

BURKINA FASO  
UNITE-PROGRES-JUSTICE

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,  
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

-----  
UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

-----  
INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



## MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION: EAUX ET FORETS

**THEME : Fonctionnement physiologique du karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn. F Hepper, Sapotaceae) sous différents régimes d'eau.**

Présenté par :

Zézouma SANON

Maître de stage : Dr Jules BAYALA

Directeurs de mémoire: Dr Sobèrè A. TRAORE

: Dr Jean Baptiste M.H. ILBOUDO

N: 00-2009/E&F

Juin 2009

## DEDICACE

*Je dédie ce mémoire*

*A*

*Mon père défunt feu Nassan SAMON*

*Ma mère Lango SAMON*

*Mon grand frère et père adoptif Bruno K. SAMON*

*Tous mes frères et sœurs qui ont su faire preuve de fraternité exemplaire.*

*Que Dieu nous bénisse. Amen !*

## REMERCIEMENTS

Il nous est agréable, à la fin de ce travail, d'exprimer notre reconnaissance à toutes les personnes qui d'une manière ou d'une autre ont contribué à son aboutissement.

Nous disons merci au chef du Département Production Forestière (DPF), **Dr Jean Sibiri OUEDRAOGO** pour nous avoir accepté au sein de son département ;

Au **Dr Jules BAYALA**, initiateur de cette étude, qui a toujours mis à notre disposition dans la mesure du possible les moyens matériel et financier pour la bonne exécution de nos travaux. Son suivi constant de notre travail et la fourniture des documents ; sa disponibilité et ses conseils pendant la rédaction de ce mémoire sont d'une importance inestimable ;

Au **Dr Sobère A. TRAORE**, notre directeur de mémoire qui a bien voulu nous suivre dans ce travail. Ses conseils nous ont permis d'enrichir ce présent mémoire ;

Au **Dr Jean Baptiste M. H. ILBOUDO**, notre co-directeur pour son apport dans l'amélioration de la qualité scientifique de ce document ;

A **M. Paulin BAZIE**, affectueusement appelé «*coordo*» qui nous a appris à manipuler certains appareils. Sa présence à nos côtés, malgré ces multiples occupations, nous a permis de surmonter sans grandes difficultés beaucoup d'obstacles. Nous lui disons **Merci** ;

Nous n'oublions pas l'administration de l'I.D.R et nos enseignants qui nous ont fourni les connaissances intellectuelles nécessaires au cours des deux ans passés à l'institut;

Nous exprimons nos remerciements à l'endroit des chercheurs du DPF particulièrement au **Dr Ousmane B. DIALLO**, au **Dr Mahamadi DIANDA**, à **Mme KI/ DEMBELE Catherine** pour la documentation et les corrections apportées à ce travail ;

Merci à tous nos aînés pour leurs multiples conseils et encouragements, particulièrement à **Hugues Roméo BAZIE**, **Inoussa COMPAORE** et Alexis **SOMPOUGDOU** à qui nous avons eu recours plusieurs fois ;

Merci à tous les techniciens, les chauffeurs et les manœuvres du DPF avec qui nous avons entretenu de très bonnes relations ;

Qu'il nous soit permis de remercier nos camarades de classes avec qui nous avons partagé angoisses et joies, nous pensons là à **Etienne SODRE**, **Mireille YAMEOGO**, **Lassané TRAORE**, **Arnaud ZIDA** merci pour votre soutien moral ;

Merci à **M. Henri N. BOUDA**, à **M. Sibiri BARRO** et à **M. Karim TRAORE** pour leur contributions diverses durant ce stage.

Mes bien aimés, (frères et sœurs) en Christ, soyez remerciés pour votre soutien moral et spirituel.

Puisse Christ notre seigneur vous accorder sa grâce en plénitude. Amen!

Cette étude a été réalisée grâce à l'appui financier du projet **INNOVKAR**.

# TABLE DE MATIERES

DEDICACE.....	I
REMERCIEMENTS.....	II
TABLE DE MATIERES.....	III
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	VI
LISTE DES FIGURES.....	VII
LISTE DES TABLEAUX.....	VIII
LISTE DES PHOTOS.....	IX
RESUME.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCTION.....	1
GENERALITES.....	4
<b>I. Etat des connaissances sur le karité.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Nomenclature et Classification.....</b>	<b>4</b>
1.1.1. Nomenclature.....	4
1.1.2. Classification.....	4
<b>1.2. Distribution et Ecologie de l'espèce.....</b>	<b>5</b>
1.2.1. Répartition géographique.....	5
1.2.2. Ecologie.....	5
<b>1.3. Morphologie descriptive.....</b>	<b>8</b>
1.3.1. Appareil végétatif.....	8
1.3.1.1. Port.....	8
1.3.1.2. Tronc.....	8
1.3.1.3. Racines.....	8
1.3.1.4. Feuilles.....	9
1.3.2. Appareil reproducteur.....	9
1.3.2.1. Inflorescence et fleurs.....	9
1.3.2.2. Fruit et noix.....	10
<b>1.4. Mode de reproduction.....</b>	<b>11</b>
1.4.1. Multiplication par semis.....	11
1.4.1.1. Germination.....	11
1.4.1.2. Croissance et développement.....	11
1.4.2. Multiplication végétative.....	12
1.4.2.1. Greffage.....	12
1.4.2.2. Bouturage.....	13
1.4.2.3. Marcottage.....	13
<b>1.5. Importance socio-économique du karité.....</b>	<b>13</b>
<b>II. Quelques notions en écophysologie.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Photosynthèse et conductance stomatique.....</b>	<b>14</b>
2.1.1. Photosynthèse.....	14
2.1.2. Conductance stomatique.....	16
MATERIEL ET METHODES.....	17
<b>I. Présentation des zones de provenance.....</b>	<b>17</b>

<b>II. Semis, Germination et Repiquage.....</b>	<b>17</b>
<b>III. Dispositif expérimental.....</b>	<b>19</b>
<b>IV. Matériel.....</b>	<b>21</b>
<b>4.1. Matériel biologique.....</b>	<b>21</b>
<b>4.2. Matériel de mesures.....</b>	<b>21</b>
<b>V. Méthodes.....</b>	<b>22</b>
<b>5.1. Principe de calcul de la quantité d'eau.....</b>	<b>22</b>
<b>5.2. Application des régimes d'eau.....</b>	<b>22</b>
<b>5.3. Mesure des paramètres dendrométriques.....</b>	<b>24</b>
<b>5.4. Mesure des paramètres écophysologiques.....</b>	<b>24</b>
<b>5.5. Détermination de la surface foliaire moyenne.....</b>	<b>25</b>
<b>5.6. Traitement de données.....</b>	<b>25</b>
<b>RESULTATS.....</b>	<b>26</b>
<b>I. Effets des différents régimes d'eau et des provenances sur la Photosynthèse, la Conductance stomatique et la Transpiration des plants de karité.....</b>	<b>26</b>
<b>1.1. Evolution des Radiations Photosynthétiquement Actives (PAR) et de la température de la feuille au cours de la journée.....</b>	<b>26</b>
<b>1.2. Effet de Provenances sur les paramètres éco-physiologiques des plants de karité avant le stress.....</b>	<b>26</b>
<b>1.3. Effet du stress hydrique sur les variables éco-physiologiques.....</b>	<b>27</b>
1.3.1. Effet des différents régimes sur les variables éco-physiologiques au début du stress.....	27
1.3.2. Fonctionnement physiologique des plants de karité après six mois de stress hydrique.....	30
<b>II. Effets des régimes d'eau et des provenances sur la morphologie de la feuille de karité.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2. Effet des différents régimes d'eau sur la morphologie de la feuille.....</b>	<b>38</b>
2.2.1. Effet du stress après un mois d'application des régimes d'eau.....	38
2.2.2. Effet du régime d'eau sur la morphologie de la feuille après quatre mois d'application.....	39
<b>III. Effet des régimes d'eau et des provenances sur les paramètres dendrométriques des plants de karité.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1. Effet de provenance sur les paramètres dendrométriques avant le stress.....</b>	<b>41</b>
<b>3.2. Effet des différents régimes d'eau sur les paramètres dendrométriques.....</b>	<b>42</b>
<b>3.3. Effet de provenance sur les paramètres dendrométriques pendant l'application du régime d'eau.....</b>	<b>46</b>
<b>DISCUSSION.....</b>	<b>48</b>
<b>I. Variabilité inter provenance des plants de karité avant l'application du stress.....</b>	<b>48</b>

<b>1.1. Effet de provenance sur les variables écophysiologicals .....</b>	<b>48</b>
<b>1.2. Variabilité de la morphologie de la feuille en fonction des provenances .....</b>	<b>49</b>
<b>1.3. Variabilité de la croissance des plants en fonction des provenances .....</b>	<b>50</b>
<b>II. Impact du stress hydrique sur croissance et le développement des plants de karité.....</b>	<b>50</b>
<b>2.1. Effet du stress hydrique sur les variables écophysiologicals.....</b>	<b>50</b>
<b>2.2. Effet du stress sur le morphologie de la feuille .....</b>	<b>53</b>
<b>2.3. Effet du stress sur les paramètres dendrométriques. ....</b>	<b>54</b>
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>55</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>57</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>I</b>

## SIGLES ET ABBREVIATIONS

<b>A.E.F</b>	: Afrique Equatoriale Française
<b>A.O.F</b>	: Afrique Occidentale Française
<b>APG</b>	: Acide Phosphoglycérique
<b>ATP</b>	: Adénosine TriPhosphate.
<b>CAM</b>	: Métabolisme Acide Crassulacéen
<b>CILSS</b>	: Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel.
<b>CNRST</b>	: Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique.
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Dioxyde de Carbone
<b>CSPPA</b>	: Caisse de Stabilisation des Prix des Produits Agricoles
<b>CTFT</b>	: Centre Technique Forestier Tropical.
<b>DEA</b>	: Diplôme d'Etudes Approfondies
<b>DPF</b>	: Département Productions Forestières.
<b>FAO</b>	: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation.
<b>IER</b>	: Institut d'Economie Rurale
<b>IDR</b>	: Institut du Développement Rural
<b>INERA</b>	: Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles.
<b>INNOVKAR</b>	: Innovation Tools and Techniques for Sustainable Use of the Shea Tree in Sudano- Sahelian Zone.
<b>IRBET</b>	: Institut de Recherche en Biologie et Ecologie Tropicale
<b>IRHO</b>	: Institut de Recherche des Huiles et Oléagineuses.
<b>PAR</b>	: Radiation Photosynthétiquement Active
<b>PSI (P700)</b>	: Photosystème I
<b>PSII (p680)</b>	:Photosystème II
<b>RubisCO</b>	: ribulose, 1,5 bisphosphate Carboxylase- Oxygénase
<b>RuBP</b>	: ribulose, 1,5 bisphosphate
<b>UPB</b>	: Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso.
<b>PEP</b>	: Phosphoénolpyruvate
<b>PN</b>	: Photosynthèse Nette
<b>Gs</b>	: Conductance stomatique
<b>ICRAF</b>	: Centre International pour la Recherche en Agroforesterie.
<b>Ci</b>	: Fraction molaire de CO <sub>2</sub> dans les espaces intercellulaires.
<b>PEPcase</b>	: Phosphoénol pyruvate carboxylase.
<b>MDP</b>	: Mécanisme de Développement Propre

## LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Aire de répartition du karité en Afrique et au Burkina Faso ( Source Terpend 1982).....</i>	7
<i>Figure 2 : Evolution journalière de la température foliaire et des PAR en pépinière de Ouagadougou (Burkina Faso) au cours de la journée du 18 Avril 2009.....</i>	26
<i>Figure 3 : Effet du stress sur la transpiration des plants de 8 provenances de karité (Vitellaria paradoxa) en pépinière à Ouagadougou, Burkiana Faso. TP : transpiration.....</i>	29
<i>Figure 4 : Effet du stress hydrique après un mois sur la conductance stomatique de plants 8 provenances de karité (Vitellaria paradoxa) en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso : CS : Conductance Stomatique.....</i>	30
<i>Figure 5 : Evolution de la transpiration des plants de karité (Vitellaria paradoxa) en pépinière en fonction des régimes d'eau au cours de la journée du 18 Avril 2009 à Ouagadougou au Burkina Faso. ....</i>	31
<i>Figure 6 : Evolution de la conductance stomatique des plants de karité (Vitellaria paradoxa) en pépinière en fonction des régimes d'eau au cours de la journée du 18 Avril 2009 à Ouagadougou au Burkina Faso. ....</i>	31
<i>Figure 7 : Evolution de la photosynthèse nette des plants de karité (Vitellaria paradoxa) en pépinière en fonction des régimes d'eau au cours de la journée du 18 Avril 2009 à Ouagadougou au Burkina Faso.....</i>	32
<i>Figure 8 : Effet du stress hydrique sur la transpiration des plants de 8 provenances de karité (Vitellaria paradoxa) après six mois de stress en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso. ....</i>	34
<i>Figure 9 : Effet du stress hydrique sur la conductance stomatique des plants de 8 provenances de karité (Vitellaria paradoxa) après six mois de stress en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso. ....</i>	35
<i>Figure 10 : Effet du stress hydrique sur la photosynthèse des plants de 8 provenances de karité (Vitellaria paradoxa) après six mois de stress en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso. ....</i>	37
<i>2.1. Effet de provenance sur de la morphologie de la feuille avant l'application du régime d'eau.....</i>	37
<i>Figure 11 : Variation du diamètre du pétiole des plants de karité (Vitellaria paradoxa) en fonction du régime après 4 mois d'application du stress hydrique en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso : (Dia-p= diamètre du pétiole) .....</i>	40
<i>Figure 12 : Effet du stress hydrique sur la largeur du limbe des plants de karité (Vitellaria paradoxa) en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.....</i>	41
<i>Figure 13 : Effet du stress hydrique sur le diamètre au collet des plants de 8 provenances de karité (Vitellaria paradoxa) en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.....</i>	45
<i>Figure 14 : Effet du stress hydrique sur l'apparition des feuilles des plants de 8 provenances de karité (Vitellaria paradoxa) en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.....</i>	45
<i>Figure 15 : Croissance moyenne en hauteur des plants de 8 provenances de karité (Vitellaria paradoxa) au cours du stress en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.....</i>	46

MENTION BIEN



## LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau I : Caractéristiques des différentes localités d'origine des provenances utilisées dans l'expérimentation en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.....</i>	<i>17</i>
<i>Tableau II : Récapitulatif des différentes dates de semis, germination et repiquage des provenances utilisées dans l'expérimentation en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso .....</i>	<i>18</i>
<i>Tableau III : Estimation du taux de mortalité des provenances après une année en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.....</i>	<i>18</i>
<i>Tableau IV : Répartition des plants par provenance et par régime en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.....</i>	<i>20</i>
<i>Tableau V : Effets de provenance sur les variables éco-physiologiques avant le stress du karité (Vitellaria paradoxa) en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.....</i>	<i>27</i>
<i>Tableau VI : Variations morphologiques de la feuille de karité (Vitellaria paradoxa) en fonction de la provenance En pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso .....</i>	<i>38</i>
<i>Tableau VII : Impact de 4 mois d'application du stress hydrique sur le développement des différentes parties de la feuille de karité (Vitellaria paradoxa) en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.....</i>	<i>39</i>
<i>Tableau VIII : Effet de la provenance sur les paramètres dendrométriques des plants de karité (Vitellaria paradoxa) avant l'application de stress hydrique en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau X : Effet des différents régimes d'eau sur la croissance en hauteur des plants de karité (Vitellaria paradoxa) en fonction du nombre de mois d'application du stress hydrique en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.....</i>	<i>44</i>
<i>Tableau XI : Effet des différents régimes d'eau sur le nombre de feuille des plants de karité (Vitellaria paradoxa) en fonction du nombre de mois d'application du stress hydrique en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.....</i>	<i>44</i>
<i>Tableau XII : Effet des différents régimes d'eau sur la surface foliaire des plants de karité (Vitellaria paradoxa) en fonction du nombre de mois d'application du stress hydrique en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.....</i>	<i>44</i>
<i>Tableau XIII : Effet de provenances sur les paramètres dendrométriques après cinq mois d'application du stress à des plants de 8 provenances de karité (Vitellaria paradoxa) en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.....</i>	<i>47</i>

## LISTE DES PHOTOS

<i>Photo 1: Inflorescences du karité ( Source SANON, 2008 à Sobaka) .....</i>	<i>10</i>
<i>Photo 2: Photo du CIRAS.....</i>	<i>21</i>
<i>Photo 3: Pots témoins sans plants utilisés dans l'expérimentation en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.....</i>	<i>23</i>

## RESUME

La réponse écophysiological à la contrainte hydrique des plants de *Vitellaria paradoxa* de huit provenances d'Afrique a été étudiée en conditions expérimentales. Des jeunes plants de 15 mois élevés en pot, ont été soumis à trois régimes d'eau différents (R1 : 100% de la capacité au champ ; R2 : 75% et R3 : 50%) et l'apport d'eau se faisait chaque trois jours. L'objectif de cette étude est de déterminer la ou les provenances de karité qui s'adaptent ou qui résistent mieux au déficit hydrique. Les noix ont été semées et après germination, les plants ont été transplantés dans des pots en aluminium en pépinière à Ouagadougou (Burkina Faso). Un dispositif en Split plot a été retenu, dans lequel les parcelles principales abritent les provenances et les parcelles secondaires abritent les régimes d'eau. Au cours de cette expérience la transpiration, la photosynthèse nette, la conductance stomatique et les variables morphologiques de la feuille ont été mesurées trois fois. Les mesures de hauteur et de diamètre ont été effectuées chaque mois. Les résultats obtenus avant l'application du stress ont montré que la transpiration et la photosynthèse nette différaient d'une provenance à l'autre. Il était de même pour les paramètres dendrométriques et pour la morphologie de la feuille. En ce qui concerne l'effet régime, les résultats ont montré qu'un stress hydrique prolongé est fortement ressenti sur la transpiration, la photosynthèse et la conductance stomatique. Le mauvais fonctionnement physiologique des plants des régimes 2 et 3 dû au stress s'est traduit par un mauvais développement des feuilles et par une réduction de la croissance en hauteur et en diamètre. Le stress hydrique a été ressenti au niveau de toutes les provenances. Cette étude n'a pas permis de faire une séparation entre les provenances les plus résistantes et les provenances les plus vulnérables au déficit hydrique. Cependant, la provenance de Katakwi en Ouganda a enregistré les moyennes les plus faibles quelque soit la variable et le régime, montrant ainsi sa moins bonne adaptation au climat de l'Afrique de l'ouest. Cet type d'investigation, qui donne une idée sur l'effet d'un éventuel changement climatique qui se traduirait par une sécheresse sur les provenances, devrait se poursuivre et être étendue à d'autres espèces.

**Mots-clés :** Conductance stomatique, déficit hydrique, photosynthèse nette, transpiration, variables morphologiques.

## ABSTRACT

The ecophysiological response of the seedlings of eight African provenances of *Vitellaria paradoxa* to water constraint was studied in experimental conditions. Fifteen month-old young seedlings, raised in pots, were subjected to three different water regimes (R1: 100% of the field capacity; R2: 75% and R3: 50%) and the watering was done each three days. The objective of this study was to determine the provenances of shea tree which adapt or which resist to water deficit. The nuts were sown and after germination, the seedlings were transplanted in aluminum pots in a nursery at Ouagadougou (Burkina Faso). A split plot design was used with the main plots attributed to the provenances and the subplots to water regimes. During this experiment transpiration, net photosynthesis, stomatal conductance and the morphological variables of leaves were measured three times. Measurements of height and diameter were done every month. The results obtained before the application of the stress showed that transpiration and net photosynthesis differed from one provenance to another. Similar trends were observed for dendrometric parameters and morphological parameters of the leaf. With regard to water regime effect, the results showed that a prolonged water stress strongly affected the transpiration, photosynthesis and the stomatal conductance. The poor physiological functioning of the seedlings of regimes 2 and 3 due to the stress resulted in a poor development of leaves and a reduction of the growth in height and diameter of the seedlings. All provenances were severely affected by the water stress. This study did permit to separate the provenances between the most resistant and the most vulnerable to water stress. However the provenance of Uganda displayed the lowest mean values whatever is the variable and the water regime, thus showing its poor adaptation to the climate of West Africa. This type of investigation, which gives an idea of the effect of a possible climatic change which would result in a dryness, must be continue and expand to other species.

**Key words:** Morphological variables, net photosynthesis, Stomatal conductance, transpiration, water deficit.

## INTRODUCTION

Les ressources naturelles des zones arides et semi arides connaissent une dégradation continue due à la désertification qui elle-même résulte de la conjugaison de divers facteurs dont les changements climatiques et les activités anthropiques (Pontanier *et al.*, 1995). De ce fait, la couverture végétale des zones semi arides a fortement diminuée au cours des 50 dernières années suite à la coupe du bois de chauffe, au surpâturage, aux longues phases de mise en culture permanente des sols (mil), à la réduction de la durée des jachères et aux multiples périodes de sécheresse (Oldeman *et al.*, 1991). Ainsi, de nombreuses savanes arborées deviennent des savanes arbustives voire herbeuses au sein desquelles subsistent quelques grands arbres clairsemés. Parmi les espèces arborées présentes dans ces zones arides et semi arides, figure le karité.

Décrit sous le nom de *Vitellaria paradoxa* par Carl Frierich Von Gaertner en 1805 (Ruysen, 1957), le karité est une espèce panafricaine présente dans 16 pays d'Afrique. d'après Aubréville (1950), Ruysen (1957) et Terpend (1982) l'aire naturelle du karité en Afrique s'étend, au Sud du Sahara, du Sénégal oriental jusqu'au nord-ouest de l'Ouganda entre le 16<sup>ème</sup> degré de longitude Ouest et le 34<sup>ème</sup> degré de longitude Est, soit environ un million de km<sup>2</sup>. Selon Ruysen (1957), l'espèce s'adapte au climat dont la pluviométrie varie entre 600 et 1750 mm/ an avec une saison sèche longue de 4 à 8 mois. Sur le plan édaphique, le karité est très peu exigeant. Cependant les terres argileuses humides, les terrains franchement siliceux, les zones d'inondations et les emplacements où séjourne l'eau des pluies ne lui conviennent pas (Zerbo, 1987).

Sur le plan économique, l'exportation des amandes et beurre de karité constitue une filière importante au Burkina Faso après celle de l'or et du coton (Rouamba, 2001). La maîtrise de la sylviculture du karité devrait permettre d'accroître le rendement économique à l'heure où l'Union Européenne est favorable à la substitution du beurre de cacao par le beurre du karité dans la chocolaterie, dans les industries cosmétiques et pharmaceutiques (Zebib *et al.*, 1997). En plus de son importance économique, le karité revêt également une grande importance scientifique car c'est l'une des rares espèces de la famille botanique des Sapotaceae à pousser en terrain sec de la zone soudanienne (Bonkougou, 1987). Cependant la très lente croissance et la production irrégulière de l'espèce constituent les contraintes majeures à l'essor de sa sylviculture. Selon Maïga (1990), les peuplements de karité en Afrique de l'Ouest connaissent une forte mortalité dans les limites nord de leur aire de répartition. Cette mortalité naturelle

serait due à plusieurs causes dont : la sécheresse, le parasitisme, l'attaque des insectes et la dégradation des sols liée aux techniques culturales ( Boussim, 1991 et Lamien, 2006). A ces causes s'ajoutent, d'autres non moins importantes (la réduction de l'âge de la jachère, le surpâturage, les feux de brousse ainsi que la coupe) qui compromettent la survie de l'espèce.

