



THESE

Présentée pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE TROISIEME CYCLE

Spécialité : Sciences Biologiques Appliquées

Option : Biologie et Ecologie Végétales

Par

Moussa GUIRA

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.

Soutenue le 8 Avril 1997

devant la Commission d'Examen :

Président :

Laurent AKE ASSI, Professeur, Université de Cocody, Côte d'Ivoire

Examineurs :

- **Sita GUINKO**, Professeur, Université de Ouagadougou
- **Jean-Didier ZONGO**, Maître de Conférences, Université de Ouagadougou
- **Jeanne MILLOGO- RASOLOUDIMBY**, Maître Assistant, Université de Ouagadougou
- **Victor HIEN**, Chargé de Recherche, I.N.E.R.A./C.N.R.S.T, Ouagadougou

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
<u>TABLE DES MATIERES</u>	I
<u>LISTE DES PRINCIPALES ABREVIATIONS</u>	V
<u>LISTE DES FIGURES</u>	VII
<u>LISTE DES TABLEAUX</u>	VIII
<u>LISTE DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES</u>	X
<u>LISTE DES ANNEXES</u>	XI
<u>AVANT-PROPOS</u>	XII
<u>RESUME</u>	XIII
INTRODUCTION	1
Première partie : GENERALITES	4
I - <u>LE KARITE</u>	4
1.1 - <u>SYSTEMATIQUE</u>	4
1.1.1 - <u>Historique</u>	4
1.1.2 - <u>La famille des Sapotaceae</u>	4
1.1.3 - <u>Reconnaissance des diverses variétés</u>	6
1.2 - <u>BIOLOGIE DE L'ARBRE</u>	8
1.2.1 - <u>Germination</u>	8
1.2.2 - <u>Croissance et développement</u>	9
1.2.3 - <u>La phénologie de l'arbre</u>	10
1.3 - <u>MORPHOLOGIE DESCRIPTIVE</u>	12
1.3.1 - <u>Le port</u>	12
1.3.2 - <u>Le tronc</u>	15
1.3.3 - <u>Les racines</u>	15
1.3.4 - <u>Les feuilles</u>	16
1.3.5 - <u>L'inflorescence et les fleurs</u>	16

II

1.3.6 - <u>Le fruit et la noix</u>	17
1.4 - <u>VARIABILITE DE L'ESPECE</u>	19
1.4.1 - <u>Rappel de la notion de variabilité</u>	19
1.4.2 - <u>Connaissances sur la variabilité du karité</u>	21
1.5 - <u>REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET ECOLOGIE</u>	22
1.5.1 - <u>Aire géographique</u>	22
1.5.2 - <u>Ecologie de l'espèce</u>	24
1.6 - <u>PRODUCTION</u>	27
1.7 - <u>LA QUALITE DES FRUITS, DES NOIX ET DES AMANDES</u>	30
II - <u>LA ZONE D'ETUDE</u>	33
2.1 - <u>LE CLIMAT</u>	33
2.1.1 - <u>Les différentes zones climatiques</u>	33
2.1.2 - <u>Conditions climatiques sur quelques stations de la zone d'étude</u>	35
2.2 - <u>RELIEF, HYDROGRAPHIE ET SOLS</u>	42
2.2.1 - <u>Le relief et l'hydrographie</u>	42
2.2.2 - <u>Les sols</u>	43
2.3 - <u>LA VEGETATION</u>	47
2.3.1 - <u>Le domaine phytogéographique sahélien</u>	47
2.3.2 - <u>Le domaine phytogéographique soudanien</u>	48
Deuxième Partie : METHODOLOGIE	51
I - <u>METHODES D'ECHANTILLONNAGE</u>	51
1.1 - <u>CHOIX DE LA ZONE D'ETUDE</u>	51
1.2 - <u>CHOIX DES SITES D'OBSERVATIONS</u>	51
1.3 - <u>CHOIX DES PEUPEMENTS ET DES INDIVIDUS</u>	52
II - <u>COLLECTE DES DONNEES</u>	56
2.1 - <u>OBSERVATIONS TESTS</u>	56

III

2.2 - <u>MESURES ET OBSERVATIONS</u>	64
2.2.1 - <u>Observations phénologiques et productivité</u>	64
2.2.2 - <u>Les caractères dendrométriques</u>	65
2.2.3 - <u>Les caractères des feuilles, des fruits et des noix</u>	66
III - <u>METHODES D'ANALYSES STATISTIQUES</u>	71
3.1 - <u>LES TYPES DE CARACTERES</u>	71
3.2 - <u>L'ANALYSE DE VARIANCE</u>	72
3.3 - <u>LES CORRELATIONS ENTRE LES CARACTERES</u>	72
3.4 - <u>LES ANALYSES MULTIVARIABLES</u>	73
Troisième Partie : RESULTATS ET	
DISCUSSIONS	74
I - <u>PHENOLOGIE ET PRODUCTION DES ARBRES</u>	74
1.1 - <u>LA PHENOLOGIE</u>	74
1.2. <u>LA PRODUCTION DU KARITE</u>	85
II - <u>VARIABILITE DE QUELQUES CARACTERES</u>	93
2.1 - <u>CARACTERES MORPHOLOGIOUES DES ARBRES</u>	93
2.1.1 - <u>Le diamètre du tronc à 1,30 m (D)</u>	94
2.1.2 - <u>La hauteur du fût (HF)</u>	97
2.1.3 - <u>La hauteur totale de l'arbre (HT)</u>	97
2.1.4 - <u>Le diamètre du houppier (DH)</u>	100
2.2 - <u>CARACTERES DES FEUILLES DES ARBRES</u>	102
2.2.1 - <u>Le nombre de feuilles par rameau (NF)</u>	102
2.2.2 - <u>La longueur du pétiole (LPE)</u>	103
2.2.3 - <u>La longueur du limbe (LLM)</u>	106
2.2.4 - <u>La largeur du limbe (LALM)</u>	106
2.2.5 - <u>Le nombre de paires de nervures secondaires (NPN)</u>	109
2.3 - <u>CARACTERES DES FRUITS ET DES NOIX</u>	109
2.3.1 - <u>Caractères de forme des fruits et de la couleur</u> <u>des noix</u>	109
2.3.2 - <u>Caractères biométriques des fruits et des noix</u>	112

IV

2.4. CORRELATIONS ENTRE LES CARACTERES	120
2.5. LES ANALYSES MULTIVARIABLES	124
2.5.1 - <u>L'analyse factorielle des correspondances (AFC)</u>	124
2.5.2 - <u>Les variables mesurées</u>	127
2.5.3 - <u>Les variables calculées</u>	134
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	142
BIBLIOGRAPHIE	147
PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES	157
ANNEXES	163

LISTE DES PRINCIPALES ABREVIATIONS

- AFC : Analyse Factorielle des Correspondances
- CAH : Classification Ascendante Hierarchique
- AFD : Analyse Factorielle Discriminante
- BUNASOLS : Bureau National des Sols
- CGIAR : Consultative Group on International Agricultural Research
- CILSS : Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel
- CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le
Développement
- CNRST : Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique
- CNSF : Centre National des Semences Forestières
- CPCS : Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols
- CSPPA : Caisse de Stabilisation des Prix des Produits Agricoles
- CTFT : Centre Technique Forestier Tropical (Actuel CIRAD-Forêts)
- DIST : Direction de l'Information Scientifique et Technique
- ENGREF: Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts
- FAO : Food and Agriculture Organization
- FAST : Faculté des Sciences et Techniques
- IBPGR : International Board for Plant Genetic Ressources (Actuel IPGRI)
- INERA : Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles
- IRBET : Institut de Recherche en Biologie et Ecologie Tropicale
- IRHO : Institut de Recherche pour les Huiles et Oléagineux
- ISN/IDR : Institut des Sciences de la Nature / Institut de Développement Rural

VI

IUT : Institut Universitaire de Technologie

J.A : Jeune Afrique

MET : Ministère de l'Environnement et du Tourisme

ORSTOM : Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement
en Coopération

PNB : Produit National Brut

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1 : Les différents types de ports du karité.
- Fig. 2 : Aire naturelle de répartition géographique du karité.
- Fig. 3 : Localisation de la zone d'étude et des sites d'observations par rapport aux territoires phytogéographiques définis par GUINKO (1984).
- Fig. 4 : Evolution des principaux paramètres climatiques sur quelques stations de la zone d'étude.
- Fig. 5 : Les sols du BURKINA FASO (D'après le BUNASOLS).
- Fig. 6: Schéma illustrant les mesures faites sur la feuille
- Fig. 7 : Les différentes formes des fruits du karité et les noix correspondantes.
- Fig. 8 : Evolution comparative de la phénologie du karité à Dindéresso et à Gonsé.
- Fig. 9 : Distribution des arbres pour quelques caractères dendrométriques.
- Fig. 10 : Distribution des arbres par site selon le diamètre du tronc à 1,30 m m.
- Fig. 11 : Distribution des arbres pour quelques caractères des feuilles.
- Fig. 12 : Distribution des arbres pour quelques caractères des fruits.
- Fig. 13 : Représentation des individus (.) et des variables dans le plan 1,2 de l'AFC.
- Fig. 14 : Dendrogramme issu de la CAH avec les variables mesurées.
- Fig. 15 : Représentation des individus (.) et des centres de gravité des groupes (⊖) dans le plan 1,2 de l'AFD sur les variables mesurées.
- Fig. 16 : Répartition géographique des groupes d'âge
- Fig. 17 : Dendrogramme issu de la CAH avec les variables calculées
- Fig. 18 : Représentation des individus (.) et des centres de gravité des groupes (⊖) dans le plan 1,2 de l'AFD sur les variables calculées.
- Fig. 19 : Répartition géographique des groupes génétiques

VIII

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Production fruitière annuelle (en kg) de 9 individus de karité de 1935 à 1945 à la Station de Saria, au Burkina Faso.

Tableau 2 : Présentation des caractéristiques physiques des 11 sites d'observations.

Tableau 3 : Test sur la variabilité des dimensions des feuilles sur les rameaux.

Tableau 4 : Calculs statistiques tests relatifs à la variabilité des dimensions des feuilles sur l'arbre.

Tableau 5 : Calculs statistiques tests relatifs à la variabilité des dimensions des fruits sur l'arbre.

Tableau 6 : Données météorologiques à Kamboinsé de septembre 1992 à août 1993

Tableau 7 : Comportement phénologique de 10 individus de karité en 1993 à Kamboinsé

Tableau 8 : Production de 15 individus de karité en 1993 à la Station de Kamboinsé

Tableau 9 : Corrélations r entre les caractères morphologiques et les caractères de la production.

Tableau 10 : Statistiques élémentaires relatives aux caractères dendrométriques

Tableau 11 : Analyse de variance de quelques caractères morphologiques des arbres.

Tableau 12 : Statistiques élémentaires relatives aux caractères des feuilles

Tableau 13 : Analyse de variance de quelques caractères des feuilles des arbres.

Tableau 14 : Répartition de l'effectif des arbres en fonction des caractères de forme des fruits et de la couleur des noix.

Tableau 15 : Statistiques élémentaires relatives aux caractères des fruits et des noix

Tableau 16 : Analyse de variance de quelques caractères des fruits et des noix.

Tableau 17 : Valeurs du coefficient de corrélation r entre quelques caractères du karité.

Tableau 18 : Valeurs moyennes des 3 groupes pour les caractères discriminants (variables liées à l'âge).

IX

Tableau 19 : Valeurs moyennes des 3 groupes pour les caractères discriminants (variables sous contrôle génétique).

LISTE DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

- I : Variabilité de la forme et de la couleur des fruits, des noix et des amandes du karité
- II : Phases de défeuillaison et de floraison du karité
- III : La fructification du karité

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Fiche de relevé des données sur les caractéristiques des arbres échantillonnés

Annexe 2 : Fiche de relevé des données sur les caractères des feuilles

Annexe 3 : Fiche de relevé des données sur les caractères des fruits et des noix

Annexe 4 : Fiche d'observations phénologiques.

Annexe 5 : Statistiques élémentaires relatives aux caractères morphologiques des arbres.

Annexe 6 : Statistiques élémentaires relatives aux caractères des feuilles des arbres.

Annexe 7 : Statistiques élémentaires relatives aux caractères des fruits des arbres.

Avant - Propos

Avant de présenter les résultats de notre travail nous tenons à remercier tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre nous ont apporté de l'aide. Nous remercions tout particulièrement notre Directeur de Thèse, le Professeur GUINKO Sita , Botaniste-Ecologiste à la FAST de l'Université de Ouagadougou . Ses nombreux conseils et son soutien à travers le Laboratoire d'Ecologie qu'il dirige, nous ont été très bénéfiques .

Nos sincères remerciements s'adressent ensuite aux personnes suivantes :

- le Professeur ZONGO Jean-Didier , Génétique et Amélioration des Plantes et Madame MILLOGO R. Jeanne, Maître-Assistant de Botanique et Biologie Végétale, tous à la FAST, pour avoir lu et corrigé le manuscrit du mémoire.

- Monsieur Daniel Yves ALEXANDRE, Directeur de Recherche en Ecologie Végétale à l' ORSTOM France et Madame Anne FOURNIER, Chargée de Recherche en Ecologie Végétale à l' ORSTOM Bobo-Dioulasso, pour avoir lu et corrigé notre manuscrit.

- tous les enseignants missionnaires étrangers ayant intervenu au cours de notre formation du 3^è cycle et plus particulièrement le Professeur AKE ASSI Laurent de Côte-d'Ivoire, pour leurs encouragements, conseils et suggestions. Les Professeurs MAHAMANE Saadou du Niger et AKPAGANA Koffi du Togo ont également apprécié favorablement notre manuscrit.

Nous faisons une mention particulière au CNRST, surtout à travers l'IRBET et l'INERA, pour l'appui fort appréciable qui nous a été apporté.

Notre reconnaissance va aussi à l'endroit des chercheurs du CIRAD pour leur soutien, notamment pour la documentation sur le karité.

Notre gratitude s'adresse également aux différentes structures du MET (actuel Ministère de l' Environnement et de l' Eau), et plus particulièrement les Directions Régionales et les Services Provinciaux, pour leur soutien au cours de nos sorties sur le terrain.

Nous sommes très reconnaissants à toutes les personnes, aussi bien dans les villes que dans les campagnes, auprès de qui nous avons beaucoup appris sur le karité.

Enfin , nous remercions tous les collègues à l'Université et au CNRST, les amis, les connaissances et les parents, dont le soutien moral a fortement contribué à l'aboutissement du présent travail .

Résumé

Le karité, Butyrospermum paradoxum (Gaertner f.) Hepper, est une Sapotaceae typiquement africaine, assez caractéristique des savanes soudaniennes. Sa forte adaptation écologique, la consommation de ses fruits et l'utilisation des amandes pour la fabrication du beurre, en font une espèce très importante pour le Burkina Faso.

Les peuplements de karité connaissent de plus en plus une dégradation à cause de la sécheresse, des parasites animaux et végétaux et de la pression de l'Homme. Pour préserver le patrimoine végétal de cette espèce à usages multiples, il est nécessaire de bien connaître sa biologie et sa variabilité génétique.

Cette étude a porté sur la phénologie et la variabilité de quelques caractères morphologiques du karité. Pour cela 11 peuplements ont été échantillonnés sur 11 sites d'observations répartis dans la moitié ouest du Burkina Faso et en fonction du gradient écologique. Chaque peuplement est représenté par 30 pieds de karité.

Pour les observations phénologiques, il ressort que d'une manière générale, le karité débute sa floraison en décembre. L'optimum de la floraison se situe en mars et la fin en avril. Mais au nord du pays, certains individus fleurissent jusqu'en mai. La fructification qui commence en février se poursuit jusqu'en mai où elle est abondante. La maturation, très échelonnée dans le temps, a lieu entre juin et août.

L'évaluation, en 1993, de la production annuelle de 15 pieds de karité à Kamboinsé, près de Ouagadougou, a donné une moyenne de 48,65 kg de fruits par arbre ; ce qui correspond à une moyenne de 5,06 kg d'amandes sèches par arbre.

Pour l'architecture des arbres, nous avons observé une variabilité morphologique à travers l'ensemble de la zone d'étude. Le diamètre du tronc à 1,30 m a une moyenne de 0,30 m avec un minimum de 0,50 m et un maximum de 1,05 m. Les gros diamètres sont surtout rencontrés au nord du pays, en raison de l'exploitation plus intense des terres à des fins agricoles.

Par rapport aux caractères des feuilles, nous avons rencontré dans chaque localité des arbres à grandes feuilles à côté d'arbres à petites feuilles. La longueur moyenne du limbe est de 13,72 cm, entre un minimum de 10,18 cm et un maximum de 20,31 cm. Pour la largeur du limbe, la moyenne est de 4,39 cm avec des valeurs extrêmes de 3,02 cm et 6,64 cm.

Quant aux fruits, les caractères sont peu variables sur toute l'étendue de la zone d'étude. La moyenne de la longueur du fruit est de 4,05 cm, entre un minimum de 2,76 cm et un maximum de 6,29 cm. Pour le diamètre du fruit, la moyenne est de 3,49 cm avec des valeurs extrêmes de 2,54 cm et 4,79 cm.

L'analyse multivariable sur les caractères mesurés fait apparaître 3 groupes d'âge : des jeunes arbres, des vieux arbres et des arbres d'âges moyens. L'analyse multivariable sur les variables calculées distinguent 3 types d'arbres:

Le **type I** est caractérisé par un port élancé et des fruits de forme allongée.

Le **type II** présente un port très élancé et des fruits de forme arrondie.

Le **type III** est caractérisé par un port arrondi et des fruits de forme allongée.

Aucun de ces 3 types d'arbres n'a une localisation géographique précise.

Mots clés: Karité ; caractères ; variabilité ; espèce ; phénologie ; Burkina Faso.

INTRODUCTION

Le BURKINA FASO est un pays sahélien situé au coeur de l'Afrique occidentale. Il s'étend sur 274 200 km² entre 9°20' de latitude nord, 2°20' de longitude est et 5°30' de longitude ouest. Il est limité au nord et à l'ouest respectivement par le Mali et la Côte-d'Ivoire, à l'est par le Niger, au sud-est par le Bénin, et au sud par le Ghana et le Togo. Au recensement de 1985 la population était d'environ 8 millions d'habitants. Mais de jours cette population s'élève à environ 10 millions d'habitants. Le pays n'a pas d'accès direct à la mer et tire l'essentiel de ses ressources de l'agriculture et de l'élevage. Les rendements sont faibles du fait d'une pluviométrie souvent insuffisante ou mal répartie et des méthodes de culture toujours rudimentaires. Ainsi, le secteur agricole bien qu'occupant 80 % des habitants ne contribue que pour 30 à 40 % du PNB (FAO, 1985). Outre les nombreuses utilisations traditionnelles du karité dégagées par BOGNOUNOU (1988) les amandes constituent l'un des principaux produits d'exportation du pays après le coton, l'or et le bétail (TIANHOUN, 1988). LAZARD (1991) signale qu'au Burkina Faso le karité apporte à l'économie nationale 12 à 15 % des recettes d'exportation du pays.

D'après la Caisse de Stabilisation des Prix des Produits Agricoles (CSPPA), au cours de la campagne 1985/1986, la commercialisation de 71317,059 tonnes d'amandes sèches a rapporté au Burkina Faso la somme de 4992194130 F CFA. Des séminaires et ateliers ont été tenus sur cette espèce qui est aussi l'une des cinq (5) filières de développement adoptées par le Burkina Faso depuis 1987 ; les quatre (4) autres filières étant l'or, le coton, le sésame et les cuirs et peaux. Dans un tel contexte, le karité, malgré la fluctuation du cours des matières premières et des difficultés de commercialisation des amandes certaines années, est un arbre présentant une grande importance économique pour le pays.

De nombreuses recherches ont été orientées vers la technologie de transformation des amandes, avec très peu d'attention sur la vie de l'arbre. Les conséquences aujourd'hui sont nombreuses. Malgré son importance économique le

karité est toujours au stade de cueillette, ce qui rend difficile une exploitation industrielle de l'arbre. On constate un vieillissement des parcs à karité, la mortalité de certains arbres dans le nord du pays et le manque de régénération. Les rendements de la production des arbres sont de plus en plus bas. Les causes de cette dégradation sont, d'après BOUSSIM (1991), la sécheresse, les actions anthropiques et le parasitisme végétal et animal. D'après le même auteur les Tapinanthus, parasites végétaux de la famille des Loranthaceae, semblent avoir une préférence pour le karité. Le taux de parasitisme d'après lui est d'environ 95 % sur toute l'aire du karité au Burkina Faso. Ces parasites végétaux également évoqués par SCHMIDT (1986), peuvent même provoquer la mort de l'hôte. Ces problèmes actuels du karité s'expliquent par le fait que malgré la poursuite des recherches par des institutions nationales et étrangères, de nombreux aspects de la biologie de l'arbre ne sont toujours pas connus. En plus du problème de la fluctuation du cours des amandes, les recherches sur le karité sont très peu avancées. Les premières études au Burkina Faso ont été entreprises par l'Institut de Recherche pour les Huiles et Oléagineux (IRHO) depuis les années 1950 et BOURLET (1950) décrivait déjà les problèmes du karité. Les premiers thèmes de recherche ont porté sur l'arbre et son milieu mais aussi sur la technologie de transformation des amandes en beurre (d'après PICASSO, 1984 et BONKOUNGOU, 1987). Après une longue période d'interruption à partir des années 1960, les recherches ont repris dans les années 1970 avec des institutions tels que le Centre Technique Forestier Tropical (CTFT), l'Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles (INERA) et l'Université de Ouagadougou.

D'après BONKOUNGOU (1987) il y a une insuffisance des connaissances scientifiques de base sur la biologie du karité, les possibilités d'amélioration génétique et de multiplication de l'espèce. Il mentionne, par exemple, que la variabilité phénotypique intraspécifique du karité mérite une étude plus approfondie, ce qui n'a pas encore été le cas jusqu'à nos jours. Une bonne connaissance de tous ces aspects devrait permettre une meilleure prise en compte du karité dans les actions de développement national. D'éventuelles actions visant la sélection ou l'amélioration génétique du karité ou l'intégration de l'arbre dans les systèmes agroforestiers, pourront être mieux orientées.

Nous nous proposons ici d'étudier la phénologie et la variabilité de quelques caractères chez le karité. Notre objectif est de donner une première description de la structure de la variabilité phénotypique du karité au Burkina Faso.

Dans le contexte d'une première approche de la variabilité de l'arbre, orientée vers une application pratique d'amélioration de l'espèce, notre étude se limitera volontairement à une partie des populations. Ce sont seulement les populations productrices, que l'on rencontre dans les champs et les jeunes jachères, que nous allons étudier. Ces populations ne reflètent sans doute pas toute la variabilité de l'espèce puisqu'elles ont fait l'objet d'une sélection par les hommes. On sait en effet que lors de la défriche du champ puis de sa culture certains individus ont été éliminés. On peut penser que seuls les arbres meilleurs producteurs ont été conservés.

Le choix d'une telle base d'échantillonnage se justifie dans la mesure où une éventuelle tentative d'amélioration de l'espèce se ferait certainement à partir de ce matériel déjà présélectionné. L'étude comporte deux grands volets :

Le premier porte sur la variabilité de la phénologie et de la production.

Le second volet consiste à décrire la variabilité de quelques caractères morphologiques.

Le présent mémoire présentera successivement :

- Des généralités sur le karité et le milieu d'étude
- La méthodologie pour l'étude de la variabilité
- Les résultats et discussions
- Enfin, en conclusion, les voies de recherche à approfondir pour aboutir à une meilleure connaissance du karité.

Première partie : GENERALITES

I - LE KARITE

1.1 - SYSTEMATIQUE

1.1.1 - Historique

D'après RUYSSSEN (1957) le karité ne fut rencontré pour la première fois et décrite qu'en 1796 par l'explorateur écossais MUNGO Park dans la région de Ségou, dans l'actuelle République du Mali . Le même auteur écrit que le karité appartient à la famille des Sapotaceae et fut d'abord appelé Vitellaria paradoxa en 1805, puis Bassia parkii en 1837 en souvenir de MUNGO Park. L'auteur précise encore que le genre Butyrospermum dont le nom rappelle l'utilisation de la graine , fut créé en 1864 par KOTSCHY. BONKOUNGOU (1987) a fait le point sur l'historique controversée du karité. D'après la "Flora of West Tropical Africa" de HUTCHINSON et DALZIEL (1963) qui est la flore de référence de nombreux botanistes africains, c'est le nom Butyrospermum paradoxum qui a été retenu après les débats scientifiques depuis le 19^{ème} siècle . Mais le synonyme Vitellaria paradoxa (Gaertn.f.) est également souvent utilisé.

RUYSSSEN (1957) note que le nom " karité " connu par les français, proviendrait de l'appellation des Ouolofs du Sénégal. Pour les anglais le karité est appelé "shee" ou "shea", ce qui correspond à l'orthographe anglaise du nom Bambara ou Malinké (Ci ou Chi).

1.1.2 - La famille des Sapotaceae

Cette famille à laquelle appartient le karité est de l'ordre des Ebenales. Elle regroupe au total près de 600 espèces réparties en 40 à 50 genres (EMBERGER, 1960; BERHAUT, 1967 ; ADJANOHOUN et coll., 1973 ; MITRA, 1974 ; LEROY, 1982 ; GUIGNARD, 1986 et CRONQUIST, 1988). Les Sapotaceae sont répandues dans

toute la zone intertropicale. Elles comptent en Afrique occidentale et centrale, au moins 25 genres représentant plus de 50 espèces.

Les Sapotaceae sont des arbres ou arbustes qui se reconnaissent par les caractéristiques principales suivantes :

- un latex blanc s'écoule de toute entaille faite à la plante ;
- le tronc est souvent élargi à la base ;
- le rhytidome peut être lisse mais très souvent il est plissé, fendillé ou crevassé, voire profondément quadrillé comme c'est le cas chez le karité ;
- les feuilles, à nervation très fine et très serrée, sont alternes, entières et coriaces. Elles sont ordinairement sans stipules ou à stipules caduques. Elles sont presque toujours rassemblées à l'extrémité des rameaux ;
- les fleurs sont regroupées en fascicules plus ou moins denses à l'aisselle des feuilles terminales, ou des cicatrices foliaires sur les rameaux défeuillés. Ces fleurs ont un calice à 5 sépales ou formé de 2 séries de 3 ou 4 sépales. La corolle comporte 4 à 8 pétales en 1 ou 2 séries, soudés sur une petite hauteur. Les lobes des pétales portent souvent des appendices. Les étamines insérées sur la corolle sont opposées aux lobes. Parfois ces étamines sont disposées sur deux ou plusieurs rangs. Souvent des staminodes ayant l'aspect de pétales sont soudés à la corolle et alternent avec les étamines. Les anthères des étamines s'ouvrent en général vers l'extérieur. L'ovaire, surmonté d'un style simple, est supère, creusé de plusieurs loges, 5 ordinairement avec un ovule dressé dans chaque loge ; quelques caractéristiques rapportées par VUILLET (1911) permettent une définition précise de la famille, et distinguent les Sapotaceae des familles voisines (Ebenaceae, Styracaceae, Symplocaceae) : il s'agit du cloisonnement complet des loges de l'ovaire, la position des ovules, qui sont dressés et leur isolement dans chaque loge ;
- le fruit est souvent une baie verdâtre ou jaunâtre, exceptionnellement rouge. Les graines ont un tégument dur, jaune à brun-foncé et brillant. Ce tégument présente une large cicatrice qui est en fait le hile correspondant au point d'attache de la graine dans le fruit.

1.1.3 - Reconnaissance des diverses variétés

L'espèce, selon DUVIGNEAUD (1974), est un ensemble d'individus tous semblables et qui se transmettent cette similitude de génération en génération. Pour PARENT (1991) l'espèce est un ensemble d'individus, qui se ressemblent entre eux, qui possèdent des génotypes relativement identiques et qui s'accouplent exclusivement entre eux. D'après le LAROUSSE AGRICOLE, la variété, dans le régime végétal, est un sous-groupe d'une espèce donnée, qui a des caractéristiques spécifiques.

Les premiers botanistes, les agronomes et les paysans ont fait de nombreuses descriptions de variétés chez le karité. Plusieurs caractères essentiellement phénotypiques ont servi de base à ces descriptions. Les plus courants sont le port de l'arbre, la forme, la couleur et les dimensions des feuilles, des fruits et des noix. D'autres critères également utilisés sont la période de fructification, la qualité de la pulpe du fruit et la distribution géographique.

Pour CHEVALIER (1943), l'espèce présente trois variétés (Poissoni, niloticum et mangifolium) disséminées dans toute son aire de répartition géographique. Ces variétés présentent les caractéristiques suivantes :

- pour la variété mangifolium les jeunes rameaux finement pubescents, deviennent promptement glabres ; les jeunes feuilles de couleur lilas, jaunâtre ou ocracée sont couvertes d'un tomentum court disparaissant dès que la feuille s'épanouit, ou même glabres dès la naissance ; les feuilles adultes ont un pétiole long 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 comportant 20 à 28 paires sont à peine saillantes et peu visibles en dessous. Le calice des fleurs est couvert d'un tomentum ferrugineux court. L'ovaire finement velu a généralement 5 ou 6 loges. Les fruits ovoïdes ou sphériques sont longs de 4 à 6 cm de diamètre. D'après l'auteur, c'est cette

variété qu'on trouve dans la zone nord-soudanienne, notamment au Burkina Faso et au Mali.

- pour la variété poissoni à port ordinairement pyramidal, les feuilles adultes très glabres sont ovales-allongées ou elliptiques, arrondies à la base et 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. Elles comptent 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.

- pour la variété niloticum, les feuilles adultes ont un limbe épais, oblongue à base fréquemment aiguë ou un peu inéquilatérale. La pubescence des feuilles ne disparaît pas complètement à l'état adulte. Les nervures secondaires sont au nombre de 20 à 35 paires. La fleur a un ovaire globuleux comportant 6 à 8 loges et surmonté d'un style hispide à la base. On rencontre cette variété surtout à l'est de l'aire du karité.

Les caractères des feuilles ont permis à CHEVALIER (D'après RUYSSSEN, 1957) de distinguer deux sous-variétés à l'intérieur de la variété mangifolium :

- la sous-variété viridis à feuilles petites, très ondulées sur les bords, vertes à l'état jeune ;
- la sous-variété rubifolia à feuilles plus grandes, à bord lisse, rouges à l'état jeune.

Mais RUYSSSEN (1957) dit que les corrélations de la plupart des caractères différentiels ne paraissent cependant pas certaines lorsqu'on fait des observations sur le terrain. Il note par exemple que certains caractères se révèlent peu stables et les corrélations sont aussi mal établies. En effet nous avons aussi essayé sans succès de classer les individus sur le terrain selon la classification de CHEVALIER (1943). D'après ce dernier la plupart des karités du Burkina Faso appartiennent à la variété mangifolium. Mais de nombreux témoignages semblent confirmer une possible présence des deux autres variétés (poissoni et niloticum) au Burkina Faso. PICASSO (1984) signale avoir rencontré à l'est du pays des pieds de karité qu'il attribue à la variété poissoni. AKE ASSI a déjà récolté (communication personnelle) un échantillon de karité au Burkina Faso où les feuilles adultes étaient pubescentes. CHEVALIER (1943)

signale également avoir déjà récolté un échantillon de la variété niloticum qui était en mélange avec la variété mangifolium.

Les populations locales du Soudan (ex Afrique occidentale) ont établi les liens suivants rapportés par RUYSSSEN (1957) :

- petites feuilles, branches dressées, petit fruit, pulpe douce
- grandes feuilles, branches étalées, gros fruit, pulpe astringente
- variété tardive, noix à coque foncée, pulpe douce
- variété hâtive, noix à coque claire, pulpe astringente.

AUBREVILLE (1950) aboutit à la conclusion que le karité présente probablement de nombreuses variétés qui ne sont pas encore très bien séparées. SALLE et coll. (1991) à leur tour se demandent si on peut considérer qu'un certain nombre de variétés stables existent dans chacune des deux sous-espèces (subsp. parkii et subsp. niloticum) ou que l'espèce globalement constitue un ensemble plastique ?

1.2 - BIOLOGIE DE L'ARBRE

1.2.1 - Germination

La germination du karité, qualifié de cryptogée, a été particulièrement étudiée par JACKSON (1968) et ZERBO (1987). Elle se traduit par la saillie de l'embryon du côté de l'angle aigu de la cicatrice de la noix. Il y a d'abord émergence d'un organe qui une fois dans le sol se renfle à 5-7 cm de profondeur. Au niveau de ce renflement naît la tigelle à la partie supérieure ; la partie inférieure se gonfle davantage et développe des racines latérales. D'après PICASSO (1984) la faculté germinative de la noix du karité dure au maximum 1 mois. En effet au CNSF, GAMENE (1987) a montré, suite à une étude sur le pouvoir germinatif en fonction de différentes méthodes de conservation des noix, que quelle que soit la méthode utilisée le taux de germination est nul après 1 mois de conservation. PICASSO (1984) conseille donc de ne pas utiliser, comme semences, des graines tombées de l'arbre depuis plus de 8 à 10 jours et ne provenant pas de fruits bien mûrs. ALEXANDRE (1992) note que le karité a des

graines dites récalcitrantes, à haute teneur en eau (50 %) et qui germent en moins d'une semaine. Certaines noix germent dans le fruit non détaché de l'arbre.

1.2.2 - Croissance et développement

La croissance de la plantule est extrêmement lente. La tige ne s'allonge que de 10 à 12 cm la première année (PICASSO, 1984). Le suivi du développement des systèmes aérien et racinaire, effectué au Burkina Faso lors de la transplantation de 635 arbres, a montré que dans le jeune âge la croissance racinaire est plus forte que celle de la partie aérienne (SALLE et coll., 1991).

Les branches âgées présentent de nombreux rameaux. Ces rameaux ont un aspect particulier lié à leur mode de croissance avec la production successive d'articles de petit diamètre, à croissance rapide, entre-noeuds longs (type "rameaux longs"), et d'articles de fort diamètre, à allongement lent, entre-noeuds très courts (type "rameaux courts"). C'est à l'extrémité de certains de ces rameaux que vont apparaître les fleurs.

Il existe plusieurs modèles architecturaux chez les arbres (HALLE, 1970) mais le karité pourrait appartenir au modèle d'AUBREVILLE. En effet dans ce modèle, les arbres portent des étages de branches articulées, sur un tronc monopodial à croissance rythmique. Les articles ne sont pas définis par une inflorescence terminale, mais par le fonctionnement très ralenti de leurs apex.

D'après de nombreux écrits (PICASSO, 1984 ; ZERBO, 1987 ; GROLLEAU, 1989 et SALLE et coll., 1991) le stade juvénile du karité dure très longtemps (15 à 20 ans). RUYSSSEN (1957) note que les premières fleurs qui apparaissent sont pour la plupart stériles et l'arbre ne produit alors que quelques fruits. AMOAKOH (1983) signale cependant que dans les bonnes conditions le stade juvénile pourrait durer moins de 10 ans. Vers 20 ans l'arbre aurait une hauteur de 4 à 5 m. C'est à partir de 40 à 50 ans que la production est bonne si l'arbre ne subit pas les feux de brousse et la compétition avec d'autres espèces. RUYSSSEN (1957) estime que le karité est un arbre qui peut vivre pendant plus de 200 ans. L'auteur signale par ailleurs que les arbres

issus de rejets croissent vigoureusement et seraient même plus précoces que ceux de semis.

1.2.3 - La phénologie de l'arbre

La phénologie est définie dans le LAROUSSE AGRICOLE (1981) comme étant l'étude de la chronologie des stades de la vie végétale, en relation avec le temps et le climat. Elle permet d'apprécier le cycle biologique annuel des plantes. Mais l'intérêt des observations porte surtout sur les périodes de floraison et de fructification.

Les études portant sur la phénologie du karité sont peu nombreuses. En dehors des informations rapportées par RUYSSSEN (1957) et PICASSO (1984), les seules données phénologiques importantes que nous détenons sur le karité sont celles fournies par la station expérimentale de recherche agronomique de l'INERA à Niangoloko dans l'extrême sud-ouest du Burkina Faso. En effet des observations y sont effectuées pour le compte d'une société française du nom de AGRITROPIC. De façon générale quatre phases essentielles caractérisent la phénologie de l'arbre : la défeuillaison, la floraison, la fructification et la feuillaison.

1.2.3.1 - La défeuillaison et la floraison

Généralement la défeuillaison pour le même arbre commence à partir du mois d'octobre pour s'étaler jusqu'en février. Cette caducité des feuilles pourrait être une réponse au manque d'eau en saison sèche. Elle contribue également à la résistance au feu. Les feuilles tombent et l'arbre reste tout nu en attendant la phase de floraison (Planche II, Photo 4). La floraison se manifeste par l'apparition de jeunes boutons floraux à l'apex des rameaux fructifères. A l'épanouissement des fleurs, l'arbre présente de nombreux bouquets composés de fleurs de couleur jaunâtre (Planche II, Photo 5).

Mais ces deux phases ne sont pas toujours successives car il n'est pas rare de voir des arbres fleurir avant la chute des feuilles. La période de floraison va de décembre à avril avec un optimum en février - mars. FOURNIER (1991) a par exemple observé qu'à Nazinga, au sud du Burkina Faso, la floraison du karité a lieu

en février. A la période de floraison les fleurs du karité sont intensément butinées par les abeilles (GUINKO et coll. 1987).

1.2.3.2 - La feuillaison

Les jeunes feuilles apparaissent aussitôt après la floraison. A Nazinga, au sud du Burkina Faso, FOURNIER (1991) a pu noter que l'émergence des premières jeunes feuilles a lieu entre Janvier et février. Elles sont rougeâtres ou verdâtres et légèrement pubescentes en dessous. La pubescence disparaît rapidement et complètement dans la variété mangifolium. Les stipules filiformes visibles sur les jeunes pousses sont également caduques (RUYSSSEN, 1957).

1.2.3.3 - La fructification

Les principaux agents de la pollinisation du karité seraient les abeilles. Au moment de la floraison des arbres, les insectes transportent les grains de pollen collés à leur corps et les déposent sur les stigmates des fleurs (RUYSSSEN, 1957 ; GUINKO et coll, 1987 et 1988). Les essais d'autofécondation sans succès important semblent confirmer le rôle primordial des insectes dans la pollinisation du karité. En effet un essai d'autofécondation a été réalisé par HALFF en 1944 - 1945 à la station agricole de Ferkéssédougou en Côte-d'Ivoire. Il aurait obtenu après ensachement, la nouaison de 9,6 % des fleurs ensachées contre 23 % de nouaison des fleurs témoins non ensachées (BONKOUNGOU, 1987). Le suivi de 50 inflorescences ensachées appartenant à 5 pieds de karités à la station expérimentale de l'IDR à Gampéla n'a permis d'observer aucune nouaison après la fin de la période de floraison (GUIRA, 1989).

La fructification commence en mars-avril par la nouaison qui est un stade de formation de petits fruits en forme de boule (Planche III, Photo 6).

Le péricarpe d'abord pubescent devient glabre à l'approche de la maturité (Planche III, Photo 7).

La maturation des fruits se situe entre mai et août. Elle est échelonnée de 20 à 30 jours en moyenne chez un même sujet. La récolte des fruits tardifs ne s'étale pas au delà du mois de septembre. Il est seulement fait mention sans aucun détail dans certains écrits (PICASSO, 1984, BONKOUNGOU, 1987) de l'existence d'arbres qui produiraient deux fois dans l'année et qui seraient ceux de la variété poissoni décrite par CHEVALIER (1943). Au Burkina Faso de tels arbres ont été signalés dans les régions de Saaba et Koupéla. Mais il n'y a pas eu de suivi de ces arbres.

1.2.3.4 - Variabilité de la phénologie

Toutes les différentes phases phénologiques n'apparaissent pas de façon régulière aussi bien au niveau d'un même arbre qu'au niveau d'un même peuplement. Généralement le karité perd d'abord ses feuilles, puis fleurit. Mais les observations sur le terrain montrent que l'arbre présente des phénomènes assez complexes et difficiles à expliquer. En effet dans un même peuplement on trouve des arbres totalement défeuillés avec ou sans fleurs et des arbres non défeuillés avec ou sans fleurs (RUYSSSEN, 1957). Cette variabilité de la phénologie ne paraît donc pas liée aux conditions stationnelles. En effet, d'après RUYSSSEN (1957) et TERPEND (1982) les résultats du suivi de 20 années de production au Mali à partir de 1936 n'ont permis d'établir aucun cycle régulier. Il ne semble donc pas avoir de lien entre pluviosité de l'année et production de fruits. Jusqu'à nos jours les différentes études sur le karité n'ont pas permis de mettre en évidence les conditions du milieu et les caractères propres de l'arbre qui influencent la fructification.

1.3 - MORPHOLOGIE DESCRIPTIVE

1.3.1- Le port

Le karité est un arbre trapu de 10 à 15 m de haut (parfois jusqu'à 25 m) et à cime fortement ramifiée et retombante. De nombreux types de ports ont été décrits (RUYSSSEN, 1957 ; DESMAREST, 1958 et PICASSO, 1984). Mais finalement ils se

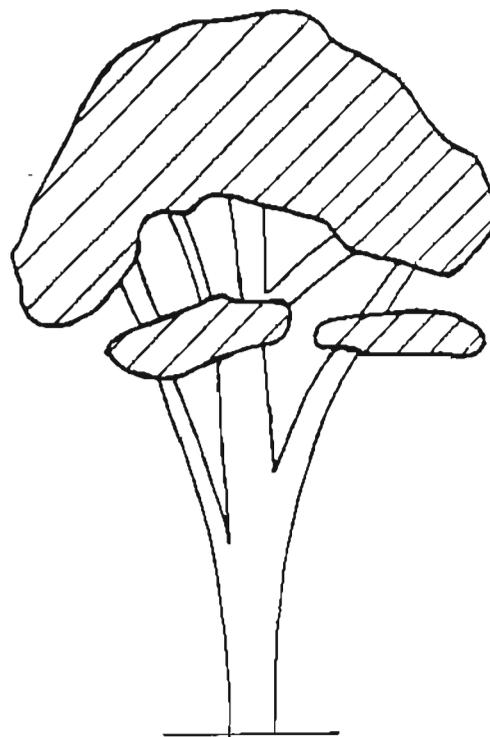
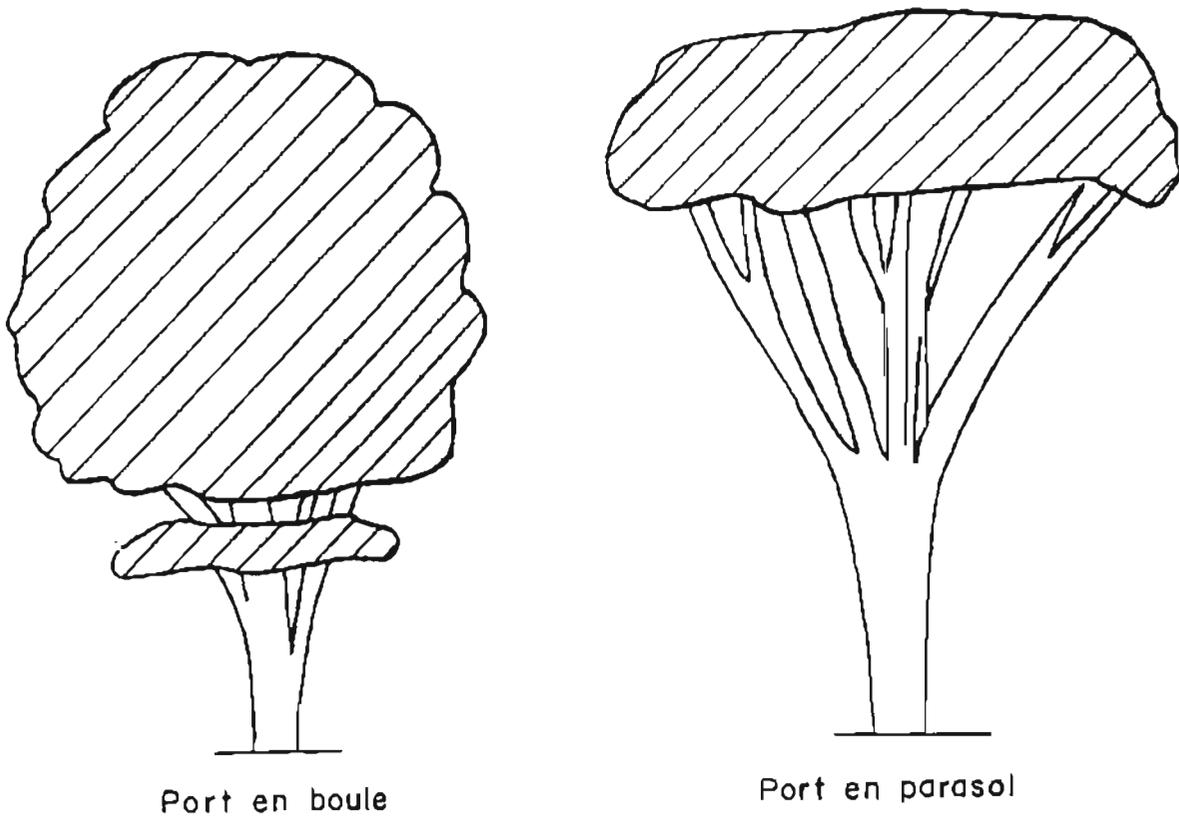
ramènent à 3 types principaux qui sont le port en "boule", le port en "balai" ou "parasol" et le port semi-dressé ou érigé (fig 1) :

- pour le port en boule les branches secondaires s'étalent rapidement pour donner un aspect sphérique à la frondaison.
- pour le port en balai ou parasol les branches secondaires s'écartent vers le haut en V, donnant un aspect de parasol à la cime.
- le port semi-dressé ou érigé est intermédiaire entre les deux premiers types.

