *et al.*, 2009 ; Felix *et al.*, 2009 ; Soro *et al.*, 2011 ; Sandwidi, 2012) ; (iii) l'approche biochimique qui a permis de déterminer les teneurs en eau, en acide stéarique et en acide oléique en fonction de l'aire d'origine des amandes de karité (Maranz *et al.*, 2004 ; Davrieux *et al.*, 2010 ; Quainoo *et al.*,

2012 ; Allal *et al.*, 2013). Bien qu'ayant fourni des informations scientifiques de base, l'application de ces résultats dans les schémas de sélection est rendue difficile car ils ont peu porté sur la notion de variété. Il faut signaler que l'utilisation de variétés sur les espèces locales forestières en cours de domestication, fait l'objet de nombreuses controverses. Pourtant, la caractérisation des populations des arbres au sein de diverses populations a permis de mettre en évidence en Afrique de l'Ouest, des variétés phénologiques et morphologiques à partir des descripteurs clés basés sur les caractéristiques des fruits et du cycle phénologique (Compaoré, 2008 ; Diarassouba *et al.*, 2009). Plus récemment Compaoré (2010) et Sandwidi (2015) à travers une approche participative utilisant les connaissances endogènes des communautés rurales ont identifié 13 ethno-variétés au Burkina Faso. Des travaux similaires ont été réalisés en Ouganda (Afrique centrale) par Gwali *et al.* (2010). Cependant l'analyse génétique effectuée sur les ethno-variétés d'Ouganda par Logassa *et al.* (2011) n'avait pas permis de traduire la variabilité observée par les paysans en structuration génétique. Une caractérisation de ces ethno-variétés par Sandwidi (2015) avait montré une différence entre elles en ce qui concerne le rendement en beurre. Cependant, les travaux de caractérisation biochimique axée sur les ethno-variétés et prenant simultanément en compte la pulpe et le potentiels en matière grasse des amandes sont quasi inexistantes. Pourtant les communautés rurales distinguent les ethno-variétés à pulpe et à beurre (Sandwidi, 2015). Ainsi il est évident que dans un schéma de sélection durable axé sur des objectifs de production, de telles informations sont capitales.

C'est dans cette logique que la présente étude a été initiée dont le thème est «variabilités biométriques des fruits, potentiel en matière grasse des amandes et teneur en sucres totaux de la pulpe de cinq ethno-variétés de karité» L'étude a pour objectif général d'évaluer le potentiel biochimique des fruits de chaque ethno-variété de karité afin de faire une affectation judicieuse suivant les objectifs de production. De manière spécifique il s'agit de: (i) évaluer la teneur en sucres totaux de la pulpe en relation avec les variables biométriques des fruits et des noix, (ii) évaluer le potentiel en matière grasse en relation avec les caractéristiques biométriques des fruits et des noix, (iii) évaluer le compromis entre l'investissement dans les fonctions nutritionnelles de la pulpe et l'investissement dans la fonction de réserve des amandes en acide gras. Pour atteindre ces objectifs, nous avons testé 4 hypothèses :

- 1) les caractéristiques biométriques des fruits varient en fonction des ethno-variétés ;
- 2) le potentiel en matière grasse varie en fonction des caractéristiques biométriques des ethno-variétés ;

3) la teneur en sucres totaux de la pulpe est fonction des caractéristiques biométriques des ethno-variétés ;

4) il y a un compromis d'investissement entre la fonction de production des sucres et la fonction de production de la matière grasse.

Pour vérifier ces différentes hypothèses nous avons analysé les données collectées sur les caractéristiques biométriques des fruits et celles obtenues lors des analyses biochimiques de la pulpe à travers les taux de sucres totaux, d'acide et des cendres ainsi que la teneur en eau. Enfin nous avons mesuré le potentiel en matière grasse des amandes de 5 ethno-variétés.

Le présent mémoire est organisé en 5 grandes parties que sont : (i) une introduction générale décrivant le contexte de l'étude, (ii) des généralités sur le karité, (iii) une présentation du matériel et des méthodes de travail utilisés, (iv) une présentation des résultats et leur discussion, (v) une conclusion et des perspectives.

I. Généralité

1.1. Description botanique

1.1.1. Appareil végétatif

1.1.1.1. Port

Le port de l'arbre à karité est variable, mais il a été regroupé en 4 principaux types par Soro *et al.* (2011). Il s'agit de : (i) le port en boule (figure 1a), où les branches secondaires de l'arbre s'étalent rapidement, pour donner un aspect sphérique à la frondaison ; (ii) le port en balai (figure 1b), avec les branches secondaires écartées vers le haut, en forme de V ; (iii) le port en parasol (figure 1c), forme intermédiaire entre le port en boule et le port en balai ; (iv) le port dressé (figure 1d), avec des branches dirigées vers le haut, pratiquement à la verticale.

Selon Ruysen (1957), les populations locales d'Afrique occidentale ont établi des liens entre le type de port et les caractères biométriques et biochimiques des fruits. Ainsi, les arbres à port en boule ont des petits fruits, la pulpe de ces fruits est fade ou astringente et peu fournie ; la coque de la noix est fine et claire. Pour les arbres à port en parasol, les fruits sont plus gros ; la pulpe est abondante et sucrée ; la coque de la noix est foncée ; ce sont des arbres bons producteurs dont les amandes sont plus riches en beurre.

1.1.1.2. Feuilles

Elles sont caduques, simples et coriaces et sont toujours groupées à l'extrémité des rameaux (Senou, 2000). La nervation est très fine et alterne (Guira, 1997). La nervure principale apparaît en clair sur la face supérieure et proéminente sur la face inférieure. Les nervures secondaires sont parallèles, alternes, au nombre compris entre 20 et 40 paires et partent légèrement obliquement de la nervure principale (Traoré et Yossi., 1987). Cette caractéristique a été utilisée par Compaoré (2008) pour discriminer différents écotypes. Le limbe est obtus, luisant, coriace, vert foncé au-dessous et plus clair en dessous (Ruysen, 1957). Les stipules des feuilles sont caduques ou absents. Le feuillage est touffu et de couleur vert sombre (figure 2d).

La taille et la forme des feuilles varient d'un arbre à l'autre. Cette variabilité a permis aux paysans de faire une corrélation avec la production en beurre. Ainsi, les arbres qui ont des feuilles de petite taille et effilées avec un ombrage dense, produisent des fruits dont les

amandes ont un fort rendement en beurre. Les amandes des fruits provenant des arbres qui ont des feuilles courtes ou longues avec un ombrage peu dense ont un faible rendement en beurre (Sandwidi, 2015).

1.1.2. Appareil reproducteur

1.1.2.1. Fruits

Les fruits du karité (figure 2a et 2b) sont des baies renfermant une graine, parfois deux ou trois, mais rarement plus de trois. Leurs dimensions varient de 4 à 8 cm de long et 4 à 5 cm de diamètre (Guira, 1997). Ils ont une pulpe comestible plus ou moins sucrée selon les arbres et d'une épaisseur variant de 4 à 8 cm. Les fruits présentent une grande variabilité en ce qui concerne leur forme, leur taille et leur couleur (vert-jaunâtre à vert foncé). Ainsi Diarassouba (2008), Compaoré (2010), Soro *et al.*, (2011) ont distingué les formes suivantes : globuleuse, ovoïde, fusiforme, piriforme ou ellipsoïde. Cette discrimination scientifique a été confirmée par les connaissances endogènes qui ont permis aux populations locales de faire des descriptions très proches de ces différentes formes. Ainsi, l'ethno-variété *Taam Toolma* en langue Moore, correspond à la forme ellipsoïde et l'ethno-variété *Taam Guilsi* correspond à la forme ovoïde (Sandwidi, 2015). De plus, des corrélations ont été établies entre la forme des fruits, la productivité de l'arbre mère et la production en beurre des amandes. Ainsi les fruits de petite taille proviendraient des arbres bons producteurs (Chevalier, 1943) et les amandes de petite taille auraient un fort rendement en beurre (Sandwidi, 2015).

1.1.2.2. Graines

La forme des noix se rapproche sensiblement de celle des fruits et leur couleur varie du brun-clair au brun-noirâtre (figure 2c). Elles ont une longueur moyenne de 3,5 cm et sont marquées d'une longue cicatrice elliptique occupant toute sa hauteur et le tiers de sa largeur.

Les populations locales établissent des liens entre les différentes couleurs des noix et le caractère sucré de la pulpe (Ruyssen, 1957). Par exemple les fruits à noix de couleur brun foncé ont souvent une pulpe plus sucrée que celle des fruits à noix de couleur brun claire en maturité.

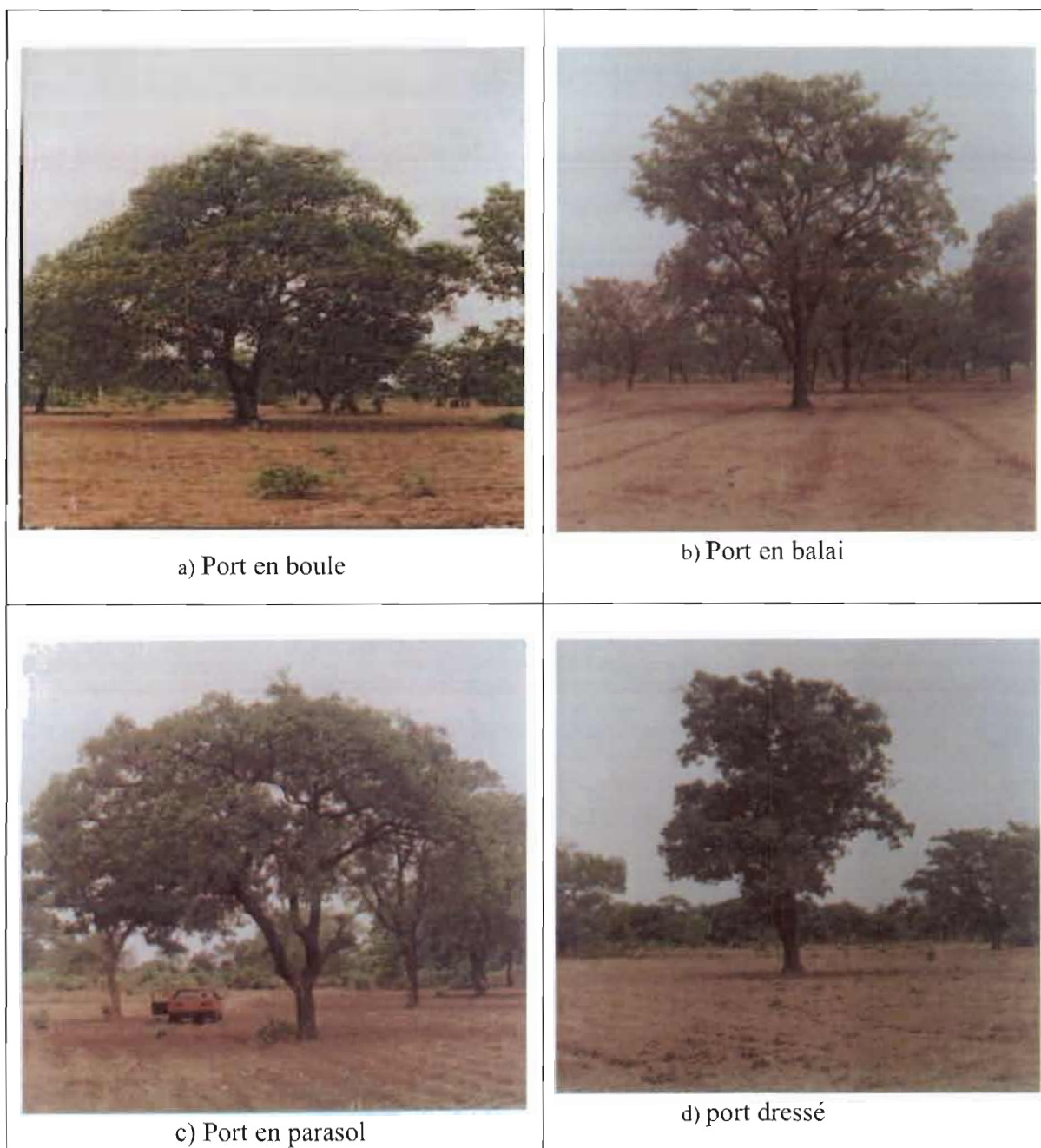


Figure 1. Illustration des différents ports du karité. (Photo Soro (2011)).

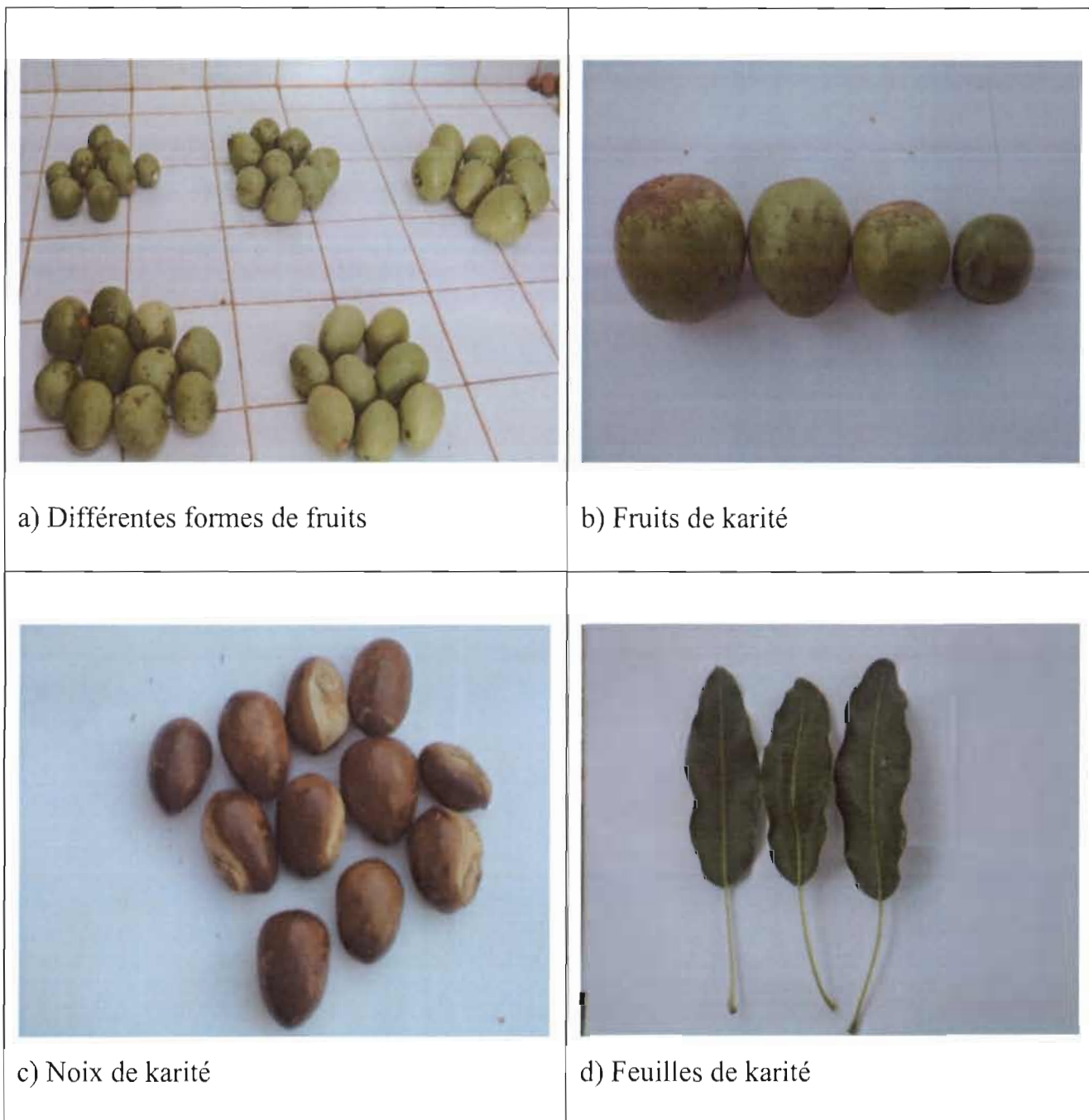


Figure 2. Quelques morphes des fruits, des noix et des feuilles de karité

1.1.3. Phénologie

Selon Zerbo (1987) et Guira (1997), la phénologie du karité se ramène à quatre phases qui se succèdent régulièrement au cours de l'année de la manière suivante :

-la défeuillaison, qui consiste en la chute des feuilles est une réponse de l'arbre au manque d'eau en saison sèche (Bonkougou, 1987) et une contribution à la résistance au feu. Elle débute entre octobre et novembre et s'étale jusqu'en février;

-la floraison se manifeste par l'apparition de jeunes boutons floraux à l'apex des rameaux fructifères (extrémités). Elle débute après la chute des feuilles, c'est-à-dire entre décembre et février et peut s'étendre jusqu'en avril ; elle dure 30 à 75 jours avec un optimum en février-mars. La défeuillaison et la floraison ne sont pas toujours successives car certains arbres peuvent fleurir avant la chute des feuilles ;

-la feuillaison, qui correspond à l'apparition de nouvelles feuilles, débute immédiatement après la floraison ;

-la fructification, qui est le stade de formation de petits fruits en forme de boule commence en février-avril par la nouaison. L'intervalle entre la fructification et la maturation des fruits est de 100 à 150 jours ; la maturité des fruits est échelonnée sur 20 à 30 jours en moyenne chez un même sujet. Ainsi, on peut noter que la longue phase de reproduction n'est pas due à son étalement à l'échelle de l'arbre, mais à l'échelle de la population comme elle a été observée chez *Tamarindus indica* par Diallo (2001).