Du fait de son importance socio-économique, l'espèce a fait l'objet de nombreuses recherches scientifiques qui ont porté sur la description des différentes parties (Chevalier, 1907 ; Delolme, 1947 ; Aubréville, 1950), les raisons de la déperdition de la production fruitière (Lamien, 2006), la croissance, la multiplication par semis et la multiplication végétative (Zerbo, 1987), la nutrition et les mycorhizes sur la croissance des jeunes plants (Dianda *et al.*, 2009). Les travaux de Kater *et al.* (1992), Kessler *et al.* (1991), Jonsson *et al.* (1999), Boffa *et al.* (2000) et Bayala *et al.* (2002) ont montré l'impact du parc à karité sur les cultures annuelles. En dépit de ces nombreuses études, la physiologie de l'espèce reste un domaine encore très peu explorée (Bayala *et al.*, 2002 ; 2009). Or une meilleure connaissance de la physiologie de l'espèce permettrait sa meilleure gestion mais aussi le développement de mesures palliatives face aux effets des changements climatiques. C'est dans ce contexte que l'étude de la nutrition carbonée du karité et sa sensibilité aux conditions d'alimentation hydrique a été entreprise afin de fournir des indications pour la sélection de provenances qui s'adaptent mieux à des conditions extrêmes dont les épisodes de sécheresses plus ou moins longues.

Cette étude dont le thème s'intitule : «Fonctionnement physiologique du karité sous différents régimes d'eau», en s'appuyant sur les résultats des études antérieures, s'intègre dans l'optique d'améliorer les connaissances sur la physiologie du karité afin de mieux le préserver contre les aléas climatiques.

L'objectif principal est de déterminer la ou les provenances de karité qui s'adaptent ou qui résistent mieux au déficit hydrique en utilisant des approches écophysiologiques et morphologiques.

Les objectifs spécifiques sont de:

- Déterminer l'impact des régimes d'eau sur la croissance et le développement des plants de karité.

- Mesurer l'impact de différents régimes d'eau sur certains paramètres physiologiques de l'espèce;
- Mesurer l'impact de la variation de certains paramètres environnementaux sur le fonctionnement physiologique de l'espèce ;

### **Hypothèses:**

- La réponse du karité aux différents niveau de stress hydrique varie d'une provenance à une autre ;
- La modification de certains paramètres environnementaux du fait des changements climatiques peut agir sur le fonctionnement physiologique de l'espèce ;
- Un stress hydrique prononcé se traduit par un mauvais fonctionnement physiologique et donc une faible croissance et une faible accumulation de biomasse.

Le présent mémoire, qui rend compte des résultats et de la vérification des hypothèses ainsi formulées, comporte cinq principales parties. Une partie introductive qui situe la problématique et les objectifs de l'étude. La deuxième partie concerne les généralités et les connaissances actuelles relatives au thème ainsi que la présentation des zones de provenances. La troisième partie expose le matériel et les méthodes d'étude et d'analyse utilisées. La quatrième partie est consacrée aux résultats et à la discussion. Nous terminons par une conclusion récapitulative des principaux résultats auxquels nous sommes parvenus et des perspectives pour de futurs travaux.

# GENERALITES

## I. Etat des connaissances sur le karité

### 1.1. Nomenclature et Classification

#### 1.1.1. Nomenclature

Le terme « karité » est une appellation "Sarakollé" de l'ouest du Sénégal (Traoré, 1999). Quant à l'appellation anglaise, *Shea butter tree* ou *Shea tree*, elle est originaire du Bambara. Le karité a été décrit sous le nom de *Vitellaria paradoxa* pour la première fois par Carl FRIEDRICH VON GAERTNER en 1805 (Ruysen, 1957). Depuis cette description, plusieurs botanistes ont décrit l'espèce sous d'autres épithètes : *Butyrospermum paradoxum*, *Baissia parkii*, *Mimusops niloticum*, *Lacuma paradoxa*, etc. La communauté scientifique semblait avoir du mal à affecter au karité un nom stable. Ainsi dans sa révision des Sapotaceae en 1965, BAEHNI a retenu l'appellation *Vitellaria paradoxa* conformément à la convention du Code Internationale de Nomenclature, selon laquelle la première nomenclature doit avoir priorité sur la seconde. Il y a deux sous espèces : *Vitellaria paradoxa* subsp *paradoxa* en Afrique de l'ouest et du centre et *Vitellaria paradoxa* subsp *nilotica* à l'est de l'Afrique.

#### 1.1.2. Classification

Comme la nomenclature, la classification du karité a également été source de vives controverses chez les botanistes. Rattaché au début à la famille des Sapotaceae par PARK, l'espèce sera placée dans des tribus et séries différentes en fonction des botanistes (Hall *et al.*, 1996). Selon Cronquist (1988) cité par Traoré (1999), *Vitellaria paradoxa* se situe actuellement dans le règne végétal comme suit :

Embranchement	: Angiospermes	Sous-tribu	: Mimusopinae
Classe	: Magnoliopsida	Genre	: <i>Vitellaria</i>
Sous-classe	: Gamopétale	Espèce	: <i>Vitellaria paradoxa</i>
Série	: Hypogynes	Sous- espèces	: subsp <i>paradoxa</i> subsp <i>nilotica</i>
Sous-série	: Diplosténomes	Variétés	: var. <i>mangifolium</i> var <i>poissoni</i> var. <i>niloticum</i>
Ordre	: Ebénales		
Famille	: Sapotaceae		
Tribu	: Mimosopeae	Sous-variétés	: s.var. <i>viridis</i> : s.var. <i>rubrifolius</i>



## 1.2. Distribution et Ecologie de l'espèce

### 1.2.1. Répartition géographique

D'après Aubréville (1950), Ruysen (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<sup>ème</sup> degré de longitude Ouest au 34<sup>ème</sup> degré de longitude Est. La zone du karité forme une bande longue de 5 000 km et large de 500 à 750 km (Guira, 1997) sur une superficie d'environ 1 million de km<sup>2</sup> (Sallé *et al.*, 1991) (Figure 1). Le karité est présent dans 16 pays. Suivant la répartition des deux sous-espèces, nous avons la sous-espèce *paradoxa* au Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Centrafrique, Côte d'Ivoire, Ghana, Guinée, Guinée Bissau, Mali, Niger, Nigeria, Sénégal, Tchad et Togo. *Vitellaria paradoxa* subsp *nilotica* est endémique d'Ethiopie, du Soudan, de l'Ouganda et de la République Démocratique du Congo (Bonkougou, 1987 ; Hall *et al.*, 1996). Selon Oyen et Lemmens (2002) les aires de répartition des deux sous-espèces ne se chevauchent pas, bien que la distance qui les sépare soit moins de 175 km. Le même auteur affirme qu'à l'exception du Ghana et du Nigeria où on rencontre le karité à moins de 50 km de la côte, on le trouve à plus de 750 km de la côte partout ailleurs.

Au Burkina Faso, le karité est présent presque sur toute l'étendue du territoire, à l'exception de la partie sahélienne, au Nord du 14<sup>ème</sup> parallèle (Ouédago, 1995). Bonkougou (1987) précise que la superficie totale des peuplements était estimée à 65 000 km<sup>2</sup> en 1950. Au Mali, son aire de répartition est estimée à 190 000 km<sup>2</sup> par Ruysen (1957), dont 39 150 km<sup>2</sup> dans les cultures et les jachères récentes et à 229 125 km<sup>2</sup> par Maïga (1990). Selon Traoré (1999), le Mali et le Burkina Faso, malgré leurs mauvaises conditions pédoclimatiques, abritent les peuplements les plus denses de karité. Au Niger l'espèce occupe les régions Centre-Sud et Sud-Ouest du pays (Hall *et al.*, 1996). Quant aux pays côtiers (Bénin, Ghana et Togo), le karité n'est plus rencontré en peuplement que dans leur partie Nord (Boffa, 1999).

### 1.2.2. Ecologie

*Vitellaria paradoxa* est indigène de la zone des savanes guinéennes et soudaniennes. Son écologie est influencée par plusieurs facteurs du milieu. Sur le plan climatique, le karité est présent dans les savanes et les terres cultivées où les précipitations annuelles varient de 600 à 1 400 mm et une période sèche de 5 à 7 mois (Nouvellet *et al.*, 2006).

Le karité est fréquemment rencontré sur les terrains plats, sur les bas glacis, peu fréquent sur les hauts glacis. Il est rare sur les versants et presque absent dans les vallées (Senou, 2000). Comme la répartition, la densité et la circonférence suivent les mêmes tendances. Aubréville (1950) a noté la présence du karité dans la région montagnarde de l'ouest Cameroun à 1 300 m d'altitude. Les deux sous-espèces, subsp *paradoxa* et subsp *nilotica*, sont écologiquement différentes. La sous espèce Subsp *paradoxa* pousse généralement à 100-600 m d'altitude, la température annuelle moyenne de 25-29°C, avec une pluviométrie moyenne de 600-1 400 mm et une saison sèche de 5 à 8 mois. La sous espèce subsp *nilotica* préfère les altitudes comprises entre 450 et 1 600 m, où la pluviométrie moyenne annuelle oscille entre 900 et 1400 mm et la saison sèche dure de 3 à 5 mois (Oyen et Lemmens, 2002).

Sur le plan édaphique, le karité pousse sur des sols variés, tels que l'argile, l'argile-sableux, les sols caillouteux et les latérites. Mais l'arbre préfère les sols argileux, sableux avec une bonne couche d'humus, les pentes colluviales moyennement humides, profonds, riches en matière organique. Il évite toutes les stations marécageuses soumises aux inondations prolongées, les sols argileux humides et lourds et le bord des cours d'eau (Hans-Jürgen, 1992 ; Senou, 2000 ; Oyen et Lemmens, 2002).

Sur le plan phytosociologique, le karité est une espèce principalement abondante dans les savanes arbustives, il est faiblement représenté en savanes arborées et boisées. On pourrait dire que le karité est sensible à la compétition interspécifique (Senou, 2000). Pour Hans-Jürgen (1992), le karité est une espèce qui aime la lumière, les stations dégagées et aérées. Cependant il n'est pas rare de trouver l'espèce en association avec plusieurs autres espèces. Guinko (1984) souligne que dans le district phytogéographique de la Comoé (BURKINA FASO) le karité cohabite avec des espèces comme : *Isobernilia doka*, *Isobernilia dalzielii*, *Burkea africana*, *Anogeissus leiocarpus*, *Cussonia barteri*, *Lophira lanceolata*, *Monotes kerstingii* et *Parkia biglobosa*. Bayala et Lamien (1997) ont fait aussi cas de l'association du karité avec d'autres ligneux dans leur étude sur la caractérisation des parcs à karité dans le système de production à base de céréales du terroir de Dimolo (sud-ouest du BURKINA FASO). En somme nous pouvons retenir avec Senou (2000) que les savanes arbustives, arborées, et boisées semblent être un cadre idéal pour la régénération du karité, mais pas pour son développement.

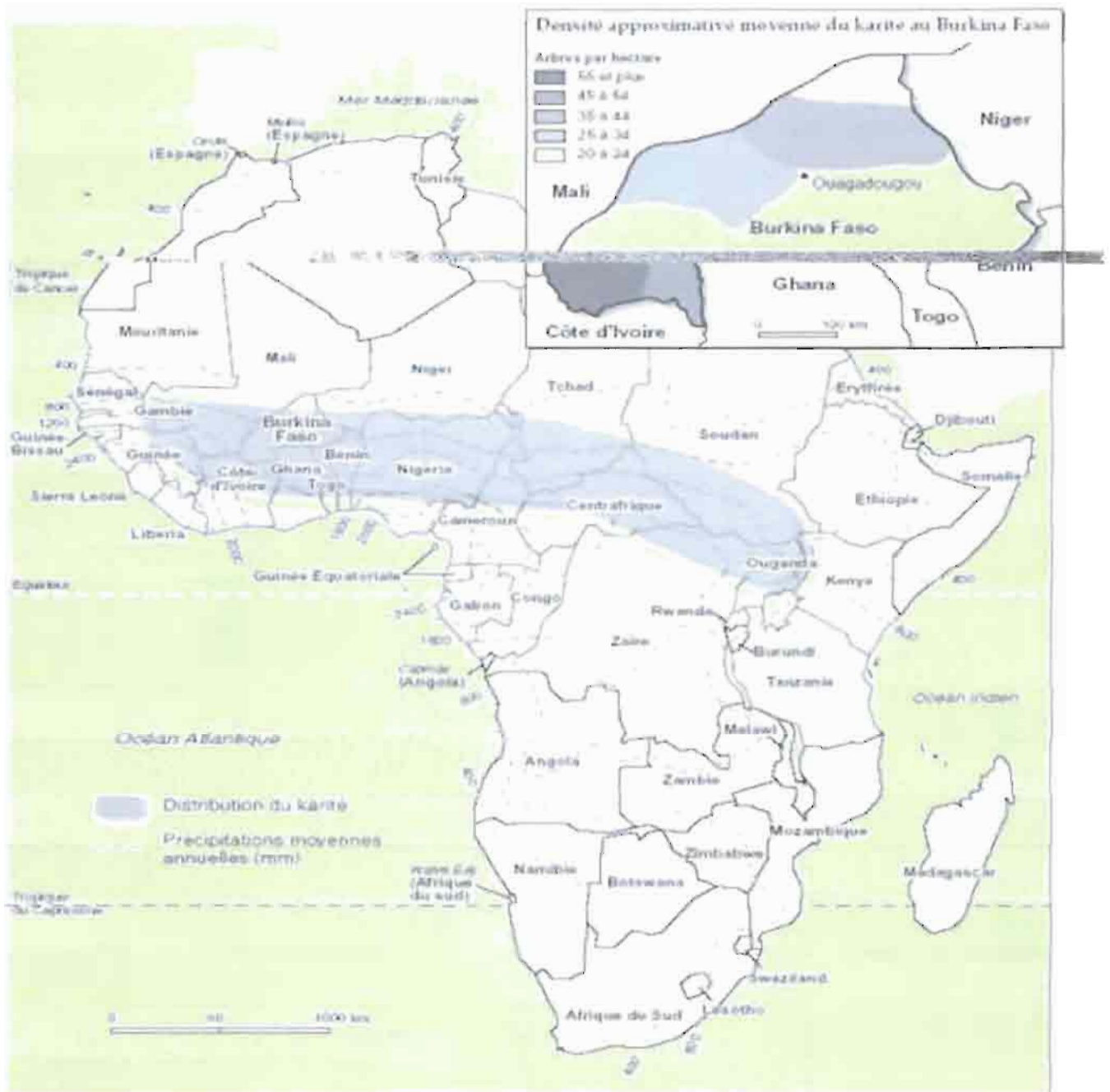


Figure 1 : Aire de répartition du karité en Afrique et au Burkina Faso ( Source Terpend 1982)

## 1.3. Morphologie descriptive

### 1.3.1. Appareil végétatif

#### 1.3.1.1. Port

Le karité est un arbre dont la hauteur est comprise entre 10 et 25 m. Le fût est généralement court, 2 à 3 m voire plus ; la cime est plus ou moins sphérique, dense fortement branchue et ramifiée (Ruysen, 1957 ; Guira, 1997 ; Arbonnier, 2000). La forme du houppier décrite par Ruysen (1957), Picasso (1984) et Lamien (2001) présente trois principaux types :

- La forme en boule, il se caractérise par un étalement rapide des branches secondaires qui donnent un aspect sphérique à l'arbre à la frondaison. Les arbres à forme en boule auraient des feuilles longues, étroites et claires et des petits fruits ;
- La forme en balai ou parasol, les branches secondaires s'écartent vers le haut en « V », donnant un aspect de parasol à la cime. Les individus de ce type se caractériseraient par des larges feuilles et de couleur plus foncée, les fruits seraient gros.
- Le port semi-dressé ou érigé, intermédiaire entre les deux premiers types.

#### 1.3.1.2. Tronc

Le tronc, généralement court, est recouvert d'une écorce gri-foncé ou noire, l'écorce est presque lisse chez les sujets jeunes de moins de 15 ans (Guira, 1997). Par contre chez les sujets âgés, elle est ligneuse et profondément crevassée en plaques plus ou moins rectangulaires rappelant la peau du crocodile. Ce revêtement constituerait un moyen efficace pour l'arbre dans la résistance à certaines attaques extérieures dont notamment les feux.

#### 1.3.1.3. Racines

Le système racinaire du karité est constitué d'un pivot dont le diamètre diminue au fur et à mesure que la racine s'enfonce dans le sol. Sa longueur est de l'ordre de 0,75 à 1 m (Bamba, 1985). En plus de la racine pivotante, il émet des racines latérales dont la longueur peut atteindre 20 m (Bonkougou, 1987). Selon le même auteur, l'influence des racines sur les cultures sous-jacentes paraît être négligeable puisque ces racines commencent à s'étaler à une profondeur de 40 cm environ.

#### 1.3.1.4. Feuilles

Le karité est un arbre à feuilles caduques tout comme la plupart des arbres de la zone Soudano-sahélienne ; les feuilles, simples, apparaissent à l'extrémité des rameaux, disposées en spirale ou en rosette (Ruysen, 1957 ; Oyen et Lemmens, 2002). Le limbe est généralement oblong, à bords ondulés, coriace, luisant, au sommet arrondi, vert foncé au dessus et plus clair en dessous. La nervure principale apparaît en clair sur la face supérieure et saillante sur la face inférieure. Quant aux nervures secondaires, elles sont parallèles, alternes, au nombre de 20 à 40 paires et partent un peu obliquement à la nervure principale (Traoré et Yossi, 1987). Les dimensions du limbe varient entre 10 et 30 cm pour la longueur et entre 3 et 7cm pour la largeur (Aubréville, 1950 ; Ruysen, 1957 ; Traoré et Yossi, 1987 ; Guira, 1997 ; Oyen et Lemmens, 2002 ; Compaoré, 2008). Pour ce qui est de la longueur du pétiole, ces mêmes auteurs ont trouvé des valeurs comprises entre 5 et 15 cm. La moyenne générale de la longueur du pétiole obtenue par Compaoré (2008) est de 6, 45 cm avec un diamètre moyen de l'ordre de 0,17cm. Les feuilles au stade juvénile peuvent être rougeâtres ou verdâtres selon l'écotype et finement pubescentes avec des poils généralement caducs (Aubréville, 1950).

#### 1.3.2. Appareil reproducteur

##### 1.3.2.1. Inflorescence et 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 (Figure 2). Le nombre de fleurs par inflorescence est extrêmement variable et peut aller jusqu'à plus de cent (100) fleurs (Oyen et Lemmens, 2002). La fleur, hermaphrodite et actinomorphe, est enveloppée à la base de son pédoncule par une très petite bractée (Figure 2). Selon Aubréville (1950) la floraison se fait sur les arbres défeuillés, à des époques variables suivant les régions de décembre en avril. Les fleurs blanc crème, très odorantes, mellifères, sont portées par de longs pédicelles (22-25 cm). L'étude détaillée de la morphologie florale (Aubréville, 1950) révèle que la fleur comprend :

- Un calice dont le nombre de sépales externes varie de 3 à 9 ; le nombre de sépales internes de 2 à 10. Les sépales et les bractées sont recouverts d'une pubescente brunâtre ;
- La corolle, le nombre de pétales varie de 6 à 10, 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 grains de pollen de couleur blanc brillant sont visibles à la loupe.



**Photo 1 : Inflorescences du karité ( Source SANON, 2008 à Sobaka)**

#### *1.3.2.2. Fruit et noix*

Le fruit est une baie subglobuleuse, ellipsoïde ou ovoïde, long de 4 à 5 cm et 4 à 5 cm de diamètre, porté par des pédoncules de 1,5 à 3 cm de long. Le péricarpe est épais de 4 à 8 cm, les fruits non mûrs contiennent du latex et sont dépourvus de latex à maturité. Le péricarpe, très charnu et sucré, est consommé pendant la période de soudure par les populations rurales (Aubréville, 1950). Le fruit renferme ordinairement une graine, parfois deux ou trois, mais rarement plus de trois. Les graines globuleuses ou largement ellipsoïdes se caractérisent par leur tégument luisant, avec une large cicatrice axiale. L'amande constituée de deux cotylédons épais, charnus, fortement comprimés et radicule non-saillante (Oyen et Lemmens, 2002). La noix contient une amande dont la proportion varie de 60 à 84% quant elles sont sèches. Le poids moyen d'une noix sèche est d'environ 6 g. La teneur en matières grasses des amandes sèches varie entre 29,1% et 55,5% (Delolme, 1947).

## 1.4. Mode de reproduction

### 1.4.1. Multiplication par semis

#### 1.4.1.1. Germination

Les graines fraîches issues des fruits murs germent rapidement, cependant il faudra attendre au moins un mois pour observer le début de la levée, car la plantule développe son système racinaire avant la tige (Picasso, 1984). Dans son étude sur la biologie de la germination, Zerbo (1987) a montré que celle-ci comportait les étapes suivantes : « l'embryon perse la graine du côté de l'angle aigu de la cicatrice. L'organe qui émerge est d'une couleur blanchâtre et se recourbe pour s'enfoncer dans le sol avec toutes les apparences d'une radicule. Une fois dans le sol, cet organe se renfle à 5-7cm de profondeur. Au niveau de ce renflement naît une tigelle alors que la partie inférieure se gonfle davantage et développe des racines latérales ». Cet type de germination, différent des schémas classiques de germination épigée et hypogée, fut appelé par Jackson en 1965 « germination cryptogée » (Bonkougou, 1987). Pour ce qui est des conditions de germination, nous pouvons retenir avec Sacandé *et al.* (2004) que lorsque la graine contient 41 à 48% d'humidité, son pouvoir germinatif est environ 99%. Cependant le taux de germination diminue de 100% à 0% quand la teneur en eau varie de 35% à 15% faisant du karité une espèce récalcitrante (Daws *et al.*, 2004). Les températures oscillant entre 16 et 36°C sont favorables à la germination. Pour Picasso (1984) les semis mis en place à la mi-mai donnent les meilleurs résultats avec une profondeur de semi de 5 cm.

#### 1.4.1.2. Croissance et développement

L'une des difficultés dans la maîtrise de la sylviculture du karité est sa très lente croissance. Les premières années de croissance du karité sont marquées par le développement du système racinaire. On assiste à la formation d'un pivot très important dont la longueur définitive est comprise entre 70 et 80 cm ; ensuite pendant que la tige croît lentement, il édifie très rapidement un système racinaire traçant considérable, puis le développement des parties aériennes et souterraines se poursuit progressivement et parallèlement (Delolme, 1947).