Selon RUYSSSEN (1957), les populations locales d'Afrique occidentale ont même établi des liens entre le type du port et des caractères de forme des fruits et des feuilles, de précocité ou non, etc. Les arbres à port en boule auraient des feuilles longues, étroites et claires, et des petits fruits. Ces arbres seraient également plus précoces ; la pulpe du fruit est fade ou astringente et peu fournie ; la coque de la noix est fine et claire. Pour les arbres à port dressé, en parasol, les feuilles seraient larges et de couleur plus foncée. Ces arbres plus tardifs auraient un développement plus important que les premiers; les fruits sont plus gros ; la pulpe est abondante et sucrée; la coque de la noix est foncée ; ce sont des arbres bons producteurs dont les amandes sont plus riches en beurre.

Les caractéristiques du port du karité présentent également un intérêt en agroforesterie. RUYSSSEN (1957) rapportant les résultats d'observations faites à Ina et Ferkessedougou en Côte-d'Ivoire, signale que l'ombre projetée par le karité n'est pas très épaisse pour gêner les cultures.

MAIGA (1987) a montré que sous le houppier du karité les rendements du sorgho et du mil sont respectivement de 573,5 kg/ha et 429,5 kg/ha. Par contre hors houppier les rendements de ces céréales sont respectivement de 676,7 kg/ha pour le sorgho et 633 kg/ha pour le mil. Il ressort que les rendements hors houppier sont plus importants que les rendements sous houppier. Mais l'auteur précise que de nombreux autres facteurs pourraient influencer ces résultats. Il suggère donc qu'une telle étude puisse être effectuée sur plusieurs sites à travers tout le pays et pendant plusieurs années.



Port semi-dressé

Fig.1- Les différents types de ports du karité
(D'après RUYSSSEN, 1957)

CHEVALIER (1946) note que si les arbres sont suffisamment distants dans les champs les cultures n'auront pas trop à souffrir de l'ombrage.

1.3.2 - 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 celle du houppier. Le diamètre du tronc, pris à 1 m de hauteur, dépasse rarement 1 m (RUYSSSEN, 1957). C'est dans les jachères et les champs cultivés que le karité est de plus gros diamètre. Des insectes de la famille des Cerambycidae attaquent quelquefois le tronc et le rendent peu vigoureux ; ce qui conduit parfois à la mort de l'arbre.

L'écorce de l'arbre est gris-foncée ou noirâtre. Mais pendant les premières années et jusqu'à 15 ans environ, elle est gris-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 branches âgés, l'écorce est liégeuse et profondément crevassée en plaques plus ou moins rectangulaires rappelant la peau du crocodile. Mais RUYSSSEN (1957) signale qu'au sud du Dahomey (actuel Bénin), à la limite extrême de l'habitat du karité, il y a des peuplements de karité à écorce lisse et claire. Le revêtement constituerait un moyen efficace pour l'arbre dans la résistance à certaines attaques extérieures dont notamment les feux.

1.3.3 - Les racines

Le système racinaire du karité est constitué d'un pivot central vertical dont le diamètre diminue au fur et à mesure que les racines s'enfoncent dans le sol. D'après BAMBA (1985) la longueur du pivot est de l'ordre de 0,75 à 1 m.

Par contre les racines latérales peuvent atteindre une longueur de 20 m (BAMBA, 1985 ; BONKOUNGOU, 1987). Mais 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. Cette profondeur est plus importante que celle atteinte par les racines de nombreuses cultures basses, ce qui minimise la compétition avec le karité pour les éléments nutritifs.

1.3.4 - Les feuilles

Le karité est un arbre à feuilles caduques tout comme la plupart des arbres de la zone soudano-sahélienne. Les feuilles apparaissent à l'extrémité des rameaux. Elles sont simples, entières, allongées, alternes et groupées par 20 à 30. Le limbe est coriace, luisant et vert. Il est long de 10 à 30 cm et large de 3 à 7 cm, avec un bord souvent ondulé. Le sommet du limbe est soit légèrement émarginé soit arrondi ou légèrement acuminé. La base est souvent cunéiforme et un peu inéquilatérale. Les nervures secondaires au nombre de 20 à 30 paires sont apparentes en clair à la face supérieure et en relief à la face inférieure. Elles sont parallèles et forment un angle assez ouvert avec la nervure principale. Quant à cette dernière elle est fortement saillante à la partie inférieure et très légèrement au dessus (RUYSEN, 1957). Le pétiole subquadrangulaire est long de 5 à 15 cm.

1.3.5 - L'inflorescence et les fleurs

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 aller jusqu'à plus de 100 fleurs.

La fleur, hermaphrodite et actinomorphe, est enveloppée à la base de son pédoncule par une très petite bractée. En 1989, nous avons examiné de façon assez détaillée la morphologie florale dans une étude sur la biologie florale du karité

(GUIRA, 1989). Cette étude biométrique a porté sur un échantillon de 1133 fleurs appartenant à 36 sujets répartis dans des stations écologiques différentes.

Au niveau du calice, le nombre de sépales externes varie de 3 à 9 avec une moyenne de 4,09. Le nombre de sépales internes varie de 2 à 10 avec une moyenne de 4,12. Les sépales et les bractées sont recouvertes d'une dense pubescence brunâtre.

Pour la corolle, le nombre de pétales varie de 6 à 10 avec une moyenne de 8,01. Ces pétales sont glabres, blanc-jaunâtres et soudés à la base en un tube. Ils alternent avec les sépales.

L'androcée est souvent composée de 8 à 10 étamines disposées en un seul cycle. Ces étamines sont opposées aux pétales auxquels elles sont soudées par la base de leurs filets. Les anthères sont médifixes, extrorses et comportent deux loges à déhiscence longitudinale et latérale. Les grains de pollen d'un blanc brillant sont visibles à la loupe.

Les staminodes apiculés, dentés et alternipétales ont un nombre variant de 4 à 10, avec une moyenne de 8. Le gynécée comporte un ovaire libre et de forme conique, reposant sur le réceptacle floral. C'est un ovaire couvert de longs poils glandulaires, jaunes parfois roses et sécrétant du nectar. Il est aussi surmonté d'un style se terminant par un stigmate papilleux. Le nombre de loges de l'ovaire varie de 4 à 8 avec une moyenne de 6,26. Ce sont des loges uniovulées, parfois biovulées.

Les résultats de notre analyse florale se rapprochent de ceux trouvés par HALFF en 1945 à partir de fleurs prélevées sur des pieds de karité de la région de Ferkessédougou en Côte-d'Ivoire.

1.3.6 - Le fruit et la noix

Le fruit du karité est une baie renfermant ordinairement une graine, parfois deux ou trois, mais rarement plus de trois.

La graine encore appelée noix contient une amande oléagineuse. Les fruits ont une longueur de 5 à 8 cm et un diamètre de 3 à 5 cm (MAYDELL , 1983 ; TIQUET, 1985). Ils sont portés par un pédoncule de 1 à 3 cm de long. Les pièces du calice persistent au sommet du pédoncule. Le style de l'ovaire est également souvent persistant.

Les fruits présentent une grande variabilité en ce qui concerne leur forme (ovoïde à fusiforme) que leur coloration (vert-jaunâtre à vert foncé) (Planche I, Photo 1). Le péricarpe du fruit encore appelé pulpe est épais de 4 à 8 mm. Il est lactescent d'abord mais dépourvu de latex à maturité, très charnu, sucré et comestible. L'épicarpe lisse et légèrement nervié longitudinalement, porte quelquefois jusqu'à la maturation une pubescence ferrugineuse.

Les différentes formes des fruits du karité ont été décrites dans l'IRHO (1982) suite à des observations sur 80 sujets à Niangoloko dans l'extrême ouest du BURKINA FASO. Les arbres répartis dans trois peuplements différents ont été retenus de façon aléatoire. Les données recueillies sur 60 de ces 80 sujets donnent les résultats suivants:

- fruits de forme arrondie : 30 arbres soit 50 %
- fruits ovoïdes : 26 arbres soit 43,33 %
- fruits fusiformes : 1 arbre soit 1,60 %
- fruits piriformes : 3 arbres soit 5 %

Quant aux noix leur forme se rapproche sensiblement de celle des fruits mais leur couleur varie du brun-clair au brun-noirâtre (Planche I, Photo 2). Un long hile elliptique occupe toute leur hauteur et généralement le tiers de leur largeur. La coque de la noix brillante et épaisse d'un mm environ, renferme l'amande subglobuleuse et blanchâtre qui est en fait la graine proprement dite. A l'état immature cette enveloppe protectrice de la graine est membraneuse et présente d'abord une couleur blanchâtre.

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 intimement soudés (Planche I, Photo 3).

Lorsque les noix sont jumelées elles présentent une partie plate sur la face commune et deux parties plates faisant angle lorsqu'il s'agit de triplets ou plus.

D'après RUYSSSEN (1957) les recherches de HALFF en Côte-d'Ivoire, portant sur environ 600 000 fruits sur plusieurs années, ont donné les résultats suivants :

fruits à une noix	82 à 95 %
fruits à 2 noix	4 à 16 %
fruits à 3 noix	0,1 à 0,7 %
fruits à 4 noix	0 à 0,08 %

L'auteur précise que le pourcentage de noix jumelées paraît constant d'une année à l'autre pour un même individu et certains arbres en sont même dépourvus. Le fort pourcentage des fruits à 1 noix permet à certains auteurs tel que GEERLING (1982) de dire que le fruit du karité est une drupe. Le professeur NONGONIERMA Antoine de la Faculté des Sciences de Dakar a remarqué (Communication personnelle) la présence de graines avortées noyées dans la pulpe des fruits mûrs à côté de la graine normalement développée.

La variabilité des caractères du fruit dépend sans doute du taxon, mais aussi des conditions de développement et du degré de maturité.

Les caractères du fruit et de la noix (forme, grosseur, etc.) sont beaucoup utilisés pour la détermination des différents taxa de l'arbre.

1.4 - VARIABILITE DE L'ESPECE

1.4.1 - Rappel de la notion de variabilité

La variabilité d'après METRO (1975), est la propriété d'un ensemble qui comporte de nombreux individus ou groupes d'individus différents les uns des autres

au regard d'un ou de plusieurs critères. Chez les plantes elle dépend de deux groupes de facteurs étroitement liés :

- les facteurs génétiques
- les facteurs environnementaux.

La variabilité est de nature phénotypique ou génotypique. DAGET et GODRON (1974) définissent le phénotype comme étant l'ensemble des caractères apparents d'un individu résultant de l'interaction des conditions du milieu et des facteurs génétiques. Pour GALLAIS (1990), un génotype peut être défini comme un arrangement des gènes, et le phénotype est l'expression de cet arrangement pour un caractère donné et dans un milieu donné. L'action de l'Homme sur les formations naturelles a une conséquence sur le phénotype des arbres dans les peuplements du karité. Le maintien des pieds de karité dans les champs, au détriment d'autres espèces, favorise un meilleur développement des arbres. C'est ainsi que dans les champs cultivés et dans les jeunes jachères on rencontre des arbres à ports plus développés. Par contre d'après LEDYARD (1950) certains caractères phénotypiques des plantes telles que la forme et les dimensions des organes reproducteurs ne varient pratiquement pas avec les conditions du milieu. Leur apparition dans le phénotype est presque entièrement l'expression du génotype.

La variabilité peut se mesurer à différents niveaux, interpeuplement, intrapeuplement et intragénotype.

- Au niveau Interpeuplements :

Nous considérons le terme peuplement comme étant équivalent au terme de population.

Une population selon DUVIGNEAUD (1974) et PARENT (1991) est un groupe d'individus de la même espèce, vivant à un endroit déterminé à un moment déterminé. PALMBERG (1985) définit un peuplement comme étant une population d'arbres suffisamment grande quant à sa composition, sa structure et sa répartition dans l'espace pour se distinguer des peuplements voisins. C'est cette dernière compréhension qui sera

la nôtre. Dans l'étude de la variabilité interpeuplements il s'agit de connaître la variabilité qui existe entre plusieurs peuplements se trouvant dans différentes conditions écologiques. D'après l'E.N.G.R.E.F (1986) l'étude de ce type de variabilité constitue la première phase obligatoire de tout programme de sélection et d'amélioration génétique. D'une façon générale, on distingue deux grands types de variabilité géographique :

- une variabilité continue suivant un gradient tel que la latitude ou l'altitude.
- une variabilité dite en mosaïque avec des caractéristiques très tranchées aboutissant à la création de races géographiques ou écotypes. PARENT (1991) définit l'écotype comme étant une population locale qui présente des caractères particuliers engendrés par une sélection naturelle elle-même régie par les facteurs du milieu.

- Au niveau Intrapeuplement :

La variabilité est mesurée à l'intérieur de chaque peuplement. Dans ce cas la variabilité observée est plus liée au génotype des individus qu'aux conditions du milieu.

- Au niveau Intragénotype :

L'étude de la variabilité porte sur des individus de mêmes génotypes. Nous ne nous intéresserons pas ici à ce type de variabilité.

1.4.2 - Connaissances sur la variabilité du karité

Les connaissances sur la variabilité du karité sont très peu nombreuses. De l'ouest vers l'est de l'aire de répartition géographique de l'espèce en Afrique on observe une variabilité liée aux caractères des fleurs.

En effet d'après HUTCHINSON et DALZIEL (1963) le karité appartient à un genre monospécifique, Burtyrospermum paradoxum, comportant deux sous-espèces :

- Butyrospermum paradoxum subsp. parkii (G. Don) Hepper en Afrique occidentale et centrale ;

- Butyrospermum paradoxum subsp. niloticum (KOTSCHY) Hepper en Afrique orientale. Cette dernière se distingue de la première par sa plus forte pilosité et ses fleurs plus grandes.

A l'intérieur des différentes zones écologiques la variabilité de l'espèce n'a pas encore été étudiée.

1.5 - REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET ECOLOGIE

1.5.1 - Aire géographique

D'après AUBREVILLE (1950), RUYSSSEN (1957) et TERPEND (1982) l'aire naturelle du karité s'étend en Afrique, au sud du Sahara, du Sénégal oriental jusqu'au nord-ouest de l'Ouganda, soit du 16^{ème} degré de longitude ouest au 34^{ème} degré de longitude Est (fig. 2). Le karité n'approche nulle part les côtes. En effet selon PERROT (1907) cité par CHEVALIER (1943) l'espèce est toujours distante de plus de 100 à 200 km de la côte. CHEVALIER (1943) pense que la brise qui souffle de la mer pourrait être la cause de cet éloignement. Mais l'auteur signale qu'au Bénin on trouve quelques rares karités dans les champs à une trentaine de km de la mer, mais ces arbres auraient été plantés. La zone du karité forme une bande longue de 5000 km et large de 400 à 750 km. Située entre le 15^{ème} et le 5^{ème} 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. D'après RUYSSSEN (1957) la zone du karité recouvre surtout les régions de l'Afrique présentant de grandes densités de population. Il précise également que cette zone se trouve entre la limite nord de culture de l'arachide et la limite nord de l'aire du palmier à huile. Mais on ne sait pas si le karité est plus particulièrement originaire d'une région déterminée de son aire de dispersion actuelle. Pour AUBREVILLE (1950), RUYSSSEN (1957) et GUINKO (1984) l'espèce paraît intimement liée à la présence de l'Homme qui en a assuré la protection et la dispersion. RUYSSSEN (1957) pense en plus qu'il y aurait peut-être des peuplements primaires dans la région est de son aire, vers le Bar-

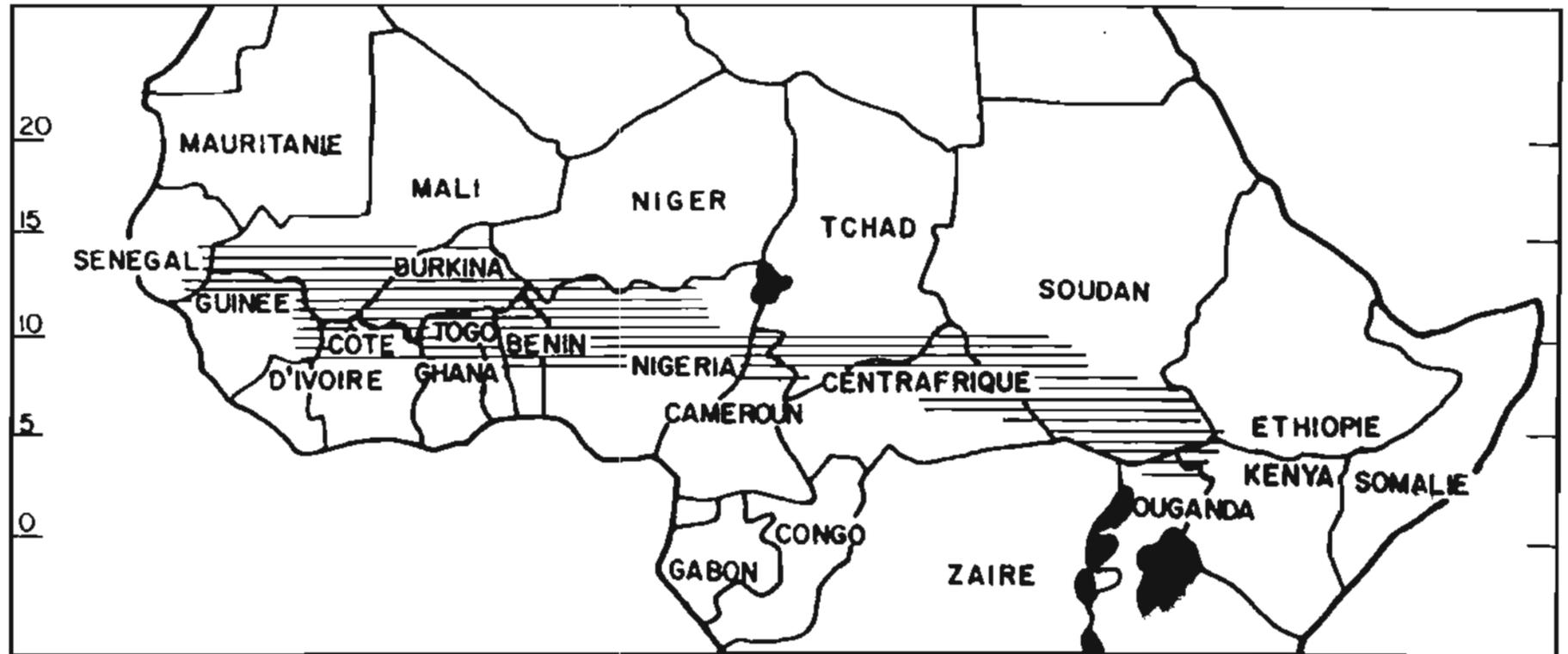
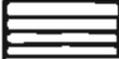


Fig. 2 : AIRE NATURELLE DE REPARTITION GEOGRAPHIQUE DU KARITE
 (D'après RUYSSSEN, 1957 et TERPEND, 1982)

 Aire du karité

El-Ghazal, dans l'actuel Soudan. Pour TERPEND (1982) le Mali pourrait être le pays d'origine du karité.

La zone soudano-sahélienne, malgré ses mauvaises conditions pédoclimatiques, 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, au nord de la Côte-d'Ivoire, au nord du Ghana, au Nord du Togo, au Nord du Bénin et au nord du Nigéria. Toutefois le Burkina Faso et le Mali semblent être les zones de développement optimal de l'espèce.

Au Burkina Faso le karité s'étend sur tout le territoire à l'exception de la partie nord, c'est-à-dire au Nord du 14^{ème} parallèle. D'après GUINKO (1988) la zone où le karité est absent à l'état spontané au Burkina Faso correspond à la zone des steppes sahéliennes. C'est surtout dans l'ouest du pays que l'espèce est prédominante.

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

1.5.2 - Ecologie de l'espèce

L'écologie d'une espèce selon la définition de DAGET et GODRON (1974) est l'étude des rapports entre cette espèce et le milieu dans lequel elle se trouve.

La présence du karité sur une aire géographique très étendue montre que l'espèce s'adapte à une grande diversité de conditions écologiques. Pour JAEGGER (1962) c'est l'intervention des chauve-souris (roussettes) dans la dissémination du fruit du karité qui nous permet de comprendre l'état, souvent épars, des arbres dans la savane soudanaise. Ces mammifères volants cueillent les fruits du karité qu'ils amènent sur d'autres arbres. Après avoir mangé la pulpe du fruit ils laissent tomber la noix. Le karité est l'arbre des savanes boisées, au point qu'AUBREVILLE s'en sert pour définir des types de végétation "Savanes et forêts boisées à Burtyrospermum parkii" (RUYSSSEN. 1957).

Les essences les plus communes des zones à peuplements de karité sont surtout les Terminalia, Isobertinia, Pterocarpus, Anogeissus, Azelia, Khaya, Erythrophleum, Prosopis, Landolphia, Bauhinia, Daniellia, Annona, Ficus, Tamarindus, Lannea, Parkia Sclerocarya, etc.

D'une manière générale les peuplements les plus homogènes se rencontrent dans les terrains de culture 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), le raisinier (Lannea microcarpa), le tamarinier (Tamarindus indica) et le kade (Acacia albida) sont épargnés. Ces arbres bénéficient alors de la lumière et du manque de 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 avec une écorce gris claire. Ce qui permet à CHEVALIER (1943) de dire qu'on a "l'apparence de beaux vergers ordonnés où les individus peuvent s'élever jusqu'à 25 m, avec un tronc de 30 à 60 cm de diamètre". Plus les champs de culture sont vastes, plus les peuplements de karité sont importants et productifs. Par contre, dans les zones non défrichées, l'arbre n'est pas protégé de la compétition et des feux de brousse. Il y présente un aspect moins vigoureux et est nettement moins productif.

La limite sud de l'aire du karité est caractérisée par la présence de Lophira lanceolata (Ochnaceae) vulgairement appelé Méné. Le port, les feuilles et les fleurs du méné encore appelé "faux karité" se rapprochent de ceux du karité. D'après VUILLET (1911) un observateur faisait l'affirmation suivante : "Il existe au Soudan deux variétés de karité, le Mana (= Méné) et le Shee". Le genre Lophira comporte deux espèces : Lophira alata (Banks Ex Gaertn) rencontrée dans la forêt et Lophira lanceolata (Van Tiegh Ex Keay) rencontrée dans la savane. Les différences morphologiques entre ces deux espèces de Lophira sont d'après AUBREVILLE (1950) et SATABIE (1982) le résultat d'adaptations à deux types d'environnement (forêt et savane).

Le karité est un arbre que l'on rencontre partout dans son aire géographique, soit en peuplements, soit en bouquets ou individus isolés. Pour ADJANOHOUN et coll. (1973) le karité est une espèce endémique des forêts claires soudaniennes. On rencontre l'espèce même à des hautes altitudes. En effet, d'après AUBREVILLE (1950), on trouve au nord Cameroun quelques individus sur les hauts plateaux de l'Adamaoua à 1200 m d'altitude et plus.

D'après CHEVALIER (1943), RUYSSSEN (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 la chaux. Cela montre que l'espèce n'est pas exigeante pour 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.

Au Burkina Faso, la présence du karité sur la presque totalité du territoire prouve que l'espèce s'adapte à divers types de milieux. Les travaux de TERRIBLE (1975) et de GUINKO (1984) permettent d'apprécier l'importance de cette espèce dans les groupements végétaux sur toute l'étendue du territoire. Au nord du pays, à peu près au delà du 13^{ème} parallèle, l'action destructrice de l'Homme sur la végétation originelle laisse voir aujourd'hui une végétation de steppes et savanes à arbrisseaux, arbustes et arbres très éparpillés. Du nord vers le sud du pays le karité n'apparaît réellement qu'en dessous du 14^{ème} parallèle (TERRIBLE, 1975 ; BONKOUNGOU, 1987 et GUINKO, 1988), depuis le nord de Ouahigouya jusqu'au nord de Khaya entre Tougri et Yalgo.

TERRIBLE (1975) montre que l'espèce est accessoire entre les 13^{ème} et 14^{ème} parallèles parce qu'elle y est présente dans 25 à 50 % des relevés effectués.

Au dessous du 13^{ème} de latitude nord jusqu'aux frontières avec les pays côtiers (Côte-d'Ivoire, Bénin, Ghana, Togo) la végétation du Burkina Faso est caractérisée par la présence de savanes et forêts, à faciès divers (GUINKO, 1984). La plupart des savanes présentent l'allure de paysages agrestes dominés par des espèces protégées comme le karité (Butyrospermum paradoxum subsp. parkii), Acacia albida, le baobab

(Adansonia digitata), le raisinier (Lannea microcarpa), le néré (Parkia biglobosa) et le tamarinier (Tamarindus indica).

Dans les savanes boisées et les galeries forestières il y a une faible occupation des terres par les cultures. Dans ces formations occupant surtout l'extrême ouest du pays le karité n'apparaît que sur les terrains drainés à côté d'autres espèces caractéristiques comme Isoberlinia sp et Anogeissus leiocarpus (GUINKO, 1984). D'après l'inventaire floristique de TERRIBLE (1975) le karité est une espèce constante en dessous du 13^{ème} parallèle parce qu'il est toujours présent dans plus de 50 % des relevés. Il est étroitement suivi par le néré (Parkia biglobosa) qui devient également une espèce constante lorsqu'on est en dessous du 12^{ème} parallèle. L'écologie du karité est si distincte de celles des autres Sapotaceae que AUBREVILLE (1950) qualifie l'espèce d'écologiquement aberrante. En effet d'après LETOUZEY (1972) la plupart des Sapotaceae se rencontrent dans la zone de forêt dense humide et dans les galeries forestières jusqu'en zone de savane. Mais d'après l'auteur le karité est la seule Sapotaceae qu'on peut trouver dans la savane proprement dite.

1.6 - PRODUCTION

La production d'un arbre est la quantité (ou le nombre total) de fruits provenant de cet arbre au cours d'une année. Les avis sont très partagés sur les rendements qu'on peut attendre d'un arbre adulte de karité.

De nombreux facteurs décrits par certains auteurs tels que CHEVALIER (1943), AUBREVILLE (1950), TERPEND (1982) et PICASSO (1984) rendent difficile une évaluation précise de la production du karité.

Au cours de la maturation des fruits, les chauve-souris, les oiseaux et même l'Homme cueillent des fruits immatures. Ces différents agents participent donc à la dispersion des noix, contribuant ainsi à l'organisation de la variabilité de l'espèce.

CHEVALIER (1943) signale que les petits fruits proviennent des arbres gros producteurs.

La récolte des fruits a véritablement lieu de juin à septembre avec une période optimale entre juillet et août, au coeur de la saison des pluies. Généralement le ramassage des fruits et des noix s'effectue très tôt le matin, avant les heures des travaux des champs. Ce sont surtout les femmes et les enfants qui en font une occupation. Au Burkina Faso la période de la récolte correspond au moment où les travaux champêtres sont intenses. Cette contrainte ne permet pas aux ramasseurs de pouvoir collecter de grandes quantités de noix. Une partie des récoltes effectuées par les paysans est utilisée pour leur propre consommation. RUYSSSEN (1957) estime que le ramassage ne porte généralement que sur les deux tiers ou même moins de la moitié de la production réelle dans une région donnée. Beaucoup de noix provenant des fruits vendus dans les villes ne sont pas ramassées. C'est pourquoi les chiffres souvent donnés sur les quantités produites, sont loin de la réalité. On pense généralement que la bonne production du karité est bisannuelle. Mais les avis des observateurs (RUYSSSEN, 1957 ; TERPEND, 1982 ; PICASSO, 1984) ne sont pas unanimes quant à l'existence d'un cycle déterminé de la production de l'arbre. Selon CHEVALIER (1948) les années de bonne production surviennent tous les 5 à 10 ans. Certains pensent plutôt à un cycle trisannuel qui aurait après une bonne récolte, une médiocre et une moyenne. La production fruitière par arbre a été donnée par DELOLME (1947) sur 9 pieds de karités suite à 10 années d'observations à la station de recherche agronomique de Saria, au Burkina Faso (Tableau 1).

Tableau 1 : Production fruitière annuelle (en kg) de 9 individus de karité de 1935 à 1944, à la station de Saria, Burkina Faso (D'après DELOLME, 1947).

N° Arbre	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944
1	21	1	11	1	6	2	5	2	4	9
3	13	22	9	5	4	5	7	1	3	10
4	24	12	10	9	12	12	13	6	5	4

Tableau 1 (suite)

29

5	11	12	8	7	5	2	5	7	5	4
6	27	48	0	18	20	16	1	21	10	18
7	40	30	11	24	0	11	15	33	8	7
8	43	3	27	46	14	28	2	2	0	11
9	12	4	10	3	16	7	6	2	4	6
10	9	1	8	2	12	1	11	2	3	5
Total	200	133	94	115	89	84	65	76	42	74
Moyenne par arbre	X=22,22 S=11,85 CV=53,33	X=14,77 S=15,04 CV=101,1	X=10,44 S=6,65 CV=63,69	X=12,77 S=13,80 CV=108	X=9,88 S=6,11 CV=61,84	X=9,33 S=8,19 CV=87,78	X=7,22 S=4,54 CV=62,88	X=8,44 S=10,48 CV=124,17	X=4,66 S=2,74 CV=58,79	X=8,22 S=4,21 CV=51,21

X = moyenne

S = écart-type

CV = coefficient de variation (%)

Les résultats montrent que la production accuse une extrême variation. Les moyennes de la production par arbre vont de 4,66 kg pour 1943 à 22,22 kg pour 1935. Les coefficients de variation sont très élevés et varient entre 51,21 % et 124,17 % . L'extrême variation de la production par arbre se manifeste aussi bien au cours de la même année que d'une année à l'autre. Au Burkina Faso les agents de la CSPPA mènent depuis plus d'une dizaine d'années des observations générales sur la production du karité. Le karité aurait, d'après eux, un cycle de 3 ans. L'année de bonne production est suivie d'une année de production moyenne et ensuite d'une année de production médiocre. Jusqu'à la fin des années 1980 l'année de bonne production correspondait à une commercialisation de 70 000 à 75 000 tonnes d'amandes, l'année de production moyenne 35 000 à 45 000 tonnes d'amandes et l'année de production médiocre 10 000 à 12 000 tonnes d'amandes. Mais de nos jours, compte tenu de la récession des cours mondiaux des matières premières les quantités d'amandes commercialisées ne sont plus indicatrices du niveau de production.

de LEEUW et KABRE (1987) tentent d'expliquer la variation de la production en notant que la production fruitière d'un arbre dépend d'une part du nombre

d'inflorescences et d'autre part du nombre de fruits formés par inflorescence. Ils précisent encore que le nombre d'inflorescences par arbre dépend de la taille de l'arbre et de l'année d'observation. Le nombre de fruits serait également déterminé par le succès de la pollinisation des fleurs. En effet des travaux antérieurs ont montré que la pollinisation chez le karité est due essentiellement à l'activité des abeilles (RUYSSSEN, 1957 ; GUIRA, 1989). L'activité de ces insectes est quelquefois perturbée par les intempéries. Une autre explication de la variabilité de la production est celle de HARPER (1976) cité par de LEEUW et KABRE (1987). Selon cet auteur la reproduction des végétaux serait déterminée par la disponibilité en ressources nutritives. En général les végétaux produisent des fleurs et des fruits en abondance mais compte tenu de la disponibilité des ressources il y a avortement d'une partie des jeunes fruits. DELOLME (1947) aboutit à la conclusion que la production du karité suit un cycle généralement bisannuel qui serait influencé par les facteurs du climat. Il précise qu'à une production abondante succéderait automatiquement une production moindre ou faible mais si l'année suivante les pluies sont insuffisantes, la bonne production sera reportée après un hivernage plus favorable. Dans un même peuplement, d'un arbre à l'autre, la quantité totale de fruits produits par individu est très variable. La production varie également de façon considérable d'une année à l'autre. Ces constatations ont amené RUYSSSEN (1957) à dire que la production moyenne d'un peuplement ou d'une région est très difficile à estimer. Mais l'auteur situe le rendement moyen d'un arbre adulte entre 15 et 20 kg de fruits frais par an soit 3 à 4 kg d'amandes sèches. Certains individus peuvent produire jusqu'à 200 kg de fruits (FAO, 1982).

1.7 - LA QUALITE DES FRUITS, DES NOIX ET DES AMANDES

Les fruits du karité ont une pulpe comestible plus ou moins sucrée selon les arbres. Les populations locales établissent des liens entre les caractères de forme des fruits et de la couleur des noix avec le caractère sucré de la pulpe. Ainsi on remarque par exemple que les fruits à noix de couleur brun foncé sont souvent plus sucrés que les fruits à noix brun clair à maturité.

Le poids du fruit frais varie de 10 à 45 g avec une moyenne de 20 à 22 g (RUYSSSEN, 1957). La proportion de la pulpe est d'environ 55 % du poids du fruit.

Une analyse d'après RUYSSSEN (1957) donne les résultats suivants :

- sucres réducteurs	5,7 %
- sucres non réducteurs	4,8 %
- sucres totaux	10,5 %
- insolubles	12,2 %

Le même auteur note que les populations locales établissent les liens suivants:

- les variétés à noix foncées ont une pulpe douce
- les variétés à noix claires ont une pulpe astringente
- les variétés hâtives ont une pulpe astringente
- les variétés tardives ont une pulpe douce.

Les fruits constituent un appoint alimentaire au moment de la soudure qui coïncide avec la période d'exécution des pénibles travaux champêtres.

Même si la pulpe présente un intérêt alimentaire non négligeable c'est l'amande qui constitue la partie la plus utile du fruit sur le plan économique. La noix sèche représente 60% de la noix fraîche. La noix sèche contient en moyenne 69% d'amande. Le poids moyen de l'amande sèche (7 % d'eau) se situe entre 4,4 g et 5,7 g. La teneur en matières grasses de l'amande peut varier de façon importante suivant les sujets. Les matières grasses sont toujours mélangées à une certaine quantité de substances résineuses et gutoïdes, qui donnent des insaponifiables, dont la proportion dépasse parfois 11 % et se situe le plus souvent entre 4 et 6 % . Les amandes de karité des variétés de l'Afrique orientale seraient de meilleure qualité que celles des variétés de l'Afrique occidentale (AUBREVILLE, 1950). Cela s'expliquerait par une teneur plus faible en insaponifiable des amandes provenant de l'Afrique orientale. La composition chimique de l'amande selon une analyse rapportée par RUYSSSEN (1957) est la suivante:

- matières minérales totales	2,29 %
- matières azotées	8,44 à 8,88 %

- matières grasses 34 à 57 %
- humidité 6,44 à 7,99 %

Le même auteur note que le pourcentage en matières grasses des amandes pendant la période optimale de récolte des fruits serait de 2 à 2,5% supérieur à la teneur trouvée au début ou à la fin de la production. KERSHAW et HARDWICK (1981) donnent pour un échantillon de 20 noix une valeur moyenne de teneur en huile égale à 51,1 % avec un coefficient de variation de 180,5 % . Ce qui montre que la teneur des noix en matières grasses est extrêmement variable.

D'après KERSHAW et HARDWICK (1986) une analyse pour des contrats de vente, a été effectuée par un laboratoire de Liverpool en Grande Bretagne à partir de 633 échantillons de noix de karité provenant d'Afrique de l'ouest. Les pays concernés sont la Côte-d'Ivoire, le Mali, le Togo et le Burkina Faso. Les échantillons d'un poids de 2,5 à 3,5 kg ont été expédiés au laboratoire entre 1976 et 1981. Mais les résultats de l'analyse n'ont pas permis de voir une différenciation évidente entre les sources. La teneur en acides gras libres varie seulement en fonction des conditions de traitement, de conservation et de stockage des amandes.

Dans les pays exportateurs en général et particulièrement au Burkina Faso les amandes de karité connaissent un problème de stockage. Déjà au niveau paysan, un certain nombre de problèmes sont à signaler. Il s'agit entre autres de la germination ou de la moisissure de certaines noix, la cueillette de fruits immatures et les mélanges des amandes de différentes campagnes. D'après GUINKO et PASGO (1992) la période d'apparition des nouvelles amandes de karité sur les marchés du département de Zitenga, au nord du Burkina Faso, se situe entre août et février. En 1989 - 1990 le prix moyen du kg d'amandes sur ces marchés était de 35F CFA.

La Caisse de Stabilisation des Prix des Produits Agricoles (CSPPA) signale que les amandes de karité sont généralement conditionnées en sacs de jute et stockées dans des magasins au niveau des transitaires. Lorsqu'il n'y a pas de place dans les entrepôts,

les amandes sont stockées en plein air sur des palettes et recouvertes de bâches. Ce qui contribue alors à déprécier la qualité des amandes.

Ce sont toutes les raisons ci-dessus évoquées qui, associées à la récession de l'économie mondiale, ont amené le cours de l'amande de karité à passer de 150 000 F CFA la tonne en 1984 à 70 000 F CFA la tonne en 1986 - 1987 et 45 à 50 000 F CFA la tonne en 1987 - 1988. En 1992 - 1993 le prix de la tonne d'amandes n'était plus que de 30 à 40 000 F CFA. De nos jours la libéralisation des prix ne permet plus à la CSPPA de contrôler la commercialisation.

II - LA ZONE D'ETUDE

Pour des raisons méthodologiques exposées plus loin, l'étude a été limitée à une partie du territoire du Burkina Faso (fig.3).

2.1 - LE CLIMAT

D'après GUINKO (1984) le Burkina Faso est subdivisé en cinq (5) zones climatiques regroupées en deux domaines : sahélien et soudanien. L'auteur a dégagé les principales caractéristiques de ces domaines climatiques.

2.1.1 - Les différentes zones climatiques

- Le climat sahélien

Situé au nord du 14^{ème} parallèle il est caractérisé par une longue saison sèche de 8 à 9 mois. Les moyennes pluviométriques annuelles n'y dépassent pas 600 mm.

C'est la zone climatique du Burkina Faso où l'on ne trouve pas le karité, du moins très rarement, à l'état spontané.

- Le climat subsahélien

Il est situé à peu près entre le 14^{ème} et le 13^{ème} parallèles. Il marque la transition entre la steppe et la savane. La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 750 à 600 mm. La saison sèche dure 7 à 8 mois. Cette zone climatique couvre la limite nord de l'aire du karité au Burkina Faso.

- Le climat nord-soudanien

Il s'étend approximativement entre les latitudes 13° et 11°30'. La pluviométrie moyenne annuelle varie entre 750 et 1000 mm. La saison sèche dure 6 à 7 mois. C'est la zone climatique où l'on trouve de vastes peuplements de karité en raison de l'intense exploitation de la brousse à des fins agricoles.

- Le climat sud-soudanien

Il comprend deux zones : la zone ouest située à peu près entre les parallèles 12° et 10° ; la zone est, moins grande, occupe la bande frontalière située à peu près au sud de la latitude 11°30'. La pluviométrie moyenne annuelle peut aller jusqu'à 1200 mm. La saison sèche ne dure que 5 à 6 mois. Les paysages agrestes y sont peu représentés. Le karité n'apparaît bien qu'en dehors des zones d'inondation.

- Le climat subsoudanien

Il s'étend approximativement au sud du 10^{ème} parallèle vers la frontière avec la Côte-d'Ivoire. C'est un climat de transition entre le climat guinéen à deux saisons de pluie et le climat soudanien à une seule saison de pluie. La pluviométrie moyenne annuelle peut dépasser 1200 mm. La saison sèche ne dure que 4 à 5 mois. Ce climat

marque la limite sud de l'aire du karité au Burkina Faso. Mais l'espèce descend jusqu'au nord de la Côte d'Ivoire.

2.1.2 - Les saisons

Le climat du Burkina Faso comporte deux saisons :

- une saison sèche

Une première partie de cette saison est fraîche et s'étale de novembre à février. Au cours de cette période, l'harmattan, un vent sec et frais venant du sahara, souffle sur l'ensemble du pays suivant la direction nord-est/sud-est. Ce vent survient au moment où beaucoup d'espèces ligneuses sont en floraison et cause ainsi d'importantes pertes des organes fructifères.

La seconde partie est chaude et s'installe de mars à mai. Durant cette période on constate le maximum de l'intensité de floraison du karité sur l'ensemble de son aire géographique au Burkina Faso. L'harmattan persiste encore.

- une saison humide

Cette saison humide et chaude, va de juin à octobre. La mousson, un vent venant de l'Océan, souffle suivant la direction sud-nord. C'est un vent chargé d'humidité mais qui cause la perte énorme des fruits de nombreuses espèces dont le karité.

2.1.3 - Conditions climatiques sur quelques stations de la zone d'étude

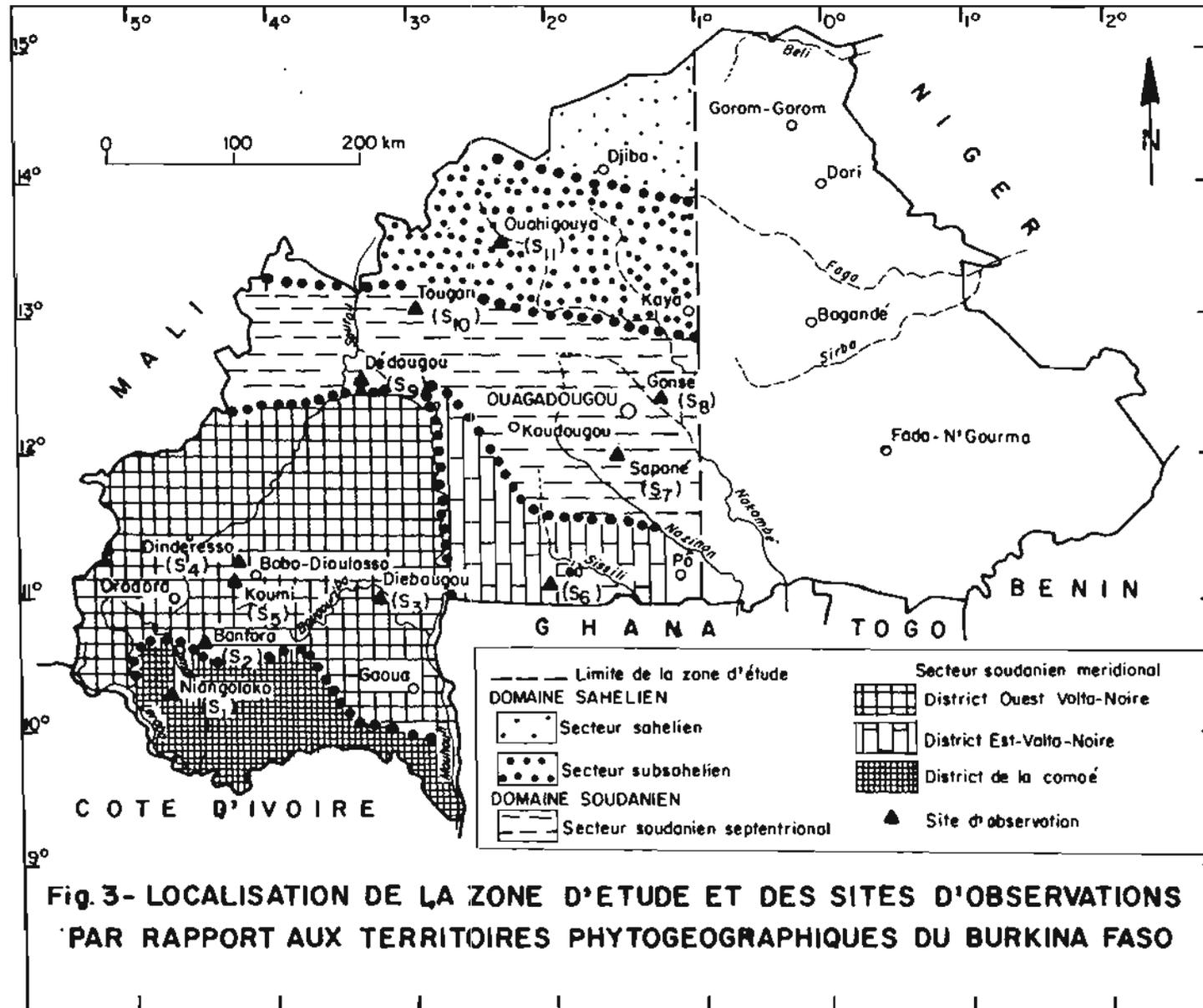
Les données climatiques proviennent du service de la Météorologie Nationale du Burkina Faso. Les informations les plus récentes que nous avons pu avoir sur la température, l'hygrométrie, les vents et l'insolation datent de 1989. Mais de nombreuses études ont déjà montré que ces éléments climatiques ne subissent pas de variations importantes d'une année à l'autre. Nous pensons donc que les données de 1989 nous permettent de voir l'évolution de ces éléments climatiques au cours de

l'année. Par contre la pluviosité varie beaucoup d'une année à l'autre. Nous avons pu obtenir des informations sur 30 ans allant de 1962 à 1991. La fig. 4 présente l'évolution des principaux paramètres climatiques pouvant influencer la vie de l'arbre en général et celle du karité en particulier.

