

**BURKINA FASO**  
**UNITE-PROGRES-JUSTICE**

**MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS**  
**SECONDAIRE ET SUPERIEUR**

**UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO**

**INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL**



**MEMOIRE DE FIN DE CYCLE**

En vue de l'obtention du

**DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL**

**OPTION : EAUX ET FORETS**

**THEME : Analyse comparative des caractères morfo-adaptatifs des variétés de karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.F. (Sapotaceae)) par la bio-statistique.**

Présenté par :

**Abdoulazize SANDWIDI**

Directeur de mémoire :

**Dr Sobèrè TRAORE**

**Dr Jean Baptiste Marie Hubert ILBOUDO**

Maître de stage :

**Dr Boukary Ousmane DIALLO**

N° : .....-2012/E-F

**Juillet 2012**

## DEDICACE

Ce mémoire est dédié :

*A*

*TOUTE MA FAMILLE*

*POUR LAQUELLE, LA REUSSITE DE MES ETUDES  
CONSTITUE UNE LEGITIME FIERTE*

## REMERCIEMENTS

La réalisation du présent mémoire a nécessité la contribution et le soutien de plusieurs personnes à des degrés divers. Il me plaît dans les lignes qui suivent, de les remercier pour avoir cru en ce travail et de s'être investies tout au long du stage.

Mes remerciements s'adressent:

- ♦ Au Docteur **Boukary Ousmane DIALLO**, mon maître de stage, qui en acceptant de diriger ce travail, a su me consacrer son temps et sa confiance durant toute la période de récolte de données et de rédaction. Ses critiques m'ont guidé à chaque instant. Il m'a enseigné la rigueur, l'excellence dans le travail. C'est l'occasion pour moi de lui exprimer toute ma reconnaissance non seulement pour ses qualités scientifiques mais aussi pour son esprit fraternel ;
- ♦ Au Docteur **Sobèrè TRAORE**, mon directeur de mémoire, qui a bien voulu diriger ce travail, malgré ses multiples occupations. Je voudrais lui exprimer toute ma satisfaction.
- ♦ Au Docteur **Jean Baptiste Marie Hubert ILBOUDO**, mon co-directeur de mémoire, qui malgré un emploi de temps chargé, s'est toujours montré disponible. Qu'il reçoive ici toute l'expression de mon fidèle attachement et ma profonde gratitude.
- ♦ Au Docteur **Madjelia SOME/DAO**, qui a su me donner tous les conseils et les encouragements nécessaires. Elle m'a fait bénéficier de son expérience et a toujours su instaurer une ambiance fraternelle. Je tiens à lui témoigner ma parfaite reconnaissance et lui dis merci pour tout ce qu'elle a fait pour moi.
- ♦ Aux différents chercheurs du Département Productions Forestières à Ouagadougou, pour leurs constants, encouragements et conseils.
- ♦ Au corps professoral de l'Institut du Développement Rural (IDR), je dis merci pour la formation scientifique acquise durant les trois dernières années d'études universitaires.
- ♦ Aux techniciens et chauffeurs du Département Productions Forestières notamment à : Ousmane KABORE, François NANDWEOGO et Rasmané OUEDRAOGO qui ont donné le meilleur d'eux-mêmes, pour les différentes sorties sur le terrain lors de la collecte des données, et avec qui, nous avons entretenu de bonnes relations; je tiens à leur témoigner ma profonde reconnaissance ;

- ♦ A mes amis et camarades de promotion pour l'ambiance cordiale et fraternelle entretenue durant notre cursus universitaire ;
- ♦ A mes camarades stagiaires de promotion pour l'ambiance fraternelle entretenue tout au long du stage au sein du DPF, en particulier, Chantal F. MINOUNGOU, Lucie KANDO et Irène N. NASSOURI;
- ♦ A tous ceux qui ont été sollicités pour la lecture de ce document et dont les noms n'ont pu être cités, je leur dis sincèrement merci pour leur contribution inestimable ;
- ♦ Enfin, mes remerciements vont à l'endroit de toute ma famille pour les différents sacrifices consentis tout au long de mon cursus scolaire, universitaire et durant ce stage de fin de cycle.

# TABLE DES MATIERES

DEDICACE .....	II
REMERCIEMENTS .....	III
TABLE DES MATIERES.....	V
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	VII
LISTE DES FIGURES .....	VIII
LISTE DES TABLEAUX.....	IX
RESUME .....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCTION.....	I
<b>I. GENERALITES .....</b>	<b>6</b>
1.1. PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE .....	6
1.1.1. <i>Situation géographique</i> .....	6
1.1.2. <i>Climat</i> .....	6
1.1.3. <i>Sols</i> .....	7
1.1.4. <i>Végétation</i> .....	7
1.2. PRESENTATION DE L'ESPECE.....	8
1.2.1. <i>Nomenclature et classification</i> .....	8
1.2.2. <i>Identification des variétés botaniques</i> .....	9
1.2.3. <i>Description morphologique</i> .....	9
1.2.3.1. Appareil végétatif.....	9
1.2.3.1.1. Les feuilles .....	9
1.2.3.1.2. Le port .....	10
1.2.3.1.3. Le tronc .....	10
1.2.3.1.4. Les racines.....	10
1.2.3.2. Appareil reproducteur .....	11
1.2.3.2.1. Inflorescences et fleurs.....	11
1.2.3.2.2. Fruits et graines .....	11
1.2.4. <i>Aire de répartition et écologie</i> .....	13
1.2.4.1. Aire de répartition.....	13
1.2.4.2. Ecologie .....	15
<b>II. MATERIELS ET METHODES.....</b>	<b>16</b>
2.1. MATERIELS.....	16
2.1.1. <i>Site d'étude</i> .....	16
2.1.2. <i>Matériel végétal</i> .....	16
2.2. METHODES .....	18
2.2.1. <i>Dispositif expérimental</i> .....	18
2.2.2. <i>Collecte des données</i> .....	18

2.2.3. Variables mesurées.....	18
2.2.3.1. Mensurations à l'échelle des arbres.....	18
2.2.3.2. Mensurations à l'échelle des feuilles.....	18
2.2.4. Analyses des données.....	19
<b>III. RESULTATS.....</b>	<b>21</b>
3.1. ETUDE DE LA VARIABILITE DES CARACTERES MORPHOLOGIQUES.....	21
3.1.1. Analyses uni variées des caractères morphologiques.....	21
3.1.1.1. Caractéristiques des feuilles.....	22
3.1.1.2. Caractéristiques des arbres.....	25
3.1.2. Analyses multi variées des caractères morphologiques.....	27
3.1.2.1. Analyses en composantes principales (ACP).....	27
3.1.2.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH).....	30
3.1.3. Etude des relations entre les variables mesurées.....	34
3.1.4. Description des variétés.....	36
<b>IV. DISCUSSIONS.....</b>	<b>37</b>
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>41</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>XII</b>

## SIGLES ET ABREVIATIONS

**ACP** : Analyses en composantes Principales

**ANOVA** : Analyse of Variance (Analyse de variance)

**BCRM** : Blocs Complets Randomisés de type Mono arbre

**BUNASOLS** : Bureau National des Sols

**CAH** : Classification Ascendante hiérarchique

**CNRST** : Centre National de la Recherche Scientifique et technologique

**DPF** : Département Productions Forestières

**ETP** : Evapotranspiration Potentiel

**FIT** : Front Inter Tropical

**ICRAF** : International Center for Research in Agroforestry

**IDR** : Institut du Développement Rural

**INERA** : Institut National de l'Environnement et de Recherches Agricoles

**IRHO** : Institut de Recherche des Huiles Oléagineuses

**NIRS** : Near Infra-Red Spectrometry

**INNOVKAR**: Innovation Tools and Techniques for Sustainable Use of the Shea Tree in Sudano- Sahelian Zone.

**RPTES** : Programme Régional pour le Secteur des Energies Traditionnelles

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Pluviométrie moyenne mensuelle de Ouagadougou de 2007 à 2011 (Météorologie nationale du Burkina, 2012).....	6
Figure 2 : Température moyenne mensuelle de Ouagadougou de 2007 à 2011 (Météorologie nationale du Burkina, 2012).....	7
Figure 3 : Illustration de quelques descripteurs morphologiques chez le karité.....	12
Figure 4 : Aire de distribution du karité en Afrique et au Burkina. (Terpend, 1982).....	14
Figure 5 : Longueur moyenne (a) et largeur moyenne du limbe (b).....	23
Figure 6 : Longueur moyenne du pétiole (a) et nombre de nervures secondaires (b).....	24
Figure 7 : Hauteur totale moyenne des arbres par provenance. ....	25
Figure 8 : Moyenne par provenance de la circonférence à la base .....	26
Figure 9 : Surface moyenne du houppier au sol.....	27
Figure 10 : Représentation Bidimensionnelle (axe F1 et F2) des variables et.....	28
individus.....	28
Figure 11 : Représentation bidimensionnelle (axe F1 et F2) des variables et .....	30
individus des sous-groupes. ....	30
Figure 12 : Dendrogrammes des différentes provenances. ....	32
Figure13 : Dendrogrammes de la structuration phénotypique toutes provenances confondues .....	34



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Classification du karité dans le règne végétal selon Cronquist (1988).....	8
Tableau II : Caractéristiques géo-climatiques du site d'implantation de l'essai.....	16
Tableau III : Caractéristiques géo-climatiques des sites de récoltes.....	17
Tableau IV : Analyse de variance sur variables pour les différentes provenances.....	21
Tableau V : Corrélation entre les différentes variables mesurée .....	36
Tableau VI Caractéristiques des sous-groupes .....	36

## RESUME

L'étude porte sur l'identification et la caractérisation d'écotypes de karité dans un essai de provenances. *Vitellaria paradoxa* appelé karité, est une source de lipide d'origine végétale qui est commercialisée à l'échelle locale et internationale. En dépit de nombreux résultats scientifiques sur l'espèce, sa domestication n'est qu'à ses débuts. C'est dans ce sens que la présente étude a été initiée dans un essai comparatif de provenances de karité à Gonsé. L'essai compare 5 écotypes de karité dont 3 du Burkina Faso (Gonsé, Passoré et Botou), un du Mali (Djonon) et un du Sénégal (Samecuta). L'étude se propose d'identifier et de décrire des variétés agro forestières à partir de leurs caractères morpho-adaptatifs analysés par la bio-statistique. Le dispositif expérimental est en Blocs Complets Randomisés de type Mono arbre (BCRM). Les caractères morphologiques mesurés sont : la longueur et la largeur du limbe, la longueur du pétiole et le nombre de nervures secondaires à l'échelle des feuilles ; et la hauteur totale, la hauteur jusqu'à la première branche, le nombre de branches sur le tronc, la circonférence à la base et la largeur du houppier Est-Ouest et Nord-Sud à l'échelle des arbres. Une analyse de variance variable par variable suivi de plusieurs Analyses en Composantes principales (ACP) et d'une Classification Ascendante Hiérarchisée (CAH) ont été effectuées. Les résultats montrent une forte variabilité morphologique entre les individus aussi bien entre les provenances qu'à l'intérieur des provenances. Cette dernière variabilité traduit l'existence de variantes à l'intérieur de chaque population, bien identifiables par les caractères morphologiques spécifiques aussi bien à l'échelle des feuilles que de l'arbre. Ces groupes d'individus ont été assimilés à des variétés agro-forestières de karité. De tels résultats constituent un préalable dans le schéma de domestication de cette espèce surtout dans un objectif de mise en place de futurs vergers de production à grande échelle. Les travaux ultérieurs porteront sur la sélection phénotypique assistée par marqueurs génétiques et sur des études éco physiologiques.

**Mots clés** : *Vitellaria paradoxa*, karité, provenances, variétés agro-forestières, écotypes, population.

## ABSTRACT

The study relates to the identification and the characterization of ecotypes of Shea tree in provenances trials. *Vitellaria paradoxa* called Shea tree, is a source of lipid of vegetable origin which is marketed on a local and international scale. In spite of many scientific results on the species, its domestication is only at its beginnings. It is in this direction that the present study was initiated in a comparison the provenances of Shea tree in Gonsé experimental site. This provenances trial compares 5 ecotypes of shea tree including 3 of Burkina Faso (Gonsé, Passoré and Botou), one of Mali (Djonon) and one of Senegal (Samecuta). The study proposes to identify and describe agro-forestry varieties starting from their morph-adaptive characters analyzed by the bio-statistics. The experimental design is the single tree in Randomized Complete Blocks (BCRM). The measured morphological characters are: the length and the width of the limb, the length of the petiole and the number of secondary veins on the scale of the leaves and the tree height, the height to the first branch, the number of branches on the trunk, the circumference at the base and the width of the East-West and North-South of crown on the scale of the trees. The Analyze of variance per variable followed several Principal Component Analyses (PCA) and a Hierarchical Ascending Classification (HAC) was carried out. The results show a strong morphological variability between the individuals between the provenances as inside the provenances. This last variability translates the existence of the groups inside each population quite identifiable by the specific morphological characters, as well on the scale of the sheets as of the tree. These groups of individuals were compared to agro-forestry varieties of Shea tree. Such results especially constitute a precondition in the domestication program of this species in an objective, of installation of future orchards of production on a large scale. The later work will concern on the phenotypical selection assisted by genetic markers and eco-physiological studies.

**Key words** *Vitellaria paradoxa*, Shea tree. Sources, Varieties agro-forest, Ecotypes, population

## INTRODUCTION

La forêt est considérée comme une ressource polyvalente qui fournit à la fois du bois de feu qui représente 90 % de la consommation d'énergie domestique (**Breman et Kessler, 1995**), du bois d'œuvre et de service, et d'autres produits non ligneux tels que les fruits et le fourrage. Cependant, **Diallo (2001)** note que dans les savanes ouest-africaines, par faute de plans d'aménagement appropriés, celles-ci n'arrivent pas à assurer des productions soutenues sans subir une dégradation accentuée de son potentiel productif ; il s'ensuit alors une perte des ressources génétiques privant les générations futures d'un patrimoine naturel indispensable au développement social des communautés.

Face à la diminution croissante des ressources forestières, il est nécessaire d'élaborer des stratégies de conservation et de domestication d'espèces agro-forestières d'intérêts socio-économiques avérés (**Bonkougou, 1987 ; Bellefontaine, 2005**), particulièrement celles faisant l'objet d'un commerce local et international. Parmi les espèces prioritaires retenues au Sahel par les paysans (**Bonkougou et al., 1998**), figure le karité (*Vitellaria paradoxa*) une oléagineuse qui pousse à l'état naturel dans les savanes africaines, et dont l'intérêt économique est mondial offre une opportunité pour améliorer les revenus financiers des ménages dans les régions soudano-sahéliennes. Espèce agro-forestière, ses fruits renferment une noix contenant une amande oléagineuse. La commercialisation de celle-ci et du principal produit dérivé qu'est le beurre sur les marchés locaux procure des revenus substantiels aux femmes qui sont impliquées dans la filière. **Lamien et Bayala (1996)** notent que la vente des amandes peut générer en moyenne 210.000 FCFA par an pour chaque acteur. De plus, l'exportation des amandes apporte des devises pour les pays exportateurs. En effet, au Burkina, c'est le quatrième produit d'exportation après l'or, le coton et le bétail (**Rouamba, 2001**). Son commerce engendre en moyenne un chiffre d'affaire de cinq milliards de francs CFA par an (**RPTES, 2004**). Il faut noter également qu'en milieu rural le beurre de karité constitue la première source de lipide dans l'alimentation humaine mais aussi dans la pharmacopée et dans le cosmétique tel que la savonnerie. A l'échelle internationale, le beurre est utilisé dans les industries pharmaceutiques, cosmétiques et agro-alimentaires. Pour ce dernier cas, le beurre de karité en fonction de la teneur en acide stéarique et en triglycéride est un substitut potentiel à celui du cacao dans l'industrie du chocolat (**Maranz et al., 2004**). Comparé aux beurres de karité des autres pays de l'aire de distribution de l'espèce, celui du Burkina offre les meilleurs taux d'acide stéarique (45%) et de triglycéride (40%). En dépit

de son importance économique, la domestication du karité n'est qu'à ses débuts. Il faut noter, que le karité est l'espèce dominante des parcs agro-forestiers en zone soudanienne et nord-soudanienne et ne présente pour l'instant aucun signe de menace par érosion génétique. Cependant, ses fruits collectés jusque là sous forme de cueillette ne permet ni de pérenniser la ressource ni d'assurer un approvisionnement soutenu à la filière en amande de qualité. En effet, on note que les populations naturelles de karité subissent depuis plus de trois décennies des menaces diverses allant des pressions anthropiques, aux parasitismes et aux aléas climatiques (Maïga, 1989 ; Boussim, 1991). Ceci a pour conséquence une faible régénération naturelle entraînant un vieillissement progressif de nombreux parcs (Maïga, 1988 ; Boussim, 1991 ; Senou, 2000). C'est dans le souci de passer d'une exploitation basée sur la cueillette vers une exploitation sous forme de plantations de production que de nombreux travaux de recherche visant la domestication progressive de l'espèce ont été initiés dans les pays abritant son aire de répartition. Parmi ces travaux, on note ceux de la multiplication par semis direct (Picasso, 1984), et par greffage (Yaméogo, 2004), ceux portant sur le parasitisme (Boussim, 1991), la dynamique des populations (Senou, 1998), le cernage des branches pour augmenter la fructification (Lamien, 2006). Des travaux d'amélioration génétique préconisés il y a déjà plusieurs années par Bonkougou (1987) et par Salle *et al.* (1991) ont également démarré dans certains pays comme le Burkina, le Mali, le Ghana et l'Ouganda. Cependant, le domaine dans lequel les connaissances sont inexistantes est la notion variétale. Cette situation a amené les acteurs engagés dans la filière à recommander lors de la conférence internationale tenue à Ouagadougou du 26 au 27 octobre 2011 que les études ultérieures soient axées dans ce domaine. Celle-ci requiert deux grandes étapes ; (i) l'identification des variétés à partir de critères morpho-adaptatifs stables ; (ii) la caractérisation de ces variétés par la bio-statistique à partir des données morphologiques, moléculaires et biochimiques. Une telle étude constitue un préalable dans le schéma de domestication de toute espèce pour la mise en place de futurs vergers de productions à grande échelle. Dans le souci de préserver et de valoriser les ressources phylogénétiques, un plan de domestication et d'amélioration génétique des fruitiers prioritaires a été adopté au Burkina Faso par le CNRST depuis 1995. En effet, 15 espèces prioritaires ont été définies pour faire l'objet d'amélioration génétique. Parmi les espèces prioritaires retenues figure *Vitellaria paradoxa* communément appelée karité et qui occupe une place importante dans l'économie des pays abritant son aire de distribution géographique. L'une des étapes de cette amélioration qui est l'évaluation de la diversité génétique utilise deux approches combinant les marqueurs phénotypiques utilisant les caractères morpho-adaptatifs et les marqueurs neutres utilisant principalement la biologie moléculaire. Ce qui

permet de prendre en compte la diversité due à l'histoire des populations (diversité génétique par les marqueurs neutres) et celle induite par une adaptation locale (variabilité des caractères morpho-adaptatifs).

