

BURKINA FASO  
*UNITÉ – PROGRÈS – JUSTICE*

MINISTÈRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE, SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE (M.E.S.S.R.S)

UNIVERSITÉ POLYTECHNIQUE DE  
BOBO-DIOULASSO  
(U.P.B)

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES  
SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES  
(C.N.R.S.T)

INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT  
RURAL  
(I.D.R)

INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE  
RECHERCHES AGRICOLES  
(I.N.E.R.A)

DEPARTEMENT DES EAUX ET FORETS

DEPARTEMENT DES PRODUCTIONS FORESTIÈRES

.....  
**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

Présenté en vue de l'obtention du

**DIPLÔME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL**

**Option : Eaux et Forêts**

**THÈME :**

**Etude comparative d'une plante tolérante à l'ombre, *Xanthosoma sagittifolium* (tabouchi) et d'une céréale traditionnelle, *Pennisetum glaucum* (le petit mil) dans un parc agroforestier à Noberé (Burkina Faso)**

**Directeur de Mémoire : Dr HIEN Mipro**

**Maître de Stage : Dr BAYALA Jules**

**Présenté par : BAZIE Paulin**

**Juin 2007**

## Table des matières

Sommaire

Dédicace .....	i
Remerciements .....	ii
Liste des figures .....	iii
Liste des photographies .....	iv
Liste des tableaux .....	iv
Liste des abréviations et des sigles .....	v
Résumé .....	vi
Summary .....	vii
Introduction .....	1
Généralités .....	4
I. Les parcs agroforestiers .....	4
I.1. Définition .....	4
I.2. Association arbre-culture .....	4
I.3. L'effet des arbres sur la transmission de la lumière .....	5
I.4. La photosynthèse .....	5
II. Présentation des espèces étudiées .....	8
II.1. Le néré ( <i>Parkia biglobosa</i> (Jacq) Benth).....	8
II.1.1. Taxonomie, caractéristiques et description .....	8
II.1.2. Écologie .....	9
II.1.3. Importance socio-économique.....	10
II.2. Le baobab ( <i>Adansonia digitata</i> L.).....	11
II.2.1. Taxonomie, caractéristiques et description .....	11
II.2.2. Écologie .....	12
II.2.3. Importance socio-économique.....	13
II.3. Le tabouchi ( <i>Xanthosoma sagittifolium</i> (L) Schott).....	14
II.3.1. Taxonomie, caractéristiques et description .....	14
II.3.2. Écologie .....	15
II.3.3. La production du tabouchi .....	15
II.3.4. Importance ethnobotanique .....	16
II.4. Le mil ( <i>Pennisetum glaucum</i> (L) R. Br.).....	16
II.4.1. Taxonomie, caractéristiques et description .....	16
II.4.2. Écologie .....	18
II.4.3. La production.....	18
II.4.4. Importance ethnobotanique .....	18
Matériel et méthode.....	20
I. Présentation et justification du choix du site d'étude .....	20
II. Le matériel végétal .....	21
III. Le matériel de mesure .....	22
IV. Dispositif expérimental .....	23
V. Collecte des données .....	24
V.1. Les mesures de la radiation photosynthétique active (PAR).....	24
V.2. Les mesures de la fluorescence des feuilles .....	25
V.3. Le suivi phénologique .....	27
V.4. La surface foliaire.....	28
V.5. Evaluation agronomique et économique des productions.....	28
V.5.1. Evaluation agronomique.....	28
V.5.2. Evaluation économique .....	28

VI. Analyse des données .....	29
Résultats .....	30
I. Evolution des radiations photosynthétiques actives (PAR) .....	30
II. Le rendement de conversion de l'énergie photosynthétique (Y).....	31
III. La phénologie du mil et du tabouchi .....	36
III.1. Evolution de la hauteur des plants.....	36
III.2. Evolution de la surface foliaire .....	39
III.3. Evolution du nombre de talles.....	42
IV. Evaluation agronomique et économique des productions.....	45
IV.1. Evaluation agronomique .....	45
IV.2. Evaluation économique.....	49
Discussion .....	52
I. La transmission des radiations photosynthétiques actives (PAR) .....	52
II. Le rendement de conversion de l'énergie photosynthétique (Y).....	52
III. La phénologie .....	53
IV. Evaluation agronomique et économique des productions.....	55
Conclusion et perspectives .....	57
Références bibliographiques .....	58

## Dédicace

***Je dédie ce Mémoire à la mémoire de mon grand frère Jeremy BAZIE et de ma grande sœur Hélène KANZIE qui m'ont quitté respectivement en juin 1997 et en décembre 2004. Que leurs âmes reposent en paix.***

## Remerciements

Le présent document a été possible grâce aux contributions de plusieurs personnes physiques et morales. Il est de notre devoir d'adresser notre profonde reconnaissance à tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre au bon déroulement de notre stage. C'est dans ce sens que nous formulons une mention spéciale :

Au Dr Jules BAYALA, initiateur de cette étude, qui a toujours mis à notre disposition dans la mesure de ses possibilités les moyens matériel et humain pour nos différents travaux. Son suivi constant sur le terrain et ses conseils pour la rédaction de ce mémoire nous ont été hautement utiles ;

Au Dr HIEN Mipro, notre directeur de mémoire qui malgré ses multiples occupations a bien voulu diriger ce travail. Ses conseils et ses encouragements nous ont permis d'enrichir ce présent mémoire ;

A Mr Josias SANOU qui malgré ses multiples occupations nous a appuyé dans l'analyse des données et les multiples corrections apportées au document ;

A l'ex chef du Département Productions Forestières (DPF), Dr Jean Marie OUADBA pour nous avoir accepté au sein de son département ;

A l'actuel chef du DPF, Dr Sibiri Jean OUEDRAOGO pour ses conseils et encouragements ;

A Mr Pascal S.COMPAORE pour ses conseils et ses documents ;

A tout le personnel du DPF avec qui nous avons partagé les premières expériences d'une vie professionnelle en particulier au chauffeur Casimir GARBA et au technicien Hendi Hermann YONLI avec qui nous avons affronté les difficultés du terrain ;

Aux productions du site de l'expérimentation, en occurrence au gardien du site Mr Soumaïla ZOUNGRANA et à Mr Roger GUIBRE ;

Nos camarades Nébila F. BATIONO, Diakalia SON, Marieve POULIOS, Jean BAZIE, Hugues Roméo BAZIE, Alexis SOMPOUGDOU pour tous les instants de convivialité que nous avons passés ensemble ;

Et enfin notre sincère gratitude à l'endroit de tout le personnel enseignants et administratif de l'IDR pour notre formation théorique ;

Qu'ils trouvent à travers ces lignes notre profonde reconnaissance.