Les phases ainsi définies varient suivant les zones écologiques et d'un individu à l'autre au sein du même peuplement. Ceci a pour conséquence le décalage de la période de maturation des fruits et déterminent ainsi leur nature précoce, optimale ou tardive. Selon Kershaw et Hardwick (1981), la teneur en matières grasses des amandes est fonction de la période de maturité des fruits.

1.2. Nomenclature et Classification

La taxonomie et la classification scientifiques du karité ont connu une histoire très mouvementée et animée de débats contradictoires. En effet, plusieurs appellations scientifiques se sont succédées depuis sa description par l'explorateur Mungo Park en 1796 (Bonkougou, 1984 ; Sallé *et al.* 1991). En 1805 le karité était rattaché à la famille des Sapotilliers (Sapotacées) et avait pour nom *Vitellaria paradoxa* puis, en 1837 il était désigné sous le nom de *Bassia parkii* en référence au premier auteur à l'avoir décrit : Mungo Park. En 1864, avec la création du genre *Butyrospermum* dont la définition étymologique est la graine (*spermim*) à beurre (*butyro*), le karité fut rattaché à ce genre par Kotschy à cause des caractéristiques de ses amandes (riches en beurre). À cet effet, deux espèces lui furent reconnues à savoir *Butyrospermum parkii* ou karité du Soudan occidental au Mali et *Butyrospermum niloticum* ou karité propre au bassin du Nil. L'appellation *Butyrospermum parkii* est adoptée par Chevalier (1943) qui reconnut une seule espèce au genre *Butyrospermum* en Afrique. La combinaison binomiale retenue de nos jours est *Vitellaria*

paradoxa C.F. Gaertn. Deux appellations sont actuellement utilisées en fonction de leur centre d'origine pour désigner deux sous-espèces que sont : *Vitellaria paradoxa* subsp. *parkii* ayant pour centre de dispersion endémique l'Afrique de l'Ouest et *Vitellaria paradoxa* subsp. *niloticum* avec l'Ouganda comme centre de dispersion endémique (Sallé *et al.*, 1991).

Selon Bonkounou (1987), l'appellation française « karité » de l'arbre à beurre trouve son origine dans la langue Sarakolé (peuple de l'Ouest du Sénégal). Son nom en anglais est shee ou shea tree qui correspond aussi à son appellation en langue Bambara « *si, ci, ou chi* » qui signifie « vie » (Bonkounou, 1987). De plus, plusieurs autres appellations lui sont reconnues dans les différentes langues de sa zone de distribution. Il est désigné sous divers noms dans les langues locales du Burkina Faso (tableau I).

Tableau I : Noms locaux du karité.

Langues locales	Noms locaux
Bambara	<i>Sii Sié yiri</i>
Bissa	<i>Kur</i>
Bobo mandarin	<i>Maan</i>
Bwamu	<i>Vamu</i>
Dagara	<i>Taang</i>
Gulmancema	<i>Busambu</i>
Lobiri	<i>Baar</i>
Moore	<i>Taanga</i>
Fulfulde	<i>Karehi, karedjet</i>
Sénoufo	<i>Looriigue</i>
Turka	<i>Mousongou</i>

La classification scientifique du karité retenue de nos jours est celle proposée par Cronquist (1988) résumée dans le tableau II.

Tableau II : Classification du karité dans le règne végétal selon Cronquist (1988).

Embranchement	Angiosperme	Tribu	Mimosopeae
Classe	Magnoliopsida	Sous-tribu	Mimusopinae
Sous-classe	Gamopétale	Genre	<i>Vitellaria</i>
Série	Hypogynes	Espèce	<i>Vitellaria paradoxa</i>
Sous-série	Diplosténomes	Sous-espèce	<i>subsp.parkii</i> <i>subsp.niloticum</i>
Ordre	Ebénales	Variété	Mangifolium, poissoni et niloticum
Famille	Sapotaceae	Sous-variétés	Viridis et rubrifolius

1.3. Aire de distribution

Le karité est un arbre originaire d'Afrique. Il se développe préférentiellement sur les sols sablo-argileux ou argilo-siliceux, évitant les sols régulièrement inondés dans les forêts claires ou les savanes arborées de la zone soudanienne (Senou, 2000). La distribution naturelle du karité est faite sur une bande (figure 3) communément appelée bande à karité qui s'étend d'Ouest en Est en Afrique au Sud du Sahara, du Sénégal oriental jusqu'au Nord-Ouest de l'Ouganda, soit du 16^{ème} degré de longitude Ouest au 34^{ème} degré de longitude Est (Aubréville, 1950 ; Ruyssen, 1957 ; Terpend, 1982). Cette bande a une longueur de 5.000 km, une largeur allant de 400 km au niveau du Tchad à 750 km à l'Ouest de la Côte d'Ivoire (Chevallier, 1943 ; Bonkougou, 1987), une superficie d'environ un million de km² (Bonkougou, 1987) ; Sallé *et al.*, 1991) et couvre dix-huit pays que sont le Bénin, le Burkina Faso, le Cameroun, la Centrafrique, la Côte d'Ivoire, le Ghana, la Guinée Bissau, la Guinée Conakry, le Mali, le Niger, le Nigeria, le Sénégal, le Tchad, le Togo, l'Ethiopie, le Soudan, l'Ouganda et la République Démocratique du Congo (Bonkougou, 1987). La région délimitée par cette bande coïncide parfaitement avec la zone du climat soudano-guinéen (Lamien, 2006). Dans l'aire de distribution, les peuplements de karité sont plus abondants sur les terrains plats que sur le haut des glacis (Senou, 2000).

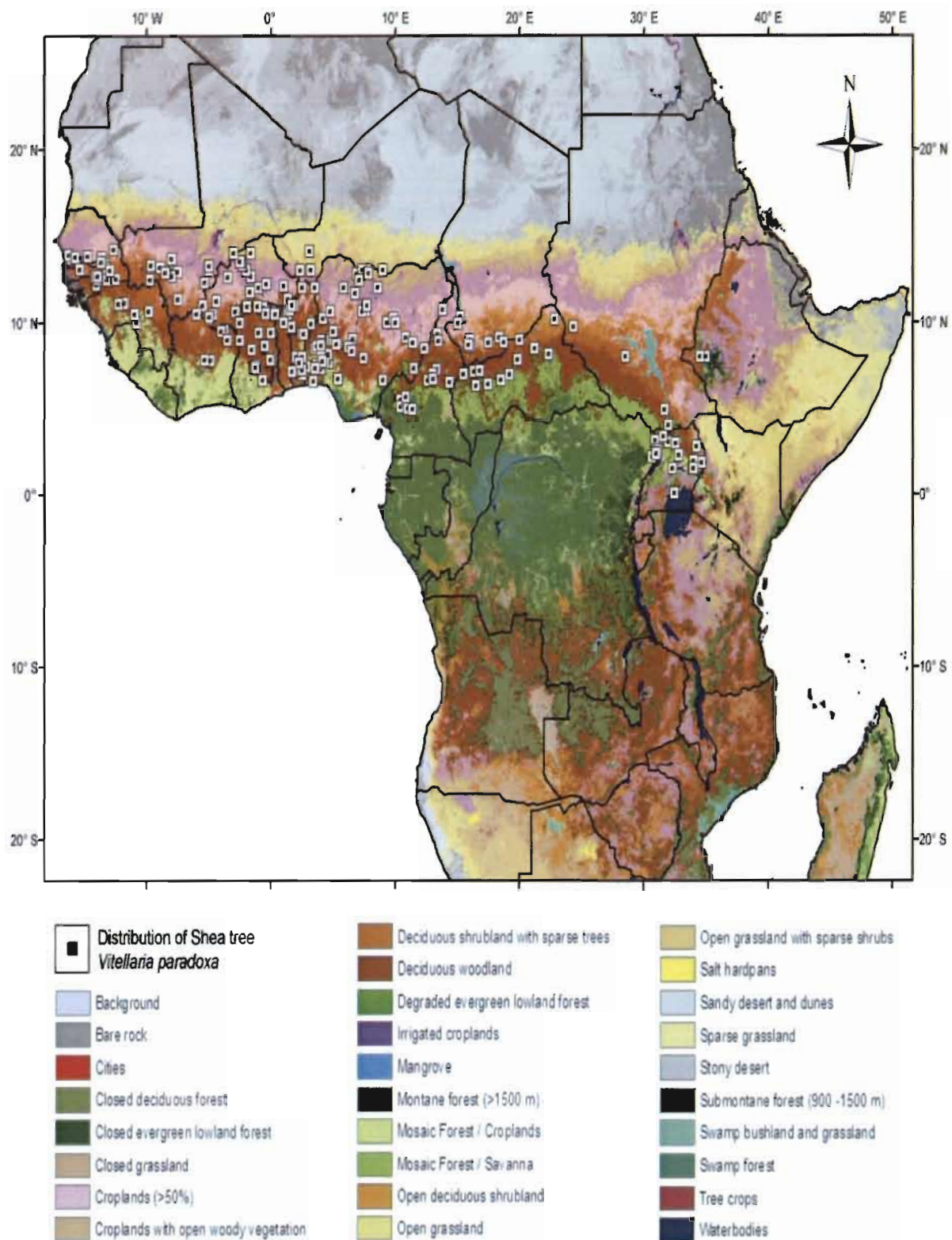


Figure 3. Aire de distribution naturelle du karité en Afrique. (Plats *et al.*, 2010)

Au Burkina Faso, les peuplements de karité sont estimés à environ 190 millions d'arbres, avec une densité moyenne nationale de 30 pieds/hectare (MICA, 2012). L'aire de distribution du Karité s'étend sur toute l'étendue du territoire à l'exception de la pointe Nord (Picasso, 1984). Cette partie du territoire correspond au Nord du 14^{ème} parallèle (Sandwidi, 2012) et à la zone des steppes sahéliennes (Guiko, 1984) où les pluviosités sont trop faibles pour son écologie. Cependant, deux populations ont été identifiées par Diallo en 2007 au-delà de cette latitude, notamment dans les localités de Djibo et de Seytenga (100 km à l'Est de Dori). Les peuplements les plus denses sont dans les régions du Centre-Ouest, de la Boucle du Mouhoun, des Hauts-bassins et du Sud-Ouest (figure 4).

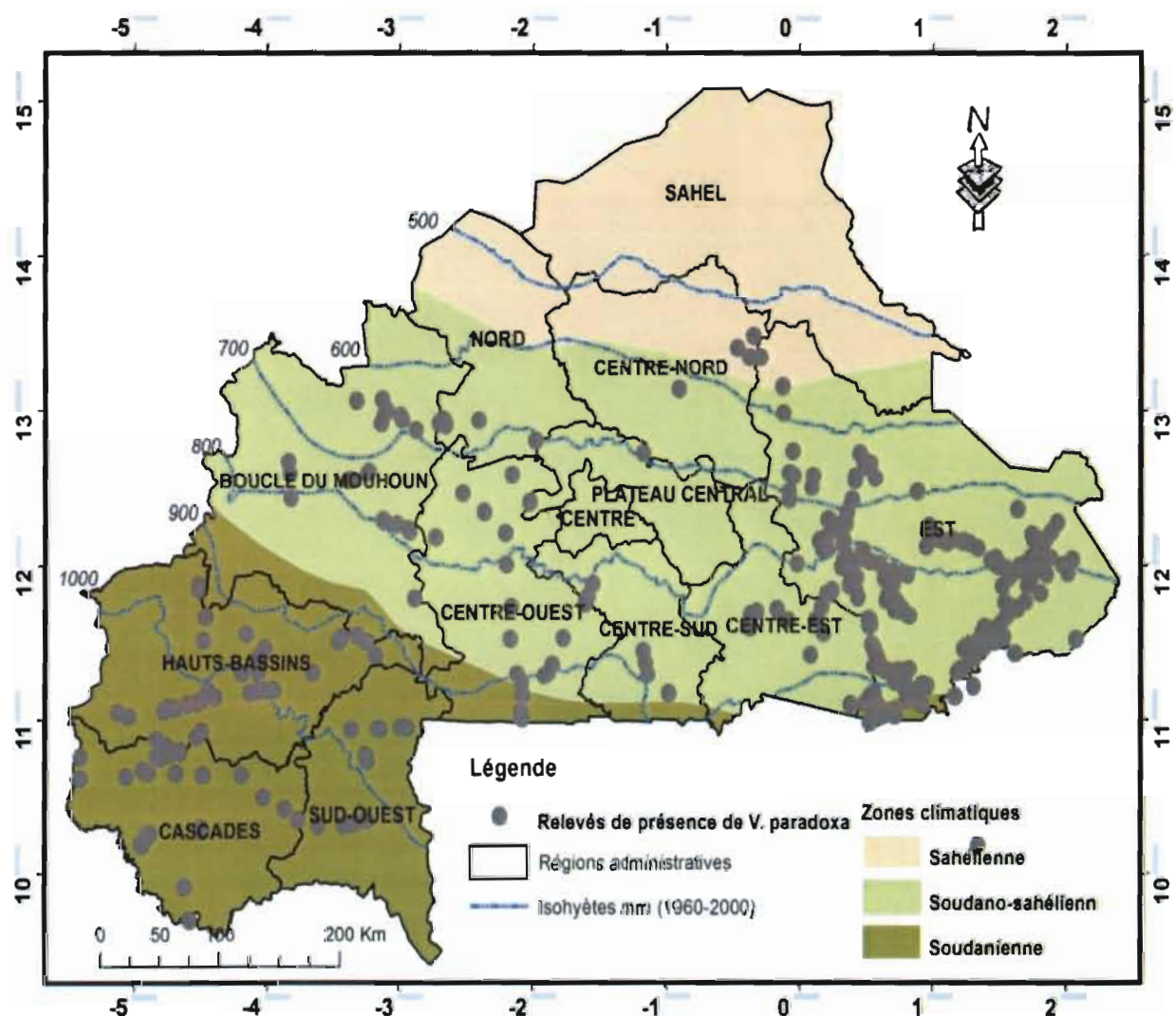


Figure 4. Distribution du karité au Burkina Faso. (Source : Base de données La B.E.V., 2015)

1.4. Variabilité morphologique

Le karité a fait l'objet de plusieurs caractérisations dont les caractères décrits sont essentiellement phénotypiques. Selon Guira (1997), les caractères phénotypiques les plus couramment utilisés pour distinguer les différents morphes de karité sont le port de l'arbre, la forme, la couleur et les dimensions des feuilles, la forme, la taille et le goût des fruits, la taille et la couleur des noix. De plus, il y a la période et le nombre de fructification dans l'année, la qualité de la pulpe, la distribution géographique et la quantité et la qualité du beurre extrait des amandes (Diarassouba *et al.*, 2008 ; Soro *et al.*, 2011). Le karité est la seule espèce du genre *Vitellaria* (Bonkougou, 1987). Cependant on distingue deux sous-espèces correspondant à deux aires de répartition géographique : (i) la sous-espèce (subs species) *parkii* (G. Don) Hepper présente en Afrique occidentale et centrale et la sous-espèce (subs species) *niloticum* (Kotschy) Hepper rencontrée en Afrique orientale. Cette dernière sous-espèce se distingue de la première par sa forte pilosité et ses fleurs plus grandes (Chevallier, 1943). Dans son aire de répartition, l'espèce présente trois variétés disséminées qui sont : (i) la variété *Poissoni* rencontrée dans le haut Benin, (ii) la variété *niloticum* qui se trouve au Sud du Soudan et (iii) la variété *mangifolium* dans la zone Nord soudanienne (Mali, Burkina). Pour la variété *mangifolium*, deux sous-variétés ont été identifiées. Il s'agit de : (i) la sous-variété *viridis* dont les feuilles sont petites, très ondulées et (ii) la sous variété *rubifolia*, dont les feuilles sont grandes, les bords lisses sont rouges à l'état jeune (Chevalier, 1943). Plus récemment, la combinaison des connaissances scientifiques (chercheurs) et endogènes (paysans) dans le cadre d'un projet financé par l'Agence Autrichienne pour le Développement (ADA), a permis l'identification de 13 ethno-variétés au Burkina Faso qui sont : *Taam bonlogo*, *Taam tolma*, *Taam bèèda*, *Taam guilssi*, *Taam gonsé*, *Taam miidou*, *Taam guissé*, *Taam ponsa*, *Taam zèem* et *Taam yiiba*, *Taam Zoonpela*, *Taam peelga*, *Taam noodo* (Sandwidi, 2015).

II. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

2.1.1 Sites d'étude

L'étude a été conduite au Burkina Faso dans les localités de Diabo dans la région de l'Est et de Pankatiore dans la région des Hauts-Bassins. Les sites appartiennent à deux zones agro-climatiques différentes, dont la zone Nord soudanienne (Diabo) et la zone Sud soudanienne (Pankatiore). Leurs caractéristiques pédoclimatiques sont consignées dans le tableau III.

Tableau III : Caractéristiques pédoclimatiques des sites d'étude

Diabo	Climat nord soudanien $600\text{mm} \leq P \leq 900\text{mm}$	Terrain plat avec deux topo-séquences (Moyen Glacis et Bas Glacis)	Sol ferrugineux tropical lessivé moyennement profond
Pankatiore	Climat sud soudanien $900\text{mm} \leq P \leq 1200$	Plateau ruiniforme avec deux topo-séquences (Moyen Glacis et Bas Glacis)	Sol argilo sableux et argileux

2.1.2. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des fruits des arbres de 5 ethno-variétés de karité. En moyenne, 20 fruits à maturité physiologique ont été récoltés sur 21 arbres de 5 ethno-variétés choisis de façon aléatoire dans les 2 sites de l'étude. Une ethno-variété est une variante décrite selon la perception paysanne (Sandwidi, 2015). Pour cette étude, les ethno-variétés sont nommées selon la forme et la taille des fruits. Les fruits d'un arbre sont considérés petits si la moyenne de leur longueur est inférieure 40 mm ; au-delà de cette taille, ils sont grands. La forme du fruit est définie selon la similarité de la forme de celui-ci à celle d'un solide de référence. Pour cela, nous nous sommes inspirés des formes définies par Diarassouba *et al.* (2009). Ainsi la forme ovoïde désigne les fruits ayant une forme arrondie c'est-à-dire que la valeur de la longueur et celle de la largeur sont presque identique. La forme fusiforme concerne les fruits allongés avec une différence d'au moins 10 mm entre la longueur et la largeur, la forme ellipsoïde est constituée des fruits de forme allongée cependant la différence

entre la valeur de la longueur et celle de la largeur n'excède pas 5 cm. La répartition des arbres entre les différentes ethno-variétés est résumée dans le tableau IV.

Tableau IV : Nombre d'arbres par ethno-variété.

Ethno-variété	Nombre d'arbres
Petit Fruit Ovoïde (PFO)	7
Petit Fruit Ellipsoïde (PFE)	2
Gros Fruit Ovoïde (GFO)	3
Gros Fruit Ellipsoïde (GFE)	4
Gros Fruit Fusiforme (GFF)	5

2.1.3. Matériel technique d'évaluation

2.1.3.1. Caractères biométriques

L'évaluation des paramètres biométriques des fruits a nécessité l'utilisation du matériel suivant : (i) un GPS qui a servi à géo-référencer les arbres, (ii) un pied à coulisse qui a servi à mesurer la longueur et la largeur des fruits et des noix ; (iii) une balance électronique pour la pesée des fruits, des noix et de la pulpe ; (iv) des sachets plastiques pour la conservation des amandes séchées et (v) les fiches de collecte de données (annexe 1).

2.1.3.2. Caractères biochimiques

Les paramètres biochimiques évalués dans cette étude sont la teneur en eau de la pulpe et des amandes de karité, le taux de cendres de la pulpe, le taux de sucres totaux de la pulpe, le taux d'acidité de la pulpe et la teneur en matière grasse des amandes. Le matériel utilisé dans l'évaluation de ces paramètres sont : (i) un broyeur (mortier en aluminium) pour le décortiquage et le concassage des amandes en particules fines ; (ii) une balance électronique pour la pesée des échantillons ; (iii) une étuve pour le séchage des échantillons ; (iv) un four pour l'incinération des échantillons ; (v) une centrifugeuse pour la décantation ; (vi) un vortex et un agitateur magnétique pour mélanger les broyats ; (vii) un spectrophotomètre pour la mesure de la migration ; (viii) un dessiccateur pour le refroidissement des échantillons ; (ix) un évaporateur rotatif (Rotavapor) ; (x) des nacelles en aluminium avec leurs couvercles et des creusets en porcelaine dans lesquels les échantillons ont été conservés pendant leur

passage à l'étuve ou au four ; (xi) divers accessoires de laboratoire tels que les ballons, les tubes d'extraction Soxhlet, les cartouches d'extraction, les cuves de spectrophotomètre, les fioles jaugées de 500 et 3000 ml, les tubes à essai en plastique et en verre, les béchers, les tubes de centrifugeuses, et des pipettes ont été utilisés.

Les réactifs utilisés sont l'hexane, la soude à 0.1%, le thymol, l'acide sulfurique à 60%, l'orcinol à 1,5% et de l'eau distillée.

2.2. Méthodes

2.2.1. Caractérisation biométrique des fruits et des noix des ethno-variétés

Pour la caractérisation biométrique des fruits de karité, la méthode a consisté à récolter 20 fruits mûrs en moyenne par arbre de 5 ethno-variétés de karité à Diabo et à Pankiatioro.

Après la récolte, les fruits sont mis dans des sachets plastiques étiquetés et transportés au laboratoire de Génétique et Microbiologie Forestière du Département Environnement et Forêt (DEF) de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) de Ouagadougou. Les mesures ont porté sur la longueur, la largeur et le poids de chaque fruit. Après ces mesures, les fruits sont dépulpés. La pulpe obtenue est pesée, conditionnée dans des sachets plastiques puis conservée au congélateur à -14°C.

La longueur, la largeur et le poids des noix fraîches ont aussi été mesurés. Elles ont ensuite été séchées au soleil et pesées à nouveau après séchage.

2.2.2. Caractérisation biochimique des amandes et de la pulpe

La caractérisation biochimique des amandes et de la pulpe a été réalisée dans le laboratoire physico-chimie du Département de Technologie Alimentaire (DTA) de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT). Les analyses effectuées ont été faites selon la méthode de référence, officiellement reconnue par les organismes internationaux comme étant la méthode qui donne le résultat le plus exact, c'est-à-dire le plus près de la valeur réelle de la concentration d'un constituant sous analyse. Aussi, chaque analyse est réalisée en deux essais (double) et la valeur retenue est la moyenne des deux essais.

2.2.2.1. Mesure du potentiel en matière grasse des amandes

- *Principe*

Il est basé sur la capacité de dissolution des lipides dans les solvants organiques en ébullition. C'est une méthode de la norme ISO 659 de juin 1998

- *Mode opératoire*

Il commence par la préparation de l'échantillon qui consiste à décortiquer puis broyer les amandes afin de les transformer en particules fines. Ensuite, 5g de l'échantillon pesé (Pe) sont mis dans une cartouche et la cartouche est bouchée avec du coton déshydraté. Elle est ensuite placée dans un Soxhlet et 200 ml d'hexane sont mis dans un ballon dont le poids à vide (Po) est préalablement déterminé. Après, le montage est réchauffé doucement jusqu'à 70°C pendant 4h tout en prenant soin de bien adapter préalablement le réfrigérant et le ballon. Après ce temps, le chauffage est arrêté et le solvant est récupéré à l'évaporation par rotavapor. Le ballon contenant la matière grasse et les traces de solvant est placé à l'étuve à 103°C pendant 1h. Après le séchage, le ballon est placé dans le dessiccateur pour son refroidissement puis, pesé pour déterminer son poids final (Pf).

- *Expression des résultats*

La teneur en matière grasse contenue dans l'échantillon s'obtient en appliquant la formule suivante :

$$MG = \frac{(Pf - Po)}{Pe} * 100 \quad (\text{avec : } MG = \text{Matière Grasse ; } Pf = \text{Poids final (ballon et matière grasse) ; } Po = \text{Poids à vide du ballon ; } Pe = \text{Prise d'essai})$$

2.2.2.2. Détermination des sucres totaux de la pulpe

- *Principe de la méthode*

En présence d'acide sulfurique concentré et à chaud, les glucides subissent une hydrolyse quantitative en libérant des oses libres et des unités osidiques déshydratés en dérivés sulfuriques qui se condensent avec l'orcinol (3,5-dihydroxytoluène) pour donner un complexe brun orangé. Cette coloration développe un maximum d'absorption à 510 nm au spectrophotomètre. C'est une méthode interne au laboratoire.

- **Mode opératoire**

La pulpe de chaque ethno-variété a été décongelée puis broyée au mixeur. Ensuite 0,1 g (Pe) du broyat obtenu est mis dans des tubes de centrifugeuse où 25 ml d'eau distillée sont ajoutés. Le mélange est mis dans un agitateur magnétique pendant 10 mn puis transvasé dans une fiole jaugée de 100 ml et complété d'eau distillée et homogénéisé. 1 ml de cet homogénéisât a été prélevé dans un tube à essai où 2 ml de réactif à l'orcinol et 7 ml de H₂SO à 60% sont ajoutés. Après le mélange, les tubes sont portés au bain marie bouillant pendant 20 minutes, à l'obscurité pendant 45 minutes, puis à la température ambiante pendant 10 minutes. Ensuite, ils ont été homogénéisés à l'aide d'un vortex avant la mesure de la densité optique (Do) à 510 nm au spectrophotomètre.

- **Courbe d'étalonnage du D-glucose**

La teneur en sucres totaux est déterminée grâce à la courbe d'étalonnage du D-glucose. Cette courbe (fig. 5) est obtenue à partir des mesures de l'absorption à 510 nm d'une solution mère homogène de D-glucose de concentration 1 mg/ml. La solution mère est obtenue par dilution dans l'eau distillée de 0,1 g de D-glucose dans une fiole jaugée de 100 ml. Pour établir la courbe d'étalonnage, une gamme de concentration de la solution mère a été établie dans 8 tubes à essai suivant le tableau V.

Tableau V : Préparation de la gamme de concentration.

N° Tubes	T	1	2	3	4	8	6	7
Solution de D-glucose (ml)	0	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	1
H ₂ O distillée (ml)	1	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0
Réactif à l'orcinol (ml)	2	2	2	2	2	2	2	2
H ₂ SO ₄ à 60% (ml)	7	7	7	7	7	7	7	7
Concentration	0	0,05	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,4

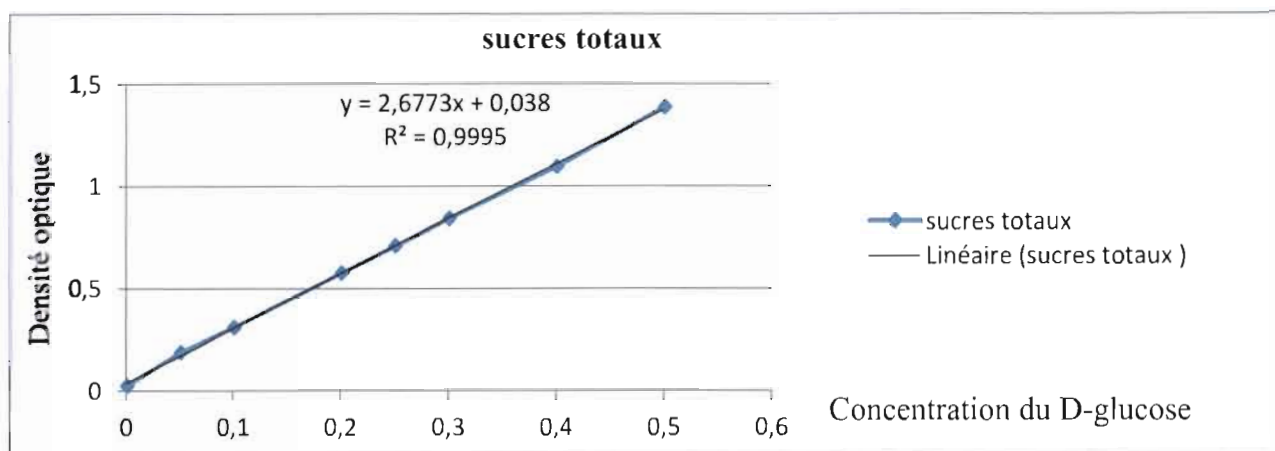


Figure 5. Courbe d'étalonnage

- **Expression de résultats**

La teneur en sucres totaux est déterminée en se rapportant à l'équation de régression de la courbe d'étalonnage grâce à la formule suivante :

$$ST = \frac{10 \cdot (Do - 0,038)}{(Pe \cdot 2,6773)} \quad (\text{avec } ST = \text{Sucres Taux ; } Do : \text{Densité optique de chaque échantillon ; } Pe : \text{Prise d'essai}).$$

2.2.2.3. Teneur en eau de la pulpe et des amandes

La teneur en sucres totaux de la pulpe et le potentiel en beurre des amandes étant exprimés en fonction de leur taux d'humidité respective, la connaissance des valeurs de ces taux est donc une nécessité. Pour cela, la méthode dite « d'une nuit » est appliquée pour déterminer la teneur en eau de la pulpe et des amandes.

- **Principe de la méthode**

Il est basé sur la différence de poids d'un échantillon avant et après son passage à l'étuve. C'est une méthode de la norme française V05-105 de janvier 2014.

- **Mode opératoire**

Il commence par le séchage des nacelles vides et de leurs couvercles à l'étuve pendant 1 h à 130°C, leur refroidissement au dessiccateur pendant 30 minutes et la détermination de leur poids à vide (Po). Pour la suite, il faut peser 5 g (Pe) de l'échantillon (pulpe ou amande broyée) dans une nacelle et la placer à l'étuve à 105°C pendant une nuit (12 heures). Après son séjour à l'étuve, la nacelle est sortie et mise au dessiccateur pendant 30 minutes pour son refroidissement. Suite à cela, son poids final (Pf) est déterminé.

- **Expression des résultats**

La teneur en eau de l'échantillon est déterminée par la formule suivante :

$$H = \frac{Pe - (Pf - Po)}{Pe} * 100$$
 (avec : H= teneur en eau ; Pe = Prise d'essai ; Po = Poids à vide des nacelles ; Pf = Poids final (nacelle + prise d'essai)).