De ce fait, le choix du matériel à proposer aux sylviculteurs ne peut se faire que si l'on connaît la valeur agronomique et génotypique des phénotypes à sélectionner. Or, les potentialités génétiques d'une espèce ne peuvent être évaluées que si l'on comprend l'organisation de la variabilité aussi bien au niveau génétique qu'au niveau phénotypique (Diallo, 2001). De plus, l'interprétation de la variabilité des caractères morphologiques se fait en relation avec les facteurs responsables du polymorphisme induit par les facteurs environnementaux.

Pour la plupart des espèces locales sahéliennes et soudaniennes, la recherche au cours des dernières décennies portant sur l'évaluation des caractères morphologiques en relation avec les facteurs du milieu a été faite sur quelques espèces en zone soudano-sahélienne. Parmi ces travaux il y a : ceux fait sur les caractères adaptifs de *Faidherbia albida* (Billand et Diallo, 1991 ; VandenBelt, 1991; Bastide et Diallo, 1996), de *Tamarindus indica* (Diallo et al., 2010), de *Adansonia digitata* (Assogbadjo et al., 2006), de *Parkia biglobosa* (Ouédraogo, 1995).

Les travaux de recherche effectués sur le karité portent sur la phénologie et l'étude des caractères morphologiques (Guira, 1997 ; Compaoré, 2008 ; Compaoré, 2010; Diarrassouba et al., 2008 ; Diarrassouba et al., 2009 ; Paré, 2010), la variabilité du comportement physiologique (Bayala et Ouégraogo, 2008; Sanou, 2009) et la diversité génétique (Bouvet et al., 2004 ; Sanou et al. 2006) ; et la variabilité des caractéristiques du beurre par l'utilisation des NIRs (Near-Infra-Red Spectroscopy) (Davrieux et al., 2010) . Malgré l'intérêt de telles études il est apparu que l'absence de la connaissance de variétés agro-forestières freine la rentabilité économique de la filière. Pourtant, après avoir identifié deux sous espèces Chevalier (1943) et (Ryussen (1957) ont décrit trois variétés et sous-variétés en relation avec l'aire de distribution de l'espèce. Il s'agit de : (i) **la variété Niloticum** dont les feuilles adultes ont un limbe épais, oblongue à base fréquemment aigue. La pubescence des feuilles ne disparaît pas complètement à l'état adulte. Les nervures secondaires sont au nombre de 2 à 35 paires. Les fleurs ont un ovaire globuleux comportant 6 à 8 loges et surmonté d'un style hispide à la base. Cette variété se rencontre surtout à l'Est de l'aire du karité ; (ii) **La variété Poissoni** est à port ordinairement pyramidal, les feuilles

adultes très glabres sont ovales-allongées ou elliptiques, arrondies à la base ou au sommet. Elles sont aussi larges à la base et à l'extrémité qu'au milieu et mesurent 12 à 16 cm de long et 5,5 à 7,5 cm de large. Elle comporte 20 à 25 paires de nervures secondaires. Le pétiole est long de 5 à 6,5 cm. On trouve cette variété au Bénin et au Ghana ; (iii) **La variété Mangifolium** serait la seule de la zone soudanaise notamment au Burkina Faso et au Mali. Les feuilles sont oblongues, légèrement ondulées et glabres à l'état adulte et ressemblant à celles du manguier. Les feuilles adultes ont un long pétiole de 4 à 11 cm et un limbe long de 14 à 26 cm et large de 3,5 à 6,5 cm entièrement glabre et luisant sur les deux faces. Les nervures latérales ou secondaires, comportant 20 à 28 paires, sont à peine saillantes et peu visibles en dessous. Les fruits ovoïdes ou sphériques sont de 4 à 6 cm de diamètre. Cette variété se subdivise en deux sous-variétés suivant la forme et la couleur des jeunes feuilles, la pilosité et les fruits. Ce sont : (i) **La sous-variété viridis** : feuilles petites vertes à l'état jeune, oblongues, au sommet glabre et très ondulées sur les bords ; (ii) **La sous-variété rubifolia** : feuilles plus grandes planes ou légèrement ondulées, à sommet arrondi, rougeâtres à l'état jeune, poils apprîmes sur la face inférieure. Les ombelles florales sont moins fournies.

Malgré la grande variabilité inter et intra population constatée quelque soit l'approche utilisée dans l'analyse de la diversité (moléculaire ou morphologique) et la description de ces variétés botaniques, il ressort que l'idée de variété est encore mal perçue dans la caractérisation des écotypes. Ceci est essentiellement dû à l'absence de descripteurs morphologiques simples et stables comprises par tous les acteurs de la filière karité. De plus, toutes les descriptions variétales actuelles, combinant les connaissances paysannes et scientifiques sont faites sur la base de la qualité organoleptique du fruit. Or ce caractère qui n'est mesurable qu'à l'âge adulte ne permet pas une sélection précoce. Ainsi, seules les caractéristiques de l'appareil végétatif permettent une telle sélection. Or l'approche utilisant les caractères morpho-adaptatifs basée sur l'appareil végétatif a été reconnue peu solide (Sanou *et al.*, 2006). Pourtant, cela est dû au fait que dans la plupart des cas, on compare du matériel végétal d'âge différent (populations naturelles à générations chevauchantes) qui se trouve dans des conditions écologiques différentes. C'est dans le souci d'une utilisation optimale des performances de la ressource que les firmes internationales engagées dans la filière ont souhaité que la recherche trouve des descripteurs morphologiques permettant aux acteurs de terrain d'identifier avec précision les «variétés agro-forestières du karité». Une telle nécessité impose de nouvelles approches dans la description du matériel végétal.

C'est dans ce contexte qu'une étude d'identification variétale a été entreprise dans un essai de provenances mis en place à Gonsé depuis 1999. Celui-ci a l'avantage de comparer du matériel végétal du même âge et évoluant dans les mêmes conditions écologiques. Cette étude a pour **Thème** : « **Analyse comparative des caractères morpho-adaptatifs des variétés de karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.F. (Sapotaceae)) par la bio-statistique** ».

Elle a pour objectif général de trouver des descripteurs morphologiques simples stables et quasi universels permettant aux agents de terrain d'identifier avec aisance les variétés agro-forestières de karité. Il s'agira spécifiquement : (i) de déterminer les caractères morpho-adaptatifs les plus pertinents dans l'identification variétale ; (ii) d'établir des corrélations entre les caractères les plus pertinents à utiliser afin de réduire leur nombre ; (iii) décrire chaque variété en fonction de ses caractéristiques végétatives en utilisant la bio-statistique. De ces objectifs spécifiques, nous émettons les hypothèses suivantes :

- (i) Il existe des descripteurs phénotypiques à l'échelle des arbres et ou des feuilles qui permettent de classer les écotypes (provenance) en variété ;
- (ii) à partir des relations entre variables on peut diminuer le nombre de paramètres à utiliser dans l'identification des variétés ;
- (iii) chaque variété ainsi identifiée possède des caractères végétatifs spécifiques qui la différencient des autres.

Le présent mémoire comprend une partie introductive présentant le contexte et la problématique scientifique de l'étude, les objectifs ainsi que les hypothèses de travail. La deuxième partie expose les généralités sur l'espèce ; une troisième partie est consacrée au matériel et méthodes ; la quatrième présente les résultats et discussions ; et la cinquième partie fait ressortir la conclusion et les perspectives de recherches qui se dégagent.



# I. GENERALITES

## 1.1. Présentation du milieu d'étude

### 1.1.1. Situation géographique

L'étude a été effectuée dans la forêt classée de Gonsé dans le département de Saaba de la province du Kadiogo. Elle est située à 25 km à l'Est de Ouagadougou sur la route nationale N°4 reliant Ouagadougou à Fada N'Gourma. Elle se trouve entre la latitude 12°19' et 12°27' Nord et la longitude 1°16' et 1°21' Ouest. La forêt a une superficie de 6500 ha dont 3500 ha est une surface boisée d'espèces locales ou exotiques.

### 1.1.2. Climat

La forêt classée de Gonsé se situe dans le domaine climatique soudano-sahélien à deux saisons contrastées : (i) une saison sèche dominée par un vent continental (l'harmattan) qui souffle du Nord-est vers le Sud-ouest; (ii) une saison des pluies dominée par un vent marin (la mousson) qui souffle du sud-ouest vers le Nord-est. Ce climat est sous la dépendance des oscillations du Front Intertropical (FIT) dont le passage correspond au changement de saison. Les figures 1 et 2 présentent respectivement l'évolution de la pluviométrie et la température moyennes de la station météorologique la plus proche (Ouagadougou) au cours des cinq (05) dernières années.

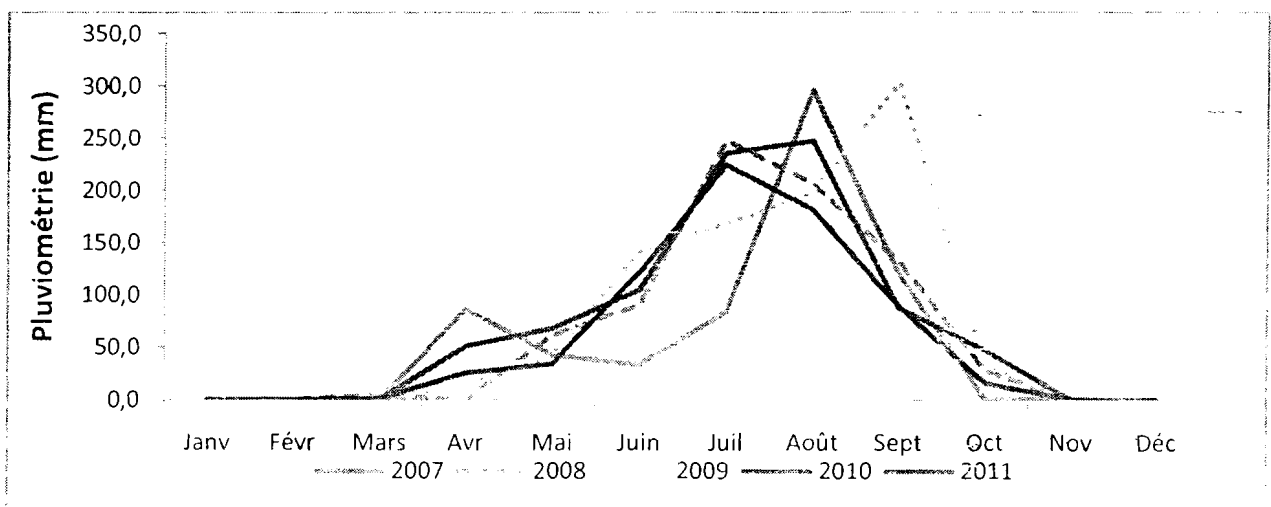
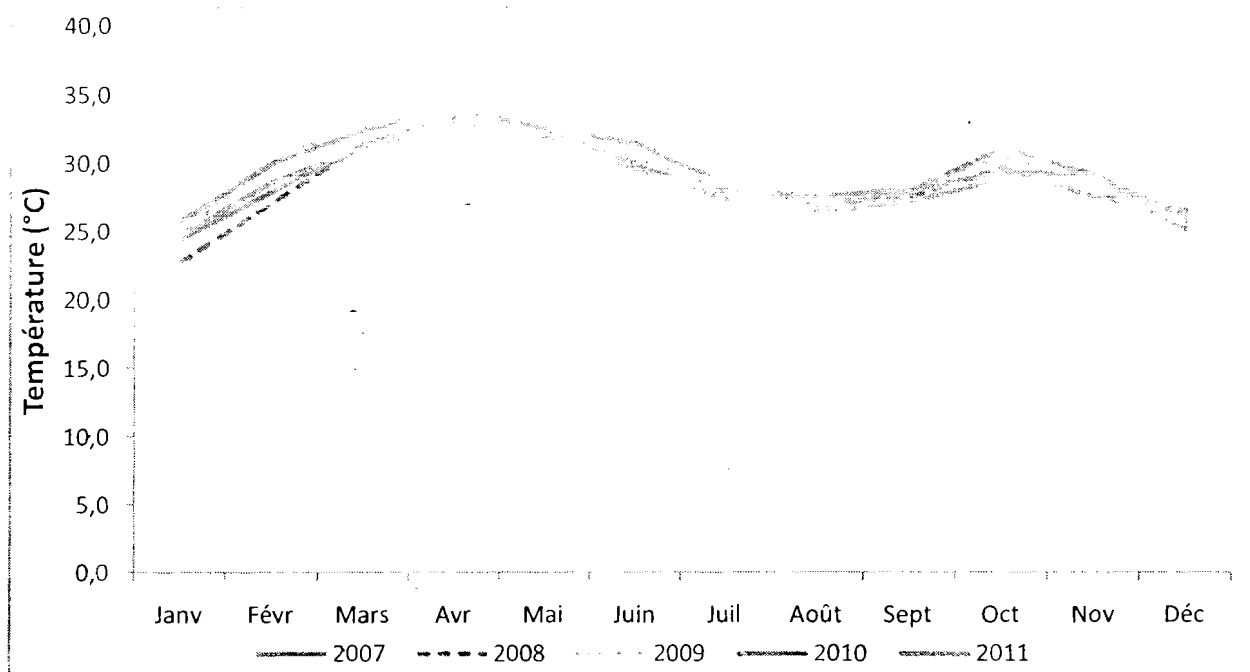


Figure 1 : Pluviométrie moyenne mensuelle de Ouagadougou de 2007 à 2011 (Météorologie nationale du Burkina, 2012)



**Figure 2 : Température moyenne mensuelle de Ouagadougou de 2007 à 2011 (Météorologie nationale du Burkina, 2012)**

### 1.1.3. Sols

Les sols de Gonsé sont squelettiques du type ferrugineux tropical lessivé caractéristique des sols du plateau central. L'étude pédologique effectuée par le **BUNASOLS en 1990** indique que les essais de provenances du DPF sont implantés sur des sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et à concrétions de 51,68% à 67,04%. Selon **Lompo (1999)**, ce sont des sols profonds de couleur brune à brun grisâtre en surface et en profondeur. En surface, ils ont une structure faiblement développée en éléments grossiers, moyens et fins. En profondeur, il s'agit d'une texture limono-sableuse à limono-argileuse.

### 1.1.4. Végétation

La végétation autochtone est constituée de savanes arbustives avec un tapis herbacé dense par endroit. Il existe toute une série d'associations végétales liées à la mosaïque des sols dont les profondeurs varient en fonction de l'importance de l'hydrographie et de l'induration. Cette végétation devient une forêt galerie le long du cours d'eau le Massili. Les espèces les plus fréquentes dans les formations savanicoles sont : *Anogeissus leiocarpus* (DC.)G. et Perr. , *Sclerocarya birrea* (A. Rich) Hochst., *Lannea microcarpa* Engl. et Kr., *Vitellaria paradoxa* Gaertn., *Tamarindus indica* L., *Terminalia avicennioides* G. et Perr., *Combretum glutinosum* Perr. , *Ziziphus mauritiana* Lam., *Cassia sieberiana* DC. , *Guiera*

*senegalensis* J.F. Gmel et *Acacia seyal* Dell. Le tapis herbacé est dominé par *Andropogon gayanus* Kunth., *Loudetia togoensis* Hubb., *Pennisetum pedicellatum* Trin., *Elionurus elegans* P. Beauv. et *Sporolobus pyramidalis* P. Beauv.

## 1.2. Présentation de l'espèce

### 1.2.1. Nomenclature et classification

Selon **Bonkougou (1987)**, le célèbre explorateur Mungo Park (Ecosais) fut le premier auteur qui décrit le karité dans la région de Ségou au Mali en 1796. La classification du karité a été source de controverses chez les botanistes. C'est ainsi, qu'il va passer d'une tribu à l'autre, pour se retrouver actuellement dans la tribu des Mimosoepae. Le karité fut rattaché à la famille des Sapotaceae, et pris le nom de *Vitellaria paradoxa* en 1805, puis *Bassia parkii* en 1837 en souvenir de Mungo Park. Le genre *Butyrospermum* dont le nom rappelle l'utilisation de la graine, fut créé en 1864 par Kotschy (**Guira, 1997**). Le tableau I présente la position actuelle de *Vitellaria paradoxa* dans la classification de **Cronquist (1988)**.

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

<b>Embranchement</b>	Angiosperme	<b>Tribu</b>	Mimosoepae
<b>Classe</b>	Magnoliopsida	<b>Sous-tribu</b>	Mimosopinae
<b>Sous-classe</b>	Gamopétale	<b>Genre</b>	<i>Vitellaria</i>
<b>Série</b>	Hypogynes	<b>Espèce</b>	<i>Paradoxa</i>
<b>Sous-série</b>	Diplosténomes	<b>Sous-espèce</b>	<i>Subsp.paradoxa</i> <i>Subsp.niloticum</i>
<b>Ordre</b>	Ebénales	<b>Variétés</b>	Mangifolium, Poissoni, Niloticum
<b>Famille</b>	Sapotaceae	<b>Sous-variétés</b>	Viridis, Rubrifolius

## 1.2.2. Identification des variétés botaniques

Le karité (*Vitellaria paradoxa*) présente plusieurs morphes tant au niveau de la taille et de l'architecture des arbres que de la forme des feuilles et des fruits. Ces différents aspects ont permis à **Chevallier (1948)** et **Ryussen (1957)** de décrire les premières variantes du karité. Plus récemment la combinaison des connaissances scientifiques (chercheurs) et empiriques (paysans) a abouti dans le cadre d'un projet intitulé INNOVKAR, à l'identification d'une dizaine de variétés au Burkina Faso. Ainsi, les premiers auteurs ont d'abord décrit deux sous-espèces qui sont : La sous espèce *paradoxa* et la sous espèce *nilotica*. Ces deux sous-espèces sont endémiques chacune a une aire géographique donnée. C'est ainsi que la sous espèce *paradoxa* se trouve en Afrique Occidentale et Centrale tandis que la sous-espèce *nilotica* ne se rencontre qu'en Afrique Orientale.