Cette étude a été financée dans le cadre du projet Sahelian Fruit Trees (SAFRUIT) : Project no. 015465.

## Liste des figures

Figure 1 : Répartition des pluies de la campagne 2006 à Noberé, Burkina Faso .....	21
Figure 2 : Dispositif expérimental en cercles concentriques autours du tronc à Noberé, Burkina Faso. ....	24
Figure 3 : Evolution de la radiation photosynthétique active reçue dans les zones et dans les parcelles témoins en fonction des heures de la journée en 2006 a Noberé au Burkina Faso... 31	31
Figure 4 : Evolution de l'émission de la fluorescence des cultures en fonction des heures de mesure à la date du 14-septembre- 2006 à Noberé, Burkina Faso (A- Mil associé au baobab ; B- Mil associé au néré ; C- Tabouchi associé au baobab ; D- Tabouchi associé au néré).....	34
Figure 5 : Evolution de l'émission de la fluorescence des cultures en fonction des heures de mesure à la date du 21-octobre- 2006 à Noberé, Burkina Faso (A- Mil associé au baobab ; B- Mil associé au néré ; C- Tabouchi associé au baobab ; D- Tabouchi associé au néré).....	35
Figure 6 : Evolution de la hauteur des cultures dans les zones concentriques et dans les parcelles témoins en fonction du nombre de jours après semis pour la campagne 2006 à Noberé, Burkina Faso (A- Mil associé au baobab ; B- Mil associé au néré ; C- Tabouchi associé au baobab ; D- Tabouchi associé au néré).....	38
Figure 7 : Evolution de la surface foliaire des cultures dans les zones concentriques et dans les parcelles témoins en fonction du nombre de jours après semis pour la campagne 2006 à Noberé, Burkina Faso (A- Mil associé au baobab ; B- Mil associé au néré ; C- Tabouchi associé au baobab ; D- Tabouchi associé au néré).....	41
Figure 8 : Evolution du nombre de talles des cultures dans les zones concentriques et dans les parcelles témoins en fonction du nombre de jours après semis pour la campagne 2006 à Noberé, Burkina Faso (A- Mil associé au baobab ; B- Mil associé au néré ; C- Tabouchi associé au baobab ; D- Tabouchi associé au néré).....	44
Figure 9 : Les rendements du mil associé au baobab dans les zones A, B, C et H en 2006 à Noberé, Burkina faso.....	46
Figure 10 : Les rendements du mil associé au néré dans les zones A, B, C et H en 2006 à Noberé, Burkina faso.....	47
Figure 11 : Les rendements du mil sous le néré et le baobab en 2006 à Noberé, Burkina faso.	47
Figure 12 : Les rendements du tabouchi associé au baobab dans les zones A, B, C et H en 2006 à Noberé, Burkina faso.....	48
Figure 13 : Les rendements du tabouchi associé au néré dans les zones A, B, C et H en 2006 à Noberé, Burkina faso.....	49
Figure 14 : Les rendements du tabouchi sous le néré et le baobab en 2006 à Noberé, Burkina faso.	49
Figure 15 : Les bénéfices du mil et du tabouchi en association avec le baobab en fonction des zones en 2006 à Noberé, Burkina faso.....	50
Figure 16 : Les bénéfices du mil et du tabouchi en association avec le néré en fonction des zones en 2006 à Noberé, Burkina faso.....	50
Figure 17 : Les bénéfices du mil et du tabouchi en en fonction des espèces en 2006 à Noberé, Burkina faso.....	51

## Liste des photographies

Photo 1 :	L'arbre de <i>Parkia biglobosa</i> (nééré) dans un parc agroforestier .....	8
Photo 2 :	L'arbre de <i>Adansonia digitata</i> (Baobab) dans un parc agroforestier .....	12
Photo 3 :	La plante de <i>Xanthosoma sagittifolium</i> (tabouchi) .....	15
Photo 4 :	La plante de <i>Pennisetum glaucum</i> (mil) en phase végétative dans un champ en 2006 à Noberé au Burkina Faso. ....	17
Photo 5 :	Mesure de l'activité photosynthétique des feuilles par fluorescence .....	26
Photo 6 :	Mesure de la hauteur et comptage du nombre de feuilles et de talles (A- Mil, B – Tabouchi) à Noberé, Burkina Faso. ....	27

## Liste des tableaux

Tableau I :	Coordonnées géographiques et caractéristiques dendrométriques des arbres de l'étude à Noberé, Burkina Faso .....	22
Tableau II :	Analyse de variance du rendement de la conversion de l'énergie (Y) chez le mil et le tabouchi en fonction de l'espèce d'arbre, de la zone et leur interaction le 14 septembre 2006 à Noberé, BF. ....	32
Tableau III :	Analyse de variance du rendement de la conversion de l'énergie (Y) chez le mil et le tabouchi en fonction de l'espèce d'arbre, de la zone et leur interaction le 21 octobre 2006 à Noberé, BF.....	33
Tableau IV :	Analyse de variance de la hauteur du mil et du tabouchi en fonction de l'espèce d'arbre, de la zone et de leur interaction à Noberé, Burkina Faso 2006. ....	36
Tableau V :	Analyse de variance de la surface foliaire du mil et du tabouchi en fonction de l'espèce d'arbre, de la zone et leur interaction en 2006 à Noberé , Burkina Faso. ....	39
Tableau VI :	Analyse de variance du nombre de talles du mil et du tabouchi en fonction de l'espèce d'arbre, de la zone et leur interaction en 2006 à Noberé, BF.....	42
Tableau VII :	Analyse de variance des paramètres de la production du mil et du tabouchi en fonction de l'espèce d'arbre et de la zone en 2006 à Noberé ,BF.....	45