2.2.2.4. Mesure de l'acidité de la pulpe

- **Principe de la méthode**

Le principe de la méthode est basé sur les dosages acido-basiques des échantillons. C'est une méthode de la norme ISO 7305 de Novembre 1998.

- **Mode opératoire**

Il consiste à peser 5 g (Pe) d'échantillon broyé dans un tube de centrifugeuse puis à y ajouter 25 ml d'eau distillée. Le mélange est ensuite placé dans un agitateur magnétique pendant 1 h puis dans une centrifugeuse pendant 15 minutes. A la fin de cette opération, 20 ml du surnageant sont transvasés dans un bécher additionnés de 3 gouttes de thymol et le mélange titré avec la soude à 0,1N, jusqu'à ce que la coloration rose indiquant la fin du dosage persiste pendant 30 secondes.

- **Expression des résultats**

La teneur en acide de la pulpe est obtenue à travers la formule suivante :

$$A = \frac{(N * V * VT)}{(V * Pe)} * (0,070 * 100)$$
 (avec : A= Acidité ; N = Normalité de NaOH ;

V = volume de NaOH ; VT = Volume Total ; Pe = Prise d'essai ; 0,070 = Facteur de conversion en acide citrique).

2.2.2.5. Teneur en cendre de la pulpe

- *Principe de la méthode*

La teneur en cendre est obtenue par pesée différentielle de l'échantillon avant et après incinération. C'est une méthode de la norme ISO 2171 : 2007.

- *Mode opératoire*

Il commence par le séchage au four à 650°C pendant 15 minutes des creusets, leur refroidissement au dessiccateur pendant une heure et la détermination de leur poids à vide (Po). Pour cela, il faut introduire dans le creuset 5 g (Pe) d'échantillon et placer l'ensemble au four à 550°C pendant une nuit puis au dessiccateur pendant une heure. Après ces opérations, on détermine le poids final (Pf) de l'échantillon par pesée.

- *Expression des résultats*

La teneur en cendre de l'échantillon s'obtient en appliquant la formule suivante :

$$C = \frac{(Pf - Po)}{Pe} * 100 \quad (\text{avec : } C = \text{Cendre ; } Pf = \text{Poids final ; } Po = \text{Poids à vide des creusets ; } Pe = \text{Prise d'essai})$$

2.2.3. Analyse des données

Les données collectées ont été saisies dans le tableur Excel 2013 où certains graphiques ont aussi été élaborés. Le logiciel XLSTAT version 2014.4.06 a été utilisé pour l'analyse des données. Les analyses effectuées sont : (i) l'analyse de variance (ANOVA) qui a permis de comparer toutes les variables mesurées, (ii) l'analyse en composantes principales (ACP) qui a servi à effectuer l'analyse simultanée des paramètres biométriques, et biochimiques et leur représentation dans des plans bidimensionnels ; (iii) la classification ascendante hiérarchisée qui a permis de regrouper les ethno-variétés en groupes à travers des dendrogrammes obtenus avec l'indice de similarité ; (iv) les régressions linéaires simples et multiples qui ont servi à établir des corrélations négatives et positives entre les paramètres biométriques et les paramètres biochimiques.

III. Résultats

3.1. Caractérisation des ethno-variétés à partir des paramètres biométriques des fruits et des noix

3.1.1. Analyses uni-variées

3.1.1.1. Analyses de variances

Les analyses de variances effectuées variable par variable ont révélé des différences significatives entre les ethno-variétés pour toutes les variables mesurées sur les fruits et les noix. (Tableaux VI et VII).

Ainsi, pour les variables poids du fruit, longueur du fruit, largeur du fruit et poids de la pulpe, les valeurs des probabilités sont respectivement de 0,007 ; 0,001 ; 0,007 et 0,005 (tableau VI).

Pour les variables longueur, largeur et poids de la noix, les valeurs des probabilités sont respectivement de 0,047 ; 0,040 et 0,005 (tableau VII).

Tableau VI : Analyses de variances des paramètres biométriques des fruits.

Variables	Valeur-F	P > F	Moyenne de l'essai
Longueur de fruit	7,99	0,001**	41,488 ±06,13
Largeur de fruit	4,44	0,013*	34,708 ±04,54
Poids de fruit	5,21	0,007**	28,308 ±10,02
Poids de la pulpe	5,56	0,005**	19,393 ±06,71

* : significatif au seuil de 5% ; ** significatif au seuil de 1%.

Tableau VII : Analyses de variances des paramètres biométriques des noix.

Variables	Valeur-F	P > F	Moyenne de l'essai
Longueur de la noix	4,65	0,047*	30,76 ±4,10
Largeur de la noix	3,07	0,040*	22,58 ±3,36
Poids de la noix	3,23	0,005**	09,11 ±3,66

* : significatif au seuil de 5% ; ** significatif au seuil de 1%.

3.1.1.2. Valeurs moyennes des variables mesurées par ethno-variétés.

Les valeurs moyennes des variables biométriques et biochimiques résumées dans le tableau VIII sont exprimées en millimètre (mm) pour les dimensions et en gramme (g) pour le poids. Celles des variables biochimiques sont en pourcentage.

Tableau VIII : Moyennes des variables mesurées par ethno-variété.

Ethno-variété	PFO	PFE	GFO	GFE	GFF	
Moyenne variable						Moyenne ethno-variétés
Longueur du fruit	35,44	37,51	46,36	45,05	45,69	42,01
Largeur du fruit	31,88	33,33	41,26	36,99	33,43	35,39
Poids du fruit	20,55	22,02	38,45	37,35	28,22	29,32
Longueur de la noix	27,35	30,1	34,08	34,81	30,48	31,36
Largeur de la noix	20,92	23,13	26,63	24,4	20,48	23,11
Poids de la noix	7,04	8,77	12,82	12,1	7,36	9,62
Poids de la pulpe	14,18	13,25	25,65	25,12	20,76	19,79
Matière grasse amandes	47,81	45,22	45	45,18	43,5	45,34
Humidité amandes	4,09	3,76	3,96	4,15	4,12	4,02
Sucres totaux	35,29	51,44	40	40,48	42,1	41,86
Humidité pulpe	72,69	77,91	69,15	69,97	72,28	72,40
Cendre pulpe	5,68	4,61	4,13	5,15	4,53	4,82
Acidité	2,5	1,84	1,78	1,71	2,11	2,00

PFO : petit fruit ovoïde ; GFE : gros fruit ellipsoïde ; GFF : gros fruit fusiforme ; PFE : petit fruit ellipsoïde ; GFO : gros fruit ovoïde.

3.1.1.3. Comparaison des moyennes des variables biométriques

- *Comparaison des moyennes des fruits des ethno-variétés*

La comparaison des moyennes des paramètres biométriques des fruits par le test de Tukey au seuil de 5 % permet de répartir les ethno-variétés en 3 groupes notés a, ab et b pour tous les paramètres considérés. Le groupe a est constitué des ethno-variétés ayant de fortes valeurs du paramètre considéré, le groupe ab est constitué par les ethno-variétés ayant des valeurs moyennes pour le paramètre et le groupe b est constitué par les ethno-variétés ayant de faibles valeurs pour le paramètre. La répartition des ethno-variétés entre les groupes est donnée dans le tableau IX.

Tableau IX : Test de comparaison des moyennes des ethno-variétés à partir des variables mesurées sur les fruits.

	LgFr	LagFr	PdFr	PdP
Ethno-variétés	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
PFO	35,44 ± 2,69 b	31,88 ± 02,55 b	20,55 ± 04,42 b	14,19 ± 03,48 b
PFE	37,51 ± 0,33 ab	33,33 ± 0,11 ab	22,02 ± 00,76 b	13,24 ± 00,23 b
GFE	45,05 ± 2,65 a	36,99 ± 02,64 ab	37,34 ± 10,18 a	25,12 ± 06,88 a
GFF	45,77 ± 3,01 a	33,47 ± 01,93 ab	28,37 ± 03,15 ab	20,81 ± 01,73 ab
GFO	46,36 ± 8,66 a	41,26 ± 07,77 a	38,45 ± 14,20 a	25,65 ± 08,67 a

LgFr : Longueur de fruit ; **LagFr** : Largeur de fruit ; **PdFr** : Poids de fruit ; **PdP** : Poids de la pulpe.
NB. Les valeurs ayant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes pour la variable considérée

- *Comparaison des moyennes des variables mesurées sur les noix*

La comparaison des moyennes des paramètres biométriques des noix par le test de Tukey au seuil de 5% a permis de répartir les ethno-variétés en 3 groupes pour le paramètre longueur de la noix (LgN). Le groupe a est constitué par les ethno-variétés ayant les plus grandes valeurs de longueur, le groupe ab est constitué par les ethno-variétés ayant des valeurs moyennes et le b est constitué des ethno-variétés ayant de faibles longueur. Pour les paramètres largeur de la noix (LagN) et poids de la noix (PdN) le test de comparaison des moyennes n'a pas montré de différence entre les ethno-variétés (tableau X).

Tableau X : Test de comparaison des moyennes des ethno-variétés à partir des variables mesurées sur les noix.

Ethno-variétés	LgN	LagN	PdN
	Moyenne	Moyenne	Moyenne
PFO	27,35 ± 2,34 b	20,92 ± 2,39 a	07,04 ± 1,83 a
PFE	30,10 ± 0,39 ab	23,13 ± 0,13 a	8,77 ± 0,52 a
GFE	34,81 ± 3,54 a	24,40 ± 3,13 a	12,10 ± 3,83 a
GFF	30,63 ± 4,40 ab	20,79 ± 5,36 a	7,54 ± 5,93 a
GFO	34,08 ± 4,10 a	26,63 ± 3,36 a	12,82 ± 3,66 a

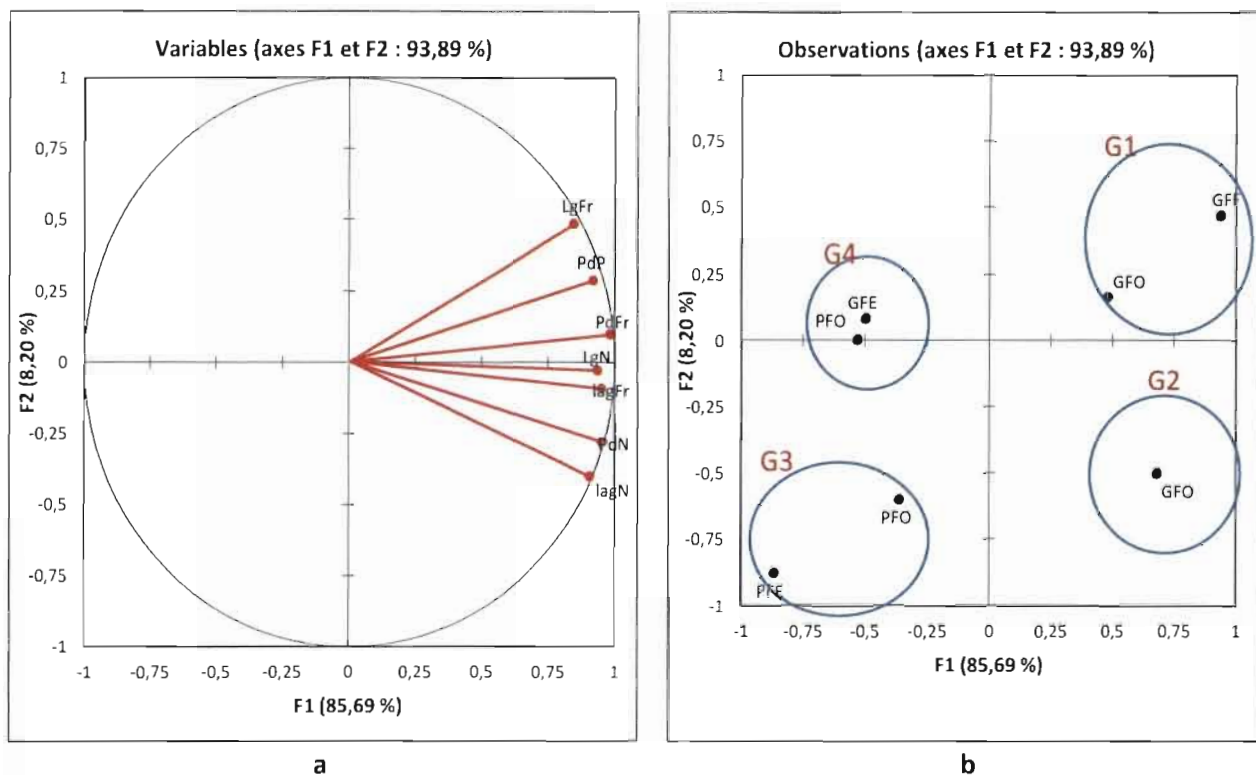
LgN : Longueur de la noix ; *LagN* : Largeur de la noix ; *PdN* : Poids de la noix

NB. Les valeurs ayant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes pour la variable considérée.

3.1.2. Analyses multi variées

3.1.2.1. Analyses en Composantes Principales (ACP) des paramètres biométriques

Les analyses en composantes principales (ACP) effectuées avec toutes les variables biométriques mesurées ont permis de former des groupes d'individus sur la base de la plus proche ressemblance. Les deux premiers axes notés F1 et F2 contribuent à expliquer 93,89 % de la variabilité biométrique observée entre les ethno-variétés avec une contribution individuelle de 85,69 % pour l'axe F1 et 8,20 % pour l'axe F2. Les variables largeur du fruit, poids du fruit, longueur de la noix et poids de la noix définissent l'axe F1. L'axe F2 est défini par les variables longueur du fruit, largeur de la noix (figure 6a). La représentation des ethno-variétés dans le plan formé par les axes F1 et F2 fait ressortir la présence de 4 groupes d'individus (figure 6b). Les individus du groupe G1 ont de gros fruits avec de grosses noix, le groupe G2 est constitué des individus ayant de gros fruits avec de petites noix, le groupe G3 est constitué des individus ayant de petits fruits avec de petite noix et le groupe G4 est constitué des individus ayant de petits fruits avec de petites noix.



LgFr : longueur de fruit ; *LagFr* : largeur de fruit ; *PdFr* : poids de fruit ; *LgN* : longueur de la noix ; *LagN* : largeur de la noix ; *PdN* : poids de la noix.

Figure 6. Représentation bidimensionnelle des paramètres biométriques et des individus.

3.1.2.2. Analyses en Composantes Principales (ACP) des formes

L'analyse en composantes principales effectuée avec toutes les variables biométriques mesurées a permis de former des groupes d'individus plus ou moins homogènes en fonction de leur forme. Les principaux axes notés F1 et F2 ont une contribution de 96,82% à la variabilité totale soit une contribution individuelle de 86,67% pour l'axe F1 et 10,16% pour l'axe F2 (figure 7a). La représentation des ethno-variétés dans le plan formé par les axes F1 et F2 (figure 7b) fait ressortir présence de 2 formes aux fruits de karité. Les groupes G1 et G3 sont constitués par les fruits de forme ellipsoïde avec un rapprochement des formes ellipsoïde et ovoïde. Le groupe G2 est constitué par les fruits de forme fusiforme.