- La pluviosité

C'est le facteur climatique le plus limitant pour la végétation dans le climat soudano-sahélien.

D'après la figure 4-1 la tendance générale pour les 4 stations montre une baisse des hauteurs d'eau tombée à partir des années 1970 puis une croissance à partir de 1984. En effet, le Burkina Faso a été marqué par une longue période de sécheresse au cours des années 1970. Les stations de Bobo-Dioulasso à l'ouest et Diébougou dans le sud-ouest se distinguent par des courbes dont les pics sont plus élevés. Ces deux stations représentent les régions les plus arrosées du pays. Avant 1970 ces stations ont pu enregistrer des hauteurs de pluies supérieures à 1220 mm/an.



Source : GUINKO, (1984)

Dessinateur J. C. KI

Mais la station de Ouahigouya au nord n'a jamais dépassé 820 mm/an au cours des 30 dernières années, c'est-à-dire de 1962 à 1991. C'est la preuve d'une mauvaise répartition des pluies dans l'espace.

- Le nombre de jours de pluie

Les courbes représentant l'évolution du nombre de jours de pluie suivent sensiblement la même allure que celles relatives à la pluviosité (fig. 4-2). Toutefois les stations de Bobo-Dioulasso et Diébougou présentent encore les valeurs les plus importantes. Dans l'ensemble les faibles valeurs constatées pour le nombre de jours de pluie dans l'année montrent que les pluies sont mal réparties dans le temps. Cela ne permet pas aux arbres de bénéficier d'une grande partie de l'eau tombée au cours de l'année. Les mauvaises qualités des sols contribuent à accentuer les phénomènes de perte par ruissellement.

- La température

Les variations saisonnières de la température permettent de distinguer deux périodes fraîches et deux périodes de forte chaleur (fig. 4-3).

La première période fraîche va de novembre à février. Elle correspond au début de la floraison du karité. La deuxième période fraîche s'étend de juillet à septembre. C'est la période de la pleine maturation des fruits du karité dans la plus grande partie de son aire de répartition au Burkina Faso.

La première période chaude va de mars à juin et correspond à la pleine floraison suivie de la fructification du karité.

La deuxième période chaude concerne essentiellement le mois d'octobre où le karité commence sa défeuillaison. Pour la température les stations de Ouahigouya au nord et Ouaga au centre présentent des courbes à pics plus élevés. En effet, les régions nord du pays se caractérisent par une chaleur plus importante.

- L'hygrométrie

C'est pendant la saison des pluies que cet élément climatique montre ses plus grandes valeurs (fig. 4-4). Toutefois, les valeurs maximales de l'humidité de l'air sont atteintes en août qui est le mois où la pluie est plus abondante. En ce moment les valeurs dans les différentes zones climatiques dépassent 70 %. Les plus faibles valeurs de l'hygrométrie sont enregistrées entre novembre et avril où elles sont souvent inférieures à 30 %.

- Les vents

Les périodes où les vents sont les plus forts se situent entre mars et juillet - Août (fig. 4-5). Ce qui provoque la perte énorme de nombreux organes fructifères du karité.

- L'insolation

C'est pendant le mois d'août que la durée de l'insolation est la plus faible pour toutes les stations (fig. 4-6). Tout au long de ce mois la durée de l'insolation totalise moins de 200 heures dans les régions du centre et de l'ouest. Par contre à Ouahigouya au nord du pays l'insolation est plus durable avec des valeurs pouvant dépasser 300 heures dans le mois.

Ce paramètre climatique semble être déterminant pour la floraison du karité. C'est pourquoi RUYSSSEN (1957) dit que le karité est une plante de lumière qui ne fleurit pas à l'ombre.

FIG 4.1 - Variations de la pluviométrie

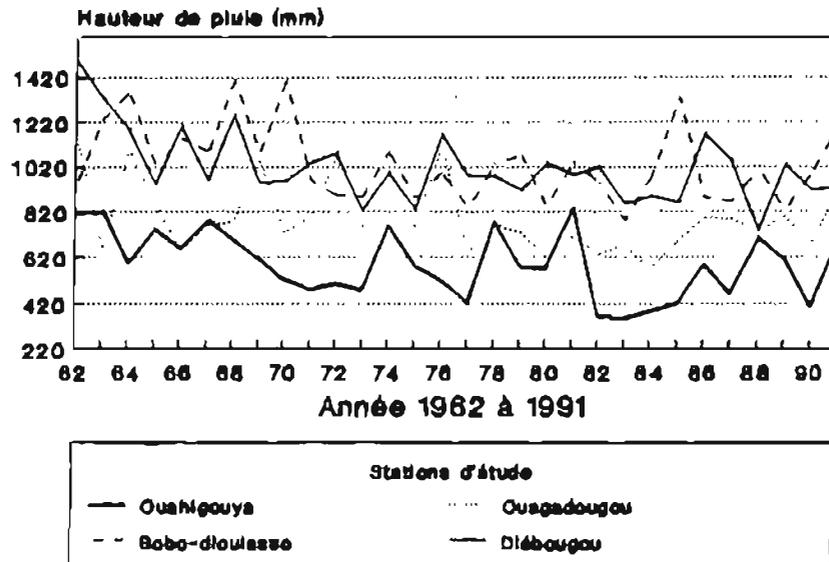


FIG4-2 - Variations du nombre de jours de pluie

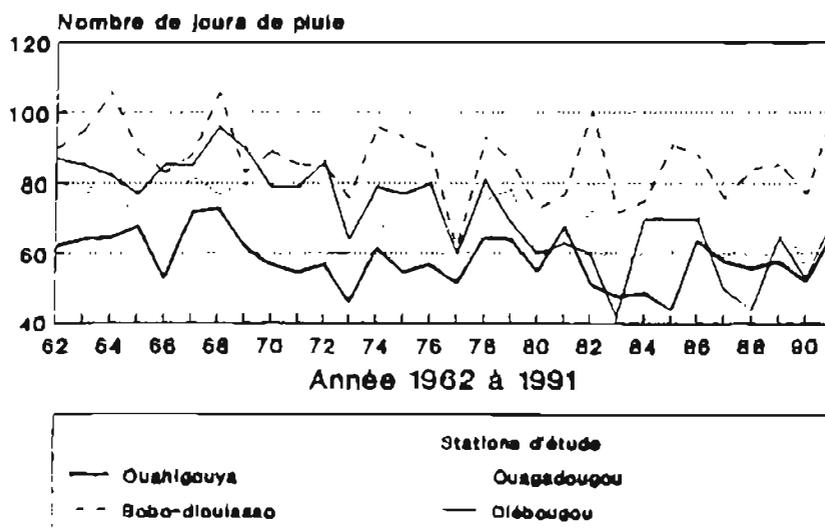


Fig. 4 : EVOLUTION DES PRINCIPAUX PARAMETRES CLIMATIQUES SUR QUELQUES STATIONS DE LA ZONE D'ETUDE

FIG 4-3- Variations des moyennes mensuelles de la température

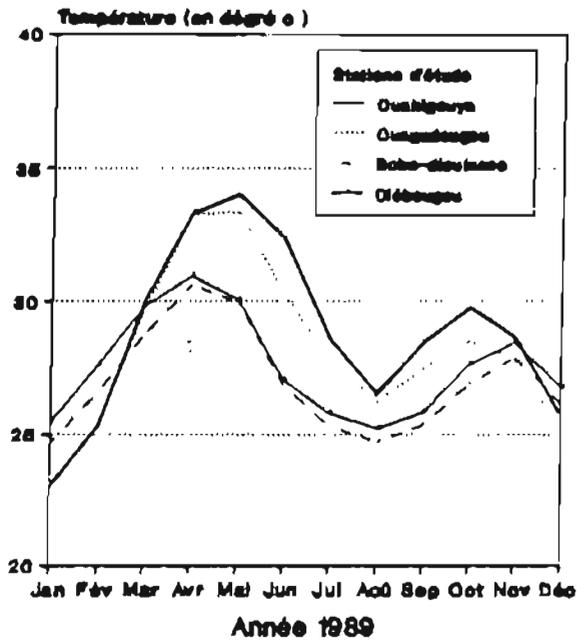


FIG 4-4- Variations des moyennes mensuelles de l'hygrométrie

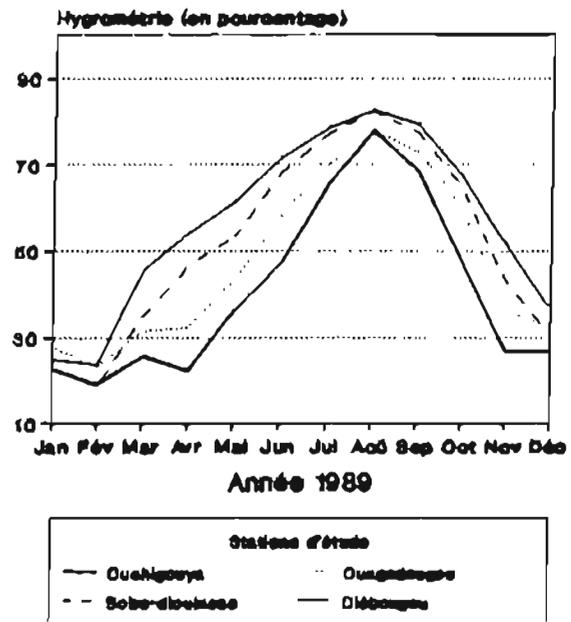


FIG 4-5- Variations des moyennes mensuelles de la vitesse des vents

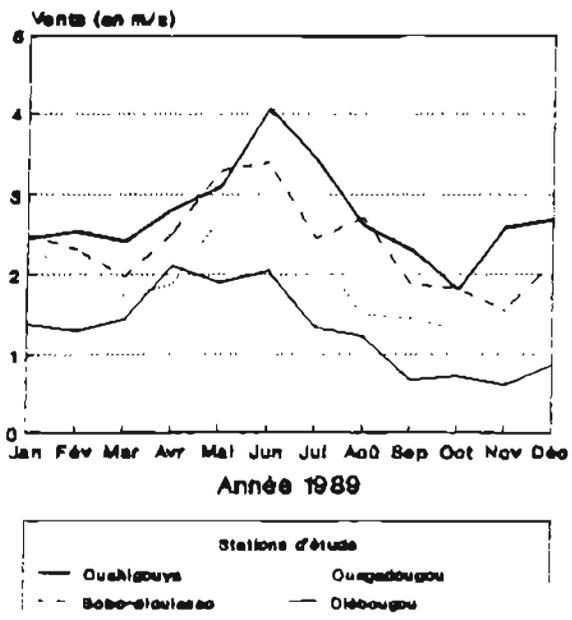


FIG 4-6 - Variations des totaux mensuels de la durée de l'insolation

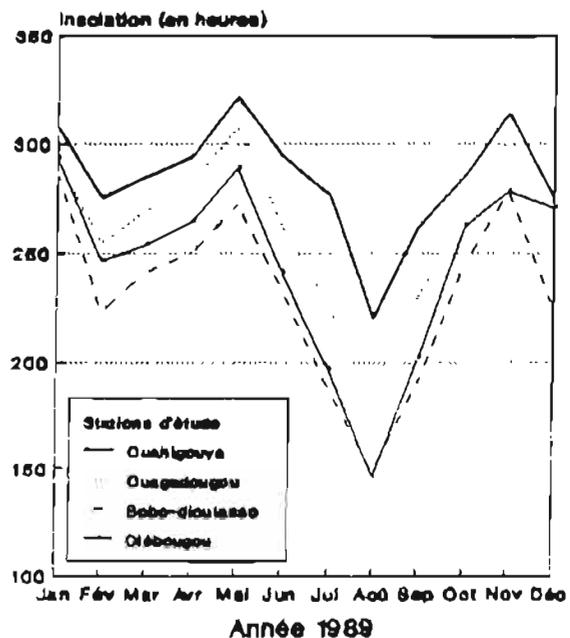


Fig.4 : (suite)

2.2 - RELIEF, HYDROGRAPHIE ET SOLS

2.2.1 - Le relief et l'hydrographie

2.2.1.1. Le relief

Le Burkina Faso est un pays dont le relief est essentiellement plat.

L'altitude moyenne ne dépasse pas 300 m. De façon générale on distingue deux grands ensembles géomorphologiques :

- une immense pénéplaine

Cette immense pénéplaine façonnée dans le massif précambrien s'étend sur les trois quarts de la superficie totale du pays.

- un massif gréseux

Il couvre le sud-ouest du pays où le relief est le plus accidenté. On y rencontre de grandes élévations comme le Téna-kourou qui culmine à 749 m.

2.2.1.2. L'hydrographie

Le réseau hydrographique du Burkina Faso est surtout important dans sa partie méridionale. Trois bassins principaux alimentent les cours d'eau :

- le bassin des Volta

Il s'étend du centre à l'ouest du pays. Son principal cours d'eau est le Mouhoun (ex Volta Noire) avec ses principaux affluents qui sont le Sourou, la Bougouriba et le Poni. Ce cours d'eau qui prend sa source sur le versant nord de la falaise de Banfora, parcourt le pays sur 820 km. Le Nakambé (ex Volta Blanche) qui prend sa source à l'est de Ouahigouya parcourt le pays sur 526 km : ses principaux affluents sont la Nouhac, la Dougoula-Moundi et le Massili. Ces deux premiers cours d'eau joints par le Nazinon (ex Volta Rouge) le plus court des trois cours d'eau, cheminent vers le Ghana.

- le bassin de la Comoé

Il couvre le sud-ouest du pays. Le principal cours d'eau, la Comoé longue de 815 km, prend également sa source dans les falaises de Banfora. Ses affluents sont le Yanon et la Léraba. Après avoir traversé la Côte-d'Ivoire du nord au sud la Comoé se jette dans le Golfe de Guinée.

- le bassin du Niger

Les cours d'eau de faible débit ne formant souvent qu'un chapelet de mares drainent l'est et le nord du pays puis se dirigent vers le Niger. On peut citer comme cours d'eau du bassin du Niger, le Béli au nord et la Sirba à l'est.

Parmi tous les cours d'eau du pays seul le Mouhoun ne tarit pas en saison sèche. De nombreuses mares sont également à signaler en plus de ces cours d'eau.

2.2.3 - Les sols

2.2.2.1 - Considérations générales

Les caractéristiques générales des sols de la zone d'étude correspondent à celles décrites au cours des différentes études sur les sols du Burkina Faso. Huit (8) grandes familles de sols de la classification française sont représentées au Burkina Faso (fig. 5). Cette classification a servi de base à de nombreux pédologues en Afrique de l'ouest (DUCHAUFOR, 1988 ; Jeune Afrique, 1975).

Mais il se cache à l'intérieur de chaque famille une importante variation des types de sols.

- Les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés et lessivés sur matériaux sableux, sablo-argileux ou argilo-sableux.

Ce sont les sols des zones granitiques situés surtout au sud du 13ème parallèle. Ils constituent les sols les plus représentés au Burkina Faso. L'épaisseur moyenne de leur profil est de 2 m. L'horizon de surface, gris clair, pauvre en matière organique.

est souvent sableux et appauvri en éléments chimiques. Un horizon lessivé plus pâle et sableux lui succède.

- Les sols peu évolués d'érosion sur matériau gravillonnaire

Ces sols généralement issus du démantèlement des cuirasses ferrugineuses sont peu profonds et pauvres en éléments nutritifs. Ils couvrent de grandes étendues au centre et à l'est du pays.

- Les sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley sur matériau à texture variée .

Il s'agit des sols alluviaux des mares et de bordures des cours d'eau caractérisés par un excès d'eau temporaire. Leur potentialité chimique est moyenne mais leurs propriétés physiques, compacité et imperméabilité, sont parfois défavorables.

- Les sols bruns eutrophes tropicaux sur matériau argileux

Ces sols se développent sur des roches cristallines basiques (dolérites) ou neutres (migmatites). Ils ont des caractères physiques assez favorables et un potentiel chimique élevé. Ils constituent les meilleurs sols du pays. Ils sont disséminés sur l'ensemble du territoire.

- Les vertisols sur alluvions ou matériau argileux

Ce sont des sols riches en argiles gonflantes. Leur richesse minérale est élevée mais leurs propriétés physiques sont semblables à celles des sols hydromorphes. Ces sols sont disséminés dans tout le pays.

- Les sols halomorphes à structure dégradée : solonets sur matériaux argilo-sableux à sableux.

Ils présentent un horizon de surface généralement poudreux et un horizon de colonnettes à sommet arrondi. Leur imperméabilité et la présence des sels en font des sols pauvres. On les rencontre souvent au nord et au sud du pays.

- Les sols minéraux bruts

Ces types de sols présentent un horizon de surface à peine ébauché ou inexistant et repose sur une roche non ou peu décomposée constituée d'affleurements de grès, de cuirasses ferrugineuses et d'éléments divers. Leur profondeur très faible ou nulle est généralement inférieure à 40 cm. On les rencontre souvent associés aux sols peu évolués. Ce sont des sols stériles.

- Les sols ferrallitiques moyennement désaturés sur matériaux sablo-argileux

Ces sols sont caractérisés par un matériau sédimentaire contenant essentiellement du quartz, de l'argile kaolinite et du fer. Ils sont perméables mais acides. Ils sont localisés dans les régions de Bobo, Orodara, Banfora et Gaoua.

2.2.2.2 - Valeur agronomique des sols

De nombreux travaux de l'IDR, de l'INERA, du BUNASOLS et de l'ORSTOM ont dégagé les principales caractéristiques de la valeur agronomique des sols du Burkina Faso. Les études ont notamment mis en évidence les problèmes physico-chimiques. Pour SEDOGO (1988) les sols du Burkina Faso comme ceux des autres pays de la zone sahélienne, sont dans l'ensemble caractérisés par :

- leur faible taux de matière organique, souvent inférieur à 20 ‰;
- leur pauvreté en bases échangeables avec une acidification en cours de culture;
- leur carence quasi-totale en phosphore.

L'abondance des peuplements de karité sur ces sols confirme la faible exigence de l'espèce pour les éléments fertilisants.

Les sols ont une structure généralement particulière et une consistance meuble. Quant à la texture elle est souvent sableuse en surface (sablo-limoneuse) et équilibrée dans les horizons sous-jacents (limon-argile-sable). Ce sont des sols généralement profonds (> 100 cm). Mais dans certaines localités comme Gonsé et Saponé dans le Plateau Central l'induration est atteinte à 60 ou 80 cm. Le karité semble cependant assez bien s'adapter à ces sols à carapace de faible profondeur. En effet, on y enregistre souvent des années de bonne production.

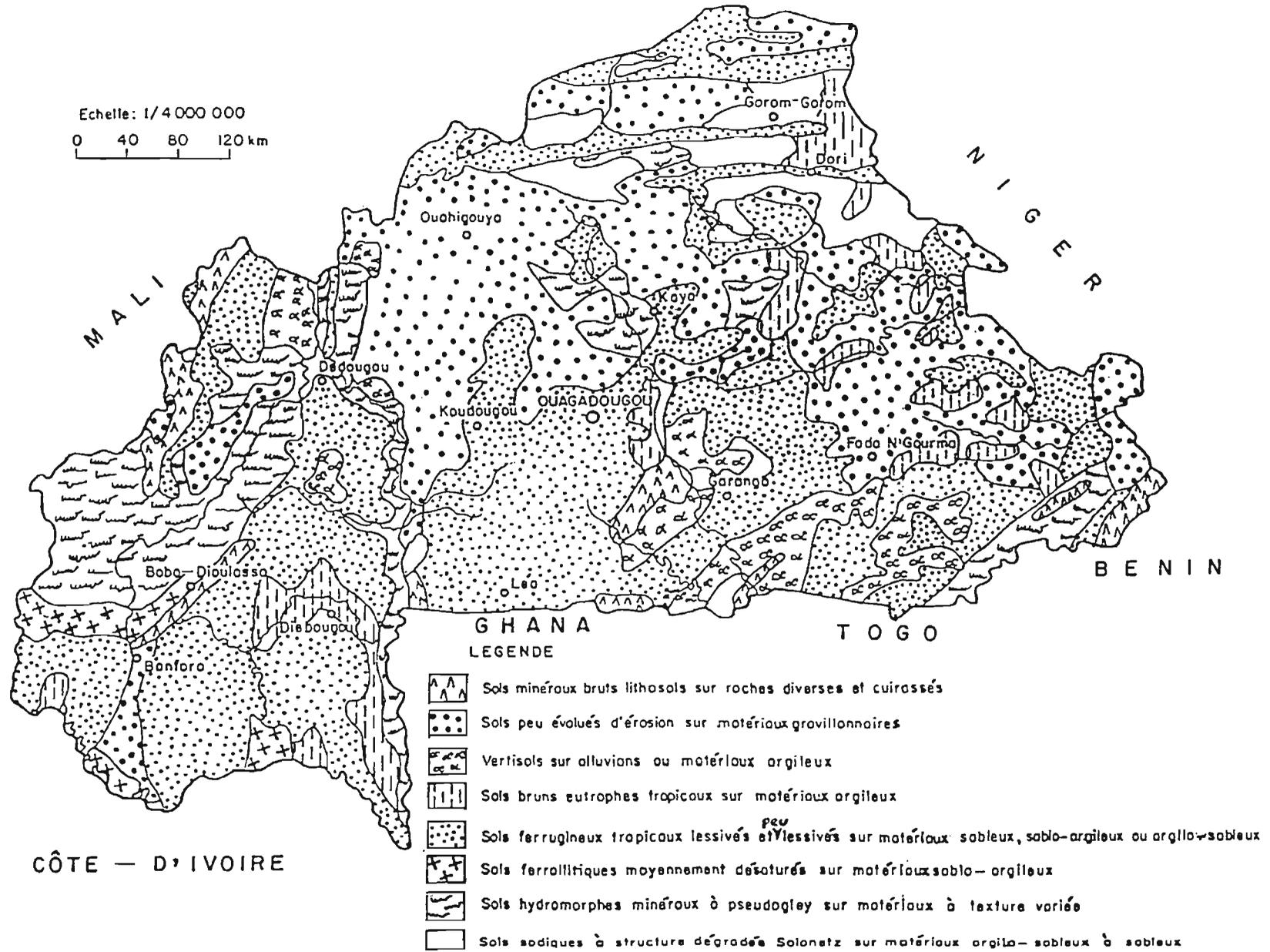


FIG. 5- LES SOLS DU BURKINA FASO (D'APRES LE BUNASOLS)

2.3 - LA VEGETATION

Elle est le reflet des conditions du climat, du relief, de l'hydrographie et des sols. La monotonie du relief et les faibles gradients climatiques donnent un paysage presque uniforme de savane. De nombreux travaux ont permis de comprendre la structure d'ensemble de cette végétation (OUADBA, 1983; FONTES, 1983 ; GUINKO, 1984 et ZOUNGRANA, 1991).

2.3.1 - Le domaine phytogéographique sahélien

Il correspond aux zones de climats subsahélien et sahélien. La végétation y est dominée par une steppe à arbrisseaux, arbustes et arbres très épars. L'analyse floristique a permis de distinguer deux secteurs phytogéographiques :

- le Secteur phytogéographique sahélien strict.

Il est situé au Nord du 14^{ème} parallèle. Les espèces dominantes sont des épineux comme Acacia nilotica var. tomentosa, Acacia raddiana et Balanites aegyptiaca. Le karité y est presque inexistant à l'état spontané. L'élevage est la principale activité des paysans mais les pâturages sont fortement dégradés sous la pression exagérée de l'Homme.

- le Secteur phytogéographique subsahélien.

Il s'étend entre les 13^{ème} et 14^{ème} parallèles. C'est la zone d'interférence de nombreuses espèces sahéliennes et soudaniennes ubiquistes. Ce secteur marque la limite nord de l'aire du karité au Burkina Faso. L'agriculture commence à mieux s'installer mais dans des conditions toujours difficiles. Les peuplements de karité sont très vieux et ne présentent aucun signe de régénération naturelle. Cette situation constituant une menace d'érosion génétique est bien perceptible dans la région de Ouahigouya et au nord de Khaya. On rencontre encore beaucoup d'espèces sahariennes et sahéliennes tels que Acacia laeta, Acacia nilotica var. Adansonii et Acacia senegal. Quelques espèces soudaniennes très ubiquistes, Acacia macrostachya et Combretum sp.,

participent à la formation de fourrés couramment appelés "brousses tigrées" qu'on rencontre aussi au Nord du Niger. D'après GUINKO (1985) les steppes du domaine phytogéographique sahélien résulteraient d'une savane boisée à Butyrospermum paradoxum et Andropogon ascinodis. L'auteur précise que les gros pieds de karité très isolés ou regroupés parfois dans les vallées des marigots en constituent des reliques. Il signale par ailleurs que les gros pieds de karité du secteur subsahélien ont à peu près la même taille ; les jeunes pieds et les semis sont très rares.

2.3.2 - Le domaine phytogéographique soudanien

Il correspond aux zones climatiques soudaniennes et subsoudaniennes. La végétation est une savane avec tous les sous-types depuis la savane herbeuse jusqu'à la savane boisée et la forêt claire. Les feux de brousse et les paysages agrestes font partie des caractéristiques de ce domaine. La distribution de l'espèce grégaire Isobertinia doka permet de distinguer deux secteurs : soudanien septentrional et soudanien méridional. La frontière entre ces deux secteurs serait la limite Nord d'extension de Isobertinia doka.

- Secteur phytogéographique soudanien septentrional

Il correspond à la zone de climat Nord-soudanien. Les paysages agrestes y sont très étendus et dominés par les espèces protégées telles que le karité, Butyrospermum paradoxum subsp parkii, le néré, Parkia biglobosa, le raisinier, Lannea microcarpa, le Tamarinier, Tamarindus indica et le kade, Acacia albida. On découvre de grandes étendues de peuplements parfois purs de karité dans les régions de Tougan, Dédougou et Koudougou. Cette importance du karité dans la zone s'explique surtout par les systèmes de culture extensifs pratiqués depuis longtemps et qui persistent aujourd'hui. L'arbre étant épargné il s'est formé des peuplements parfois purs de karité ayant l'apparence de beaux vergers ordonnés.

Dans les formations naturelles, ZOUNGRANA (1991) a pu distinguer une savane arborée de vallée hydromorphe à Butyrospermum paradoxum, Andropogon gayanus et Pennisetum pedicellatum. Il s'agit d'après lui de terrains jamais défrichés pour les cultures.

Dans la savane anthropique typique GUINKO (1985) et ZOUNGRANA (1991) ont distingué des savanes arborées claires de plateau à Butyrospermum paradoxum, Andropogon spp. et Schizachyrium exile. Ce sont des formations occupant de grandes superficies sur des sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions et taches d'hydromorphie sur cuirasse. La végétation se caractérise par une strate arborée claire comportant des espèces épargnées par l'Homme lors des défrichements.

ZOUNGRANA (1991) décrit encore dans ce secteur au niveau de la transition avec le secteur soudanien méridional, une savane arborée claire à Butyrospermum paradoxum, Setaria pallidifusca et Loudetia togoensis. Le sol est de texture limono-argileuse, compact ; les épandages gravillonnaires et les blocs de cuirasse n'existent plus comme dans la zone extrême nord soudanienne. L'inondation y est très temporaire. La strate arborescente est surtout représentée par Butyrospermum paradoxum, Burkea africana, Daniellia oliveri, Ficus glumosa, Pterocarpus erinaceus et Lannea acida.

- Secteur phytogéographique soudanien méridional

Il s'étend sur la zone de climat sud-soudanien. Il est fondamentalement caractérisé par Isoberlinia doka qui forme souvent de vastes peuplements. Les paysages agrestes sont moins importants que dans le précédent secteur. L'arboriculture fruitière est l'une des principales activités agricoles des populations de ce secteur. Les nombreux cours d'eau du secteur ont permis l'installation de beaucoup de galeries forestières à faciès différents. Selon l'importance et le caractère temporaire ou permanent des cours d'eau ces forêts sont plus ou moins denses.

ZOUNGRANA (1991) y distingue les savanes arborées des buttes cuirassées résiduelles à Butyrospermum paradoxum et Loudetia scaëttae. On les rencontre sur les

reliefs résiduels à buttes cuirassées ainsi que sur les vieilles jachères de plaine bien drainée. Les sols sont peu profonds, compacts, de texture limono-sableuse en surface, avec un épandage gravillonnaire localement important. On note quelques affleurements de cuirasse. La savane arborée en place est assez claire ; la strate ligneuse est à dominance du Butyrospermum paradoxum, avec d'autres espèces à individus peu abondants telles que Prosopis africana, Afromosia laxiflora, Parkia biglobosa et Lannea acida.

ZOUNGRANA (1991) signale encore dans ce secteur une savane arborée dense à Butyrospermum paradoxum subsp. parkii ; Andropogon pseudapricus et Loudetia togoensis. La strate arborée est surtout dominée par Butyrospermum paradoxum et Burkea africana mais aussi par Daniellia oliveri, Anogeissus leiocarpus, Bombax costatum, Prosopis africana, Tamarindus indica et Lannea spp.

La flore des galeries forestières autour du réseau hydrographique a permis à GUINKO (1984) de distinguer quatre districts phytogéographiques : Ouest volta Noire, est volta Noire, Comoé et Pendjari. Mais le district de la Pendjari situé à l'Extrême sud-est n'est pas représenté dans la zone d'étude. Le district de la Comoé constitue la région la plus boisée du pays en raison du caractère permanent du cours d'eau la "Comoé". C'est le district le plus riche en espèces guinéennes comme Cola laurifolia, Elaeis guineensis et Manilkara multinervis. Dans le secteur phytogéographique soudanien méridional le karité n'apparaît que sur les sols drainés occupés par une forêt claire haute de 15 à 20 m.

Deuxième Partie : METHODOLOGIE

I - METHODES D'ECHANTILLONNAGE

1.1. - CHOIX DE LA ZONE D'ETUDE

Nous avons choisi de mener notre étude dans la moitié ouest du Burkina Faso. Ce choix s'explique par le fait que le gradient écologique défini par GUINKO (1984) y est bien représenté. En effet, du nord vers le sud du pays l'auteur a proposé des territoires phytogéographiques qui tiennent compte des particularités du climat, de la flore et de la végétation (fig. 3). Notre choix est également guidé par TURNBULL (1975) cité par PALMBERG (1985) qui écrit que la diversité génétique est généralement la plus grande dans les zones qui sont optimales pour le développement d'une espèce. Les dernières prospections des peuplements de karité datent d'assez longtemps mais compte tenu de la longue durée de vie de l'espèce ces prospections permettent toujours une appréciation d'ensemble de la répartition des peuplements de karité dans le pays. La prospection de l'IRHO (1952) révèle que c'est dans la moitié ouest du Burkina Faso que le karité est le plus abondant. Les densités des peuplements étaient estimées de 45 à 55 arbres en moyenne à l'ha dans les régions de Banfora, Gaoua et Dédougou contre seulement 20 à 35 arbres à l'ha dans le Plateau central. Les densités des peuplements de karité sont très hétérogènes et peuvent parfois aller jusqu'à 50 à 100 arbres en âge de fructifier à l'ha (BONKOUNGOU, 1987). Les études menées par TERRIBLE (1975), GUINKO (1984) et BONKOUNGOU (1987) confirment l'abondance du karité dans la moitié ouest du Burkina Faso.

1.2 - CHOIX DES SITES D'OBSERVATIONS

D'après PALMBERG (1985), pour déterminer le nombre et la localisation des sites à échantillonner en vue d'évaluation, on suit généralement des gradients écologiques. Le gradient écologique défini par GUINKO (1984) va du nord vers le sud

du Burkina Faso. Il a l'avantage de tenir compte des particularités du climat, de la flore et de la végétation. PALMBERG (1985) dit également que le nombre de provenances à échantillonner dépend de l'étendue et de l'hétérogénéité de l'aire de répartition ainsi que de la diversité génétique de l'espèce. Pour l'auteur, lorsqu'on veut étudier pour la première fois le mode de variation de l'espèce il faut choisir les sites d'observations selon un maillage assez lâche en fonction du gradient écologique.

Partant de ces données nous avons retenu 11 sites d'observations qui sont Niangoloko, Banfora, Diébougou, Dindéresso, Koumi, Léo, Saponé, Gonsé, Dédougou, Tougan et Ouahigouya. Chacun des 11 sites d'observations correspond à une provenance et est représenté par un seul peuplement de karité. Le tableau 2 présente les principales caractéristiques physiques des différents sites d'observations.

Dans chaque territoire phytogéographique des subdivisions proposées par GUINKO (1984) le nombre de nos sites d'observations dépend de l'importance du karité. Ce qui nous permet de retenir des provenances de karité situées dans des zones écologiques différentes. Selon ces zones l'arbre peut présenter des adaptations particulières. L'étude de l'écologie du karité a effectivement montré qu'au Burkina Faso l'arbre vit habituellement dans des types de milieux assez variés. D'après GORENFLOT (1989), chaque fois qu'une espèce participe à plusieurs associations bien distinctes, on peut et doit se demander si elle n'est pas représentée par des types différents, même si ceux-ci ne sont pas immédiatement discernables morphologiquement.

1.3 - CHOIX DES PEUPELEMENTS ET DES INDIVIDUS

- Etude de la variabilité

Sur chaque site d'observations nous avons choisi un peuplement de karité de manière aléatoire parmi les peuplements existants.

**Tableau 2 : Caractéristiques physiques des 11 sites
d'observations**

SITES	CLIMAT	TOPO- GRAPHIE	CLASSIFICA- TION FRANCAISE DES SOLS (CPCS)
NIANGOLOKO	Climat sub soudanien $1200 \text{ mm} \leq P \leq 1400 \text{ mm}$	Légère pente	Sol peu évolué d'apport colluvial
BANFORA	Climat sub soudanien $1000 \text{ mm} \leq P \leq 1200$ mm	Légère pente	Sol peu évolué régosolique
DIEBOUGOU	Climat sub soudanien $1000 \text{ mm} \leq P \leq 1200$ mm	Terrain plat	Sol ferrugineux lessivé à concrétions
DINDERESSO	Climat sub soudanien $1000 \text{ mm} \leq P \leq 1200$ mm	Légère pente	Sol ferrallitique tropical
KOUMI	Climat sub soudanien $1000 \text{ mm} \leq P \leq 1200$ mm	Terrain plat	Sol peu évolué d'apport alluvial
LEO	Climat sub soudanien $1000 \text{ mm} \leq P \leq 1200$ mm	Terrain plat	Sol ferrugineux tropical lessivé à tâches et à concrétions
SAPONE	Climat nord soudanien $750 \text{ mm} \leq P \leq 1000$ mm	Terrain plat	Sol peu évolué d'apport colluvial hydromorphe à pseudogley de profondeur
GONSE	Climat nord soudanien $750 \text{ mm} \leq P \leq 1000$ mm	Terrain plat	Sol ferrugineux tropical lessivé à taches et à concrétions
DEDOUGOU	Climat nord soudanien $750 \text{ mm} \leq P \leq 1000$ mm	Terrain plat	Sol ferrugineux tropical hydromorphe à pseudogley de profondeur
TOUGAN	Climat nord soudanien $750 \text{ mm} \leq P \leq 1000$ mm	Terrain plat	Sol ferrugineux tropical lessivé à taches et à concrétions
OUAHIGOUYA	Climat sub sahélien $600 \text{ mm} \leq P \leq 750 \text{ mm}$	Terrain plat	Sol ferrugineux tropical hydromorphe à pseudogley de profondeur

P = Précipitations

Un peuplement est une population d'arbres suffisamment grande quant à sa composition, sa structure et sa répartition dans l'espace pour se distinguer des peuplements voisins (PALMBERG, 1985). Pour le karité de tels peuplements ne se rencontrent que dans les champs cultivés et dans les jachères plus ou moins jeunes. Selon RUYSSSEN (1957) les peuplements de terrains cultivés présentent le plus souvent des arbres d'âge et de taille assez homogènes. Il dit qu'il est rare de rencontrer des peuplements composés d'arbres de tailles très différentes. Les superficies de ces peuplements sont de plus en plus importantes de l'ouest vers le nord de la zone d'étude où il y a eu une plus grande étendue d'exploitation des terres à des fins agricoles. Les densités à l'ha sont très hétérogènes et varient de 20 à 55 arbres en âge de fructifier, suivant les régions (RUYSSSEN, 1957). Par ailleurs nous évitons les arbres localisés dans les vieilles jachères ou dans la brousse. Dans ces formations les pieds de karité sont souvent chétifs et peu ou pas productifs. Notre étude ne prend donc pas en compte toute la variabilité naturelle de l'espèce.

Les limites de chaque peuplement retenu correspondent à celles du champ ou de la jachère concernés. Pour le choix des arbres à l'intérieur d'un peuplement nous avons été guidés par le souci de prendre un échantillon aussi représentatif que possible d'un peuplement. Mais selon BARNER (1974) cité par PALMBERG (1985), l'échantillon de 10 à 25 arbres peut être considéré comme un minimum suffisant pour les essences poussant en peuplement. C'est pourquoi dans chaque peuplement nous avons retenu 30 arbres. L'échantillonnage à l'intérieur de chaque peuplement est aléatoire parce que notre objectif est une étude de la variabilité. Certains auteurs tels que RUYSSSEN (1957) et BONKOUNGOU (1987) ont montré que même à l'intérieur d'un peuplement les arbres présentent souvent une grande variabilité. Nous avons maintenu une distance d'environ 10 m entre les arbres retenus pour éviter une éventuelle confusion des fruits tombés de deux arbres voisins. Les sujets retenus sur chaque site d'observations sont ensuite numérotés de 1 à 30 à l'aide d'une peinture à l'huile.

- Observations phénologiques

Les sites de Gonsé et Dindéresso ont été retenus pour comparer la phénologie du karité dans deux sites différents .

A Gonsé les 30 arbres font partie d'un peuplement localisé dans un champ cultivé. Le diamètre à 1,30 m du tronc a une valeur moyenne de 0,41 m. Les valeurs extrêmes sont respectivement de 0,21 m pour le minimum et de 0,91 m pour le maximum. L'écart-type n'est que de 0,15 ; ce qui montre que les différentes valeurs sont regroupées autour de la moyenne. Le coefficient de variation est relativement peu élevé avec une valeur de 37%. Nous avons donc une population à structure assez homogène.

A Dindéresso les 30 sujets sont également dans un peuplement de karité situé dans un champ cultivé. Nous avons des arbres dont le diamètre du tronc à 1,30 m est plus petit qu'à Gonsé. La valeur moyenne est de 0,17 m avec un minimum de 0,10 m et un maximum de 0,28. L'écart type de 0,04 montre que les données sont groupées autour de la moyenne. Le coefficient de variation est de 23% montrant ainsi que la population a une structure homogène.

Le choix de ces deux sites s'explique d'une part par la proximité des stations de recherche, permettant d'éviter d'éventuelles perturbations de la phénologie par d'autres personnes. D'autre part, ces deux sites sont situés dans des zones écologiques différentes. Ce qui permet de faire une comparaison du comportement phénologique de deux populations de karité situées dans des conditions écologiques différentes.

- Etude de la productivité

Un essai d'évaluation de la production du karité a été initié en 1992-1993 à la station de recherche de l'INERA à Kamboinsé, localité située à une quinzaine de km au nord-ouest de Ouagadougou. Dans la station de Kamboinsé dix sept (17) arbres sont retenus de manière aléatoire et étiquetés pour les observations. Il s'agit d'arbres assez grands et tous en âge de produire. L'échantillon de 17 arbres se situe dans l'intervalle de 10 à 25 arbres, considéré par BARNER (1974) cité par PALMBERG (1985) comme un minimum suffisant pour l'étude des arbres en peuplements. Les arbres sont distants d'au moins 10 m pour éviter que les fruits tombés de deux sujets différents soient confondus.

II - COLLECTE DES DONNEES

2.1 - OBSERVATIONS TESTS

Nous avons d'abord fait un test pour connaître le degré de variation des dimensions des feuilles selon leur position sur les rameaux. Pour cela nous avons prélevé des rameaux dont les feuilles ont atteint le développement total. Ce test a porté sur 3 arbres différents dont deux sont situés sur le campus de l'Université de Ouagadougou et un dans la Forêt classée du Barrage (F.C.B) de Ouagadougou. Sur chacun des 3 arbres nous avons prélevé de manière aléatoire, et à différents niveaux de l'arbre, 10 rameaux de feuilles. Nous avons mesuré la longueur du limbe (LLM) et la longueur du pétiole (LPE) de toutes les feuilles de chaque rameau de la base vers le sommet. Les résultats des calculs statistiques sont consignés dans le tableau 3. Nous pouvons constater qu'au niveau de chaque arbre les valeurs des moyennes de la longueur du limbe (LLM) et de la longueur du pétiole (LPE) sont très peu variables d'un rameau à l'autre. Sur chaque rameau, de la base vers le sommet, les dimensions des feuilles sont également peu variables. En effet pour chacun des arbres les valeurs de l'écart-type (S) et du coefficient de variation (CV) sont faibles sur le même rameau. Ces résultats nous ont permis d'effectuer nos prélèvements d'échantillons de feuilles sans tenir compte de leur position sur le rameau.

Tableau 3 : Test sur la variation des dimensions des feuilles sur les rameaux

N° d'arbre	N° de Rameau	Nombre de feuilles	LLM			LPE		
			X	S	CV	X	S	CV
1 CAMPUS Univ.	1	25	14,86	2,49	16	7,13	1,34	18
	2	15	13,81	2,80	20	6,83	1,23	18
	3	20	10,72	1,41	13	5,85	1,03	17
	4	14	13,52	2,70	20	7,09	1,27	17
	5	13	13,46	2,33	17	7,34	1,11	15
	6	14	11,07	2,29	20	6,15	1,25	20
	7	16	13,11	2,69	20	7,29	1,47	20
	8	10	13,05	1,80	13	6,66	0,80	12
	9	14	14,54	2,91	20	7,30	1,50	20
	10	14	13,90	2,80	20	6,87	0,96	13

N° d'arbre	N° de Rameau	Nombre de feuilles	LLM			LPE		
			X	S	CV	X	S	CV
2 CAMPUS Univ.			X	S	CV	X	S	CV
	1	15	16,63	2,22	13	8,26	1,34	16
	2	12	13,75	1,50	10	7,35	1,25	17
	3	23	13,46	1,71	12	7,36	1,04	14
	4	13	12,56	1,26	10	7,11	0,87	12
	5	20	13,12	1,65	12	6,56	0,86	13
	6	19	13,28	1,65	12	6,46	0,83	12
	7	16	11,91	1,43	12	6,62	0,95	14
	8	12	10,70	1,61	15	5,76	1,01	17
	9	17	16,14	2,93	18	6,78	0,85	12
	10	15	14,81	2,59	17	7,16	0,93	13
3 FCB			X	S	CV	X	S	CV
	1	14	14	1,35	10	5,94	0,70	11
	2	14	9,85	1,14	11	6,07	0,94	15
	3	25	14,58	1,57	10	8,46	0,85	10
	4	15	12,28	0,97	8	7,64	0,60	8
	5	18	10,70	1,11	10	6,69	0,70	11
	6	18	10,2	1,36	13	6,59	1,06	16
	7	14	14,64	1,13	8	6,96	0,55	8
	8	16	10,26	1,52	14	6,05	0,98	16
	9	18	12,12	1,15	9	6,92	0,77	11
	10	20	11,11	1,34	12	8,01	1,27	15

LLM = longueur du limbe

LPE = longueur du pétiole

X = moyenne S = écart-type

CV = Coefficient de variation (%)

Nous avons ensuite effectué des observations tests pour savoir quel est le nombre de feuilles ou de fruits à prélever par arbre. Pour les feuilles nous avons retenu 4 pieds de karité. Deux de ces arbres sont situés dans la Forêt Classée du Barrage de Ouagadougou (F.C.B) et deux autres sur les champs cultivés au Campus de l'Université de Ouagadougou. Tous les 4 arbres ont leur feuillage ayant atteint le développement total. Sur chaque arbre nous avons prélevé dans différentes parties de l'arbre un échantillon de 30 feuilles. Les calculs statistiques sur les dimensions des feuilles donnent les résultats regroupés dans le tableau 4. Les calculs statistiques ont porté sur tous les nombres de feuilles allant de 10 à 30. Nous n'avons présenté que les résultats concernant 10, 15, 20, 25 et 30 feuilles. Nous pouvons constater que les valeurs moyennes des caractères sont très proches selon que les calculs sont faits avec 10, 15, 20, 25 ou toutes les 30 feuilles de l'échantillon. Ce qui montre qu'à partir de 10 feuilles, les valeurs de la moyenne ne varient pratiquement pas lorsqu'on augmente la taille de l'échantillon de feuilles. Les faibles valeurs de l'écart-type pour le même arbre signifient que les valeurs sont groupées autour des différentes moyennes. L'homogénéité des moyennes se perçoit également par les faibles valeurs du coefficient de variation pour le même arbre. Par exemple pour l'arbre n°3 provenant de la Forêt Classée du Barrage de Ouagadougou la moyenne de la longueur du pétiole de la feuille est 11,88 cm avec 10 feuilles et 11,43 cm avec 30 feuilles. Les écart-types sont respectivement de 1,18 et 1,16. Le coefficient de variation (CV) est 9,93% avec 10 feuilles et 10,17% avec 30 feuilles. Ces calculs nous ont permis de retenir l'échantillon de 10 feuilles par arbre pour les différentes observations sur nos sites. Nous avons alors élaboré la fiche 1 en annexe 1. Nous y reportons les données biométriques des feuilles prélevées sur les différents sites d'observations.