## **Liste des abréviations et des sigles**

**CNRST : Centre National de Recherche Scientifique et Technologique**

**FAO: Food and Agriculture Organisation of the United Nations**

**ICRAF: World Agroforestry Center**

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

**UPB : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso**

**IDR : Institut de Développement Rural**

**JAS : Jours Après Semis**

**MAHRH : Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques**

**FIDA : Fonds International pour le Développement de l'Agriculture.**

**DPF : Département Productions Forestières.**

**OMM : Organisation Météorologique Mondiale.**

**PAR : Radiations Photosynthétiques Actives.**

## Résumé

Une étude comparative du comportement et de la production du mil (*Pennisetum glaucum*) et du tabouchi (*Xanthosoma sagittifolium*) en association avec le néré (*Parkia biglobosa*) et le baobab (*Adansonia digitata*) a été conduite dans un parc agroforestier à Noberé au Burkina Faso. La phénologie et la production des deux cultures ont été étudiées dans deux zones concentriques (A et B) sous la couronne des arbres de chacune des deux espèces fruitières, dans une zone concentrique C située à la lisière de la couronne et dans une parcelle témoin en dehors de toute influence d'un arbre. Les radiations photosynthétiques actives (PAR), la croissance, la surface foliaire, le nombre de tiges, le rendement photosynthétique, la productivité et l'intérêt économique des cultures ont été évalués. La croissance du tabouchi s'est avérée plus élevée sous le houppier qu'en zone ouverte alors que le mil a eu une croissance similaire dans toutes les zones. Les valeurs des rendements photosynthétiques obtenus chez les deux cultures ont révélé un état de stress des plants plus accentué en zone hors houppier. Ce stress semble avoir été causé principalement par les fortes températures et l'eau du sol. La production du tabouchi a été meilleure en association avec le néré qui a eu la plus forte réduction des PAR sous la couronne. Contrairement au tabouchi, la plus faible production du mil a été enregistrée sous le néré. L'évaluation économique des productions des deux cultures a montré que le tabouchi permet de rentabiliser mieux la zone sous la couronne du néré que le mil. Par contre, les bénéfices tirés de l'association des deux cultures avec le baobab ont été pratiquement les mêmes. La culture du tabouchi en association avec les espèces à forte interception des PAR pourrait être conseillée en substitution de la culture du mil dans les parcs agroforestiers. Mais pour cela, les observations doivent être poursuivies afin de prendre en compte la variation interannuelle des conditions de productions, notamment la variation pluviométrique.

**Mots clés :** *Adansonia digitata*, interaction arbre-culture, *Parkia biglobosa*, *Pennisetum glaucum*, *Xanthosoma sagittifolium*, <sup>BF</sup>

## Summary

A comparative study of the growth and production of millet (*Pennisetum glaucum*) and tabouchi (*Xanthosoma sagittifolium*) in association with néré (*Parkia biglobosa*) and baobab (*Adansonia digitata*) was carried out in an agroforestry parkland at Noberé in Burkina Faso. Phenology and production of the two crops were studied in two concentric zones (A and B) under tree crown of the two fruit species, in a concentric zone at the edge of the crown and in a control plot under the influence of any tree. Photosynthetically active radiation (PAR), crop growth, leaf area, number of tillers, photosynthetic yield, crop productivity and economic return of crops were evaluated. Tabouchi growth was higher under tree crown than in the open area whereas millet growth was similar in all zones. The values of the photosynthetic yield obtained in the two crops revealed a stress in crop plants that was more accentuated in the zone outside crown influence. The stress appears to be caused by high temperatures and soil water content. Tabouchi production was better in association with néré, which induced the highest reduction of PAR under tree crown. Contrary to tabouchi, the lowest production of millet was registered under néré. The economic evaluation of crop productions showed that tabouchi gives a better return in zones under néré crown than millet. In turn, the profits obtained with the association of the two crops with baobab were practically the same. Cropping tabouchi in association with trees that reduce strongly PAR might be recommended in substitution to millet in agroforestry parklands. However to do so observations must be continued to take into account the inter-annual variation in cropping conditions, particularly the variation in rainfall.

**Key-words:** *Adansonia digitata*, *Parkia biglobosa*, *Pennisetum glaucum*, Tree-crop interaction, *Xanthosoma sagittifolium*

## Introduction

La désertification, dont la conséquence est la dégradation des ressources naturelles, demeure de nos jours un problème majeur pour le développement des activités agrosylvopastorales dans les zones arides et semi-arides de l'Afrique de l'Ouest (FIDA, 1987 cité par YAMEOGO, 2004). En effet, dans ces zones les changements climatiques associés à l'explosion démographique entraînent un déséquilibre entre l'exploitation faite par l'homme des ressources naturelles et leur régénération dans le temps et dans l'espace. Même si la dégradation des ressources naturelles est un phénomène naturel, l'homme par ses activités a sans doute accéléré le processus. Les conséquences qui en découlent sont les baisses de rendements des cultures, la réduction des surfaces et de la productivité des forêts qui sont à l'origine des disettes, des crises énergétiques et les conflits entre agriculteurs et éleveurs. A ce phénomène s'ajoutent les irrégularités pluviométriques qui aggravent la faible productivité des sols. Pour faire face aux risques climatiques, l'homme a mis en œuvre une pratique très ancienne qui intègre de façon harmonieuse deux composantes à savoir les cultures et les arbres : l'agroforesterie. Selon LUNGREN (1987) l'agroforesterie se définit comme étant tous les systèmes d'utilisation des terres dans lesquels les plantes ligneuses pérennes sont délibérément cultivées sur des parcelles également exploitées pour des productions agricoles et/ou animales, qu'il s'agisse d'une association spatiale ou temporelle. Plusieurs systèmes de culture associant les cultures aux arbres ont été développés. Parmi ces systèmes de culture, le système parc agroforestier est le plus répandu dans les zones semi-arides de l'Afrique. On le rencontre de la zone arctique jusqu'au Sud des régions tempérées mais il est plus répandu dans les tropiques (LEAKEY & SANCHEZ, 1997). Il se définit comme la présence d'arbres dispersés dans les champs de culture (BONKOUNGOU *et al.*, 1993).

Les parcs agroforestiers ont été développés en Afrique au sud du Sahara depuis des siècles à cause de leur contribution dans le maintien des conditions favorables de production (BAYALA *et al.*, 2002). Au Burkina, la pratique de l'agroforesterie, sous forme de système parc, est très répandue. Les parcs agroforestiers se rencontrent dans presque tout le pays, allant du Nord au Sud avec une diversité d'espèces (BONKOUNGOU, 1987). Dans ces systèmes parcs agroforestiers le karité (*Vitellaria paradoxa*) et le néré (*Parkia biglobosa*) sont les espèces les plus dominantes (HOPKINS & WHITE, 1984 ; ONI, 1997) en Afrique de

l'Ouest semi-aride. Les parcs à baobab (*Adansonia digitata*) sont aussi présents à travers le Burkina (BOFFA, 1999).