La première année de croissance est caractérisée par un enracinement rapide d'environ 20 cm de profondeur au bout de deux mois (Picasso, 1984 ; Zerbo, 1987). Dans la deuxième année, la racine a 40 à 60 cm de profondeur, la tige a environ 15 cm avec 10 à 12 feuilles. Au bout de 4 ans on observe la formation des branches secondaires et les racines traçantes peuvent atteindre 2 à 3 m dans les bonnes conditions (Picasso, Zerbo, op.cit.).

Vers dix ans, l'arbre a 2-3 m de haut ; à vingt ans, il a 4- 5 m de hauteur, et commence à produire. Autour 50 ans, la circonférence du tronc est d'environ 1 m et la production fruitière est bonne. Par la suite le développement en hauteur s'affaiblit et l'accroissement en diamètre continue. A deux cent ans, seule la croissance en diamètre continue quand l'arbre a 2,70 m de circonférence et 12 à 14 m de haut (Picasso, 1984 ; Zerbo, 1987) Selon Delolme (1947) la croissance des branches se fait suivant trois modes d'allongements :

- L'allongement terminal, rapide et important, il est observé chez les individus très jeunes ;
- L'allongement par formation de branches axillaires à partir d'un bouton stipulé. Ce type d'allongement caractérise les individus âgés de 5 à 6 ans ;
- Enfin l'allongement par la formation de deux bourrelets, rencontré chez les vieux individus ou chez les sujets vivants dans les conditions difficiles.

Les différentes phases végétatives (la chute des feuilles, la floraison, et l'apparition de nouvelles feuilles) sont fortement influencées par la pluviométrie bien que le karité occupe une aire étendue sur laquelle les pluies sont très variables en abondance et en durée. L'arrêt précoce des pluies entraînerait une apparition plus rapide des différentes phases végétatives. A l'opposé, le prolongement de l'hivernage retarderait l'apparition de ces phases (Delolme, 1947).

## 1.4.2. Multiplication végétative

### 1.4.2.1. Greffage

Les premiers travaux sur le greffage du karité ont été initiés par l'Institut de Recherche sur les Huiles et Oléagineux (IRHO) en 1945 en utilisant les techniques de greffage par approche et le greffage par fente. Mais ces travaux se sont soldés par un échec total (Bonkougou, 1987). Ce programme a été repris par IRBET/CTFT en 1985, le greffage en fente simple essayé pendant six mois (Novembre à Mai) n'a pas été concluant. Nous retenons que à raison de 30 greffes/ mois pendant six mois, seul trois plants ont pu survivre au mois de décembre. Grolleau (1989) a obtenu des résultats encourageants (taux de survie 6/42) sur le greffage du karité en réunissant certaines conditions telles que la protection des greffons contre la sécheresse, le trempage des greffons dans de l'eau pendant 30 mn pour évacuer le latex susceptible d'entraver la reprise, le choix d'une période propice du greffage qui serait celle de la floraison de l'espèce (Novembre-Mars).



#### 1.4.2.2. Bouturage

Des essais de bouturage ont été entrepris par l'IRBET/CTFT en 1986 avec des rejets de souches, les rameaux d'arbres adultes, les tiges de jeunes plants produits en pépinière. Deux types d'hormone (AIB à 0,5% et AIA à 0,5%) ainsi qu'un fongicide (trempage pendant 30 mn dans une solution de benalate) ont été utilisés. On a constaté des renflements montrant une possibilité de l'apparition des racines (Zerbo, 1987 ; Bonkougou et al., 1988). Des études similaires faites au Ghana ont donné un taux de réussite de 42% en utilisant 1,5% IAB et AIA (Frimpong *et al.*, 1993). Ce taux peut atteindre 80% avec une réussite de 100% du transfert au champ des plants et cela en fonction de la période de l'année et des conditions environnementales de production (Opoku-Ameyaw *et al.*, 1997). Ces résultats laissent croire que le faible pourcentage des hormones serait à l'origine de l'échec de l'IRBET/CTFT. Cependant des expériences similaires à celles du Ghana mises en place en 2000 dans le cadre du projet INCO-DC, a donné 0% au Burkina et seulement 5% en Ouganda (Bayala, 2002).

#### 1.4.2.3. Marcottage

L'utilisation du naphthalène acétique, une hormone, par l'IRHO a permis de faire pousser des racines sur des plantules de karité au bout de trois mois en 1955. Cette expérience reprise sur des rameaux en utilisant la même hormone et la tourbe des jardiniers emballée dans un plastique a connu une réussite plus importante (Zerbo, 1987). Toutefois, la faible croissance aérienne des individus du marcottage reste encore un problème à résoudre. Le marcottage semble être la technique de multiplication végétative la plus efficace au regard des résultats du marcottage aérien effectué par l'IRHO (Picasso, 1984) et ceux des marcottages aériens et terrestres effectués à Saponé par Zerbo (1987).

### 1.5. Importance socio-économique du karité

Le karité et ses sous produits occupent une place importante dans la vie des populations rurales. La pulpe sucrée constitue un aliment d'appoint pendant la période de soudure, le beurre du karité est la principale source de lipides dans le milieu rural. Les chenilles qui se nourrissent exclusivement de feuilles de karité sont très riches en protéines, 100 g de matière sèche contiennent 55 g de protides. Elles sont plus riches que la viande de bœuf (19 g), la viande de mouton (17 g) et moins riches que la chair de poisson séché (61 g) (Ouédraogo, 1987).

MENTION BIEN

Sur le plan économique, les amandes et beurre font l'objet d'un commerce local et international. Selon Lamien (1996) le prix du kilogramme d'amandes varie entre 25 et 117 F CFA au Burkina Faso et celui du beurre entre 540 et 1 750 F CFA. Quant à la commercialisation des chenilles, le kilogramme coûterait entre 385 et 600 F CFA. Dans le commerce international, le beurre et les amandes de karité occupent de plus en plus une place importante. Les exportations de beurre et d'amandes vers l'Europe constituent une source importante de devise pour les pays situés dans la zone de couverture du karité (Bonkougou, 1987; Boffa *et al.*, 1996; Becker et Held, 2001). Le beurre exporté est destiné aux industries cosmétique, chocolatière et les firmes pharmaceutiques (Zebib *et al.*, 1997 ; Becker et Held, 2001).

## II. Quelques notions en écophysiologie

### 2.1. Photosynthèse et conductance stomatique

#### 2.1.1. Photosynthèse

La photosynthèse est le processus utilisé par les végétaux et les procaryotes photoautotrophes pour transformer de l'énergie lumineuse en énergie chimique stable en présence de l'eau (Lüttge *et al.*, 2002). Selon Heller *et al.* (1998), Deveau (2003) et Meyer *et al.* (2004) les réactions photosynthétiques ont lieu dans les chloroplastes et comportent deux étapes indépendantes:

- ✓ Les réactions de conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique. Dans les chloroplastes, plus précisément dans les thylakoïdes, la lumière est absorbée par des pigments photosynthétiques PSI (P700) et PSII (P680). Cette énergie est convertie en énergie chimique (ATP) et en pouvoir réducteur (NADPH).
- ✓ Les réactions biochimiques communément appelé cycle de Calvin peuvent être regroupés en trois étapes majeures :
  - La carboxylation, c'est une réaction au cours de laquelle le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) qui est diffusé jusqu'au stroma est combiné au RuBP (ribulose, 1,5 bisphosphate) sous l'action de l'enzyme RubisCO (ribulose, 1,5 bisphosphate Carboxylase- Oxygénase). Le RuBP carboxylé, instable est rapidement hydrolysé en deux molécules de APG (acide phosphoglycérique) ;

- La réduction : l'APG subit une phosphorylation puis une réduction qui le transforme en triose-phosphate ;
- La régénération de l'acceptateur du CO<sub>2</sub>.

Ce mécanisme de fonctionnement est caractéristique des plantes en « C<sub>3</sub> ». Les plantes en CAM et C<sub>4</sub> présentent un métabolisme différent qui leur permet de contourner les difficultés liées au ravitaillement des unités photosynthétiques en CO<sub>2</sub>. Les plantes en CAM ou plantes grasses se caractérisent par un métabolisme décalé dans le temps. Pendant la journée elles ferment leurs stomates afin de réduire les pertes d'eau ; par contre la nuit les plantes ouvrent leurs stomates pour permettre la fixation du CO<sub>2</sub>. Le CO<sub>2</sub> fixé sur le Phosphoénolpyruvate (PEP) est transformé en oxaloacétate, immédiatement réduit en malate. Cet acide est transporté et stocké dans une vacuole, d'où le nom de plante à métabolisme acide. De jour le malate est transporté hors de la vacuole, il est décarboxylé dans le cytosol en CO<sub>2</sub> et en pyruvate par une enzyme malique PEP carboxyase. Le CO<sub>2</sub> ainsi libéré entre dans le cycle normal de Calvin (Morère et Pujol, 2003 ; Farineau et Morot-Gaudry, 2006). Le métabolisme des plantes C<sub>4</sub> se caractérise par un décalage dans l'espace. Les cellules du mésophile siège de la carboxylation sont dépourvues de RuBisCO. Le CO<sub>2</sub> est fixé sur le PEP grâce à l'enzyme de carboxylation (PEPcase) pour donner l'acide malique. L'acide malique est transporté dans les cellules de la gaine périvasculaire qui contiennent la RuBioCO. Il est ensuite décarboxylé en CO<sub>2</sub> et en pyruvate. Le CO<sub>2</sub> entre dans le cycle de Calvin comme chez les plantes en C<sub>3</sub> (Heller *et al.*, 1998 ; Morère et Pujol, 2003 ; Meyer *et al.*, 2004).

L'activité photosynthétique est influencée par plusieurs facteurs :

- les facteurs environnementaux : la température, la lumière et l'hygrométrie de l'air ;
- les facteurs internes : l'état de la feuille, l'âge de la feuille, la disposition et la densité des stomates ainsi que l'épaisseur de la cuticule.

La photosynthèse présente une température optimale qui varie selon les espèces et reflète leur adaptation aux différents habitats. Par exemple, les plantes en C<sub>3</sub> ont un optimum compris entre 15 et 25°C, et les plantes en C<sub>4</sub> entre 30 et 45°C (Lüttge *et al.*, 2002). Selon Deveau (2003) le cocotier a une assimilation maximale lorsque la température est comprise entre 31 et 35°C. En dessous de 31°C et au delà de 35°C la photosynthèse décroît fortement, elle diminue de moitié à 25°C et 39°C.

### 2.1.2. Conductance stomatique

Les mouvements d'ouverture et fermeture des stomates jouent un rôle très important dans les échanges gazeux entre la feuille et le milieu extérieur, et sont fortement liés au potentiel hydrique de la feuille et celui de l'air (Eyog- Matig et Dreyer, 1991). Des études menées par les mêmes auteurs au Nord-Cameroun sur quatre espèces (*Dalberzia sisoo*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Khaya senegalensis*, et *Azadirachta indica*) ont montré que pendant les périodes de sécheresse, les arbres perdent partiellement leurs feuilles. Les feuilles qui perdurent gardent leurs stomates quasi fermés. La conséquence de cette fermeture est généralement une élévation de la température, une diminution de l'évaporation et ceux-ci entraînent un arrêt de l'activité photosynthétique. Le potentiel hydrique de base des ligneux est d'environ -1.0 MPa, en deçà de ce seuil la plus part des ligneux présentent de sérieuses réductions de croissance (Eyog-Matig et Dreyer, 1991). Les stomates contrôlent les échanges de vapeur d'eau et de CO<sub>2</sub> dans les deux sens ; la perte d'eau par les feuilles (transpiration) entraîne la création de gradients de potentiel hydrique entre la feuille, la tige, l'appareil racinaire et le sol, qui expliquent largement l'ascension de l'eau dans la plante (Laffray et Louguet, 1991). Pour Fournier (1993) la cinétique journalière de la conductance stomatique évolue en trois phases distinctes quelques soient l'espèce et l'état d'hydratation du sol qui est reflété par la tension de sève de base. En début de matinée, on assiste à la formation d'un pic de conductance stomatique, suivie par la décroissance de ce pic plus ou moins rapide et un plateau jusqu'en fin d'après-midi. L'amplitude du pic diminue avec le dessèchement du sol. La conductance maximale se situe à une température de 30,2°C pour *Boscia senegalensis* et de 34,2°C pour *Ziziphus mauritiana* (Fournier, 1993).

# MATERIEL ET METHODES

## I. Présentation des zones de provenance

Cette étude a porté sur des plants de karité dont les noix provenaient de huit localités réparties dans cinq pays d'Afrique. Le choix de ces localités s'est effectué selon un vaste gradient écologique (Tableau 1). Au Burkina Faso, trois localités ont été retenues : Botou situé dans la région de l'est vers la frontière Niger, Gonsé situé dans la province du Kadiogo au centre à 25 km de la ville de Ouagadougou et Gobila situé dans la province du Passoré à 8 km de Yako dans la région du Nord. Selon le nouveau découpage de SP/CONEDD (2001) nos trois sites appartiennent au climat nord soudanien, au centre du pays, avec une pluviosité moyenne comprise entre 600 à 900 mm, situé entre le 11<sup>ème</sup> et le 13<sup>ème</sup> parallèles. Au Mali ; deux localités sont concernées : Karaba et Bassiam-Djonon. Les trois autres pays sont représentés par une seule provenance : Samécouta au Sénégal, Tamalé au Ghana et une de Katakwi en Ouganda.

**Tableau I : Caractéristiques des différentes localités d'origine des provenances utilisées dans l'expérimentation en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso**

<b>Pays</b>	<b>Localités</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Pluviométrie (mm)</b>
<b>Burkina Faso</b>	Botou	12°38'52''N	1°59'50''W	600
	Gobila	12°55'29''N	2°17'52''W	600
	Gonsé	12°20'05''N	1°17'37''W	741.8
<b>Mali</b>	Bassiam-Djonon	12°20'226''N	4°53'793''W	1000
	Karaba	12°54'979''N	7°28'423''W	850
<b>Sénégal</b>	Samecouta	12°36'35''N	47°39'W	1200
<b>Ghana</b>	Tamalé	.....	.....	.....
<b>Ouganda</b>	Katakwi	01°53'28''N	33°57'58''E	1000

## II. Semis, Germination et Repiquage

Les noix des différentes provenances ont été semées dans un mélange de terre (1v sable + 1v fumier + 2v terre) dans la deuxième quinzaine du mois de juillet (19-27 juillet 2007 ; Tableau 2). La composition chimique du sol a été analysée et consignée dans le tableau 5. La germination a débuté en moyenne 40 jours après les semis, d'une manière générale le taux de germination était faible. Le repiquage a eu lieu deux mois après la germination. Les plants ont été transférés dans des pots en aluminium dont la hauteur moyenne : 49,76 cm, le diamètre

moyen : 11,37 cm. Le pot vide a un poids moyen 420 g et la quantité moyenne de terre par pot était environ 6500 g.

**Tableau II : Récapitulatif des différentes dates de semis, germination et repiquage des provenances utilisées dans l'expérimentation en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso**

<b>Pays</b>	<b>Localités</b>	<b>Date de semis</b>	<b>Apparition de la tige</b>	<b>Repiquage</b>
<b>Burkina Faso</b>	Ouagadougou (Gonsé)	19/07/2007	04/09/2007	07/11/2007
	Yako (Gobila)			
<b>Ghana</b>	Botou (Kayenga)	27/07/2007	12/08/2007	07/11/2007
	Tamalé			
<b>Mali</b>	Karaba	27/07/2007	13/09/2007	07/11/2007
	Bassiam Djonon			
<b>Ouganda</b>	Katakwi	09/07/2007	18/08/2007	07/11/2007
<b>Sénégal</b>	Samecouta	19/07/2007	14/09/2007	07/11/2007

**Tableau III : Estimation du taux de mortalité des provenances après une année en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.**

<b>Provenances</b>	<b>Nbre de Plants repiqués</b>	<b>Nbre de Plants vivants</b>	<b>Nbre de Plants morts</b>
<b>Botou</b>	171	45	126
<b>Gonsé</b>	158	39	119
<b>Gobila</b>	143	46	97
<b>Bassiam-Djonon</b>	140	42	98
<b>Karaba</b>	99	11	88
<b>Samecouta</b>	68	38	30
<b>Tamalé</b>	62	27	35
<b>Katakwi</b>	73	25	48
<b>Total</b>	<b>914</b>	<b>273</b>	<b>641</b>

Après le repiquage nous avons constaté une forte mortalité (Tableau III). Sur 914 plants repiqués en Novembre 2007, nous avons à la date d'Août 2008, 273 survivants, soit un taux de mortalité de 70,13%. Le plus fort taux de mortalité a été observé au niveau de la provenance de Karaba (Mali) avec 88.88%. Par contre la provenance de Samecoutha (Sénégal) semble mieux résister, avec un taux de mortalité de 44.11%. Deux cent treize plants ont été retenus pour l'application du stress hydrique.

### **III. Dispositif expérimental**

Le dispositif expérimental adopté est un Split plot avec des parcelles principales qui abritent les provenances et les parcelles secondaires abritent les régimes d'eau. Ce dispositif est répété trois fois. Ainsi, nous avons trois blocs, chaque bloc contient 8 parcelles principales correspondant au nombre de provenances. Et chaque parcelle principale est subdivisée en trois parcelles secondaires, correspondant au nombre de régimes d'eau à apporter (Tableau IV). Quinze pots témoins repartis en trois lots de 5 ont été gardés non plantés. A ces pots ont été appliqués les trois régimes d'eau (100%, 75% et 50% de la capacité au champ du sol). La différence de poids après trois jours a permis de calculer la part de l'évaporation.

Tableau IV : Répartition des plants par provenance et par régime en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.

Bloc 1																								
Provenances	Botou			Karaba			Katakwi			Gonsé			Samecouta			Gobila			Bassiam			Tamalé		
Régimes d'eau	R3	R2	R1	R2	R1	R3	R3	R2	R1	R2	R1	R3	R1	R3	R2	R3	R2	R1	R1	R3	R2	R1	R2	R3
Numéros des plants dans les pots	11	8	10	1	2	3	6	1	2	4	2	8	4	6	7	5	6	16	9	11	8	5	4	1
	2	5	1							11	9	7	11	3	10	3	13	14	11	10	2	7	9	8
	6	4	3							4	12			12	1	10	9	14	13	4	2		3	
	7	13	9													12	4	11	12	5	6			
Bloc 2																								
Provenances	Gobila			Katakwi			Samecouta			Bassiam			Tamalé			Gonsé			Botou			Karaba		
Régimes d'eau	R3	R2	R1	R2	R1	R3	R3	R1	R2	R1	R2	R3	R2	R3	R1	R3	R1	R2	R2	R1	R3	R2	R3	R1
Numéros des plants dans les pots	31	17	29	17	9	13	19	24	22	25	16	28	11	12	10	25	26	14	28	29	16	6	5	4
	21	18	20	15	41	11	23	18	17	26	20	17	18	14	13	16	17	22	17	18	30		7	
	30	27	19							18	24	19	17	16	15	24	23	19	21	25	24	6	5	4
	28	26	25							21	22		11	12	10	20	15	21	15	20	14			
24																								
Bloc 3																								
Provenances	Bassiam			Tamalé			Gonsé			Botou			Samecouta			Katakwi			Karaba			Gobila		
Régimes d'eau	R2	R1	R3	R1	R3	R2	R2	R1	R3	R1	R3	R2	R2	R3	R1	R1	R2	R3	R1	R3	R2	R3	R1	R2
Numéros des plants dans les pots	29	32	30	19	23	26	33	38	39	41	40	45	32	28	29	25	18	21	8	10	9	40	35	39
	39	37	40	20	24	22	35	37	27	31	42	33	36	35	38		19	23	11			41	45	34
	34	42	33		25	21	29	36	31	34	35	32										37	36	42
		35	23					28	30	44	37	36											46	33



## IV. Matériel

### 4.1. Matériel biologique

Il était constitué de plants de 8 provenances âgés en moyenne d'un an. Onze plants de la provenance de Karaba, 34 plants de Bassiam-Djonon, 35 plants de Gonsé, 37 plans de Gobila, 36 plants de Botou, 19 plants de Samécouta 25 plants de Tamalé et 16 plants de Katakwi ont été utilisés pour l'essai. Ce nombre déséquilibré tient compte de la faible disponibilité des plants due à la forte mortalité enregistrée lors de la germination et de la transplantation. Les plants contenus dans des pots sont disposés sur 9 claies.

### 4.2. Matériel de mesures

- Une règle graduée pour les mesures de hauteur du plant, de la longueur du limbe et du pétiole;
- Un pied à coulisse digitale pour les mesures du diamètre de la tige, du pétiole et de l'épaisseur du limbe.
- Un CIRAS muni d'une cuvette pour la mesure de la photosynthèse nette (PN), la transpiration (TP) et la conductance stomatique (CS) (Photo 2);
- Autres matériels de mesure : une balance numérique, un scanner, des bols et une éprouvette graduées, une rallonge pour alimenter les appareils, un tuyau d'arrosage, des fiches de collecte des données.



Photo 2 : Photo du CIRAS

## V. Méthodes

### 5.1. Principe de calcul de la quantité d'eau

L'objectif étant de montrer l'impact du déficit d'eau sur le fonctionnement physiologique, nous avons procédé à une réduction successive de la quantité d'eau sur la base de la capacité au champ du substrat. Le premier régime correspondait à un sol arrosé à 100% de sa capacité au champ, le deuxième régime correspondait à 75% de la capacité au champ et le troisième à 50% de la capacité au champ du sol. Nous avons utilisé 15 pots répartis en trois lots de 5 correspondant aux trois régimes d'eau comme pots témoins (photo 4a & 4b). Les pots sont munis de couvercles pour réduire au minimum l'évaporation (photo 4c). Les couvercles comportent chacun un petit trou au milieu par lequel passe le plant. Les pots ont été pesés à vide et le poids moyen était de 420 g. Chaque pot a été rempli avec une quantité moyenne de 6500 g du mélange (fumier, terre et sable) et son poids moyen après remplissage était de 6920 g. Après cette étape, les pots témoins ont été arrosés à saturation et ensuite laissés pendant cinq heures de temps pour le ressuyage. Le sol est à 100% de sa capacité au champ lorsque l'écoulement gravitaire s'arrête. Les pots témoins arrosés d'eau à la capacité au champ avaient un poids moyen de 8323 g. Après le ressuyage les pots ont été pesés, la quantité d'eau qu'il fallait pour porter le substrat à 100% de sa capacité au champ était de 1401 ml soit 1,401 kg. Les poids et les volumes des autres régimes ont été déterminés à partir d'une règle de trois.