Les observations tests ont ensuite concerné les fruits. Il s'agit également de déterminer la taille de l'échantillon de fruits à prélever par arbre. Les fruits prélevés ont atteint la maturité totale. Les prélèvements concernent différentes parties sur les arbres. Nous avons récolté les fruits sur 3 pieds de karité dont un à Dindéresso (15 km à l'ouest de Bobo), un à Soubakanédougou (près de Niangoloko) et un à Wahabou (près de Boromo). Sur chaque arbre, 30 fruits ont été prélevés pour les calculs tests. Tout comme pour les feuilles les calculs statistiques ont porté sur des échantillons de tailles

différentes allant de 10 à 30. Nous avons présenté au tableau 5 les résultats des calculs statistiques sur les dimensions des fruits concernant 10, 15, 20, 25 et 30 fruits.

Nous constatons également que les valeurs moyennes des caractères sont très proches lorsque que les calculs sont faits avec 10, 15, 20, 25 ou tous les 30 fruits de notre échantillon. Ce qui signifie qu'à partir de 10 fruits les valeurs de la moyenne des caractères ne varient pratiquement pas lorsqu'on augmente la taille de l'échantillon de fruits. Les faibles valeurs de l'écart-type pour le même arbre montrent que les valeurs sont groupées autour des différentes moyennes. L'homogénéité des moyennes pour le même arbre est également révélée par les faibles valeurs du coefficient de variation. Par exemple pour l'arbre n°1 provenant de Dindéresso la moyenne X de la longueur du fruit est 3,23 cm avec 10 fruits et 3,27 cm avec 30 fruits. Les écart-types sont respectivement de 0,17 et 0,21. Le coefficient de variation est de 5,26% avec 10 fruits et 6,42% avec 30 fruits.

Ce test statistique nous a permis de retenir l'échantillon de 10 fruits par arbre pour les observations sur les différents sites. Nous avons alors élaboré la fiche 2 en annexe 2. Nous y reportons les données biométriques sur les caractères des fruits.

**Tableau 4 : Calculs statistiques tests relatifs à la variation
des dimensions des feuilles sur l'arbre**

N° Arbre	Nbre. de Feuilles	Longueur pétiole(cm)			Largeur/Longueur du limbe		
		X	S	CV	X	S	CV
1 Campus Univ.	10	8,98	0,87	9,68	0,34	0,03	8,82
	15	9,12	0,85	9,32	0,35	0,03	8,57
	20	9,23	0,82	8,88	0,35	0,02	5,71
	25	9,18	0,91	9,91	0,34	0,02	5,88
	30	9,26	0,93	10,04	0,34	0,02	5,88
			X	S	CV	X	S
2 Campus Univ.	10	8,36	1,14	13,63	0,36	0,02	5,55
	15	8,42	1,00	11,87	0,37	0,03	8,10
	20	8,42	1,02	12,11	0,38	0,03	7,89
	25	8,53	1,07	12,54	0,38	0,03	7,89
	30	8,45	1,08	12,78	0,37	0,03	8,10
			X	S	CV	X	S
3 F.C.B	10	11,88	1,18	9,93	0,25	0,01	4
	15	11,69	1,16	9,92	0,31	0,03	9,67
	20	11,44	1,15	10,05	0,32	0,04	12,50
	25	11,42	1,10	9,63	0,32	0,04	12,50
			X	S	CV	X	S

Tableau 4 (suite)

N° Arbre	Nbre. de Feuilles	Longueur pétiole(cm)			Largeur/Longueur du limbe		
		X	S	CV	X	S	CV
	30	11,43	1,16	10,17	0,32	0,04	12,50
Campus Univ. 4 F.C.B		X	S	CV	X	S	CV
	10	8,9	1,23	13,82	0,36	0,02	5,55
	15	8,8	1,06	12,04	0,36	0,02	5,55
	20	8,75	1,10	12,57	0,37	0,02	5,40
	25	8,72	1,13	12,95	0,37	0,02	5,40
	30	8,76	1,10	12,55	0,37	0,03	8,10

X = moyenne S = écart-type CV = coefficient de variation (%)

Tableau 5 : Calculs statistiques tests relatifs à la variation des dimensions des fruits sur l'arbre

N° Arbre	Nbre. de Fruits	Longueur du fruit (cm)			Diamètre du fruit (cm)		
		X	S	CV	X	S	CV
1 Dindéresso	10	3,23	0,17	5,26	3,08	0,30	9,74
	15	3,26	0,20	6,13	3,09	0,31	10,03
	20	3,24	0,20	6,17	3,02	0,42	13,90
	25	3,27	0,21	6,42	3,03	0,40	13,20
	30	3,27	0,21	6,42	3,03	0,40	13,20
			X	S	CV	X	S
2 Soubaka- nédougou	10	4,12	0,21	5,09	3,56	0,30	8,42
	15	4,19	0,29	6,92	3,57	0,29	8,12
	20	4,18	0,28	6,69	3,53	0,27	7,64
	25	4,15	0,27	6,50	3,49	0,27	7,73
	30	4,13	0,26	6,29	3,46	0,26	7,51
			X	S	CV	X	S
3 Wahabou	10	3,01	0,14	4,65	2,27	0,26	9,42
	15	3,03	0,19	6,27	2,83	0,34	12,01
	20	2,99	0,20	6,68	2,75	0,33	12,00
	25	2,97	0,21	7,07	2,72	0,31	11,39
	30	2,96	0,20	6,75	2,70	0,29	10,77
			X	S	CV	X	S

X = moyenne S = écart-type CV = coefficient de variation (%)

2.2 - MESURES ET OBSERVATIONS

2.2.1 - Observations phénologiques et productivité

Pour l'étude de la phénologie du karité nous avons d'abord procédé à des observations générales en 1990 et 1991, selon le gradient écologique. En 1990, les observations générales ont eu lieu en juin. En 1991, c'est en avril que nous avons fait les observations générales du nord vers l'ouest de la zone d'étude. Au cours des sorties sur le terrain nos contacts avec les populations locales nous permettent également d'avoir des informations intéressantes sur le comportement phénologique du karité. Mais pour avoir plus de précisions sur la phénologie dans une localité donnée nous avons retenu deux des onze (11) sites pour des observations phénologiques assez régulières. Il s'agit de Dindéresso et Gonsé représentant respectivement l'ouest et le nord du Burkina Faso. Tous les 30 arbres de chacun des deux sites ont été suivis pendant deux années, 1990 et 1991. La périodicité des observations est de deux semaines. Nous notons l'état phénologique des arbres. Les phases étudiées sont la feuillaison, la floraison et la fructification. Les fiches d'observations (annexe 4) sont inspirées de la méthode utilisée par TRAORE (1978) et GROUZIS (1980). Dans chaque phase nous avons distingué quatre (4) stades et déterminé les phénophases pour chacun des deux sites d'observations.

Pour dix (10) des dix sept (17) arbres retenus à Kamboinsé pour l'étude de la productivité, nous avons noté les différents états phénologiques selon la méthode utilisée par GUINKO et Coll. (1987). Pour ces auteurs chaque phase phénologique a été codifiée de la manière suivante :

- floraison : début de floraison = fl1 ; optimum de floraison = fl2 ; fin de floraison = fl3 ;
- fructification : début de fructification = fr1 ; optimum de fructification = fr2 ; fin de fructification = fr3 ;
- foliaison : début de foliaison = fol1 ; optimum de foliaison = fol2 ; jaunissement des feuilles = fol3 ; décrépitude totale = fol4.

La détermination de la production n'a concerné que les arbres ayant produit des fruits parmi les dix sept (17) arbres. Les fruits des arbres commencent à mûrir à des périodes variables selon les sujets. Nous commençons nos récoltes lorsque les premiers fruits mûrs tombent de l'arbre. La plupart des fruits ayant atteint en ce moment la maturité totale nous prélevons au fur et à mesure de leur maturité, les fruits sur l'arbre. Les fruits sont comptés puis pesés. Les récoltes sont stockées en plusieurs tas correspondant aux différents sujets. Nous procédons ensuite au dépulpage pour déterminer la quantité de noix. Les quantités de noix à peser étant importantes nous avons préféré le séchage au soleil par rapport à l'étuve.

Les noix sont séchées au soleil et pesées tous les deux jours jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Le séchage facilite l'extraction des amandes que nous avons effectuée par décossage des noix. Ce qui nous a permis de déterminer la quantité d'amandes sèches par arbre.

2.2.2 - Les caractères dendrométriques

- La hauteur totale de l'arbre (en m) :

La hauteur totale d'un arbre est définie comme étant la longueur de la ligne droite joignant le pied de l'arbre (niveau du sol) jusqu'au sommet de la cime (CTFT, 1989). Le même auteur précise que pour les arbres fourchus, il y a une hauteur totale si la fourche est au dessus de 1,30 m et autant de hauteurs totales que de tiges si la fourche est inférieure à 1,30 m. Nous avons mesuré la hauteur totale à l'aide du dendromètre Blume-Leiss. Ce caractère fait partie des caractères utilisés pour décrire la structure des arbres (CAILLET, 1979 ; PARDE et BOUCHON, 1988 et CTFT, 1989).

- La hauteur du fût (en m) :

La hauteur totale du fût est la longueur de la ligne droite joignant le pied de l'arbre à l'endroit où la tige se ramifie nettement (CTFT, 1989). La faible grandeur de

ce paramètre chez le karité permet d'utiliser le ruban pour les mesures. Le caractère hauteur du fût est intéressant à connaître pour la sélection. En effet des arbres bons producteurs à haut fût intéresseraient particulièrement les systèmes agroforestiers. De tels arbres pourraient être moins gênants pour les cultures sous jacentes.

- Le diamètre du tronc à 1,30 m (en m)

Le diamètre du tronc d'un arbre sur pied est mesuré à 1,30 m au dessus du niveau du sol (CTFT, 1989). Plusieurs instruments sont utilisés pour sa mesure mais le ruban nous a semblé plus pratique. Le Mémento du forestier précise que les mesures au ruban sont plus fiables que les mesures au compas.

- Le diamètre du houppier (en m)

Le houppier est la partie de l'arbre située au dessus de la base de la cime (CTFT, 1989).

La base de la cime est le niveau où la tige se ramifie nettement. En ce qui concerne le diamètre du houppier que nous avons mesuré il s'agit du plus grand diamètre de la surface de recouvrement du houppier. La mesure de ce paramètre a pour but d'avoir une idée sur l'étalement de la surface de recouvrement du houppier de l'arbre. A l'aide du ruban métallique nous mesurons en dessous de l'arbre la distance entre les côtés les plus étalés.

2.2.3 - Les caractères des feuilles, des fruits et des noix

Sur chacun des 30 arbres des 11 sites d'observations nous prélevons de manière aléatoire 10 rameaux de feuilles dans plusieurs parties de l'arbre. Ce prélèvement a lieu au moment de la pleine feuillaison de ces arbres où le développement des feuilles est total. Pour chaque rameau nous comptons le nombre de feuilles à l'extrémité. Ensuite

nous prélevons de manière aléatoire une (1) feuille sur laquelle nous inscrivons un numéro correspondant à celui du rameau cueilli. Ainsi pour chaque arbre nous avons dix (10) feuilles que nous mettons dans un sachet plastique pour éviter tout dessèchement sur le terrain. Dans le même sachet nous introduisons dix (10) fruits de l'arbre. Les fruits sont également récoltés de manière aléatoire dans différentes parties de l'arbre mais ils doivent avoir atteint la maturité totale. Cette maturité correspond à la période où les fruits mûrs tombent de l'arbre. La maturité totale est en fait la maturité physiologique où les fruits sont durs au toucher bien qu'étant mûrs.

Les mesures prises sur les échantillons de feuilles (Fig.6) sont les suivantes:

- la longueur du pétiole (en cm). Elle est mesurée sur chacune des 10 feuilles d'un arbre à l'aide du double décimètre ;

- la longueur et la largeur du limbe. Les mesures se font au double décimètre. La largeur est prise au milieu du limbe ;

- le nombre de nervures secondaires. La feuille présente le même nombre de nervures secondaires de part et d'autre de la nervure principale. Nous procédons alors au comptage du nombre de nervures sur un côté de la face supérieure de la feuille. Ce nombre correspond au nombre de paires de nervures secondaires de la feuille.

Les mesures de tous ces caractères botaniques des feuilles devront contribuer à la description de la variabilité.

Les mesures et observations sur les fruits sont nombreuses. Elles portent sur les caractères suivants :

- la longueur du pédoncule (en cm). Elle est mesurée à l'aide du double décimètre ;

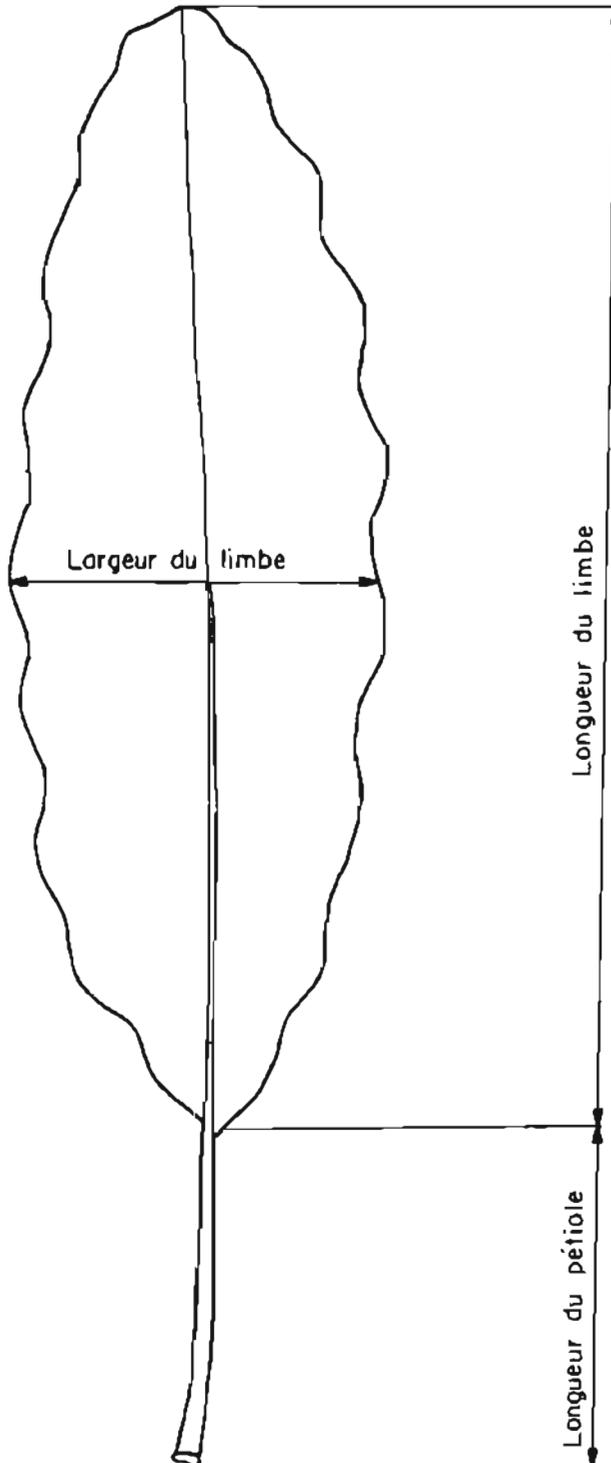


Fig.6 SCHEMA ILLUSTRANT LES MESURES FAITES SUR LA FEUILLE

- la longueur et le diamètre du fruit (en cm). Ces mesures se font avec le pied à coulisse. Le diamètre du fruit correspond à l'épaisseur du fruit mesuré à la moitié de la longueur du fruit ;
- la forme du fruit ; d'après DELOLME (1947) les principales formes du fruit du karité ont été décrites suite à des études portant sur les fruits de 49 sujets en observation à la station agricole de Ferkéssédougou et 226 autres sujets appartenant à différents peuplements dans les régions de Ferkéssédougou et Korhogo en Côte-d'Ivoire. Nous avons pris appui sur ces descriptions pour retenir la forme ovale, dite ovoïde (O) ; la forme ronde, dite arrondie (A) ; la forme en fuseau dite fusiforme (F) et la forme de poire, dite piriforme (P), (fig.7). On peut parfois trouver des formes intermédiaires pour des fruits d'un même arbre, mais à un pourcentage négligeable par rapport à la forme dominante. Nous avons retenu la forme dominante pour les fruits de chaque arbre. La forme du fruit nous paraît très intéressante à connaître car elle fait partie des caractères appréciables à vue d'oeil et qui ont une bonne valeur descriptive.

Pour les noix les mesures et observations portent sur :

- la longueur et le diamètre de la noix (en cm). Ils sont mesurés avec le pied à coulisse. Le diamètre correspond à l'épaisseur de la noix mesuré à la moitié de la longueur ;
- la couleur des noix. Là aussi nous n'avons retenu que la couleur dominante pour les noix de chaque arbre. Les principales couleurs que nous avons observées sont le Brun clair (BC), le Brun foncé (BF), le Brun grisâtre (BG) et le Brun noirâtre (BN). Ces couleurs sont appréciées à la maturité totale des fruits où la couleur de la noix est fixée. Le caractère couleur des noix pourrait être utilisé dans le choix des fruits pour la pulpe. La couleur des noix est donc un des caractères qui présentent un intérêt particulier pour la sélection du karité.

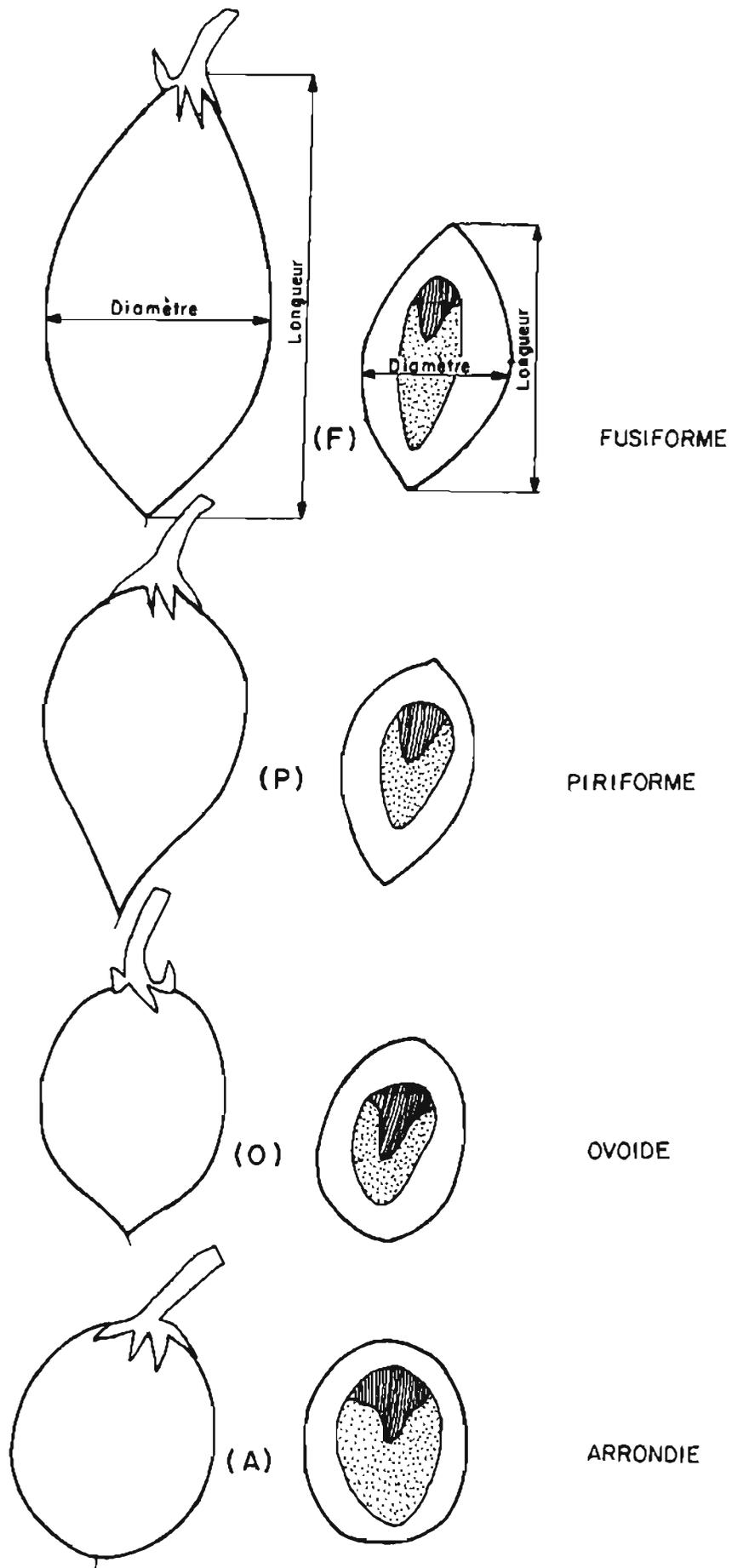


Fig 7 · LES DIFFÉRENTES FORMES DES FRUITS (à gauche) ET LES NOIX CORRESPONDANTES (à droite)
(D'après DELOLME, 1947)

III - METHODES D'ANALYSES STATISTIQUES

3.1 - LES TYPES DE CARACTERES

- Les caractères qualitatifs

Il s'agit des caractères qui ne sont pas mesurables mais seulement observables. Ils ont une expression discontinue. Il suffit d'un petit nombre de classes pour répertorier tous les individus. Ce sont la couleur des noix et la forme des fruits. Les caractères de couleur et de forme des fruits et des noix sont déjà beaucoup utilisés par les paysans pour décrire la variabilité chez le karité. C'est pourquoi nous les avons retenus dans le cadre de notre étude.

- Les caractères quantitatifs

Il s'agit des caractères morphologiques et des caractères de la production. Ces caractères, très nombreux, constituent l'essentiel de notre étude. Ce sont:

- diamètre du tronc à 1,30m (D)
- hauteur du fût (HF)
- hauteur totale ou taille (HT)
- hauteur du houppier (HH)
- diamètre du houppier (DH)
- rapport Diamètre du houppier/Taille de l'arbre (DHHT)
- rapport Hauteur/Diamètre du houppier (HDH)
- rapport Diamètre à 1,30m/Taille de l'arbre (DHT)
- nombre de feuilles par rameau (NF)
- longueur du pétiole (LP)
- longueur du limbe (LLM)
- largeur du limbe (LALM)
- rapport largeur/Longueur du limbe (RIL)
- longueur du pédoncule du fruit (LPF)
- longueur du fruit (LF)
- diamètre du fruit (DF)

- rapport Diamètre/Longueur du fruit (DLF)
- longueur de la noix fraîche (LNF)
- diamètre de la noix fraîche (DNF)
- épaisseur du péricarpe (EP)
- rapport Diamètre de la noix fraîche/Diamètre du fruit (DNDF)

De nombreux caractères quantitatifs existent mais nous estimons que ceux que nous avons choisis décrivent mieux la variabilité phénotypique du karité.

3.2 - L'ANALYSE DE VARIANCE

Cette analyse réalisée par le logiciel GLIM nous a permis de déterminer les valeurs des paramètres statistiques suivants: minimum, maximum, moyenne, écart-type et le coefficient de variation.

3.3 - LES CORRELATIONS ENTRE LES CARACTERES

L'étude des corrélations entre les caractères a pour but de voir s'il y a un lien entre les caractères pris deux à deux. Le coefficient de corrélation r , entre deux variables, a une valeur comprise entre -1 et 1. Un test de signification doit être fait pour montrer que la liaison entre les variables est significative ou non: hypothèse H_0 = pas de corrélation.

On fait appel aux distributions de student.

$$t = \frac{|r|\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

où r = coefficient de corrélation , n = nombre d'observations

L'hypothèse nulle est rejetée lorsque t observée $\geq t_{1-\alpha/2}$ pour un niveau de signification α et $n-2$ ddl.

t observé $\geq t_{1-\alpha/2}$ ----> Corrélation significative.

$t_{1-\alpha/2}$ se lit sur la table de distribution de student.

3.4 - LES ANALYSES MULTIVARIABLES

Il s'agit d'un traitement des données toute variable ensemble. Le logiciel utilisé est STATITCF. Ces analyses sont essentiellement descriptives.

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) permet d'avoir dans un même plan les individus (les arbres) et les différentes variables étudiées (les caractères). L'observation de ce plan de projection nous a permis de déceler les associations entre les caractères étudiés.

La classification ascendante hiérarchique (CAH) permet de faire un regroupement des individus. On obtient alors plusieurs groupes d'individus ayant des caractéristiques différentes.

L'analyse factorielle discriminante (AFD) a pour but de caractériser les groupes obtenus à la C.A.H. L'AFD permet de voir si les groupes sont distincts ou pas.

Troisième Partie : RESULTATS ET DISCUSSIONS

I - PHENOLOGIE ET PRODUCTION DES ARBRES

1.1 - LA PHENOLOGIE

Le karité est un arbre dont le comportement phénologique présente une grande variabilité due à plusieurs causes liées aux caractéristiques de l'espèce et à la diversité des conditions de milieu. Les principales phases qui caractérisent la phénologie de l'arbre sont: la feuillaison, la floraison et la fructification.

1.1.1 - Phénologie du karité à Dindéresso et à Gonsé

La Fig.8 compare l'évolution des différentes phases phénologiques du karité à Dindéresso et à Gonsé, de décembre 1990 à juin 1991.

La feuillaison

La perte des feuilles et la réapparition de nouvelles feuilles ont eu lieu plus tôt à Dindéresso par rapport à Gonsé. En effet, en mi-février, pendant que tous les arbres de Gonsé sont encore en pleine feuillaison seulement 40% des arbres échantillonnés à Dindéresso sont en pleine feuillaison. Les autres arbres, soit 60%, sont en fin de feuillaison, stade correspondant au début de défeuillaison. D'après PICASSO (1984) la perte des feuilles est fortement influencée par la répartition des pluies. Il dit que le début de la perte des feuilles commence après l'arrêt des pluies. De même les nouvelles feuilles apparaissent plus tôt lorsque l'arrêt des pluies est précoce. Pourtant l'hivernage s'arrête plus tôt à Gonsé qu'à Dindéresso. Notre observation n'est pas conforme à celle de PICASSO (1984). Cela pourrait s'expliquer par la différence dans la structure des deux populations de karité et les conditions stationnelles particulières à chacune d'elles. A Gonsé les individus échantillonnés sont situés dans un champ cultivé depuis une période très ancienne. Les arbres ayant bénéficié du travail du sol sont de gros

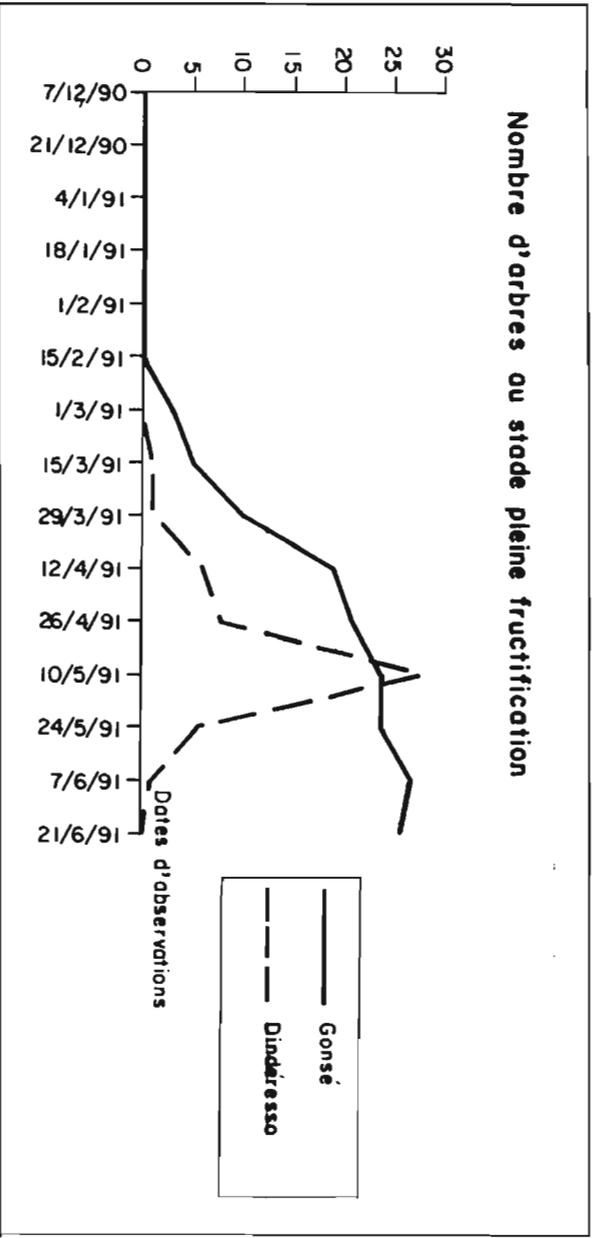
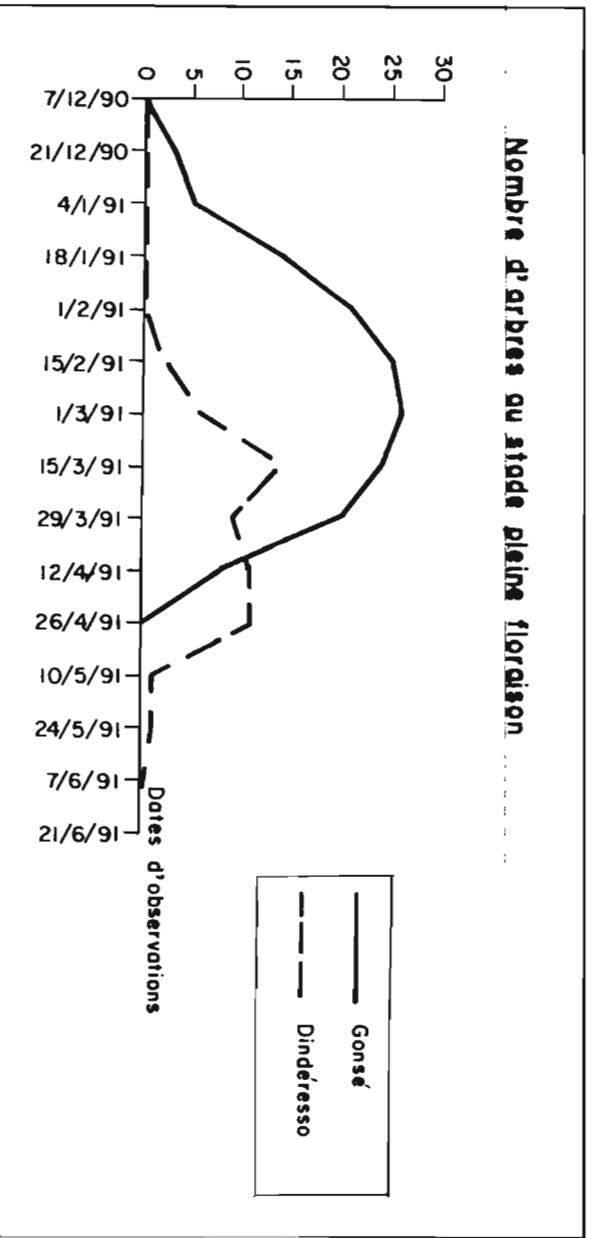
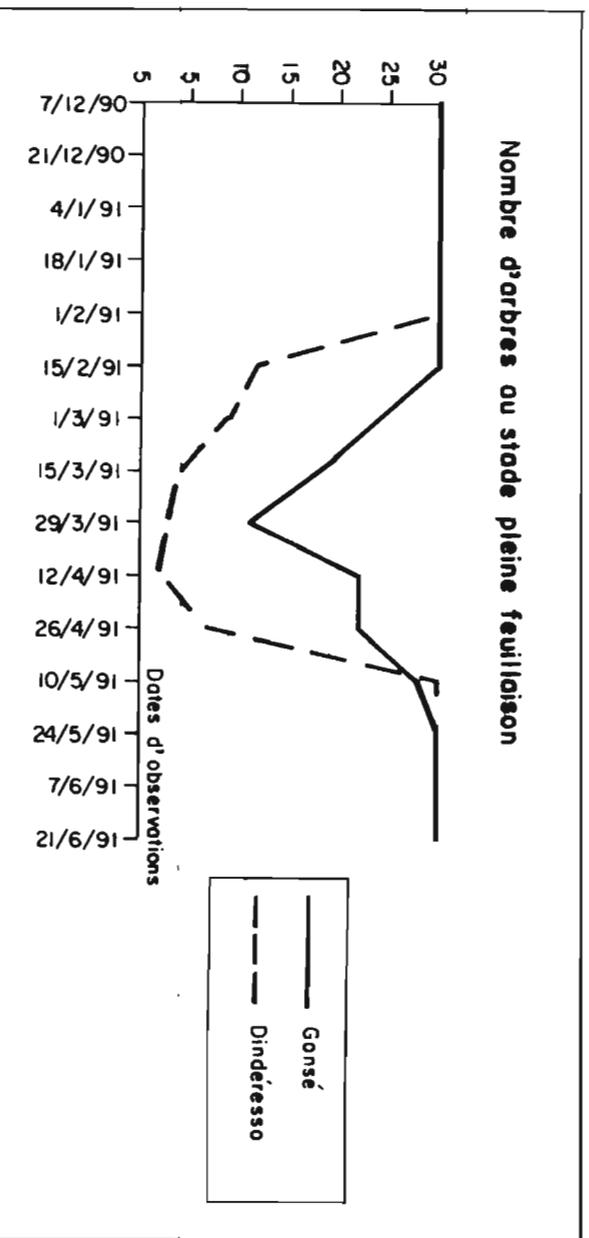


Fig. 8 : EVOLUTION COMPARATIVE DE LA PHENOLOGIE DU KARITE A DINDERESSO ET A GONSE

diamètre. Cette vigueur leur a permis de garder les anciennes feuilles jusqu'en février. Ce mois marque la transition entre la saison sèche et fraîche et la saison sèche et chaude. Pendant cette période, les températures moyennes mensuelles sont inférieures à 30°C sur les deux sites d'observations. La persistance des anciennes feuilles jusqu'en février à Gonsé, laisse supposer que les basses températures de décembre à janvier, ne constituent pas un facteur très déterminant pour la perte des feuilles. Toutefois la grande majorité des pieds de karité commencent à perdre leur ancien feuillage pendant la période sèche et fraîche. A cette période de fin feuillaison les anciennes feuilles devenues jaunâtres commencent à tomber des arbres. Très souvent les arbres perdent de manière progressive la presque totalité de leurs anciennes feuilles avant la poussée de nouvelles feuilles.

L'apparition des nouvelles feuilles a lieu à partir de mi-mars sur les deux sites, à une période où les valeurs des températures moyennes mensuelles sont très élevées et dépassent 30°C. Mais les nouvelles feuilles s'épanouissent normalement sur les deux sites d'observations. L'émergence rapide des feuilles permet à l'arbre de pouvoir reprendre ses diverses fonctions grâce à la photosynthèse. Les nouvelles feuilles sont d'abord de couleur rouge ou verte à l'état jeune, selon les individus. Mais toutes les feuilles sont vertes dès qu'elles s'épanouissent. Chez un même arbre, la couleur des feuilles n'est pas toujours homogène. Nous constatons quelquefois chez certains individus la présence de jeunes feuilles vertes et des jeunes feuilles rouges au même stade de développement. Cela ne nous a pas permis de distinguer les sous-variétés viridis et rubifolia que CHEVALIER (1943) a décrites à l'intérieur de la variété mangifolium.

Vers la fin du mois de mai, les arbres sont en pleine feuillaison à Dindéresso et à Gonsé. En ce moment le feuillage est d'un vert clair. Les feuilles du karité sont quelquefois dévorées par une chenille, Cirina butyrospermi(A. Vuillet) dont l'adulte est un papillon au corps épais et roux. A partir de juillet jusqu'au mois de septembre les chenilles se répandent dans le feuillage des arbres qu'elles défolient presque entièrement, ne laissant que les nervures centrales. Cette attaque foliaire qui a

lieu après la maturité des fruits du karité semble d'après OUEDRAOGO (1987) sans influence défavorable sur la production de l'arbre. C'est surtout dans l'ouest et le sud du Burkina Faso que l'on rencontre la chenille du karité, probablement à cause des conditions climatiques plus favorables. De nouvelles feuilles apparaissent environ un mois après cette défoliation. Certaines populations dans ces mêmes localités, et particulièrement les "Bobos", consomment les chenilles du karité.

La floraison

La phase de floraison commence par l'apparition de petits boutons floraux à l'apex des rameaux fructifères. Selon la classification de FOURNIER (1991) nous pouvons dire que le karité a une floraison antérieure ou simultanée. En effet l'auteur qualifie la floraison d'antérieure ou simultanée si elle a lieu avant ou pendant l'émergence des jeunes feuilles, ce qui est le cas chez le karité.

Le site de Gonsé a montré une floraison plus précoce par rapport au site de Dindéresso. En effet dès le mois de décembre nous enregistrons déjà trois arbres en pleine floraison à Gonsé. Mais à cette période aucun arbre échantillonné n'est en pleine floraison à Dindéresso. Généralement les pluies s'arrêtent au mois de septembre à Gonsé alors qu'à Dindéresso elles se poursuivent jusqu'en mi-octobre. La différence observée dans le déroulement de la floraison sur les deux sites est conforme aux observations de PICASSO (1984). En effet, pour l'auteur, la floraison du karité, pour des peuplements différents, est précoce quand la saison des pluies s'arrête plus tôt et tardive quand elle s'arrête tardivement. Mais les résultats de nos observations ne sont pas conformes aux observations générales que l'on fait souvent sur le terrain. En effet selon le gradient climatique sud-ouest/nord-est du pays, on constate que le karité est plus précoce à l'ouest qu'au nord. La précocité de floraison constatée à Gonsé pourrait s'expliquer par le fait que nous y avons une population constituée d'arbres plus grands et de gros diamètres. Ces arbres sont en plus sur un sol ferrugineux tropical lessivé dans un champ cultivé depuis une période plus ancienne. C'est ce type de sol qui représente le mieux les zones de développement optimal de l'espèce au Burkina Faso. A Dindéresso, les karités se trouvent également sur un sol cultivé mais ferrallitique; ce type de sol est perméable et acide. Quelquefois sur le même type de sol il y a des

individus très proches, à peu près de même diamètre, qui se comportent très différemment. Pendant que l'un est par exemple en fructification l'autre commence à fleurir. Il arrive même que les branches d'un arbre soient dans des phases phénologiques différentes. Dans ce cas certaines branches sont couvertes de fleurs épanouies et d'autres sont encore couvertes d'anciennes feuilles.

Après fin avril, il n'y a presque plus d'arbres en floraison aussi bien à Dindéresso qu'à Gonsé. Nous notons par ailleurs que la floraison du karité se déroule durant les périodes où les températures et les vents ont des valeurs très élevées et l'hygrométrie des valeurs très faibles. En effet, l'hygrométrie est inférieure à 30% en mars et avril alors qu'elle dépasse souvent 70% en juillet-août. Sur tous les sites d'observations la durée moyenne de l'insolation est élevée et se situe autour de 250 heures/mois. Ce qui correspond à une durée de l'insolation de 8 à 9 heures par jour. En mars-avril les températures sont aussi supérieures à 30°C sur les deux sites d'observations. On peut s'étonner que la nouaison ait lieu pendant une période climatiquement difficile. De fait, en dépit d'une floraison abondante, les arbres donnent une très faible quantité de fruit. On peut s'interroger sur la signification de ce comportement du karité. Existe-t-il de fortes contraintes de développement ou physiologiques (dont le déterminisme pourrait être de type photo-ou thermopériodique comme chez de nombreuses espèces) qui fixent la nouaison à cette période malgré les conditions extérieures apparemment défavorables ? Ce comportement est en tout cas suffisamment peu pénalisant pour que la sélection naturelle ne l'ait pas modifié. Représente-t-il en fait une adaptation à d'autres contraintes qui seraient plus déterminantes pour le succès de la reproduction de l'espèce (compétition pour la pollinisation, évitement du feu, autres, ...) ? Cette question mériterait d'être approfondie par des travaux d'écophysiologie.

La fructification

L'apparition des jeunes fruits commence en février sur les deux sites, à une période où la floraison est déjà abondante pour quelques sujets. Le début de fructification se caractérise par la nouaison qui est un stade où l'arbre présente de petits

fruits en forme de boule. A ce moment la pubescence brunâtre des fruits est très marquée (Planche III, photo n°6).

En mi-mai il y a beaucoup plus d'arbres en pleine fructification à Dindéresso qu'à Gonsé (Planche III, Photo n°6), avec des pourcentages respectifs de 93,33% et 80% (Fig.8). Cela nous amène à dire que malgré son retard dans la floraison c'est le site de Dindéresso qui montre une précocité pour la fructification du karité. Ce qui est conforme aux observations généralement faites suivant le gradient climatique sud-ouest/nord-est du pays. Mais jusqu'à nos jours aucune explication claire n'a été donnée à propos de l'influence de la pluviométrie sur la fructification du karité. Le mois de mai qui représente l'optimum de la fructification, n'est pas encore un mois pluvieux, aussi bien à Gonsé qu'à Dindéresso. Nous pouvons donc penser que c'est la pluviométrie de l'année précédente qui pourrait avoir une influence sur la fructification en cours.

A la maturité des fruits, les arbres n'ont plus que 3 à 5 fruits en moyenne par inflorescence. Le péricarpe des fruits devient vert et lisse avec la disparition de la pubescence. Chez certains individus, la pubescence persiste jusqu'à la maturité des fruits.

La récolte des fruits commence plus tôt à l'ouest qu'au nord du Burkina Faso. En effet, dans la région de Bobo-Dioulasso, la période optimale de la récolte s'étale de juin à juillet alors que dans la région de Ouagadougou elle s'étale de juillet à août.

Sur les sites de Gonsé et Dindéresso où nous avons mené des observations phénologiques en 1990 et en 1991, nous avons constaté que presque tous les arbres échantillonnés ont fructifié ces deux années. A Dindéresso et à Gonsé tous les arbres échantillonnés ont fructifié en 1990. Sur le site de Dindéresso tous les arbres échantillonnés ont encore tous fructifié en 1991. Mais à Gonsé quatre sujets n'ont donné aucun fruit en 1991. Deux de ces quatre sujets ont fleuri mais ils n'ont donné aucun fruit. D'après GUINKO (1984) il existe quelques individus de karité qui ne fleurissent qu'une année sur deux. Les deux arbres n'ayant pas fleuri pourraient appartenir à cette catégorie. Ces observations effectuées à Gonsé et à Dindéresso nous

permettent de préciser que le même pied de karité peut fructifier deux ou plusieurs années de suite. C'est la quantité de fruits produits par arbre qui est très variable.

1.1.2 - Phénologie du karité à Kamboinsé

Pour voir l'évolution de la phénologie à l'intérieur d'un site le comportement phénologique de 10 pieds de karités a été suivi de décembre 1992 à juillet 1993 à la station de l'INERA à Kamboinsé. Le tableau 6 donne l'évolution des conditions climatiques. Nous constatons au vu des résultats au tableau n°7, que les sujets de karité suivis ont eu un comportement assez variable d'un individu à un autre. Au mois de décembre où les températures sont peu élevées avec une moyenne de 33,8° C, tous les arbres sont encore en pleine feuillaison pour les anciennes feuilles. Nous avons fait le même constat en décembre 1990 sur les sites de Gonsé et Dindéresso. Au cours du mois de janvier il n'y a que 5 sujets qui sont encore en pleine feuillaison pour les anciennes feuilles. Les autres sont en fin de feuillaison. Les anciennes feuilles devenues jaunâtres tombent des arbres, mais de manière progressive. A partir du mois de février jusqu'à fin avril la température et l'insolation enregistrent leurs valeurs les plus élevées. La température moyenne passe de 30,5° C en janvier à 35-40° C de février à mai. Tout au long de cette période seuls deux arbres parmi les dix sont encore en pleine feuillaison (arbre n°4 et n°8). L'humidité relative qui était de 82% en décembre n'est que de 50 à 60% de janvier à avril.

Pendant le mois de mai qui marque la transition entre la saison sèche et la saison des pluies, la plupart des arbres sont en pleine nouvelle feuillaison. L'humidité relative remonte à 77% en mai pour atteindre 89% en juillet. Seuls les arbres n°4 et n°8 ne retrouvent leur pleine nouvelle feuillaison qu'au mois de juin.

Aucun élément des conditions pédoclimatiques ou des caractères morphologiques ne semble expliquer cette variation du comportement phénologique de ces deux sujets qui ne sont pas isolés des autres. La perte des feuilles constitue un phénomène d'adaptation aux moments les plus hostiles de la saison sèche. Certains auteurs tels que AUBREVILLE (1950) et GUINKO (1984) ont dit que la perte des feuilles en saison

sèche est un phénomène propre à la plupart des espèces des zones soudano-sahéliennes d'Afrique.