Le choix de ces espèces par les paysans est guidé principalement par leur production alimentaire qui compense les pertes dues à leur présence dans les champs. Par ailleurs, plusieurs études ont révélé que les interactions arbre-culture peuvent avoir des effets positifs, neutre et/ou négatifs sur les cultures associées (BAYALA, 2002b ; BAYALA *et al.*, 2002 ; YAMEOGO, 2004 ; ZOMBOUDRE *et al.*, 2005). Les effets positifs sont entre autre l'amélioration de la fertilité des sols, la réduction de l'évaporation et l'augmentation de l'humidité sous le houppier qui favorisent la croissance des cultures (YOUNG, 1986 ; SABIITI & COBBINA, 1992 ; COMPAORE, 2002). Les effets négatifs tels que l'interception de la lumière par le feuillage des arbres, la compétition entre les racines des arbres et celles des cultures pour les éléments minéraux et l'eau du sol entraînent une diminution de la performance des cultures (MAIGA, 1987 ; KESSLER, 1992 ; KATER *et al.*, 1992 ; BAYALA, 2002b). BAYALA (2002b) a montré aussi que les effets peuvent être neutres.

L'ampleur des effets néfastes des arbres est fonction des cultures associées. Les céréales (mil, *Pennisetum glaucum* et sorgho, *Sorghum bicolor*), qui sont les cultures associées les plus courantes dans les parcs agroforestiers du Burkina (FONTES & GUINKO, 1995), sont très sensibles aux effets des arbres. Le mil, plante C4, est très sensible à la réduction de la lumière car il a besoin de beaucoup de lumière pour réaliser sa photosynthèse (DE RIDER *et al.*, 1982). Cela explique le fait que la production du mil à l'ombre (sous les houppiers) soit inférieure à celle des parcelles de même surface en zone ouverte (WEZEL, 2000 ; BAYALA *et al.*, 2002). Cette baisse de rendement des céréales sous l'ombrage des arbres pousse les paysans à réduire la densité des arbres dans leur champ. Ce qui entraîne une forte dégradation des parcs agroforestiers avec pour conséquence l'appauvrissement des sols. Toute solution palliative à cette tendance devrait permettre aux paysans de compenser les baisses en rendement de céréale sous les arbres sans avoir à les détruire.

Une alternative à la perte de rendement des céréales due à la présence d'arbres, serait leur remplacement par des cultures tolérantes à l'ombre. C'est le cas des plantes à <sup>tubercule</sup> racines comme le tabouchi (*Xanthosoma sagittifolium*), le taro (*Colocasia esculenta*) qui sont tolérantes à l'ombre (ONWUEME, 1978) et qui ont une importance alimentaire et économique. Le remplacement des céréales par ces tubercules ne peut être accepté par les paysans que s'ils en tirent un bénéfice au moins égale à celui escompté avec la production de céréale.

La présente étude se situe dans le cadre de la recherche d'une spéculation tolérante à l'ombre et aussi profitable que les céréales aux paysans. Il s'agit d'une étude comparative des comportements et des performances du mil et du tabouchi en association avec le néré et le baobab, deux espèces fruitières.

L'objectif principal est la substitution des céréales traditionnelles sous les arbres par une culture tolérante à l'ombre dans les parcs agroforestiers.

Les objectifs spécifiques sont :

- connaître la croissance et la phénologie du mil et du tabouchi sous les deux espèces fruitières que sont le néré (*Parkia biglobosa* (Jacq) Benth) et le baobab *Adansonia digitata* L.;
- connaître la production du mil et du tabouchi sous ces deux espèces;
- connaître le profit tiré par les paysans de la production du tabouchi et du mil en association avec le néré et le baobab.

Ces objectifs spécifiques sont fondés sur les hypothèses suivantes :

- le tabouchi, plante tolérante à l'ombre, a une meilleure croissance sous les arbres de néré et de baobab que celle du mil qui est sensible à leur ombrage;
- la production du tabouchi est favorisée par l'ombrage des arbres tandis de celle du mil est au contraire limitée par la réduction de la lumière ;
- la production du tabouchi sous le néré et le baobab est plus profitable aux paysans que celui du mil dans les mêmes conditions.

Le présent mémoire rend compte des résultats de l'étude et de la vérification des hypothèses sus-mentionnées. Il s'articule en trois grandes parties dont la première partie fait le point sur les généralités et les connaissances actuelles relatives au thème. La deuxième partie expose le matériel et les méthodes utilisés. Enfin, une troisième partie présente les résultats suivis de leur discussion et d'une conclusion qui ouvre sur les perspectives de recherches.

## Généralités

### I. Les parcs agroforestiers

#### I.1. Définition

Les parcs agroforestiers sont des paysages agraires caractérisés par des arbres répartis dans les champs de cultures et dans les jachères. Ces parcs résultent d'une évolution au cours de laquelle les ligneux sont volontairement conservés et associés à des cultures (BONKOUNGOU *et al.*, 1993).

Les parcs sont généralement caractérisés par l'espèce dominante. On a ainsi des parcs à *Faidherbia*, des parcs à karité, des parcs à néré etc. Malgré cette dénomination des parcs par l'espèce dominante, ils ne sont pas mono spécifiques mais on y observe généralement une diversité d'espèces aux multiples usages (GILSBERS *et al.*, 1994 ; BAYALA & LAMIEN, 1997). Les produits issus des arbres des parcs agroforestiers sont diversifiés parmi lesquels on peut citer : les fruits, les prélèvements pour la pharmacopée, le bois de chauffe ou de construction, les perches, le fourrage ligneux, etc. C'est la valeur accordée à ces produits par les paysans par rapport à celle des produits des cultures qui détermine la composition et la densité des arbres dans les parcs (HALL *et al.*, 1996 ; BOFFA *et al.*, 2000).

#### I.2. Association arbre-culture

Les associations arbre-culture sont réalisées par les paysans pour en tirer les bénéfices issus des produits des arbres et ceux des cultures. Mais de cette association résulte des effets positifs, neutres et/ou négatifs sur les cultures. Ces effets sont l'expression d'une part du microclimat autour des arbres et d'autre part de la compétition entre les arbres et les cultures pour la lumière, les nutriments et l'eau du sol.

Ainsi, MAIGA (1987), KESSLER (1992), TOMLINSON *et al.* (1995), TIMMER *et al.* (1996) et BAYALA *et al.* (2002) ont montré que le néré (*P. biglobosa*) joue un rôle important dans l'amélioration de la fertilité des sols et dans leur protection contre l'érosion éolienne et pluviale. Cependant, BAYALA (2002b) a souligné aussi que le néré a un effet négatif sur la production des céréales qui sont sensibles à l'ombre comme le mil et le sorgho.