Régimes	poids moyens (g)	quantité d'eau (ml)
<b>R1</b>	<b>8323</b>	<b>1401</b>
<b>R2</b>	<b>7993</b>	<b>1073</b>
<b>R3</b>	<b>7608</b>	<b>687</b>

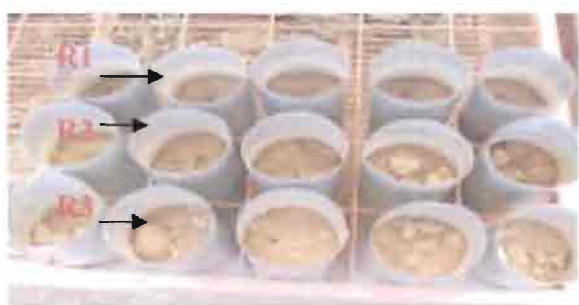
### 5.2. Application des régimes d'eau

Au début de l'expérience tous les plants et les témoins ont été arrosés à saturation au même moment. Les témoins ont été pesés après 24 h , 48 h, et 72 h afin de déterminer à quel moment il faut apporter de l'eau pour ramener les différents régimes à leurs teneurs respectives. L'apport d'eau se faisait tous les 72 h. Le volume d'eau à apporter pour chaque arrosage s'obtenait en faisant la différence de poids.

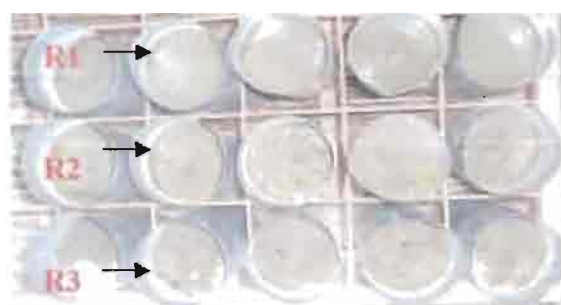
Quantité d'eau pour le premier régime (100% de CC)  $R_1 = 8323 \text{ g} - [(T_1+T_2+T_3+T_4+T_5)/5]$  ;

Quantité d'eau pour le deuxième régime (75% de CC)  $R_2 = 7993 \text{ g} - [(T_6+T_7+T_8+T_9+T_{10})/5]$  ;  
Quantité d'eau pour le troisième régime (50% de CC)  $R_3 = 7608 \text{ g} - [(T_{11}+T_{12}+T_{13}+T_{14}+T_{15})/5]$ .

$T_1, T_2, \dots, T_{15}$  sont les poids des pots témoins non plantés mais arrosés aux trois régimes d'eau à raison de 5 par régime d'eau. Ils ne contiennent pas de plants, la variation de volume d'eau est due uniquement à l'évaporation. Au bout de trois mois d'arrosage, le volume d'eau moyen apporté chaque trois jours était le suivant : 351,08 ml pour le premier régime ( $R_1$ ), 104,72 ml pour le deuxième régime ( $R_2$ ) et 77.92 ml pour le troisième régime ( $R_3$ ).



**Photo 3a : Pots témoins avant l'arrosage**



**Photo 3b : Pots témoins après arrosage**



**Photo 3c : Pots témoins recouverts pour réduire l'évaporation**

**Photo 3: Pots témoins sans plants utilisés dans l'expérimentation en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso**

### **5.3. Mesure des paramètres dendrométriques**

Pour ce qui est de la morphologie des plants, les paramètres suivants ont été mesurés : la hauteur et le diamètre au collet. La longueur et la plus grande largeur du limbe, la longueur et le diamètre du pétiole et l'épaisseur du limbe des 5 premières feuilles les plus épanouies par plant en allant du haut vers le bas. Nous avons aussi compter le nombre de feuilles et le nombre de rameaux par plant (Annexe I.) Ces observations s'effectuaient chaque mois.

### **5.4. Mesure des paramètres écophysologiques**

Les paramètres écophysologiques à savoir la conductance stomatique, la transpiration et la photosynthèse nette de la feuille ont été mesurées. Ces mesures se faisaient en trois jours consécutifs. Elles ont été répétées quatre fois au cours de l'expérience ; une mesure avant l'application du stress et trois autres pendant le stress. Les mesures se déroulaient toute la journée de 6 h à 18 h avec un intervalle de temps de 2 heures. Pour ces mesures nous avons pris deux plants par provenance et par régime d'eau, soit un total de 16 plants par bloc, donnant un total de 48 feuilles à mesurer. Pour maintenir les plants dans les conditions environnementales semblables, nous avons mesuré la photosynthèse dans un intervalle d'une heure maximum. C'est-à-dire que la mesure de 6 h ne doit pas dépasser 7h.

Les mesures ont été faites avec un appareil appelé CIRAS, dont le principe de fonctionnement est basé sur les concentrations des gaz ( $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$ ). Le CIRAS est un appareil muni d'une cuvette (Figure 4). La cuvette a une surface de  $2.5 \text{ cm}^2$  dans laquelle on emprisonne la surface de la feuille à mesurer. Elle est reliée à l'unité centrale à l'aide des tubes creuses. C'est à travers ces tubes lors des mesures que l'unité centrale envoie un volume d'air ( $V_1$ ) avec une concentration en  $\text{CO}_2$  donnée dans la cuvette, au retour de ce volume d'air ( $V_2$ ) de la cuvette, l'unité centrale fait la soustraction ( $V_2 - V_1$ ). Si cette différence est négative cela veut dire que la feuille a absorbé du  $\text{CO}_2$  par conséquent il y a eu photosynthèse, mais dans le cas contraire cela signifie un rejet du  $\text{CO}_2$  par la feuille et il y a eu Photo-respiration, enfin lorsqu'elle est nulle cela signifie qu'il n'y a pas d'activité photosynthétique. L'unité centrale comporte un écran par lequel on peut lire la valeur de cette différence. Lorsque la valeur est stable on l'enregistre en appuyant sur un bouton sur la cuvette ou en appuyant sur un bouton R (record=enregistrer) sur l'unité centrale. Les données sont transférées à l'aide du logiciel PP Systems Transfer Software.

### **5.5. Détermination de la surface foliaire moyenne.**

La surface foliaire a été déterminée de la manière suivante : les feuilles ont été prélevées sur les plants de chaque provenance : Bassiam 118 feuilles, Botou 108 feuilles, Gobila 140 feuilles, Gonsé 127 feuilles, Samecouta 132 feuilles, Katakwi 96 feuilles, Tamalé 82 feuilles et Karaba 76 feuilles. Les trois dernières provenances ayant un nombre de plants réduit, moins de feuilles ont été prélevées sur les plants de ces provenances. Ces feuilles ont été dessinées puis scannées à l'aide du logiciel Image J version 1.37v (commandes, 19 macros) nous avons calculé la surface foliaire moyenne de la feuille par provenance. Connaissant le nombre de feuilles par provenance, cette surface nous a permis de calculer la surface évapotranspirante par plant, par régime et par provenance.

### **5.6. Traitement de données**

Les données récoltées ont été saisies avec le logiciel Excel puis soumises à une analyse de variance à l'aide de Genstat 8.1. en prenant en compte les facteurs provenance et régime ainsi que leur interaction. Les moyennes ont été comparées en utilisant le test de la plus petite différence significative au seuil de 5%.

MENTION BIEN

# RESULTATS

## I. Effets des différents régimes d'eau et des provenances sur la Photosynthèse, la Conductance stomatique et la Transpiration des plants de karité

### 1.1. Evolution des Radiations Photosynthétiquement Actives (PAR) et de la température de la feuille au cours de la journée

L'intensité lumineuse a commencé à augmenter à partir de 6 h avec des PAR moyennes de  $114,15 \text{ mol m}^{-2} \text{ j}^{-1}$  pour atteindre son maximum à 14 h ( $665,01 \text{ mol m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ ) et diminuer progressivement pour atteindre sa valeur la plus basse ( $9,98 \text{ mol m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ ) à 18 h. Quant à la température, la valeur moyenne enregistré à 6 h était de  $30,83^\circ\text{C}$ . Elle a atteint son pic à 14 h avec une moyenne de  $45,50^\circ\text{C}$ , puis décroît faiblement dans l'après midi avec une valeur moyenne de  $38,60^\circ\text{C}$  à 18 h.

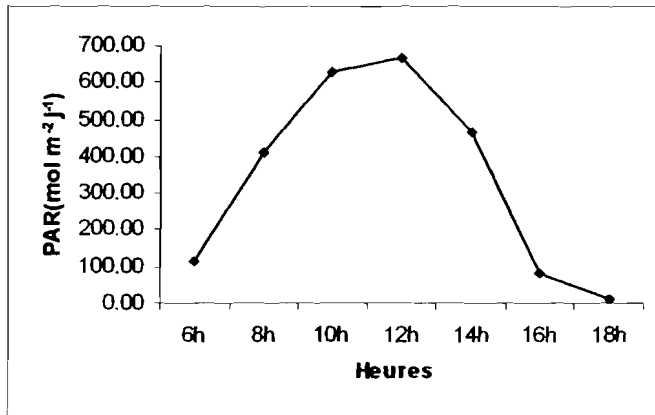


Figure 2a : Les Radiations Photosynthétiquement Actives ( $\text{mol m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ ).

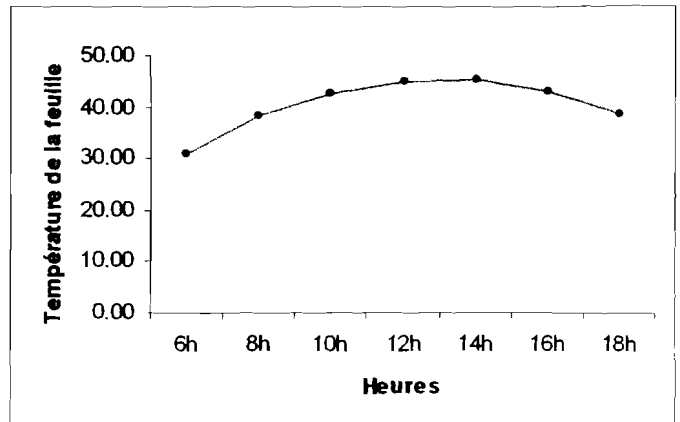


Figure 2b : La Température ( $^\circ\text{C}$ ) de la feuille

Figure 2 : Evolution journalière de la température foliaire et des PAR en pépinière de Ouagadougou (Burkina Faso) au cours de la journée du 18 Avril 2009

### 1.2. Effet de Provenances sur les paramètres écophysiologiques des plants de karité avant le stress

L'analyse a révélé qu'il existait une différence très hautement significative entre les provenances pour la transpiration ( $P < 0,001$ ) et une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre les provenances pour la Photosynthèse Nette (PN). Par contre elles n'ont présenté aucune différence significative entre elles en ce qui concerne la conductance stomatique (CS).

La transpiration était significativement plus élevée chez la provenance de Gonsé ( $2,54 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) que chez les provenances de Gobila et de Katakwi. Pour la même variable, la

provenance de Katakwi a enregistré la moyenne la plus faible ( $1,87 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) et diffère significativement des autres provenances sauf de celle de Gobila ( $2,17 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) (Tableau V). Aucune différence significative n'a été décelée entre les provenances de Bassiam, de Gobila, de Gonsé, de Karaba et de Samecouta en ce qui concerne la photosynthèse nette. La provenance de Gobila a exprimé l'activité photosynthétique la plus élevée ( $3,83 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) qui diffère significativement de celles de Botou ( $2,84 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), de Tamalé ( $2,90 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) et de Katakwi ( $2,91 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) (Tableau V). Pour ce qui est de la conductance stomatique aucune différence significative n'a été observée entre les provenances. Cependant la valeur maximale a été enregistrée au niveau de la provenance de Gonsé ( $141,10 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) et la minimale a été enregistrée au niveau de la provenance de Tamalé ( $96,81 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) (Tableau V).

**Tableau V : Effets de provenance sur les variables écophysologiques avant le stress du karité (*Vitellaria paradoxa*) en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.**

	TP ( $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	CS ( $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	PN ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
<b>Bassiam</b>	2,40 ab	108,35 a	3,56 abc
<b>Botou</b>	2,42 ab	137,29 a	2,84 c
<b>Tamalé</b>	2,38 ab	96,81 a	2,90 bc
<b>Gobila</b>	2,17 bc	107,70 a	3,83 a
<b>Gonsé</b>	2,54 a	141,10 a	3,62 abc
<b>Karaba</b>	2,32 ab	125,00 a	3,63 ab
<b>Katakwi</b>	1,87 c	105,68 a	2,91 bc
<b>Samecouta</b>	2,39 ab	130,69 a	3,82 a
<b>PPDS</b>	<b>0,29</b>		<b>0,78</b>

Les valeurs suivies par la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.

NB : TP : Transpiration ; CS : Conductance Stomatique ; PN : Photosynthèse Nette. PPDS : plus petite différence significative.

### 1.3. Effet du stress hydrique sur les variables écophysologiques

#### 1.3.1. Effet des différents régimes sur les variables éco-physiologiques au début du stress.

Après un mois de stress, l'analyse n'a révélé aucun effet provenance significative pour la photosynthèse et la conductance stomatique des plants. Par contre l'effet provenance était significatif ( $P < 0,05$ ) pour la transpiration. La provenance de Karaba ( $2,087 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) avait la moyenne la plus élevée et différait de celles de Samecouta ( $1,639 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) et de Katakwi ( $1,418 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) qui ont enregistré les moyennes les plus faibles. Cependant

aucune différence significative n'a été enregistrée entre les provenances de Botou (1,889  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), Tamalé (1,996  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), Bassiam (1,995  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), Gobila (1,960  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) et Karaba.

Pendant cette même période, les plants des trois régimes n'ont manifesté aucune différence pour la photosynthèse et la transpiration. Par contre l'effet du stress a été ressenti significativement ( $P < 0,03$ ) au niveau de la conductance stomatique. Le régime 1 (82,49  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) différait du régime 3 (67,77  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

L'analyse à ce stade du stress a révélé aussi des interactions très hautement significatives ( $P < 0,001$ ) entre les régimes et les provenances pour la transpiration et la conductance stomatique.

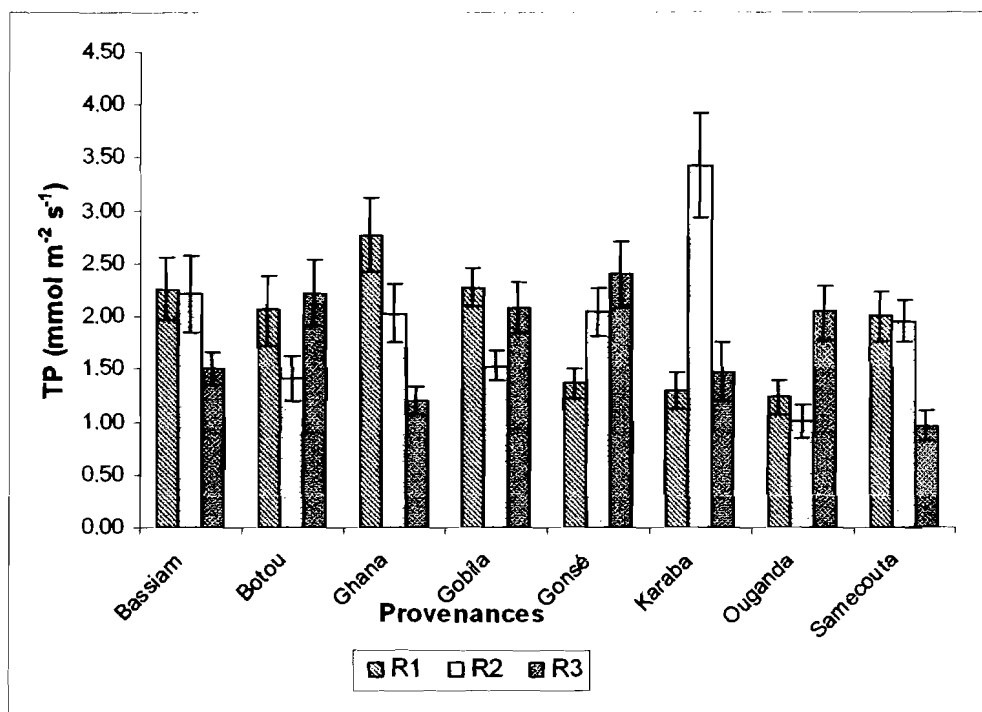
#### ➤ Interaction régimes\*provenances pour la transpiration

Les provenances de Bassiam et de Botou n'ont révélé aucune différence significative entre les régimes à cette phase du stress. Par contre les provenances de Tamalé, de Karaba, de Samecouta et de Katakwi ont indiqué une différence très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les trois régimes d'eau. Les provenances de Gobila ( $P < 0,05$ ) et de Gonsé ( $P < 0,05$ ) ont montré une différence significative entre les trois régimes d'eau (Figure 3).

Par ailleurs une différence très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les provenances a été constatée au niveau des plants du régime 1. La provenance de Tamalé a eu la transpiration moyenne la plus élevée (2,77  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Elle était différente significativement des autres provenances à l'exception de celles de Gobila (2,27  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) et de Bassiam (2,26  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). La provenance de Katakwi a connu la transpiration la plus faible (1,23  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

Une différence très hautement significative ( $P < 0,001$ ) a été enregistré au niveau des régimes 2 et 3 entre les provenances. Pour le régime 2, les plants de la provenance de Karaba (3,43  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ont plus transpiré que les autres. La provenance de Katakwi a enregistré la moyenne la plus faible (1,00  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Au niveau du régime 3, la provenance de Gonsé s'illustre avec la moyenne la plus élevée (2,39  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) et la provenance de Samecouta a connu la moyenne la plus faible (0,96  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) (Figure3).



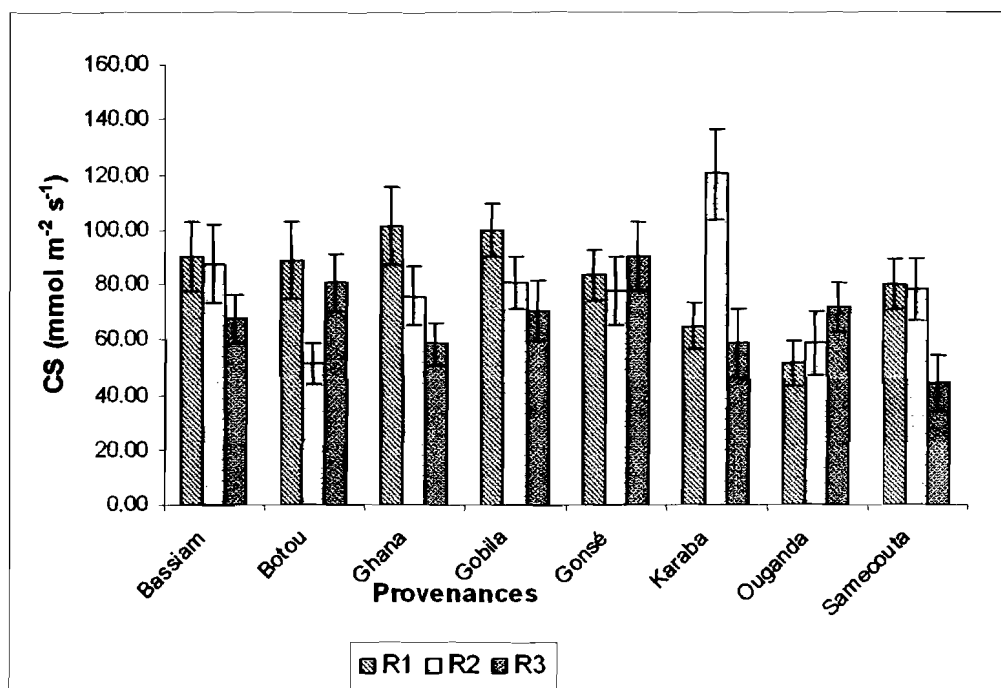


**Figure 3 : Effet du stress sur la transpiration des plants de 8 provenances de karité (*Vitellaria paradoxa*) en pépinière à Ouagadougou, Burkiana Faso. TP : transpiration**

➤ **Interactions régimes\*provenances pour la conductance stomatique**

Les provenances de Bassiam, de Gobila, de Gonsé et de Katakwi n'ont pas montré de différences significatives selon les régimes après un mois de stress. Par contre la différence était significative ( $P < 0,05$ ) entre les trois régimes au niveau des plants des provenances de Tamalé, de Botou et de Samecoute. Quant à la provenance de Karaba, la différence était très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les trois régimes d'eau (Figure 4).

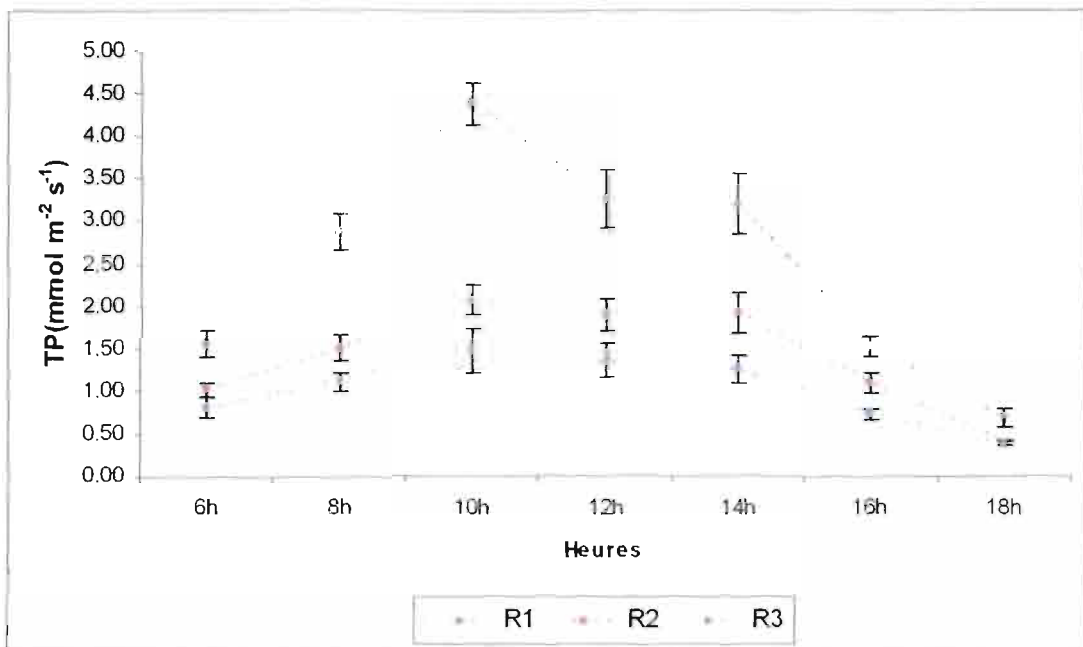
Au sein des régimes 1 et 2, la conductance stomatique a varié d'une provenance à une autre. La différence était significative ( $P < 0,05$ ) entre les provenances sous le régime 1. La provenance de Tamalé a enregistré la moyenne la plus élevée ( $101,29 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), les provenances de Karaba ( $64,75 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) et de Katakwi ( $51,23 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ont enregistré les moyennes les plus faibles (Figure 4). La différence était hautement significative ( $P < 0,01$ ) entre les provenances au niveau du régime 2. La provenance de Karaba a présenté la valeur moyenne la plus élevée ( $120,03 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), elle diffère de toutes les autres provenances. Les plus petites moyennes ont été relevées au niveau des provenances de Botou ( $51,17 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) et de Katakwi ( $58,75 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) (Figure 4).