- (i) La sous-espèce *paradoxa* : *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn. *subsp.paradoxa*, est la plus répandue en Afrique et possède le taux d'exploitation et d'exportation le plus élevé. Ses noix ont une teneur en acide stéarique plus élevée et une teneur en acide oléique plus faible. Il en résulte un beurre de karité plus solide ;
- (ii) *Vitellaria paradoxa subsp.nilotica* (Kotschy) Hepper en Afrique Orientale : Cette dernière sous-espèce se distingue de la première par sa forte pilosité et ses fleurs plus grandes. Ses noix possèdent une teneur en acide stéarique plus faible et une teneur en acide oléique plus élevée. Il en résulte un beurre plus liquide, privilégié par l'industrie cosmétique.

## 1.2.3. Description morphologique

### 1.2.3.1. Appareil végétatif

L'appareil végétatif du karité a été fortement documenté depuis sa première description par Mongo Park en 1796 dans la région de Ségou au mali.

#### 1.2.3.1.1. Les feuilles

Le karité est un arbre à feuilles caduques. Les feuilles (**Fig.3d et 3e**) sont simples, entières, alternes et groupées en rosettes, surtout au sommet des rameaux. Le limbe est obtus, luisant, coriace, vert foncé au-dessus et plus claire en dessous (**Ryussen, 1957**). Elles sont

coriaces luisantes longues de 12 à 25 cm. Elles sont portées par de longs pétioles de taille variable (Arbonnier, 2002). Elles sont groupées au bout du rameau (Maydell, 1992). La nervure principale apparaît en clair sur la face supérieure et proéminente sur la face inférieure. Les nervures secondaires sont parallèles, alternes, au nombre de 20 à 40 paires et partent plus ou moins obliquement de la nervure principale (Maydell, 1992 ; Senou, 2000).

#### 1.2.3.1.2. Le port

Le karité est un arbre pouvant atteindre 10 à 15 m de hauteur avec une cime puissamment branchue et ramifiée (Fig.3f). Trois ports ont été décrits au niveau de la couronne des arbres par Lamien (2001) : (i) Le port en boule : les branches secondaires s'étalent rapidement pour donner un aspect sphérique à la frondaison ; (ii) Le port en balai ou parasol : les branches secondaires s'étalent vers le haut en V donnant un aspect de parasol à la cime ; (iii) Le port semi-dressé ou érigé qui est l'intermédiaire entre les deux (02) premiers types.

#### 1.2.3.1.3. Le tronc

De forme cylindrique, le tronc a une croissance extrêmement lente aussi bien en hauteur qu'en diamètre. Sa hauteur est souvent moins importante que le houppier. Le diamètre du tronc pris à 1,30 m de hauteur, dépasse rarement 1 m (Ryussen, 1957 ; Guira, 1997). L'écorce de l'arbre est gris foncé ou noirâtre. Mais pendant les premières années et jusqu'à l'âge de 15 ans environ, elle est grise claire et presque lisse. C'est généralement dans les formations naturelles que l'écorce du karité présente une couleur noirâtre due aux feux de brousse. Sur les troncs et les branches âgées, l'écorce est ligneuse et profondément crevassée en plaques plus ou moins rectangulaires rappelant la peau du crocodile Maydell (1990). Ce revêtement constituerait un moyen efficace pour l'arbre dans la résistance à certaines attaques extérieures telles que les feux de brousse (Guira, 1997).

#### 1.2.3.1.4. Les racines

Le système racinaire du karité est fait d'un pivot très court et vigoureux dans le jeune âge qui atteint rapidement une profondeur qu'il ne dépasse plus (Aubrèville, 1950). En plus de la racine pivotante, il émet des racines latérales dont la longueur peut atteindre 20 m (Bonkougou, 1987). Selon le même auteur, l'influence des racines sur les cultures sous-jacentes paraît négligeable puisque ces racines commencent à s'étaler à une profondeur de 40 cm environ.

## 1.2.3.2. Appareil reproducteur

### 1.2.3.2.1. Inflorescences et fleurs

La floraison se fait à des moments variables suivant les régions, de Décembre à début Avril (Aubrèville, 1950 ; Arbonnier, 2002). L'inflorescence du karité est bien caractéristique des Sapotaceae. Elle porte plusieurs fleurs groupées à l'aisselle des feuilles terminales ou des cicatrices foliaires sur les rameaux défeuillés. Le nombre de fleurs par inflorescence est extrêmement variable et peut atteindre jusqu'à 100 fleurs par inflorescence (Oyen et Lemmens, 2002). Les fleurs particulièrement mellifères (Salle *et al.*, 1991), sont groupées en ombrelles denses de 30 à 40 fleurs, à l'extrémité de rameaux épais. Elles n'apparaissent que vers l'âge de 15 ans. La floraison variable d'une région à l'autre se déroule durant la période allant de Décembre en Avril (Aubrèville, 1950). Les premières fleurs sont stériles au cours des 3 premières années de floraison. Traoré *et al.* (1987) note que c'est 3 à 4 ans après la première floraison que le karité porte quelques fruits.

### 1.2.3.2.2. Fruits et graines

Le fruit du karité (Fig.3a et 3b) est une baie renfermant une graine, parfois deux ou trois, mais rarement plus de trois (Guira, 1997). Les fruits non murs contiennent du latex qu'ils perdent à maturité. Le péricarpe très charnu et sucré, est fortement consommé pendant la période de soudure au moment des travaux champêtres par les populations rurales (Aubrèville, 1950). Selon Maydell (1992) et Arbonnier (2002), les fruits ovoïdes de couleurs verts sombre à brunes dont la taille est généralement comprise entre 4 et 8 cm de long se présentent sous la forme de grappes au sommet du rameau. La récolte des fruits se fait par cueillettes entre Juin et Septembre. C'est une tâche réservée généralement aux femmes et dans une moindre mesure aux enfants. C'est pourquoi on lui attribue le qualificatif «d'or des femmes» en Afrique sub-saharienne. Le fruit contient une, voire deux noix dures dont la couleur varie du brun clair au brun noirâtre en passant par le marron (Guira, 1997) ; la noix renferme une amande riche en matière grasse de forme sub-globuleuse et blanchâtre qui est en fait la graine proprement dite. L'amande contenue dans la noix est généralement de l'ordre de 4 cm de long et 2,5 cm de diamètre. Elle est formée de deux cotylédons soudés entre eux.

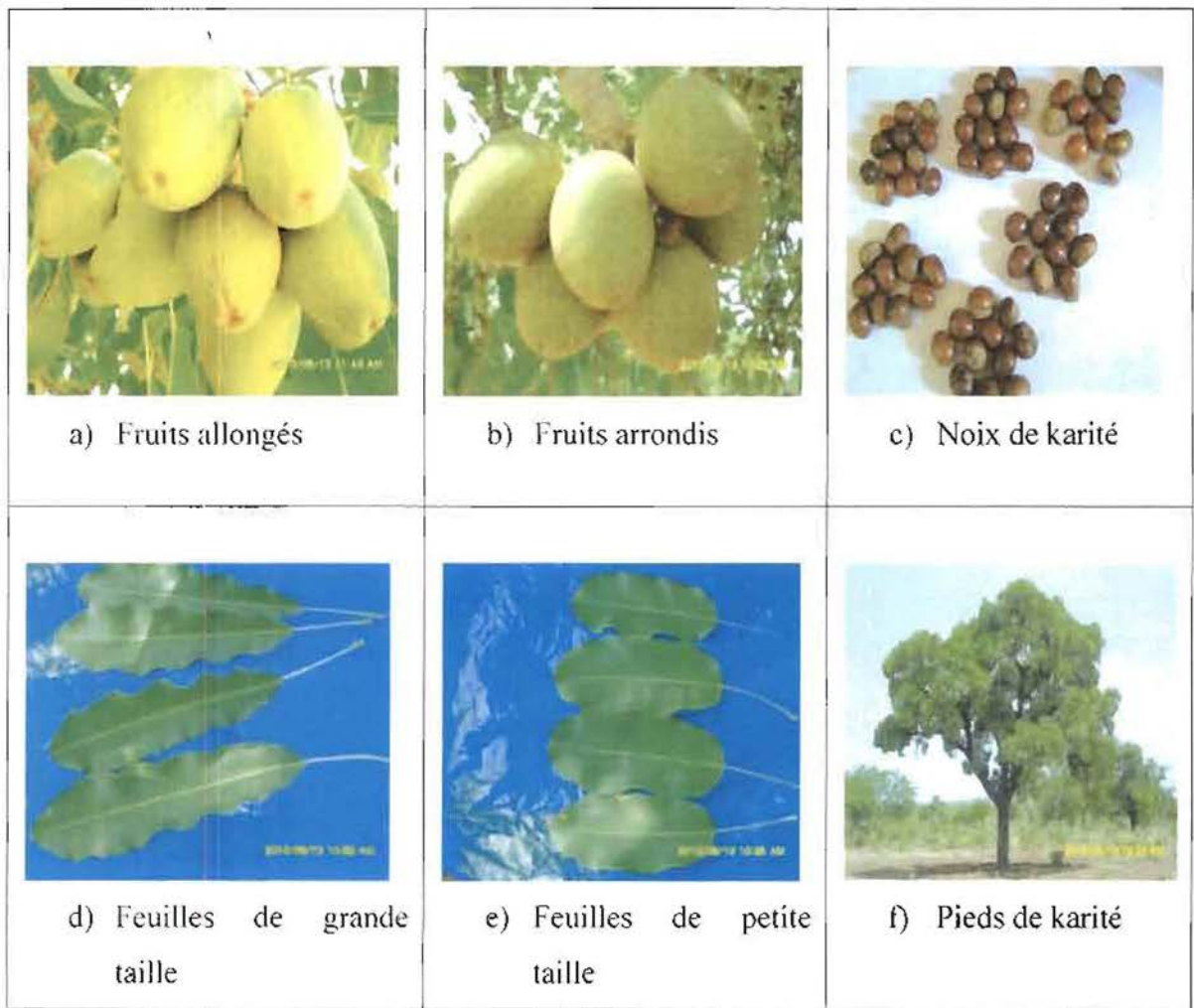


Figure 3 : Illustration de quelques descripteurs morphologiques chez le karité

## 1.2.4. Aire de répartition et écologie

### 1.2.4.1. Aire de répartition

D'après **Aubréville (1950)**, **Ruyssen (1957)** et **Terpend (1982)** l'aire naturelle du karité en Afrique (**Fig.4**) s'étend, au Sud du Sahara, du Sénégal Oriental jusqu'au Nord-ouest de l'Ouganda, soit du 16<sup>ème</sup> degré de longitude Ouest au 34<sup>ème</sup> degré de longitude Est. La zone du karité forme une bande longue de 5000 km et large de 400 à 750 km. Situé entre le 5<sup>ème</sup> et le 15<sup>ème</sup> parallèle, cette bande est inclinée vers le sud au fur et à mesure qu'elle avance de l'Ouest vers l'Est de l'Afrique. **Hall et al (1996)** estiment que le karité est actuellement présent dans 18 pays. Le Sous espèce *paradoxa* se rencontre au Bénin, au Burkina Faso, au Cameroun, en République centrafricain, au Tchad, en Côte d'Ivoire, en Guinée Conakry, en Guinée Bissau, au Mali, au Niger, au Nigeria, au Sénégal et au Togo. La sous espèce *nilotica* couvre les pays tels que l'Ethiopie, le Soudan, l'Ouganda et la République Démocratique du Congo. Pour **Aubréville (1950)**, **Ruyssen (1957)** et **Guinko (1984)** l'espèce est liée à la présence de l'homme qui en a assuré la protection et la dispersion. La zone soudano-sahélienne, malgré ses conditions écologiques contraignantes, abrite les plus importants peuplements dans toute l'aire du karité. En effet, selon **l'IRHO (1952)**, les peuplements les plus denses se rencontrent surtout au Mali, au Burkina Faso, dans le Nord de la Côte-d'ivoire, du Ghana, du Togo, du Bénin et du Nigeria. Toutefois, le Burkina et le Mali sont les deux pays qui se trouvent entièrement à l'intérieur de la zone de prédilection de l'espèce. Au Burkina Faso le karité s'étend sur tout le territoire à l'exception de la partie située au Nord du 14<sup>ème</sup> parallèle. D'après **Guinko (1984)**, la zone où l'espèce est absente à l'état spontané au Burkina Faso correspond à la zone des steppes sahéliennes. Cependant, une population a été identifiée par Diallo en 2007 au-delà de cette latitude notamment dans la localité située à 5 km au Sud-ouest de Djibo. C'est dans le centre et l'Ouest du pays qu'on rencontre les peuplements les plus importants et les plus diversifiés sur la forme des arbres.

Quelques introductions du karité, en dehors de l'Afrique, ont été faites dans le monde. **Booths et Wickens (1988)** signalent la présence de l'espèce au Honduras à la Dominique, et dans les Caraïbes.



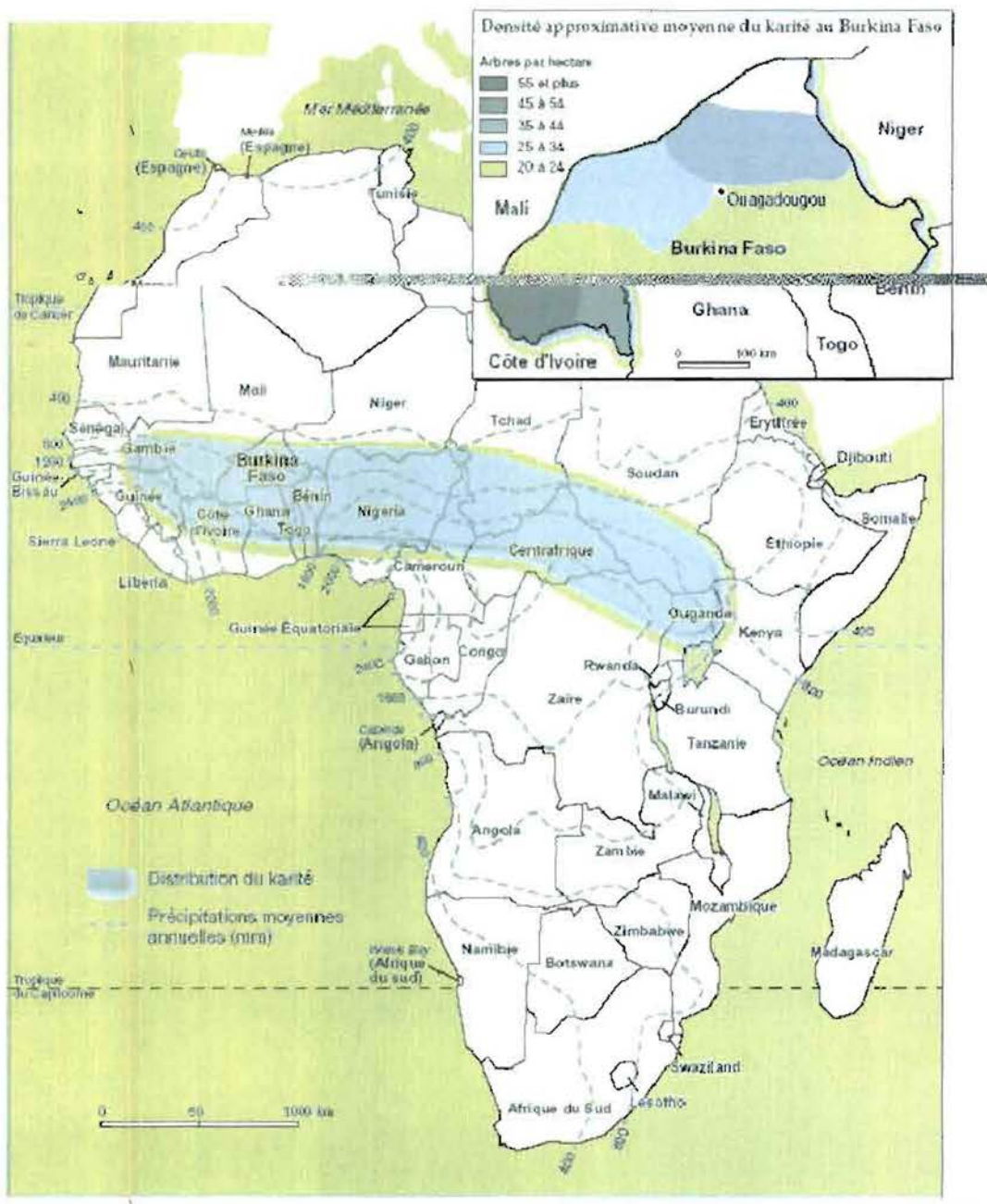


Figure 4 : Aire de distribution du karité en Afrique et au Burkina. (Terpend, 1982)

### 1.2.4.2. Ecologie

L'écologie d'une espèce, selon la définition, est l'étude des rapports entre cette espèce et le milieu dans lequel elle se trouve. **Aubrèville (1950)** note que le karité est l'unique Sapotacée des sols secs sous climat soudaniens. Selon **Alexandre (1992)**, on classe le karité comme espèce soudanienne « ubiquiste », puisqu'on l'observe tant sur des hauts de pente (100 à 1300 mm/an) que dans des biotopes rupicoles (500 à 1000 mm/an). **Hall et al. (1996)** précisent que les élévations au dessus de 600 m sont rencontrées dans les montagnes du Fouta Djallon, au Nigeria, au Cameroun et en Guinée mais la vaste majorité se présente à une altitude comprise entre 100 et 600 m. D'après **Chevalier (1943)**, **Ruyssen (1957)** et **Terpend (1982)**, le karité s'adapte à divers types de sols, depuis les sols alluvionnaires jusqu'aux sols latéritiques. Ces sols sont généralement pauvres en éléments fertilisants tels que le phosphore, le potassium et le calcium. Cela montre que l'espèce n'est pas exigeante quant à la qualité des sols. Néanmoins, ces auteurs précisent que le karité est plus abondant sur les sols argilo-siliceux ou silico-argileux et sur les latérites détritiques. Selon **Hall et al. (1996)**, l'espèce se présente dans les zones où la pluviosité moyenne annuelle est comprise entre 600 et 1400 mm, avec une ETP comprise entre 1400 et 2300 mm. Mais des populations isolées peuvent se retrouver sous des pluviosités inférieures à ces valeurs. Pour **Bonkougou (1987)**, l'intervalle pluviométrique favorable est situé entre 500 mm à 1500 mm. Les essences les plus communes des zones à peuplements de karité sont surtout *Terminalia* ssp., *Pterocarpus lucens* Lepr., *Anogeissus leiocarpus* (DC.) G. et Perr., *Azelia africana* Sm., *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss., *Prosopis africana* (G. et Perr.) Taub., *Bauhinia rufescens* Lam., *Daniellia oliveri* (R.) Hutch et Dalz., *Annona senegalensis* Pers., *Ficus* ssp., *Tamarindus indica* L., *Lannea microcarpa* Engl et Kr., *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth., *Sclerocarya birrea* (A.Rich.) Hochst.