Pour la floraison nous constatons que la plupart des arbres sont en pleine floraison entre mars et avril. Ce qui est conforme aux observations déjà faites en 1990 et 1991 sur les sites de Gonsé et Dindéresso. Pendant ces périodes les fortes chaleurs et les faibles hygrométries occasionnent d'énormes pertes des organes fructifères (fleurs, jeunes fruits). Ces mauvaises conditions auront donc une incidence sur la production. A ces facteurs néfastes il faut ajouter les vents dont la vitesse moyenne passe de 0,75 m/s en novembre à 1,9 m/s en février pour atteindre environ 2,10 m/s en Avril. L'insolation dont la durée moyenne en heures/jour passe de 8,23 en Septembre à 9 - 10 environ d'octobre à mai, semble déterminante pour la mise à fleurs du karité. Certains sujets sont en pleine floraison au mois de mai, montrant ainsi le caractère tardif de la floraison du karité dans le nord par rapport à l'ouest du pays. Les arbres n°2 et n°9 ont eu une période d'étalement de la floraison plus longue que celle des autres individus. L'arbre n°2 avec un diamètre de 0,47 m, a connu sa pleine floraison du début mars à fin mai. L'arbre n°9 avec un diamètre de 0,48 m, a eu une pleine floraison du début février à fin avril. La plupart des autres individus ont eu une durée d'étalement de la floraison qui est d'environ un mois et demi. Cette durée est proche de celle donnée par GUINKO et coll. (1987) suite à des observations sur le karité dans l'ouest du pays. L'arbre n°3 dont le diamètre est de 0,55 m a commencé à perdre ses feuilles depuis fin janvier et n'a retrouvé une nouvelle feuillaison qu'en fin juin. Mais cet individu n'a pas fleuri bien qu'il soit très proche de l'arbre n°4 qui a fleuri. Ce qui nous permet de dire que la défeuillaison n'est pas suivi obligatoirement de la floraison. Certains sujets peuvent donc connaître une défeuillaison précoce sans pour autant fleurir.

C'est entre mai et juin que la plupart des arbres sont en pleine fructification à Kamboinsé. Pendant cette période qui marque le début de la saison des pluies, les vents forts font tomber beaucoup de jeunes fruits. Nous remarquons également qu'à Kamboinsé certains arbres sont toujours en pleine fructification en juillet.

C'est le cas des arbres n°1 et n°4 ayant des diamètres respectifs de 0,45 m et 0,52 m. A l'approche de la maturité des fruits il n'y a plus finalement que 3 à 5 fruits par inflorescence malgré l'abondante floraison des arbres.

La maturité des fruits à Kamboinsé a effectivement commencé à partir de fin juin pour s'étaler jusqu'en août.

La variation du comportement phénologique d'un individu à l'autre semble difficile à expliquer chez le karité. Les dix individus de karité suivis sont tous dans l'enceinte de la station de Kamboinsé, sur un sol de type ferrugineux tropical. La charge graveleuse est importante avec quelquefois des affleurements de cuirasse. L'induration est à faible profondeur. La structure est faiblement développée.

Les karités semblent néanmoins se plaire sur ce type de sol dont la valeur agronomique est très faible. Cette remarque que nous avons faite également sur les sites de Saponé et Gonsé en 1990-1991, est en conformité avec les résultats de NANDNABA (1986). Ce dernier a montré lors d'une étude phytosociologique que le karité a exprimé un meilleur développement en plaine, sur sol de type ferrugineux tropical.

Au cours de nos observations à Kamboinsé aucun état phénologique ne semble varier d'un individu à l'autre en raison de la structure des arbres. Les particularités du comportement phénologique s'observent aussi bien chez les arbres à gros diamètre que chez les sujets à petit diamètre. L'arbre n°4 avec un diamètre du tronc de 0,52 m et l'arbre n°8 avec un diamètre du tronc de 0,30 m ont tous les deux gardé leur ancien feuillage jusqu'en avril avant de commencer à le perdre. Tous les autres arbres ont commencé à perdre leurs anciennes feuilles entre janvier et février. Les arbres à floraison, fructification ou maturation précoces ou tardives ne semblent présenter aucun caractère morphologique pouvant les différencier les uns des autres.

Tableau 6 : Données météorologiques à Kamboinsé de septembre 1992 à août 1993

Paramètres	MOIS											
	S92	O	N	D	J93	F	M	A	M	J	J	A93
Pluviométrie mensuelle (mm)	64,8	14,8	33,4	0	0	0,3	4,4	4,8	9,0	120,1	202,2	255,8
Nombre de jours pluvieux	8	4	3	0	0	1	2	1	3	10	13	15
Température maximale (°C)	37,5	38,5	36,0	37,0	36,5	38,0	42,0	42,0	43,0	38,5	35,5	34,0
Température minimale (°C)	21,5	16,0	13,0	09,5	09,0	12,5	14,5	18,0	24,0	19,5	19,0	20,5
Température moyenne (°C)	33,0	36,0	34,4	33,8	30,5	35,6	38,8	40,2	40,5	35,2	32,8	31,6
Humidité relative moyenne (%)	90	88	79	82	60	61	58	62	77	84	89	92
Ensoleillement : moyenne en heures/jour	8,23	10,02	9,26	9,8	9,75	8,5	9,01	9,13	10,22	8,83	7,93	7,12
Vitesse du vent (m/s)	0,55	0,6	0,75	0,81	1,36	1,9	1,7	2,10	1,8	1,2	0,9	0,56

Tableau 7 : Phénologie de 10 pieds de karités de décembre 1992 à juillet 1993 à Kamboinsé

N° Arbre	Diamètre à 1,30m (m)	Pleine feuillaison						Pleine floraison						Pleine fructification										
		Mois						Mois						Mois										
		D	J	F	M	A	M	J	J	D	J	F	M	A	M	J	J	D	J	F	M	A	M	J
1	0,45																							
2	0,47																							
3	0,55																							
4	0,52																							
5	0,48																							
6	0,34																							
7	0,32																							
8	0,30																							
9	0,48																							
10	0,55																							

— Durée optimale des phases de feuillaison, floraison et fructification.

1.2. LA PRODUCTION DU KARITE

1.2.1 - Les zones de production

Après les observations des peuplements et les contacts avec les populations (notamment les paysans) depuis 1990 , nous avons distingué sur la base de la période de récolte des fruits, trois grandes zones de production :

- **la zone du sud-ouest du Burkina** , regroupant essentiellement les provinces du Poni et de la Bougouriba. La maturité des fruits du karité y est très précoce. La récolte s'effectue de mi-avril à mi-juin . Au delà de cette période il n'y a pratiquement plus de fruits sur les arbres dans ces localités. Une éventuelle opération de collecte des amandes du karité devrait donc d'abord concerner cette zone;

- **la zone du sud et de l'ouest du pays**, regroupant surtout les provinces de la Sissili, du Houet, de la Comoé et du Mouhoun.
Les fruits mûrs du karité y sont cueillis de mi-juin à mi-juillet ;

- **la zone du centre et du nord du pays** où la récolte a lieu généralement entre mi-juillet et mi-septembre. Dans cette zone, le karité est donc plus tardif que dans l'ouest du pays; ce qui fait que la période de disponibilité en fruits est plus étalée que dans les autres localités. Par contre les rendements de la production sont généralement moins bons que dans les deux premières zones.

Il faut toutefois noter que la distinction de ces différentes zones est très indicative. Des observations phénologiques dans plusieurs localités de la zone d'étude pourraient mieux préciser ces informations.

1.2.2 - Evaluation de la production

Le suivi de la production de quelques pieds de karités a été effectué à la station de Kamboinsé. Ce suivi a eu lieu dans la même population que celle où nous avons fait l'étude du comportement phénologique. Les conditions climatiques sont donc celles déjà décrites pendant l'interprétation de la phénologie du karité à Kamboinsé (cf Tableau 6). Les résultats consignés dans le Tableau 7 semblent confirmer que la production est très variable d'un individu à l'autre.

La production de fruits frais par arbre va de 15,38 kg pour l'arbre n°14 à 137,68 kg pour l'arbre n°8 avec une moyenne de 48,65 kg pour l'ensemble des 15 arbres. Cette moyenne est supérieure aux chiffres de 15 à 20 kg donnés par RUYSSSEN (1957). Le poids moyen du fruit est de 26,80 g, valeur proche de la moyenne de 20 à 22 g donnée par RUYSSSEN (1957). Ce poids varie peu puisque l'écart-type n'est que de 4,58 avec un coefficient de variation de 17,08%. La variation de la quantité de fruits produits par arbre est très marquée. En effet la moyenne de 48,65 kg a un écart-type de 30,89 et un coefficient de variation de 63,49%.

Ce coefficient de variation assez élevé met en évidence la grande variabilité qui caractérise la production du karité d'un arbre à l'autre. La variation de la production s'observe également dans la taille et le nombre de fruits produits.

Le tableau 9 donne les valeurs du coefficient de corrélation r entre les caractères morphologiques et les caractères de la production des arbres. Des corrélations négatives et significatives existent entre :

- la Hauteur Totale (HT) et le Nombre Total de Fruits (NTF) avec $r = -0,484$.
- le Diamètre du tronc (D) et le Nombre Total de Fruits (NTF) avec $r = -0,413$.

Tableau 8 : Production de 15 individus de karité en 1993 à la station de Kamboinsé

N° Arbre	Hauteur totale (m)	Hauteur du fût (m)	Diamètre à 1,30m (m) du tronc	Diamètre du houppier (m)	Forme des fruits	Nombre total de fruits	Poids total des fruits (kg)	poids moyen du fruit (g)	Poids total des noix sèches (kg)	Poids moyen d'une noix sèche (g)	poids total des amandes sèches (kg)	Poids moyen d'une amande sèche (g)	Rapport Pds. amds/ pds. frts
1	11,5	2,04	0,45	9,67	A	858	20,25	23,60	2,15	2,50	1,45	1,68	0,071
2	7,5	2,63	0,36	6,59	O	2513	53,75	21,38	7,25	2,88	3,75	1,49	0,069
3	12,5	2,90	0,47	8,36	O	702	15,85	22,57	2,95	4,20	2,00	2,84	0,126
4	9,5	2,13	0,44	6,92	O	2565	61,43	23,94	16,30	6,35	8,80	3,43	0,143
5	9,0	2,37	0,43	7,54	O	1017	27,25	26,79	3,95	3,88	2,50	2,45	0,091
6	10,0	1,65	0,52	9,47	F	556	18,95	34,08	1,80	3,23	1,20	2,15	0,063
7	6,5	1,04	0,37	7,02	O	5785	137,68	23,79	26,70	4,61	16,05	2,77	0,116
8	8,5	1,48	0,48	7,21	F	3152	68,05	21,58	14,50	4,60	10,95	3,47	0,160
9	8,5	1,30	0,34	9,40	O	1555	41	26,36	5,65	3,63	3,45	2,21	0,084
10	8,0	2,40	0,32	7,48	F	3495	82,75	23,67	14,30	4,09	6,60	1,88	0,079
11	7,5	1,98	0,43	8,06	P	1214	35,5	29,24	5,00	4,11	3,90	3,21	0,109
12	7,0	1,55	0,38	7,69	F	1600	45,25	28,28	5,75	3,59	3,80	2,37	0,083
13	5,5	1,34	0,30	4,99	A	1827	48,65	26,62	8,10	4,43	5,25	2,87	0,107
14	10,0	2,25	0,48	8,05	F	418	15,38	36,79	3,70	8,85	2,60	6,22	0,16
15	13,0	2,40	0,55	7,87	O	1741	58,05	33,34	5,95	3,41	3,70	2,12	0,063
Moyenne par arbre	X=8,96 S=2,08 CV=23,21%	X=1,96 S=0,52 CV=26,53%	X=0,42 S=0,07 CV=16,66%	X=7,75 S=1,17 CV=15,09%		X=1933,2 S=1366,7 CV=70,69%	X=48,65 S=30,89 CV=63,49%	X=26,80 S=4,58 CV=17,08%	X=8,27 S=6,61 CV=79,92%	X=4,29 S=1,49 CV=34,73%	X=5,06 S=3,92 CV=77,41%	X=2,74 S=1,09 CV=39,78%	X=0,10 S=0,032 CV=32%

X = Moyenne

S = Ecart-type

CV = Coefficient de variation (%)

Pds = poids amds = amandes frts = fruits

A = Arrondie, O = Ovoide, F = Fusiforme, P = Piriforme

Ces deux valeurs de r permettent de penser que dans une population de karités les arbres bons producteurs sont plus petits que les autres. En effet dans les régions de l'ouest du Burkina, où les arbres sont plus petits que ceux du nord, la production y est généralement meilleure.

Une corrélation négative et significative existe entre le Nombre Total de Fruits (NTF) et le Poids Moyen du Fruit (PMF) avec $r = -0,506$. Ce qui veut dire que les arbres bons producteurs ont de petits fruits. Cette observation est illustrée par les arbres n°7 et n°10 qui ont produit respectivement 5785 fruits pesant 137,68 kg et 3495 fruits pesant 82,75 kg, valeurs très nettement supérieures aux valeurs moyennes. Les poids moyens du fruit de ces sujets n°7 et n°10 sont pourtant respectivement de 23,79 g et 23,67 g contre une moyenne de 26,80 g pour tous les 15 arbres. CHEVALIER (1943) signale effectivement que les petits fruits proviennent des arbres gros producteurs. Le nombre de fruits moins élevé chez les arbres à gros fruits pourrait s'expliquer par une insuffisance de la nutrition des jeunes fruits pendant le développement de l'inflorescence. Seuls quelques fruits parviennent à la maturité. Mais les vents et les fortes chaleurs sont également des facteurs néfastes sur la production du karité. Généralement tous les pieds de karité ont une floraison suffisante pour qu'on s'attende à une bonne production fruitière. Certains karités peuvent porter jusqu'à plus de 100 fleurs par inflorescence. De nombreuses autres raisons pourraient en partie expliquer la mauvaise production de certains arbres malgré une relative abondante floraison. D'après CHEVALIER (1948), la plupart des fleurs des inflorescences de certains arbres sont des fleurs mâles. Ces dernières seraient caractérisées par un style court inclus dans le bouton floral et tombent peu de temps après l'épanouissement. Les fleurs fertiles seraient d'après l'auteur caractérisées par un style saillant hors du bouton floral. Il se pourrait également que certaines fleurs ne soient pas fécondées.

Tableau 9 : Corrélations entre les caractères morphologiques et les caractères de la production

	HT	HF	D	DH	NTF	PTF	PMF	PTN	PMN	PTA	PMA
HT	1										
HF	0,588*	1									
D	0,783*	0,314*	1								
DH	0,591*	0,085	0,463*	1							
NTF	-0,484*	-0,391*	-0,413*	-0,462*	1						
PTF	-0,464*	-0,420*	-0,380*	-0,457*	-0,986*	1					
PMF	0,243	-0,031	0,470*	0,280	-0,506*	-0,391*	1				
PTN	-0,445*	-0,408*	-0,331*	-0,478*	0,959*	0,946*	-0,441	1			
PMN	-0,019	0,032	0,126	-0,224	-0,016	-0,013	0,358*	0,202	1		
PTA	-0,450*	-0,496*	-0,250	-0,472*	0,928*	0,913*	-0,420*	0,975*	0,212	1	
PMA	0,015	-0,043	0,245	-0,105	-0,169	-0,165	0,449*	0,033	0,942*	0,106	1

* Corrélations significatives pour ddl = n-1 = 14 et 2 = 5%

HT	=	Hauteur total	PMF	=	Poids moyen du fruit
HF	=	Hauteur du fût	PTN	=	Poids total de noix
D	=	Diamètre du tronc	PMN	=	Poids moyen d'une noix
DH	=	Diamètre du houppier	PTA	=	Poids total d'amandes
NTF	=	Nombre total de fruits	PMA	=	Poids moyen d'une amande
PTF	=	Poids total de fruits			

Par rapport à la floraison il est à noter que les sujets n°3 et n°6 ont fleuri jusqu'à la fin du mois de Mai mais leur production a été médiocre. Ce qui est conforme aux observations de DESMAREST (1958) qui écrit que plus la floraison est tardive, plus la récolte est médiocre. Mais il ne semble pas justifié de dire que les arbres qui fleurissent assez tôt produisent mieux. En effet l'arbre n°14 par exemple était en pleine floraison dès le mois de Février mais il n'a totalisé que 418 fruits pesant 15,38 kg. D'après DESMAREST (1958) 15 % des arbres dans une population de karités donnée, sont bons producteurs réguliers. Dans notre échantillon nous constatons que 33,33 % des individus ont produit plus de 50 kg de fruits par arbre. Cette quantité de 50 kg est nettement supérieure à la valeur moyenne de 20 kg donnée par RUYSSSEN (1957). Cette différence pourrait se justifier par le fait que la production du karité est variable selon les individus et selon les années.

Pour les noix sèches le poids total obtenu par arbre varie entre un minimum de 1,80 kg et un maximum de 26,70 kg avec une moyenne de 8,27 kg. L'écart-type de 6,69 et le fort coefficient de variation de 79,92 % montrent que le rendement en noix sèches est également très variable. D'après RUYSSSEN (1957) la perte de poids à la dessiccation des noix fraîches est de l'ordre de 40 à 50 %. C'est ce qui explique que le poids de noix sèches obtenues par arbre soit nettement inférieur au poids des fruits. Une haute corrélation positive et significative ($r = 0,946$) existe entre le Poids Total des Noix (PTN) et le Poids Total des Fruits (PTF) ; ce qui laisse supposer que les arbres bons producteurs de fruits sont également les meilleurs producteurs de noix sèches. La moyenne de la production d'amandes sèches par arbre est de 5,06 kg avec un minimum de 1,20 kg et un maximum de 16,05 kg. Cette moyenne est proche de la valeur de 3 à 4 kg donnée par RUYSSSEN (1957). L'écart-type de 3,92 et le fort coefficient de variation de 77,47 % mettent en évidence une grande variabilité d'un sujet à l'autre. Une haute corrélation positive et significative ($r = 0,975$) existe entre le Poids Total de Noix sèches (PTN) et le Poids Total d'Amandes sèches (PTA). Ce qui permet de dire que les arbres bons producteurs de fruits ou de noix sont également les meilleurs producteurs d'amandes sèches. Le rapport quantité d'amandes sur quantité de fruits montre l'importance de la production d'amandes par rapport à la production

de fruits. Pour l'ensemble des 15 arbres de notre échantillon nous avons une moyenne du rapport Poids d'amandes sèches sur poids des fruits frais qui est de 0,10.

Cette valeur se situe hors de l'intervalle de 0,15 à 0,20 donné par RUYSSSEN (1957). L'écart-type et le coefficient de variation sont faibles avec des valeurs respectives de 0,032 et 32 % . Ce qui permet de dire que la variation de ce rapport n'est pas très marquée d'un individu à l'autre.

Dans certaines régions de la zone d'étude nous avons observé de nombreux phénomènes concernant la production de l'arbre. Malgré la mauvaise production constatée au cours des campagnes 1990 et 1991 certaines régions ont été exceptionnelles. En effet, la région de Léo en 1990 et certains villages autour de Ouagadougou et Koudougou en 1991, ont enregistré une bonne production. Pourtant d'autres localités très proches et presque dans les mêmes conditions stationnelles n'ont pas enregistré une bonne production. L'explication de la variabilité de la production du karité devient encore plus difficile avec les phénomènes que nous avons observés depuis 1990. En effet, dans certaines localités, quelques arbres portaient toujours des fruits longtemps après les périodes habituelles. C'est notamment dans les villages situés dans les régions de Ouagadougou et Koudougou où nous avons trouvé des arbres en fruits aux mois d'octobre et novembre. Les observations visuelles n'ont pas permis de trouver des différences caractéristiques entre ces arbres particuliers et les autres arbres voisins. Pourtant d'après la bibliographie sur le karité la récolte des fruits tardifs ne s'étale pas au delà du mois de septembre. Ce qui montre que les arbres ainsi repérés ont un comportement particulier.

C'est pourquoi quelques arbres témoins de la production tardive ont été marqués en 1990 et leur comportement suivi en 1991. Nous avons pu alors constater que le phénomène s'est répété. En effet dans les mêmes localités, notamment au village de Yagma et à Koudougou, nous avons récolté des fruits les 8 et 9 octobre 1991. Mais ces fruits n'appartenaient pas aux arbres que nous avons déjà marqués. Les arbres marqués n'ont pas présenté un comportement particulier. Ils ont produit mais aucun ne portait encore des fruits en octobre. Les karités ayant des fruits en octobre ou novembre pourraient être des individus dont la maturation des fruits est très échelonnée dans le

temps. Il se pourrait également que leur fructification soit influencée par la variation des phénomènes climatiques. Il faudrait donc quelques années d'observations des mêmes pieds pour tirer une conclusion sur ces sujets exceptionnellement très tardifs. A Sinsingdin, un village de la région de Saaba, à l'est de Ouagadougou, nous avons repéré des arbres en floraison depuis fin septembre, début octobre 1991. A la date du 8 octobre 1991 certains de ces sujets avaient des fleurs épanouies. Deux mois plus tard, précisément le 6 décembre 1991, certains de ces arbres portaient de gros fruits bien développés.

Cette production serait, selon les populations de la dite localité, une seconde production qui caractérise ces arbres. PICASSO (1984) et BONKOUNGOU (1987) avaient déjà signalé la présence de tels arbres dans les régions de Koupéla et Saaba. Les arbres que nous avons repérés à Sinsingdin devraient être suivis pendant plusieurs saisons. Ce qui permettra d'avoir plus de précisions sur cette éventuelle double production. Si tous ces différents phénomènes se trouvaient confirmés par une poursuite des observations pendant encore quelques années nous pourrions dire que la production du karité s'étale sur presque toute l'année.

Nous pouvons déjà dire que dans certaines localités des régions de Ouagadougou et Koudougou il est possible de récolter des fruits de karité en Septembre et Octobre, quelquefois même en novembre. Les sujets produisant très précocement ou très tardivement peuvent être intéressants pour la production de plants par les graines.

En effet, les graines des fruits récoltés de ces arbres pourraient contribuer à étaler la période de disponibilité en semences. La conservation des graines de karité est un sérieux problème parce que leur durée de vie est très courte.

De toutes les observations menées, il ressort un certain nombre d'éléments tendant à confirmer l'extrême variabilité de la production du karité. Les coefficients de variation des différentes moyennes sont très forts. La quantité de fruits produits par un arbre, avec un échantillon de 15 pieds de karité, est en moyenne de 48,65 kg avec un écart-type de 30,89 et un coefficient de variation de 63,49 % . Le poids moyen d'amandes sèches par arbre est de 5,06 kg avec un écart-type de 3,92 et un coefficient

de variation de 77,47 % . Ces différentes valeurs sont différentes de celles données par RUYSSSEN (1957). Ce dernier a établi des rapports entre les quantités portant sur les fruits frais, les noix fraîches, les noix sèches et les amandes sèches. Pour l'auteur, 100 kg de fruits frais donnent 50 kg de noix fraîches, qui donnent 30 kg de noix sèches contenant 15 à 20 kg d'amandes sèches. Les 15 à 20 kg d'amandes sèches donneraient environ 7,5 kg de beurre selon l'extraction industrielle et 3,6 kg de beurre selon l'extraction traditionnelle.

A travers ces différents résultats il convient de tirer en conclusion quelques remarques sur la phénologie et la production des arbres. Malgré les résultats déjà publiés par quelques auteurs tels que RUYSSSEN (1957) et PICASSO (1984) le karité présente un comportement phénologique encore très insuffisamment étudié. En effet il n'existe toujours pas une explication très claire sur l'extrême variabilité phénologique qui se manifeste non seulement d'un individu à un autre mais également au sein d'un même individu. Le rendement de la production des arbres révèle aussi une grande variabilité d'un sujet à un autre, à l'intérieur d'un même peuplement. Selon les années certaines régions de l'aire du karité enregistre de meilleures productions par rapport à d'autres, même à l'intérieur d'une zone climatique donnée. Il apparaît donc nécessaire d'approfondir les observations pour voir quels sont les facteurs internes et externes qui influencent la phénologie et la production des arbres chez le karité.

II - VARIABILITE DE QUELQUES CARACTERES

2.1 - CARACTERES MORPHOLOGIQUES DES ARBRES

La distribution de l'ensemble des arbres pour les caractères dendrométriques est présentée à la fig.9. L'analyse de variance pour quelques caractères est présentée au tableau 11. Les statistiques élémentaires des différentes variables sont données dans le tableau de l'annexe 5 dont le résumé est donné par le tableau ci-dessous.

Tableau 10: Statistiques élémentaires relatives aux caractères dendrométriques

Caractère	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	Coefficient de variation	F
D (m)	0,05	1,02	0,30	0,15	50 %	15,78*
HF (m)	1,10	4,50	2,01	0,59	29,3 %	7,28*
HT (m)	4,00	21,50	10,17	3,74	34,9 %	17,56*
HH (m)	2,28	19,42	8,71	3,52	40,4 %	16,79*
DH (m)	3,00	16,80	8,29	2,54	30,6 %	11,93*

* Différence significative à 5% entre les sites

2.1.1 - Le diamètre du tronc à 1,30 m (D)

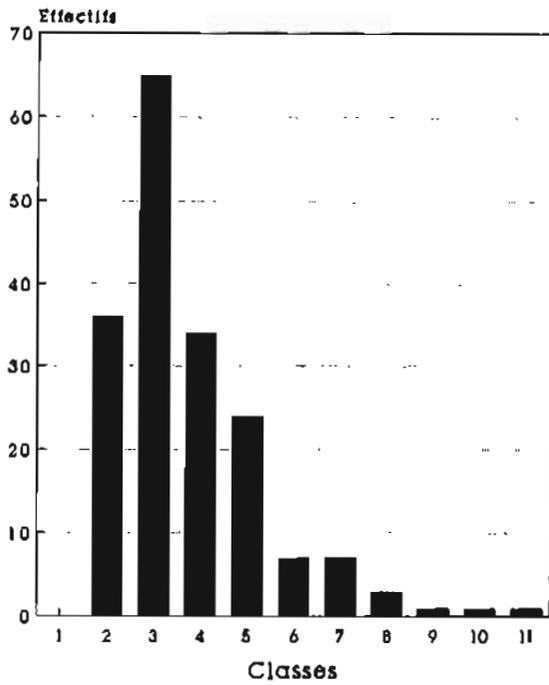
Au regard du tableau en annexe 5 nous constatons que sur l'ensemble de la zone d'étude le caractère diamètre du tronc a une moyenne de 0,30 m avec un minimum de 0,05 m et un maximum de 1,02 m.

La fig.(9 a) montre la distribution de l'ensemble des arbres pour le caractère diamètre du tronc. La plupart des individus soit 90 % de l'effectif total ont un diamètre du tronc compris entre 0,05 et 0,45 m. L'analyse de variance montre qu'il y a une différence significative entre les sites pour ce caractère. L'écart-type de 0,15 semble être faible. Mais le coefficient de variation de 50 % est très élevé. Ce qui montre qu'entre les différents peuplements il existe une très grande variabilité phénotypique pour le diamètre du tronc.

Les valeurs du coefficient de variation à l'intérieur des différents peuplements vont de 21,8 % pour le site de Diébougou à 45,4 % pour le site de Koumi. Ces valeurs inférieures à 50 % traduisent une variabilité relativement moins importante au niveau intra peuplement. La variabilité à l'intérieur des peuplements est illustrée par la fig.10. Nous constatons qu'à l'intérieur des peuplements du nord du Burkina Faso la variabilité du tronc est plus importante que dans les peuplements de l'ouest. La plupart des valeurs sont en plus supérieures à la moyenne de 0,30 m pour l'ensemble des peuplements.

a) Diamètre du tronc à 1,30m (D)

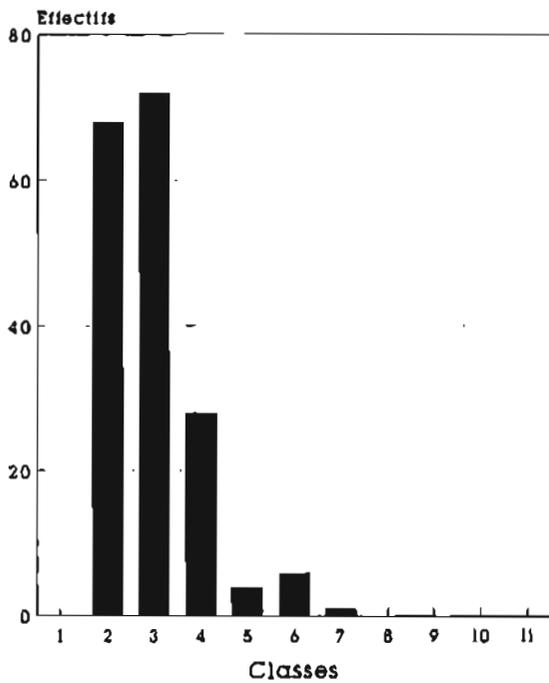
Signification des classes



1 : 0,00-0,05 m	6 : 0,45-0,56
2 : 0,05-0,15	7 : 0,55-0,66
3 : 0,15-0,25	8 : 0,65-0,76
4 : 0,25-0,35	9 : 0,75-0,86
5 : 0,35-0,45	10 : 0,85-0,95
	11 : 0,95-1,05

b) Hauteur du Fût (HF)

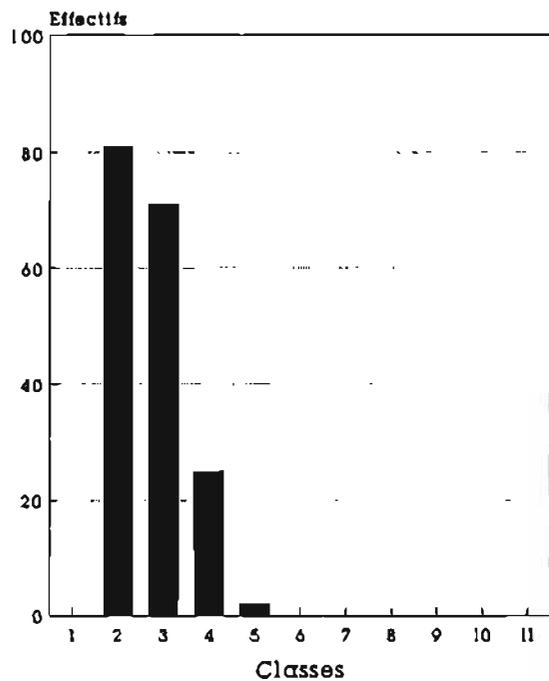
**Signification des classes
HF**



1:0,00-1,10 m
2:1,10-1,60
3:1,60-2,10
4:2,10-2,60
5:2,60-3,10
6:3,10-3,60
7:3,60-4,10

Fig. 9- Distribution des arbres pour quelques caractères dendrométriques

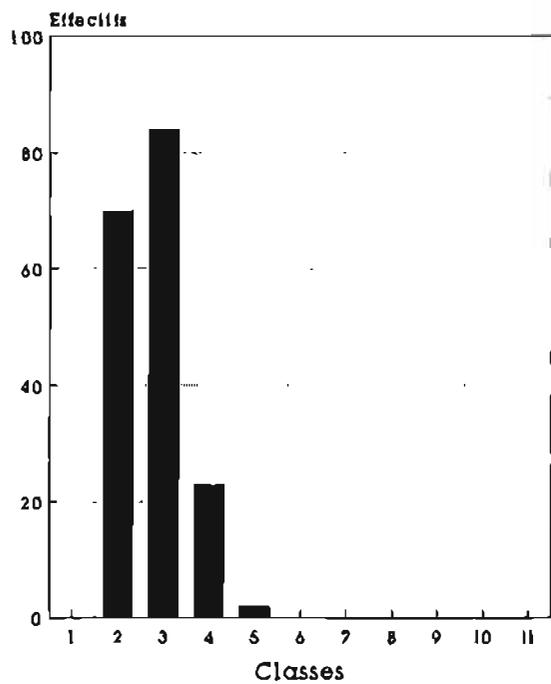
c) Hauteur Totale (HT)



Signification des classes HT

1:0,00-4,00 m
 2:4,00-9,00
 3:9,00-14,00
 4:14,00-19,00
 5:19,00-24,00

d) Diamètre du Houppier (DH)



Signification des classes DH

1:0,00-3,00 m
 2:3,00-7,00
 3:7,00-11,00
 4:11,00-15,00
 5:15,00-19,00

Fig. 1.9 (suite)

L'importance des diamètres du tronc des arbres au nord du pays pourrait s'expliquer par les conditions environnementales. Les champs ayant été mis en place depuis des périodes très anciennes le karité a pendant longtemps bénéficié des soins apportés aux cultures et du manque de compétition avec d'autres espèces.

2.1.2 - La hauteur du fût (HF)

La moyenne pour l'ensemble des sites est de 2,01 m avec un minimum de 1,10 m et un maximum de 4,50 m.

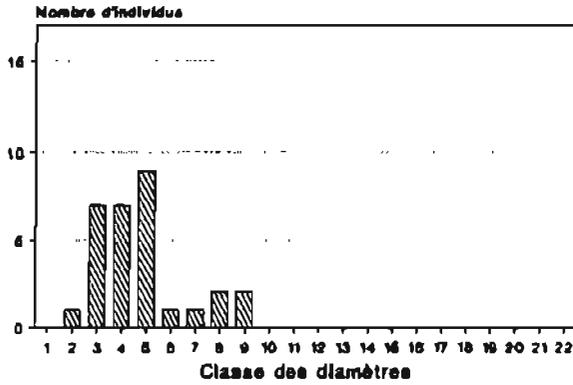
La fig.9 b présente la distribution de l'ensemble des arbres pour le caractère hauteur du fût. Une très grande majorité des individus soit 93 % ont une hauteur du fût se situant dans l'intervalle de 1,10 à 2,60 m. L'analyse de variance montre qu'il y a une différence significative entre les sites pour ce caractère. L'écart-type relativement faible est de 0,59 ; ce qui permet de penser que sur l'ensemble de la zone d'étude, la hauteur du fût accuse une faible variation. Le coefficient de variation qui n'est que de 29,3 % montre effectivement que ce caractère est peu variable au niveau inter peuplements.

Les valeurs du coefficient de variation pour les différents sites permettent d'apprécier la variabilité intra peuplement. Ces valeurs vont de 13,9 % pour le site de Dindéresso à 32,2 % pour le site de Ouahigouya. Nous pouvons donc dire que la variabilité phénotypique du caractère hauteur du fût est également faible au niveau intra peuplement.

2.1.3 - La hauteur totale de l'arbre (HT)

D'après le tableau en annexe 5 la moyenne pour l'ensemble des sites est de 10,71 m. Cette valeur est bien dans l'intervalle de 10 à 15 m où RUYSSSEN (1957) situe la valeur moyenne de la hauteur totale du karité. Les valeurs extrêmes que nous avons observées sont de 4 m pour le minimum et 21,50 m pour le maximum.

FIGURE 1 - Classe des diamètres à 1,30 m sur le site de Niangoloko



SIGNIFICATION DES CLASSES DE DIAMETRE

1 : 0,00 à 0,05 m	12 : 0,65 à 0,80 m
2 : 0,05 à 0,10 m	13 : 0,60 à 0,65 m
3 : 0,10 à 0,15 m	14 : 0,65 à 0,70 m
4 : 0,15 à 0,20 m	15 : 0,70 à 0,75 m
5 : 0,20 à 0,25 m	16 : 0,75 à 0,80 m
6 : 0,25 à 0,30 m	17 : 0,80 à 0,85 m
7 : 0,30 à 0,35 m	18 : 0,85 à 0,90 m
8 : 0,35 à 0,40 m	19 : 0,90 à 0,95 m
9 : 0,40 à 0,45 m	20 : 0,95 à 1,00 m
10 : 0,45 à 0,50 m	21 : 1,00 à 1,05 m
11 : 0,50 à 0,55 m	22 : 1,05 à 1,10 m

FIGURE 2 - Classe des diamètres à 1,30m sur le site de Banfora

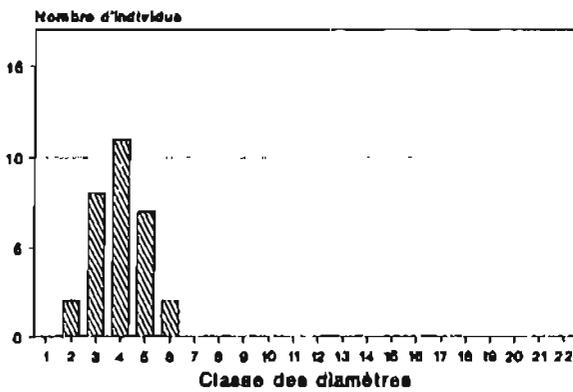


FIGURE 4 - Classe des diamètres à 1,30m sur le site de Dindresso

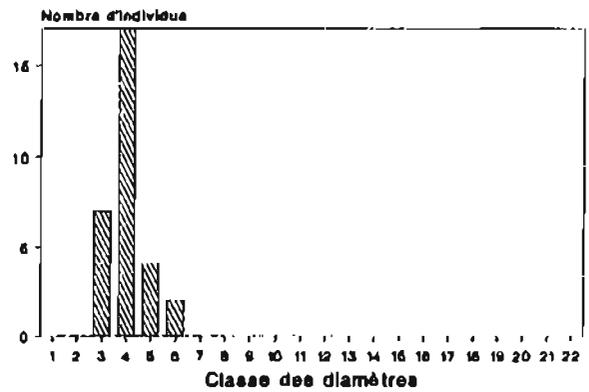


FIGURE 3 - Classe des diamètres à 1,30m sur le site de Diébougou

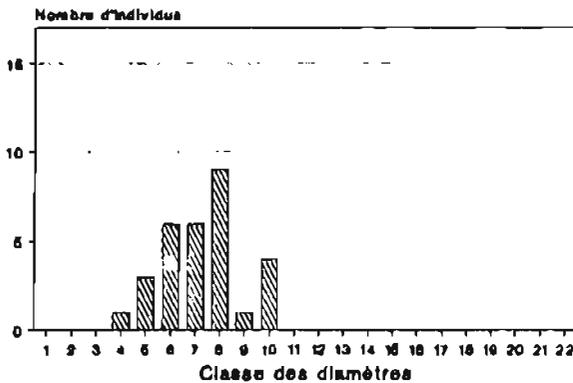


FIGURE 5 - Classe des diamètres à 1,30m sur le site de Koumfi

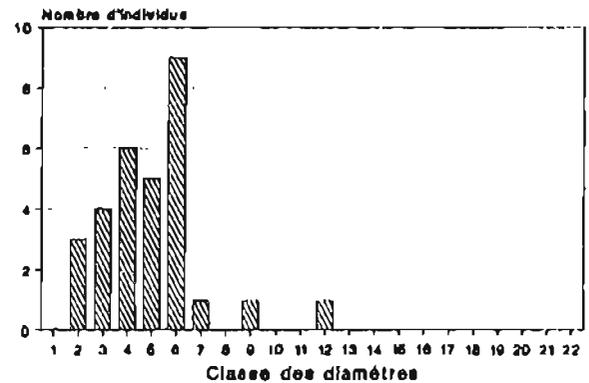


Fig.10 : Distribution des arbres par site selon le diamètre du tronc à 1,30 m.

FIG10.6-Classe des diamètres à 1,30m sur le site de Léo

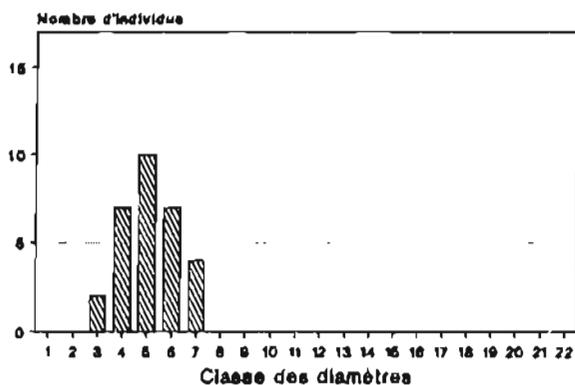


FIG10.9-Classe des diamètres à 1,30m sur le site de Dédougou

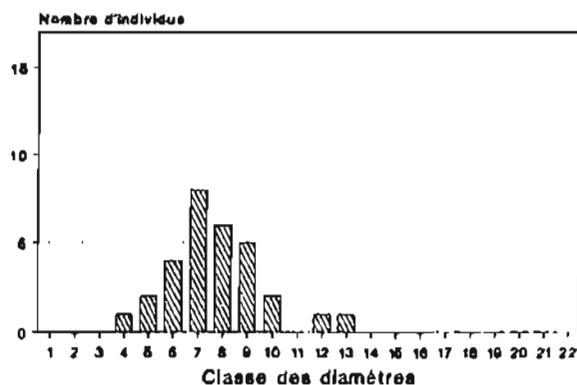


FIG10.7-Classe des diamètres à 1,30m sur le site de Saponé

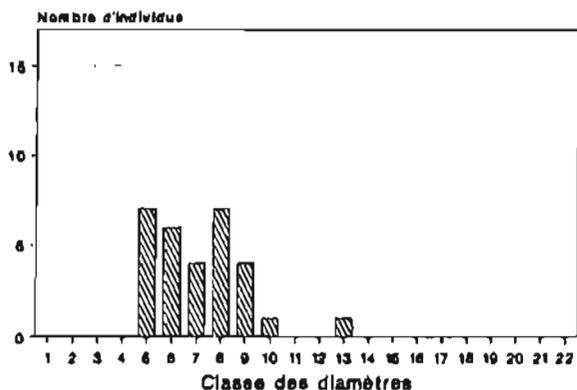


FIG10.10-Classe des diamètres à 1,30m sur le site de Tougan

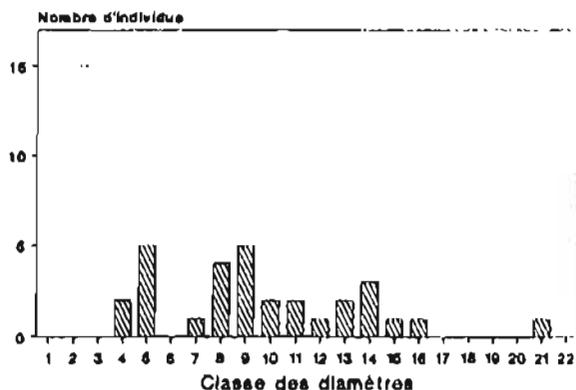


FIG10.8-Classe des diamètres à 1,30m sur le site de Gonsé

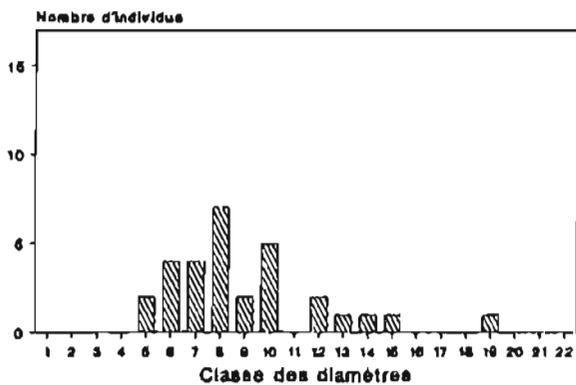


FIG10.11-Classe des diamètres à 1,30m sur le site de Ouahigouya

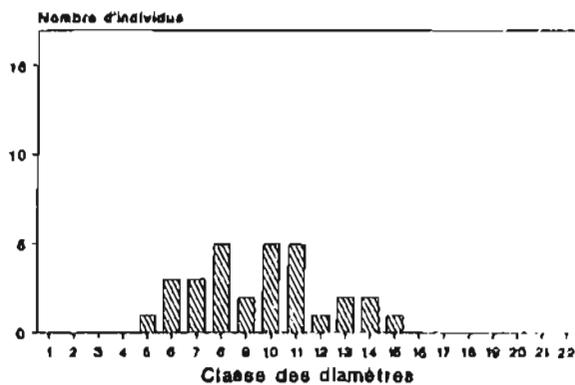


Fig.10 : (Suite)

L'histogramme à la fig.9 c concerne la distribution de l'ensemble des arbres pour la hauteur totale. D'après cette figure la plupart des individus soit 85 % ont une hauteur comprise entre 4 et 14 m. L'analyse de variance a montré qu'il y a une différence significative entre les sites pour ce caractère. L'écart-type de 3,14 laisse penser que la taille du karité est assez variable sur l'ensemble de la zone d'étude. Le coefficient de variation est de 34,9 %. Cette valeur assez élevée montre que la taille des arbres est variable d'un site à l'autre c'est-à-dire au niveau interpeuplements.

Dans le même site les valeurs du coefficient de variation sont plus faibles que celles existant pour l'ensemble des sites. En effet ces valeurs varient de 13,8 % pour le site de Diébougou à 32 % pour le site de Tougan. Nous pouvons donc dire qu'au niveau intrapeuplement il y a une variabilité moins importante pour la hauteur des arbres. Cette faible variabilité phénotypique à l'intérieur des peuplements est conforme aux observations de RUYSSSEN (1957) selon lesquelles les peuplements de karité de terrains cultivés présentent le plus souvent des arbres d'âge et de taille assez homogènes.

2.1.4 - Le diamètre du houppier (DH)

Pour l'ensemble de la zone d'étude la moyenne est de 8,29 m avec des valeurs extrêmes de 3 m pour le minimum et 16,80 m pour le maximum.