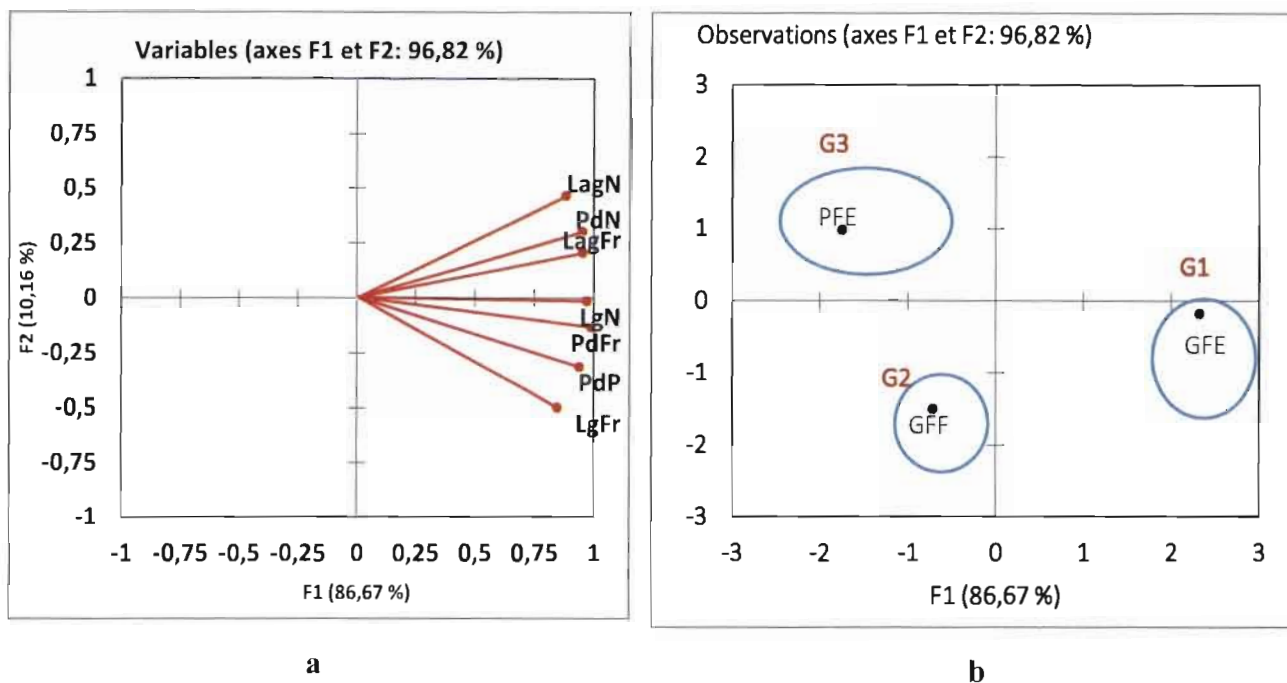


Figure 7. Représentation bidimensionnelle des paramètres biométriques et des individus

3.1.2.3. Classifications Ascendantes Hiérarchisées CAH

Les classifications ascendantes hiérarchisées (CAH) réalisées à partir des paramètres biométriques ont permis une répartition des ethno-variétés en groupes constitués d'individus similaires suivant la taille des fruits. Les distances euclidiennes calculées ont permis la réalisation d'un dendrogramme (figure 8) résumant les caractéristiques des individus des différents ensembles et classes. Le dendrogramme montre la présence de deux grands ensembles notés E1 et E2. L'ensemble E1 est constitué des individus gros fruit ovoïde et gros fruit ellipsoïde qui se différencient nettement des autres individus. L'ensemble E2 constitué d'un mélange d'individus à gros et à petits fruits se divise en deux classes C1 et C2 au niveau du degré de similitude 95,9 %. La classe C1 constituée de 88 % de gros fruits et 12 % de petits fruits. La classe C2 quant à elle est constituée de 80 % de petits fruits et 20 % de gros fruits.

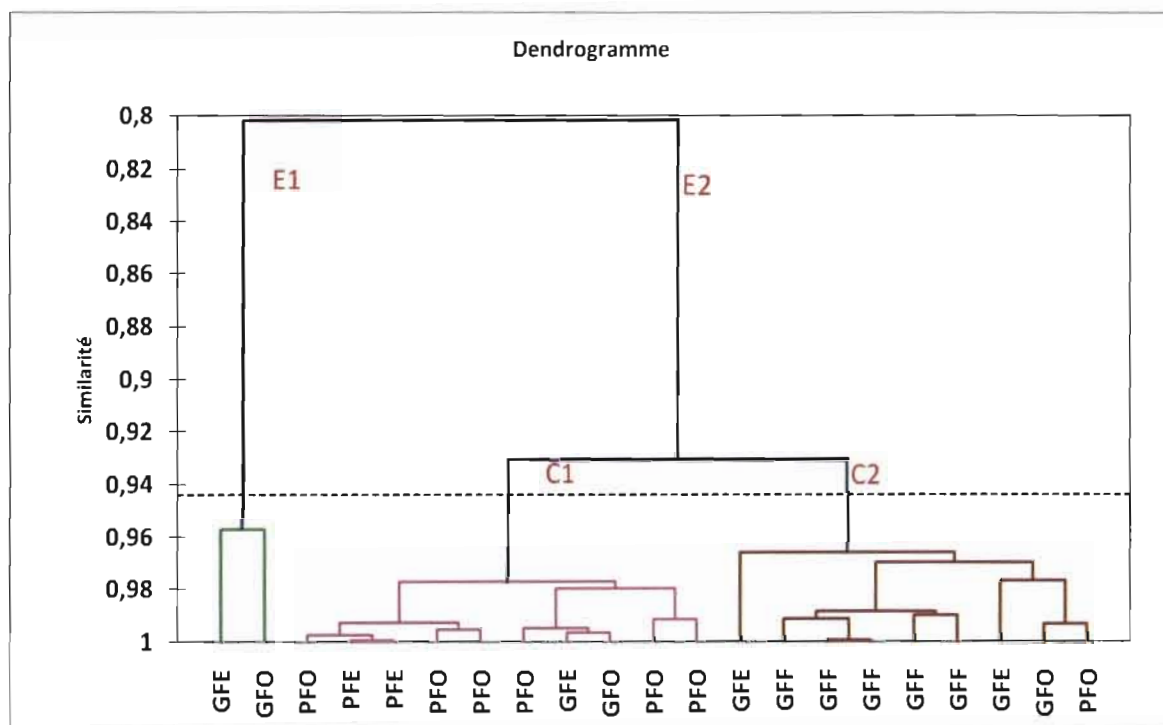


Figure 8. Structuration des ethno-varétés en fonction des paramètres biométriques.

3.2. Caractérisation des ethno-varétés à travers les paramètres biochimiques

3.2.1. Analyses de variances

Les analyses de variances effectuées avec tous les paramètres biochimiques de la pulpe et des amandes de karité (tableau XI) n'ont pas révélé de différence significative entre les individus des différentes ethno variétés.

Tableau XI : Analyses de variances des paramètres biochimiques

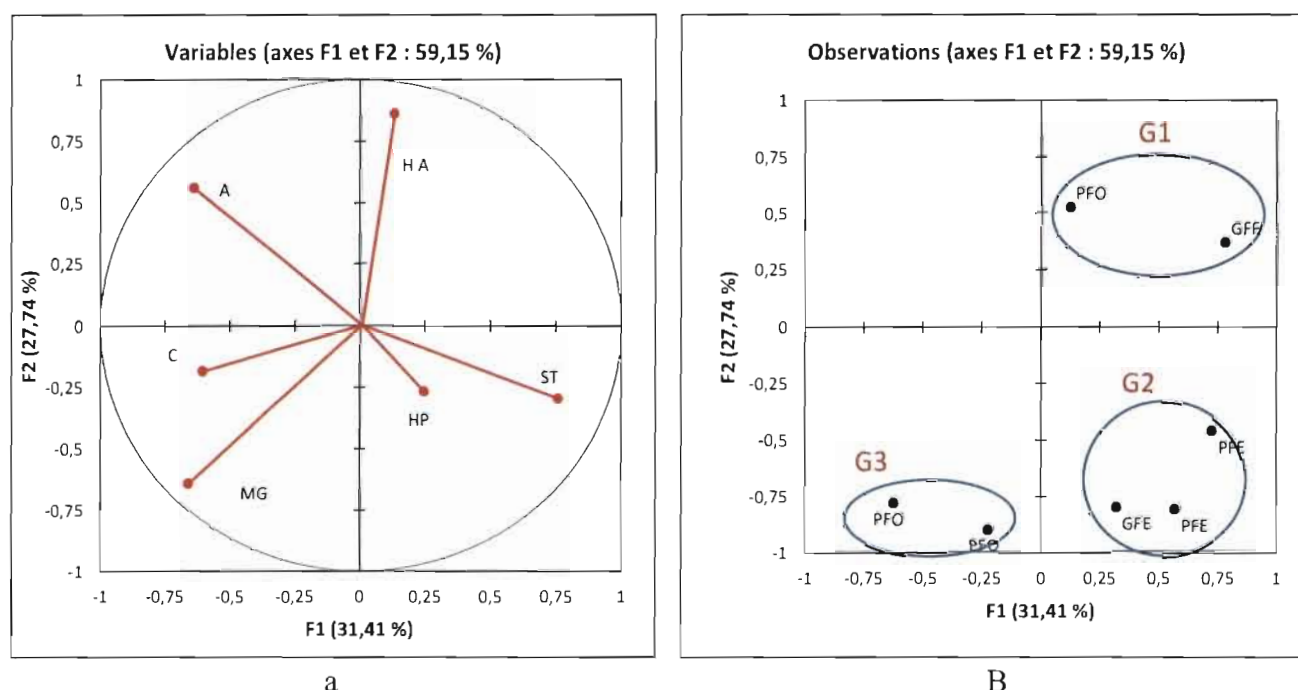
Variable	Somme des Carrés	Carré Moyen	Valeur F	P > F
Humidité amande	0,268	0,067	0,134	0,968 NS
Matière Grasse	48,712	12,178	0,531	0,715 NS
Humidité pulpe	118,48	29,62	1,65	0,211 NS
Acidité pulpe	6,814	1,704	0,345	0,844 NS
Cendre pulpe	526,676	131,69	0,329	0,855 NS

NS : non significatif au seuil de 5%.

3.2.2. Analyses multi variées

3.2.2.1. Analyses en composantes Principales (ACP)

Les analyses en composantes principales (ACP) effectuées avec les variables biochimiques ont permis de répartir les individus en groupes et de les positionner selon les variables dans le premier plan formé par les axes F1 et F2. Les axes F1 et F2 ont une contribution de 88,95 % dans l'explication de la variabilité biochimiques des fruits des ethno-variétés. La contribution individuelle de chaque axe est de 31,41 % pour F1 et 27,74 % pour l'axe F2. Les variables sucres totaux (ST) et acidité (A) contribuent à la formation de l'axe F1 et celles humidité des amandes (HA) et matière grasse (MG) contribuent à la formation de l'axe F2 (figure 9a). La représentation graphique des ethno-variétés dans le plan formé par les axes F1 et F2 (figure 9b) révèle la présence de 3 groupes. Les groupes G1 et G3 constitués des individus ayant de petits et gros fruits de formes ovoïde fusiforme ou ellipsoïde sont caractérisés par une teneur en sucres totaux élevée de la pulpe et un faible potentiel en matière grasse des amandes. Le groupe G2 est constitué des ethno-variétés petits fruits et ovoïdes. Les individus de ce groupe ont un potentiel en matière grasse plus élevé la pulpe est moins riche en sucres totaux.



HP : humidité de la pulpe ; *C* : cendre de la pulpe, *A* : acidité de la pulpe ; *ST* : sucres totaux de la pulpe ; *HA* : humidité amande ; *MG* : matière grasse amandes ;

Figure 9. Représentation bidimensionnelle des variables biochimiques et des individus dans le plan $\frac{1}{2}$.

Dans la deuxième ACP, le plan formé par les axes F1 et F3 (figure 10a), est complémentaire au premier plan et explique 51,21 % de la variabilité observée sur les fruits des ethno-variétés avec des contributions individuelles de 31,41 % pour l'axe F1 et 19,80 % pour l'axe F3. L'axe F3 formé par les variables humidité de la pulpe (HP) et taux de cendre (C) est l'axe de la pulpe. La représentation des individus dans ce plan révèle la présence d'un seul groupe d'individus dont 60 % des fruits de ces individus sont gros et 40 % sont petits. Ces fruits sont fusiformes (60 %), ellipsoïdes (20 %) et ovoïdes (20 %). En plus, leur pulpe a une forte teneur en eau et une faible teneur en cendre.

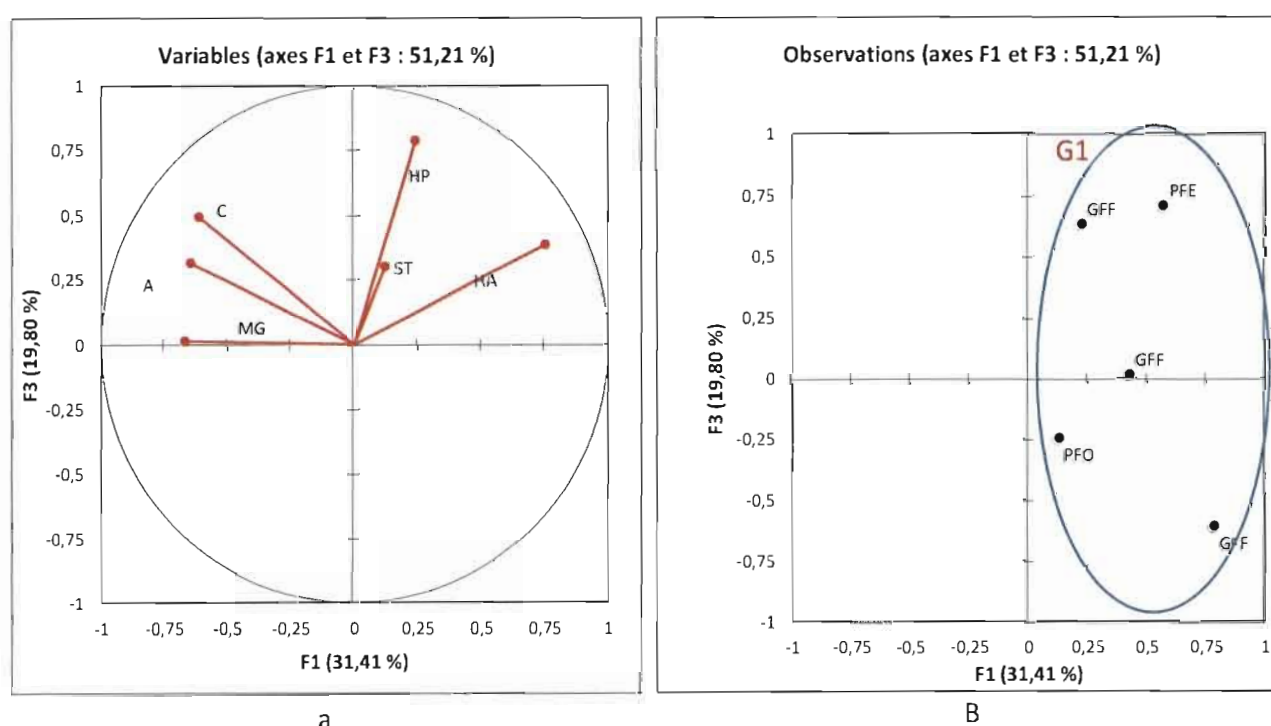


Figure 10. Représentation bidimensionnelle des variables biochimiques et des individus dans le plan1/3.

3.2.2.2. Classifications Ascendantes Hiérarchisées (CAH)

La Classification Ascendante Hiérarchisée (CAH) réalisée à partir des paramètres biochimiques a permis une répartition des ethno-variétés en 3 classes d'individus similaires. Le dendrogramme réalisé à partir des distances euclidiennes calculées (figure 11) montre la répartition des individus entre les différentes classes. La troncature effectuée à un degré de similitude de 96 % montre que la classe C1 est constituée de 50 % de gros fruits et 50 % de petits fruits. La classe C2 est constituée de 66% de gros fruits et de 34 % de petits fruits. La classe C3 est constituée de 55 % de gros fruits et 45 % de petits fruits. Pour la forme des fruits la classe C1 est constituée de 67 % de fruits ovoïdes et 33 % de fruits ellipsoïdes. La classe

C2 est constituée de fruits ovoïdes, fusiformes et ellipsoïdes à proportion égale. La classe C3 est constituée de 22 % de fruits fusiformes, 45 % de fruits ovoïdes et 33 % de fruits ellipsoïdes.