D'une manière générale, les populations les plus homogènes se rencontrent dans les champs de cultures et dans les jachères récentes ne dépassant pas 5 ans. Pendant les défrichements pour implanter de nouveaux champs, le karité et quelques autres espèces utiles comme le néré (*Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth)), le résinier (*Lannea microcarpa* Engl. et Kr), le tamarinier (*Tamarindus indica* L.) et (*Faidherbia albida* Del.) sont épargnés. Ces arbres bénéficient alors de la lumière et de la faible compétition avec d'autres espèces. Ils profitent également du travail du sol pendant les travaux champêtres. Ces conditions favorisent la croissance et la productivité du karité. L'arbre présente alors un aspect plus vigoureux. Par contre, dans les zones non défrichées, où l'arbre n'est pas protégé de la compétition et des feux de brousse, il y présente un aspect moins vigoureux et moins productif (**Guira, 1997**).

## II. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Matériels

#### 2.1.1. Site d'étude

La forêt classée de Gonsé se situe à 25 km de Ouagadougou sur la route N°4 reliant Ouagadougou-Fada N'Gourma. Selon **Fontès et Guinko (1995)** elle se trouve en climat Nord-soudanien avec une végétation de savane arbustive. Les caractéristiques géo-climatiques du site d'implantation de l'essai sont inscrites dans le tableau II.

**Tableau II : Caractéristiques géo-climatiques du site d'implantation de l'essai**

Paramètres géo-climatiques	Caractéristiques
Altitude	315 m
Longitude	4°26 W
Latitude	14°06 N
Climat/Végétation	soudano-sahélien / Savane arbustive
Sols	Ferrugineux tropicaux, lessivés, peu profonds avec une dalle latéritique affleurant
Pluviosité	705 mm /an
Indices d'Aubréville	4 mois pluvieux 2 intersaisons d'un mois chacune 62 jours de pluie / an 6 mois secs

#### 2.1.2. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué d'une plantation de karité, sous forme d'essai de provenances récoltées par descendances séparées. Cet essai compare cinq (05) provenances notées (Pi): Gonsé (P1); Passoré (P2); Botou (P3); Mali (P4); Sénégal (P5). Les caractéristiques géo-climatiques des sites de récolte sont inscrites dans le tableau III. La provenance est définie comme étant l'emplacement géographique des arbres d'une ou de plusieurs populations ayant fournies des semences. Quant à la population il s'agit d'un groupe d'individus ayant en commun le même pool génétique et vivant ensemble au même moment

et en un lieu donné. Dans de nombreux cas la population est assimilée à la provenance. L'écotype se définit comme un groupe d'individus d'une espèce, adaptés à un biotope donné dont les caractéristiques sont induites pour la plupart par des conditions de station. De ce fait, la population peut être également assimilée à la l'écotype. L'écotype peut être une variante à l'intérieur de la population ou de la provenance. Celui-ci deviendra une variété lorsque les variations morphologiques induites par les conditions du milieu se transmettent aux descendants successifs. Dans le présent document nous assimileront volontairement la provenance à la population et l'écotype à la variété.

**Tableau III : Caractéristiques géo-climatiques des sites de récoltes**

Pays	Localité	Latitude	Longitude	Pluviométrie (mm)
Burkina	Botou	12°38'52''N	1°59'50''W	600
	Gonsé	12°20'05''N	1°17'37''W	741,8
	Passoré	12°55'29''N	2°17'52''W	600
Mali	Djonon	12°20'226''N	4°53'793''W	1000
	Karuba	12°54'979''N	7°28'423''W	850
Sénégal	Samecuta	12°36'35''N	02 °47'39''W	1200

### 2.1.2. Matériel technique

Le matériel technique se compose : (i) des étiquettes ; (ii) des sachets en plastique pour le conditionnement des échantillons collectés ; (iii) d'un double décimètre pour les mesures des différentes variables biométriques sur les feuilles ; (iv) d'un ruban métrique pour la mesure de la circonférence ; (v) d'une perche graduée pour la prise des hauteurs ; (vi) et des fiches de collecte de données (**Annexes 2 et 3**).

## 2.2. Méthodes

### 2.2.1. Dispositif expérimental

L'Essai Comparatif de Provenances (**Annexe 1**) (ECP) mis en place le 10/11/1999 dans la forêt classée de Gonsc est un dispositif expérimental en blocs complets randomisés de type Mono arbre (BCRM). L'essai compare cinq (05) traitements (provenances) avec 70 répétitions. L'écartement entre les arbres est de 5m x 8m (5 m entre les lignes et 8 m entre les colonnes). La surface totale de l'essai est de 17520 m<sup>2</sup> (lignes de bordures comprises). La surface utile est de 14000 m<sup>2</sup>.

### 2.2.2. Collecte des données

Sur toute l'étendue de l'essai, nous avons récolté sur chaque arbre, 1 à 2 rameaux de feuilles dans les parties basses de la couronne des arbres, puisque d'après **Guira (1997)** il n'y a pas une grande variabilité morphologique des feuilles dans l'ensemble du houppier. Ensuite, nous avons prélevé 5 feuilles saines /arbre. Ces feuilles ont été conservées dans des sachets plastiques pour éviter tout dessèchement sur le terrain. Dans le même sachet, nous avons introduit une étiquette correspondant au numéro de l'arbre dans le plan de l'essai pour ensuite procéder aux différentes mesures. La récolte a été effectuée au moment de la pleine feuillaison des arbres ou le développement des feuilles est total.

### 2.2.3. Variables mesurées

#### 2.2.3.1. Mensurations à l'échelle des arbres

Les mesures sur chaque arbre ont concerné :

- la circonférence à la base (CR);
- la largeur Est-Ouest et Nord-Sud du houppier (HE-O et HN-S) ;
- la hauteur totale (HtT) ;
- la hauteur jusqu'à la première branche (HtPB) ;
- le nombre de branches sur le tronc (NBT).

#### 2.2.3.2. Mensurations à l'échelle des feuilles

Les mesures sur les feuilles ont porté sur :

- la longueur du pétiole (LgP) (en cm), prise à l'aide d'un double décimètre ;

- la longueur et la largeur (largeur prise au milieu du limbe) du limbe (LgL et lgL), mesurée à l'aide d'un double décimètre.
- le nombre de nervures secondaires (NPNS). La feuille présente le même nombre de nervures secondaires de part et d'autre de la nervure principale. Pour cela, nous avons procédé au comptage des nervures secondaires du côté de la face supérieure. Ce nombre correspond au nombre de paire de nervures secondaires de la feuille.

Toutes ces variables ont été regroupées en cinq catégories qui sont : i) l'architecture de l'arbre (HtPB, NTB, HE-W, HN-S) ; (ii) la vigueur de croissance (HtT, CB) ; (iii) la morphologie des feuilles (LgL, lgL, LgP) ; (iv) nombre de paires de nervures (NPNS) ;

#### 2.2.4. Analyses des données

Après la collecte des données, nous avons utilisé le tableur Excel 2007 pour la saisie et la réalisation des différents graphiques. Les analyses des données ont été effectuées avec le logiciel XLSTAT- Pro 7.5.2 et le logiciel MINITAB version 16. Les analyses statistiques effectuées sont :

- une analyse de variance (ANOVA), variable par variable suivi d'une analyse en composante principale (ACP) qui permet d'analyser simultanément toutes les variables. L'ACP est une méthode essentiellement descriptive, qui permet de résumer la variabilité des paramètres recueillis et de positionner les individus par rapport aux variables (Dervin, 1988). Dans cette étude, une première analyse a permis de faire un premier regroupement. De celui-ci nous avons construit un deuxième tableau en gardant les arbres dans chaque groupe. Ensuite nous avons fait une deuxième ACP pour affiner les regroupements en sous-groupes et de positionner chacun d'eux par rapport aux variables morphologiques. A partir de l'ACP un tableau de corrélations entre variables a permis de mesurer le degré de relation entre elles. Ensuite un tri a permis de garder les plus pertinentes et de regrouper celles-ci en groupe de variables.
- une Classification Ascendante Hiérarchisée (CAH) a permis de faire des rapprochements entre les différentes variétés décrites à partir de l'indice de similarité. la Classification Ascendante Hiérarchique est une méthode essentiellement descriptive, elle vise à répartir (n) individus caractérisés par des variables, en un certains nombre (m) de sous-groupes aussi homogènes que possible. A partir de cette

analyse nous avons constitué des sous-groupes à l'échelle des provenances et des variétés (sous-groupes).

- chaque groupe a ensuite été décrit sous forme d'une caractérisation en superposant le plan des individus à celui des variables morphologiques mesurées dans le plan 1/2 représenté par F1 et F2. Ceci a permis d'obtenir un tableau descriptif des variétés.

### III. RESULTATS

#### 3.1. Etude de la variabilité des caractères morphologiques

##### 3.1.1. Analyses uni variées des caractères morphologiques

Les analyses de variance effectuées variable par variable (Tableau IV) ont révélé des différences significatives entre les provenances pour la plupart des variables mesurées sauf les variables Hauteur jusqu'à la première branche (HtPB) et nombre de branches sur le tronc (NTB). Une analyse de variance par sous-groupe (provenance) montre également les mêmes différences entre les arbres quelque soit la variable.

**Tableau IV : Analyse de variance sur variables pour les différentes provenances**

Variabes	Somme des carrés	Carrés moyens	Valeur F	P>F	Moyenne essai
Longueur du limbe (LgL)	72,1	18,025	3,783	0,008 *	15,794
Largeur du limbe (lgL)	35,051	8,763	12,356	0,0001 ***	5,063
Longueur du pétiole (LgP)	18,399	4,6	3,639	0,009 *	7,004
Nombre de paire de nervures secondaires (NPNS)	465,085	116,271	7,942	0,0001 ***	30,027
Hauteur à la première branche (HtPB)	3687,302	921,826	1,675	0,166 NS	69,233
Hauteur totale (HT)	168414,339	42103,585	7,054	0,0001 ***	347,785
Circonférence à la base (CB)	1959,865	489,966	5,571	0,001 **	37,282
Nombre de branches sur le tronc	14,183	3,546	0,651	0,628 NS	5,76
Lagueur houppier Est-Ouest (HE-W)	155839,337	38959,834	5,161	0,001 **	263,64
Lagueur houppier Nord-Sud (HN-S)	209333,763	52333,441	6,728	0,0001 ***	271,2
Surface du houppier au sol (S-Sol)	332108337,8	83027084,45	5,381	0,001 **	6430,135
Nombre de paires de nervures secondaires (NPNS)	4,457	1,114	15,054	0,0001 ***	1,932

\*Différence significative au seuil de 5% \*\*Différence très significative au seuil de 1% \*\*\*Différence hautement significative au seuil de 1‰



### 3.1.1.1. Caractéristiques des feuilles

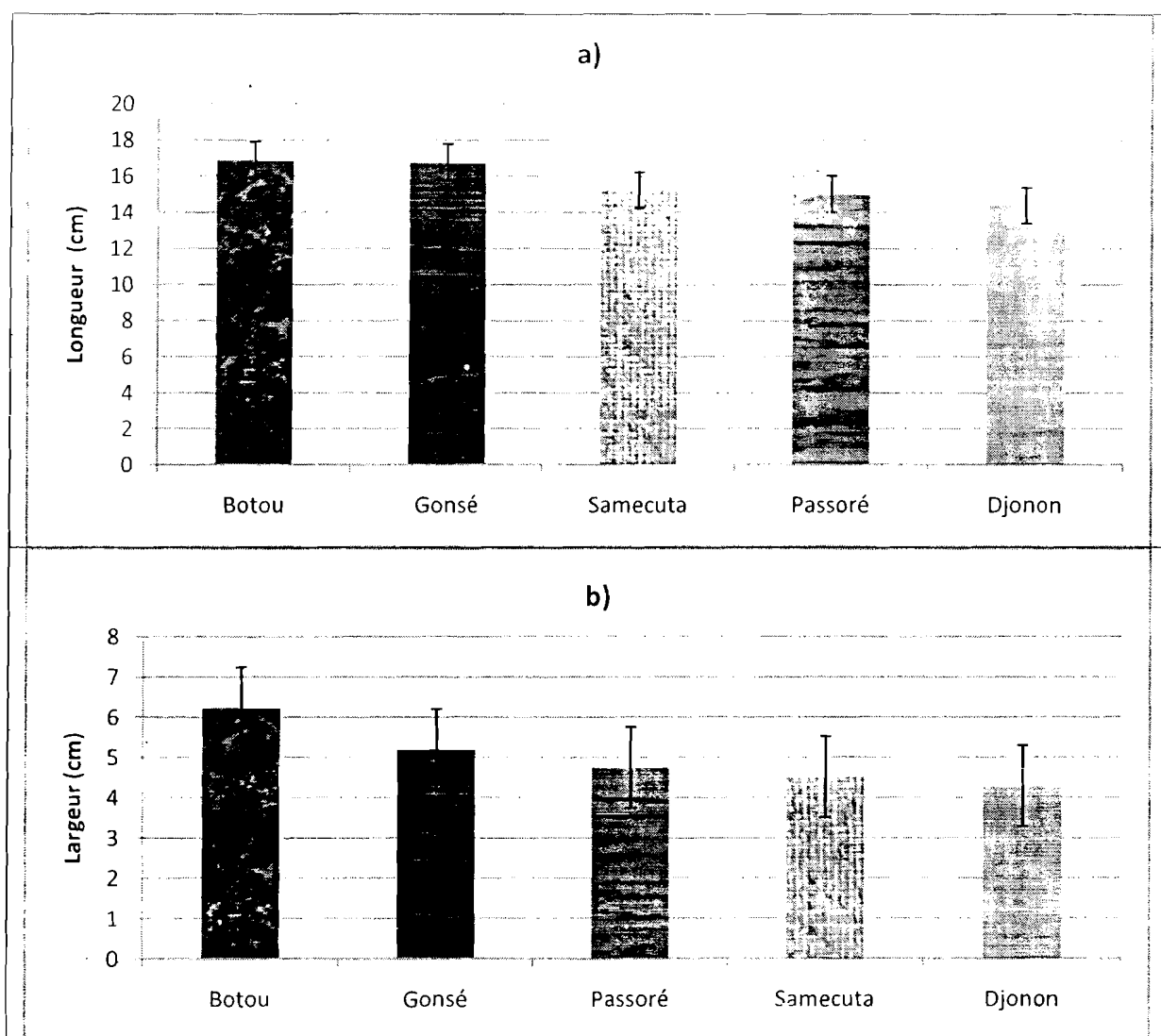
- **Longueur et largeur du limbe (LgL et lgL)**

L'analyse de variance pour ces variables ont révélé des différences significatives entre les provenances ( $P = 0,008$  pour la longueur et  $P = 0,0001$  pour la largeur). Une comparaison des moyennes de ces variables réalisée entre les provenances, donne Trois principaux groupes (**Fig.5a**) pour la variable longueur du limbe (LgL) :

- le 1<sup>er</sup> groupe constitué par les provenances de Gonsé et Botou avec leur moyenne respective de 16,77 et 16,97 cm.
- le 2<sup>ème</sup> groupe est formé par les provenances de Passoré avec une moyenne de 15,01cm et de Samecuta dont la moyenne est de 15,24 cm.
- le 3<sup>ème</sup> groupe correspond à l'unique provenance de Djonon dont la moyenne est de 14,37 cm.

Pour la variable largeur du limbe (lgL) la comparaison des moyennes donne 2 groupes (**Fig.5b**) :

- un premier groupe comprenant les provenances de Gonsé et de Botou avec leur moyenne respective de 5,21 et de 6,23 cm.
- le second groupe rassemble les provenances du Passoré, Djonon et de Samecuta avec leur moyenne de 4,75 ; 4,29 et 4,51 cm.



**Figure 5 : Longueur moyenne (a) et largeur moyenne du limbe (b)**

- **Longueur du pétiole (LgP) et nombre de Paires de nervures secondaires (NPNS)**

L'analyse de variance de la LgP et du NPNS révèle des différences significatives entre les provenances ( $P=0,009$  et  $P=0,0001$ ). La comparaison des moyennes donne 2 groupes de provenances (**Fig.6a**) pour la variable LgP :

- un premier groupe dont la moyenne est respectivement 7,78 et de 7,19 cm pour les provenances de Samecuta et Passoré.
- un deuxième groupe formé par les provenances de Gonsé, Djonon et Botou avec leur moyenne respective de 6,95 ; 6,66 et 6,34 cm.

Pour la variable NPNS, 2 principaux groupes sont également observés (**Fig.6.b**) par comparaison des moyennes :

- un premier groupe de provenances avec une moyenne respective de 31,38 ; 32,14 et 32,27 pour les provenances de Gonsé, Passoré et Djonon.
- un second groupe formé par les provenances de Botou et Samecuta avec leur moyenne respective de 27,06 et 27,37.