La distribution de l'ensemble des arbres pour le caractère diamètre du houppier est présentée par l'histogramme à la fig.9 d. La majorité des individus soit 86 % ont un diamètre du houppier situé entre 3 et 15 m. L'analyse de variance révèle qu'il y a une différence significative entre les sites pour ce caractère. Au regard de ces valeurs on peut constater que la surface de recouvrement du houppier^{est} importante autour du tronc de l'arbre. L'écart-type est de 2,57 et laisse croire que les données sont dispersées autour de la moyenne. Le coefficient de variation de 30,6 % est relativement peu élevé. Mais il montre que le diamètre du houppier est variable d'un site à l'autre. Cette variabilité phénotypique interpeuplement est probablement liée à la taille des arbres. Dans les peuplements plus âgés les arbres ont mieux extériorisé leur potentiel de croissance et présentent par conséquent un houppier plus développé.

Tableau 11 : Analyse de variance de quelques caractères morphologiques des arbres

Analyse de variance	VARIABLES							
	D1,30 (m)		HF (m)		HT (m)		DH (m)	
Valeur de F observée	15,78		7,28		17,56		11,93	
Test de signification de F (5%)	S		S		S		S	
Moyennes des sites	Moyennes	Sites	Moyennes	Sites	Moyennes	Sites	Moyennes	Sites
	0,16	2	1,65	2	7,29	2	6,32	2
	0,17	4	1,65	4	7,95	5	6,69	4
	0,20	1	1,76	5	7,96	7	6,76	5
	0,22	5	1,81	1	8,48	4	7,00	7
	0,22	6	1,94	6	8,74	6	7,31	6
	0,32	3	1,94	3	10,59	1	7,63	1
	0,33	7	1,99	8	10,87	8	8,96	3
	0,35	9	2,11	7	12,90	9	9,56	8
	0,41	8	2,36	11	13,26	3	9,95	9
0,45	11	2,37	10	14,86	11	10,32	10	
0,45	10	2,49	9	14,96	10	10,67	11	

S = Significatif

HT = Hauteur Totale

D = Diamètre

DH = Diamètre du Houppier

HF = Hauteur du Fût

Sites d'observations :

1 = Niangoloko; 2 = Banfora; 3 = Diébougou;

4 = Dindéresso; 5 = Koumi; 6 = Léo; 7 = Saponé;

8 = Gonsé; 9 = Dédougou; 10 = Tougan;

11 = Ouahigouya;

L'examen des données site par site dans le tableau en annexe 5 permet d'apprécier la variabilité à l'intérieur des différents peuplements. Les valeurs du coefficient de variation vont de 20,3 % pour le site de Diébougou à 30,3 % pour le site de Koumi. Ces valeurs sont pour la plupart légèrement inférieures à la valeur de 30,6 % concernant l'ensemble des sites. Nous pouvons donc dire qu'au niveau intrapeuplement il n'existe pas une grande variabilité des arbres pour le diamètre du houppier.

2.2 - CARACTERES DES FEUILLES DES ARBRES

La fig.11 montre la distribution de l'ensemble des arbres pour les caractères des feuilles. L'analyse de variance pour quelques caractères est présentée au Tableau 13. Les statistiques élémentaires des différentes variables sont données dans le Tableau de l'annexe 6 dont le résumé se trouve dans le tableau ci-dessous.

Tableau 12: Statistiques élémentaires relatives aux caractères des feuilles

Caractère	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	Coefficient de variation	F
NF	9	34	18,86	5,10	27 %	13,44*
LPE (cm)	4,43	9,79	6,95	1,07	15,3 %	5,88*
LLM (cm)	10,18	20,31	13,72	1,65	12 %	3,01*
LALM (cm)	3,02	6,64	4,39	0,62	14,12 %	5,34*
NPN	27	63	39,75	6,64	16,7 %	12,43*

* Différence significative à 5% entre les sites

2.2.1 - Le nombre de feuilles par rameau (NF)

La moyenne pour l'ensemble de la zone d'étude est de 19 avec des valeurs extrêmes de 9 pour le minimum et 34 pour le maximum.

La fig.(11 a) concerne la distribution pour l'ensemble des sites du nombre de feuilles par rameau. La plus grande fréquence pour ce caractère est située dans la

classe de 9 à 19 feuilles qui concerne 68 % de l'effectif total. L'analyse de variance révèle une différence significative entre les sites pour le nombre de feuilles par rameau. La valeur moyenne de 19 feuilles par rameau est proche de l'intervalle de 20 à 30 donné par RUYSSSEN (1957). L'écart-type de 5,10 laisse penser que les données sont très dispersées autour de la moyenne. Mais le coefficient de variation de 27 % montre qu'au niveau inter peuplements ce caractère n'est pas très variable.

A l'intérieur des peuplements nous notons des valeurs du coefficient de variation qui varient de 15,5 % pour le site de Gonsé à 26,6 % pour le site de Koumi. Ces valeurs pour la plupart bien inférieures à 27 % font apparaître qu'au niveau intrapeuplement la variabilité pour ce caractère est également faible.

2.2.2 - La longueur du pétiole (LPE)

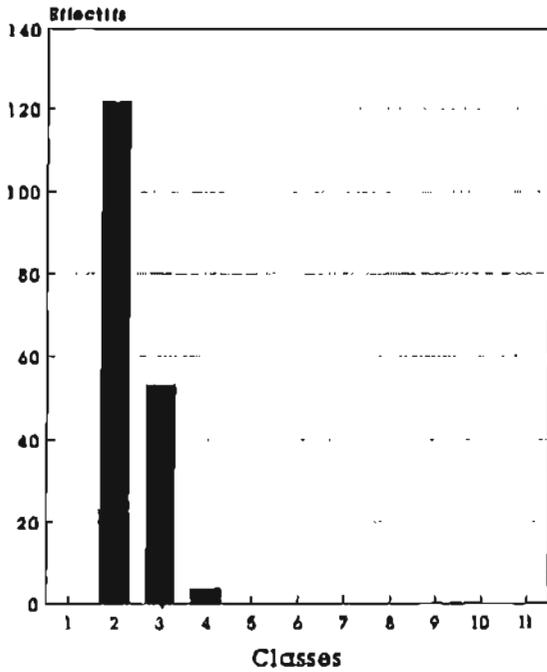
La longueur moyenne du pétiole sur l'ensemble de la zone d'étude est de 6,95 cm entre un minimum de 4,43 cm et un maximum de 9,79 cm. Cette moyenne se situe dans l'intervalle de 5 à 15 cm donné par RUYSSSEN (1957).

L'histogramme de la fig. 11 b montre la distribution sur l'ensemble des sites pour le caractère longueur du pétiole. La plus grande fréquence pour ce caractère concerne la classe de 5,93 à 7,43 cm qui représente environ 52 % de l'ensemble des individus. L'analyse de variance montre une différence significative entre les sites pour ce caractère. L'écart-type de 1,07 laisse penser que les données sont peu dispersées autour de la moyenne. Le coefficient de variation de 15,3 % montre effectivement que la longueur du pétiole est peu variable d'un site à l'autre. La variabilité interpeuplements est donc peu marquée pour ce caractère.

A l'intérieur des peuplements les valeurs du coefficient de variation vont de 11,1 % pour le site de Banfora à 18,7 % pour le site de Ouahigouya. Ces faibles valeurs dans les différents sites montrent qu'au niveau intrapeuplement il existe également une faible variabilité pour la longueur du pétiole des feuilles.

a) Nombre de feuilles du rameau (NF)

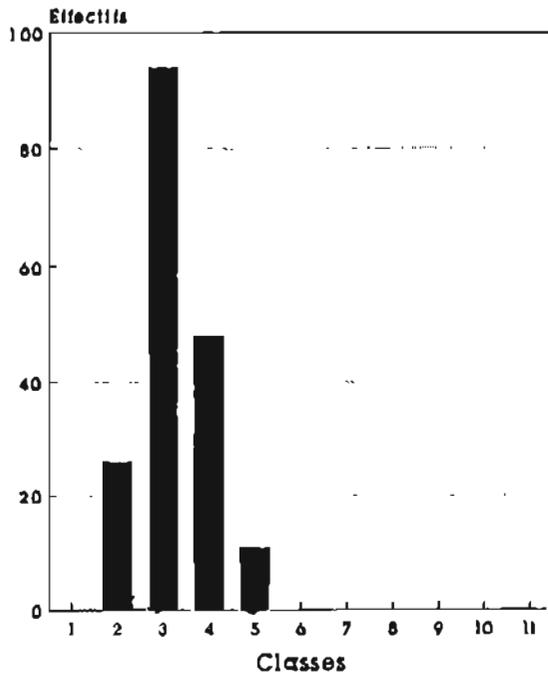
**Signification des classes
NF**



- 1:0,00-9,00
- 2:9,00-19,00
- 3:19,00-29,00
- 4:29,00-39,00

b) Longueur du pétiole (LPE)

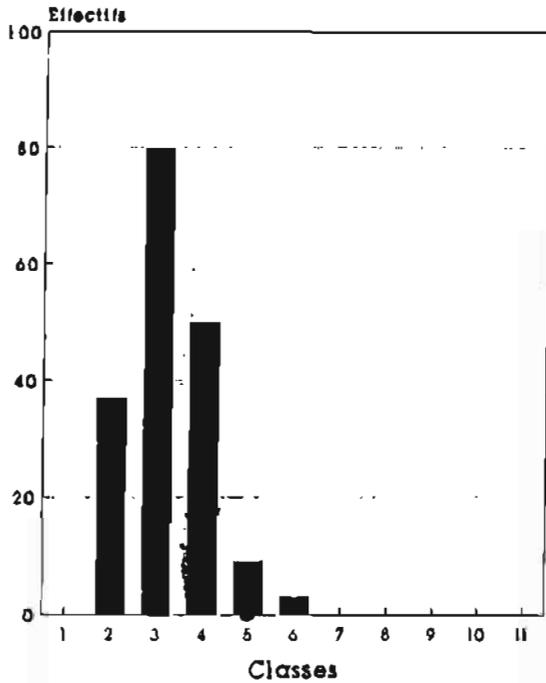
**Signification des classes
LPE**



- 1:0,00-4,43 cm
- 2:4,43-5,93
- 3:5,93-7,43
- 4:7,43-8,93
- 5:8,93-10,43

Fig . 11- Distribution des arbres pour quelques caractères des feuilles

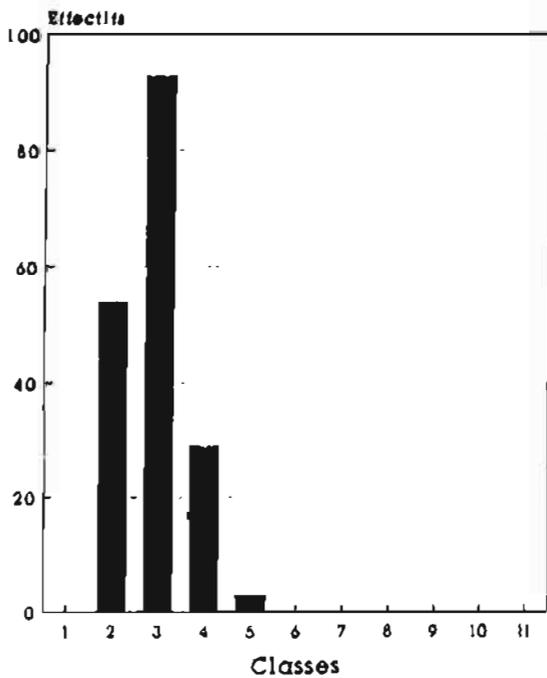
c) Longueur du limbe (LLM)



Signification des classes LLM

- 1:0,00-10,18 cm
- 2:10,18-12,18
- 3:12,18-14,18
- 4:14,18-16,18
- 5:16,18-18,18
- 6:18,18-20,18

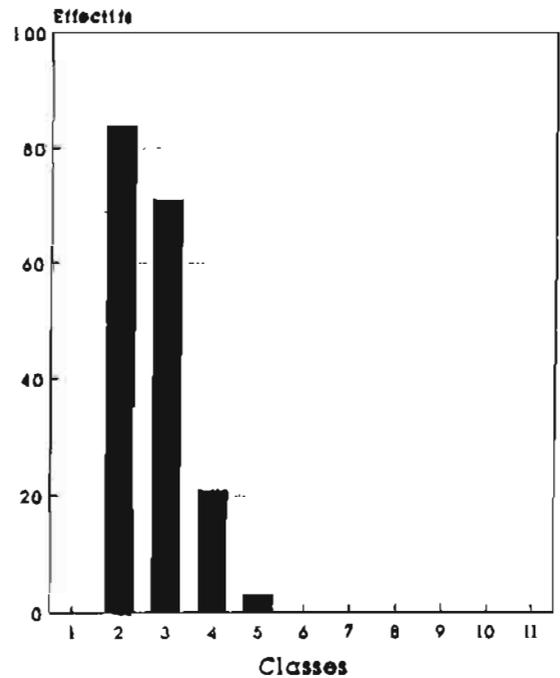
d) Largeur du limbe (LAL)



Signification des classes LAL

- 1:0,00-3,02 cm
- 2:3,02-4,02
- 3:4,02-5,02
- 4:5,02-6,02
- 5:6,02-7,02

e) Nombre de paires de nervures (NPN)



Signification des classes NPN

- 1:0,00-27,00
- 2:27,00-37,00
- 3:37,00-47,00
- 4:47,00-57,00
- 5:57,00-67,00

Fig.11 : (suite)

2.2.3 - La longueur du limbe (LLM)

La longueur moyenne du limbe pour l'ensemble des arbres est de 13,72 cm entre un minimum de 10,18 cm et un maximum de 20,31 cm. Cette moyenne se situe dans l'intervalle de 10 à 30 cm donné par RUYSSSEN (1957).

La fig. 11 c présente la distribution de l'ensemble des arbres pour la longueur du limbe. De très nombreux individus ont des feuilles dont la longueur du limbe se situe entre 12,18 et 16,18 cm. Cet intervalle représente 72,6 % de l'effectif total. L'analyse de variance révèle qu'il y a une différence significative entre les sites pour ce caractère. L'écart-type de 1,65 semble montrer que les valeurs sont dispersées autour de la moyenne. Mais le coefficient de variation qui est de 12 % montre que la longueur du limbe présente une faible variabilité sur l'ensemble de la zone d'étude.

L'examen des données à l'intérieur des peuplements montre que les valeurs du coefficient de variation vont de 9,2 % pour le site de Banfora à 16,6 % pour le site de Gonsé. Ces valeurs pour la plupart inférieures à 12 % montrent une variabilité intrapeuplement également faible pour la longueur du limbe.

2.2.4 - La largeur du limbe (LAL)

La valeur moyenne est de 4,39 cm avec des valeurs extrêmes de 3,02 cm pour le minimum et 6,64 cm pour le maximum. Cette moyenne est située dans l'intervalle de 3 à 7 cm donné par RUYSSSEN (1957).

L'histogramme à la fig. 11d concerne la distribution des arbres pour la largeur du limbe. La plupart des arbres ont des feuilles dont la largeur du limbe est comprise entre 3,02 et 5,02 cm. Cet intervalle représente 82,12 % de l'effectif total. L'analyse de variance montre une différence significative entre les sites pour ce caractère. L'écart-type de 0,62 permet de penser que les valeurs de la largeur du limbe sont peu dispersées autour de la moyenne. Le coefficient de variation qui est de 14,12 % montre

effectivement que ce caractère est peu variable d'un site à l'autre. La variabilité interpeuplements est donc faible pour la largeur du limbe.

L'examen des données site par site permet de constater que les valeurs du coefficient de variation varient de 8,3 % pour le peuplement de Banfora à 15,9 % pour le peuplement de Tougan. Ces valeurs révèlent qu'il y a également une faible variabilité à l'intérieur des sites pour la largeur du limbe des feuilles des arbres.

Tableau 13 : Analyse de variance de quelques caractères des feuilles des arbres

Analyse de variance	VARIABLES									
	LPE (cm)		LLM (cm)		LALM (cm)		NPN		NF	
Valeur de F observée	5,88		3,01		5,34		12,43		13,44	
Test de signification de F (5%)	S		S		S		S		S	
Moyennes des sites	Moyennes	Sites	Moyennes	Sites	Moyennes	Sites	Moyennes	Sites	Moyennes	sites
	6,26	10	12,83	3	4,11	3	35,07	7	14,17	8
	6,35	3	13,08	9	4,14	4	35,80	5	15,53	3
	6,48	11	13,20	4	4,21	7	35,97	3	16,43	6
	6,66	4	13,43	11	4,23	9	36,73	6	16,87	5
	6,78	6	13,77	10	4,29	2	36,97	4	17,23	1
	7,03	9	13,77	1	4,34	5	38,57	2	18,40	4
	7,14	8	13,94	2	4,38	11	40,10	8	18,90	7
	7,33	5	14,02	5	4,39	10	41,10	11	19,53	9
	7,39	7	14,07	7	4,50	1	44,33	1	21,33	10
	7,42	2	14,41	8	4,69	6	44,87	9	24,50	11
7,65	1	14,42	6	5,01	8	44,77	10	24,80	2	

S = Significatif

LALM = Largeur du Limbe

NF = Nombre de feuilles par rameau

NPN = Nombre de paires de nervures

LPE = Longueur du Pétiole

Sites d'observations :

LLM = Longueur du Limbe

1 = Niangoloko ; 2 = Banfora ; 3 = Diébougou ;

4 = Dindéresso ; 5 = Koumi ; 6 = Léo ; 7 = Saponé ;

8 = Gonsé ; 9 = Dédougou ; 10 = Tougan ; 11 = Ouahigouya ;

2.2.5 - Le nombre de paires de nervures secondaires (NPN)

Au regard du tableau en annexe 6 nous constatons que sur l'ensemble de la zone d'étude la moyenne est de 40 avec des valeurs extrêmes de 27 pour le minimum et 63 pour le maximum. Cette moyenne est hors de l'intervalle de 20 à 30 paires de nervures donné par RUYSSSEN (1957). Cette légère différence pourrait s'expliquer par le fait que les nervures n'apparaissent pas très nettement pour faciliter le comptage. GEERLING (1982) donne également une moyenne de 40 pour le nombre de paires de nervures secondaires chez le karité.

La fig. 11 e présente la distribution de l'ensemble des arbres pour le nombre de paires de nervures des feuilles. Au regard de cet histogramme il ressort que la plupart des arbres ont des feuilles dont le nombre de paires de nervures du limbe varie entre 27 et 47. En effet cet intervalle concerne 86,5 % de l'ensemble des individus. L'analyse de variance montre qu'il y a une différence significative entre les peuplements pour ce paramètre. L'écart-type de nos valeurs est de 6,64 et semble montrer une grande dispersion des données autour de la moyenne. Mais le coefficient de variation de 16,7 % montre qu'il n'y a pas très une grande variabilité pour ce caractère au niveau interpeuplements.

A l'intérieur des sites les valeurs du coefficient de variation vont de 9,6 % pour les sites de Saponé et Tougan à 18,5 % pour le site de Dédougou. Ces valeurs également faibles montrent qu'au niveau intrapeuplement les arbres présentent une variabilité peu importante pour le nombre de paires de nervures.

2.3 - CARACTERES DES FRUITS ET DES NOIX

2.3.1 - Caractères de forme des fruits et de la couleur des noix

Le tableau 14 présente les résultats des observations portant sur 280 arbres pour la forme des fruits et 177 arbres pour la couleur des noix. Ces arbres appartiennent tous aux différents sites d'observations que nous avons retenus dans la zone d'étude.

Tableau 14 : répartition de l'effectif des arbres en fonction des caractères de forme des fruits et de la couleur des noix

CARACTERES		SITES										TOTAUX
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
FORME DES FRUITS	ARRONDIE	13	15	2	4	7	1	2	7	1	1	53
	FUSIFORME	3	3	3	11	3	19	10	5	6	1	64
	OVOIDE	11	11	22	15	17	10	13	14	20	6	139
	PIRIFORME	3	1	3	0	3	0	5	4	3	2	24
	Total	30	30	30	30	30	30	30	30	30	10	280
COU- LEUR DES NOIX	BRUN CLAIR	10	16	16	17	12	7	-	16	19	7	120
	BRUN FONCE	3	11	6	7	7	8	-	5	3	2	52
	BRUN GRISATRE	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-	3
	BRUN NOIRATRE	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	2
	TOTAL	14	27	23	25	20	16	-	21	22	9	177

- : donnée manquante

Sites d'observation (S) :

1 = Niangoloko ; 2 = Banfora ; 3 = Diébougou ; 4 = Dindéresso ; 5 = Koumi ; 6 = Léo ; 7 = Saponé ; 8 = Gonsé ; 9 = Dédougou ; 10 = Tougan

2.3.1.1 - Forme des fruits

Pour chaque arbre les observations portent généralement sur 10 fruits. Les résultats obtenus sur l'ensemble des peuplements étudiés sont les suivants :

- forme arrondie: 53 arbres soit 19 %
- forme en fuseau : 64 arbres soit 23 %
- forme ovoïde: 139 arbres soit 50 %
- forme de poire : 24 arbres soit 8 %

Au vu de ces résultats on peut penser que sur l'ensemble de la zone d'étude les fruits du karité sont essentiellement ovoïdes ou fusiformes. En effet ces deux formes représentent 73 % de l'effectif total des sujets observés. Les fruits arrondis et piriformes sont peu représentés avec seulement 27 % des observations. La variabilité de la forme des fruits semble se révéler non seulement d'un site à l'autre mais aussi à l'intérieur d'un même site d'observation. Par exemple sur le site de Niangoloko (S1) les pourcentages suivants se dégagent de nos observations sur les 30 arbres :

- fruits arrondis : 13 sujets soit 43 %
- fruits fusiformes : 3 sujets soit 10 %
- fruits ovoïdes : 11 sujets soit 37 %
- fruits piriformes : 3 sujets soit 10 %

Ces résultats se rapprochent de ceux issus des observations faites par l'IRHO (1982) à Niangoloko sur 60 sujets appartenant à des stations différentes de la nôtre. Les résultats étaient de 50 % pour les fruits arrondis, 43 % pour les fruits ovoïdes, 2 % pour les fruits fusiformes et 5 % pour les fruits piriformes. Au regard du tableau 14 les autres sites de l'ouest de la zone d'étude présentent sensiblement les mêmes pourcentages pour les types de fruits . Par contre dans les régions du sud et du centre c'est-à-dire Léo (S6), Saponé (S7) et Gonsé (S8) les fruits fusiformes et ovoïdes sont les plus représentés. Une vue globale sur l'ensemble des sites permet de dire que la forme la plus caractéristique des fruits du karité est la forme ovoïde.

2.3.1.2 - La couleur des noix

La couleur est assez difficile à définir et pour les noix d'un même arbre on peut noter plusieurs couleurs. En effet, si la couleur de la noix varie selon les arbres elle varie également selon le degré de maturité. Nous avons donc décidé de considérer 4 couleurs qui sont les plus fréquentes chez les noix de karité. Ce sont le brun-clair, le

brun-foncé, le brun-grisâtre et le brun-noirâtre. Les observations portant sur les noix de 177 sujets (Tableau 14) donnent les résultats suivants pour les différents phénotypes:

- brun-clair (BC) : 120 arbres soit 67,79 %
- brun-foncé (BF) : 52 arbres soit 29,37 %
- brun-grisâtre (BG) : 3 arbres soit 1,69 %
- brun-noirâtre (BN) : 2 arbres soit 1,12 %.

Les couleurs Brun-clair (BC) et Brun-foncé (BF) sont dans l'ensemble plus fréquentes avec 97,16 % des observations. Par contre, le Brun-grisâtre (BG) et le Brun-noirâtre (BN) apparaissent comme des couleurs rares avec un faible pourcentage de 2,81 %. L'examen du tableau 14 permet de constater que la couleur des noix ne semble pas beaucoup varier ni d'un site à l'autre ni à l'intérieur d'un même site. On peut penser que les noix des fruits du karité sur l'ensemble de la zone d'étude sont souvent de couleur Brun-clair ou Brun foncé. Cependant, la couleur prédominante est le Brun-clair.

Le caractère couleur des noix pourrait être utilisé dans le choix des fruits pour la pulpe. Les populations locales disent que les fruits à noix de couleur Brun-foncé à la maturité totale sont plus sucrés que les fruits à noix de couleur Brun-clair à la maturité totale.

2.3.2 - Caractères biométriques des fruits et des noix

La fig.12 concerne la distribution de l'ensemble des arbres pour quelques caractères des fruits et des noix. L'analyse de variance pour quelques caractères est donnée au tableau 16. Les statistiques élémentaires des différentes variables sont présentées dans le tableau de l'annexe 7 dont le résumé est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 15: Statistiques élémentaires relatives aux caractères des fruits et des noix

Caractère	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	Coefficient de variation	F
LPF(cm)	0,77	3,81	1,91	0,45	23,5 %	3,78*
LF (cm)	2,76	6,29	4,05	0,57	14 %	5,78*
DF(cm)	2,54	4,79	3,49	0,37	10,6 %	8,13*
LNF(cm)	1,73	3,89	2,94	0,40	13,6 %	3,36*
DNF(cm)	1,26	3,04	2,28	0,29	12,7 %	0,64*
EP (cm)	0,21	1,04	0,51	0,17	33,3 %	8,84*

* Différence significative à 5% entre les sites

2.3.2.1 - *La longueur du pédoncule du fruit (LPF)*

Au regard du tableau en annexe 7 nous constatons que pour l'ensemble des sites la longueur du pédoncule du fruit a une moyenne de 1,91 cm avec un minimum de 0,77 cm et un maximum de 3,81 cm. Cette moyenne est comprise dans l'intervalle de 1 à 3 cm donné par RUYSSSEN (1957).

La fig.(12 a) est relative à la distribution des arbres pour la longueur du pédoncule du fruit. L'histogramme connaît une zone de haute fréquence regroupant 112 individus dont la longueur du pédoncule du fruit se situe entre 1,57 et 2,37 cm. Cet intervalle concerne 62,5 % de l'effectif total. L'analyse de variance montre qu'il y a une différence significative entre les sites pour ce caractère. L'écart-type de 0,45 laisse penser que les données sont peu dispersées autour de la moyenne. Le coefficient de variation qui est de 23,5 % montre effectivement qu'il n'existe pas une grande variabilité entre les différents peuplements pour ce caractère.

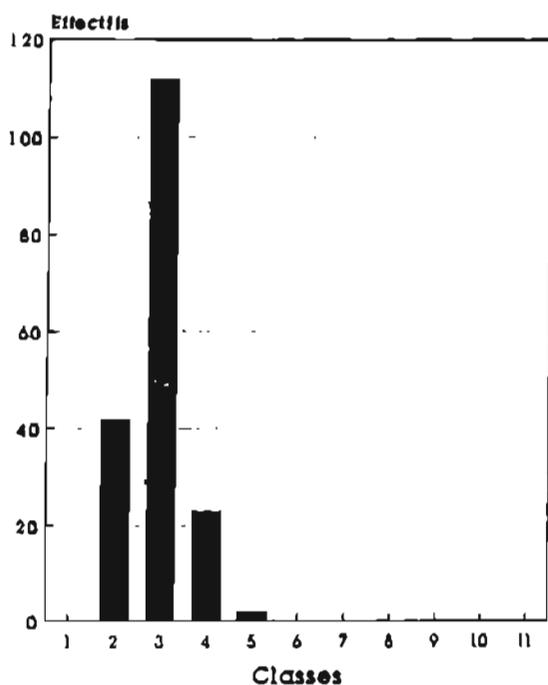
A l'intérieur des sites les valeurs du coefficient de variation vont de 18,1 % pour le site de Léo à 29,6 % pour le site de Tougan. Ces valeurs relativement faibles montrent qu'au niveau intrapeuplement la longueur du pédoncule du fruit est également peu variable.

2.3.2.2 - La longueur du fruit (LF)

Pour l'ensemble des peuplements la moyenne est de 4,05 cm, entre un minimum de 2,76 cm et un maximum de 6,29 cm. La valeur moyenne est située dans l'intervalle de 5 à 8 cm donné par Von MAYDELL (1983) et TIQUET (1985).

La fig. 12 b donne la distribution de l'ensemble des arbres pour la longueur du fruit. L'histogramme présente deux zones de hautes fréquences qui regroupent 162 individus soit 90,5 % de l'effectif total avec une longueur du fruit située entre 2,76 et 4,76 cm. L'analyse de variance révèle une différence significative entre les sites pour ce caractère. L'écart-type de 0,57 permet de penser que la longueur du fruit n'est pas très variable. Le coefficient de variation de 14 % montre que ce caractère varie faiblement d'un peuplement à l'autre sur l'ensemble de la zone d'étude.

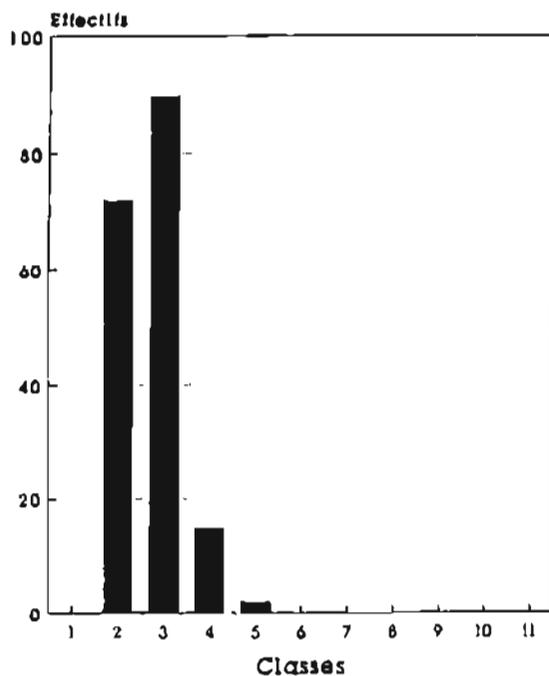
a) Longueur du pédoncule du fruit (LPF)



Signification des classes LPF

- 1:0.00-0.77 cm
- 2:0.77-1.57
- 3:1.57-2.37
- 4:2.37-3.17
- 5:3.17-3.97

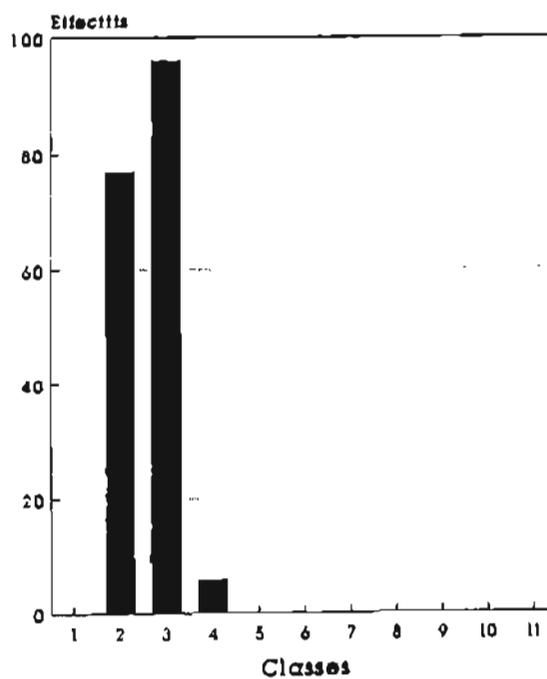
b) Longueur du fruit (LF)



Signification des classes LF

- 1:0.00-2.76 cm
- 2:2.76-3.76
- 3:3.76-4.76
- 4:4.76-5.76
- 5:5.76-6.76

c) Diamètre du fruit (DF)

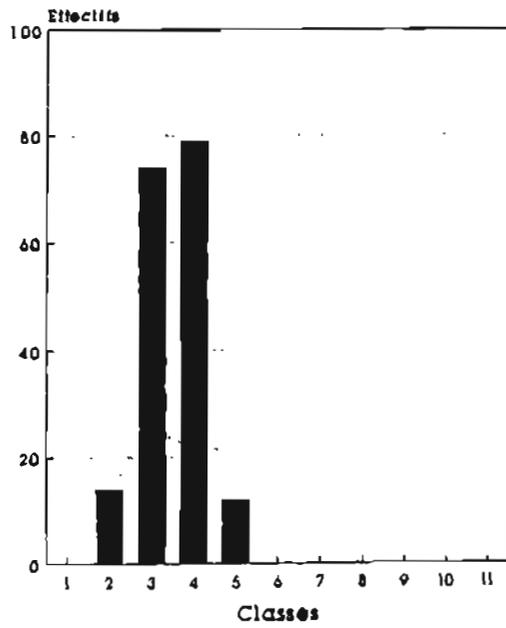


Signification des classes DF

- 1:0.00-2.54 cm
- 2:2.54-3.34
- 3:3.34-4.14
- 4:4.14-4.94

Fig. 12 : Distribution des arbres pour quelques caractères des fruits et des noix

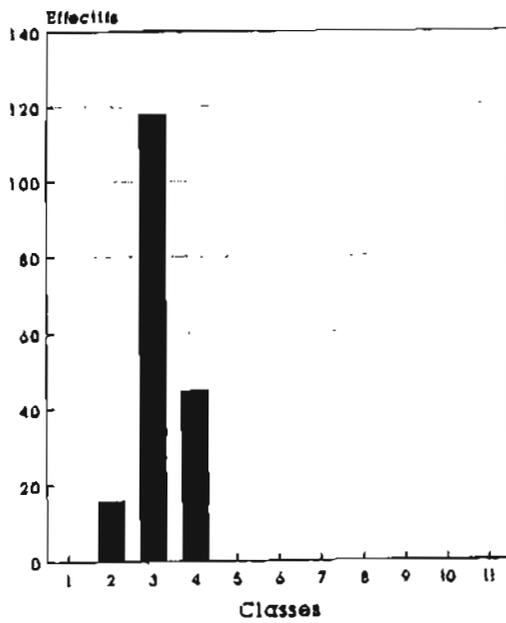
d) Longueur de la noix fraîche (LNF)



Signification des classes
LNF

- 1:0,00-1,73 cm
- 2:1,73-2,33
- 3:2,33-2,93
- 4:2,93-3,53
- 5:3,53-4,13

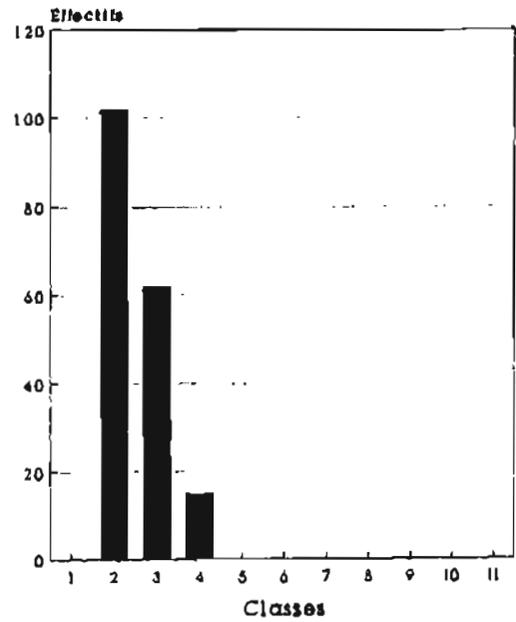
e) Diamètre de la noix fraîche (DNF)



Signification des classes
DNF

- 1:0,00-1,26 cm
- 2:1,26-1,86
- 3:1,86-2,46
- 4:2,46-3,06

f) Epaisseur de la pulpe du fruit (EP)



Signification des classes
EP

- 1:0,00-0,21 cm
- 2:0,21-0,51
- 3:0,51-0,81
- 4:0,81-1,11

Fig.12 : (Suite)

L'examen site par site des données en annexe 7 permet de constater que les valeurs du coefficient de variation varient de 8,4 % pour le peuplement de Banfora à 19,9 % pour le peuplement de Koumi. Ces valeurs également faibles laissent apparaître qu'au niveau intrapeuplement les arbres ne présentent pas une importante variabilité pour la longueur du fruit.

2.3.2.3 - Le diamètre du fruit (DF)

L'histogramme de la fig.12 c concerne la distribution de l'effectif total des arbres pour le diamètre du fruit. La majorité des individus appartiennent à l'intervalle de 2,54 à 4,14 cm qui concerne 173 individus soit 96,6 % de l'effectif total. Toutefois une zone de plus haute fréquence est représentée par la classe de 3,34 à 4,14 cm qui regroupe 96 individus soit 53,6 % de l'ensemble des arbres. L'analyse de variance montre qu'il y a une différence significative entre les sites pour ce caractère. La moyenne est de 3,49 cm avec des valeurs extrêmes de 2,54 cm pour le minimum et 4,79 cm pour le maximum. Cette moyenne est située dans l'intervalle de 3 à 5 cm donné par Von MAYDELL (1983). L'écart-type de 0,39 permet de penser que les valeurs sont peu dispersées autour de la moyenne. Le coefficient de variation qui n'est que de 10,6 % montre que le diamètre du fruit présente une faible variabilité entre les peuplements.

A l'intérieur des peuplements les valeurs du coefficient de variation vont de 7,6 % pour le site de Niangoloko à 15,8 % pour le site de Tougan. Au regard de ces valeurs nous constatons qu'il y a également une faible variabilité du diamètre du fruit dans le même site. Néanmoins dans certains peuplements comme ceux du nord et du sud du pays il existe quelques rares individus dont les fruits ont des dimensions très importantes. Par exemple dans les peuplements des sites de Gonsé et Saponé au centre du pays nous avons repéré des arbres dont les fruits ont 6 à 7 cm de long et 4 à 5 cm de diamètre.

2.3.2.4 - La longueur de la noix fraîche (LNF)

La longueur moyenne d'une noix fraîche est de 2,94 cm, valeur comprise entre un minimum de 1,73 cm et un maximum de 3,89 cm.

La distribution de l'ensemble des arbres pour la longueur de la noix est présentée à la fig.12 d. L'histogramme présente deux zones de hautes fréquences qui concernent l'intervalle de 2,33 à 3,53 cm. Cet intervalle regroupe 153 individus soit 85,4 % de l'effectif total. L'analyse variance révèle une différence significative entre les sites pour ce caractère. L'écart-type de 0,40 fait penser à une faible variation du caractère sur l'ensemble de la zone d'étude. Le coefficient de variation de 13,6 % montre que la longueur de la noix présente une faible variabilité entre les peuplements. Les valeurs du coefficient de variation à l'intérieur des différents sites varient de 10,2% pour les sites de Niangoloko, Banfora et Gonsé à 17,5 % pour le site de Léo. Ces valeurs montrent qu'au niveau intrapeuplement les arbres présentent également une faible variabilité pour la longueur de la noix fraîche.

2.3.2.5 - Le diamètre de la noix fraîche (DNF)

La valeur moyenne pour l'ensemble des peuplements est de 2,28 cm, entre un minimum de 1,26 cm et un maximum de 3,04 cm.

La fig.12 e est relative à la distribution de l'ensemble des arbres pour le diamètre de la noix fraîche. D'après l'histogramme une classe de haute fréquence se distingue nettement avec 118 individus soit 65,9 % de l'effectif total. Cette classe concerne des arbres dont le diamètre de la noix se situe entre 1,86 et 2,46 cm. L'analyse de variance montre que la différence entre les sites pour ce caractère est significative. L'écart-type de 0,29 laisse apparaître une faible variation des valeurs autour de la moyenne. Le coefficient de variation qui n'est que de 12,7 % montre que ce caractère présente effectivement une faible variabilité entre les peuplements.

L'examen des données site par site (annexe 7) permet de constater que les valeurs du coefficient de variation vont de 10,3 % pour le site de Niangoloko à 18,3 % pour le site de Léo. Ces valeurs également peu élevées traduisent une faible variabilité au niveau intrapeuplement pour le diamètre de la noix.

2.3.2.6 - L'épaisseur de la pulpe (EP)

L'épaisseur moyenne de la pulpe du fruit pour l'ensemble des sites est de 0,51 cm avec des valeurs extrêmes de 0,21 cm pour le minimum et 1,04 cm pour le maximum. Cette moyenne se trouve bien dans l'intervalle de 0,4 à 0,8 cm donné par RUYSSSEN (1957).

L'épaisseur de la pulpe du fruit est un paramètre particulièrement très intéressant pour la sélection du karité. Pour la consommation du fruit on cherchera des sujets dont les fruits sont riches en pulpe. La fig.12 f présente la distribution de l'ensemble des arbres pour l'épaisseur de la pulpe du fruit. Nous remarquons, d'après l'histogramme, que 102 individus soit 57 % de l'effectif total ont une épaisseur de la pulpe du fruit entre 0,21 et 0,51 cm. L'analyse de variance révèle que la différence entre les sites est significative. L'écart-type n'est que de 0,17. Ce qui permet de penser que les données sont peu dispersées autour de la moyenne. Mais le coefficient de variation de 33,3 % est suffisamment grand pour mettre en évidence une importante variabilité entre les sites pour ce caractère.

L'examen des données site par site (annexe 7) permet d'apprécier la variabilité à l'intérieur des sites. Les valeurs du coefficient de variation vont de 15,3 % pour le peuplement de Dindéresso à 30,3 % pour le peuplement de Diébougou. Il existe donc une variabilité intrapeuplement pour l'épaisseur de la pulpe du fruit. Mais cette variabilité semble encore moins importante que celle existant au niveau inter sites.

Tableau 16 : Analyse de variance de quelques caractères des fruits et des noix

Analyse de variance	VARIABLES													
	LF (cm)		DF (cm)		LNF (cm)		DNF (cm)		EP (cm)					
Valeur de F observée	5,78		8,13		3,36		0,64		8,84					
Test de signification de F (5%)	S		S		S		S		S					
Classification des moyennes	Moyennes	Sites	Moyennes	Sites	Moyennes	Sites	Moyennes	Sites	Moyennes	Sites	Moyennes	Sites		
	3,78	2	3,26	8	2,29	4	2,20	3	0,39	1				
	3,79	1	3,27	1	2,72	2	2,23	4	0,40	5				
	3,86	3	3,32	4	2,83	1	2,26	2	0,40	2				
	3,91	4	3,42	3	2,88	3	2,30	5	0,46	6				
	3,96	10	3,47	10	2,90	5	2,31	8	0,55	10				
	4,02	8	3,48	2	2,98	10	2,32	1	0,55	3				
	4,11	5	3,49	6	3,08	6	2,33	9	0,56	8				
	4,15	6	3,54	5	3,08	9	2,34	6	0,69	9				
	4,31	9	3,80	7	3,22	8	2,36	10	0,70	↓				
4,60	7	3,82	9											

S = Significatif

DNF = Diamètre de la noix fraîche

LF = Longueur du Fruit

EP = Epaisseur de la pulpe

LNF = Longueur de la noix fraîche

2.4. CORRELATIONS ENTRE LES CARACTERES

La détermination du coefficient de corrélation r entre les différents caractères du karité nous a permis de voir le lien qui existe entre eux. Les valeurs présentées au tableau 17 concernent les caractères suivants:

- la longueur du pédoncule du fruit (LPF)
- la longueur du fruit (LF)
- le diamètre du fruit (DF)
- la longueur de la noix fraîche (LNF)
- le diamètre de la noix fraîche (DNF)
- l'épaisseur de la pulpe (EP)
- la longueur du pétiole (LPE)
- la longueur du limbe (LLM)
- la largeur du limbe (LALM)
- le rapport largeur sur longueur du limbe (RLL)
- le diamètre du tronc à 1,30 m (D)
- la hauteur du fût (HF)
- la hauteur totale de l'arbre (HT)
- la hauteur du houppier (HH)
- le diamètre du houppier (DH)

Les valeurs du coefficient de corrélation r montrent qu'il existe de nombreuses corrélations positives et significatives entre les caractères morphologiques des arbres, les caractères des fruits et des noix, et les caractères des feuilles.

Tableau 17 : Valeurs du coefficient de corrélation r entre quelques caractères du karité

	LPF	LF	DF	LNF	DNF	EP	LPE	LLM	LALM	RLL	D	HF	HT	HH	DH
LPF	1														
LF	0,181	1													
DF	0,154	0,600*	1												
LNF	0,121	0,463*	0,262	1											
DNF	0,069	0,160	0,174	0,766*	1										
EP	-0,066	0,300*	0,378*	0,285	-0,095	1									
LPE	0,181	0,136	0,162	0,030	0,004	-0,024	1								
LLM	0,106	0,154	0,152	0,142	0,146	0,183	0,471*	1							
LALM	-0,020	0,064	0,105	0,189	0,150	0,236	0,308*	0,565*	1						
RLL	-0,117	-0,098	-0,038	0,084	0,036	0,103	-0,123	-0,321*	0,589*	1					
D	-0,055	0,138	0,004	0,173	0,023	0,390*	-0,135	-0,012	0,102	0,144	1				
HF	-0,154	0,173	0,046	0,094	0,035	0,254	-0,051	0,096	0,051	-0,015	0,341*	1			
HT	-0,161	0,079	0,046	0,091	0,005	0,295	-0,187	-0,124	-0,010	0,121	0,740*	0,405*	1		
HH	-0,153	0,054	0,041	0,079	-0,005	0,274	-0,195	-0,143	-0,016	0,130	0,730*	0,287	0,991*	1	
DH	-0,099	0,148	0,058	0,126	0,001	0,359*	-0,176	-0,032	0,125	0,188	0,792*	0,330*	0,715*	0,707*	1

* Corrélations significatives pour $ddl = n-2 = 177$ et $\alpha = 5\%$.