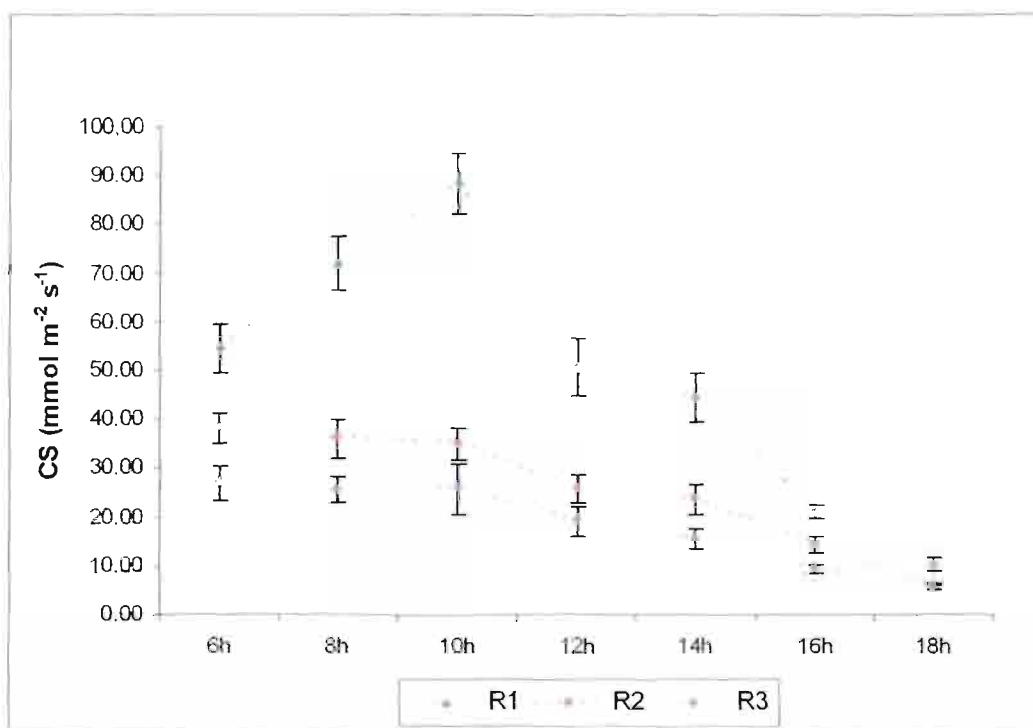
**Figure 4 : Effet du stress hydrique après un mois sur la conductance stomatique de plants 8 provenances de karité (*Vitellaria paradoxa*) en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso : CS : Conductance Stomatique.**

### 1.3.2. Fonctionnement physiologique des plants de karité après six mois de stress hydrique.

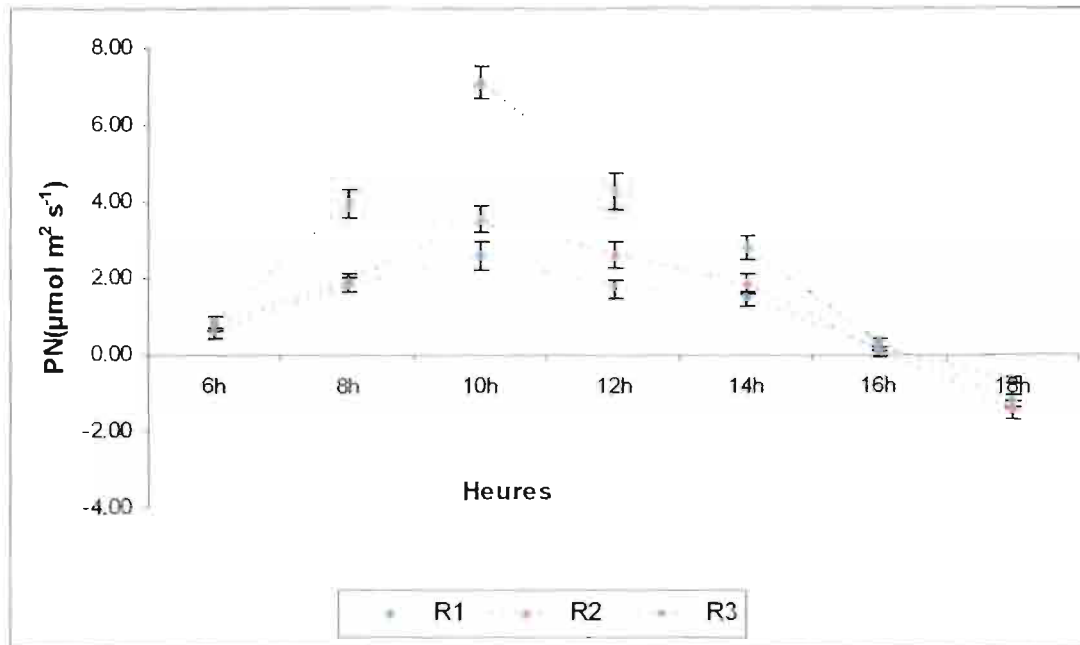
L'analyse de variance a révélé une différence très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les régimes pour toutes les variables écophysiologicals. Quel que soit le régime, l'évolution des variables au cours de la journée a suivie l'allure de celle des PAR avec un pic à partir de 10 h. A 6 h et à 18 h les régimes R2 et R3 ne présentent pas de différence (Figures 5, 6 et 7). La Transpiration croît progressivement de 6 h à 10 h et décroît par la suite jusqu'à 18 h quel que soit le régime. A 6 h et à 18 h, les régimes 2 et 3 n'ont présenté aucune différence significative entre eux (Figure 5). La conductance stomatique croît progressivement au niveau du régime 1, elle atteint son pic à 10 h, puis décroît. Par contre les régimes 2 et 3 ont présenté leurs valeurs maximales à 6 h. Par la suite elles décroissent jusqu'à 18 h. A 18 h nous n'avons pas observé de différence entre les régimes 2 et 3 (Figure 6). La photosynthèse nette présente la même allure que la Transpiration. Cependant, à 6 h et à 16 h on n'a pas observé de différence entre les trois régimes (Figure 7).



**Figure 5 :** Evolution de la transpiration des plants de karité (*Vitellaria paradoxa*) en pépinière en fonction des régimes d'eau au cours de la journée du 18 Avril 2009 à Ouagadougou au Burkina Faso.



**Figure 6 :** Evolution de la conductance stomatique des plants de karité (*Vitellaria paradoxa*) en pépinière en fonction des régimes d'eau au cours de la journée du 18 Avril 2009 à Ouagadougou au Burkina Faso.



**Figure 7 : Evolution de la photosynthèse nette des plants de karité (*Vitellaria paradoxa*) en pépinière en fonction des régimes d'eau au cours de la journée du 18 Avril 2009 à Ouagadougou au Burkina Faso.**

A l'issue de l'analyse, les interactions provenances\*régimes ont été très hautement significatives pour la transpiration et la conductance stomatique ( $P < 0,001$ ). L'interaction était aussi hautement significative pour la photosynthèse nette ( $P < 0,01$ ).

#### ➤ Interactions régimes\*provenances pour la transpiration

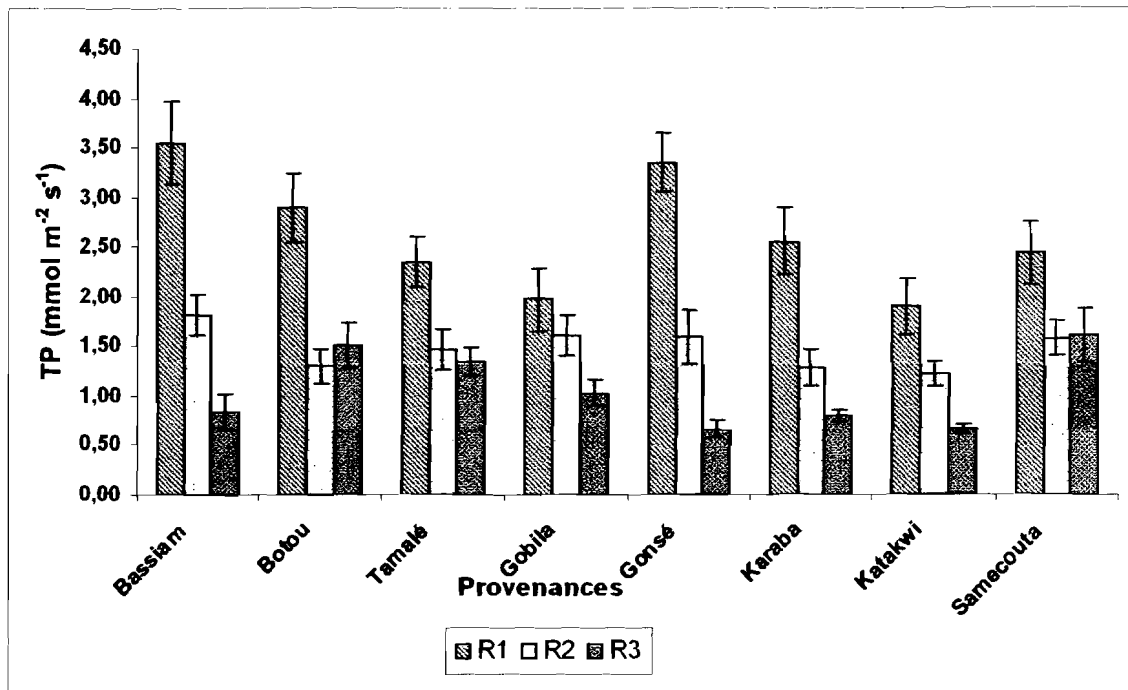
La provenance de Bassiam a montré une différence très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les régimes. Les plants du régime 1 ( $3,55 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), du régime 2 ( $1,82 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) et du régime 3 ( $0,80 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) avaient des valeurs de transpiration significativement différentes les unes des autres. Les provenances de Gonsé et de Katakwi se sont comportées comme celle de Bassiam. Au niveau de Gonsé les régimes 1, 2 et 3 ont indiqué respectivement les transpirations moyennes suivantes ( $3,35 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ;  $1,59 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ;  $0,64 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Les valeurs de la transpiration au niveau de la provenance d'Katakwi se présentait comme suit  $1,89 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  pour le régime 1 ;  $1,23 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  pour le régime 2 et  $0,66 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  pour le régime 3.

Les provenances de Botou et de Karaba ont eux aussi enregistré une différence très hautement significative ( $P < 0,001$ ). Cependant le régime 2 n'était pas différent du régime 3. Ces deux étaient différents du régime 1. Les différences étaient très hautement et hautement

significatives entre les régimes d'eau chez les provenances de Tamalé ( $P < 0,003$ ) et Gobila ( $P < 0,01$ ). La différence a été significative ( $P < 0,05$ ) au niveau de Samecouta. Pour Samecouta et Tamalé la transpiration des régimes 2 et 3 étaient identiques, mais tous différents du régime 1. Pour ce qui est de la provenance de Gobila, la différence entre les régimes se situait entre le régime 1 et le régime 3 (Figure 8).

Pour chaque régime d'eau, les provenances ont eu des comportements différents du fait de l'interaction entre le régime et la provenance. Ainsi, on a noté une différence très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les provenances pour la transpiration sous le régime 1. La provenance de Bassiam a donné la moyenne la plus élevée ( $3,55 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Elle ne différait pas des provenances de Botou ( $2,89 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) et Gonsé ( $3,35 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Ces provenances différaient de celles du Tamalé ( $2,28 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), Gobila ( $1,97 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) et Katakwi ( $1,89 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) qui ont enregistré les valeurs de transpiration les plus faibles. Pour le régime 2 aucune différence significative entre les provenances n'a été décelée. Tout comme le régime 1, le régime 3 a révélé une différence très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les provenances. Les provenances de Botou ( $1,51 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), de Samecouta ( $1,61 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) et de Tamalé ( $1,34 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ont présenté les transpirations moyennes les plus élevées. Par contre les provenances de Gonsé ( $0,64 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), de Karaba ( $0,79 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), de Bassiam ( $0,79 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) et de Katakwi ( $0,66 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ont enregistré les valeurs les plus faibles (Figure 8).

MENTION BIEN

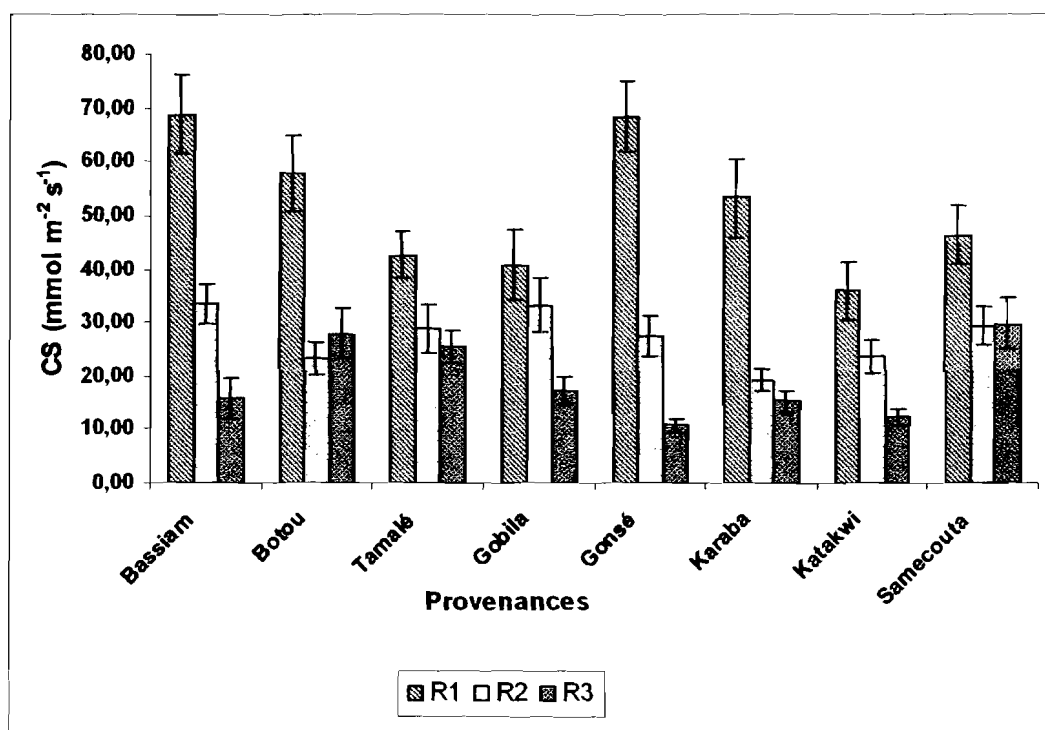


**Figure 8 : Effet du stress hydrique sur la transpiration des plants de 8 provenances de karité (*Vitellaria paradoxa*) après six mois de stress en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.**

➤ **Interactions régimes\*provenances pour la conductance stomatique**

Tout comme la transpiration, l'interaction entre les deux facteurs a été significative. Ainsi, pour la provenance de Bassiam, il y a eu une différence très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les régimes qui différaient les uns des autres. La conductance stomatique moyenne par régime a été de  $68,80 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  pour le régime 1,  $33,43 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  pour le régime 2 et  $15,80 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  pour le régime 3 (Figure 9). Les régimes d'eau ont aussi différencié de façon très significative ( $P < 0,001$ ) pour les provenances de Botou, de Karaba et de Tamalé. Le régime 1 était différent du régime 2 et 3 qui eux n'ont pas différencié l'un de l'autre. Chez les provenances de Gonsé et de Katakwi, chaque régime a différencié significativement de l'autre ( $P < 0,001$ ). Pour la provenance de Gobila, le régime 1 ( $40,69 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) n'était pas différent du régime 2 ( $33,19 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), par contre il existait une différence hautement significative ( $P < 0,01$ ) entre le régime 1 et le régime 3 ( $17,31 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), et entre le régime 2 et le régime 3. Quant à la provenance de Samecoute, aucune différence significative n'a été enregistrée entre les régimes 2 ( $29,49 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) et le régime 3 ( $29,79 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Mais entre les régimes 2 et 3 et le régime 1 ( $46,38 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) la différence était significative ( $P < 0,05$ ) (Figure 9).

Au sein des régimes 1 et 3, la différence était très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les provenances. Dans le régime 1, la conductance moyenne la plus élevée a été notée au niveau des provenances de Bassiam ( $68,80 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) et Gonsé ( $68,69 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) alors que les provenances de Botou ( $57,94 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) et de Karaba ( $53,29 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ne différaient pas. La provenance de Katakwi a donné la moyenne la plus faible ( $35,89 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Au niveau du régime 3, les provenances de Botou ( $27,92 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) et de Samecouta ( $29,79 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ont présenté les moyennes les plus élevées. Elles n'étaient pas différentes significativement de celle du Tamalé. Les autres provenances ont enregistré des valeurs moyennes faibles. De même que pour la transpiration, la provenance de Katakwi avait la conductance moyenne la plus faible ( $12,50 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) (Figure 9). L'analyse n'a pas permis de déceler une différence significative entre les provenances pour la conductance stomatique au niveau du régime 2.



**Figure 9 : Effet du stress hydrique sur la conductance stomatique des plants de 8 provenances de karité (*Vitellaria paradoxa*) après six mois de stress en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso**

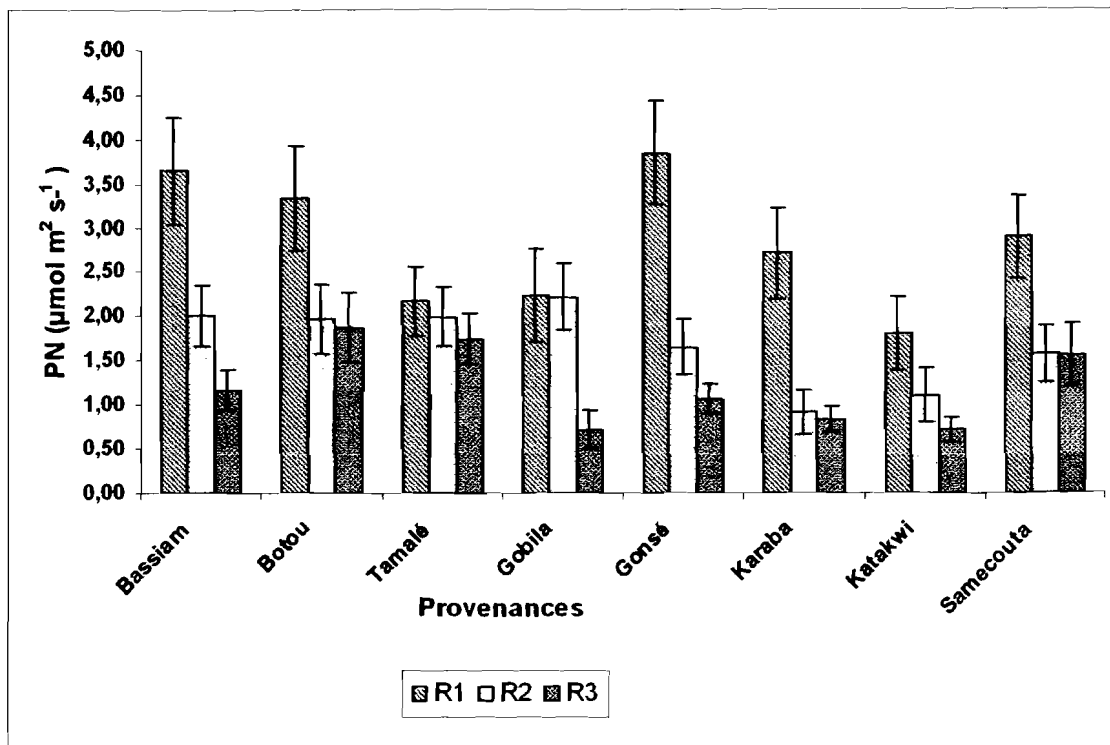
➤ **Interactions régimes\*provenances pour la photosynthèse nette.**

L'interaction régime\*provenance a été significative pour la variable photosynthèse. L'analyse a montré que les régimes ne différaient pas statistiquement entre eux en ce qui concerne les provenances du Tamalé et de Katakwi. Par contre pour les provenances de Bassiam et Gonsé,

le régime 1 était significativement différent des régimes 2 et 3 ( $P < 0,001$ ). Au niveau de la provenance de Karaba, les régimes étaient tous différents les uns des autres ( $P < 0,001$ ). Au niveau de la provenance de Samecouta, le régime 2 ( $1,58 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ) et le régime 3 ( $1,56 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ) ne présentaient aucune différence entre eux mais ces deux régimes différaient significativement ( $P < 0,05$ ) du régime 1 ( $2,89 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ). Pour la provenance de Gobila, le régime 1 ( $2,23 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ) et le régime 2 ( $2,22 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ) ont significativement différencié du régime 3 ( $0,72 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ). Par contre pour la provenance de Botou, ce sont les régimes 2 ( $1,96 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ) et 3 ( $1,88 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ) qui ont différencié significativement du régime 1 ( $3,33 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ).

Au sein des régimes, la photosynthèse a connu de variations significatives entre les provenances. Ainsi pour le régime 1, les provenances ont différencié significativement ( $P < 0,05$ ) avec la provenance de Gonsé qui a enregistré la photosynthèse moyenne la plus élevée ( $3,84 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ) alors que celle de Katakwi enregistrerait la plus faible moyenne ( $1,81 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ). Au niveau du régime 2, les provenances de Bassiam ( $2,01 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ), de Botou ( $1,96 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ), de Tamalé ( $1,99 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ), de Gobila ( $2,22 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ), de Gonsé ( $1,65 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ) et de Samecouta ( $1,58 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ) ne sont pas différents significativement. Ces provenances différaient de celles de Karaba ( $0,91 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ) et de Katakwi ( $1,10 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ) qui ont enregistré les plus faibles moyennes (Figure 10). Il y a eu aussi des différences significatives entre les provenances pour le régime 3 ( $P < 0,01$ ). Dans ce régime la provenance de Botou a enregistré la moyenne la plus élevée ( $1,88 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ). Elle est suivie par les provenances de Tamalé ( $1,47 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ), et de Samecouta ( $1,56 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ). Les provenances de Gobila ( $0,72 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ), de Karaba ( $0,83 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ) et de Katakwi ( $0,71 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ) ont présenté les moyennes les plus faibles (Figure 10).