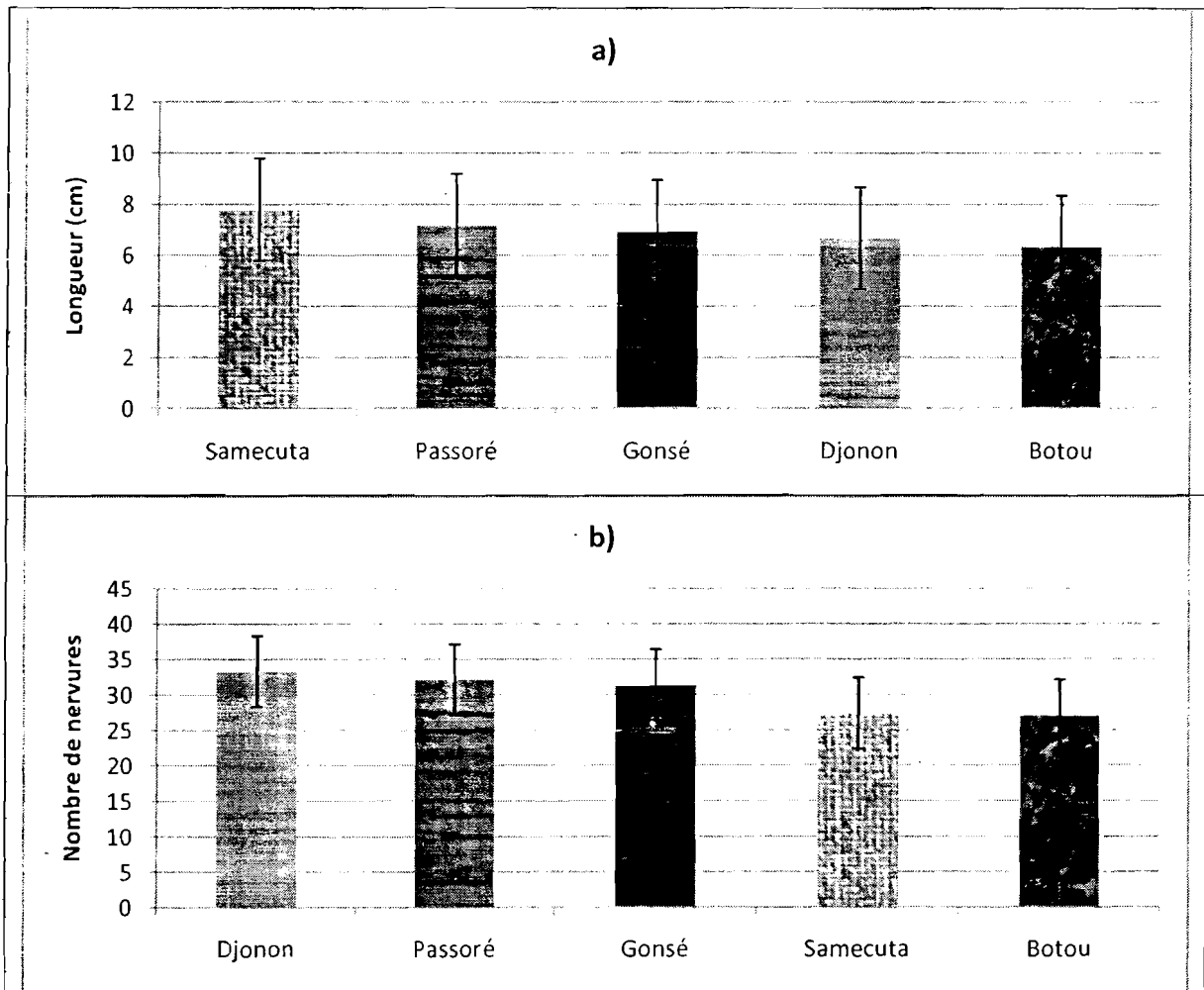


Figure 6 : Longueur moyenne du pétiole (a) et nombre de nervures secondaires (b)

### 3.1.1.2. Caractéristiques des arbres

- **Les différentes hauteurs**

L'analyse de variance de la hauteur jusqu'à la première branche (HtPB) a révélé une différence non significative ( $P=0,116$ ) entre les provenances. Quant à la hauteur totale (HtT) une différence hautement significative ( $P=0,0001$ ) a été observée.

La comparaison des moyennes de la HtT fait ressortir 3 groupes distincts (Fig.7) :

- le 1<sup>er</sup> groupe formé par la provenance de Djonon avec une HtT moyenne de 430,28 cm.
- le 2<sup>ème</sup> groupe regroupant les provenances du Passoré et Botou ont une hauteur moyenne respective de 356,49 et 365,04 cm
- le 3<sup>ème</sup> groupe correspond à la provenance de Gonsé avec une HtT moyenne de 278,03 cm.

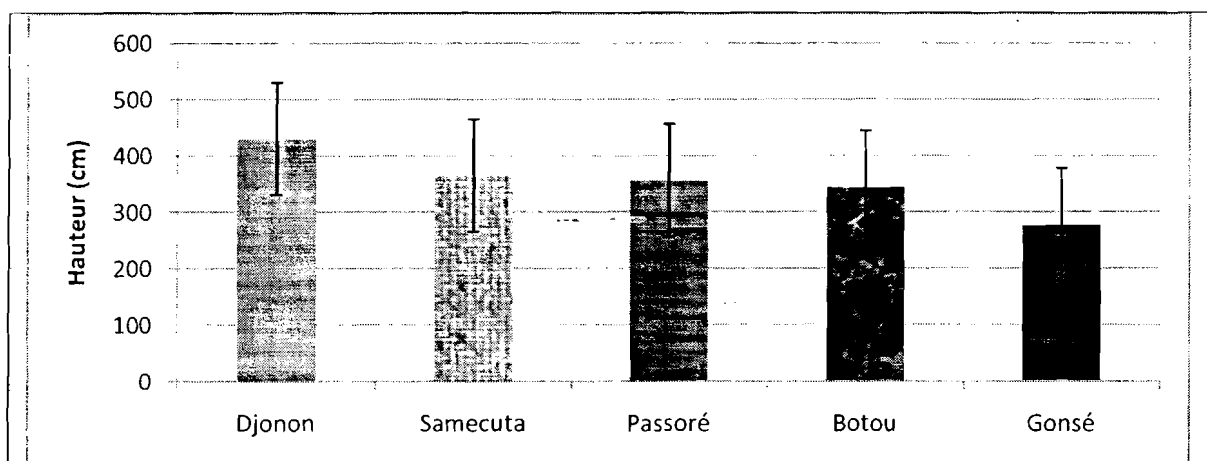


Figure 7 : Hauteur totale moyenne des arbres par provenance.

- **La circonférence à la base (CB) et le nombre de branches sur le tronc (NBT)**

L'analyse de variance pour ces variables donne : une différence non significative ( $P=0,651$ ) pour la variable NBT et une différence hautement significative ( $P=0,0001$ ) entre les provenances pour la variable CB.

Trois groupes ressortent de la comparaison des moyennes (Fig.8) pour la variable CB :

- le premier groupe comprend les provenances de Djonon et Botou avec une CB moyenne respective de 45,3 et 40,26 cm.
- le second groupe constitué par les provenances du Passoré et Samecuta avec une moyenne de CB respective de 38,71 et 36,16 cm.

- le Troisième groupe correspond à l'unique provenance de Gonsé avec une CB de 29,6 cm.

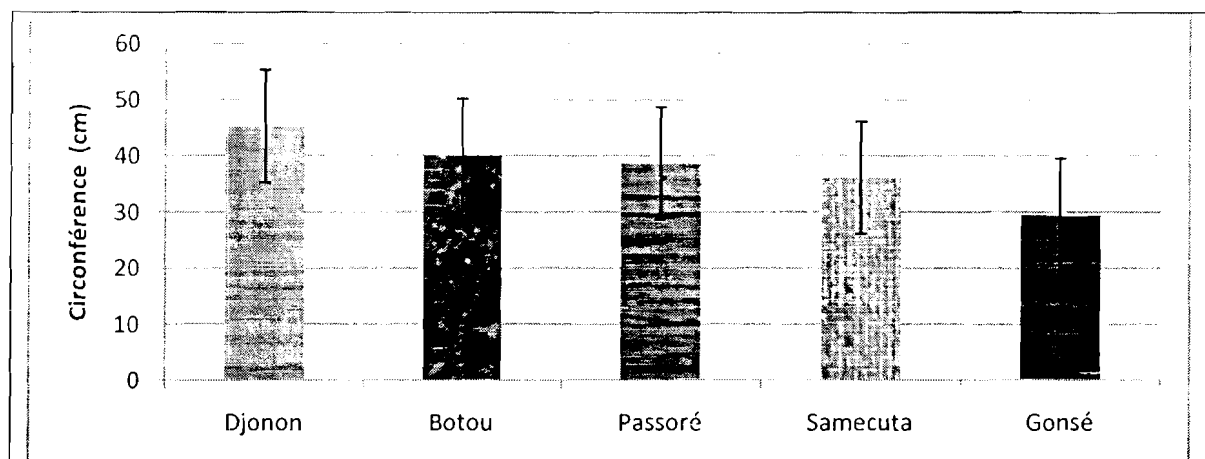
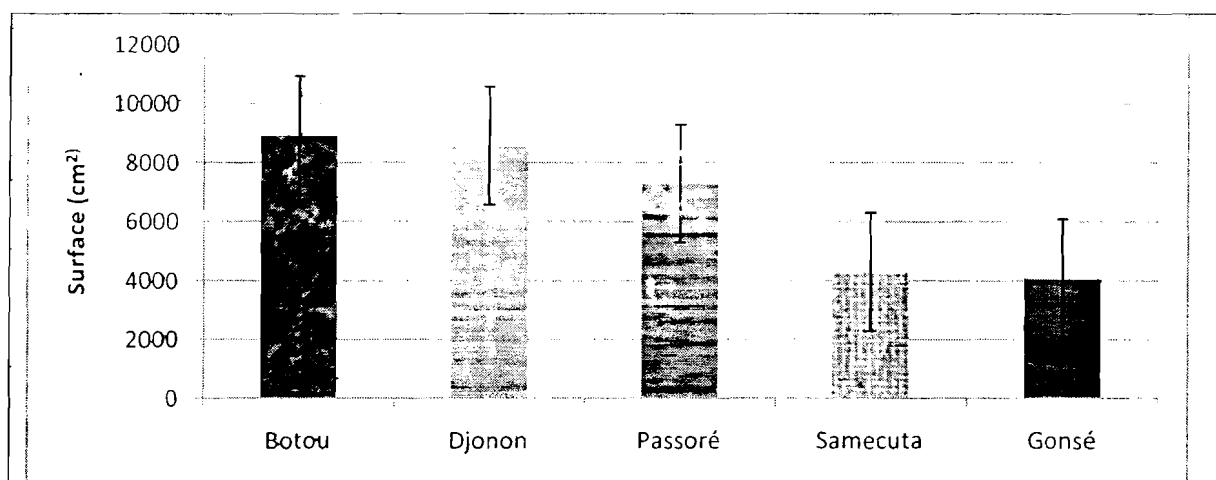


Figure 8 : Moyenne par provenance de la circonférence à la base

- **Largeur du houppier Est-Ouest, Nord-Sud et Surface de recouvrement au sol S-Sol**

L'analyse de variance pour ces variables révèle des différences très significatives ( $P=0,001$ ) entre les provenances. La comparaison des moyennes pour la variable surface de recouvrement au sol donne trois groupes (Fig.9) :

- le premier groupe comprend la population de Botou et Djonon avec une moyenne respective de 8940,6 et 8574,04  $\text{cm}^2$ .
- le deuxième groupe est formé par la seule provenance du Passoré avec une S-Sol de 7302,39  $\text{cm}^2$ .
- le troisième groupe est constitué par la provenance de Gonsé et de Samecuta avec une S-Sol moyenne respective de 4101,15 et 4302,6  $\text{cm}^2$ .



**Figure 9 : Surface moyenne du houppier au sol**

### 3.1.2. Analyses multi variées des caractères morphologiques

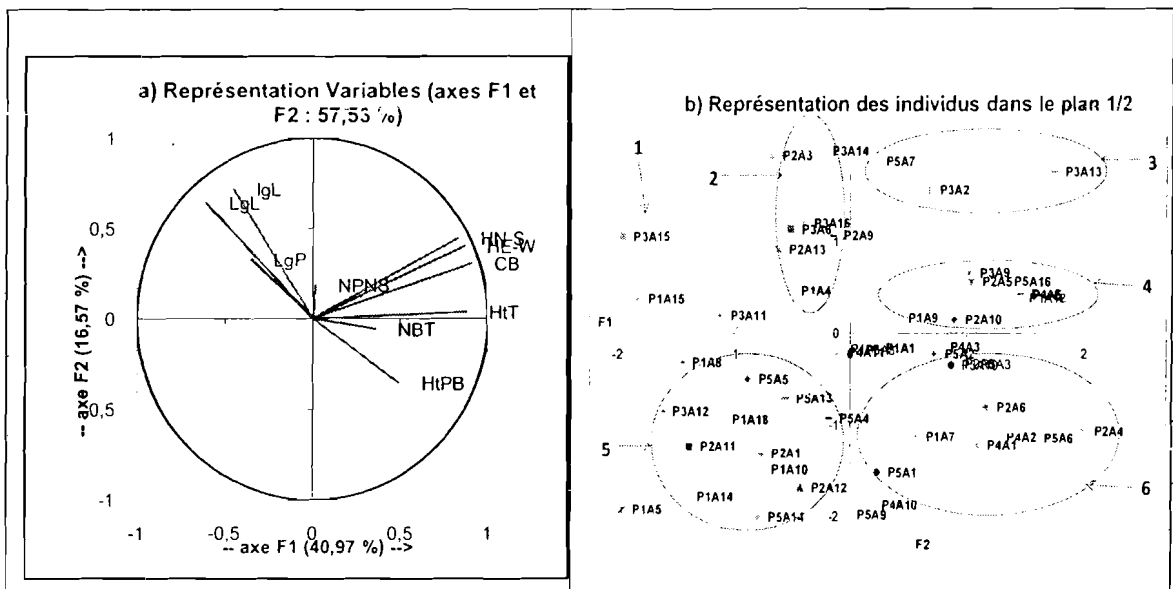
#### 3.1.2.1. Analyses en composantes principales (ACP)

L'analyse à composante principale (ACP) réalisée sur les variables phénotypiques des arbres et des feuilles a permis de rassembler les différentes provenances en des sous-groupes par rapport à toutes les variables (**Fig.10.a**) prises simultanément. Ainsi, les axes 1, 2 et 3 notés respectivement F1, F2, et F3 expliquent au totale 70,29% de la variabilité observée soit une contribution individuelle de 40,97% de l'axe F1, 16,57% de l'axe F2 et 12,75% de l'axe F3.

Les variables qui ont contribué à la création de F1 sont : la hauteur totale (HtT) 18,829%, la circonférence à la base (CB) 20,061%, la largeur du houppier Est-Ouest (HE-W) 18,234% et Nord-Sud (HN-S) 16,666%. Cet axe est celui caractérisant les paramètres dendrométriques des arbres. Les variables ayant permis la création de F2 sont : la longueur du limbe (LgL) 24,883%, la largeur du limbe (lgL) 31,251% Cet axe est celui caractérisant la taille des feuilles. Les variables qui ont contribué à la création de l'axe F3 sont : la Longueur du pétiole (LgP) 23,983%, le nombre de paires de nervures secondaires (NPNS) 45,485% et le nombre de branches sur le tronc (NBT) 11,907%.

La représentation des individus selon les axes F1 et F2 donne des sous-groupes d'individus (**Fig.10b**) pouvant être caractérisés par certaines variables selon les mêmes axes. On distingue Six (06) sous-groupes d'arbres :

- Le 1<sup>er</sup> sous-groupe situé du côté négatif de l'axe F1 est caractérisé par les faibles valeurs des variables, HtT, CB, HE-W et HN-S et des fortes valeurs des variables LgL, lgL et LgP.
- le 2<sup>ème</sup> sous-groupe est situé du côté positif de l'axe F2, il est caractérisé par les fortes valeurs des variables LgL, lgL, LgP et des faibles valeurs des variables NBT et HtPB.
- le 3<sup>ème</sup> sous-groupe situé entre les 2 axes sur leur partie positif est caractérisé par les fortes valeurs des variables HE-W, HN-S, CB, HtT et de NPNS.
- le 4<sup>ème</sup> sous-groupe situé du côté positif de l'axe F1 est caractérisé par les fortes valeurs des variables HtT, CB, NBT HE-W, HN-S et des faibles valeurs des variables LgL, lgL LgP.
- le 5<sup>ème</sup> sous-groupe situé du côté négatif de l'axe F2 est opposé aux sous-groupes 2 et 4, il est donc caractérisé par les faibles valeurs des variables LgL, lgL, LgP, NPNS, HtT, CB, NBT, HE-W et HN-S.
- le 6<sup>ème</sup> sous-groupe situé entre les 2 axes (côté positif de l'axe F1 et côté négatif axe F2) est caractérisé par les fortes valeurs de variables HtPB, NBT, NPNS, HtT, CB, HE-W, HN-S et par les faibles valeurs LgL, lgL, LgP, NPNS.



**Figure 10 : Représentation Bidimensionnelle (axe F1 et F2) des variables et individus**

La représentation des variables (Fig.11a) pour les individus des sous-groupes identifiés selon les axes F1, F2, et F3 expliquent au totale 70,33% de la variabilité observée soit une contribution individuelle de 34,45% de F1, 19,26% de F2 et 15,62% de F3.