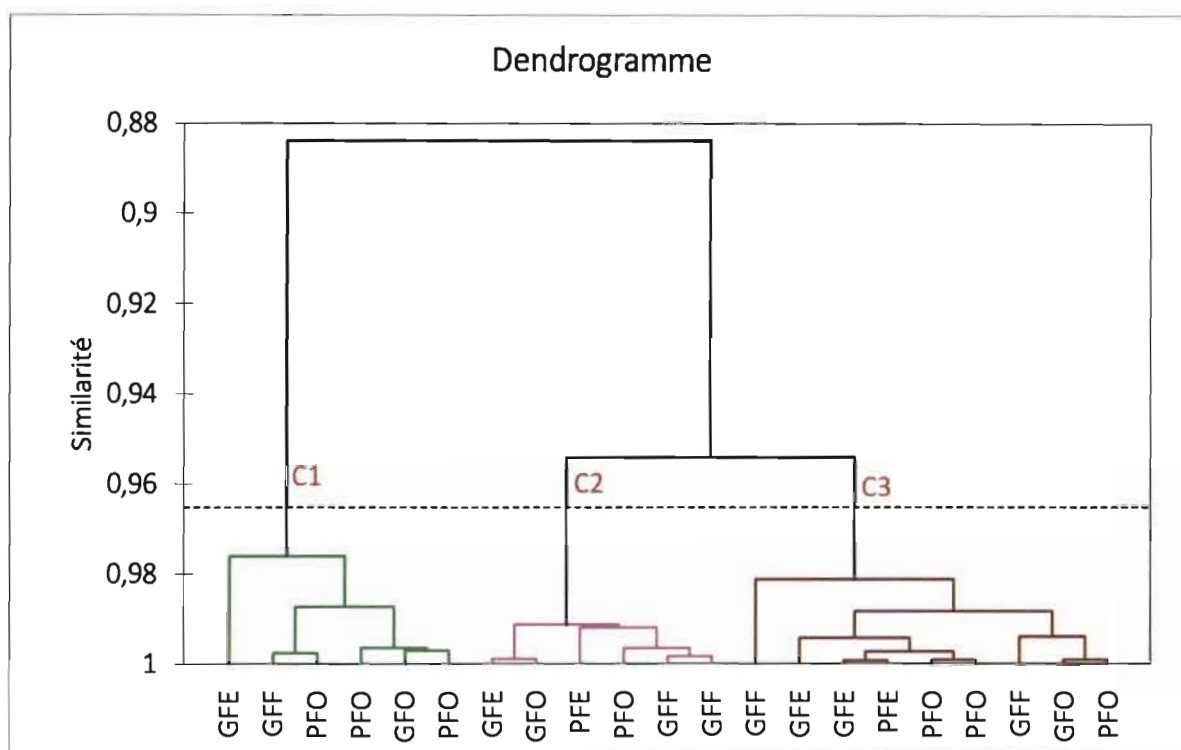


Figure 11. Dendrogramme de la structuration des ethno-variétés en fonction des paramètres biochimiques.

3.3. Caractérisation des ethno-variétés à partir de tous les paramètres

3.3.1. Analyses en Composantes Principales (ACP)

Les analyses en composantes principales effectuées avec les paramètres biométriques et biochimiques ont permis la construction de groupes homogènes au niveau des ethno-variétés. Les deux principaux axes notés F1 et F2 expliquent 61,61 % de la variabilité observée soit une contribution individuelle de 47,44 % pour l'axe F1 et 14,17 % pour l'axe F2 (figure 12a). Les variables qui ont contribué à la création de l'axe F1 sont : LgFr, LagFr, PdFr, LgN, LagN, et PdN. Pour l'axe F2 on a les variables suivantes, ST, C, HP, A et MG. La répartition des ethno variétés dans le plan formé par les axes F1 et F2 a permis de les regrouper en 3 groupes homogènes (figure 12b). Le groupe G1 est constitué des ethno variétés à grandes dimensions de fruits et de noix, à pulpe sucrée et à faible production en beurre. Le

groupe G2 regroupe les ethno variétés ayant des fruits et des noix de petites dimensions, la pulpe est peu sucrée et les amandes sont riches en matière grasse. Les ethno variétés du groupe G3 sont de petites et de grandes tailles, la pulpe des fruits est sucrée et les amandes sont peu riches en matière grasse.

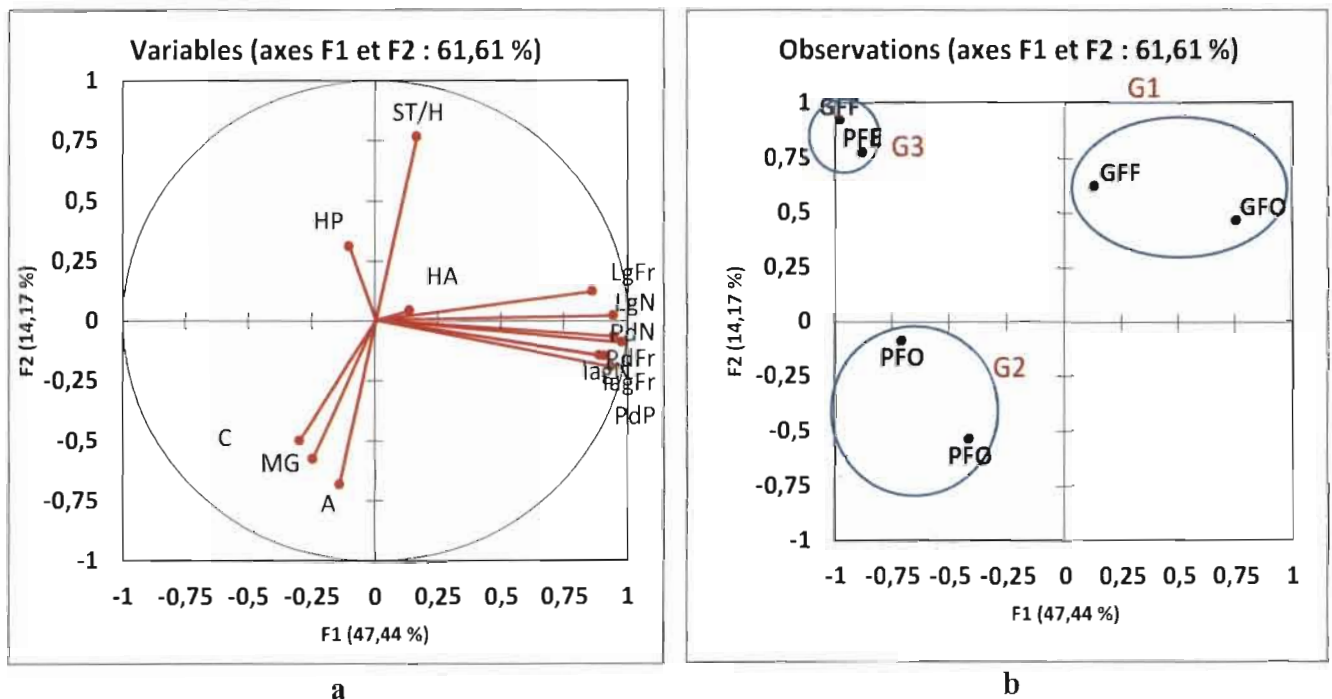


Figure 12. Représentation bidimensionnelle des ethno-variétés et des individus (Plan 1/2)

3.3.2. Classifications Ascendantes Hiérarchisées (CAH)

Les classifications ascendantes hiérarchisées (CAH) réalisées avec les paramètres biométriques et biochimiques mesurés ont permis la répartition des ethno-variétés en groupes homogènes. Une troncature effectuée au degré de similitude de 94,8 % permet d'obtenir 4 classes notées C₁, C₂, C₃ et C₄ (figure 13). La répartition des individus entre les classes est résumée dans le tableau XII.

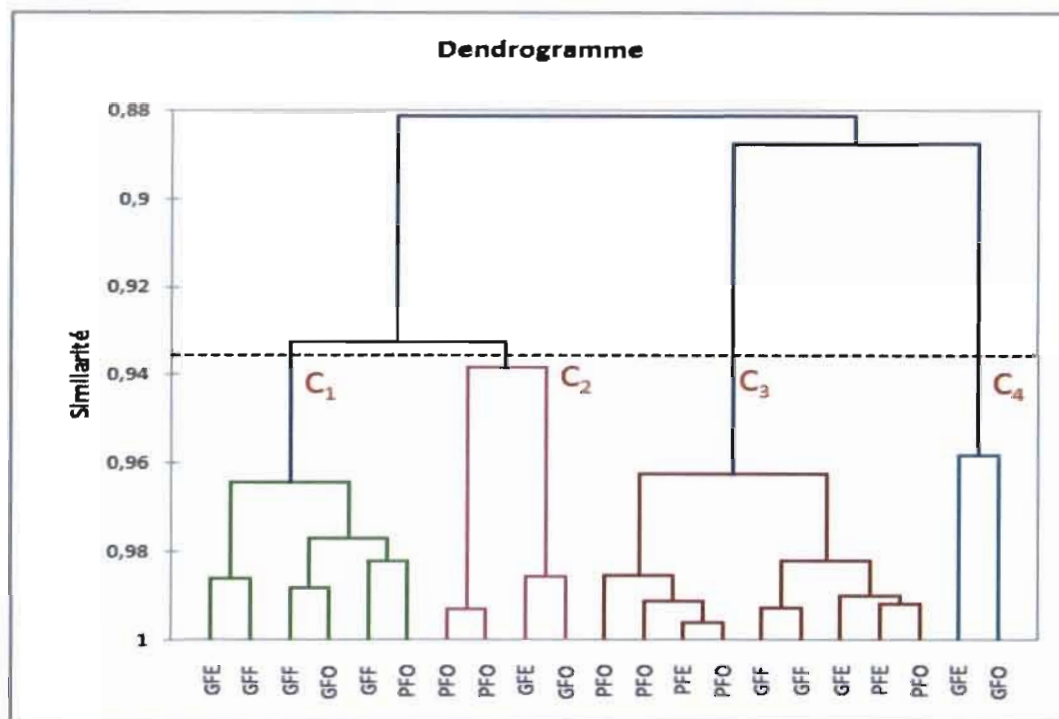


Figure 13. Dendrogramme de la structuration des ethno-variétés en fonction des paramètres biométriques et biochimiques.

Tableau XII : Répartition des individus selon la classe

	PFO	PFE	GFO	GFE	GFF
C1	1	0	1	1	3
C2	2	0	1	1	0
C3	4	2	0	1	2
C4	0	0	1	1	0

3. 3.3. Régressions

3.3.3.1. Régressions linéaires simples

Les régressions linéaires simples effectuées entre le potentiel en matière grasse des amandes et les paramètres biométriques des fruits ont montré des corrélations négatives non significatives (figure 14). De plus celles réalisées entre le taux de sucre de la pulpe et les paramètres biométriques des fruits n'ont pas montré de corrélations (figure 15). La même observation est faite en ce qui concerne le taux de sucre de la pulpe et le potentiel en matière grasse des amandes (figure 16).

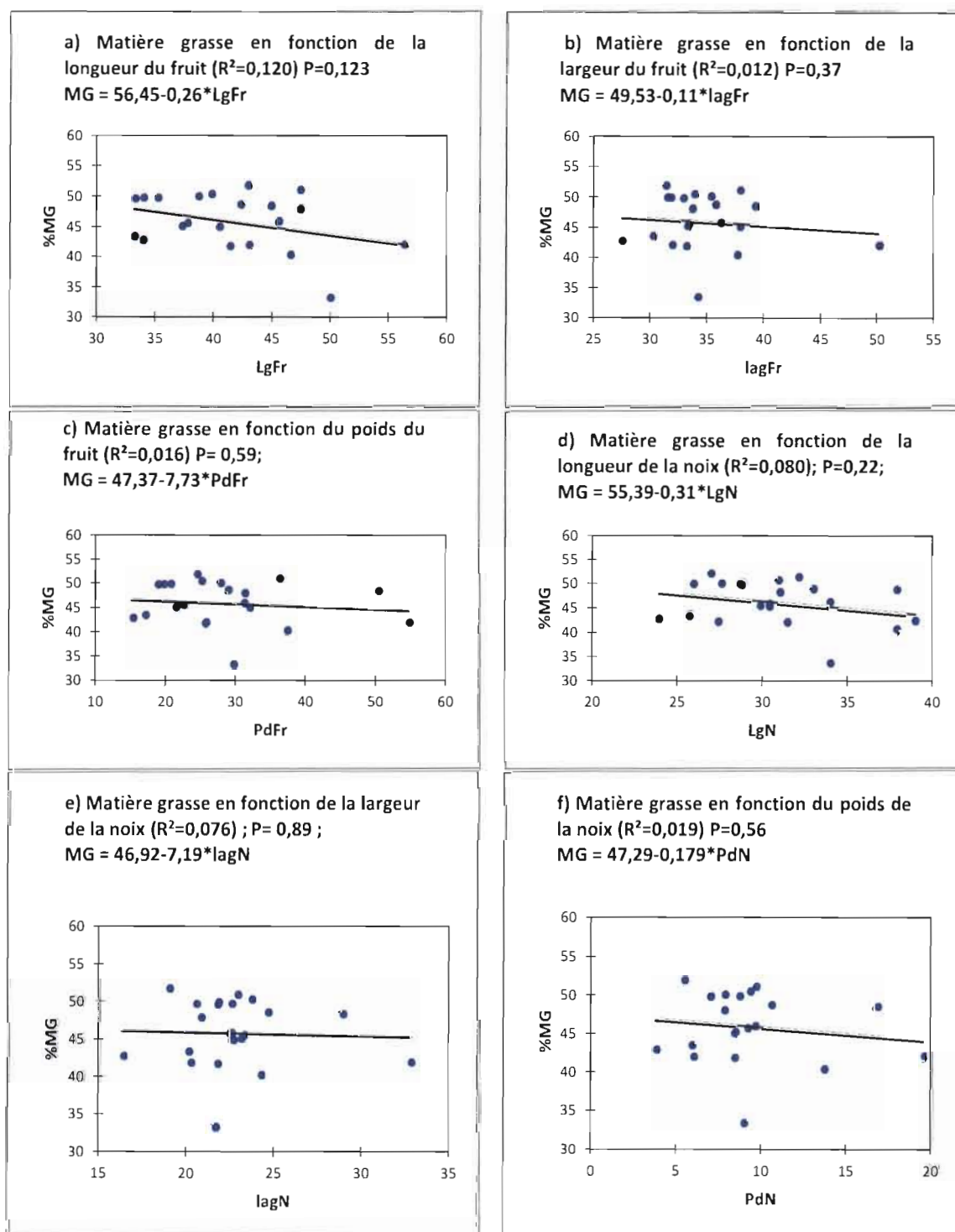


Figure 14. Relation entre le potentiel en matière grasse et les paramètres biométriques des fruits.

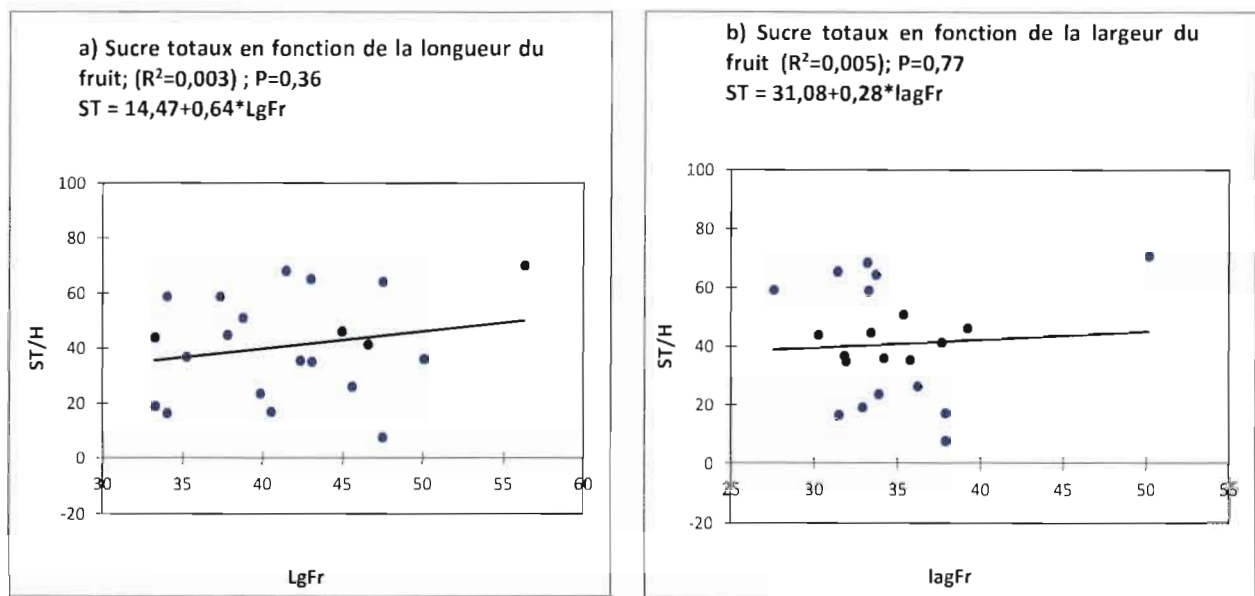


Figure 15. Relation entre le taux de sucre et les variables des fruits.