Quelques corrélations importantes entre les caractères des fruits et des noix sont les suivantes :

- la longueur du fruit (LF) et le diamètre du fruit (DF) avec $r = 0,600$
- la longueur du fruit (LF) et la longueur de la noix fraîche (LNF) avec $r = 0,463$.
- la longueur du fruit (LF) et l'épaisseur de la pulpe (EP) avec $r = 0,300$.
- le diamètre du fruit (DF) et l'épaisseur de la pulpe (EP) avec $r = 0,378$.
- la longueur de la noix fraîche (LNF) et le diamètre de la noix fraîche (DNF) avec $r = 0,766$.

De toutes ces corrélations il semble apparaître que les plus gros fruits sont généralement les plus riches en pulpe. Les résultats de l'analyse de variance ont effectivement montré que la plupart des sites ayant des fruits riches en pulpe sont également ceux ayant des arbres à gros fruits.

Aucune corrélation importante n'est établie entre les caractères des fruits et les caractères étudiés sur les feuilles des arbres. En effet l'analyse de variance a montré que les caractères des feuilles ne permettent pas de faire une distinction des arbres.

Parmi les caractères des feuilles des corrélations positives et significatives existent entre :

- la longueur du pétiole (LPE) et la longueur du limbe (LLM) avec $r = 0,471$
- la longueur du limbe (LLM) et la largeur du limbe (LALM) avec $r = 0,565$.

De hautes corrélations positives et significatives existent entre les caractères morphologiques des arbres. On peut noter par exemples :

- le diamètre du tronc à 1,30 m (D) et la hauteur totale avec $r = 0,740$
- le diamètre du tronc à 1,30 m (D) et le diamètre du houppier (DH) avec $r = 0,792$
- la hauteur totale (HT) et la hauteur du houppier (HH) avec $r = 0,991$
- la hauteur totale (HT) et le diamètre du houppier (DH) avec $r = 0,715$.

A partir de ces corrélations on peut voir que ce sont les grands arbres qui ont la plus importante surface de recouvrement de la couronne.

Aucune corrélation importante ne se dégage entre les caractères morphologiques des arbres et les dimensions des fruits et des feuilles. On peut donc rencontrer des grands arbres et des petits arbres ayant des grandes feuilles ou des petites feuilles. De même des grands arbres ou des petits arbres peuvent porter des gros fruits ou des petits fruits. On remarque ainsi que les corrélations entre les différents caractères du karité ne sont pas bien établies. Aucun caractère ne paraît stable d'un individu à l'autre lorsqu'on fait des observations sur le terrain. Ces conclusions confirment les résultats d'observations rapportés par des auteurs tels que AUBREVILLE (1950), DALZIEL (1955) et RUYSSSEN (1957). Il est donc difficile d'établir des liens très nets entre les différents caractères morphologiques du karité.

2.5 - LES ANALYSES MULTIVARIABLES

Après avoir décrit l'étendue de la variabilité des différents caractères nous les avons soumis à des analyses multivariées. Ces analyses multivariées ont pour but d'apprécier la structuration de la variabilité à travers la zone d'étude.

Nous sommes conscients que les arbres vivent dans des milieux différents, sur des sols différents, dans des zones climatiques différentes et ont des âges différents. L'analyse multivariée consiste à faire une photographie de la diversité de la population des karités de la zone d'étude.

2.5.1 - L'analyse factorielle des correspondances (AFC)

Cette analyse a porté sur l'ensemble des caractères. Les contributions à la variation totale des 3 premiers axes sont les suivantes :

Axe 1 : 61,4 %

Axe 2 : 14 %

Axe 3 : 5 %

L'axe 1 et l'axe 2 expliquent à eux seuls 75,4 % de la variation totale. La figure 13 est une représentation simultanée des individus et des variables bien représentés sur le plan 1,2.

L'axe 1 est essentiellement déterminé par la hauteur du houppier (HH), la hauteur totale (HT) et la longueur du limbe (LLM).

Les contributions relatives de ces variables à l'inertie expliquée par l'axe 1 sont respectivement de 29,5 % ; 24,8 % et 13,9 %. On peut donc penser que l'axe 1 représente la croissance végétative des arbres.

L'axe 2 est surtout expliqué par le diamètre du houppier (DH), le rapport hauteur/diamètre du houppier (HDH) et le rapport diamètre du houppier/hauteur totale (DHH).

En effet les contributions de ces variables à la variation expliquée par l'axe 2 sont respectivement de 57,3 % ; 19,8 % et 8,1 %. L'axe 2 peut donc être considéré comme étant celui de l'envergure des arbres.

Lorsqu'on observe le plan 1,2 on se rend compte de l'existence de quelques associations entre les caractères. On note une association entre eux des caractères suivants.

- la longueur du fruit (LF)
- le diamètre du fruit (DF)
- le diamètre de la noix (DN)
- la longueur du pétiole (LPE)
- la longueur du limbe (LLM)
- et la largeur du limbe (LALM)

L'axe 1 oppose ce groupe de caractères à la hauteur totale (HT) et la hauteur du houppier (HH), également associés entre eux.

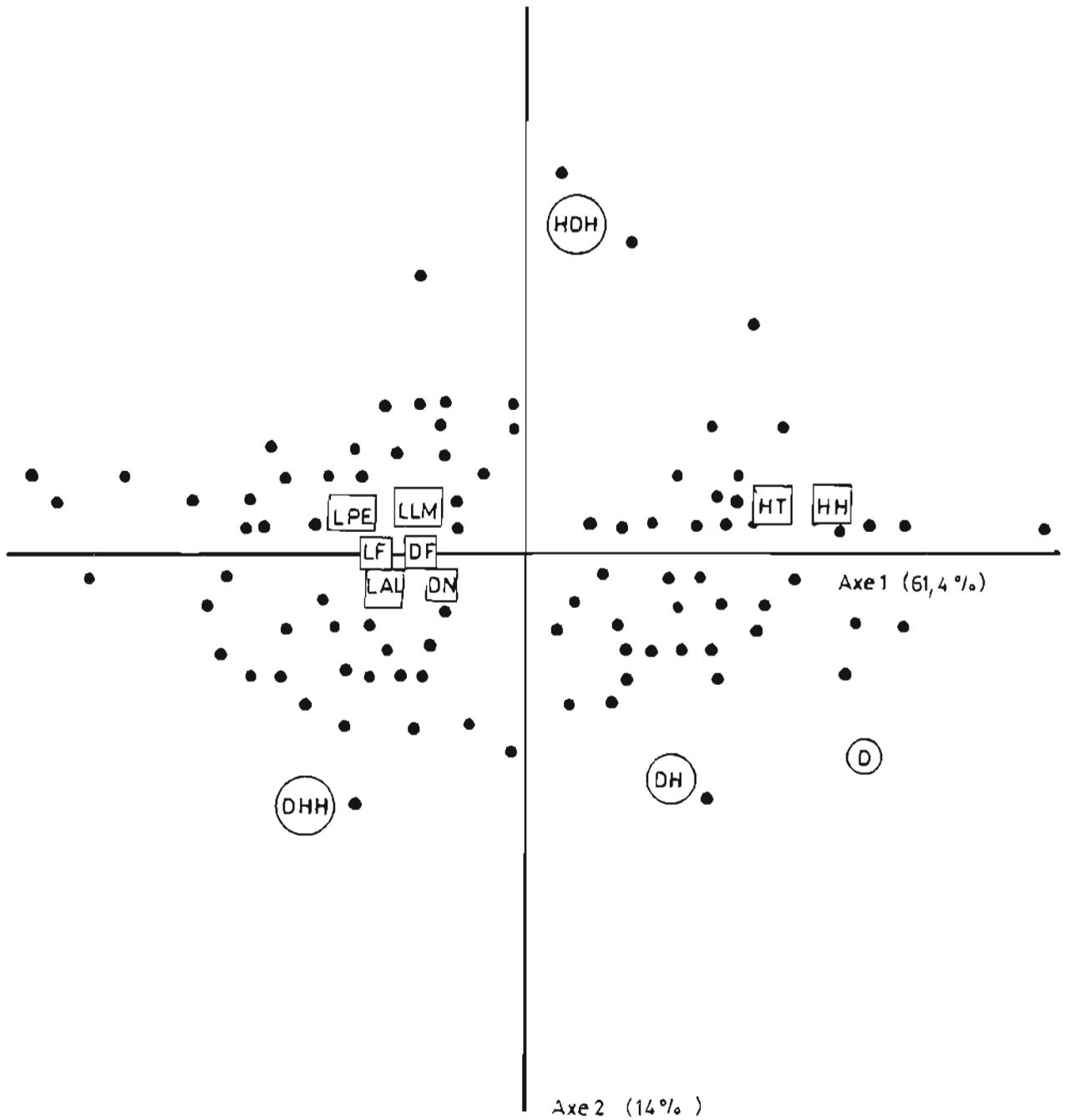


Fig. 13: Représentation des individus (●) et des variables dans le plan 1.2 de l'AFC.

Ces associations permettent de distinguer deux types d'arbres parmi les individus bien représentés sur le plan 1,2. Le premier type comporte les arbres présentant de grandes tailles avec des feuilles et des fruits petits. Le deuxième type concerne les arbres de petites tailles mais ayant des valeurs moyennes à grandes pour les feuilles et les fruits.

2.5.2 - Les variables mesurées

Les caractères directement mesurés concernent presque tous les organes de l'arbre. Ce sont :

- le diamètre du tronc à 1,30 m (D)
- la hauteur du fût (HF)
- la hauteur totale (HT)
- la hauteur du houppier (HH)
- le diamètre du houppier (DH)
- la longueur du pétiole (LPE)
- la longueur du limbe (LLM)
- la largeur du limbe (LAL)
- le nombre de paires de nervures (NPN)
- la longueur du pédoncule du fruit (LPF)
- la longueur du fruit (LF)
- le diamètre du fruit (DF)
- l'épaisseur de la pulpe du fruit (EP)
- la longueur de la noix fraîche (LNF)
- le diamètre de la noix (DN)

2.5.2.1 - La classification ascendante hiérarchique (CAH)

La classification ascendante hiérarchique (CAH) réalisée sur les moyennes pondérées des distances euclidiennes donne un arbre dont l'image est présentée à la fig.14. La troncature au niveau d'inertie 14,5 permet de distinguer 3 groupes :

- le groupe I composé de 132 individus
- le groupe II constitué de 45 individus
- le groupe III comprenant 2 individus

Les contributions des variables aux noeuds permettent d'interpréter l'arbre hiérarchique. En effet l'examen de ces contributions montre que la première division dans l'arbre a été faite sur la base des variables HT (Hauteur totale), HH (Hauteur du houppier) et DH (Diamètre du houppier). Ces 3 variables qui décrivent l'architecture des arbres contribuent pour 99 % au premier noeud. Mais c'est le caractère HT (Hauteur totale) avec une contribution de 44 % à lui seul, qui est le principal critère dans cette première division. Les principaux critères de la deuxième division sont les caractères LLM (longueur du limbe), HT (Hauteur totale) et HH (Hauteur du houppier). Leurs contributions respectives au deuxième noeud sont 54 %, 16 % et 15 % soit un total de 85 % pour les 3 variables. C'est cette deuxième division qui conduit à la formation des 3 groupes présentés par notre dendrogramme.

2.5.2.2 - L'analyse factorielle discriminante (AFD)

L'analyse factorielle discriminante (AFD) va nous permettre de caractériser les groupes formés à la classification ascendante hiérarchique (CAH).

L'AFD donne un très grand pseudo F égal à 193,78 avec une probabilité associée de 0,00 pour l'axe 1. Le plus grand F est de 168,03 et correspond à la hauteur totale (HT). Nous pouvons donc affirmer que les 3 groupes obtenus constituent des entités distinctes.

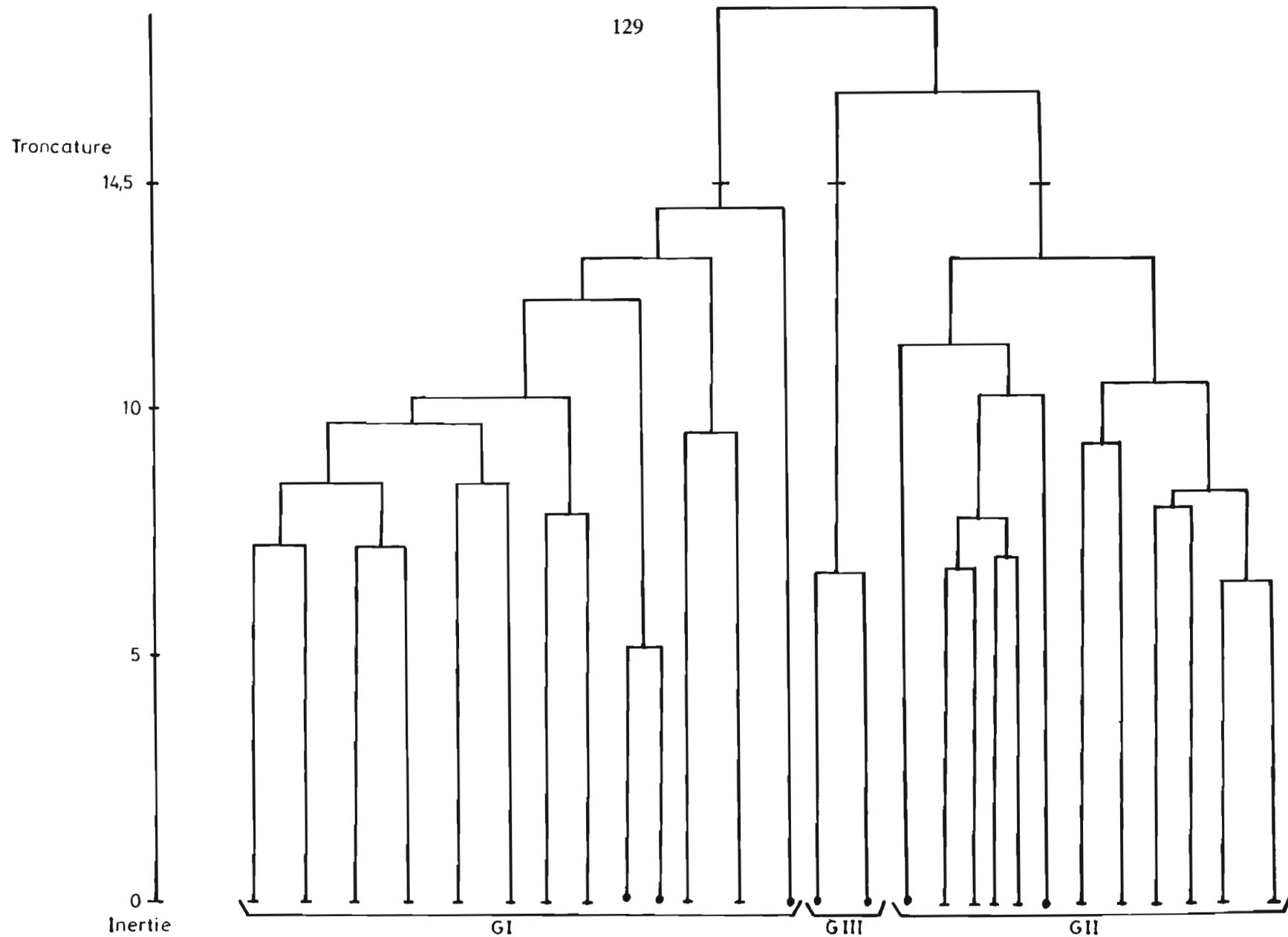


Fig. 14: Dendrogramme issu de la CAH avec les variables mesurées

L'analyse de variance a montré que les principaux caractères qui discriminent les groupes sont les suivants par ordre d'importance de F :

HT = hauteur totale, F = 168,03

HH = hauteur du houppier, F = 166,59

DH = diamètre du houppier, F = 75,81

D = diamètre du tronc à 130 m, F = 59,71

LLM = longueur du limbe, F = 15,84

HF = hauteur du fût, F = 10,59

LAL = largeur du limbe, F = 8,65

Ce sont donc essentiellement les caractères végétatifs qui distinguent les 3 groupes. Les caractères des fruits n'ont pas participé à cette discrimination.

Les pourcentages expliqués par les deux premiers axes discriminants de l'AFD sont les suivants :

Axe 1 : 89,2 %

Axe 2 : 10,8 %

L'axe 1 est négativement corrélié avec les variables HT (hauteur totale), HH (hauteur du houppier) et DH (diamètre du houppier). C'est l'axe de l'envergure des arbres.

L'axe 2 est corrélié positivement avec les variables LLM (longueur du limbe) et LAL (largeur du limbe). C'est l'axe de la surface foliaire.

Nous avons enregistré 97,2 % d'individus bien classés dans les groupes. Le tableau 18 et le plan 1,2 de l'AFD (fig.15) permettent de caractériser les groupes.

Tableau 18 : Valeurs moyennes des 3 groupes pour les caractères discriminants (variables liées à l'âge)

	LPE (cm)	LLM (cm)	LAL (cm)	D (m)	HF (m)	HT (m)	HH (m)	DH (m)
Groupe I	7,1	13,7	4,4	0,2	1,7	8,5	6,8	7,0
Groupe II	6,6	13,1	4,3	0,4	2,1	15	12,9	10,8
Groupe III	8,3	19,5	6,2	0,5	2,0	11,6	9,5	13,0



Fig. 15 : Représentation des individus (●) et des centres de gravité des groupes (◻) dans le plan 1.2 de l'AFD sur les variables mesurées.

Le groupe I est composé d'individus caractérisés par :

- de petites tailles. Les valeurs moyennes sont de 8,50 m pour la hauteur totale (HT) et 0,21 m pour le diamètre du tronc (D) à 1,30 m.
- des feuilles de dimensions moyennes. Le limbe a des valeurs moyennes de 13,7 cm pour la longueur (LLM) et 4,4 cm pour la largeur (LAL).

Le groupe II est constitué d'individus caractérisés par :

- de grandes tailles. Les valeurs moyennes de la hauteur totale (HT) et du diamètre du tronc (D) à 1,30 m sont respectivement de 15 m et 0,4 m.
- de petites feuilles ayant des valeurs moyennes de 13,1 cm pour la longueur du limbe (LLM) et 4,3 cm pour la largeur du limbe (LAL).

Le groupe III est fait d'individus caractérisés par :

- des tailles moyennes. La hauteur totale (HT) et le diamètre du tronc (D) à 1,30 m sont en moyenne respectivement de 11,6 m et 0,5 m.
- de grandes feuilles ayant en moyenne 19,5 cm pour la longueur du limbe (LLM) et 6,2 cm pour la largeur du limbe (LAL).

La distinction de ces 3 groupes a été faite sur la base de caractères essentiellement liés à l'âge des arbres et aux conditions du milieu dans lequel ils vivent. La part du génotype sur l'expression de ces caractères phénotypiques pourrait être mesurée dans une plantation multilocale de provenances de karité. Cela est difficile à court terme à cause de la lenteur de la croissance de l'espèce.

La carte à la fig.16 donne la répartition géographique des 3 groupes d'arbres. On trouve les 3 types d'arbres dans tous les peuplements. Visiblement le plan 1, 2 compte-tenu de ces données répartit les arbres en groupes d'âge. Nous pouvons donc tirer la conclusion que les groupes constitués correspondent à 3 classes d'âge. Le groupe I représente les jeunes arbres, le groupe II les vieux arbres et le groupe III les arbres d'âges moyens.

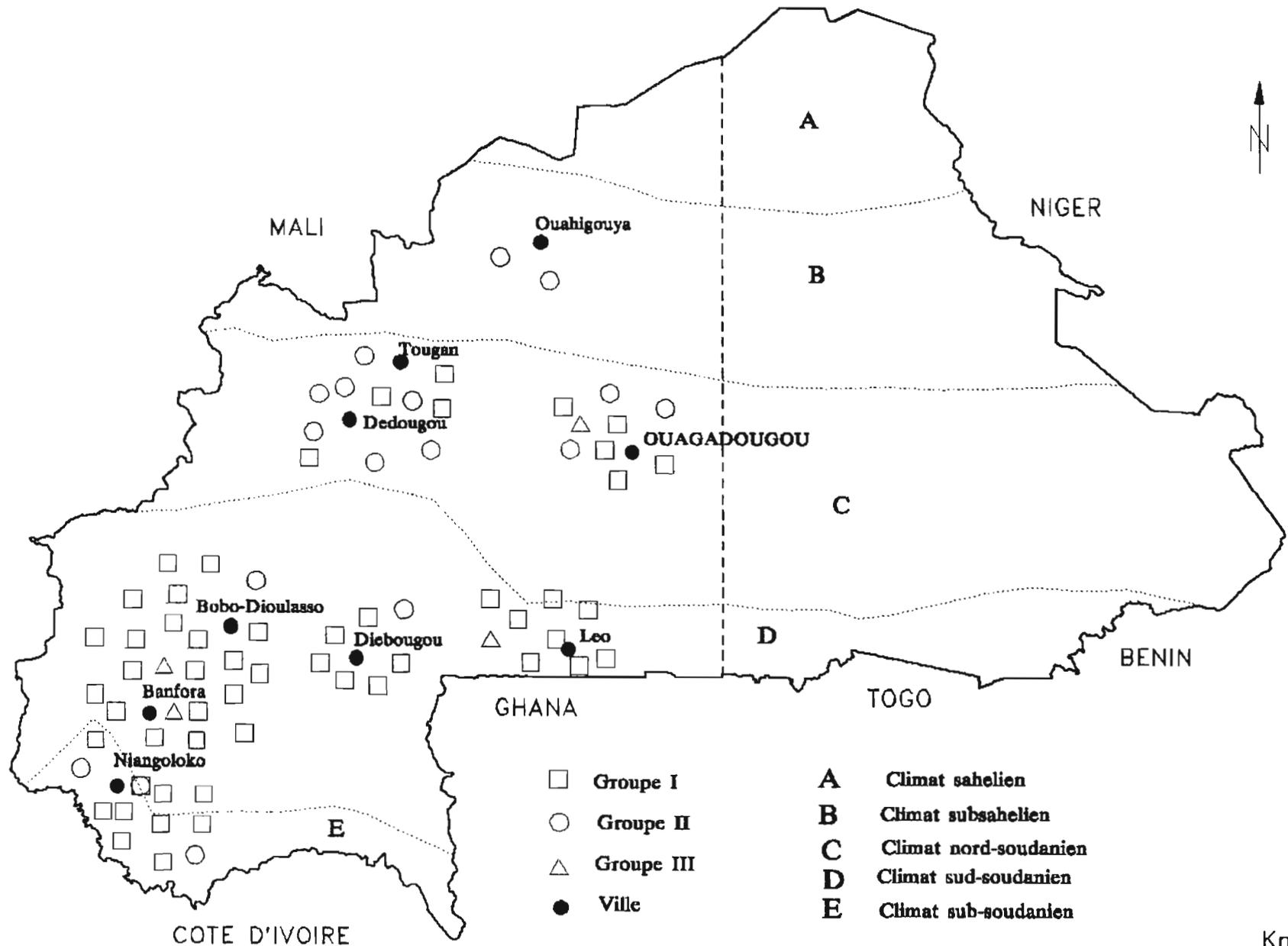


Fig. 16: REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES GROUPES D'AGES

Kms
0 40

D'une manière générale les jeunes arbres sont dominants à travers l'ensemble de la zone d'étude. Ces jeunes arbres constituent les populations de karité n'ayant pas encore subi une forte pression de l'homme. On les rencontre surtout à l'ouest et au sud du pays. Les arbres âgés rencontrés surtout au nord du Burkina Faso forment les populations âgées. Les arbres dans ces populations ont beaucoup plus subi les effets de la sécheresse et une forte pression de l'homme. Certains peuplements de karité sont donc vieillissants. Il se pose alors le problème de manque de régénération naturelle. Dans les zones où les peuplements de karité sont vieillissants l'explosion démographique fait qu'il n'y a pratiquement pas de jachère pour permettre la régénération naturelle du karité.

2.5.3 - Les variables calculées

Les rapports de certaines variables sont supposés être contrôlés génétiquement.

On peut noter par exemple :

- le rapport diamètre/ longueur du fruit (DLF)
- le rapport diamètre noix/diamètre du fruit (DNF)
- le rapport largeur/longueur de la feuille (IL)
- le rapport hauteur/diamètre du houppier (HDH)
- le rapport diamètre du houppier/hauteur totale (DHH)

Ces variables calculées représentent le port de l'arbre, la forme des feuilles et la forme des fruits.

L'objectif de notre étude est de voir s'il y a une variabilité génétique ou pas. Nous référant à la bibliographie les classifications sont faites sur la base de nombreux caractères dont le port de l'arbre, la forme des feuilles et la forme des fruits. C'est pourquoi notre analyse porte sur ces variables calculées.

2.5.3.1 - La classification ascendante hiérarchique (CAH)

La classification ascendante hiérarchique (CAH) réalisée avec les variables calculées donne un arbre dont l'image est donnée par la fig.17. La troncature au niveau d'inertie 16,0 permet de distinguer 3 groupes :

- le groupe I comprenant 76 individus
- le groupe II avec 7 individus
- et le groupe III composé de 91 individus.

Les contributions des variables aux noeuds montrent que la première division dans l'arbre a été faite sur la base des variables HDH (Hauteur sur diamètre du Houppier) et DHH (Diamètre du Houppier sur hauteur totale). Ces deux variables contribuent pour 100 % dans cette division qui donne d'une part les arbres de grande taille et d'autre part les arbres de petite taille. La deuxième division de l'arbre hiérarchique a été faite sur la base des variables HDH, DHH et DLF (Diamètre sur longueur du fruit). L'ensemble des contributions de ces 3 variables au deuxième noeud est de 99 %. C'est cette deuxième division qui donne les 3 groupes présentés par le dendrogramme.

2.5.3.2 - L'analyse factorielle discriminante (AFD)

L'analyse factorielle discriminante (AFD) donne un pseudo F de 296,64 avec une probabilité associée de 0,00 pour l'axe 1. Le plus grand F est de 265,37 et correspond au caractère HDH (Hauteur sur diamètre du houppier). On peut donc dire que les groupes issus de la classification ascendante hiérarchique (CAH) constituent des entités distinctes.

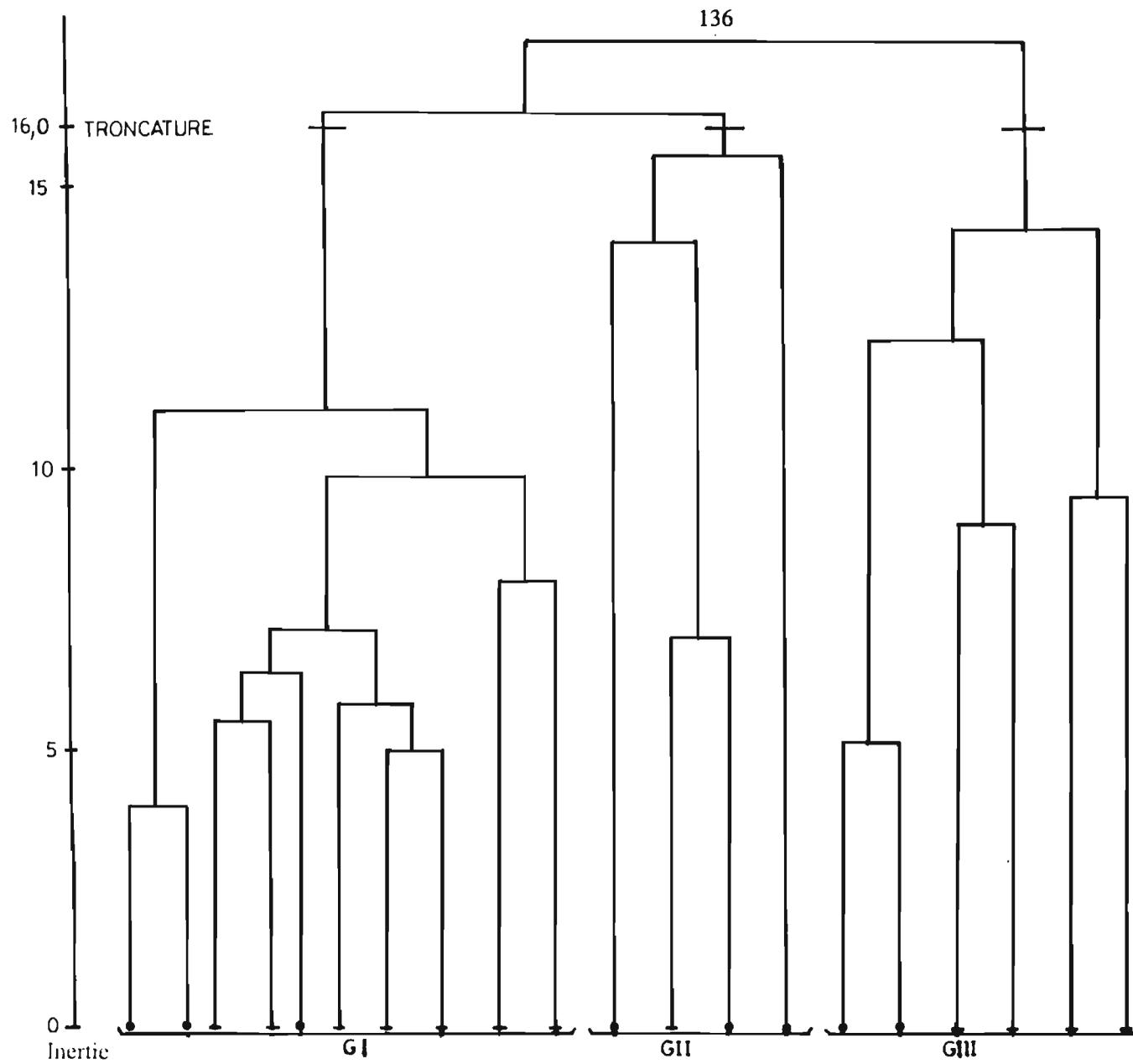


Fig. 17 : Dendrogramme issu de la CAH avec les variables calculées.

L'analyse de variance a révélé que les caractères discriminant les 3 groupes sont les suivants :

HDH = Hauteur sur Diamètre du Houppier, $F = 265,37$

DHH = Diamètre du Houppier sur Hauteur totale, $F = 132,85$

DLF = Diamètre sur Longueur du Fruit, $F = 8,84$

La variable IL (largeur sur Longueur de la feuille) n'a pas participé à la discrimination. Les données statistiques du tableau en annexe 6 montrent que ce rapport est constant aussi bien au niveau interpeuplements qu'à l'intérieur des peuplements. Cette constance du rapport largeur sur longueur de la feuille semble confirmer l'existence d'une même espèce de karité au Burkina Faso.

Les pourcentages de variation expliquée par les deux axes de l'AFD sont les suivants :

Axe 1 : 96,4 %

Axe 2 : 3,6 %

L'axe 1 est déterminé par les variables HDH (Hauteur sur Diamètre du Houppier) et DHH (Diamètre du Houppier sur Hauteur totale de l'arbre). C'est l'axe de l'architecture des arbres.

L'axe 2 est expliqué par la variable DLF (Diamètre sur longueur du fruit). C'est donc l'axe de la structure du fruit.

Le pourcentage d'individus bien classés dans les 3 groupes est de 96,0 %. Le tableau 19 donne les valeurs moyennes des 3 groupes pour les caractères discriminants.

Tableau 19 : Valeurs moyennes des 3 groupes pour les caractères discriminants (variables sous contrôle génétique)

	HDH	DHH	DLF
Groupe I	1,2	0,7	0,9
Groupe II	1,6	0,5	1,0
Groupe III	0,8	1,0	0,9

Le tableau ci-dessus et le plan 1,2 de projection des individus (fig.18) permettent de caractériser les 3 groupes comme suit :

Le groupe I avec 76 individus est caractérisé par des arbres à port élané avec des fruits de forme allongée. Les valeurs moyennes dans ce groupe sont de 1,2 pour le rapport Hauteur sur Diamètre du Houppier (HDH), 0,7 pour le rapport Diamètre du houppier sur Hauteur totale (DHH) et 0,9 pour le rapport Diamètre sur longueur du fruit (DLF).

Le groupe II comprend 7 individus. Il est caractérisé par des arbres à port très élané avec des fruits de forme arrondie. Les valeurs moyennes des rapports sont respectivement de 1,6 pour HDH, 0,5 pour DHH et 1,0 pour DLF. Le groupe III est fait de 91 individus présentant un port arrondi et des fruits de forme allongée. Les valeurs moyennes des variables sont de 0,8 pour HDH, 1,0 pour DHH et 0,9 pour DLF.

La distinction de ces différents types d'arbres a donc été faite sur la base de caractères dont l'expression est beaucoup plus liée au génotype qu'aux conditions du milieu. CHEVALIER (1943) a effectivement noté que dans une même localité les fruits du karité varient de forme et de grosseur. L'extrême variabilité des caractères phénotypiques considérés dans leur ensemble est telle qu'il est difficile d'identifier des variétés. CHEVALIER (1943) a distingué les 3 variétés (mangifolium, niloticum et poissoni) sur la base d'un petit nombre de critères phénotypiques. Or il se trouve que dans l'aire du karité on trouve une grande variabilité concernant de nombreux caractères comme la taille, la forme et la pilosité des feuilles, la couleur, la forme et la taille des fruits. SALLE et Coll. (1991) écrivent que CHEVALIER lui-même notait l'existence de formes intermédiaires entre les variétés qu'il a décrites.

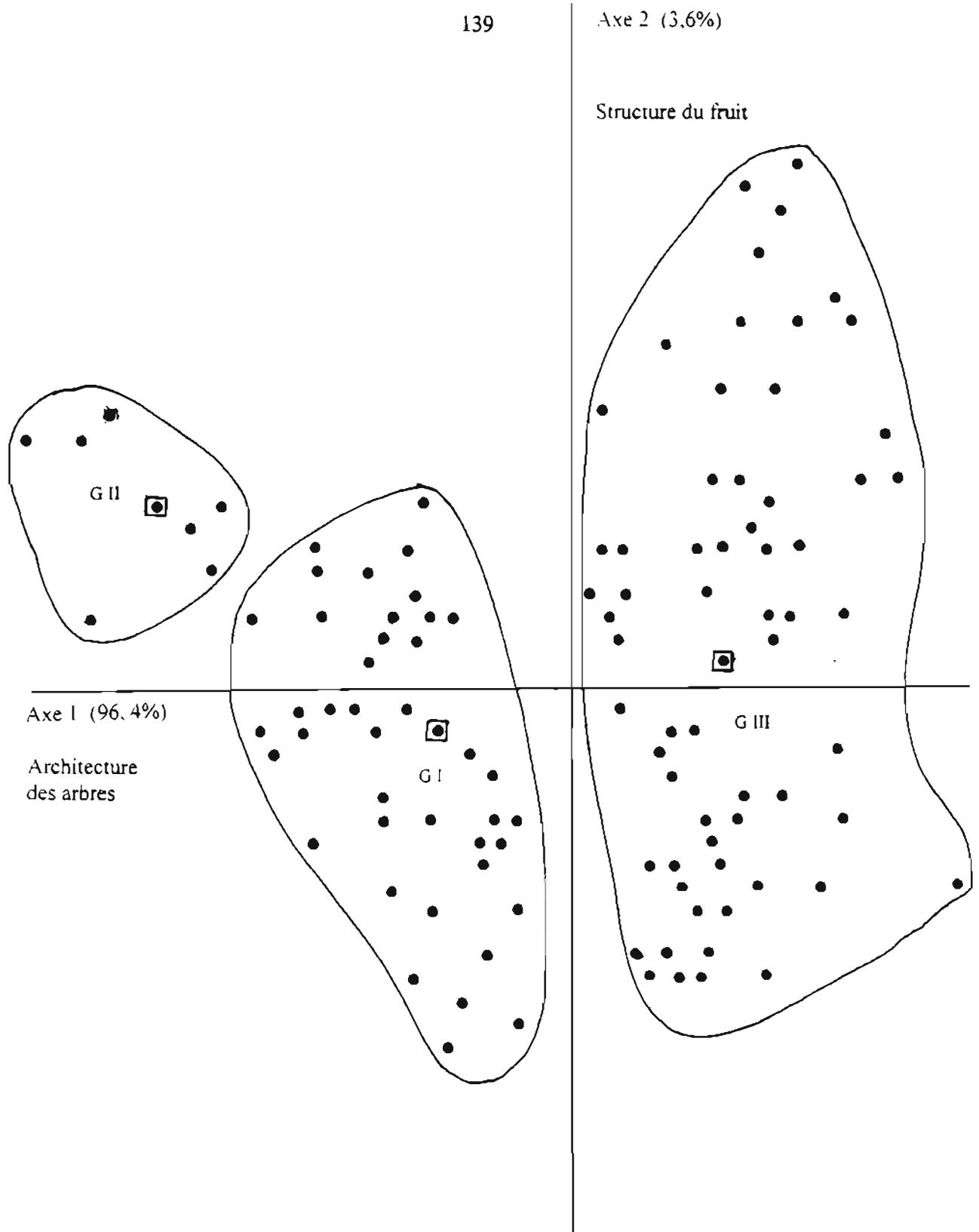
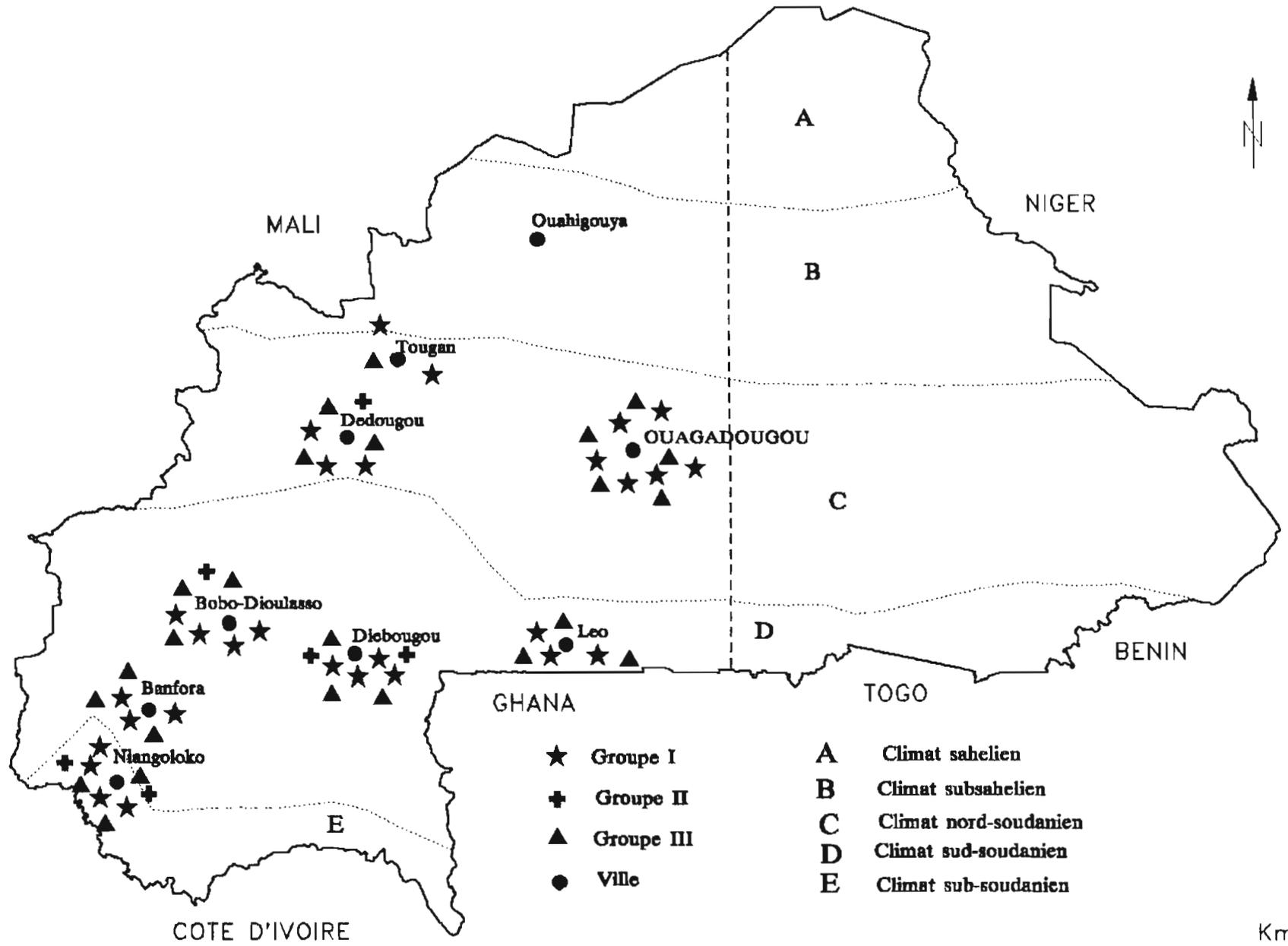


Fig. 18: Représentation des individus (●) et des centres de gravité des groupes (■) dans le plan 1.2 de l'AFD sur les variables calculées.

Ces conclusions se rapprochent de celles rapportées par DALZIEL (1955). Cet auteur note que suite à des observations sur le karité, il n'a pas été possible de faire une distinction de variétés à partir des caractères morphologiques. Néanmoins la dissémination des individus des 3 types d'arbres à travers toute la zone d'étude (fig. 19) permet de partager l'avis d'AUBREVILLE (1950). Selon lui le karité présente probablement de nombreuses variétés qui ne sont pas très bien séparées. Nous pensons que pour identifier ces différentes variétés il faudrait également prendre en compte d'autres aspects de recherche comme la cytogénétique et la caractérisation biochimique. Cette nouvelle approche devrait ainsi permettre de réviser les classifications antérieures notamment celle de CHEVALIER (1943).



- ★ Groupe I
 - + Groupe II
 - ▲ Groupe III
 - Ville
- A Climat sahelien
 - B Climat subsahelien
 - C Climat nord-soudanien
 - D Climat sud-soudanien
 - E Climat sub-soudanien

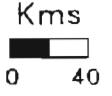


Fig. 19: REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES GROUPES GENETIQUES

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les données réunies au cours du présent travail donnent une image globale de la variabilité des populations productrices de karité au Burkina Faso. C'est à partir de cette variabilité naturelle que pourront se faire d'éventuels essais d'amélioration de l'espèce. Cette variabilité est importante, comme on le supposait. Parmi les caractères étudiés, les plus variables concernent la phénologie, les caractères morphologiques des arbres, les caractères des feuilles et les caractères des fruits.

La phénologie du karité a été observée de décembre 1990 à Juin 1991 sur deux sites différents. Le premier site est Dindéresso situé à l'ouest du pays et le deuxième site est Gonsé situé au nord du pays. Les observations ont été effectuées tous les 14 jours sur 30 arbres de chaque site. En 1992-1993 un suivi du comportement phénologique a également été fait à Kamboinsé sur un échantillon de 10 karités. Il ressort de toutes ces observations que de manière générale, le karité débute sa floraison en décembre. Cette floraison se poursuit pour connaître un optimum en mars et la fin en avril. Mais à Kamboinsé certains pieds de karité ont étalé leur floraison jusqu'en mai. On rencontre quelquefois des arbres de mêmes diamètres et dans les mêmes conditions écologiques, mais qui ont des comportements phénologiques nettement différents. Dans ce cas ils pourrait s'agir d'individus génétiquement différents. L'expression du phénotype est une réponse du génotype, les conditions du milieu étant les mêmes pour ces individus. La fructification commence en février et se poursuit jusqu'en mai où elle est abondante. La période de maturation très échelonnée dans le temps, est variable en fonction du gradient écologique. Elle est plus précoce à l'ouest qu'au nord du pays. Cette variabilité de la précocité pourrait être due non seulement au génotype des individus mais également aux conditions du milieu. D'une manière générale les conditions écologiques sont plus favorables à l'ouest qu'au nord du pays. Nous avons cependant rencontré dans les régions de Ouagadougou et Koudougou certains arbres dont les fruits persistent jusqu'en octobre-novembre et d'autres en floraison dès fin septembre. Les populations locales affirment alors que certains pieds de karité produisent deux fois dans l'année.

L'évaluation de la production de 15 arbres en 1993 à Kamboinsé a donné une moyenne de 48,65 kg de fruits par arbre. Les valeurs extrêmes sont de 15,38 kg pour le minimum et 137,68 kg pour le maximum. Ces valeurs correspondent à une moyenne de 5,06 kg d'amandes sèches par arbre avec un minimum de 1,20 kg et un maximum de 16,05 kg. Mais les écarts de production d'un arbre à l'autre sont énormes car les coefficients de variation sont de l'ordre de 70 à 80 %.

Pour les caractères morphologiques des arbres une variabilité a été observée à travers l'ensemble de la zone d'étude. Le diamètre du tronc à 1,30 m est de 0,30 m avec un minimum de 0,05 m et un maximum de 1,05 m. Les gros diamètres sont surtout rencontrés au nord du pays. Cette variabilité morphologique est surtout liée à l'âge des individus et aux conditions du milieu. En effet les populations de karité du nord du pays ont beaucoup plus bénéficié des soins apportés aux cultures des champs. Ces peuplements au nord de l'aire du karité sont donc vieillissants. Les arbres subissent également les effets de la sécheresse, les attaques parasitaires et la pression de l'homme. Tout cela peut contribuer à long terme à l'extinction du karité dans la partie nord de son aire si rien n'est entrepris dès maintenant. La mortalité du karité a justifié le démarrage d'un projet dans la région de Ségou au Mali, pays voisin du Burkina Faso (YOSSI, 1987).