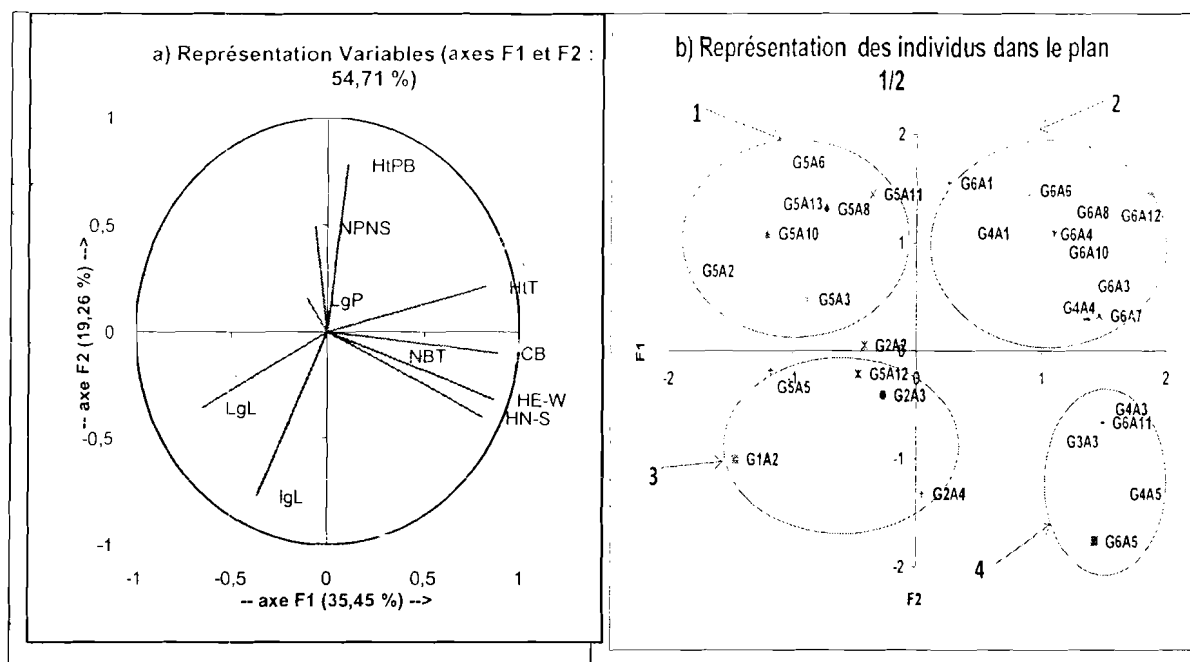
Les variables qui ont contribué à la création de l'axe 1 sont : la hauteur totale (HtT) 19,129%, la longueur du limbe (LgL) 11,783%, la circonférence à la base (CB) 22,250%, la

largeur du houppier Est-Ouest (HE-W) 21,262% et Nord-Sud (HN-S) 18,452%. Les variables ayant permis la création de l'axe 2 sont : la hauteur jusqu'à la première branche (HtPB) 31,705%, la largeur du limbe (lgL) 30,846%, et le nombre de paires de nervures secondaires (NPNS) 12,496%.

La représentation des individus des sous-groupes (**Fig.11b**) selon les axes F1 et F2 donne des groupes homogènes d'individus. On distingue quatre (04) groupes d'individus :

- le 1<sup>er</sup> groupe est situé du côté négatif de l'axe F1 et du côté positif de l'axe F2 est caractérisé par les faibles valeurs des variables, HtT, NBT, CB, HE-W et HN-S et des fortes valeurs des variables HtPB, NPNS et LgP.
- le 2<sup>ème</sup> groupe est situé du côté positif des axes F1 et F2, il est caractérisé par les fortes valeurs de des variables LgL et lgL, et des faibles valeurs des variables HtPB, NPNS et LgP.
- le 3<sup>ème</sup> groupe situé du côté négatif des axes F1 et F2, est caractérisé par les faibles valeurs des variables HE-W, HN-S, CB, et de NBT et des fortes valeurs des variables LgL et lgL.
- le 4<sup>ème</sup> groupe situé du côté positif de l'axe F1 et du côté négatif de l'axe F2, est caractérisé par les fortes valeurs des variables CB, NBT HE-W, HN-S et des faibles valeurs des variable LgL, lgL, LgP.





**Figure 11 : Représentation bidimensionnelle (axe F1 et F2) des variables et individus des sous-groupes.**

### 3.1.2.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

#### ❖ Structuration phénotypique intra population

La classification ascendante hiérarchique (CAH) réalisé à l'intérieur de chaque provenance, a permis de répartir les individus, dans des en sous-groupes suivant leur degré de ressemblance.

A l'intérieur de la population de Gonsé (P1), pour un index de similarité de 0,945 il apparaît clairement 4 sous-groupes (**Fig.12a**) d'individus dont :

- Le sous-groupe 1 est composé d'un seul arbre
- Le sous-groupe 2 est composé de 13 arbres
- Le sous-groupe 3 est composé d'un seul arbre
- Le sous-groupe 4 est composé de 3 arbres

Dans la population du Passoré (P2) il est ressorti 4 sous-groupes (**Fig.12b**) pour un index de similarité de 0,982 :

- Le sous-groupe 1 est composé d'un seul arbre
- Le sous-groupe 2 est composé d'un seul arbre
- Le sous-groupe 3 est composé de 5 arbres
- Le sous-groupe 4 est composé de 7 arbres

Dans la population de Botou (P3) pour un niveau de similarité de 0,986 3 sous-groupes (Fig.12c) se distinguent :

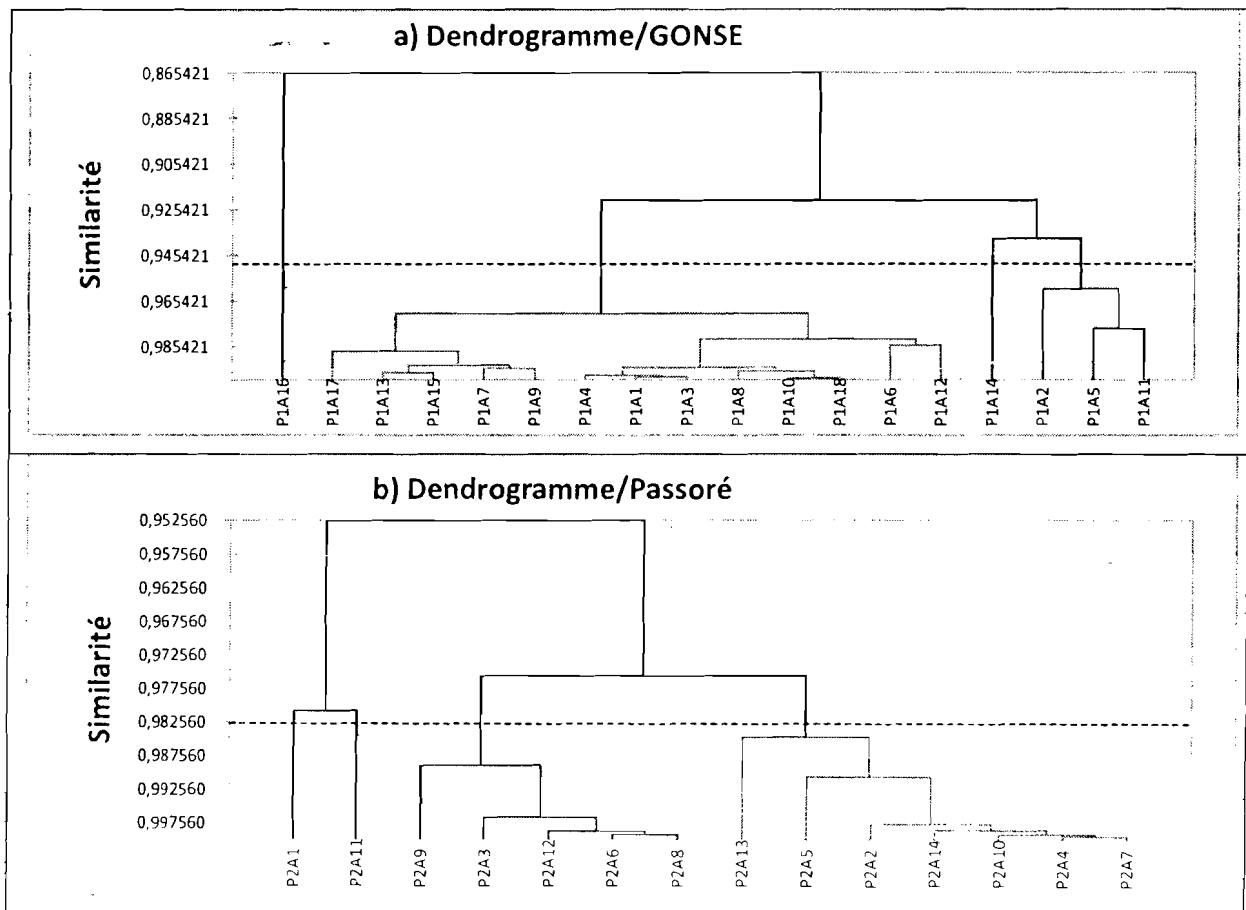
- Le sous-groupe 1 est composé de 4 arbres
- Le sous-groupe 2 est composé de 3 arbres
- Le sous-groupe 3 est composé de 9 arbres

Il apparaît 3 sous-groupes (Fig.12d) pour la population de Djonon (P4), à un index de similarité de 0,982

- Le sous-groupe 1 est composé de 2 arbres
- Le sous-groupe 2 est composé de 2 arbres
- Le sous-groupe 3 est composé de 7 arbres

Enfin, à l'intérieur de la population de Samecuta (P5), pour un niveau de similarité de 0,985 il apparaît 4 sous-groupes (Fig.12e) :

- Le sous-groupe 1 est composé de 2 arbres
- Le sous-groupe 2 est composé de 5 arbres
- Le sous-groupe 3 est composé de 5 arbres
- Le sous-groupe 4 est composé de 4 arbres



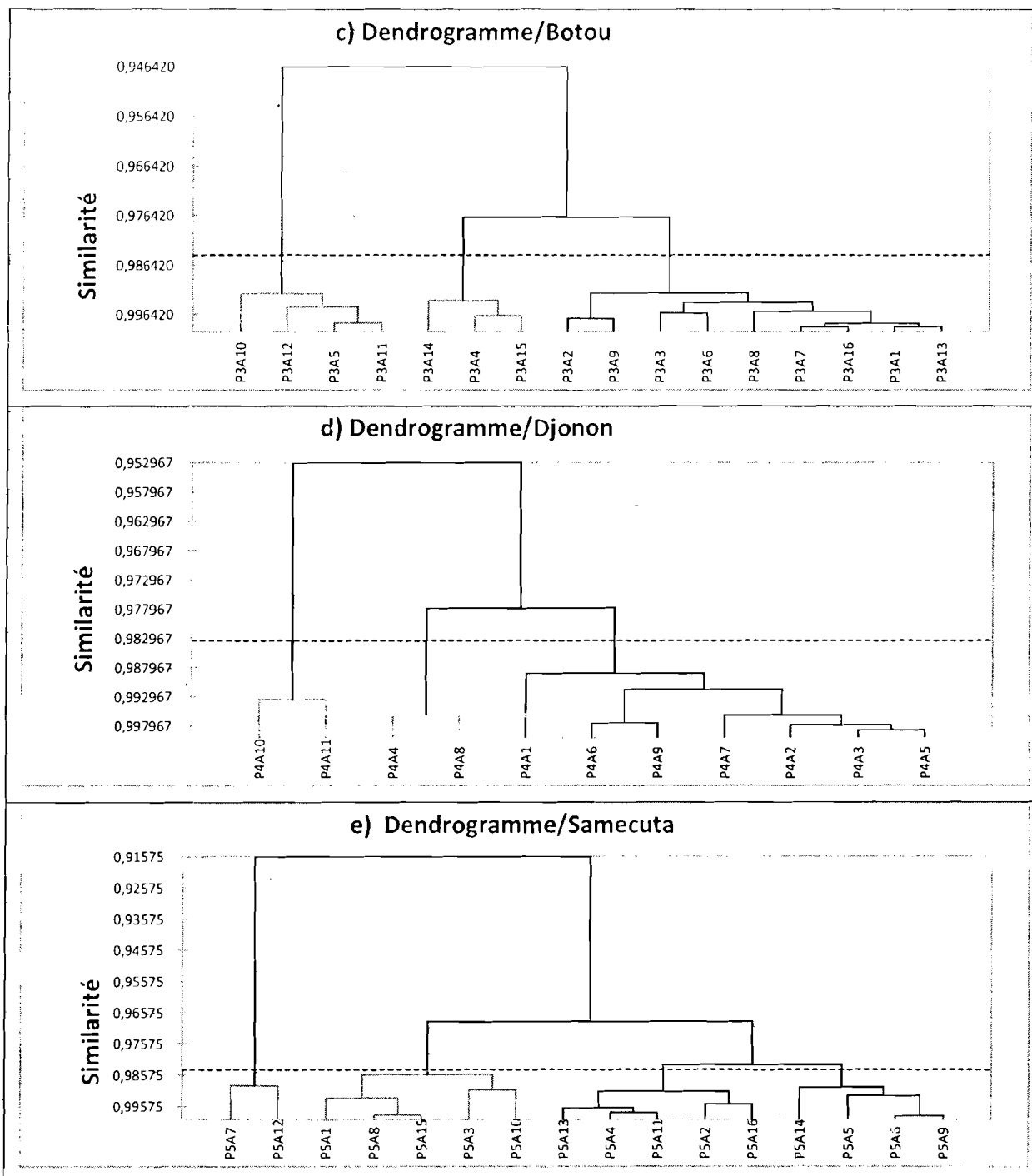


Figure 12 : Dendrogrammes des différentes provenances.

### ❖ Structuration phénotypique inter population

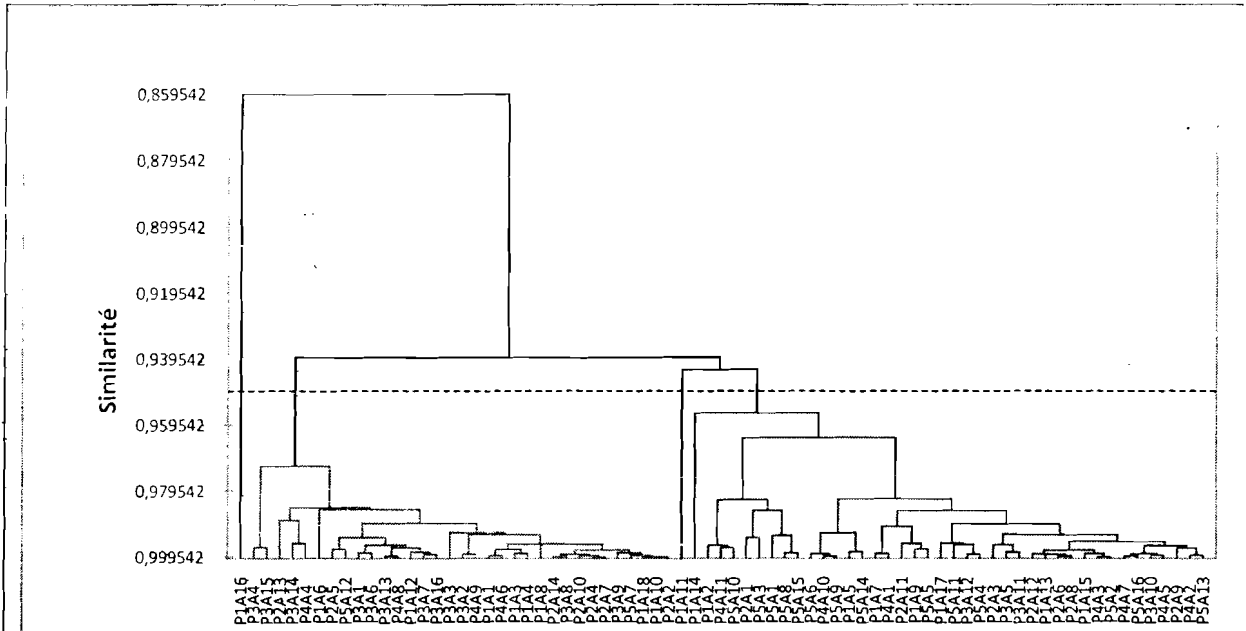
La CAH, réalisée sur les individus des différentes populations prises ensemble et les moyennes pondérées des distances euclidiennes, donne deux dendrogrammes représentés à la figure 13. Le dendrogramme (**Fig.13a**) fait ressortir une variabilité entre les arbres des différentes populations étudiées. A un niveau de similarité donné, on obtient des regroupements des individus qui sont indépendants de l'origine géographique du matériel

végétal étudié. En effet, pour un index de similarité fixé entre 0,939 et 0,959, il ressort 4 sous-groupes.

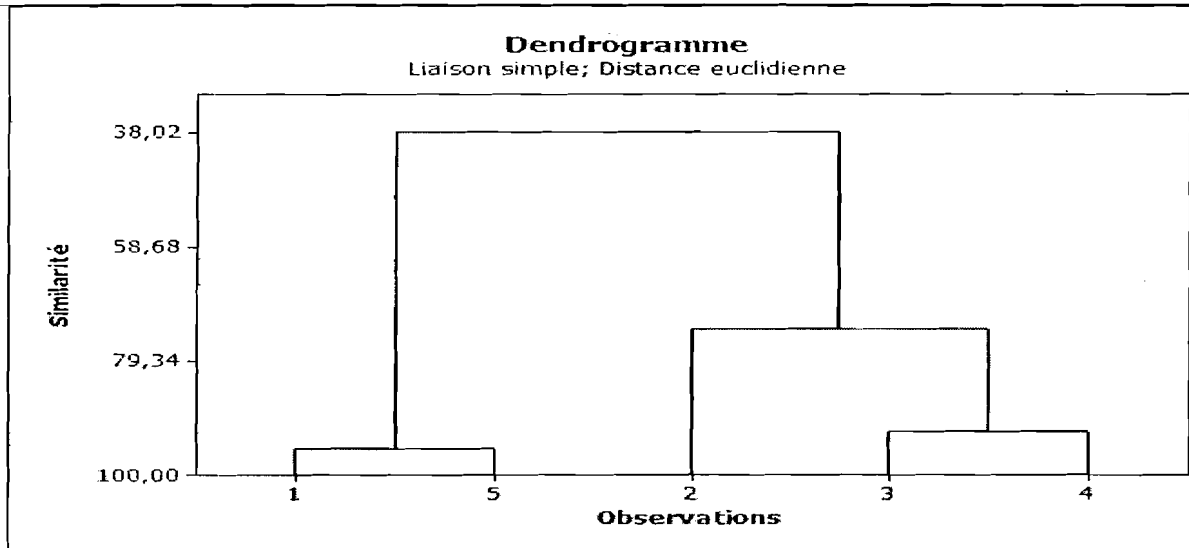
- Le groupe 1 est composé d'un seul arbre
- Le groupe 2 est composé de 33 arbres
- Le groupe 3 est composé d'un seul arbre
- Le groupe 4 est composé de 40 arbres

Le groupe 1 est constitué uniquement de l'arbre numéro 16 de la population de Gonsé. Le groupe 2 est formé par les arbres numéro 1, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 18 de la population de Gonsé ; les arbres numéro 2, 4, 5, 7, 10, 13, 14 de la population du Passoré ; les arbres numéro 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16 de la population de Botou ; les arbres numéro 4, 6, 8, 9 de la population de Djonon et des arbres numéro 7, 12 de la population de Samecuta. Le groupe 3 est constitué de l'arbre numéro 11 de la population de Gonsé. Le groupe 4 est représenté par les arbres numéro 2, 5, 7, 9, 13, 14, 15, 17 de provenance Gonsé ; les arbres 1, 3, 6, 8, 9, 11, 12 de la provenance Passoré ; des arbres numéro 5, 10, 11, 12 de la provenance Botou ; des arbres numéro 1, 2, 3, 5, 7, 10, 11 de la provenance Djonon et des arbres numéro 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16 de la provenance Samecuta.