En effet, les arbres occupent un espace qui pourrait être utilisé pour les cultures. Aussi, ils disputent aux cultures sous-jacentes, l'eau et les substances nutritives du sol. La faible croissance de plusieurs herbacées sous le couvert de nombreux arbres à usages multiples est

ainsi attribuée à cette compétition pour l'eau, la lumière et les éléments minéraux (SAMBA, 1997). La conséquence qui en découle est la réduction des rendements sous l'influence de certains arbres. Cette réduction a été mentionnée par divers auteurs (MAIGA, 1987 ; KESSLER, 1992 ; KATER *et al.*, 1992 ; DIAKITE & DEMBELE, 1998). Pour d'autres auteurs, l'alopathie ou la production d'inhibiteurs chimiques peut également être la cause de cette réduction de production (PUTMAN & WESTON, 1986 ; C.E.H., 2000, BAYALA, 2002b). Dans tous les cas, l'influence des facteurs liés à la présence des arbres sont multiformes et variables selon les conditions agro écologiques. Ainsi l'ombrage contribue d'une part à modérer la température de l'air et à augmenter l'humidité relative (MARANGA, 1984 ; KESSLER, 1992) et d'autre part modifie la quantité et la qualité de la lumière nécessaire pour une activité photosynthétique optimale chez certains végétaux (MESSIER & BELLEFLEUR, 1988 ; KESSLER, 1992 ; BAYALA *et al.*, 2002).

### **I.3. L'effet des arbres sur la transmission de la lumière**

La présence des arbres dans les champs crée des conditions écologiques favorables au bon développement des cultures sous-jacentes en particulier pour les cultures tolérantes à l'ombre. Ces conditions sont entre autre l'augmentation de l'humidité du sol, la diminution de la température (YOUNG, 1986 ; SABIITI & COBBINA, 1992 ; COMPAORE, 2002). La création de ces conditions est due à une réduction de l'évaporation et de la transpiration des cultures dans ces zones d'interaction. Ces conditions sont aussi liées à une interception de la lumière par les couronnes des arbres. La principale composante des couronnes qui modifie la qualité et la quantité de la lumière est le feuillage (JONES *et al.*, 1992 ; KESSLER, 1992 ; BOFFA, 1995 ; JONSSON *et al.*, 1999). L'interception de la lumière sera d'autant plus grande dans ces zones d'interaction que le houppier est plus dense et proche du sol. La réduction de la lumière a une incidence sur les radiations photosynthétiques actives (PAR) (JONSSON *et al.*, 1999 ; BAYALA *et al.*, 2002). Cette réduction va se répercuter sur la photosynthèse qui sera plus ou moins réduite en fonction de la tolérance à l'ombre des cultures.

### **I.4. La photosynthèse**

La photosynthèse est la conversion de l'énergie solaire en énergie chimique utilisable pour la synthèse des chaînes carbonées. Elle repose sur deux processus chimiques : le photosystème I (PSI) et le photosystème II (PSII) (JOHNSTON & ONWUEME, 1998). Les photosystèmes

fonctionnent comme des centrales électriques à énergie solaire. Ces centrales reçoivent de l'énergie gratuite (la lumière solaire) et la convertissent en énergie utilisable pour la photosynthèse. Au cours de cette transformation, la centrale subit des pertes qui se traduisent chez les plantes par un dégagement de chaleur et une émission de radiations (MAXWELL & JOHNSON, 2000). En fonction des produits résultants des photosystèmes (PSI et PSII), plusieurs méthodes de mesure de la photosynthèse ont été mises au point. Les méthodes les plus utilisées sont la mesure des échanges gazeux et la mesure de la fluorescence (BOIS, 1993).

La mesure de la photosynthèse par ses échanges gazeux au niveau de la feuille est basée sur l'utilisation du CO<sub>2</sub> au cours du processus. Elle peut être évaluée en fonction du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) absorbé ou en fonction de l'oxygène (O<sub>2</sub>) dégagé. Mais cette méthode n'est utilisée que dans les laboratoires parce que plusieurs paramètres tels que la concentration du CO<sub>2</sub>, la température et l'intensité de la lumière doivent être maîtrisées (KAISER, 1987).

L'estimation de l'activité photosynthétique des feuilles par la mesure de la fluorescence est actuellement la plus utilisée. Cette méthode est fondée sur les émissions de radiations fluorescentes dans le photosystème PSII. Quatre types de fluorescence sont en général mesurés : la fluorescence minimale ou initiale (F<sub>0</sub>), la fluorescence maximale (F<sub>m</sub>), la fluorescence à l'état d'équilibre (F<sub>t</sub>) et la fluorescence maximale à la lumière (F<sub>m</sub>'). La fluorescence minimale est celle qui existe en dehors de tout fonctionnement physiologique, ne dépendant que de l'importance des antennes collectrices. Les centres réactionnels sont ouverts et les plastoquinones Q<sub>a</sub> sont oxydées. Elle se mesure sur une feuille préalablement adaptée à l'obscurité. La fluorescence maximale est émise dans le cas d'une fermeture complète des centres réactionnels du PS II. La mesure est effectuée immédiatement après application d'un flash sur une feuille adaptée à l'obscurité. La fluorescence à l'état d'équilibre se mesure immédiatement au début d'un flash appliqué sur une feuille adaptée à l'obscurité. La fluorescence maximale à la lumière est mesurée sous une lumière active en appliquant des flashes saturants à intervalles réguliers (BOIS, 1993).

L'efficacité photochimique maximale du PS II est estimée par le calcul du rendement quantique photosynthétique qui représente la proportion de lumière absorbée par la chlorophylle et utilisée pour la photosynthèse (GENTY *et al.*, 1989). Ce rendement est obtenu par l'équation  $Y = (F_m' - F_t) / F_m'$ ,

Le rendement photosynthétique après adaptation à la l'obscurité ( $F_v / F_m$ ) qui correspond à l'efficacité potentielle et intrinsèque maximale du PS II peut être calculé par l'équation (GENTY *et al.*, 1989):  $F_v / F_m = (F_m - F_0) / F_m$  Où  $F_v$  est la fluorescence variable.

La valeur maximale de ce rendement photosynthétique est de 0,83 pour une plante saine dans les conditions normales et est constante pour toutes les espèces végétales (BJÖRKMAN & DEMMIG, 1987 ; LONG *et al.*, 1993).

## II. Présentation des espèces étudiées

### II.1. Le néré (*Parkia biglobosa* (Jacq) Benth)

#### II.1.1. Taxonomie, caractéristiques et description

*Parkia biglobosa* est communément appelé néré dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest, parfois arbre à farine, caroubier africain ou encore African locust (BURKILL, 1995). Le néré est une espèce de la famille des mimosaceae, du genre *Parkia*.