Par rapport aux caractères des feuilles des arbres nous avons rencontré dans chaque localité des arbres à grandes feuilles et des arbres à petites feuilles. La longueur moyenne du limbe est de 13,72 cm entre un minimum de 10,18 cm et un maximum de 20,31 cm. La largeur du limbe a une moyenne de 4,39 cm avec des valeurs extrêmes de 3,02 cm et 6,64 cm. La variabilité morphologique des feuilles pourrait être de nature génétique mais également de nature phénotypique. Il faudrait donc une étude à une échelle locale pour mieux préciser la nature de cette variabilité. Par contre le rapport largeur/longueur est sous contrôle génétique. Ce rapport étant constant sur l'ensemble de la zone d'étude on peut affirmer comme HUTCHINSON et DALZIEL (1963) que le karité au Burkina Faso appartient à une même espèce.

En ce qui concerne les fruits les caractères sont peu variables sur toute l'étendue de la zone d'étude. La longueur moyenne du fruit est de 4,05 cm, entre un minimum de 2,76 cm et un maximum de 6,29 cm. Le diamètre du fruit a une moyenne de 3,49 cm avec des valeurs extrêmes de 2,54 cm et 4,79 cm. La variabilité phénotypique exprimée par les caractères des fruits est beaucoup plus due au génotype des individus qu'à l'âge et aux conditions du milieu. Dans une même localité on peut rencontrer des arbres ayant des fruits de formes et de grosseurs différentes.

L'analyse multivariable réalisée sur les variables calculées a montré que ce sont le port de l'arbre et la forme des fruits qui distinguent la population des karités en 3 types d'individus. Le type I est caractérisé par un port élancé et des fruits de forme allongée. Le type II présente un port très élancé et des fruits de forme arrondie. Le type III est caractérisé par un port arrondi et des fruits de forme allongée.

Parmi les caractères étudiés seuls les caractères des fruits peuvent pour le moment avoir un intérêt agronomique. Dans les peuplements du sud et du nord du pays nous avons repéré des sujets dont les fruits sont longs de 6 à 7 cm. Ces sujets présentent sans doute un intérêt particulier pour la sélection pour la pulpe. Comme l'ont déjà souligné NOUVELET et ZERBO (1991) de tels sujets pourraient faire l'objet de multiplication par le greffage. VERWEY et OUEDRAOGO (1988) disent également que pour améliorer les espèces à croissance lente comme le karité il est nécessaire de passer par la multiplication végétative, ce qui devrait contribuer à raccourcir le stade juvénile.

Pour une meilleure prise en compte de l'arbre dans le processus de développement national certaines actions devraient être menées de manière concertée le long de toute la filière karité.

Pour ce qui concerne l'arbre dans son milieu de nombreuses actions pourraient être entreprises pour des objectifs à court terme et à long terme.

Compte tenu de l'extrême lenteur de la croissance de l'arbre il est souhaitable à notre avis d'envisager à court terme la conservation *in situ* des peuplements existants.

Cette méthode de conservation des ressources phytogénétiques est considérée par l'IBPGR (CGIAR Fact, 1992) comme un moyen adéquat de protection de la diversité de nombreuses espèces sauvages. Des actions sylvicoles appropriées pourraient être appliquées sur les peuplements repérés pour leur conservation. Les paysans en dehors ou à l'intérieur des parcs de conservation devront être sensibilisés sur l'intérêt qu'il y a à entretenir le karité. Ils pourront souvent débarrasser les arbres de leurs parasites végétaux au moment où leurs travaux ne sont pas très intenses. Ces actions permettront de maintenir non seulement les peuplements en âge de produire pendant encore longtemps mais aussi la variabilité existante. Au Bénin, les paysans du sud de la province du Borgou semblent déjà avoir compris cette réalité. En effet, on y observe un vaste parc arboré à karités et nérés fortement intégré aux systèmes agraires traditionnels (DEPOMMIER et AGBAHUNGBA, 1989). Au Burkina Faso, les régions de l'ouest, du sud et du centre devraient être plus concernées par la conservation *in situ*. La structure des peuplements y est plus jeune et les arbres plus producteurs que dans les régions nord.

Les perspectives à long terme sont plus nombreuses. Des opérations de plantation devraient surtout concerner le nord du pays. D'après une étude de la FAO (1982) il est conseillé de planter en général 10 à 12 arbres à l'ha. Mais Il faudrait toujours prendre en compte la participation des populations locales. CHAMARD (1993) signale à ce propos que la restauration des écosystèmes à grande échelle est une utopie au sahel. Il propose alors de mettre en place des programmes ponctuels impliquant directement les populations rurales.

A l'IRBET, il serait souhaitable que des actions soient entreprises en vue de mettre en place des collections vivantes où plusieurs provenances de karité seront représentées ; c'est la conservation *ex situ*. Cela permettra à long terme d'avoir une base génétique plus large que la recherche pourra exploiter.

Compte tenu des nombreux problèmes dans la conservation des graines du karité la recherche scientifique pourrait également adopter d'autres techniques comme la culture de pollen ou de tissus pour conserver le potentiel génétique de cette espèce.

Après ce premier travail beaucoup de points restent à préciser. L'amélioration génétique ne pourra véritablement avoir lieu qu'après une bonne connaissance de la variabilité. En effet la variabilité observée est la résultante de l'interaction de plusieurs facteurs entre eux (écologie, génétique, âge). Des études complémentaires mettant en oeuvre un autre type d'échantillonnage (plantations, étude de la variabilité à une échelle locale, caractérisation biochimique, etc) permettraient d'aborder l'effet des différents facteurs un à un.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADJANOHOUN E., DE SOUZA S. et GUINKO S., 1973 - Les ordres des Angiospermes. Principales familles et espèces caractéristiques. Cotonou, Université du Bénin (ex. Dahomey). 54 pages.
- 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 ; 23 novembre au 8 décembre 1992 Ouagadougou, Burkina Faso. 7 pages.
- AMOAKOH-GYAMPAH A., 1983 - The United Kingdom, Danish and Swiss markets for Ghana Sheanuts. Prodec. Market Research Report N° 8/1983. 31 pages.
- AUBREVILLE A., 1950 - Flore forestière soudano-guinéenne. Société d'Editions géographiques maritimes et coloniales - PARIS, 525 Pages.
- BAMBA K., 1985. - Systèmes aériens et racinaires de quelques essences spontanées et exotiques dans la région de Saponé. Mém. Ingénieur Eaux et Forêts, Univ. OUAGADOUGOU, 135 Pages.
- BERHAUT J., 1967 - Flore du Sénégal : 2^{ème} Edition, Clairafrique, Dakar, : 4-226
- BOGNOUNOU O., 1988 - De quelques utilisations traditionnelles du karité : Butyrospermum paradoxum (GAERTN f) Hepper subsp. parkii (G. DON) Hepper (Sapotaceae). Communication au Séminaire National sur la Valorisation du karité pour le Développement National. Bilan et perspectives. Ouagadougou 188 pages.
- BONKOUNGOU G.E., 1987 - Monographie du karité, Butyrospermum

paradoxum (GAERTN. f.) HEPPER, espèce agroforestière à usages multiples
IRBET/CNRST - OUAGADOUGOU - 67 Pages.

BOOTHES F.E.M et WICKENS G.E. 1988 - Non timber uses of
selected arid zone trees and shrubs in Africa. FAO - Rome, page 34 - 36.

BOURLET G., 1950 - Le problème du karité. Oléagineux, 6 : 364
- 367

BOUSSIM I.J, 1991 - Contribution à l'étude des Tapinanthus,
parasites du karité au BURKINA FASO. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle,
Université de Ouagadougou, 152 Pages.

CAILLET F. 1979 - Manuel sur l'estimation des volumes et de
l'accroissement des peuplements forestiers. CTFT/FAO, 83 Pages.

C.G.I.A.R. Fact Sheet 4 - Conservation strategies - Towards
an integrated approach, UNCED, Brazil 1992.

CHAMARD P.C., 1993 - Environnement et développement -
Références particulières aux Etats Sahéliens membres du CILSS. Sécheresse
n°1, Vol.4 : 17-23, Mars 1993.

CHEVALIER A. 1943 - Les sapotacées à graines oléagineuses et
leur avenir en culture. Revue Bot appliquée, n° 260 - 262 : 97 - 159.

CHEVALIER A. 1946 - L'arbre à beurre d'Afrique et l'avenir de sa culture.
Oléagineux, 1 (1) : 7 - 11

CHEVALIER A. 1948 - Nouvelles recherches sur l'arbre à beurre du sudan.
Butyrospermum parkii. Rev. Bot. Appl. mai - juin 1948, Page 241 - 256.

- CRONQUIST A., 1988 - The Evolution and classification of flowering plants. Second Edition. The New York Botanical Garden. Bronx, New York, USA. 555 pages.
- CTFT, 1989 - Mémento du Forestier. "Techniques rurales en Afrique" 3^{ème} édition. Ministère Français de la Coopération. 1266 pages.
- DAGET P. et GODRON M., 1974. Vocabulaire d'Ecologie. CEPE L. Emberger. Edit. Hachette. Montpellier. 272 pages.
- DALZIEL J.M., 1955 - The Useful plants of West Tropical Africa. Appendix to the Flora of west Africa. I. Dicotyledones. Second reprint 1955. pages 350-354.
- DELOLME A. 1947 - Etude du karité à la station agricole de Ferkéssédougou en Côte-d'Ivoire. Oléagineux 2, n° 4, 186 - 200.
- DEPOMMIER D. et AGBAHUNGBA G., 1989 - Aspect du parc à karités - Nérés (Vitellaria paradoxa Gaertn.f., Parkia biglobosa Jacq. Benth) dans le Sud du Borgou en République du BENIN. Revue Bois et Forêts des Tropiques, N° 222, 4^{ème} trimestre 1989. CIRAD-Forêt, France. page 41-54.
- DESMAREST J. 1958 - Observations sur la population de karités de NIANGOLOKO de 1953 à 1957 - Oléagineux, 5 : 449 - 455.
- DUCHAUFOR Ph, 1988 - Pédologie. Editions Masson. 224 Pages.
- DUVIGNEAUD P., 1974 - La synthèse écologique. Edit° doin. Paris. 296 pages.
- EMBERGER L., 1960 - Les végétaux vasculaires - Traité de Botanique(systématique). Masson et Cie, 2:852-855
- E.N.G.R.E.F., 1986 - Revue Forestière Française. Amélioration génétique des arbres forestiers. N° spécial 1986. 288 pages.
- FAO, 1982. Espèces fruitières forestières. Fiches techniques. Etudes FAO : Forêts 34. Editions FAO. Rome. 201 pages.

FAO, 1985 - Annuaire de la production, vol.. 39, édit. FAO. Rome.

FONTES J., 1983 - Essais cartographiques de la végétation par télédétection ; quelques exemples pris au BURKINA FASO (ex HAUTE VOLTA). Thèse 3^{ème} cycle. TOULOUSE III, 175 Pages.

FOURNIER A., 1991. Phénologie, croissance et production végétales dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest. Variation selon un gradient climatique. Editions de l'ORSTOM. Collection Etudes et Thèses. Paris. 312 pages.

GALLAIS A., 1990. Théorie de la sélection en amélioration des plantes. Edit° Masson-Paris. 588 pages.

GAMENE C. S. 1987 - Contribution à la maîtrise des méthodes simples de prétraitement et de conservation des semences de quelques espèces ligneuses récoltées au BURKINA FASO. Mém. IDR Université OUAGADOUGOU. 94 pages.

GEERLING C., 1982. Guide de terrain des ligneux sahéliens et soudano-guinéens. Université agronomique de Wageningen, Pays-Bas. 340 pages.

GORENFLOT R., 1989 - Biologie végétale. Plantes supérieures. Tome 2 Appareil reproducteur. 2^e édition. Masson. 248 pages.

GROLLEAU A. 1989 - Contribution à l'étude de la multiplication végétative par greffage du karité (Vitellaria paradoxa Gaertn. f : Butyrospermum paradoxum Hepper). Revue Bois et Forêts des tropiques, N° 222, 4^{ème} trimestre, 1989.

GROUZIS M. 1980 - Une étude phénologique de population d'espèces ligneuses sahéliennes. Influence de quelques facteurs écologiques. "Symposium sur les fourrages ligneux en Afrique". Addis-Abéba, avril 1980, 11 Pages.

- GUIGNARD J.L. 1986 - Abrégé de Botanique. 6^{ème} édition Masson. 260 Pages.
- GUINKO S. 1984 - Végétation du BURKINA FASO (ex. HAUTE VOLTA). Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles. Bordeaux III, Tome 1 et 2. 318 Pages.
- GUINKO S. 1985 - Contribution à l'étude de la végétation et de la flore du BURKINA FASO (ex HAUTE VOLTA). Evolution et Dynamisme de la végétation. Annales de l'Université d'Abidjan. Série C, Tome XXI, fascicule B. 43 pages.
- GUINKO S., GUENDA W., MILLOGO R.J., TAMINI Z. et ZOUNGRANA I., 1987 - Etude des plantes mellifères dans l'ouest du BURKINA FASO. Rapport final projet FAO, OUAGADOUGOU. 85 pages.
- GUINKO S., 1988 - Choix de quelques espèces ligneuses spontanées pour les programmes d'amélioration génétique et de reforestation. Séminaire régional sur les semences forestières 11 - 15, Janvier 1988. CNSF/MET Ouagadougou - Burkina Faso. Page 1 à 26 .
- GUINKO S., GUENDA W., MILLOGO R.J., TAMINI Z. et ZOUNGRANA I., 1988 - Importance apicole du karité, Butyrospermum paradoxum subsp. parkii (G. DON) Hepper. Communication au séminaire national sur la valorisation du karité pour le Développement national. Bilan et perspectives. 188 pages.
- GUINKO S. et PASGO L. J., 1992 - Rôle et Commercialisation des produits non ligneux des essences forestières locales dans le département de Zitenga, Province d'Oubritenga. Etudes sur la flore et la végétation du Burkina Faso. Vol I : 17 - 25.
- GUIRA M., 1989 - Contribution à l'étude de la Biologie

Florale du karité, Butyrospermum paradoxum subsp. parkii (G. DON) Hepper, dans la région de OUAGADOUGOU. BURKINA FASO. Mém. DEA. ISN/IDR 56 Pages.

HALLE F., et OLDMAN R.A.A., 1970 - Essai sur l'architecture et la dynamique de croissance des arbres tropicaux. Masson, Paris, 178 pages.

HUTCHINSON J. et, DALZIEL J.M. 1963 - Flora of West Tropical Africa, LONDON, 2^{ème} édition. Vol. II.

IRHO 1952 - Karité - Rapport annuel d'activités 1952 : 136 -141.

IRHO 1982 -Karité - Observations sur 80 sujets. In Rapport annuel d'activités 1982. page 150-155.

JACKSON G., 1968 - Notes on West African Vegetation . II. The seedling morphology of Butyrospermum paradoxum (Gaertn.f) Hepper. J.W. Afr. Sc. Ass., 13 : 215 - 222.

JAEGER P., 1962 - Note provisoire sur le rôle des chauves-souris dans la dissémination des fruits du karité (Butyrospermum parkii Kot.) - Bulletin de l'I.F.A.N. T. XXIV, série A, n°1, 1962 Dakar page 112-115.

Jeune Afrique 1975 — Les Atlas - BURKINA FASO (ex HAUTE VOLTA). Editions J.A. 47 pages.

KERSHAW S. J. et HARDWICK E., 1981 - Heterogeneity within Commercial Contract Analysis Samples of Shea - Nut Kernels. In JAOCs June 1981 : 51-55. Highfield St., Liverpool L3 6AA, England, UK.

KERSHAW S.J. et HARDWICK E., 1986 - Some contractuel analysis

statistics for commercial sheanuts samples. Oléagineux, vol. 41. n° 12.
 Décembre 1986 : 567 - 572.

LAZARD C., 1991 - karité : le beurre et l'argent du beurre.
 In La Lettre de SOTAGRAL N°105, Juin 1991, page 14-15.

LEDYARD S., JR., 1950 - Variation and Evolution in Plants.
 Columbia University Press, New York, USA. 643 pages.

LEEUW J. de et KABRE B. G., 1987 - La production fruitière
 du karité au Burkina Faso. Mise au point de nos connaissances et perspectives
 de recherche. In "Recueil des communications présentés au séminaire national
 sur les essences forestières locales, tenu à Ouagadougou du 6 au 10 Juillet
 1987". Page 134 - 142.

LEROY J. F., 1982 - Précis de botanique. Les Angiospermes.
 Tome II. Végétaux supérieurs. Edition Masson. Paris, page 201-473.

LETOUZEY R., 1972 - Manuel de Botanique forestière. Afrique
 Tropicale. Tome 2B. Familles. C.T.F.T (Actuel CIRAD-Forêts). Paris. 461
 pages.

MAIGA A., 1987 - L'arbre dans les systèmes agroforestiers
 traditionnels dans la province du Bazèga. Influence du karité, du néré et de
 l'Acacia albida sur le sorgho et le mil. Mém. IDR Juin 1987. Université de
 Ouagadougou. 84 Pages.

MAYDELL M.J. Von 1983 - Arbres et arbustes du Sahel. Leurs
 caractéristiques et leurs utilisations. GTZ Eschborn, 531 Pages.

METRO A., 1975 - Terminologie forestière. Collection de

Terminologie forestière multilingue. N°2 Association française des eaux et forêts. Conseil international de la langue française. 1975. 432 pages.

MITRA J.M. 1974 - An introduction to systematic Botany and Ecology. Calcuta, the world Press Private LTD : 584 - 588.

NANDNABA E. 1986 - Dynamique comparée de populations de karité : Vitellaria paradoxa dans une zone protégée et sur jachères dans la région de Nazinga. BURKINA FASO. Mém. DEA. Univ. PARIS Sud. 44 Pages.

NOUVELLET Y. et ZERBO J. 1991 - Multiplication végétative du karité. Etat des recherches en cours IRBET/CIRAD OUAGADOUGOU BURKINA FASO. 19 pages.

OUADBA J.M. 1983 - Essai d'analyse Diachronimétrique de l'occupation du sol au BURKINA FASO (ex HAUTE VOLTA) par photo-interprétation et télédétection. Doctorat 3^{ème} cycle. TOULOUSE. 232 pages.

OUEDRAOGO M., 1987 - Note d'Informations sur le papillon du karité : Cirina butyrospermi. In "Recueil des communications présentées au séminaire national sur les essences forestières locales, tenu à Ouagadougou du 6 au 10 Juillet 1987" : 130 - 133.

PALMBERG G. 1985 - L'échantillonnage dans la récolte de semences forestières. Amélioration génétique des arbres forestiers. Cours de formation FAO/DANIDA. Mérida, Vénézuéla. Janv. Fév. 1980, Etude FAO Forêts 20, Rome 1985 : 44 - 48.

PARDE J. et BOUCHON J. 1988 - Dendrométrie - ENGREF - 2^{ème} édition. NANCY, 328 Pages.

- PARENT S., 1991. Dictionnaire des sciences de l'environnement. Terminologie bilingue Français-Anglais. RAGEOT, Paris. 748 pages.
- PICASSO G. 1984. Synthèse des résultats acquis en matière de recherches sur le karité au BURKINA FASO de 1950 à 1958. Rapport IRHO, 45 Pages.
- RUYSSSEN B. 1957 - Le karité au soudan. L'agronomie tropicale. N° 1 Janv. Fév. : 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. Revue Bois et Forêts des Tropiques, N° 228, 2^{ème} trimestre, 1991.
- SATABIE B., 1982 - Le phénomène de vicariance chez deux espèces écophylétiques au Caméroutn : Lophira alata Banks Ex Gaertn. et Lophira lanceolata Van Tiegh Ex KEAY (Ochnaceae). Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle Université de Yaoundé, Cameroun, 154 Pages.
- SCHMIDT M.A.L., 1986 - Le long voyage du karité. Inter-tropiques N° 21 p 23.
- SEDOGO P. M., 1988 - Effet de la culture continue et de la fumure sur l'évolution de la fertilité des sols. CNRST info. n° 2 : 1 - 9. Ouagadougou, BF.
- TERPEND M.N. 1982 - La filière karité. Produit de cueillette. Produit de luxe. Les dossiers Faim - Développement, 91 Pages.
- TERRIBLE M. 1975 - Essai d'évaluation de la végétation

ligneuse du BURKINA FASO. Ex CVRS 69 Pages.

TIANHOUN S.W. 1988 - Le processus de collecte des amandes de karité au BURKINA FASO. Mémo. IUT. Univ. OUAGADOUGOU, 36 Pages + annexes.

TIQUET J. 1985 - Les arbres de la brousse au BURKINA FASO. Collection CESAO "Appui au monde rural". Imprimerie de la savane. BOBO-DIOULASSO. 95 Pages.

TRAORE B., 1978 - Observations sur la phénologie de quelques espèces herbacées et ligneuses sahéliennes, ACC. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan, au Burkina Faso (ex. Haute Volta). 29 pages.

VERWEY J. A. et OUEDRAOGO A. S., 1988 - Les stratégies d'Amélioration Génétique. Séminaire régional sur les semences forestières. Ouagadougou 11 - 15 janvier 1988. : 73 - 84.

VUILLET J., 1911 - Le Karité et ses produits. Service de l'agriculture du Haut Sénégal-Niger. Edit Emile LAROSE-Paris. 151 pages.

YOSSI H. 1987 - Actions thématiques sur la mortalité du karité, Butyrospermum parkii (G.DON) KOTSCHY dans la région de SEGOU au Mali. 87 pages.

ZERBO J. L., 1987 - Expérimentation de techniques de production de plants d'arbres utilisés en Agroforesterie traditionnelle : cas du karité, Butyrospermum paradoxum (Gaertner F.) Hepper. Mémoire IDR. Université de Ouagadougou. 75 pages.

ZOUNGRANA I., 1991 - Recherches sur les aires pâturées du Burkina Faso. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles. Université de Bordeaux III. 240 pages.

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

PLANCHE I : Variabilité de la forme et de la couleur des fruits, des noix et des amandes du karité.

- 1 : **Fruits du karité.** Remarquer les fruits ovoïdes, arrondis, fusiformes et piriformes. Les couleurs sont le vert-clair, le vert-foncé ou le vert-jaunâtre.
- 2 : **Noix du karité.** Les formes se rapprochent de celles des fruits. Les couleurs vont du brun-clair au brun très foncé.
- 3 : **Amandes du karité.** Les formes se rapprochent également de celles des noix et des fruits. Remarquer la présence d'amandes blanchâtres. Certaines amandes présentent des stries.

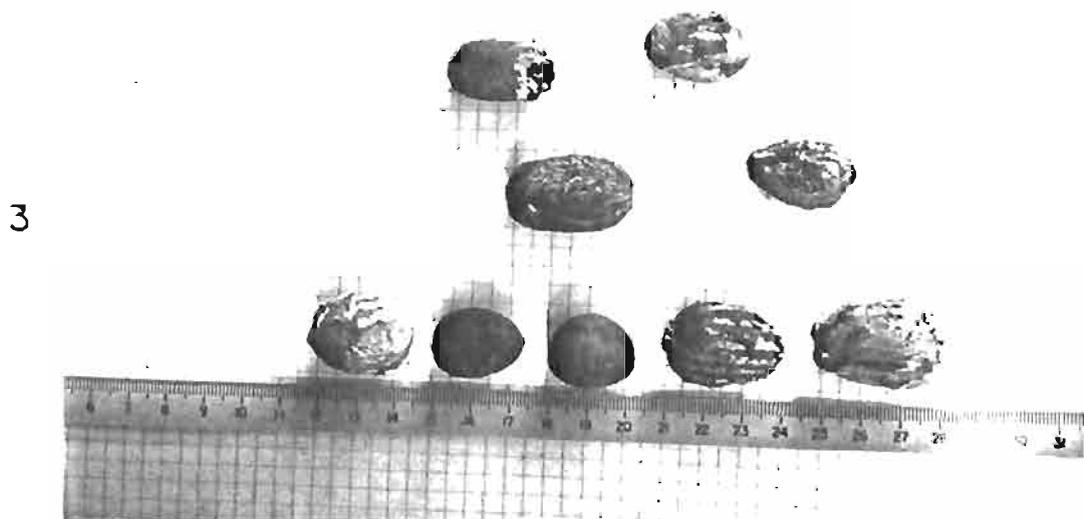
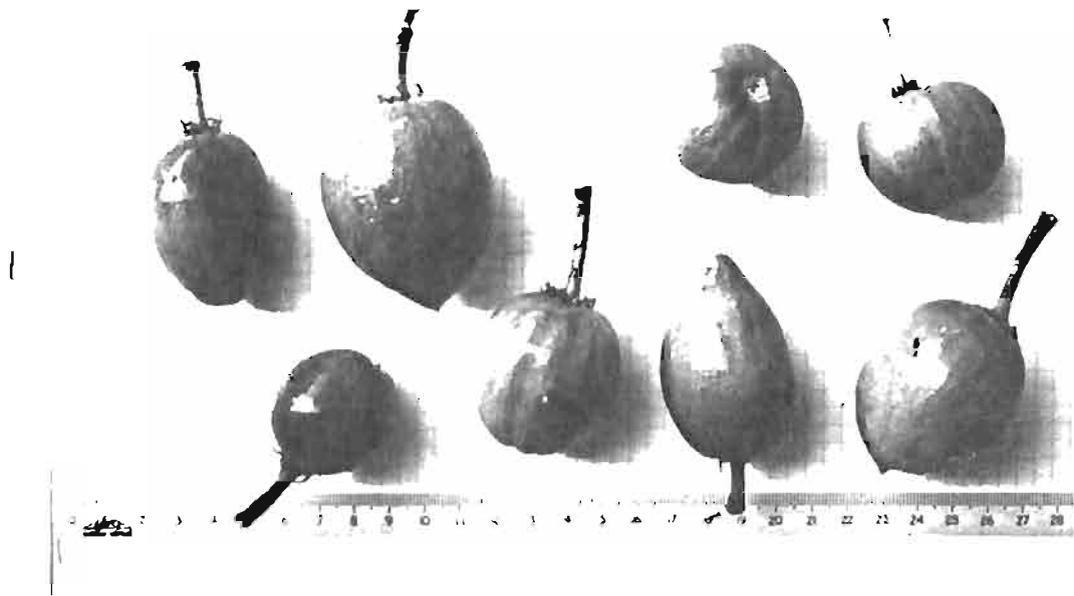


PLANCHE II : Phases de défeuillaison et de floraison du karité.

- 4 : Karité en fin de défeuillaison sans aucune apparition de fleurs à Gonsé, à l'Est de Ouagadougou. Décembre 1990.

- 5 : Apparition des fleurs après défeuillaison du karité. Village de Yagma, près de Ouagadougou. Mars 1991.

PLANCHE II

4



5



PLANCHE III : La fructification du karité

6 : Formation de jeune

s fruits de karité en forme de boule. Remarquer la couleur brunâtre des fruits due à la pubescence. Campus de l'Université de Ouagadougou, près de la Forêt Classée. Avril 1991.

7 : Les fruits du karité à l'approche de la maturité. Campus de l'Université de Ouagadougou, près de la Forêt Classée. Septembre 1991.

PLANCHE III

6



ANNEXES

ANNEXE 1

Fiche de relevé des données sur les caractéristiques des arbres échantillonnés.

Date d'observation :

Site :

N° ARBRE	Circonférence à 1.30 m	Diamètre à 1.30 m	Hauteur du fût	Hauteur totale	Houppier		Observations
					Hauteur	Diamètre	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

ANNEXE 2

Fiche de relevé des données sur les caractères des feuilles

N° arbre :

Site :

Date :

N° RAMEAU	Nombre de feuilles	Longueur pétiole	LIMBE			OBSERVATIONS
			Longueur	Largeur	Nombre de paires de nervures	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

ANNEXE 4**FICHE D'OBSERVATIONS PHENOLOGIQUES**

Date d'observation :

Site :

N° ARBRE	FEUILLAISSON				FLORAISON				FRUCTIFICATION				OBSERVATIONS
	O	D	P	F	O	D	P	F	O	D	P	F	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													

Légende :

O : Pas de feuilles, pas de fleurs ou pas de fruits

D : Début de feuillaison, ou de floraison, ou de fructification

P : Pleine feuillaison, ou floraison, ou fructification

F : Début de défeuillaison, ou fin de floraison, ou fin de fructification

ANNEXE 5STATISTIQUES ELEMENTAIRES RELATIVES AUX CARACTERES MORPHOLOGIQUES DES ARBRES

SITES	VARIABLES							
	D 1,30 m (m)	HF (m)	HT (m)	HH (m)	DH (m)	DHHT	HDH	DHT
SITE 1 NIANGOLOKO	min = 0,05	1,23	4,55	2,91	4,30	0,45	0,64	0,01
	max = 0,44	3,15	15,25	12,88	11,89	1,28	1,95	0,03
	x = 0,20	1,31	10,59	8,81	7,63	0,73	1,18	0,01
	σ = 0,09	0,41	2,66	2,53	2,11	0,19	0,30	0,007
	cv = 45%	31,2	25,1%	28,7%	27,6%	26 %	25,4%	70 %
SITE 2 BANFORA	min = 0,07	1,23	4,50	2,28	4,20	0,58	0,51	0,01
	max = 0,28	2,21	10,30	8,70	9,00	1,28	1,45	0,04
	x = 0,16	1,65	7,29	5,66	6,32	0,88	0,91	0,02
	σ = 0,049	0,26	1,38	1,44	1,27	20,4%	0,24	0,006
	cv = 30,6%	15,7%	18,9%	25,4%	0,18 20%		26,3%	30%
SITE 3 DIEBOUGOU	min = 0,15	1,45	9,75	5,75	4,36	0,35	0,81	0,01
	max = 0,47	4,00	15,75	13,70	12,80	1,01	2,50	0,03
	x = 0,32	1,94	13,26	11,30	8,96	0,68	1,32	0,02
	σ = 0,07	0,53	1,83	1,96	2,05	0,15	0,38	0,005
	cv = 21,8%	27,3%	13,8%	17,3%	22,8%	22 %	28,7%	25 %

SITE 4 DINDERESSO	min = 0,10	1,17	5,25	3,60	3,50	0,37	0,59	0,01
	max = 0,28	2,28	11,00	9,62	10,30	1,28	2,21	0,03
	x = 0,17	1,65	8,48	6,86	6,69	0,80	1,06	0,02
	σ = 0,04	0,23	1,51	1,54	1,52	0,17	0,31	0,004
	cv = 23,5%	13,9%	17,8%	22,4%	22,7%	21,2 %	29,2%	20 %
SITE 5 KOUMI	min = 0,06	1,20	4,00	2,28	3,00	0,25	0,30	0,01
	max = 0,59	2,50	13,00	10,77	10,25	1,89	3,43	0,05
	x = 0,22	1,76	7,95	6,19	6,76	0,89	0,97	0,02
	σ = 0,10	0,29	2,43	2,35	2,05	0,28	0,52	0,01
	cv = 45,4%	16,4%	30,5%	38,1%	30,3%	31,4%	53,6%	50 %
SITE 6 LEO	min = 0,11	1,40	5,50	3,98	4,44	0,52	0,55	0,02
	max = 0,34	4,00	13,75	11,75	11,16	1,35	1,44	0,05
	x = 0,22	1,94	8,74	6,80	7,31	0,86	0,94	0,02
	σ = 0,05	0,56	2,10	2,15	1,64	0,21	0,26	0,007
	cv = 22,7%	28,8%	24%	31,6%	22,4%	24,4%	27,6%	35 %
SITE 7 SAPONE	min = 0,20	1,33	4,75	2,40	3,69	0,53	0,45	0,02
	max = 0,64	3,30	11,25	9,42	10,30	1,45	1,39	0,08
	x = 0,33	2,11	7,96	5,85	7,00	0,91	0,85	0,04
	σ = 0,09	0,53	2,03	1,89	1,87	0,23	0,26	0,01
	cv = 27,2%	25,1%	25,5%	32,3%	26,7%	25,2 %	30,5%	25 %

SITE 8 GONSE	min = 0,21	1,10	6,50	5,00	5,10	0,58	0,49	0,02
	max = 0,91	3,16	14,75	13,53	15,25	1,52	1,45	0,07
	x = 0,41	1,99	10,87	8,88	9,56	0,90	0,95	0,03
	σ = 0,15	0,51	2,56	2,37	2,49	0,25	0,26	0,01
	cv = 36,5%	25,6%	23,5%	26,6%	26%	27,7%	27,3%	33,3%
SITE 9 DEDOUGOU	min = 0,19	1,38	8,00	5,90	6,10	0,60	0,70	0,02
	max = 0,62	4,50	18,00	14,93	15,50	1,05	1,45	0,04
	x = 0,35	2,49	12,90	10,38	9,95	0,77	1,04	0,02
	σ = 0,09	0,72	2,48	2,45	2,02	0,10	0,16	0,005
	cv = 25,7%	28,9%	19,2%	23,6%	20,3%	12,9%	15,3%	25 %
SITE 10 TOUGAN	min = 0,17	1,47	5,20	3,60	5,10	0,46	0,55	0,02
	max = 1,02	3,60	21,50	19,42	14,80	1,25	1,97	0,05
	x = 0,45	2,37	14,96	12,58	10,32	0,72	1,20	0,02
	σ = 0,20	0,69	4,80	4,50	2,75	0,16	0,28	0,007
	cv = 44,4%	29,1%	32%	35,7%	26,6%	22,2%	23,3%	23,3%
SITE 11 OUAHIGOUYA	min = 0,24	1,37	8,80	6,69	6,30	0,47	0,87	0,02
	max = 0,70	4,50	20,50	17,10	16,80	0,95	1,80	0,04
	x = 0,45	2,36	14,86	12,49	10,67	0,72	1,18	0,03
	σ = 0,12	0,76	3,05	2,97	2,70	0,12	0,23	0,006
	cv = 26,6%	32,2%	20,5%	23,7%	25,3%	16,6%	19,4%	20%

ENSEMBLE DES SITES	min = 0,05	1,10	4,00	2,28	3,00	0,25	0,30	0,01
	max = 1,02	4,50	21,50	19,42	16,80	1,89	3,43	0,08
	x = 0,30	2,01	10,71	8,71	8,29	0,81	1,05	0,03
	σ = 0,15	0,59	3,74	3,52	2,54	0,21	0,33	0,01
	cv = 50%	29,3%	34,9%	40,4%	30,6%	25,9%	31,4%	33,3%
VALEUR DE F OBS.	15,78	7,28	17,56	16,79	11,93	3,83	5,80	13,80
TEST DE SIGNIFICATION (5 %)	Significatif	S.						

ANNEXE 6STATISTIQUES ELEMENTAIRES RELATIVES AUX CARACTERES DES FEUILLES DES ARBRES

SITES	VARIABLES					
	NF	LPE (cm)	LLM (cm)	LALM (cm)	RLL	NPN
SITE 1 NIANGOLOKO	min = 10	4,94	11,16	3,33	0,26	30
	max = 27	9,58	16,95	6,07	0,43	59
	x = 17,23	7,65	13,77	4,50	0,32	44,33
	σ = 3,69	1,20	1,39	0,71	0,04	7,42
	cv = 21,4%	15,6%	10%	15,7%	12,5%	16,7%
SITE 2 BANFORA	min = 17	5,99	11,54	3,50	0,24	30
	max = 34	9,76	17,21	5,07	0,38	54
	x = 24,80	7,42	13,94	4,29	0,30	38,57
	σ = 4,02	0,83	1,29	0,36	0,03	5,78
	cv = 16,2%	11,1%	9,2%	8,3%	10%	14,9%
SITE 3 DIEBOUGOU	min = 9	4,43	10,21	3,14	0,24	31
	max = 22	7,90	15,02	5,43	0,44	45
	x = 15,53	6,35	12,83	4,11	0,32	35,97
	σ = 3,97	0,83	1,21	0,54	0,04	3,87
	cv = 25,5%	13%	9,4%	13,1%	12,5%	10,7%
SITE 4 DINDERESSO	min = 11	4,67	10,67	3,16	0,25	29
	max = 26	8,98	15,73	5,18	0,40	46
	x = 18,40	6,66	13,20	4,14	0,31	36,97
	σ = 4,15	1,02	1,50	0,48	0,03	4,41
	cv = 22,5%	15,3%	11,3%	11,5%	9,67%	11,9%

SITE 5 KOUMI	min = 9	5,90	11,14	3,50	0,24	29
	max = 28	9,47	18,08	5,92	0,36	44
	x = 16,87	7,33	14,02	4,34	0,30	35,80
	σ = 4,50	0,86	1,81	0,50	0,03	3,87
	cv = 26,6%	11,7%	12,9%	11,5%	10%	10,8%
SITE 6 LEO	min = 11	5,04	11,06	3,48	0,25	27
	max = 22	9,19	19,60	9,73	0,41	45
	x = 16,43	6,78	14,42	4,69	0,32	36,73
	σ = 3,22	0,96	1,73	0,57	0,04	4,24
	cv = 19,5%	14,1%	11,9%	12,1%	12,5%	11,5%
SITE 7 SAPONE	min = 9	5,87	11,64	3,32	0,24	30
	max = 27	9,52	17,13	5,57	0,35	44
	x = 18,90	7,39	14,07	4,21	0,29	35,07
	σ = 4,28	0,96	1,61	0,60	0,03	3,37
	cv = 22,6%	12,9%	11,4%	14,2%	10,3%	9,6%
SITE 8 GONSE	min = 10	4,56	10,35	3,83	0,27	32
	max = 20	9,06	20,31	6,64	0,48	59
	x = 14,17	7,14	14,41	5,01	0,35	40,10
	σ = 2,21	1,12	2,40	0,68	0,05	5,50
	cv = 15,5%	15,6%	16,6%	13,5%	14,2%	13,7%
SITE 9 DEDOUGOU	min = 12	5,45	10,27	3,06	0,25	34
	max = 28	8,84	15,61	5,42	0,44	63
	x = 19,53	7,03	13,08	4,23	0,32	44,87
	σ = 4,22	0,99	1,35	0,58	0,04	8,33
	cv = 21,6%	14%	10,3%	13,7%	12,5%	18,5%

SITE 10 TOUGAN	min = 15	5,09	11,26	3,02	0,24	41
	max = 31	8,18	16,75	5,97	0,44	55
	x = 21,33	6,26	13,77	4,39	0,31	47,77
	σ = 4,30	0,82	1,51	0,70	0,04	4,32
	cv = 20,1%	13%	10,9%	15,9%	12,9%	9,6%
SITE 11 OUAHIGOUYA	min = 14	4,70	10,18	3,13	0,29	32
	max = 34	9,79	16,59	5,67	0,39	52
	x = 24,50	6,18	13,43	4,38	0,32	41,10
	σ = 4,52	1,16	1,49	0,55	0,03	5,16
	cv = 18,4%	18,7%	11%	12,5%	9,3%	12,5%
ENSEMBLE DES SITES	min = 9	4,43	10,18	3,02	0,24	27
	max = 34	9,79	20,31	6,64	0,48	63
	x = 18,86	6,95	13,72	4,39	0,32	39,75
	σ = 5,10	1,07	1,65	0,62	0,04	6,64
	cv = 27%	15,3%	12%	14,12%	12,5%	16,7%
VALEUR DE F OBS.	13,44	5,88	3,01	5,34	3,24	12,43
TEST DE SIGNIFICATION (5 %)	Significatif	S.	S.	S.	S.	S.

ANNEXE 7STATISTIQUES ELEMENTAIRES RELATIVES AUX CARACTERES DES FRUITS DES ARBRES

SITES	VARIABLES							
	LPF (cm)	LF (cm)	DF (cm)	DLF	LNF (cm)	DNF (cm)	EP (cm)	DNDF
SITE 1 NIANGOLOKO	min = 1 max = 2,87 x = 1,91 σ = 0,47 cv = 24,6%	2,94 6,29 3,79 0,69 18,2%	2,68 3,98 3,27 0,25 7,6%	0,70 1,07 0,89 0,08 8,9%	2,37 3,24 2,83 0,29 10,2%	1,84 2,79 2,32 0,24 10,3%	0,24 0,66 0,40 0,12 30%	0,64 0,99 0,74 0,09 12,1%
SITE 2 BANFORA	min = 1,17 max = 2,82 x = 1,87 σ = 0,42 cv = 22,4%	3,06 4,56 3,78 0,32 8,4%	2,75 4,22 3,48 0,27 7,7%	0,82 1,02 0,91 0,05 5,4%	1,97 3,17 2,72 0,28 10,2%	1,57 2,74 2,26 0,26 11,5%	0,21 0,71 0,46 0,13 28,2%	0,52 0,89 0,70 0,07 10%
SITE 3 DIEBOUGOU	min = 1,02 max = 2,23 x = 1,57 σ = 0,33 cv = 21%	3,02 5,00 3,86 0,47 12,1%	2,85 3,95 3,42 0,27 7,8%	0,63 1,06 0,89 0,08 8,9%	2,19 3,41 2,88 0,35 12,1%	1,50 2,75 2,20 0,31 14%	0,31 0,97 0,56 0,17 30,3%	0,52 0,91 0,68 0,08 11,7%
SITE 4 DINDERESSO	min = 1,28 max = 3,46 x = 2,03 σ = 0,46 cv = 22,6%	3,16 4,81 3,91 0,36 9,2%	2,54 3,96 3,32 0,30 9%	0,72 0,94 0,83 0,06 7,22%	1,79 3,41 2,29 0,36 15,7%	1,26 2,71 2,23 0,28 12,5%	0,26 0,53 0,39 0,06 15,3%	0,58 0,80 0,72 0,05 6,9%

SITE 5 KOUMI	min = 1,32	2,98	2,73	0,68	2,04	1,65	0,23	0,64
	max = 3,81	5,63	4,39	1,05	3,58	2,66	0,63	0,88
	x = 2,08	4,11	3,54	0,86	2,90	2,30	0,40	0,74
	σ = 0,49	0,82	0,38	0,08	0,35	0,26	0,10	0,06
	cv = 23,5%	19,9%	10,7%	9,3%	12%	11,3%	25%	81%
SITE 6 LEO	min = 1,20	3,33	2,83	0,68	1,73	1,44	0,31	0,53
	max = 2,42	5,02	3,95	0,98	3,66	3,12	0,72	0,99
	x = 1,82	4,15	3,49	0,84	3,08	2,34	0,55	0,69
	σ = 0,33	0,42	0,28	0,07	0,54	0,43	0,11	0,10
	cv = 18,1%	10,1%	8%	8,3%	17,5%	18,3%	20%	14,4%
SITE 7 SAPONE	min = 1,25	3,54	3,18	0,65	-	-	-	-
	max = 2,80	5,91	4,48	1,01	-	-	-	-
	x = 2,15	4,60	3,80	0,82	-	-	-	-
	σ = 0,45	0,57	0,37	0,08	-	-	-	-
	cv = 20,9%	12,3%	9,7%	9,7%	-	-	-	-
SITE 8 GONSE	min = 1,32	3,15	2,72	0,65	2,73	1,89	0,40	0,48
	max = 2,99	5,77	3,84	0,96	3,89	2,81	1,04	0,75
	x = 1,87	4,02	3,26	0,81	3,22	2,31	0,69	0,61
	σ = 0,42	0,59	0,28	0,08	0,33	0,25	0,19	0,08
	cv = 22,4%	14,6%	8,5%	9,8%	10,2%	10,8%	27,5%	13,1%
SITE 9 DEDOUGOU	min = 0,84	3,55	3,04	0,75	2,03	1,66	0,42	0,54
	max = 2,78	5,30	4,79	1,02	3,78	3,04	0,95	0,88
	x = 1,96	4,31	3,82	0,88	3,08	2,33	0,70	0,64
	σ = 0,41	0,51	0,39	0,06	0,43	0,33	0,17	0,10
	cv = 20,9%	11,8%	10,2%	6,8%	13,9%	14,1%	24,2%	15,6%

SITE 10 TOUGAN	min = 0,77	2,76	2,54	0,75	2,06	1,66	0,27	0,59
	max = 2,62	5,02	4,21	1,28	3,54	2,70	0,82	0,93
	x = 1,79	3,96	3,47	0,91	2,98	2,36	0,55	0,69
	σ = 0,53	0,72	0,55	0,15	0,51	0,31	0,16	0,10
	cv = 29,6%	18,1%	15,8%	16,4%	17,1%	13,1%	29%	14,4%
ENSEMBLE DES SITES	min = 0,77	2,76	2,54	0,63	1,73	1,26	0,21	0,48
	max = 3,81	6,29	4,79	1,28	3,89	3,04	1,04	0,99
	x = 1,91	4,05	3,49	0,86	2,94	2,28	0,51	0,69
	σ = 0,45	0,57	0,37	0,08	0,40	0,29	0,17	0,09
	cv = 23,5%	14%	10,6%	9,3%	13,6%	12,7%	33,3%	13%
VALEUR DE F OBS.	3,78	5,78	8,13	3,53	3,36	0,64	8,84	5,14
TEST DE SIGNIFICATION (5 %)	Significatif	S.						