Le dendrogramme relatif aux cinq provenances (**Fig.13b**) montre l'existence de deux groupes de provenance à niveau de similarité fixé à 38,02 : (i) Le premier groupe composé de la provenance de Gonsé (P1) et Samecuta (P5) ; (ii) le second groupe composé respectivement des provenances du Passoré (P2), Botou (P3), et de Djonon (P4).



a) Dendrogramme de regroupement des individus pour les 05 provenances



b) Dendrogramme représentant les provenances

1: Gonsé 2: Passoré; 3: Botou; 4: Djonon; 5: Samecuta

Figure13 : Dendrogrammes de la structuration phénotypique toutes provenances confondues

### 3.1.3. Etude des relations entre les variables mesurées

Le tableau V présente les corrélations entre les différentes variables mesurées. On note des corrélations positives et des corrélations négatives :

Les variables corrélées positivement sont : la longueur du limbe (LgL), largeur du limbe (lgL), la hauteur totale (HtT), la circonférence à la base (CB) et la largeur du houppier Est-Ouest et Nord-Sud (HE-O et HN-S).

Les variables corrélées négativement sont : les variables hauteur jusqu'à la première branche (HtPB), la hauteur totale (HtT), la circonférence à la base (CB) et la largeur du houppier Est-Ouest et Nord-Sud (HE-O et HN-S). En effet les variables nombre de paires de nervures secondaires (NPNS) et nombre de branches sur le tronc (NBT) sont indépendantes des autres variables. Par contre :

- la longueur du limbe (LgL) est indépendante des variables nombre de paires de nervures secondaires (NPNS) et du nombre de branches sur le tronc (NBT), mais corrélée négativement avec les variables hauteur jusqu'à la première branche (HtPB), hauteur totale (HtT), circonférence à la base (CB), largeur du houppier Est-Ouest et Nord-Sud (HE-O et HN-S) ; et positivement avec les variables largeur du limbe (lgL) et longueur du pétiole (LgP).
- la largeur du limbe (lgL) est négativement corrélée avec la hauteur totale, la hauteur jusqu'à la première branche et la circonférence.
- la longueur du pétiole est négativement corrélée avec la largeur du houppier Nord-Sud.
- la hauteur jusqu'à la première branche est positivement corrélée avec la hauteur totale, la circonférence à la base et la largeur du houppier Est-Ouest.
- la hauteur totale est positivement corrélée avec la le nombre de branches sur le tronc, la circonférence à la base et la largeur du houppier Est-Ouest et Nord-Sud.
- la circonférence à la base est positivement corrélée avec le nombre de branches sur le tronc et la largeur du houppier Est-Ouest et Nord-Sud.
- la largeur du houppier Est-Ouest est positivement corrélée avec la largeur Nord-Sud.

Cependant de fortes corrélations positives ont été observées entre :

- la longueur et la largeur du limbe  $r = 0,692$
- la hauteur totale et la circonférence à la base  $r = 0,861$  ; la largeur du houppier Est-Ouest  $r = 0,681$  ; et largeur du houppier Nord-Sud  $r = 0,631$
- la circonférence à la base et la largeur du houppier Est-Ouest ( $r = 0,872$ ) et Nord-Sud ( $r = 0,833$ ).
- la largeur Est-Ouest et Nord-Sud du houppier  $r = 0,930$ .

L'observation des catégories de variables permettent de trier au sein de chaque catégorie celles qui sont les plus discriminantes. Ce sont : (i) l'architecture de l'arbre (HtPB, NTB, HE-W, HN-S) ; (ii) la vigueur de croissance (HtT, CB) ; (iii) la dimension des feuilles (LgL, lgL, LgP) ; (iv) nombre de paires de nervures (NPNS) ;

**Tableau V : Corrélation entre les différentes variables mesurée**

Variables	LgL	lgL	LgP	NPNS	HtPB	HtT	CB	NBT	HE-W	HN-S
LgL	1									
lgL	0,692*	1								
LgP	0,424*	0,177	1							
NPNS	0,151	-0,126	0,167	1						
HtPB	-0,344*	-0,381*	-0,077	0,020	1					
HtT	-0,454*	-0,420*	-0,117	0,051	0,438*	1				
CB	-0,330*	-0,237*	-0,186	0,065	0,307*	0,861*	1			
NBT	-0,131	-0,074	-0,197	-0,130	0,210	0,292*	0,232*	1		
HE-W	-0,322*	-0,108	-0,211	0,067	0,251*	0,681*	0,872*	0,208	1	
HN-S	-0,283*	-0,033	-0,240*	0,023*	0,191	0,631*	0,833*	0,218	0,930*	1

\* valeurs significatives au seuil  $\alpha=0,050$  (test bilatéral)

### 3.1.4. Description des variétés

Les sous-groupes obtenus sont décrits dans le tableau VI suivant la morphologie et le nombre de nervures secondaires des feuilles, l'architecture et la vigueur végétative des arbres.

**Tableau VI Caractéristiques des sous-groupes**

Numéro des sous-groupes (variété)	Caractéristiques foliaires	Caractéristiques architecturales	Vigueur de croissance	Nombre de paires de nervures secondaires
Sous-groupe 1	Limbe long et large avec Pétiole long	Arbres de petite taille	Tronc court	denses
Sous-groupe 2	Limbe long et large avec un long pétiole	Arbres de petite taille	Tronc court	Peu dense
Sous-groupe 3	Limbe long et large avec un long pétiole	Arbres de petite taille	Tronc long	Peu dense
Sous-groupe 4	Limbe court et étroit avec un pétiole court	Arbres de grande taille	Tronc long	Peu dense

## IV. DISCUSSIONS

L'analyse de variance réalisée sur les différentes variables biométriques prises au niveau des feuilles et des arbres a révélé des différences significatives aussi bien à l'intérieur de chaque provenance qu'entre les provenances. Ces résultats montrent que le karité est caractérisé par une importante variabilité morphologique inter et intra population. De tels résultats ont été observés également chez quelques espèces tropicales (Koffi *et al.*, 2009) méditerranéennes (Nasri *et al.*, 2004) et des zones tropicales humides (Kwissiga *et al.*, 1999 ; Hodge et Dvork, 1999 ; Hertel et Schneck, 1999).

Au niveau de la morphologie des feuilles, les variables les plus discriminantes sont : la longueur du limbe (LgL) et la largeur du limbe (lgL) et la longueur du pétiole (LgP). A l'échelle de l'arbre, les variables les plus discriminantes sont la Hauteur totale de l'arbre (HtT), la circonférence à la base (CB) et la surface au sol (S-Sol). Ces résultats confirment ceux obtenus par Compaoré (2008), Chevalier (1948), Desmarest (1958) et Lamien (2001) dans les formations naturelles et dans les parcs agroforestiers. Cette différenciation avait servi de base à Ruysen (1957) pour décrire différentes variétés et sous variétés de karité. Cependant il apparaît que des individus qui se trouvant dans le même groupe pour une variable donnée peuvent se retrouver dans deux groupes différents pour une autre variable. Cette situation a été le problème majeur d'utilisation des variables morphologiques dans la caractérisation des écotypes du Karité (Sanou *et al.*, 2006). Toutefois si l'on considère chaque catégorie de variables celles qui sont les plus aptes à servir de base de description des écotypes sont la morphologie des feuilles et la vigueur de croissance. L'architecture des arbres n'est pas un caractère discriminant aussi bien à l'échelle inter qu'intra population. Ainsi, la morphologie des feuilles sera le paramètre déterminant dans la sélection précoce des individus c'est-à-dire dès l'âge de la pépinière, si peu que des corrélations soient établies entre cette morphologie et le comportement des arbres à l'âge adulte.

Quelle que soit la variable considérée, on note une différence significative entre les provenances. Cette variabilité est interprété par Legay et Debouzie (1985), comme étant l'effet de l'isolement géographique qui au cours de générations successives a permis aux arbres de chaque écotype (population) d'avoir des caractéristiques morphologiques adaptés en réponse à des conditions écologiques spécifiques. C'est ainsi que Fenlay et Wilkinson (1963) Shukla (1972) l'ont interprété comme une fonction linéaire de l'environnement. Cependant, l'Analyse en Composantes Principales (ACP) (toutes provenances confondues), montre une



structuration morphologique indépendamment de la provenance. Par ailleurs, la première Classification Ascendante Hiérarchisée (CAH) qui a permis de regrouper les arbres en fonction de leur degré de ressemblance fait ressortir à l'échelle inter-provenance, des sous groupes indépendamment de l'aire d'origine du matériel végétal.

Il apparaît donc que cette différence est surtout le résultat d'absence de quelques morphes au sein de certaines provenances (écotypes). Ainsi, la variabilité morphologique observée entre les écotypes est probablement liée aux caractéristiques intrinsèques des arbres plutôt qu'à l'influence du climat. Ce qui fait dire qu'il existe chez le karité des variantes morphologiques au sein de chaque provenance indépendamment de l'aire géographique.

La variabilité intra-provenance dénote l'existence de plusieurs morphes à l'échelle populationnelle. Ce sont ces variantes qui nous conduisent à affirmer l'existence de variétés de karités. Celle-ci peut être l'action des conditions locales spécifiques du milieu dues à la variabilité topographique qui agissent sur le génotype. Une telle interaction entre le génotype et son environnement a été fortement documenté au cours des deux dernières décennies (Raymond *et al.*, 1997 ; Ying, 1997 ; Kundu *et al.*, 1998). En effet, Hebert et Vincourt (1985) notent que le phénotype observé est le reflet de l'influence du milieu, qui au cours du temps a agit sur le génotype pour le rendre plus adapté à son environnement. Cette variabilité est confirmée par les ACP faites à l'échelle de chaque provenance. Celle-ci montre l'existence de sous groupe au sein de chaque provenance. Chaque sous groupe ainsi formé se positionne par rapport à des variables bien spécifiques. Il ressort de cette analyse la formation de six sous-groupes d'individus qui sont caractérisés chacun par des descripteurs spécifiques. Une autre ACP portant sur les individus des 6 sous-groupes identifiés nous a fait ressortir quatre nouveaux sous-groupes. Cette importante variabilité constatée avait été trouvé dans les travaux de Ruysen (1948), Aubréville (1950), et Bonkougou (1987) sur des populations naturelles de karité. Ils rapportent qu'il existe plusieurs variétés et sous variétés suivant de distribution géographique du karité. Les mêmes résultats ont été trouvés sur d'autres espèces comme *Adansonia digitata* par (Assogbadio *et al.*, 2006). Cette variabilité entre les écotypes est probablement due aux actions combinées des facteurs génétiques et environnementales. La deuxième Classification Ascendante Hiérarchisée comparant les écotypes montre deux grands groupes. Dont l'un est constitué par la provenance Samecuta du Sénégal et Gonsé du Burkina. De même, la provenance de Botou (Burkina) est plus proche de celle de Djonon (Mali) que la provenance du Passoré (Burkina). Ce constat montre que la similarité des arbres entre les écotypes est indépendante de l'origine géographique du matériel végétal. Ce phénomène est

mis en évidence dans l'analyse des dendrogrammes obtenus à partir de la CAH pour chaque provenance, révélant ainsi une forte variation phénotypique entre les arbres d'une même population. Ce phénomène dénote de l'important flux de gène entre les provenances à travers des échanges commerciaux assuré par l'homme et les oiseaux migrateurs sur de longues distances. Ce type de rapprochement avait été observé dans une étude sur le tamarinier par **Diallo *et al.* (2007)** entre la population de Kodiena (Burkina Faso) et celle de Pamène (Sénégal). Pourtant, ces résultats contrastent avec ceux obtenus par **Ouédraogo (1995)** sur l'étude de la variabilité des caractères morphologiques chez *Parkia biglobosa*.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

De cette étude il ressort que le karité est caractérisé par une importante variabilité morphologique intra et inter population indépendante de l'origine géographique du matériel végétal. La variabilité intra spécifique observée pour chaque provenance, alors que celles-ci évoluent toutes dans les mêmes conditions de station traduit l'existence d'une forte variabilité génétique induite ou non par les conditions de station de départ au niveau de chaque site. Ce type de matériel qui présente des variantes à l'intérieur de chaque population peut être qualifié d'écotypes ou de variétés. Chacune des variétés étant décrite par des caractères morphologiques bien spécifiques au niveau des feuilles et de la vigueur de croissance. Ainsi, les 4 sous-groupes identifiés à l'aide de la bio-statistique (ACP et CAH) sont assimilés à 4 variétés. De plus, pour l'ensemble des variables mesurées à l'échelle des feuilles et des arbres, il est ressorti que la morphologie des feuilles et la vigueur de croissance peuvent servir désormais comme marqueurs morphologiques dans l'identification des différentes variétés chez le karité. Cependant il faut souligner que malgré l'intérêt de cette étude, nos résultats ne permettent pas de retenir tels ou tels paramètres morphologiques pour une sélection, car il est évident que dans un schéma de sélection, les seuls caractères morphologiques ne peuvent pas permettre de concevoir un schéma de sélection rapide et fiable.

En perspective, il faudra poursuivre l'étude en faisant des corrélations entre les caractères morpho-adaptatifs des variétés identifiées avec les caractères d'intérêts économique à l'âge adulte c'est-à-dire quand les arbres vont commencer à fructifier. Il serait également intéressant de coupler l'étude des caractères phénotypiques avec celle des marqueurs génétiques pour entreprendre la sélection variétale assistée par marqueur (Quantitative Traits Loci) afin de déterminer les gènes responsables des caractères morpho-adaptatifs et ceux d'intérêt économique. Enfin des études telles que le comportement éco physiologique doivent être envisagées pour poursuivre la caractérisation variétale.

## REFERENCES

- Arbonnier M., 2002.** *Arbres, arbustes et lianés des zones sèches de l'Afrique de l'ouest*. Edition CIRAD, Musée National d'Histoires Naturelles. France 573p.
- Aubréville A., 1950.** *Flore Forestière Soudano-Guinéenne. A.O.F-Cameroun. A.E.F: 226-227.* Société d'Édition, Maritimes et Coloniales, Paris, France. 522p.
- Alexandre D. Y., 1992.** Observations sur la physiologie des semences et des plantules forestières de la zone du Nazinon. Symposium international sur les semences forestières, tenu du 23 novembre au 08 décembre 1992, Ouagadougou, Burkina Faso. 72-75p.
- Assogbadjo A. E., Kyndt T., Sinsin V., Gheyseng G., et Van damme P., 2006.** Patterns of genetic and morphometric diversity in Baobab (*Adansonia digitata*) population across different climatic zones of Benin (West Africa). *Annal of Botany* 97 (5): 819-830.
- Bayala J. et Lamien N., 1997.** Caractérisation du parc à karité dans le système de production à base de céréales du terroir de Dimmolo. Note technique CNRST Ouagadougou BF. 46 p.
- Bonkougou E.G., 1987.** Monographie du karité, *Butyrospermum paradoxum* (Gaertn. F.) Hepper., espèce agroforestière à usages multiples. IRBET/CNRST. Ouagadougou, 67 p.
- Bonkougou G.E., M. Djimé, A.T. Ayuk, I. Zoungrana et Z. Tchoundjeu, 1998.** *Taking stock of agroforestry in the Sahel- harvesting results for the future.* End of phase report for SALWA: 1989-1996. Nairobi, Kenya.
- Bastide B. et Diallo B. O., 1996.** Essai comparatif de provenances de *Faidherbia albida* Del. In: Les parcs Agroforestiers de *Faidherbia albida* (Ed.) Peltier R. CIRAD- Forêt, Baillarguet, France. *Cahiers scientifiques du CIRAD* 12 : 259-268.
- Bayala J., Ouédraogo S. J. et Ong C.K., 2009.** Early growth performance and water use of planted West African provenances of *Vitellaria paradoxa* Gaertn. C. F. (karité) in Gonsé, Burkina Faso. *Agroforestry Systems* 75: 117-127.

- Billand A. et Diallo B. O., 1991.** Amélioration des ligneux soudano-sahéliens. Rapport d'activité 1990-1991. Stratégies et perspectives. MESSRS/CNRST/INERA/DPF, Ouagadougou, BF. 196p.
- Booths F.E.M. et Wickens G.E., 1988.** non timber uses of selected arid zone trees shrubs in Africa. FAO – Rome, p 34-36.
- Boussim I. J., 1991.** Contribution à l'étude des Tapinanthus, (*Tapinanthus* ssp.) parasites du karité au Burkina Faso. Doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle. Université de Ouagadougou. BF. 152p.
- Bouvet J. M., Fontaine C., Sanou H. et Cardé C., 2004.** An analysis of the pattern of genetic variation in *Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn. using RAPD markers. *Agroforestry Systems* 60: 61-69.
- Breman H., et Kessler J.J., 1995.** Woody plants in agro-ecosystems of semi-arid regions. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 340 p.
- Bunaso, 1990.** Etat de connaissances de la fertilité des sols du Burkina Faso. Document technique 1, Ouagadougou BF, 50 p.
- Chevalier A., 1943.** Les sapotacées à graine oléagineuse et leur avenir en culture. *Revue botanique appliquée*, (262) : 97 – 159.
- Chevalier A., 1948.** Nouvelles recherches sur l'arbre à beurre du soudan. *Butyrospermum parkii*. *Revue de Botanique Appliquée*, (5) 241-256.
- CNRST, 1995.** Plan stratégique de la recherche au Burkina. MESSR, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Compaore I., 2008.** Etude de la variabilité des caractères morphologiques chez différents écotypes du karité (*Vitellaria paradoxa* (Gaertn. F.) Hepper. au Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur du développement rural. UPB/IDR, BF, 75 p.
- Compaoré I., 2010.** Identification et caractérisation biométrique des variétés forestières de *Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn. Au Burkina Faso. Mémoire DEA, Université de Ouagadougou/SVT, BF. 37pages +annexes.
- Cronquist A., 1988.** The evolution and classification of flowering plants. Second edition. *The New York Botanical Garden*. Bronx, New York, USA. 555 p.