L'arbre a une hauteur de 10-20m, un fut court et robuste atteignant 1,5 m de diamètre, une cime arrondie ou étalée en parasol et des feuilles composées pendantes. Son écorce est crevassée, écailleuse, grise, à tranche orange à rouille et fibreuse (ARBONNIER, 2000). Les inflorescences sont en boules roses, rouges ou oranges suspendues à l'extrémité de longs pédoncules (AUBREVILLE, 1950). Les fruits sont des gousses longues de 25 à 30 cm, aplaties, brun foncé à maturité. Ils contiennent des graines noires aplaties semblables à des grosses lentilles entourées d'une pulpe farineuse jaune et sucrée à maturité qui remplit toute la gousse (GUINKO, 1984).

La défeuillaison a lieu à partir de novembre-décembre. La floraison a lieu en saison sèche dans le mois de février à mars sur des arbres defeuillés. La fructification et la récolte ont lieu vers les mois d'avril, de mai et de juin (BONKOUNGOU, 1987).



Photo 1 : ~~L'arbre de~~ *Parkia biglobosa* (néré) dans un parc agroforestier à Noberé au Burkina Faso

le parasol de Bazie  
de l'homme de Bazie

ce la néré  
pas  
le néré

## II.1.2. Écologie

Le néré est une espèce commune, localement grégaire. Selon AUBREVILLE (1950), c'est une essence des anciennes forêts guinéennes, où elle dominait avec *Pterocarpus erinaceus*.

En Afrique, les peuplements de néré se situent presque entièrement dans une bande de 5° et 15° Nord. Les peuplements s'étendent en longitude depuis la côte atlantique en Afrique de l'Ouest jusqu'en Ouganda en Afrique de l'Est (HOPKINS & WHITE, 1984).

*P. biglobosa* est une espèce des savanes soudaniennes et soudano guinéennes répandue dans les champs et jachères, et présente dans une vingtaine de pays. Elle supporte un large éventail de conditions climatiques avec comme principale constante une saison sèche de 5 à 7 mois par an. Ainsi, elle peut se développer dans des zones où la pluviométrie est comprise entre 500 mm en région sahélienne et 2200 mm en Guinée-Bissau avec des records de plus de 3500 mm en Sierra Léone et de 4500 mm en Guinée Conakry. Quoique préférant les sols limoneux profonds, *P. biglobosa* peut se rencontrer également sur des sols latéritiques peu profonds, des sols latéritiques épais, des buttes caillouteuses et des collines rocailleuses. L'espèce pousse dans des zones de températures moyennes annuelles comprises entre 26°C et 28°C et peut se retrouver à des altitudes allant du niveau de la mer (50 m - côte du Sénégal Gambie) jusqu'à 1350 m dans les Monts du Fouta Djallon en Guinée Conakry (VON MAYDELL, 1983 ; HOPKINS & WHITE, 1984 ; HALL *et al.*, 1997).

Au Burkina Faso, le néré forme des vastes parcs arborés avec *Vitellaria paradoxa* (GUINKO, 1984). MAIGA (1988) classe les peuplements de néré au Burkina en trois grands ensembles selon la présence ou l'absence de l'espèce dans les peuplements naturels:

- l'ensemble I est situé entre les limites Nord du pays et les 14<sup>ème</sup> parallèles correspondant à une zone de l'absence de l'espèce à l'état spontané, aucun témoignage ne signale sa présence antérieure sauf ceux qui sont plantés dans les jardins ;
- l'ensemble II est la zone comprise entre le 14<sup>ème</sup> et le 12<sup>ème</sup> parallèle. Il se divise en deux sous-ensembles. Le premier sous ensemble où l'espèce est absente à l'état spontané. Néanmoins des témoignages font état d'une existence antérieure. Dans le deuxième sous-ensemble, l'espèce est présente à l'état spontané, mais les peuplements naturels sont quasi absents ;
- l'ensemble III, couvre le reste du territoire, c'est à dire entre les limites nord et sud, avec des répartitions spontanées. C'est la zone de prédilection de peuplements du néré, qui est présent dans toutes les jachères, les exploitations agricoles et les environs des villages.

### II.1.3. Importance socio-économique

L'importance socio-économique de *P. biglobosa* s'explique par ses multiples fonctions aussi bien alimentaires, agroforestières que médicinales et culturelles (SINA, 2006). L'arbre est considéré dans plusieurs sociétés comme un symbole de paix, de l'harmonie de la vie sociale et du bien-être des communautés. C'est une espèce dont les produits interviennent dans tous les rituels marquant les différentes étapes de la vie, c'est à dire naissance, baptême, mariage, funérailles, etc. (OUEDRAOGO, 1995).

Les graines fermentées (sumbala, netetu ou dawadawa) riches en protéines et acides aminés essentiels (NDIR *et al.*, 2000, OUOBA *et al.*, 2003) et la pulpe de *P. biglobosa* riche en hydrates de carbone, sont en effet largement consommées par les populations rurales et urbaines. La vente de ces différents produits du fruit (sumbala) génère des revenus substantiels, pour de nombreuses femmes (GUINKO & PASGO, 1992 ; KI, 1994 ; BURKILL, 1995 ; OUEDRAOGO, 1995 ; SCHRECKENBERG, 1999 ; MUHAMMAD & AMUSA, 2003).

En Afrique de l'Ouest, les différents organes de l'arbre sont largement et diversement utilisés en médecine et en pharmacopée traditionnelle soit en usage interne et/ou externe, soit en association avec d'autres plantes pour le traitement de plusieurs affections. L'analyse de la composition chimique et biochimique des produits du *P. biglobosa* indique que l'espèce possède de multiples propriétés ichtyotoxiques, anti-diarrhéique, antiseptique, vasodilatateur, anti-coagulante, hypotenseur, anti-venimeuse, analgésique, anti-inflammatoire, etc. (KERHARO & ADAM, 1974 ; AKE ASSI & GUINKO, 1991 ; NACOUлма, 1996 ; NDIR *et al.*, 2000 ; KOUADIO *et al.*, 2000 ; ASUZU & HARVEY, 2003 ; OMAFUVBE *et al.*, 2004).