**Figure 10 : Effet du stress hydrique sur la photosynthèse des plants de 8 provenances de karité (*Vitellaria paradoxa*) après six mois de stress en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.**

## **II. Effets des régimes d'eau et des provenances sur la morphologie de la feuille de karité**

### **2.1. Effet de provenance sur de la morphologie de la feuille avant l'application du régime d'eau.**

L'analyse a révélé des différences significatives entre les provenances pour les variables mesurées à l'exception de la longueur du limbe (Lg-l). La différence était très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les provenances pour la longueur du pétiole. La provenance de Karaba (1,93 cm) suivie de celle de Tamalé (1,91 cm) ont présenté les valeurs moyennes les plus élevées. Elles différaient des provenances de Botou (1,46 cm), de Gonsé (1,42 cm), de Katakwi (1,32 cm) et de celle de Samecoute (1,17 cm) ayant la valeur moyenne la plus faible (Tableau VI). Au niveau de la largeur du limbe, la différence était très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les provenances. La provenance de Karaba a présenté la valeur moyenne la plus élevée (5,33 cm), elle est suivie par la provenance de Botou et celle de Tamalé. Ces trois premières différaient de celles de Bassiam (4,06 cm), de Katakwi (4,50 cm) et de Samecoute qui a enregistré la plus faible moyenne (3,97 cm) (Tableau VI). Une différence très hautement significative ( $P < 0,002$ ) a été observée également entre les provenances pour le diamètre du pétiole. Tout comme la variable précédente, la provenance de Karaba a enregistré la moyenne la plus élevée (3,27 mm). Elle diffère de celles de Bassiam, de Gonsé, de Katakwi et de

Samecouta où la moyenne minimale (2,36 mm) a été enregistrée (Tableau VI). Pour ce qui était de l'épaisseur du limbe, la différence était significative ( $P < 0,05$ ) entre les provenances. La moyenne la plus élevée a été obtenue au niveau de la provenance de Bassiam (0,27 mm). Elle ne différait pas de celles de Karaba (0,25 mm) et de Gobila (0,25 mm). Par contre ces trois premières différaient des provenances de Botou, de Tamalé, de Gonsé, d'Katakwi et de Samecouta (0,22 mm) (Tableau 6).

La tendance qui se dégage, est que d'une manière générale les provenances de Samacouta et de Katakwi ont enregistré les moyennes les plus faibles pour toutes les variables considérées. A l'opposé, la provenance de Karaba suivie de celle de Tamalé, de Gobila enregistraient les valeurs les plus élevées. Les autres provenances étant restées intermédiaires entre les deux extrêmes.

**Tableau VI : Variations morphologiques de la feuille de karité (*Vitellaria paradoxa*) en fonction de la provenance En pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso**

	<b>Dia-p</b>	<b>Epais-l</b>	<b>GrdL-l</b>	<b>Lg-p</b>	<b>Lg-l</b>
<b>Bassiam</b>	2,65 bc	0,27 a	4,06 cd	1,65 ab	11,35 a
<b>Botou</b>	2,85 ab	0,22 b	5,25 a	1,46 bc	12,18 a
<b>Tamalé</b>	2,92 ab	0,24 b	5,23 a	1,91 a	12,63 a
<b>Gobila</b>	3,03 ab	0,25 ab	4,99 ab	1,66 ab	12,13 a
<b>Gonsé</b>	2,82 b	0,23 b	4,71 abc	1,42 bc	11,26 a
<b>Karaba</b>	3,27 a	0,25 ab	5,33 a	1,93 a	13,66 a
<b>Katakwi</b>	2,37 c	0,22 b	4,50 bcd	1,32 bc	10,44 a
<b>Samecouta</b>	2,36 c	0,22 b	3,97 d	1,17 c	10,84 a
<b>PPDS</b>	<b>0,45</b>	<b>0,02</b>	<b>0,70</b>	<b>0,37</b>	

Les valeurs suivies par la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.

**NB :** **Dia-p** : diamètre du pétiole ; **Epais-l** : épaisseur du limbe ; **GrdL-l** : plus grande largeur du limbe ; **Lg-p** : longueur du pétiole ; **Lg-l** : longueur du limbe ; **PPDS** : plus petite différence significative.

## 2.2. Effet des différents régimes d'eau sur la morphologie de la feuille

### 2.2.1. Effet du stress après un mois d'application des régimes d'eau

L'analyse globale n'a révélé aucune interaction significative entre régimes et provenances et aucune différence significative entre les provenances à ce stade du stress pour le diamètre du pétiole, l'épaisseur du limbe et la longueur du limbe. Par contre une différence hautement significative ( $P < 0,01$ ) entre les provenances a été enregistrée pour la variable longueur du

pétiole, et une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre les provenances pour la largeur du limbe.

La même analyse n'a pas montré de différences significatives entre les régimes pour le diamètre du pétiole, la largeur du limbe et la longueur du limbe. Cependant une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre les régimes 1 (0,18 mm) et régime 3 (0,16 mm) pour l'épaisseur du limbe a été notée. Le régime 2 (0,17 mm) ne différait des régimes 1 et 3. Aussi une différence significative ( $P < 0,05$ ) a été enregistrée entre les régimes pour la longueur du pétiole. Le régime 1 (1,95 cm) ne différait pas significativement du régime 2 (2,12 cm) et du régime 3 (1,75 cm). Le régime 2 différait cependant du régime 3. D'une manière générale l'effet du stress a été peu ressenti sur les plants à cette période de l'expérience.

### 2.2.2. Effet du régime d'eau sur la morphologie de la feuille après quatre mois d'application

A ce stade l'analyse n'a révélé aucun effet provenance significatif sur les plants pour les variables considérées plus haut. Par contre l'effet régime s'est plus accentué sur toutes les parties de la feuille. Les trois régimes ont présenté des différences très hautement significatives ( $P < 0,001$ ) entre eux pour toutes les variables (Tableau VII). Aussi à ce stade, l'analyse a montré des interactions provenances\*régimes significatives pour le diamètre du pétiole ( $P < 0,05$ ) (Figure 11) et pour la largeur du limbe ( $P < 0,05$ ) (Figure 12).

**Tableau VII : Impact de 4 mois d'application du stress hydrique sur le développement des différentes parties de la feuille de karité (*Vitellaria paradoxa*) en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.**

	<b>Dia-p</b>	<b>Epais-l</b>	<b>GrdL-l</b>	<b>Lg-l</b>	<b>Lg-p</b>
<b>R1</b>	3,27 a	0,22 a	5,71 a	16,03 a	2,86 a
<b>R2</b>	2,86 b	0,19 b	5,12 b	13,94 b	2,40 b
<b>R3</b>	2,23 c	0,16 c	4,52 c	12,21 c	1,71 c
<b>PPDS</b>	<b>0,32</b>	<b>0,02</b>	<b>0,59</b>	<b>1,67</b>	<b>0,39</b>

Les valeurs suivies par la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.

**NB :** **Dia-p** : diamètre du pétiole ; **Epais-l** : épaisseur du limbe ; **GrdL-l** : plus grande largeur du limbe ; **Lg-p** : longueur du pétiole ; **Lg-l** : longueur du limbe ; **PPDS** : plus petite différence significative.

➤ **Interaction provenance\*régime significative**

Les provenances de Samecouta et de Gonsé ont montré des résultats similaires. Ces deux provenances n'ont présenté aucune différence significative à chaque régimes (Figure 11). Par ailleurs, pour les provenances de Bassiam, de Botou, de Tamalé et de Karaba, il y a eu une différence significative entre le régime 1 et le régime 3 d'une part et d'autre part entre le régime 2 et le régime 3 ; mais pas de différence entre le régime 2 et le régime 1 (Figure 11). Au niveau de la provenance de Gobila, le régime 1 différait des deux derniers qui ne sont pas différents entre eux. Quant à la provenance de Katakwi, les trois régimes ont différencié significativement les uns des autres (Figure 11).

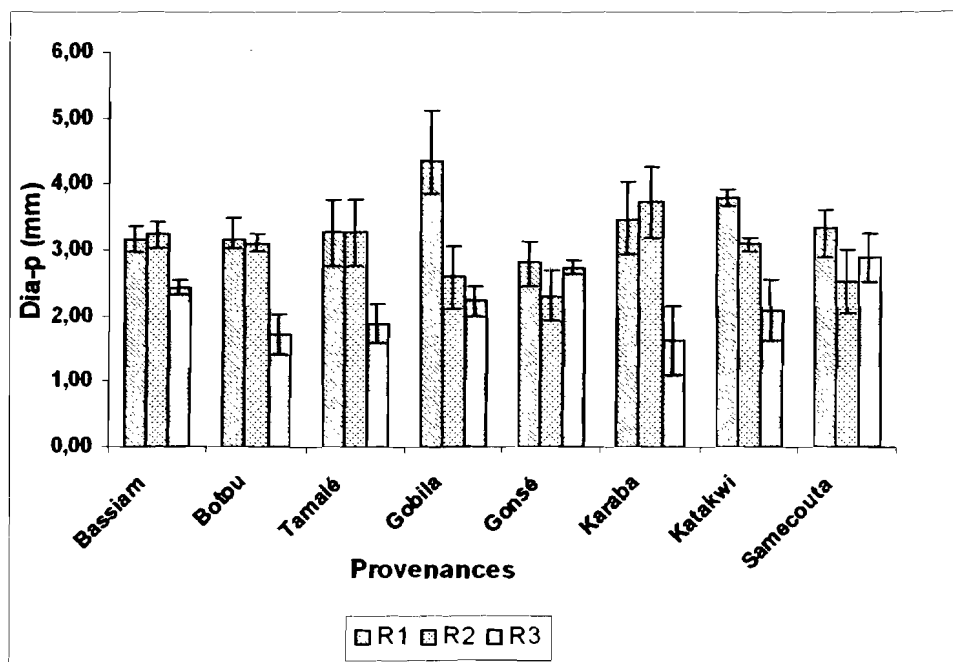


Figure 11 : Variation du diamètre du pétiole des plants de karité (*Vitellaria paradoxa*) en fonction du régime après 4 mois d'application du stress hydrique en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso : (Dia-p= diamètre du pétiole)

➤ **Interaction provenance\*régime hautement significative**

Comme pour le diamètre du pétiole, les provenances se sont comportées de la même manière au niveau de la largeur du limbe exception faite pour la provenance de Bassiam et de Karaba. La provenance de Bassiam n'a montré aucune différence entre les trois régimes. Quant à la provenance de Karaba, la différence s'est située entre le régime 1 et le régime 3 et entre le régime 2 et le régime 1 (Figure 12).

La conclusion que l'on pourrait tirer est que les provenances de Samecouta et de Gonsé ont très peu ressenti le stress au niveau du diamètre du pétiole et au niveau de la largeur du limbe. Par contre la provenance de Katakwi s'est montrée très sensible au stress sur toutes les parties de la plante. Les autres provenances sont restées plus ou moins sensibles au stress pour les mêmes variables.

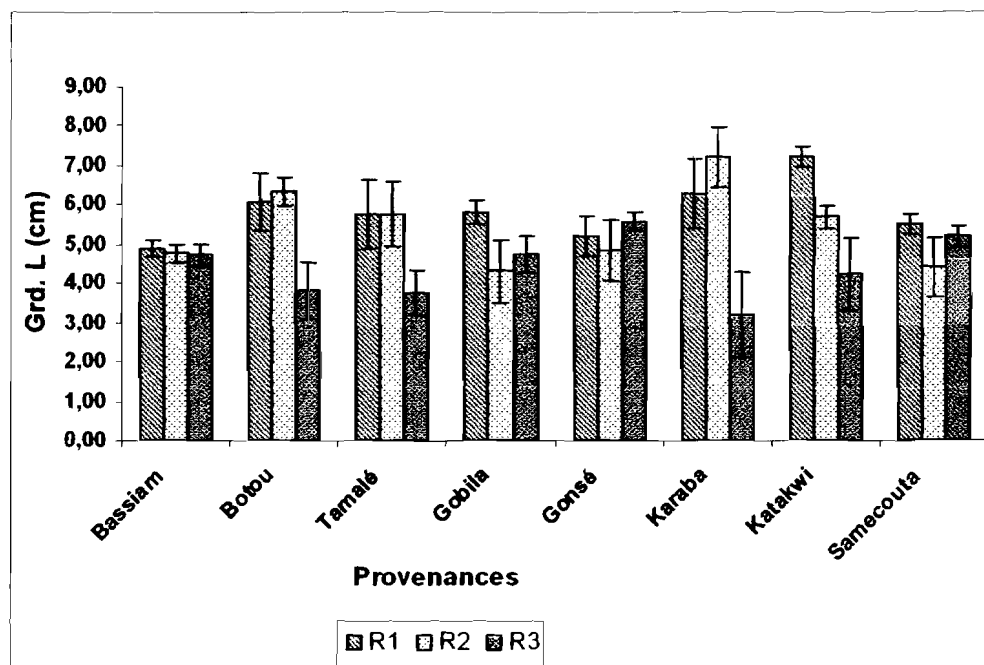


Figure 12 : Effet du stress hydrique sur la largeur du limbe des plants de karité (*Vitellaria paradoxa*) en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso

### III. Effet des régimes d'eau et des provenances sur les paramètres dendrométriques des plants de karité

#### 3.1. Effet de provenance sur les paramètres dendrométriques avant le stress

L'analyse de variance a révélé qu'il existe une différence très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les provenances pour tous les paramètres mesurés à l'exception du nombre de rameaux, où la différence était significative ( $P < 0,05$ ). Pour le diamètre au collet, les provenances de Botou (5,51 mm), de Bassiam (6,19 mm), de Tamalé (6,20 mm) et de Karaba (5,71 mm) ont été peu différentes entre elles. Elles différaient cependant de celles de Samecouta (4,07 mm) et de Katakwi (4,19 mm). Les provenances de Gonsé et de Gobila n'ont présenté aucune différence avec les deux groupes cités plus haut (Tableau VIII). Considérant de la hauteur, la provenance de Tamalé (13,51 cm) diffère de toutes les autres provenances à l'exception de celle de Karaba (11,97 cm). La provenance de Samecouta a enregistré la plus faible hauteur (6,81 cm) (Tableau VIII). Pour ce qui est du nombre des

feuilles, la provenance de Tamalé possédait plus de feuilles que les autres (16 feuilles). Elle différait significativement des autres provenances à l'exception de celles de Bassiam (15 feuilles) et de Karaba (14 feuilles). La provenance de Botou avait la moyenne la plus faible (10 feuilles). Les provenances de Bassiam et Tamalé (2 rameaux) différaient significativement des autres (1 rameau) pour le nombre de rameaux (Tableau VIII). S'agissant de la surface foliaire, les provenances de Tamalé (323,61 cm<sup>2</sup>), de Bassiam (314,47 cm<sup>2</sup>), Botou (271,17 cm<sup>2</sup>), et de Gonsé (267,25 cm<sup>2</sup>), qui ont enregistré les plus grandes valeurs, n'ont pas différencié significativement entre elles. Mais les provenances de Bassiam et de Tamalé ont différencié significativement de celles de Gobila (233,4 cm<sup>2</sup>), de Karaba (234,22 cm<sup>2</sup>), d'Katakwi (248,58 cm<sup>2</sup>) et de Samecouta (212,64 cm<sup>2</sup>) (Tableau VIII).

Pris globalement, les provenances de Bassiam et de Tamalé ont donné les valeurs moyennes les plus élevées pour toutes les variables considérées. Et comme dans le cas des variables morphologiques de la feuille, les provenances de Samecouta et de Katakwi ont donné les valeurs moyennes les plus faibles (Tableau VIII).

**Tableau VIII: Effet de la provenance sur les paramètres dendrométriques des plants de karité (*Vitellaria paradoxa*) avant l'application de stress hydrique en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso**

	<b>Dia-C</b>	<b>Htr</b>	<b>Nbre-F</b>	<b>Nbre-Rm</b>	<b>Sur-F</b>
<b>Bassiam</b>	6,19 a	10,32 bc	14,95 ab	1,69 a	314,47 a
<b>Botou</b>	5,51 a	10,51 bc	9,80 e	1,20 b	271,17 ab
<b>Tamalé</b>	6,20 a	13,51 a	15,93 a	1,48 ab	323,61 a
<b>Gobila</b>	5,24 ab	10,02 bc	12,04 cde	1,26 b	233,40 bc
<b>Gonsé</b>	5,29 ab	9,99 bc	12,92 bcd	1,26 b	267,25 abc
<b>Karaba</b>	5,71 a	11,97 ab	14,27 abc	1,27 b	234,22 bc
<b>Katakwi</b>	4,18 b	8,81 cd	11,72 de	1,44 ab	248,58 bc
<b>Samecouta</b>	4,07 b	6,81 d	10,82 de	1,21 b	212,64 c
<b>PPDS</b>	<b>1,23</b>	<b>2,00</b>	<b>2,632</b>	<b>0,39</b>	<b>56,44</b>

*Les valeurs suivies par la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.*

**NB :** **Dia-C** : diamètre au collet ; **Htr** : Hauteur ; **Nbre-F** : nombre de feuilles ; **Nbre-Rm** : nombre de rameaux ; **Sur-F** : surface foliaire.

### 3.2. Effet des différents régimes d'eau sur les paramètres dendrométriques

L'analyse globale des paramètres (diamètre au collet, hauteur et nombre de rameaux des plants) n'a montré aucune différence significative entre les régimes pendant les trois premiers mois d'application du stress. A partir du quatrième mois jusqu'au sixième, par contre une différence très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les régimes pour la variable diamètre

au collet a été constaté. Cependant il n'y avait pas de différence entre R1 (8,40 mm) et R2 (8,09 mm), mais les deux premiers différaient significativement de R3 (7,087 mm) (Tableau IX). S'agissant de la hauteur des plants, une différence très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les régimes à partir du cinquième et sixième mois d'application du stress a été enregistré. Les valeurs moyennes au sixième mois se présentaient comme suit : 20,19 cm pour le régime 1, 16,95 cm pour le régime 2 et 13,86 cm pour le régime 3 (Tableau X). A l'échelle de la provenance cette différence entre les régimes pour la croissance en hauteur était également bien perceptible (Figure 15).

Pour ce qui est du nombre de feuille et de la surface foliaire, ils se sont comportés de la même manière avec une différence très hautement différence significative ( $P < 0,001$ ) entre les régimes à partir du deuxième mois et ce jusqu'au sixième mois. Les moyennes respectives étaient : 10 feuilles et 219 cm<sup>2</sup> pour le régime 1, 6 feuilles et 127,30 cm<sup>2</sup> pour le régime 2 et 6 feuilles et 119,9 cm<sup>2</sup> pour le régime 3 (Tableaux XI & XII).

Ces résultats ont montré une manifestation progressive de l'effet du déficit en eau, où la feuille a été la partie qui a ressentie le plutôt l'effet du stress par rapport aux autres parties des plants. Après les feuilles suivaient le diamètre au collet et de la hauteur. Pour ce qui est du nombre de rameaux, nous avons constaté un nombre plus élevé au niveau du régime 3.

**Tableau IX: Effet des différents régimes d'eau sur la croissance en diamètre des plants de karité (*Vitellaria paradoxa*) en fonction du nombre de mois d'application du stress hydrique en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso**

	1 MAAS	2 MAAS	3 MAAS	4 MAAS	5 MAAS	6 MAAS
<b>R1</b>	7.608 a	7.882 a	8.336 a	8.397 a	8.631 a	8.321 a
<b>R2</b>	7.799 a	8.164 a	7.947 a	8.088 a	8.339 a	8.025 a
<b>R3</b>	7.177 a	7.414 a	7.582 a	7.087 b	6.393 b	5.886 b
<b>PPDS</b>				<b>0,6937</b>	<b>0,717</b>	<b>0,7378</b>

*Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.*

**MAAS** : Mois Après l'Application du Stress.

**Tableau X : Effet des différents régimes d'eau sur la croissance en hauteur des plants de karité (*Vitellaria paradoxa*) en fonction du nombre de mois d'application du stress hydrique en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso**

	1 MAAS	2 MAAS	3 MAAS	4 MAAS	5 MAAS	6 MAAS
<b>R1</b>	12,21 a	12,39 a	12,91 a	14,43 a	16,27 a	20,19 a
<b>R2</b>	12,69 a	13,19 a	13,14 a	13,81 a	14,97 b	16,95 b
<b>R3</b>	11,89 a	12,39 a	12,66 a	13,10 a	13,20 c	13,86 c
<b>PPDS</b>					<b>1.282</b>	<b>1.608</b>

*Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%*

**Tableau XI: Effet des différents régimes d'eau sur le nombre de feuille des plants de karité (*Vitellaria paradoxa*) en fonction du nombre de mois d'application du stress hydrique en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso**

	1 MAAS	2 MAAS	3 MAAS	4 MAAS	5 MAAS	6 MAAS
<b>R1</b>	8.344 a	7.076 a	7.322 a	7.989 a	8.583 a	10.401a
<b>R2</b>	8.684 a	5.922 b	4.697 b	4.416 b	5.169 b	5.972 b
<b>R3</b>	7.759 a	5.062 c	1.436 c	5.983 c	5.713 b	5.671 b
<b>PPDS</b>		<b>0.8468</b>	<b>0.9374</b>	<b>1.149</b>	<b>1.135</b>	<b>1.356</b>

*Les valeurs suivies par la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.*

**Tableau XII : Effet des différents régimes d'eau sur la surface foliaire des plants de karité (*Vitellaria paradoxa*) en fonction du nombre de mois d'application du stress hydrique en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso**

	1 MAAS	2 MAAS	3 MAAS	4 MAAS	5 MAAS	6 MAAS
<b>R1</b>	174.0 a	148.5 a	152.93 a	168.6 a	181.4 a	219.5 a
<b>R2</b>	184.6 a	126.5 b	99.31 b	94.8 b	111.3 b	127.3 b
<b>R3</b>	163.9 a	107.5 c	30.86 c	129.1 c	122.6 b	119.9 b
<b>PPDS</b>		<b>18.08</b>	<b>20.07</b>	<b>25.32</b>	<b>24.49</b>	<b>28.50</b>

*Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.*



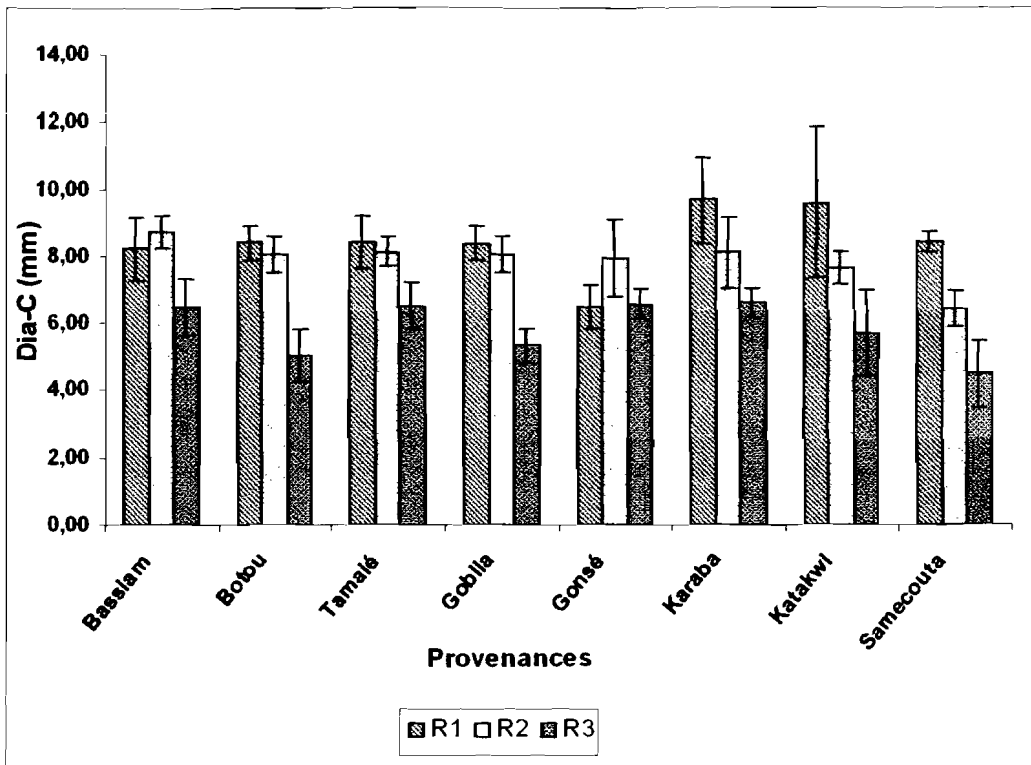


Figure 13 : Effet du stress hydrique sur le diamètre au collet des plants de 8 provenances de karité (*Vitellaria paradoxa*) en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso

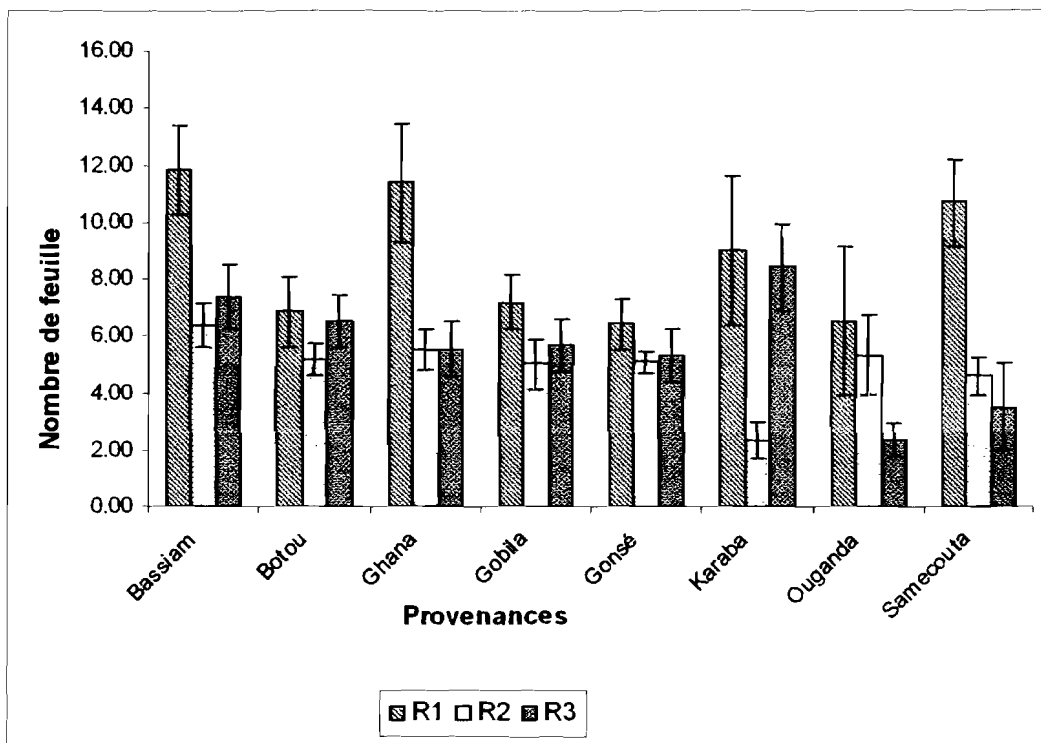
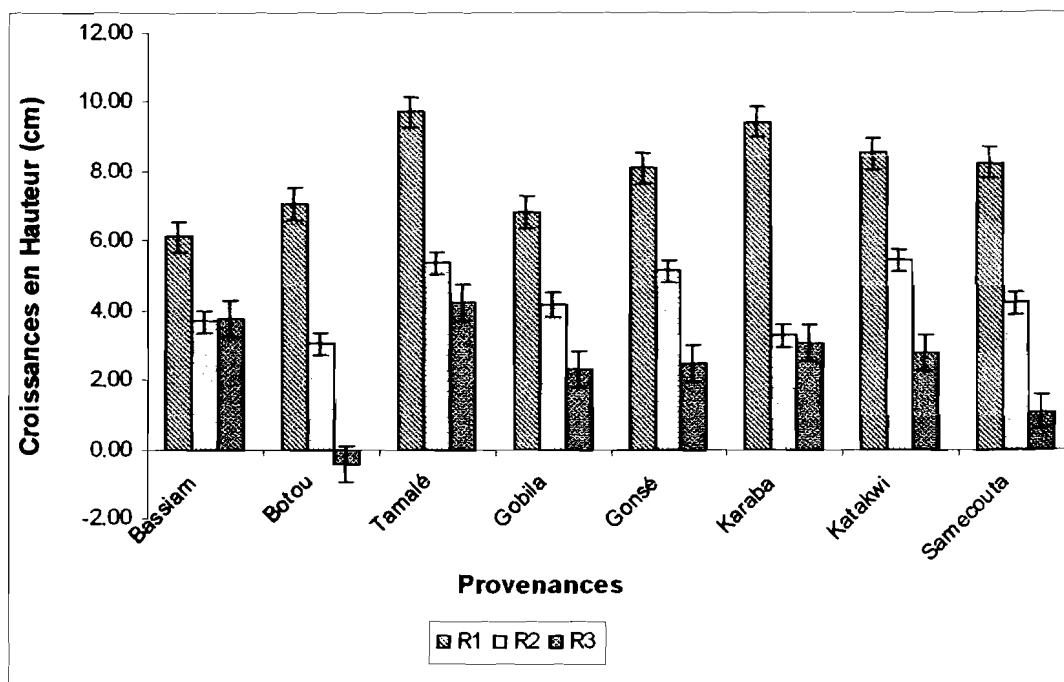


Figure 14 : Effet du stress hydrique sur l'apparition des feuilles des plants de 8 provenances de karité (*Vitellaria paradoxa*) en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso



**Figure 15 : Croissance moyenne en hauteur des plants de 8 provenances de karité (*Vitellaria paradoxa*) au cours du stress en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso**

### **3.3. Effet de provenance sur les paramètres dendrométriques pendant l'application du régime d'eau**

Outre l'effet régime, l'analyse a montré qu'à partir du premier mois d'application du stress jusqu'au sixième mois, il existait une différence très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les provenances pour la hauteur, le nombre de feuille et la surface foliaire. La hauteur la plus grande a été enregistrée avec les plants de Tamalé (17,7 cm), elle ne différait pas de celle de Karaba (16,61cm). La provenance de Samecoute a enregistré la plus faible valeur (12,37 cm). La provenance de Bassiam a enregistré le nombre moyen de feuilles le plus élevé (9 feuilles). Elle est différente de toutes les autres provenances sauf celle de Tamalé (7 feuilles). La provenance de Katakwi avait le nombre de feuille le plus petit (5 feuilles) (Tableau XIII). La surface foliaire présente les mêmes tendances que le nombre de feuille avec la valeur la plus élevée pour la provenance Bassiam (178,4 cm<sup>2</sup>). Elle est suivie de celle de Botou (170,7 cm<sup>2</sup>) et de Tamalé (150,8 cm<sup>2</sup>). La provenance de Katakwi avait la surface moyenne la plus faible (99 cm<sup>2</sup>). En ce qui concerne le diamètre au collet la différence était significative ( $P < 0,05$ ) au premier mois de stress entre les provenances. Aucune différence entre les provenances n'a été observée au cours du deuxième et troisième mois de stress. Par contre une différence très

hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre les provenances fut observée à partir du quatrième mois jusqu'au sixième mois pour la même variable. Les provenances de Karaba (8,99 mm) et de Katakwi (9,02 mm) ont donné les valeurs moyennes les plus élevées. La provenance de Samecouta a enregistré le diamètre moyen le plus faible (6,72 mm) (Tableau XIII). Pour ce qui est du nombre de rameaux, il n'y a pas eu de différence significative entre les provenances pendant toute la durée du stress.

**Tableau XIII : Effet de provenances sur les paramètres dendrométriques après cinq mois d'application du stress à des plants de 8 provenances de karité (*Vitellaria paradoxa*) en pépinière à Ouagadougou au Burkina Faso.**

	<b>Dia-C</b>	<b>Htr</b>	<b>Nbre-F</b>	<b>Sur-F</b>
<b>Bassiam</b>	8,48 ab	15,19 bc	8,48 a	178,4 a
<b>Botou</b>	7,64 bcd	15,38 bc	6,17 bc	170,7 a
<b>Tamalé</b>	8,11 abc	17,7 a	7,42 ab	150,8 ab
<b>Gobila</b>	7,14 cd	13,68 cd	5,94 bc	115,2 bc
<b>Gonsé</b>	7,17 cd	14,05 cd	5,61 bc	115,9 bc
<b>Karaba</b>	8,99 a	16,61 ab	6,6 bc	108,3 c
<b>Katakwi</b>	9,02 a	13,68 cd	4,67 c	99 c
<b>Samecouta</b>	6,72 d	12,37 d	6,17 bc	121,4 bc
<b>DMS</b>	<b>1,270</b>	<b>2,27</b>	<b>2,01</b>	<b>43,39</b>

*Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.*

## DISCUSSION

### I. Variabilité inter provenance des plants de karité avant l'application du stress

#### 1.1. Effet de provenances sur les variables écophysiologicals

L'analyse a révélé une différence entre les provenances pour la transpiration avec les provenances de Botou, de Tamalé, de Gonsé, de Karaba et de Samecouta qui ont enregistré les transpirations moyennes les plus élevées et la provenance de Katakwi la plus faible. La transpiration la plus élevée au niveau de ces provenances pourrait s'expliquer par une surface foliaire plus importante (cas des provenances de Karaba, Tamalé et Gobila) et/ou par une densité plus élevée des stomates à la surface de la feuille. Selon Somé (2005), les quantités d'eau transpirée par un arbre seraient liées non seulement à la surface transpirante, mais aussi à la densité et à la disposition des stomates.

Il est ressorti aussi que les provenances de Bassiam, de Gonsé, de Karaba, de Samecouta et Gobila ont connu une activité photosynthétique plus importante que les autres. Le constat est que les provenances ayant la forte transpiration, ont enregistré aussi la plus forte photosynthèse nette. Cependant le cas des provenances de Tamalé et de Botou ayant une transpiration élevée et une photosynthèse faible pourrait s'expliquer par l'importance des stomates à la surface de la feuille. Effectivement les stomates constituent le siège des échanges gazeux (entrée de CO<sub>2</sub> et rejet de la vapeur d'eau) entre la feuille et son environnement immédiat. La provenance de Katakwi a enregistré une transpiration faible et une photosynthèse faible et se démarque ainsi des autres. Trois hypothèses peuvent être formulées : cette différence est due soit aux conditions climatiques soit à un facteur génétique ou aux deux à la fois. Selon (Bonkougou, 1987 et Hall *et al.*, 1996) *Vitellaria paradoxa*, subsp *nilotica* est endémique de Katakwi et *Vitellaria paradoxa*, subsp *paradoxa* est endémique de l'Afrique de l'ouest. Le comportement de cette provenance confirme cette différence avec les autres provenances.

Les valeurs de la conductance stomatique ont varié entre 96,81 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> et 141,1 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> soit une moyenne de 119,07 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> et celles de la photosynthèse entre 2,84 μmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> et 3,83 μmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> avec une moyenne de 3,03 μmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>. La transpiration a varié entre 1,87 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> soit 2,9 l m<sup>-2</sup>-j<sup>-1</sup> et 2,54 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> soit 3,95 l m<sup>-2</sup> j<sup>-1</sup> avec une moyenne de 2,31 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> soit 3,59 l m<sup>-2</sup> j<sup>-1</sup>. Ces valeurs se rapprochent plus de celles rapportées par Sessouma (1988) cité par Somé (2005). Pour cet auteur la transpiration variait entre 0,36 et 2,41 l m<sup>-2</sup> j<sup>-1</sup>. La transpiration enregistrée au cours de cette expérience est

différente de celle rapportée par Somé (2005) sur des jeunes pieds de karité dans les conditions naturelles à la station expérimentale de Gonsé en 2004. Selon cet auteur la transpiration variait entre 0,18 et 0,31 l m<sup>-2</sup> j<sup>-1</sup> en octobre et entre 0,17 et 0,27 l m<sup>-2</sup> j<sup>-1</sup>. Cette différence pourrait s'expliquer par l'absence ou la disponibilité de l'eau dans le sol. En effet, avant l'application du stress les plants recevaient suffisamment d'eau, cela pourrait expliquer les valeurs élevées de la transpiration enregistrées.

## 1.2. Variabilité de la morphologie de la feuille en fonction des provenances

Pour toutes les mesures faites sur les différentes parties de la feuille, les provenances de Samecouta et de Katakwi ont enregistré les moyennes les plus faibles. Les provenances de Karaba, de Gobila, de Tamalé et de Botou avaient les feuilles les plus grandes. Mais d'une variable à une autre, il apparaît une différence plus ou moins importante entre une provenance et une autre. Les dimensions de la feuille ont varié de 13,66 à 10,44 cm pour la longueur du limbe avec une moyenne de 11,81 cm, de 5,33 cm à 3,97 cm avec une moyenne de 4,75 cm pour la largeur du limbe, de 1,91 cm à 1,17 cm avec une moyenne de 1,56 cm pour la longueur du pétiole, entre 0,33 cm et 0,24 cm. Ces valeurs sont proches de celles rapportées par Compaoré (2008) qui a trouvé des différences significatives entre les populations pour les caractères morphologiques de karité de six localités du Burkina Faso (longueur moyenne 14,87 cm, largeur moyenne, 4,94 cm, longueur moyenne du pétiole 6,45 cm et le diamètre moyen 0,17 cm). Cependant la valeur moyenne de la longueur du pétiole obtenue (1,56 cm) dans cette étude est en deçà de celle obtenue par Compaoré (2008) (6,45 cm) sur des individus adultes. Cela pourrait s'expliquer par l'âge des sujets. Les valeurs obtenues par Guira (1997), longueur moyenne du limbe 13,72 cm, longueur moyenne du pétiole 9,76 cm sont supérieures à celles obtenues dans cette étude. Ces résultats viennent aussi en appui à celles de Ruysen (1957) ; Aubréville (1950) ; et Bonkougou (1987) qui soutiennent l'existence à travers l'aire de distribution du karité des variétés et des sous-variétés. Des études entreprises sur les variables morphologiques d'autres espèces comme *Adansonia digitata* L. (Assogbadjo *et al.*, 2006) et quelques populations de chênes *Quercus robur* L. par (Dupouey, 2008) ont abouti aux mêmes résultats. Cette variation phénotypique entre les provenances est probablement sous l'action combinée des facteurs génétiques et environnementaux.

### **1.3. Variabilité de la croissance des plants en fonction des provenances**

La croissance en hauteur et en diamètre des plants de karité en pépinière est très lente. Quinze mois après la germination, le plus grande hauteur obtenue avec la provenance de Tamalé était de 13,51 cm et le diamètre était de 6,2 mm. La hauteur est comprise entre 13,51 cm et 6,81 cm avec une moyenne de 10,24 cm et les diamètres compris entre 6,2 cm et 4,07 cm avec une moyenne de 5,29 cm. La hauteur moyenne est inférieure à celle obtenue par Picasso (1984) (15 cm) sur des plants de deux ans. Selon Zerbo (1987) et Picasso (1984) cette faible croissance au cours des deux premières années est due au développement des systèmes aériens et racinaire se qui se fait de façon différentielle. La croissance racinaire du karité dans son jeune âge est plus forte que celle de la partie aérienne. Les études de Picasso (1984) ont montré qu'à deux ans, la longueur moyenne des racines des plants de karité est comprise entre 40 et 60 cm de profondeur et la tige a environ 15 cm. La moyenne des feuilles (13 feuilles) est aussi proche des celle trouvée par le même auteur (10-12 feuilles).

Pris à isolement, les provenances de Tamalé, et de Karaba ont une croissance en hauteur plus importante que celles de Samecouta et de Katakwi. Cela pourrait s'expliquer par le fait d'une part que ces provenances ont un nombre de feuilles plus élevé et une surface foliaire plus importante. En effet la présence de feuilles permettrait aux plants de synthétiser plus de matière organique, ce qui faciliterait ainsi leur croissance. La provenance de Botou avait un faible nombre de feuilles mais a présenté une surface foliaire importante qui lui ait permis de compenser le faible nombre de feuilles. Le provenance de Katakwi et celle de Samecouta se sont démarquées avec des moyennes plus faibles pour les paramètres dendrométriques du fait des facteurs génétiques et/ou environnementaux.

## **II. Impact du stress hydrique sur la croissance et le développement des plants de karité**

### **2.1. Effet du stress hydrique sur les variables écophysiologicals**

Un mois après l'application des régimes d'eau, l'impact du stress était sensible au niveau de la conductance stomatique. Par contre aucun changement n'a été observé pour la transpiration et la photosynthèse. La transpiration et la photosynthèse sont plus ou moins sous la dépendance de la conductance stomatique. En effet au cours du stress les premières réactions de la plante consistent en la fermeture des stomates. Cela explique que l'effet du stress soit ressenti premièrement sur la conductance. Au niveau des provenances, le déficit en eau a

entraîné une variation de la conductance stomatique des provenances de Bassiam et de Samecouta avec les régimes 1 et 2 qui différaient du régime 3. Par contre les autres provenances n'ont pas manifesté des signes de stress à cette phase. Après six mois de stress les figures 8, 9 et 10 montrent une différence significative entre les plants des trois régimes d'eau pour la photosynthèse, la transpiration et la conductance au cours de la journée.

#### ➤ Effet du stress sur la Conductance Stomatique (CS)

Lorsque les conditions hydriques ne sont pas un facteur limitant, la conductance croît de 6 h à 10 h où elle atteint son pic, puis elle décroît progressivement dans l'après midi pour tendre vers une valeur très faible à 18 h. En début de matinée l'augmentation de la conductance est sous l'effet des radiations solaires et d'autres phénomènes environnementaux qui entraînent une variation de potentiel entre la feuille et son environnement immédiat. La plante ouvre ses stomates pour réguler la variation de potentiel par le phénomène de la transpiration d'une part et d'autre part cette ouverture favorise la diffusion du CO<sub>2</sub>. Ces flux gazeux entraînent l'augmentation de la conductance. Cependant lorsque les radiations solaires atteignent un certain seuil, elles jouent un rôle inhibiteur sur la conductance stomatique ce qui explique qu'à partir de 10 h la valeur de la conductance décroît. Un résultat similaire a été obtenue par Hinckley *et al.* (1978&1983). Selon ces auteurs lorsque la teneur en eau du sol des pots est au voisinage de la capacité au champ, l'évolution journalière de la conductance stomatique est une courbe en cloche avec un pic en milieu de journée.

Dans le cas d'un déficit en eau la conductance stomatique est maximale à 6 h, puis elle décroît progressivement au cours de la journée. Effet au début de la journée l'hygrométrie de l'air est élevée et la température relativement basse font que la différence de potentiel entre l'atmosphère et la feuille n'est pas si grande. La plante ouvre ses stomates pour fixer le maximum de CO<sub>2</sub> mais les stomates se ferment au fur et à mesure que le soleil se lève pour éviter des pertes d'eau. Ce résultat est similaire à celui de Hinckley *et al.* (1978 &1983) qui estiment qu'à ce stade la plante atteint un niveau de potentiel foliaire à partir duquel il y a perte de turgescence des feuilles.

Selon Fournier (1993) la cinétique journalière de la conductance stomatique évolue en trois phases distinctes quelques soient l'espèce et l'état d'hydratation du sol qui est reflété par la tension de base. Pour cet auteur, en début de matinée, on assiste à la formation d'un pic de la conductance, suivie par la décroissance de ce pic plus ou moins rapide et un plateau jusqu'en

fin d'après midi. Cette tendance n'a pas été observée au cours de cette étude. Cependant nos résultats confirment les siens quant à la variation de l'amplitude selon le niveau du stress. En effet l'amplitude du pic diminue avec le dessèchement du sol (Fournier, 1993).

### ➤ **Effet du stress sur la transpiration et la photosynthèse**

Les résultats (Figures 8 et 10) montrent que la transpiration et la photosynthèse dépendent du paramètre hydrique. Lorsque le sol contient suffisamment d'eau, la transpiration et la photosynthèse augmentent rapidement au fur et à mesure que les radiations solaires aussi augmentent. Tout comme la conductance stomatique, la transpiration et la photosynthèse sont activées par les radiations solaires et d'autres facteurs environnementaux (le vent, la température). Cruziat et Tyree (1990) affirment que l'énergie solaire est le principal moteur de la transpiration car elle fait passer l'eau liquide arrivant aux feuilles sous forme de vapeur. Pour Heller *et al.* (1993) la température et la lumière jouent aussi sur le mécanisme de fermeture et d'ouverture des stomates. Par conséquent elles influencent le cycle horaire et journalière de la transpiration. Aux heures les plus chaudes de la journée, on constate un ralentissement de la transpiration, appelé dépression de midi (Heller *et al.*, 1993). En effet ces facteurs entraînent l'ouverture des stomates qui constituent le siège des échanges gazeux entre la feuille et l'atmosphère. Cependant lorsque ses facteurs deviennent trop important la plante réduit ou ferme ses stomates pour éviter les transpirations excessives. Selon Dreyer et Epron (1991), une feuille soumise à un rayonnement intense pendant une durée assez longue, enregistre une diminution de l'efficacité photosynthétique. C'est ce qui explique la décroissance de la transpiration et de la photosynthèse de 10 h jusqu'en fin d'après midi.

Dans les conditions de stress hydrique (régimes 2 et 3), l'évolution de la transpiration et de la photosynthèse suit la même allure que celle des plants non stressés avec une valeur maximale enregistré à 10 h. Cette valeur maximale du régime 2 est nettement inférieure à celle du régime 1 et nettement supérieure à celle du régime 3. L'explication possible est que la faible transpiration et la faible photosynthèse sont les conséquences d'une faible ouverture des stomates afin de réguler les pertes en eau. Selon Larcher (1960) et Troughton et Cowan (1968), cité par Eyog Matig et Dreyer (1991) la transpiration est le reflet de l'ouverture stomatique. Eyog Matig et Dreyer (1991) ont démontré qu'en cas de stress poussé les essences perdent leurs feuilles et les quelques rares feuilles qui perdurent maintiennent leurs stomates quasi complètement fermés. Pour Heller *et al.* (1993), une sécheresse bien prononcée provoque l'évaporation d'une partie de l'eau des cellules stomatiques qui se



détendent et entraînent la fermeture des ostioles et la diminution de la transpiration. La conséquence de cette fermeture est généralement une élévation des températures foliaires liée à une diminution du refroidissement par évaporation et une photosynthèse quasi nulle. La photosynthèse n'est pas différente à 6 h et 16 h dans les trois régimes d'eau. Cela peut s'expliquer par la faiblesse des PAR à ces heures. A 18 h les PAR moyennes enregistrées tendent vers zéro, la photosynthèse mesurée fait place à la respiration.