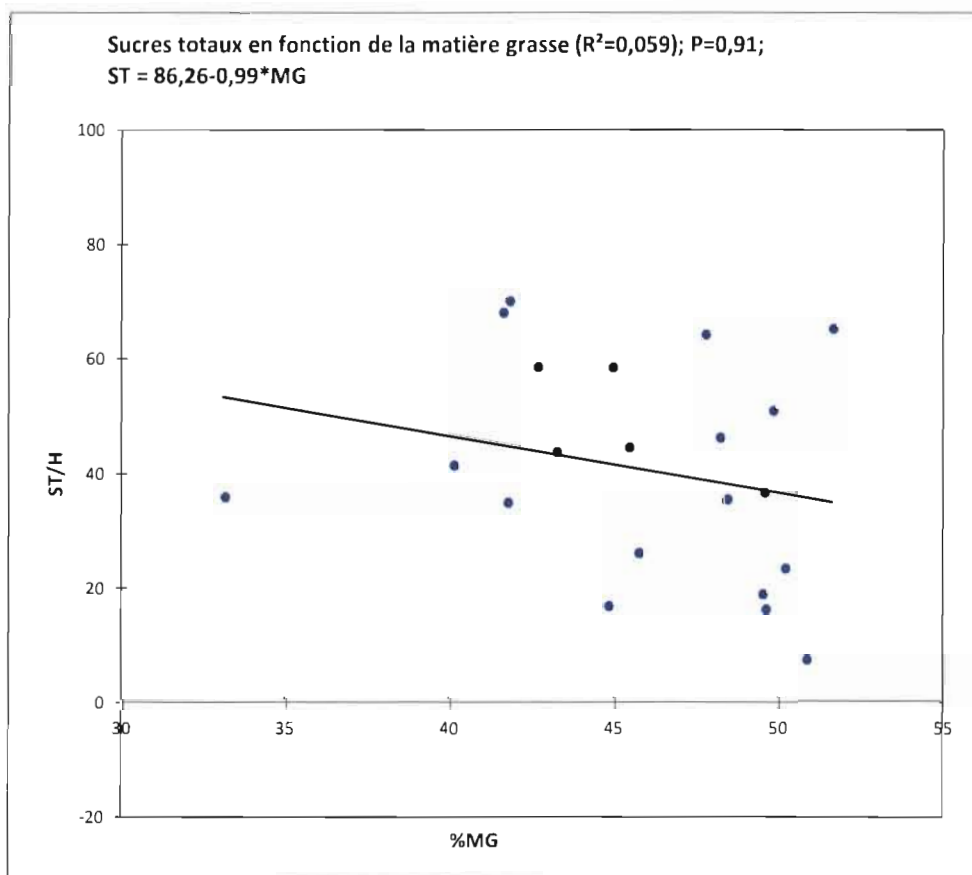


Figure 16. Relation entre le taux de sucre et le potentiel en matière grasse.



3.3.3.2. Régressions multiples

Les régressions effectuées entre le potentiel en matière grasse et les paramètres biométriques des fruits (figure 17) ainsi que ceux des noix (figure 18) n'ont pas permis d'établir des corrélations entre les ethno-variétés. Il en est de même pour le taux de sucre et les autres paramètres de la pulpe (figure 19).

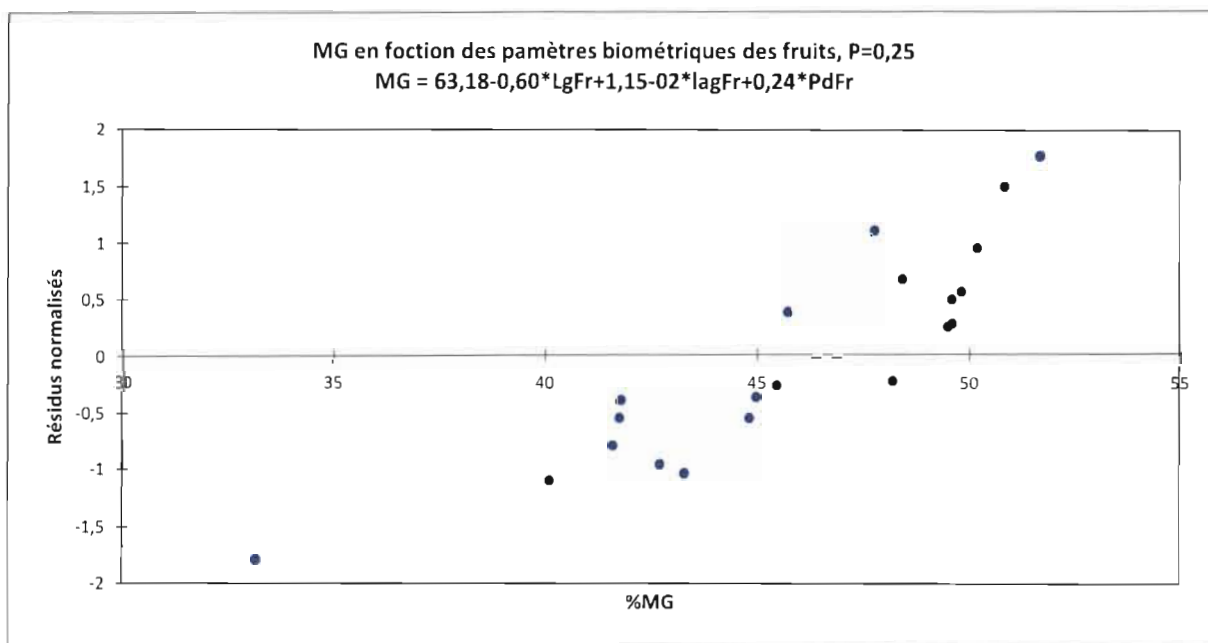


Figure 17. Relation entre le potentiel en matière grasse et les variables du fruit.

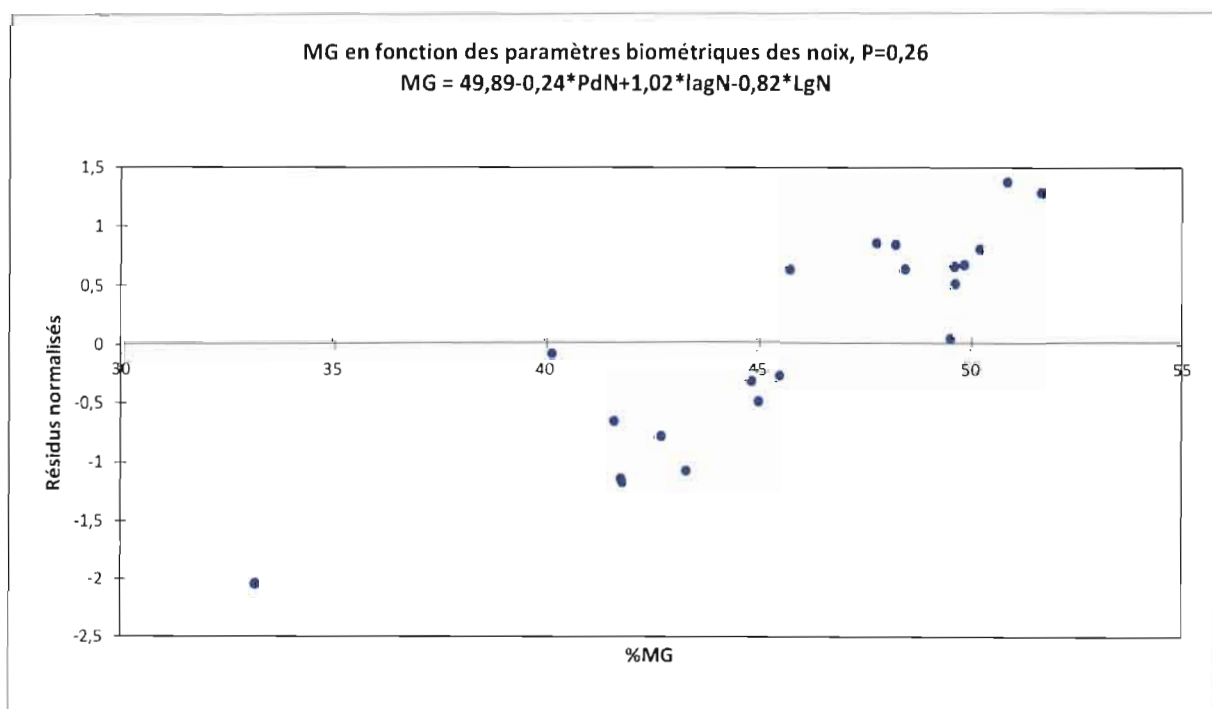


Figure 18. Relation entre la matière grasse les variables de la noix.

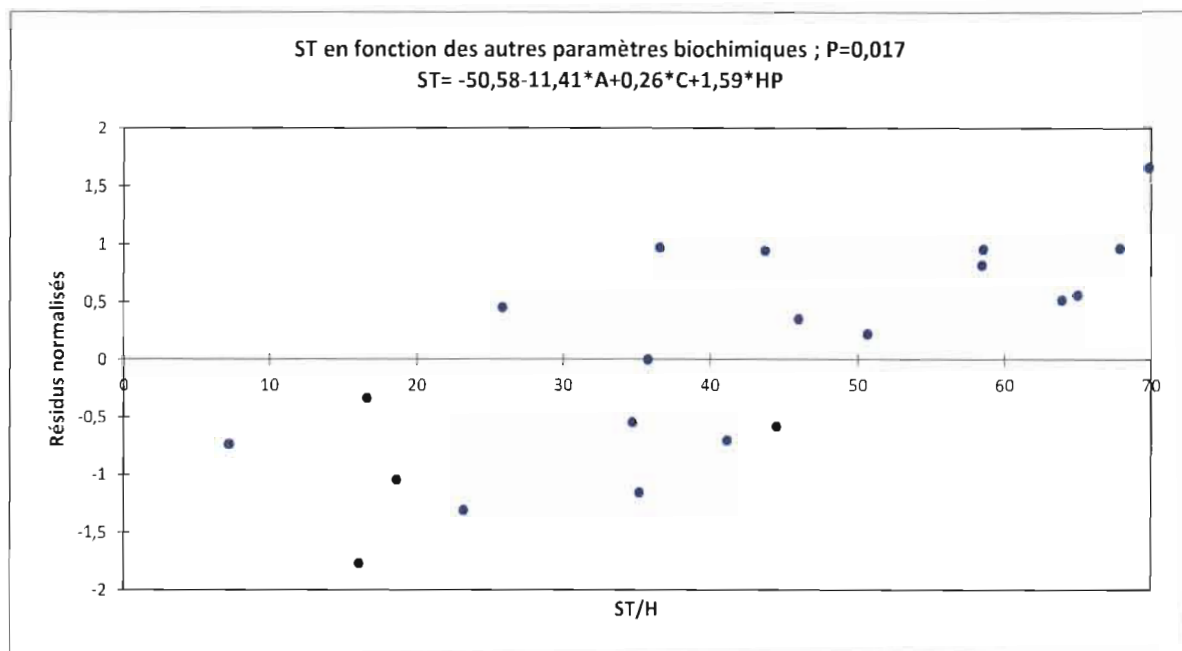


Figure 19. Relation entre le taux de sucre et les autres paramètres biochimiques de la pulpe.

IV. Discussion

4.1. Variabilité des caractères biométriques des fruits

La présente étude a permis de mettre en évidence les différences biométriques des ethno-variétés. Les analyses de variances ont permis de noter des différences significatives entre les ethno-variétés essentiellement pour la taille et la forme des fruits et des noix. Cela témoin de la grande variabilité dimensionnelle qui existe entre les fruits des ethno-variétés de karité. Cette variabilité avait été étudiée par Guira (1997) au Burkina Faso et de Nkouam (2007) au Cameroun. Pour les fruits de forme ovoïde, les valeurs moyennes de la longueur des fruits se rapprochent de celles obtenues par Kouglblénou *et al.* (2012) et pour les fruits ellipsoïde et fusiforme la moyenne de leur poids est inférieure à celle obtenue par Kouglblénou *et al.* (2012) sur les mêmes formes de fruits. Cependant, elles sont similaires à celles du même auteur pour le poids de la pulpe. A partir de ces résultats, nous pouvons dire que le karité est caractérisé par une importante variabilité au niveau de la forme des fruits. Ceci avait été rapporté par Diarassouba *et al.* (2008) et Soro *et al.* (2011) qui soutiennent que la forme des fruits apparait comme une source importante de variabilité chez le karité, au point d'être considérée comme un critère de classification pertinent. Ceci confirme le choix des communautés locales dans leur utilisation des descripteurs clés basés essentiellement sur les caractéristiques des fruits dans la différenciation ethno-variétale (Compaoré, 2010 ; Sandwidi, 2015). Il est ressorti qu'il y a une forte variabilité des caractères des graines. Pourtant ces différences ne sauraient être d'ordre génétique mais plutôt d'ordre environnemental comme c'est le cas chez *Tamarindus indica* (Diallo *et al.*, 2010 ; Fandohan *et al.*, 2010). En effet, il a été montré chez de nombreuses espèces que les caractères des graines sont généralement stables car ils sont le résultat d'un long processus évolutif au cours duquel une grande partie de la variabilité s'est perdue (Roach et Wulff, 1987).

Au total, 3 groupes de fruits ont été identifiés par l'ACP en fonction de leur taille et de leur forme correspondant à trois ethno-variétés. Ces résultats sont conformes à ceux de Guira (1997) qui bien qu'ayant reconnu d'autres formes aux fruits de karité, retient qu'ils sont essentiellement ovoïdes et fusiformes. Compaoré (2010) quant à lui avait identifié deux classes pour la taille des fruits, il s'agit des fruits de grande et de petite taille.

La classification ascendante hiérarchisée met en évidence deux catégories de groupes d'individus. Il s'agit des regroupements en fonction de la forme et de la taille des fruits. Il

ressort que la structuration est plus importante lorsqu'on considère la taille des fruits. Par contre la structuration en fonction de la forme est moins prononcée.

4.2. Variabilité des caractères biochimiques de la pulpe

La teneur moyenne en eau de la pulpe du karité obtenue dans cette étude est proche de celle obtenue par Kouglénou *et al.* (2012) et supérieure à celle de Nkouam (2007). La teneur moyenne en sucres totaux est supérieure aux moyennes connues chez le karité mise en évidence par Womenie (2007), Nkouam (2007) et Kouglénou *et al.* (2012). La teneur moyenne en cendre est inférieure à celle obtenue par Nkouam (2007) mais supérieure à celle obtenue par Ruysen (1957) et Kouglénou *et al.* (2012). Cependant, une répartition des ethno-variétés en fonction des paramètres biochimiques de la pulpe n'a pas été possible. Cela signifie que le potentiel en sucres totaux, en cendre, en acide et en eau n'est pas fonction de l'ethno-variété. En plus, ces potentiels ne sont ni fonction de la forme ni de la taille des fruits. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que tous les fruits concernés par cette étude ont été récoltés à la même période de maturité ainsi, ils présentent les mêmes caractéristiques pour la pulpe. Ces résultats infirment ceux de Kouglénou *et al.* (2012) qui avaient établi un lien entre la forme des fruits et le potentiel biochimique de la pulpe du karité au Cameroun.