## II.2. Le baobab (*Adansonia digitata* L.)

### II.2.1. Taxonomie, caractéristiques et description

Le baobab est le nom commun de l'espèce *Adansonia digitata* du genre *Adansonia* qui appartient à la famille des Bombacacées et l'ordre des malvales (KERHARO & ADAM, 1974). C'est un arbre à port très caractéristique. Le tronc est énorme atteignant 7 m de diamètre et souvent creux. Les branches sont robustes et tortueuses, généralement étalées. Dans les villages, son tronc est court, souvent déformé par l'écorçage en bandes d'environ 2 m de haut. L'espèce a une écorce lisse gris-argentée à violette, épaisse et fibreuse à tranche marbrée de rouge et de blanc (ARBONNIER, 2000). Les feuilles sont caduques, composées et palmées. Elles comportent 5 à 11 folioles aiguës ou apiculées à l'apex, à marge entière ou dentelée. Les fleurs, hermaphrodites, sont solitaires ou par paires de couleur blanche. Elles sont grandes atteignant 20 cm de long, pendantes à l'aisselles au bout d'un long pédicelle. Elles ont 5 pétales glabres sur les deux faces ; les étamines sont nombreuses, filets, libres et grêles de couleur blanche; l'ovaire est supère et pubescent et peut avoir 5 à 10 loges. Le fruit est une baie polysperme, ovoïde, indéhiscente et à épicarpe lignifié. Les graines réniformes sont nombreuses et entourées d'une pulpe blanchâtre généralement sèche (DIOP *et al.*, 2005). La phénologie de la plante est étroitement liée au cycle pluviométrique. La période de floraison est extrêmement variable en fonction de la localisation. Dans les régions à climat tropical, elle a lieu généralement au cours de la saison humide : mai à juillet en Afrique de l'Ouest, octobre à décembre dans le sud du continent et à Madagascar. Elle n'est jamais observée en pleine saison sèche. La floraison n'est pas nécessairement concomitante à la feuillaison (WICKEN, 1982 ; GUINKO 1984). Elle est progressive et s'échelonne sur plusieurs semaines. La pollinisation est essentiellement assurée par divers mégachiroptères frugivores (roussettes) comme *Eidolon helvum*.



**Photo 2 : L'arbre de *Adansonia digitata* (Baobab) dans un parc agroforestier à Noberé au Burkina Faso**

### II.2.2. Ecologie

*Adansonia digitata* est indigène des steppes sahéliennes et des savanes soudano-sahéliennes ; cette espèce est présente dans la plupart des régions semi-arides et subhumides au Sud du Sahara (WICKEN, 1982 ; GUINKO, 1984). En Afrique occidentale, les peuplements les plus denses et les plus vigoureux sont situés au Sénégal. Au Burkina Faso, l'espèce *Adansonia digitata* est rencontrée dans le Sahel et dans la zone Nord soudanienne. Son abondance dans les régions maritimes du Sénégal, sa présence sur le littoral fait dire AUBREVILLE (1950) que l'aire d'occupation a d'abord été littorale.

Le baobab pousse typiquement où il y a 600 à 900 mm de pluies par année, mais il peut supporter de 200 à 1400 mm de précipitation. On le retrouve au Kenya, en Tanzanie, en Guinée et plus rarement dans les forêts du Ghana et du Nigeria (OWEN, 1970). Il résiste donc bien à la sécheresse.

Le baobab préfère les sols calcaires ou profonds mais il s'adapte à tous les types de sol sauf ceux qui sont très mal drainés. En Afrique de l'Ouest, le baobab se trouve souvent près des

habitations. Divers auteurs ( ) précisent que les hommes ont planté le baobab près de leurs maisons mais WICKEN (1982) estime que les populations ont pu construire leurs villages où existaient déjà certains baobabs.

### II.2.3. Importance socio-économique

Le baobab est une espèce très importante pour les populations locales à cause de ses multiples fonctions. Les feuilles de baobab sont consommées crues ou bouillies comme légumes quand elles sont encore jeunes. Elles peuvent également être séchées, pour stabiliser le produit, puis réduites en poudre avant leur commercialisation (BECKER, 1983). Les feuilles sont employées comme légumes pour la préparation de sauce accompagnant les céréales (SAVARD, 2003). Elles sont riches en matières nutritives (protéines, glucides, fibres et lipides). Les feuilles peuvent être considérées comme un complément alimentaire intéressant pour améliorer la ration protéique de certaines populations locales. Les acides gras les plus représentés sont les acides palmitique, oléique et linoléique. Les fruits renferment une pulpe largement utilisée dans sa zone de répartition. La pulpe est la composante du fruit la plus largement valorisée. Elle est utilisée directement comme ingrédient dans diverses préparations pour ses propriétés liante, épaississante et acidifiante (WICKEN, 1982 ; DIOP *et al.*, 2005). Elle entre ainsi dans la composition de nombreuses préparations céréalières telles les bouillies ou couscous (par exemple, le « mutchoyan » au Bénin ou le « ngalakh » au Sénégal), de sauces ou de crèmes d'accompagnement (par exemple, crème sucrée à base d'arachides grillées et pilées au Sénégal). Elle est parfois utilisée pour faire coaguler le lait, pour activer la fermentation alcoolique de boissons à base de jus de cannes à sucre ou de bières de céréales, ou pour épaissir des préparations sucrées cuites à base de fruits locaux (mangue, orange, ditax, etc.). Enfin, additionnée d'eau ou de lait, la pulpe du fruit du baobab peut être utilisée pour obtenir des boissons sucrées riches en vitamine C (COMPAORE, 2002) ou pour élaborer des sorbets.

Sur les marchés de Dakar, le pain de singe débarrassé de sa coque (pulpe + graines + fibres) est vendu à des prix variables selon la période de l'année. Une fois décortiquées, les graines peuvent être consommées après trempage dans de l'eau froide ou chaude éventuellement acidifiée ou alcalinisée, cuisson à l'eau bouillante, fermentation, séchage (le plus souvent séchage solaire pendant environ 24 h) ou grillage/torréfaction.

La torréfaction des graines fermentées conduit à un succédané de café. Le broyage au pilon de la graine permet d'en extraire une huile alimentaire. Pilées, les graines servent d'épaississant

dans de nombreuses sauces, soupes ou sont utilisées en association avec d'autres ingrédients pour la préparation de crèmes sucrées. Notons cependant que l'utilisation des graines reste marginale par rapport à celle de la pulpe de fruit et que, souvent, elles ne sont pas valorisées. En plus des utilisations alimentaires de la plante préalablement décrites, le baobab fait également partie intégrante des pharmacopées africaines. Les utilisations médicinales de la plante sont nombreuses et variées (WICKENS, 1982 ; GUINKO, 1984). Les propriétés thérapeutiques de la pulpe du fruit, des graines et des feuilles, ont fait l'objet de quelques études argumentées et publiées au cours des 10 dernières années (MATIG *et al.*, 2006). Enfin, certaines parties de la plante sont traditionnellement valorisées pour des utilisations non alimentaires (WICKENS, 1982 ; GUINKO, 1984). Les fibres de l'écorce interne ou les racines sont utilisées pour la fabrication de cordages ou vanneries. Les coques (épicarpe lignifiés) des fruits sont utilisées comme récipients et comme combustibles.