### ➤ **Effet du stress au sein des provenances**

Les résultats obtenus montrent que la transpiration, la photosynthèse et la conductance au sein d'une même provenance varie d'un régime à un autre. Les provenances de Bassiam, Gonsé, Karaba, et Katakwi ont réagi différemment au sein des trois régimes. Par contre les provenances de Samecouta et Botou n'ont pas manifesté de différence entre les régimes 2 et 3. Ces provenances contrairement aux autres pourraient être considérées comme résistantes au stress. Mais ces résultats ne sont pas suffisamment marquants pour qu'on puisse tirer une conclusion quant à la résistance de ces provenances au stress.

## **2.2. Effet du stress sur le morphologie de la feuille**

Après un mois de stress, les analyses n'ont révélé un effet de stress que sur l'épaisseur de la feuille et sur la longueur du pétiole. L'effet du stress ressenti à ce stade sur le limbe montre qu'il est l'une des parties les plus sensible au stress. En effet, le limbe est le siège d'échange gazeux (transpiration, absorption de CO<sub>2</sub>) qui occasionnent une consommation importante d'eau.

Après quatre mois de stress, l'effet du régime s'est fait sentir sur toutes les parties de la feuille. En ce moment les variables (Lg-p, Lg-l, Grdl-l, Dia-p et Epais-l) ont montré des différences significatives entre les trois régimes. L'eau joue un rôle très important dans la croissance et le développement de la plante. L'effet, du stress hydrique sur les plants de karité s'est traduit par une réduction de la photosynthèse nette. Cela a eu pour conséquence la faible accumulation de biomasse qui s'est manifesté à travers la réduction de la croissance et du développement des différentes parties de la feuille au niveau des régimes 2 et 3.

A l'échelle de la provenance, la figure 11 montre que les provenances de Samécouta et de Gonsé ont moins ressenti le stress au niveau de la longueur du pétiole. Par contre la provenance de Katakwi a montré des différences significatives entre les trois régimes pour la

même variable. Les provenances de Bassiam de Gonsé, de Samecouta et de Gobila ont également très peu ressenti l'effet des différents régimes d'eau au niveau de la largeur du limbe. Cependant la provenance de Katakwi s'est montré très sensible au stress pour la même variable.

### **2.3. Effet du stress sur les paramètres dendrométriques.**

#### **➤ Nombre de feuille et surface foliaire**

La variation du nombre de feuilles et partant de la surface foliaire en fonction des régimes dès le début s'explique par le fait qu'en début de stress les plants du régime 3 ont perdu leurs feuilles afin de pouvoir s'adapter aux conditions hydriques nouvelles. Pendant l'évolution du stress les plants du régime 3 se sont adaptés au stress en perdant leurs feuilles et par la suite ils ont donné plusieurs rameaux portant de petites feuilles. Les plants du régime 1 bénéficiant des bonnes conditions d'arrosage ont émis normalement de feuilles. Cependant les plants du régime 2 n'ont pas perdu les feuilles mais le déficit faisait que l'apparition de nouvelles feuilles était difficile. C'est ce qui peut expliquer qu'il ait un nombre plus élevé de feuilles au niveau du régime 3 que du régime 2.

#### **➤ Hauteur et diamètre au collet**

Le stress s'est ressenti tardivement au niveau de la hauteur et du diamètre au collet. Cela est dû d'une part à la lente croissance de l'espèce et d'autre part cela pourrait s'expliquer par fait que les parties ligneuses des essences forestières ne manifestent aussi rapidement les effets du stress. Les différences observées à partir foliaire du quatrième mois de stress entre les régimes sont la conséquence de la réduction de la surface et du nombre de feuilles, laquelle réduction a engendré aussi une réduction de la photosynthèse. La figure 15 illustrative de l'évolution de la hauteur au cours du stress permet de voir les conséquences de ce mauvais fonctionnement physiologique sur la croissance en hauteur des plants. L'écart très important entre le régime 3 et les autres régimes au niveau de certaines provenances s'explique par le fait que certains plants aient perdu leurs tiges à la suite du stress induisant une croissance négative comme observée au niveau de la provenance de Botou. La même situation a été observée au niveau du diamètre au collet et laisse croire une diminution du diamètre moyen des plants du régime 3.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude du fonctionnement physiologique des plants de karité soumis à différents régimes d'eau a révélé que la réduction de la quantité d'eau avait un impact important sur le fonctionnement, le développement et la croissance des plants de karité. Et mieux, la réponse au stress variait d'une provenance à l'autre pour certaines variables.

En l'absence de tout stress hydrique, les provenances n'ont pas répondu de la même façon à la photosynthèse, et à la transpiration. Ces différences ont également été observées au niveau de la morphologie de la feuille et au niveau de la croissance des plants des différentes provenances. La provenance de Katakwi a enregistré la transpiration et la photosynthèse la plus faible. Cette provenance et celle de Samecouta ont enregistré les valeurs moyennes les plus faibles pour les différentes parties de la feuille et la croissance des plants. Par contre les provenances de Botou, de Karaba, de Gobila et de Tamalé ont présenté les feuilles les plus grandes avec les provenances de Tamalé et de Karaba qui ont enregistré la plus forte croissance en hauteur.

Pendant le stress, les plants maintenues dans les bonnes conditions hydriques (100% de la capacité au champ du sol) ont enregistré les valeurs moyennes les plus élevées au niveau des variables éco-physiologiques. Cela s'est traduit par un bon développement et bonne croissance des plants. A l'opposé les plants du régime 2 (75% de la capacité au champ du sol) ont connu une réduction de l'activité photosynthétique par rapport au régime 1 et par conséquent ces plants ont eu une croissance plus réduite en comparaison à ceux du régime 1. La différence du fonctionnement photosynthétique entre les plants du régime 2 et ceux du régime 3 (50% de la capacité au champ du sol) était très importante. Les plants de ce régime 3, avec des feuilles peu épanouies et une croissance très faible, ont plus ressenti l'effet du stress hydrique.

Au regard de ces résultats, les changements climatiques qui se traduisent de plus en plus par la baisse de la pluviosité pourraient compromettre la régénération naturelle du karité. Cependant la lenteur de la croissance de l'espèce fait que la période de six mois de stress ne fut pas suffisant pour mettre en évidence les provenances ayant une bonne croissance et celles ayant une plus grande capacité d'adaptation aux contraintes hydriques.

Il convient donc de poursuivre cette étude sur une période plus longue afin de tirer plus d'enseignements sur les risques liés aux changements climatiques sur cette espèce. La poursuite devrait aussi permettre de générer des données de base pouvant permettre d'entreprendre des activités d'Afforestation et de Reforestation en utilisant l'espèce cela au profit des populations locales de l'aire de distribution du karité.

Etendre l'étude sur d'autres ligneux fruitiers tropicaux pour une meilleure préservation et une meilleure valorisation.

## BIBLIOGRAPHIE

- ARBONNIER, M. 2000.** Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. 2<sup>ème</sup> édit. 571 p.
- ASSOGBADJO, A. E., SINSIN, B. & DAMME, P. V. 2006.** Caractères morphologiques et production des capsules de baobab (*Adansonia digitata* L.) au Bénin. CIRAD, EDP Sciences 2006. Fruits 60 (2006) 327-340.
- AUBREVILLE, A. 1950.** Flore Forestière Soudano-Guinéenne, A.O.F.- CAMEROUN-A.E.F. 523 p.
- BAMBA, K. 1985.** Systèmes aériens et racinaires de quelques essences spontanées et exotiques dans la région de Saponé. Mém.de fin d'études. Institut Supérieur Polytechnique, Université de Ouagadougou, 135 p.
- BAYALA J., OUÉDRAOGO S.J., ONG C.K. 2009.** Early growth performance and water use of planted West African provenances of *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn (karité) in Gonsé, Burkina Faso. Agroforestry Systems 75: 117-127. DOI 10.1007/s10457-008-9167-9.
- BAYALA, J. & LAMIEN, N. 1997.** Caractérisation du parc à karité dans le système de production à base de céréales du terroir de Dimmolo, 46 p.
- BAYALA, J. 2002.** Rôle des institutions de recherche dans le secteur du karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn C.F.) : acquis scientifiques et perspectives. Communication à l'atelier international sur le traitement et la valorisation et le commerce du karité en Afrique, 147-167.
- BAYALA, J., TEKLEHAIMANOT, Z. & OUEDRAOGO, S.J. 2002.** Millet production under pruned tree crowns in a parkland system in Burkina Faso. Agroforestry Systems, 54 (3): 203-214.
- BECKER, M. & HELD, D.C. 2001.** Market Structure of *Vitellaria paradoxa* and *Parkia biglobosa* products. In: Teklehaimanot, Z., 2001. third annual report of improved management of agroforestry parkland systems in Sub-Saharan Africa, pp 39-47.
- BOFFA, J.-M. 1999.** Agroforestry parklands in sub-Saharan Africa, Doc. FAO, 230 p.
- BOFFA, J.M., TAONDA, S.J.B., DICKEY, J.B. & KNUDSON, D.M. 2000.** Field-scale influence of karité (*Vitellaria paradoxa*) on sorghum production in the Sudan zone of Burkina Faso. Agroforestry Systems, 49: 153-175.
- BOFFA, J.M., YAMÉOGO, G., NIKIEMA, P. & TAONDA, J.B. 1996.** What future for the shea tree. Agroforestry Today 8(4), 5-11.
- BOGNOUNOU, O. 1988.** De quelques utilisations traditionnelles du karité : *Butyrospermum paradoxum* (Gaertner f.) Hepper subspecies *parkii* (G. Don) Hepper – Sapotaceae. In : IRBET-ISN/IDR, 1988. Séminaire national sur la valorisation du karité pour le développement national. Bilan et perspectives, pp 55-67.

**BONKOUNGOU, E. G. 1987.** Monographie du karité, *Butyrospermum paradoxum* (Gaertn. F.) Hepper, espèce agroforestière à usages multiples. IRBET/CNRST, Ouagadougou. Burkina Faso. 67 p.

**BONKOUNGOU, E., ZERBO, J. & BILLAND, A. 1988.** Multiplication végétative du karité (*Butyrospermum paradoxum*) au Burkina Faso. In : IRBRT-ISN/IDR, 1988. Séminaire national sur la valorisation du karité pour le développement national. Bilan et perspectives, pp 45-54.

**BOUSSIM, I. 1991.** Contribution à l'étude des Tapinanthus Parasites du karité au Burkina Faso. Thèse de Doctorat 3ème Cycle, option Biologie et Ecologie Végétales, ISN/IDR, Univ., Ouagadougou. 131 p.

**CHEVALIER, A. 1907.** L'Afrique centrale française. Récit du voyage de la mission, pp 126-128.

**COMPAORE, I. 2008.** Etude de la variabilité des caractères morphologiques chez différents écotypes du karité : *Vitellaria paradoxa* Gaertn.f Hepper (Sapotaceae) au Burkina Faso, Mem. IDR, 62 p.

**CRUIZIAT, P. & TYREE, M. T, 1990.** La montée de la sève dans les arbres. La Recherche, Vol. 21, no. 220, P 406-414.

**DAWS, I M., GAMÉNÉ, S. C., GLIDEWELL, M. S. & PRITCHARD, W. H. 2004.** Seed mass variation potentially masks a single in recalcitrant seeds. Seed Science Research 14, pp.185-195.

**DELOLME, A. 1947.** Etude du karité à la station agricole de Ferkessedougou. Oléagineux 4, pp 186-200.

**DEVEAU, A. 2003.** Etude de la photosynthèse du cocotier: paramétrage à l'aide du modèle de photosynthèse de Farquhar à l'aide de mesures à l'échelle foliaire. Modélisation de la photosynthèse à l'échelle de la canopée. Rapport de stage, 22 p.

**DIANDA, M., BAYALA, J., DIOP, T. & OUÉDRAOGO, S.J. 2009.** Improving growth of shea (*Vitellaria paradoxa*) seedlings using mineral N, P and Arbuscular-vesicular mycorrhizal (AM) fungi. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement 13(1) : 93-102.

**DREYER, E. & EPRON, D. 1991.** Effets de la sécheresse sur la photosynthèse : mécanismes d'action et techniques d'étude. In Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides, 67-84 p.

**DUPOUEY, J. L. 2008.** Analyse multivariable de quelques caractères morphologiques de populations de chênes (*Quercus robur* L. et *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) du Hurepoix. Annales des sciences forestières, 40 (3). ISSN 0003-4312 : p 265-282.

**EYOG MATIG, O. & DREYER, E. 1991.** Fonctionnement hydrique de quatre essences de reboisement au Nord-Cameroun: évolution saisonnière du potentiel hydrique et de la conductance stomatique. In Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides, 85-91 p.

MENTION BIEN

- FARINEAU, J. & MOROT-GAUDRY. 2006.** La photosynthèse Processus physiques, moléculaires et physiologiques. Institut National de Recherche Agronomique. 403 p.
- FOURNIER, C. 1993.** Fonctionnement hydrique de six espèce ligneuses coexistant dans une savane Sahélienne (Région du Ferlo, Nord-Sénégal). Paris : ORSTOM, CNRS, 1993, 165 p.
- FRIMPONG, E.B., AMONDO, R.S. & AKUPO, S. 1993.** vegetative propagation of *Butyrospermum parkii* (shea nut) by cuttings. Annual report, 1989/90: 149. Ghana, Cocoa Research institute.
- GROLLEAU, A. 1989.** Contribution à l'étude de la multiplication végétative par greffage du karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn. F. = *Butyrospermum paradoxum* Hepper). Bois et Forêts des Tropiques 22, 38-40 pp.
- GUINKO, S. 1984.** La végétation de la Haute volta. Thèse d'Etat, Sciences Naturelles, université de Bordeaux, 318 p + annexes.
- GUIRA, M. 1997.** Etude de la phénologie et de la variabilité de quelques caractères chez le karité, *Butyrospermum paradoxum* subsp. *Parkii* (G. Don) Hepper (Sapotaceae) dans les champs et les jeunes jachères dans la moitié ouest du Burkina Faso. Doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle, Biologie et Ecologie Végétales. Université de Ouagadougou, 176 p.
- HALL, J.B., AEBISCHER, D.P., TOMLINSON, H.F., OSEI-AMANING, E. & HINDLE J.R. 1996.** *Vitellaria paradoxa*. A Monograph. School of Agricultural and Forest Sciences. University of Wales Bangor, u.k., 105 p.
- HANS-JÜRGEN, V.M. 1992.** Arbres et Arbustes de Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations. 531 p.
- HELLER, R., ESNAULT, R. & LANCE, C. 1998.** Biologie et physiologie, Nutrition. Édition DUNOD, 323 p. (site web: [http:// www. Dunod.com](http://www.Dunod.com)).
- HELLER, R., ESNAULT, R. & LANCE, C. 1993.** Physiologie végétale. 1 nutrition. Paris : Masson. 294p.
- HINCKLEY, T.M., DUHME, F., HINCKLEY, A.R. & RICHTER, H. 1983.** Drought relations of shrub species: assessment of mecanism of drought resistance. Oecologia 59, pp. 344-350.
- HINCKLEY, T.M., LASSOIE, J.P. & RUNNIG, S.W. 1978.** Temporal and spatial variations in the water status of fotest trees. For sci Monogr 20, pp.1-72.
- JONSSON, K., ONG, C.K. & ODONGOS, J.C.W. 1999.** Influence of scattered néré and karité on microclimate, soil fertility and millet yield in Burkina Faso. Experimental Agriculture, 35: 39-53.
- KATER, L.J.M., KANTE, S. & BUDELMAN, A. 1992.** Karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) associated with crops in south Mali. Agroforestry Systems, 18: 89-105.

**KESSLER, J.J. & BONI, J. 1991.** L'agroforesterie au Burkina Faso. Bilan et analyse de la situation actuelle. Tropical Resource Management Paper No.1. 114 pp.

**KESSLER, J.J. & BREMAN, H. 1991.** The potential of agroforestry to increase primary production in the Sahelian and Sudanian zones of West Africa. *Agroforestry systems*, 13: 41-62.

**KESSLER, J.J. 1992.** The influence of karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) trees on sorghum production in Burkina Faso. *Agroforestry systems*, 17: 97-118.

**KOZLOWSKI, T. T. & PALLARDYS, G. 1997.** Physiology of woody plants; second edition, 411 p.

**LAFFRAY, D., & LOUGUET, P. 1991.** L'appareil stomatique et la résistance à la sécheresse chez les végétaux ligneux. In *Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides*, pp 21-46 pp.

**LAMIEN, N. 1996.** Importance des produits forestiers non ligneux comme source de revenus des femmes en milieu rural, Rapport de recherche, Bobo-Dioulasso, 40 p.

**LAMIEN, N. 2001.** Organisation structurale et état sanitaire des populations fructifères de karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.) de la région de Bondoukuy Burkina Faso, Mém. DEA, 70 p.

**LAMIEN, N. 2006.** Fructification du karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.F, Sapotaceae): Facteurs de déperdition, Amélioration et Prévision des rendements à Bondoukuy, Ouest du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou. 108 p.

**LÜTTGE, U., KLUGE, M. & BAUER, G. 2002.** Botanique. 3ème édition, 604 p.

**MAÏGA, A. Y. 1990.** Etude de la mortalité du karité. Rapport final prolongation. Sotuba, Mali, DRFH/INRZFH. 83 p.

**MEYER, S., REEB, C. & BOSDEVEIX, R. 2004.** Biologie et physiologie végétales. Edition Maloine, 461 p.

**MORERE J-L. & PUJOL. R. 2003.** Dictionnaire raisonné de Biologie édit. Frison-Roche. 1217 p.

**NOUVELLET, Y., KASSAMBA, A. & BESSE, F. 2006.** Le parc à karité au mali: inventaire, volume, houpiers et production fruitière. Source : Bois et Forêts des Tropiques, 2006, (287), pp. 6-20.

**OLDMAN L., HAKKEILIN G. & SOMBROCK W. 1991.** World map of the status of human induced soil degradation. An explanation note, 2nd edition International soil reference and information Center. Wageningen, Nairobi. Kenya.

**OPOKU-AMEYAW, K., LOVETT, P., & OWUSU, G.K. 1997.** Strategies for the conservation of the sheanut tree (*Vitellaria paradoxa* Gaertn) in Ghana. Poster presented at:



“gestion des Ressources Génétiques des plantes e Afrique des Savanes”, Bamako, Mali, 24-28 Février 1997.

**OUEDRAOGO, M. 1987.** Note d'information sur le papillon du karité : *Cirina butyrospermi*. Recueil des communications présentées au séminaire national sur les essences forestières locales, 6-10 juillet 1987, Ouagadougou, Burkina Faso, IRBET/CILSS, pp 130-133.

**OUEDRAOGO, S.J. 1994.** Dynamique et fonctionnement des parcs agroforestiers traditionnels du pluteau-central burkinabé : influence des facteurs biophysiques et anthropiques sur la composante arborée. Thèse Université Pierre et Marie Curie-Paris 6, 222 p.

**OUEDRAOGO, S.J. 1995.** Les parcs agroforestiers au Burkina Faso. Etat des connaissances et perspectives pour leur amélioration. Rapport AFRENA N 79, Nairobi, ICRAF, 76 p.

**OYEN, L.P.A. & LEMMENS, RHM.J. 2002.** Ressources végétales de l'Afrique tropicale (Précurseur), pp 167-172.

**PICASSO, C. 1984.** Synthèse des résultats acquis en matière de recherche sur le karité au Burkina Faso de 1950 à 1958. IVRZ/IRHO, document de travail, 45 p.

**PONTANIER, R., M'HIRI, A., ARONSON, J., AKRIMI, A. & LE FLOC'H E. 1995.** L'homme peut il refaire ce qu'il a défait ? John Libbey, Paris, France. 455 p.

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

**RUYSEN, B. 1957.** Le karité au Soudan. *Agronomie Tropicale* 12(2):143-172, 279-307.

**SACANDÉ, M., JØKER, D., DULLOO, M.E. & THOMSEN, K.A. 2004** Comparative storage biology of tropical tree seeds, pp 57-65.

**SAINT SAUVEUR, A. 2000.** The indigenous management techniques of farmed parklands. In: Teklehaimanot, Z., 2000. Second annual report of Improved management of agroforestry parkland systems in Sub-Saharan Africa, pp.107-123.

**SAINT SAUVEUR, A. 2001.** The indigenous management techniques of farmed parklands. In: Teklehaimanot, Z., 2000. Third annual report of Improved management of agroforestry parkland systems in Sub-Saharan Africa, pp.84-92.

**SALLE, G., BOUSSIM, I., RAYNAL-ROQUES, A. & BRUNCK, F. 1991.** Le Karité: état de nos connaissances et perspectives de recherche. In *Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides*, pp. 427-439.

**SENOU, O. 2000.** Les peuplements de karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.) dans le cercle de Koutiala, au sud Mali: répartition, structure et parasitisme par les *Tapinanthus*, Mém. DEA, 84 p.

**SOME, N.F. 2005.** Consommation en eau de cinq provenances Ouest Africaines de *Vitellaria paradoxa* Gaertn. C.F. (karité) et son impact sur les cultures associées. Mémoire IDR/UPB, 54 p.

**TERPEND, M.N. 1982.** La filière karité. Produit de cueillette, produit de luxe. Les dossiers faim et développement, 91 p.

**TRAORE, L. & YOSSI, H. 1987.** Etude bibliographique sur le karité (*Butyrospermum paradoxum* subsp. *Parkii* G. Don. (Hepper)). Sotuba, 57 p.

**TRAORE, S. 1999.** Contribution à l'étude cytogénétique du karité, *Vitellaria paradoxa* Gaertn du Burkina Faso. Mém. de DEA, université de Ouagadougou, 44 p.

**ZEBIB, B., MAURA, D., YMA, G. & JENNIFER, T. 1997.** Du local au mondial : le marché international du beurre de karité. 109 p.

**ZERBO, J. 1987.** Expérimentations de techniques de production de plantes d'arbres utilisés en agroforesterie traditionnelle. Cas du karité, *Butyrospermum paradoxum* (Gaertn. F.). Mémoire IDR, Université de Ouagadougou 75 p.

## Annexes

### Annexe 1 : Mesures de paramètres morphologiques.



Mesure du diamètre du pétiole.



Mesure de l'épaisseur du limbe.



Mesure de la largeur du limbe.



Mesure de la longueur du limbe.



Mesure de la longueur du pétiole.



Dispositif expérimental.

**Annexe 2 : Fiche de collecte des données morphologiques de la feuille.**

Provenances	N°	Régimes	Lg.L	Lg.P	Grl.L	Dia.P	Epai.L	Sur.L	
	19	R1							
	20	R1							
	23	R3							
	24	R3							
25	R3								
26	R2								
22	R2								
21	R2								

MENTION BIEN II