- Davrieux F., Allal F. O., Piombo G., Kelly B., Okulo B., Thiam M., Diallo B. O., et Bouvet J.M., 2010.** Near Infrared Spectroscopy for High-Throughput Characterization of Shea Tree (*Vitellaria paradoxa*) Nut Fat Profiles. *J. Agric. Food Chem.* 58, 7811–7819 DOI: 10.1021/jf100409v
- Delolme A., 1947.** Etude du karité à la station agricole de Ferkéssédougou en Côte-d'Ivoire. *oléagineux* 2, (4), 186 – 200.
- Dervin C., 1988.** Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances ? STATITCF, 75 p.
- Diallo B. O., 2001.** Biologie de la reproduction et évaluation de la diversité génétique chez une légumineuse : *Tamarindus indica* L. (Caesalpinioïdae). Thèse de Doctorat, Université Montpellier II. Science et Technique du Languedoc. Montpellier, France 119p.
- Diallo B. O., Joly L. H., Mckey D., Hossaert-Mckey M. et Chevallier M.H., 2010.** Variation des caractères biométriques des graines et des plantules de neuf provenances de *Tamarindus indica* L. (Caesalpinioideae). *Fruit* 65 : 157-167.
- Desmarest J., 1958.** Observation sur les populations de karité de Niangoloko de 1953 à 1957. *Oléagineux*, 5, 449 – 455.
- Diallo B. O., Joly I. H., Hossaert-McKey M., McKey D., et Chevallier M.H., 2007.** Genetic diversity of *Tamarindus indica* populations: Any clues on the origin from its current distribution? *African Journal of Biotechnology*. 6 (7) 853-860.
- Diarrassouba N., N'Guessan A., Koffi E. et Sangare A., 2008.** Evaluation de performances de quelques descripteurs quantitatifs et leur utilisation dans la structuration de la population d'un parc naturel de karité en Côte d'Ivoire. (FAO Publ.) *Plant Genetic Resource Newsletter* 152 : 65-72.
- Diarrassouba N, Fofana I. J, Issali A. E, Bup N. D, et Sangare A., 2009.** Typology of shea trees (*Vitellaria paradoxa*) using qualitative morphological traits in Côte d'Ivoire. *FAO Published In Issue*. N° 165. p 45-62.

- Finlay K.W., et Wilkinson G.N., 1963.** The analysis of adaptation in plant breeding programs. *Australian Journal of Agricultural Research* 14 (1963) 742-754
- Fontès J. et Guinko S., 1995.** Carte de la végétation et de l'occupation des sols du Burkina Faso. Note explicative, Université de Ouagadougou, BF. 67p.
- 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. Doctorat de 3ème cycle, Biologie et Ecologie Végétales. Université de Ouagadougou, BF. 176 p.
- Guinko S., 1984.** Végétation de la Haute Volta. Thèse de doctorat d'état ès sciences naturelle, Bordeaux III, tome 2, 318p.
- Hall. J. B., Aebischer D. P., Tomlinson H. F., Osei-Amaning E. et Hindle J. R., 1996.** *Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn. A monograph. School of Agricultural and Forest Sciences. University of Wales Bangor, U. K. 105p.
- Hebert Y. et Vincourt P., 1985.** Mesures de la divergence génétique. Distances calculées sur les critères biométriques. In *les distances génétiques : Estimations et applications*, eds. M. Lefort-Buson et D. de Vienne. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris. 181p.
- Hertel H. et schneck V., 1999.** Genetic and phenotypical variation of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) populations due to seed origin and environmental conditions at experimental site. *Forest Genetics* 6 : 65-72.
- Hodge S. K. et Dvorak W. S., 1999.** Genetic parameters and provenances variation of *Pinus tecunumanu* in 78 international provenances trials. *Forest Genetics* 6 : 157-180.
- ICRAF, 1994.** Les parcs agroforestiers en zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest. Conclusion d'un symposium International sur les Parcs 25-27 oct. 1993, Ouagadougou, Burkina Faso, *ICRAF-SALWA*. 22p.
- IRHO., 1952.** Karité – Rapport annuel d'activités 1952 : 136 – 141.
- Koffi K. K., Anzara G. K., Malice M. Djè Y., Bertin P., Baudoin J. P., et Bi I. A. Z., 2009.** Morphological and allozyme variation in a collection of *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. from Côte d'Ivoire. *Biotechnologie Agronomie, Sociologie et Environnement*. 13(2), 257-270

**Kundu S. K., Islam Q. N., Emmanuel G. J. S. K. et Tigerstedt P. M. A., 1998.** Observation on genotype x environment interactions and stability in the international neem (*Azadirachta indica* A. Juss) provenance trials in Bangladesh and India. *Forest genetics* 5 : 35-96.

**Kwesiga F. et Maghenbe J.A., 1991.** Performance of fifteen provenances of *Gliricidia sepium* in eastern Zambia. Special Issue : Agroforestry research in the African miombo ecozone. *Proceedings of regional conference on agroforestry research in the African miombo ecozone held in Lilongwe, Malawi, 16-22 June 1991.* Zambia/ICRAF Agroforestry Project, Msekera Regional research station, Chipata, Zambia.

**Lamien N., 2001.** Organisation structurale et état sanitaire des populations fructifères de karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn. Hepper.) dans la région de Bondoukuy Burkina Faso. Mémoire DEA, Université de Ouagadougou, BF. 70 p.

**Lamien N., 2006.** Fructification du karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.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. et Bayala J., 1995.** Rôle social et économique de l'arbre dans le milieu rural. Aspect utilisation et commercialisation de quelques produits forestiers non ligneux dans l'Ouest du Burkina. Rapport technique : analyse de la campagne agricole (1995-1996); INERA, BF. 28 p.

**Lompo D., 1999.** Etude de la croissance de quelques espèces ligneuses en plantation dans la forêt classée de Gonsé: *Acacia albida* Del., *Azadirachta indica* A. Juss., *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. et *Ziziphus mauritiana* Lam. Mémoire de fin d'étude, Université de Bobo Dioulasso/IDR, BF. 61p + annexes.

**Legay J.M. et Debouzie F. A., 1985.** *Introduction à la biologie des populations.* Masson, Paris. 512p.

**Maiga A.Y., 1988.** Actions thématiques sur la mortalité du karité (*butyrospermum paradoxum* subsp. Parkii (g.f.) hepper) dans la région de ségou. Rapport 2<sup>ème</sup> mission, CCE, 29p.

**Maydell H. J. V., 1990.** Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et



leurs utilisations. Version française pp 359-364. G.T.Z., Eschborn. 531p.

**Maydell H. J. V., 1992.** Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations. Verlag Joseph Margraf, Weikersheim, Allemagne. 536p.

**Maranz S., Wiesman Z., Bisgaard J. et Bianchi G., 2004.** Germplasm resources of *Vitellaria paradoxa* based on variation in fat composition across the species distribution range. *Agroforestry Systems* 60: 71-76.

**Nasri N., Khaldi A. et Triki S., 2004.** Variabilité morphologique des cônes et graines de pin d'Alpe et pin pignon en Tunisie 56, (1) 22-28.

**Ouédraogo A. S., 1995.** *Parkia biglobosa* (Leguminosae) en Afrique de l'Ouest. Biosystématique et Amélioration. Thèse doctorat Wageningen Université, Institut for Forestry and Nature Research, Neederland. 205P.

**Oyen L. P. A. et Lemmens R. H. M. J., 2002.** Ressources végétales de l'Afrique tropicale. *Précurseurs* : 107-172.

**Paré E., 2008.** Essai comparatif de provenances de *Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn. (Sapotaceae) : Variation des caractères biométriques des graines et des plantules en fonction des conteneurs utilisés en pépinière. Mémoire d'ingénieur du Développement Rural, Université de Bobo-Dioulasso/IDR, BF. 64p.

**Picasso G., 1984.** Synthèse des résultats acquis en matière de recherche sur le karité au Burkina Faso de 1950 à 1958. Rapport technique IRHO. IRD, BF. 45p.

**Raymond C.A., Volker P.W., et Williams E.R., 1972.** Provenance variation, genotype by environment interactions and age-age correlations for *Eucalyptus regnans* on nine sites in south eastern Australia. *Forest genetics* 4 : 235-251.

**Rouamba P.I.Z.L., 2001.** Transformation dans l'organisation sociale de la filière karité et rapports de pouvoir homme et femme au Burkina Faso. Mémoire de diplômés d'études supérieures d'études de développement. Ouagadougou, BF. 72 p.

**RPTES, 2004.** Etude socio-économique des filières de production et de commercialisation des produits forestiers non ligneux dans la zone

d'intervention du projet RPTES (Centre-Ouest). Rapport final, APEX, Ouagadougou, BF. 67 p.

- Ruyssen B., 1957.** Le karité au soudan. *Agronomie Tropicale* 1: 143 – 178
- Salle G., Boussim 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.
- Sanou H., Picard N., Lovett P. N., Dembele M., Korbo A., Diarisso D. et Bouvet J. M., 2006.** Phenotypic variation of agro morphological traits of the shea tree, *Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn., in Mali. Genetic resources and crop. *Evolution* 53: 145-161.
- Sanou Z., 2009.** Fonctionnement physiologique du karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn. C.F. Hepper., Sapotaceae) sous différents régimes d'eau. Mémoire d'ingénieur du Développement Rural. Université de Bobo-Dioulasso IDR/UPB, BF. 62 p.
- Sénou O., 2000.** Les peuplements de karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.C. F.Hepper.) dans le cercle de Koutiala, au sud de Mali : répartition, structure et parasitisme par les *Tapinanthus*. Mémoire de DEA, Université de Ouagadougou, BF. 84 p.
- Shukla G.K., 1972.** Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity* 29 : 237-345.
- Terpend M. N., 1982.** La filière du karité. Produit de cueillette, Produit de luxe. Les dossiers Faim – Développement, 91p.
- Traore L., et Yossi., 1987.** Etude bibliographique du karité (*Butyrospermum paradoxa* subsp. *parkii* (G.Don) Hepper. Sotuba (Mali). 57p.
- Vandenbelt R. J., 1991.** Rooting systems of western and southern African *Faidherbia albida* (Del) A. Chev. (synonyme *Acacia albida* Del). A comparativ analysis with biogeographic implications. *Agroforestry Systems* 14: 233-244.
- Yaméogo A. S., 2004.** Evaluation du greffage de *Vitellaria paradoxa* Gaertn.f.Sapotaceae : quatre années après. Rapport de stage d'Ingénieur Développement Rural. IDR/UPB, Bobo-Dioulasso, BF. 30 p.
- Ying C.C., 1997.** Effects on site, provenance and provenance and site interaction in Sitka spruce in Coastal British Columbia. *Forest genetics* 4 : 99-

# ANNEXES

## Annexe 1

### Plan de l'essai comparatif de provenances de karité

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
L1	2(15)	3(1)	2(2)	5(1)	1(1)	4(2)	3(2)	2(1)	5(1)	1(8)	4(8)	
L2	1(19)	1(4)	4(7)	5(1)	3(2)	2(1)	1(6)	4(8)	5(1)	3(4)	2(2)	
L3	4(29)	2(3)	5(4)	4(8)	3(4)	1(5)	2(4)	5(6)	4(11)	3(5)	1(8)	
L4	5(18)	3(13)	4(11)	5(6)	2(6)	1(12)	3(13)	4(18)	5(8)	2(14)	1(13)	
L5	3(25)	2(20)	1(25)	5(14)	3(14)	4(20)	2(4)	1(17)	5(4)	3(19)	4(20)	
L6	2(19)	1(1)	2(5)	4(11)	3(14)	5(7)	1(10)	2(5)	4(19)	3(18)	5(25)	
L7	1(6)	4(19)	3(5)	1(24)	2(18)	5(5)	4(19)	3(14)	1(16)	2(17)	5(7)	
L8	4(22)	1(24)	4(19)	3(15)	2(19)	5(7)	1(12)	4(18)	3(20)	2(19)	5(5)	
L9	5(27)	3(14)	4(10)	5(15)	1(1)	2(6)	3(4)	4(19)	5(5)	1(13)	2(4)	
L10	3(16)	2(13)	3(14)	5(4)	1(5)	4(11)	2(10)	3(14)	5(4)	1(13)	4(11)	
L11	5(17)	1(14)	5(5)	2(14)	4(11)	3(20)	1(15)	5(26)	2(2)	4(19)	3(17)	3(17)
L12	3(1)	1(1)	3(18)	2(5)	4(11)	5(6)	1(14)	3(20)	2(6)	4(31)	5(8)	5(8)
L13	4(10)	5(24)	4(18)	1(25)	2(17)	3(25)	5(10)	4(19)	1(14)	2(19)	3(20)	1(4)
L14	2(2)	2(2)	1(13)	4(21)	5(5)	3(13)	2(17)	1(19)	4(19)	5(25)	3(15)	4(11)
L15	1(13)	4(20)	1(15)	2(13)	5(10)	3(21)	4(19)	1(12)	2(17)	5(6)	3(15)	2(18)
L16	5(6)	3(14)	1(25)	4(11)	2(17)	5(6)	3(15)	1(13)	4(11)	2(19)	5(2)	3(9)
L17	3(25)	2(22)	3(16)	5(20)	1(1)	4(23)	2(16)	3(1)	5(6)	1(9)	4(18)	5(5)
L18	4(11)	2(21)	5(6)	1(19)	3(14)	4(21)	2(5)	5(14)	1(2)	3(23)	4(18)	1(13)
L19	2(18)	3(24)	2(2)	4(11)	5(5)	1(8)	3(15)	2(2)	4(11)	5(8)	1(15)	4(9)
L20	1(13)	2(18)	5(5)	1(23)	3(16)	4(19)	2(14)	5(23)	1(17)	3(16)	4(8)	2(22)
L21	4(9)	4(23)	1(11)	3(14)	5(5)	2(13)	4(8)	1(10)	3(25)	5(6)	2(16)	4(9)
L22	1(1)	2(17)	3(20)	1(24)	5(9)	4(10)	2(18)	3(13)	1(5)	5(8)	4(11)	1(8)
L23	5(3)	5(6)	4(11)	2(18)	3(13)	1(4)	5(4)	4(21)	2(5)	3(2)	1(14)	5(13)
L24	3(8)	4(8)	1(13)	3(17)	2(16)	5(8)	4(18)	1(10)	3(8)	2(3)	5(8)	3(2)
L25	2(2)	3(1)	5(9)	1(1)	2(1)	4(8)	3(20)	5(3)	1(13)	2(5)	4(11)	2(8)
L26	4(26)	3(16)	4(16)	1(4)	2(16)	5(6)	3(10)	4(10)	1(6)	2(3)	5(9)	4(8)
L27	1(18)	2(17)	3(1)	5(3)	1(16)	4(10)	2(2)	3(19)	5(1)	1(22)	4(20)	1(5)
L28	5(3)	3(3)	5(9)	1(22)	2(17)	4(31)	3(6)	5(17)	1(4)	2(2)	4(20)	5(3)
L29	3(18)	2(19)	3(16)	4(19)	1(6)	5(3)	2(6)	3(1)	4(23)	1(4)	5(24)	3(16)
L30	2(18)	3(18)	1(25)	5(25)	4(20)	2(4)	3(15)	1(3)	5(11)	4(32)	2(17)	2(21)

N ↑

Dispositif : Blocs complets randomisés (avec possibilité d'éclairci d'un pied sur deux)

Désherbage : Manuel

Trouaison : 60 cm de diamètre et 60 cm de profondeur

Nombre de traitements : 5 provenances (avec n° de descendance entre parenthèses)

Liste des traitements : 1 Gonsé ; 2 Passoré ; 3 Botou ; 4 Mali (35 de Djonon et 35 de Karuba) ; 5 Sénégal.

Nombre de répétitions : 70

Parcelle unitaire : Mono arbre

Ecartement : 5 m x 8 m (5 m entre les lignes et 8 m entre les colonnes)

Surface totale : 17520 m<sup>2</sup> (ligne de bordure comprise)

Surface utile : 14000m<sup>2</sup> (sans la bordure)

Date de plantation : 30/07/1999 au 31/07/1999

Date de regarnissage : 23/08/1999

## Annexe 2

### Fiche de mensuration pour les variables prises à l'échelle des arbres

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
L1												
L2												
L3												
L4												
L5												
L6												
L7												
L8												
L9												
L10												
L11												
L12												
L13												
L14												
L15												
L16												
L17												
L18												
L19												
L20												
L21												
L22												
L23												
L24												
L25												
L26												
L27												
L28												
L29												
L30												

Annexe 3

Fiche de mensuration pour les variables prises à l'échelle des feuilles (5 feuilles/arbre).

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
L1_f1												
L1_f2												
L1_f3												
L1_f4												
L1_f5												
L2_f1												
L2_f2												
L2_f3												
L2_f4												
L2_f5												
L3_f1												
L3_f2												
L3_f3												
L3_f4												
L3_f5												
L4_f1												
L4_f2												
L4_f3												
L4_f4												
L4_f5												
L5_f1												
L5_f2												
L5_f3												
L5_f4												
L5_f5												
L6_f1												
L6_f2												
L6_f3												
L6_f4												
L6_f5												
L7_f1												
L7_f2												
L7_f3												
L7_f4												
L7_f5												
L8_f1												
L8_f2												
L8_f3												
L8_f4												
L8_f5												
L9_f1												
L9_f2												
L9_f3												
L9_f4												
L9_f5												
L10_f1												
L10_f2												