4.3. Variabilité de la teneur en matière grasse des amandes

La teneur moyenne en eau des amandes est inférieure à celle rapportée par Ruysen (1957). La teneur moyenne en matière grasse obtenue dans cette étude se rapproche de celle annoncée par Ruysen (1957) et par Womenie *et al.* (2004). Les différentes analyses de variances effectuées avec les paramètres biochimiques des amandes n'ont pas permis de faire une structuration des ethno-variétés en fonction de leur potentiel en matière grasse. Ceci permet de dire que contrairement à ce que pensent certains auteurs tels que Diarassouba *et al.* (2008) et Soro *et al.* (2011) ; le potentiel en matière grasse des amandes et la teneur en sucres totaux ne sont pas pertinents dans la détermination ethno-variétale du karité car ils ne diffèrent pas d'une ethno-variété à une autre. Ces résultats pourraient s'expliquer par l'importance de la notion de variétés phénologiques par rapport à la notion d'ethno-variétés.

4.4. Relation entre variables biométriques et les variables biochimiques des fruits

Aucune corrélation n'a pu être établie entre les différents paramètres mesurés dans cette étude et les ethno-variétés définies. Ceci signifie qu'il n'y a pas de compromis d'investissement entre la productivité en sucres et en acide gras des ethno-variétés. Les corrélations établies par les populations locales Ruysen (1957), Diarassouba (2008), Sandwidi (2015) et les travaux de recherche de Kouglénou *et al.* (2012) pourraient être liées à la technique d'évaluation et non à la nature intrinsèque des individus.

Conclusion et perspectives

Il ressort de cette étude que les ethno-variétés présentent une grande variabilité au niveau de la forme et de la taille. De cette variabilité, deux classes d'ethno-variétés ont été définies en fonction de la taille des fruits que sont : la classe d'ethno-variétés à petits fruits et la classe d'ethno-variétés à gros fruits. Au niveau de la forme des fruits, deux classes s'observent également : les fruits de forme ovoïde et ceux de forme fusiforme. L'hypothèse (1) de départ qui stipulait que les caractéristiques biométriques des fruits variaient en fonction des ethno-variétés est ainsi vérifiée.

Par ailleurs, on observe une absence de relation entre le potentiel en matière grasse des amandes et la teneur en sucres totaux de la pulpe toutes ethno-variétés confondues. De plus, il n'a pas été possible d'établir une corrélation entre ces paramètres (potentiel en matière grasse et teneur en sucre) et les paramètres biométriques des fruits et des noix. Ces données permettent d'infirmer les hypothèses (2), (3) et (4).

Toutes ces données constituent une avancée importante dans le schéma de sélection basé sur le clonage. Cependant, il est nécessaire d'entreprendre de nouvelles études complémentaires sur : (i) l'évaluation de la diversité morphologique des ethno-variétés en fonction du degré d'anthropisation et de la topo-séquence ; (ii) l'analyse biochimique des amandes et de la pulpe des ethno-variétés en fonction des différentes périodes de maturités des fruits ; (iii) l'analyse biochimique du beurre de chaque ethno-variété afin d'en déterminer leur teneur en différents acides gras ; (iv) l'analyse génétique par l'utilisation des marqueurs moléculaires.

Références bibliographiques

- Allal F., Piombo G., Kelly M. A., Okullo J. B. L., Thiam M., Diallo O. B., Nyarko G., Davrieux F., Lovett P. N. and Bouvet J.M., 2013. Fatty acid and tocopherol patterns of variation within the natural range of the shea tree (*Vitellaria paradoxa*). *Agroforestry Systems*, 87, 1065-1082.
- APFNL, 2012. Etude sur la contribution des PFNL à l'économie nationale : cas de la filière de l'arbre à karité. Rapport technique MEDD, 82p.
- Arbonnier M., 2002. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'ouest. Montpellier, France, CIRAD, MNHN, UICN, 573p.
- Aubréville A., 1950. Flore Forestière Soudano-Guinéenne. Paris, France, Maritimes et Coloniales, 522p.
- Badini Z., Kaboré M., Van der Mheen-Sluijer J. et Vellema S., 2011a. Historique de la filière karité au Burkina Faso et des services offerts par les partenaires techniques et financiers aux acteurs. *VC4PD. Research Paper*, 11, 38p.
- Badini Z., Kaboré M., Van der Mheen-Sluijer J. et Vellema S., 2011b. Le marché du karité et ses évolutions. *VC4PD. Research Paper*, 12, 34p.
- Bonkougou E.G., 1987. Monographie du karité *Butyrospermum paradoxum* (Gaertn. F.) espèce agroforestière à usages multiples. *IRBET/CNRST*. Ouagadougou, 67p.
- Bouvet J. M., Fontaine C., Sanou H. et Cardi C. (2004). An analysis of the pattern of genetic variation in *Vitellaria paradoxa* using RAPD markers. *Agroforestry Systems*, 60, 61-69.
- Busson F., 1965. Plantes alimentaires de l'ouest africain. Etude botanique, biologique et chimique. Marseille, France 568p.
- Cardi C., Vaillant A., Sanou H., Kelly B. A. and Bouvet J. M., (2005). Characterization of microsatellite markers in the shea tree *Vitellaria paradoxa* C. F Gaertn) in Mali. *Molecular Ecology*, 5, 524-526p.
- Chevalier A., 1943. Sapotacées à graine oléagineuse et leur avenir en culture. *Revue de Botanique Appliquée*, 262, 97-159.
- Chevalier A., 1948. Nouvelles recherches sur l'arbre à beurre du Soudan. *Butyrospermum parkii*. *Botanique Appliquée*, 5, 241-256.

- Compaoré I., 2008.** Etude de la variabilité des caractères morphologiques chez différents écotypes du karité : *Vitellaria paradoxa* Gaertn.f Hepper (Sapotaceae) au Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, option eaux et forêts. UPB, IDR, Bobo-Dioulasso, BF. 75p.
- Compaoré I., 2010.** Identification et caractérisation biométriques des variétés forestières du karité (*Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn). Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, option Génétique et Amélioration des Plantes. Université de Ouagadougou, U.F.R. / SVT, Ouagadougou, BF. 47p.
- Cronquist A., 1988.** The evolution and classification of flowering plants. *The New York Botanical Garden and Bronx*, New York, USA. 555p.
- Davrieux F., Allal F., Piombo G., Kelly B., Okulo J. B., Thiam M., Diallo B. O. and Bouvet J. M., 2010.** Near Infrared Spectroscopy for High-Throughput Characterization of Shea Tree (*Vitellaria paradoxa*) Nut Fat Profiles. *Agricultural and food chemistry*. 58, 7811-7819.
- Diallo B. O., 2001.** Biologie de la reproduction et Evaluation de la diversité génétique chez une légumineuse : *Tamarindus indica* L. (*Caesalpinioideae*). Thèse de doctorat de troisième cycle, Université Montpellier II. Science et Technique du Languedoc. 119p.
- Diallo B. O., Joly I. H., Hossaert-McKey M., McKey D. et Chevallier M. H., 2010.** Variation des caractères biométriques de neuf provenances de *Tamarindus indica* L. (*Caesalpinioideae*). *Fruits* 65(2) : 153-167.
- Diarassouba N., Koffi E. K., Koffi K. E. N'Guessan K. A., Van Damme P. et Sangare A., 2008.** Connaissances locales et leur utilisation dans la gestion des parcs à karité en Côte d'Ivoire. *Afrika Focus*, 21(1) : 77-96.
- Diarassouba N., Fofana I.J., Issali A. E, Bup N. D. and Sangare A., 2009.** Typology of shea trees (*Vitellaria paradoxa*) using qualitative morphological traits in Côte d'Ivoire. *FAO Published In Issue*, 165, 45-62.
- Felix D. U., Baiyeri P. K. and Mbah B. N., 2009.** Agroecological variation in the fruits and nuts of shea butter tree (*Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn.) in Nigeria. *Agroforestry Systems*, 79, 201-211.
- Fontaine C., Lovett P. N., Sanou H., Maley J. and Bouvet J. M., 2004.** Genetic diversity of the shea tree (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn), detected by RAPD and chloroplast microsatellite markers. *Heredity*, 93, 639-648.

- Fandohan B., Assogbodjo A. E., Kalai R. G., Kyndt T. and Sinsin B., 2010.** Quantitative morphological descriptors confirm traditionally classified morphotypes of *Tamarindus indica*. *Genetic resources Crop evolution* 58(2): 299-309.
- Guinko S., 1984.** Végétation de la Haute Volta. Thèse de doctorat d'état sciences naturelle, Université Bordeaux III, France tome 2, 318p.
- Guira M., 1997.** Etude de la phénologie et de la variabilité de quelques caractères chez le karité, *Butyrospermum paradoxum* subsp parkii (G. Don) Hepper (Sapotaceae) dans les champs et les jeunes jachères dans la moitié ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat de troisième cycle option Biologie et Ecologie Végétales. Université de Ouagadougou, U.F.R. / Sciences de la Vie et de la Terre Ouagadougou, Burkina Faso. 176p.
- Guira M. et Zongo J. D., 2002.** Evaluation de la production d'une population de karité *Vitellaria paradoxa* au Burkina Faso. Document de vulgarisation. *Bulletin de la Recherche Agronomique*, 38, 9p.
- Gwali S., Vaillant A., Nakobong G., Okullo L. J. B. and Bouvet J. M., 2010.** Genetic diversity in shea tree (*Vitellaria paradoxa* subspecies *nilotica*) ethno-varieties in Uganda assessed with microsatellite markers. *Forests, Trees and Livelihoods*, 24(3) : 163-175.
- Kelly B. A., Hardy O. J. and Bouvet J. M., 2004.** Temporal and spatial genetic structure in *Vitellaria paradoxa* (shea tree) in an agroforestry system in southern Mali. *Molecular Ecology*, 13, 1231-1240.
- Kershaw S. J. and Hardwick J. F., 1981.** Some contractuel analysis statsitics for commercial sheanuts samples. *Oléagineux* 41(12): 567-572.
- Kouglblénou N., Ahouansou R. H, Aïssi M. V., Houssou P. A., Padonou W., Fandohan P., Mensah G. A. et Soumanou M. M., 2012.** Caractérisation physique du fruit et valeur nutritionnelle de la pulpe de karité (*Vitellaria paradoxa*) collecté dans différents parcs au Bénin. *Agriculture et Forêt*, 1025(2355) : 42-49.
- Lamien N., 2006.** Fructification du karité (*Vitellaria paradoxa* G. F., Sapotaceae): Facteurs de déperdition, Amélioration et Prévision des rendements à Bondoukuy, Ouest du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou, BF. 108 p.
- Lamien N., Tigabu M., Guinko S. and Oden P. C., 2007.** Variations in dendrometric and fruiting characters of *Vitellaria paradoxa* populations and multivariate models for estimation of fruit yield. *Agroforestry Systems*, 69, 1-11.

- Logasso Z. A., Kulandaivelu L. C., Allal F., Vaillant A., Sanou H., Kokou K. and Bouvet J. M., 2011.** Molecular data reveal isolation by distance and past population expansion for the shea tree (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn) in West Africa. *Molecular Ecology*, 20, 4009-4027.
- Maranz S., Wiesman Z., Bisgaard J. and Bianchi G., 2004.** Germplasm resources of *Vitellaria paradoxa* based on variation in fat composition across the species distribution range. *Agroforestry Systems* 60, 71-76.
- MICA, 2012.** Stratégie nationale de développement durable de la filière karité 2015-2019. Version finale, 192p.
- Nkouam J. B., 2007.** Conservation des fruits du karité (*Vitellaria paradoxa*) et de l'aiéle (*Canarium schweinfurthii* Engl.): isothermes de sorption d'eau et extraction des matières grasses des fruits stockés. Thèse de doctorat, Université Ngaoundéré Cameroun, 286p.
- Parkouda C., Diawara B., Ganou L. et Lamien N., 2007.** Potentialités nutritionnelles des produits de 16 espèces fruitières locales au Burkina Faso. , *Science et Technique, série agronomie*, 1, 13p.
- Picasso C., 1984.** Synthèse des résultats acquis en matière de recherche sur le karité au Burkina Faso de 1950 à 1958. Rapport technique IRHO/IRD, Burkina Faso, 48p.
- Plats P.J., Poudyal M. and McClean C. J., 2010.** Modeling shea under climate scenarios. *Findings from the INNOVKAR project on sustainable management and improved use of the Shea resources of Africa* Ouagadougou, Burkina Faso, 24-26/10. 2011. Report for INNOVKAR Work Package 2, University of York, UK.
- Quainoo A. K., Nyarko G., Davrieux F., Piombo G., Bouvet J. M., Yidana J. A. Abubakari A. H., Mahunu G. K., Abagale F. K and Chimsah F. A., 2012.** Determination of biochemical composition of shea (*vitellaria Paradoxa*) nut using near infrared spectroscopy (nirs) and gas Chromatography. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences*, 1(2): 84-98.
- Roach D. A. and Wulff R. D., 1987.** Maternal effects in plant. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18, 209-235.
- Ruyssen B., 1957.** Le karité au soudan. *Agronomie Tropicale* 1, 143-178.
- Sallé G., Boussim I. J., Raynal-Roques A. et Brunck F., 1991.** Le karité une richesse potentielle perspectives de recherche pour améliorer sa production. *Bois et forêts des tropiques*, 228, 427-439.

- Sandwidi A., 2012.** Analyse comparative des caractères morpho-adaptatifs des variétés de karité (*Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn. Sapotaceae) par la bio-statistique. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, option eaux et forêts. UPB, IDR, Bobo-Dioulasso, BF. 44p.
- Sandwidi A., 2015.** Identification et caractérisation participative des ethno-variétés du karité (*Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn. Sapotaceae) dans trois zones agro-écologiques du Burkina Faso. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, option Génétique et Amélioration des Plantes. Université de Ouagadougou, U.F.R. / SVT, Ouagadougou, BF. 49p.
- Sanou H., Lovett P. N., Bouvet J. M., 2005.** Comparison of quantitative and molecular variation in agroforestry populations of the shea tree (*Vitellaria paradoxa* CF Gaertn) in Mali. *Molecular Ecology* 14, 2601–2610.
- Senou O., 2000.** Les peuplements de karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.) dans le cercle de Koutiala, au sud du Mali : répartition, structure et parasitisme par les *Tapinanthus*. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, option Biologie et Ecologie végétales. Université de Ouagadougou, BF, 84p.
- Soro D., Traoré K., et Kassi J. N., 2011.** Variabilité des caractères morphologiques chez le karité (*Vitellaria paradoxa*), dans le Nord de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and chemical sciences*, 5(3) : 1201-1214.
- Terpend M. N., 1982.** La filière du karité. Produit de cueillette, Produit de luxe. Les dossiers Faim - Développement, Rapport technique, 91p.
- Traoré L. et Yossi M., 1987.** Etude bibliographique du karité (*Butyrospermum paradoxa* subsp *parkii* (Gaertner F.) Hepper. Sotuba (Mali). Rapport technique. 57p.
- Womenie H. M., Ndjouenkeu R., Kapseu C., Mbiapo F. T., Linder M., et Fanni J., 2007.** Application du procédé séchage-friture aux amandes de karité : influence sur la composition en matières insaponifiables du beurre. *OCL* 14(6) : 366-370.
- Zerbo J., 1987.** Expérimentation de techniques de production de plants d'arbres utilisés en agroforesterie traditionnelle : cas du karité *Butyrospermum paradoxum* (Gaertner F.) Hepper. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, option eaux et forêts. IDR, Université de Ouagadougou, BF, 75p.

Annexe

Fiche de collecte de données sur les fruits de karité

Date de récolte:

Latitude :

Hauteur :

Pluviométrie :

[illegible]

LgFr : longueur du fruit, LagFr : largeur du fruit, PdFr : poids du fruit, LgN : longueur de la noix, LagN : largeur de la noix, PdN : poids de la noix, PdP : poids de la pulpe