### **II.3. Le tabouchi (*Xanthosoma sagittifolium* (L) Schott).**

#### II.3.1. Taxonomie, caractéristiques et description

*Xanthosoma sagittifolium* est le nom scientifique d'un tubercule appelé tabouchi au Burkina et macabo au Cameroun. C'est une espèce de la famille des Aracées ou Aroïdées. C'est un tubercule dont la plante possède une tige relativement courte et large portant un bouquet de 7 ou 8 grandes feuilles larges alternes. Chaque feuille est constituée d'un long pétiole engagé à sa base et d'un limbe épais, de couleur verte à la forme sagitté (KABORE, 2004). L'inflorescence est un épi de fleurs, en spadice entouré d'une spathe soudée. Les fleurs femelles sont basales et constituées par un ovaire et une loge. Les fleurs mâles se trouvent à l'extrémité du spadice, mais séparées des fleurs femelles fertiles par quelques rangées de fleurs stériles (CATHERINET, 1965). Le tubercule a une longueur qui varie entre 15 et 25 cm environ selon la zone de culture. Il est large vers l'apex (côté tourné vers le sol). Les tubercules latéraux sont produits par quantité de 10 ou plus (ONWUEME, 1978).



Tubercal

**Photo 3 : La plante de *Xanthosoma sagittifolium* (tabouchi) dans un champ en 2006 à Noberé au Burkina Faso**

### II.3.2. Écologie

*Xanthosoma sagittifolium* est une plante d'ombre qui préfère les zones d'altitude bien alimentées en eau où le drainage est bon avec une bonne pluviosité. C'est une plante d'ombre très souvent cultivée en association avec d'autres cultures (KABORE, 2004). Comme celle de *Colocasia*, sa culture est pantropicale. En raison de sa supériorité sur cette dernière en terme de rendement, de sapidité, d'adaptabilité et de résistance aux maladies et aux insectes, la culture de *Xanthosoma* est en voie de supplanter celle de *Colocasia* en Afrique occidentale et probablement aussi en d'autres régions du monde (THERRY *et al.*, 1980).

### II.3.3. La production du tabouchi

Les statistiques agricoles cumulent généralement les productions de deux genres *Xanthosoma* et *Colocasia* sous le terme taro. Selon la FAO (1991) le taro est produit dans environ trente pays en voie de développement et au Japon qui a une production qui tourne autour de 4% de la production mondiale. La quantité totale du taro produite en Afrique en 1998 s'élevait à 6 500 000 t, ce qui correspond à 75% de la production mondiale (8 500 000 t). Le plus grand producteur en Afrique est le Nigeria avec 4 millions de tonnes (environ 44% de la production mondiale). Les autres producteurs importants de l'Afrique subsahariens sont :

le Ghana (1 500 000 t), la Côte d'Ivoire (350 000 t), Madagascar (150 000 t) et la République Centrafricaine (100 000 t). En Egypte, où le taro a été cultivé pour la première fois en Afrique, la production actuelle est de 140 000 t (FAO, 1991). Cependant, aucune donnée n'est disponible au Burkina Faso sur la production et la consommation du tabouchi.

La production des Araceae est souvent laissée aux mains des femmes, au Cameroun par exemple, certaines estimations indiquent que 90 à 95% des producteurs sont des femmes (ONWUEME, 1978).

#### II.3.4. Importance ethnobotanique

*Colocasia* et *Xanthosoma* généralement appelés taro ont pratiquement les mêmes utilisations. Les tubercules sont consommés à l'état frais, bouilli ou frit. En Afrique de l'Ouest, on prépare un aliment de type « fufu » à base des tubercules du tabouchi pilés. Les consommateurs ont une préférence pour le tabouchi du fait que le fufu obtenu à base du tabouchi rappelle l'igname pilée (BELL *et al.*, 1980). Le tabouchi pilé aux haricots et à l'huile de palme est une recette rencontrée au Cameroun. En Asie, les galettes de tabouchi au thon constituent une nourriture très appréciée surtout des populations insulaires (FAO, 1991). Les jeunes feuilles du tabouchi, riche en protéines jouent un rôle alimentaire chez les populations du Sud-Est du Cameroun (BELL *et al.*, 1980). La vente des tubercules crus ou préparés juste après la récolte génère des revenus pour les femmes. Les Aracées, en plus de leur importance alimentaire, sont des cultures profondément enracinées dans les traditions des peuples, ce qui vaut bien pour les régions d'origines que pour l'Afrique (ONWUEME, 1978).

### II.4. Le mil (*Pennisetum glaucum* (L) R. Br.)

#### II.4.1. Taxonomie, caractéristiques et description

Le mil est une espèce herbacée de la famille des Graminées ou Poacées, sous-famille des Panicées. Cette famille regroupe plusieurs espèces dont *Pennisetum glaucum*, *Pennisetum americanum* (JAUHAR, 1981). La plante a un port érigé, avec une hauteur variant entre 0,5 et 4 m et plus selon les variétés. La tige est rigide avec des entre-nœuds pleins (ceux de la base plus courts). Les nœuds de la base sont capables de donner des talles secondaires et tertiaires. Une plante peut porter jusqu'à 40 talles mais peu sont fertiles (SIBAN, 1981). Les feuilles simples, longues et nervées parallèlement s'insèrent sur les nœuds avec une gaine enveloppant complètement la tige. Le limbe est lancéolé, glabre ou pubescent. La nervure

bien développée empêche la feuille de se plier. La gaine est fendue du côté opposé du limbe. L'appareil racinaire est du type fasciculé avec une seule racine séminale suivie par de nombreuses racines adventives qui naissent à la base de la tige et des talles. Le front racinaire colonise le profil du sol, et il peut arriver jusqu'à 3,6 m de profondeur (FERRARIS, 1973). L'inflorescence est une panicule très dense, apicale, cylindrique, avec une longueur qui varie entre 15 et 140 cm environ et un diamètre aussi variable (0,5-4 cm). La panicule est constituée d'un rachis rigide portant des épillets pédonculés groupés dans des bouquets des soies plumeuses. La fleur supérieure est généralement une, rarement deux ou trois, elle peut être complète ou femelle, généralement fertile ; tandis que la fleur inférieure est toujours mâle ou stérile. Le fruit (graine) est un caryopse nu, de forme ovoïde ou elliptique. Il a une longueur d'environ quatre 4 mm et de couleur variable (blanche, jaune, gris ou bleu). Les mille graines pèsent 4 à 8 g.



**Photo 4 : La plante de *Pennisetum glaucum* (mil) en phase végétative dans un champ en 2006 à Noberé au Burkina Faso.**

#### II.4.2. Écologie

Le mil est la plante alimentaire la plus cultivée dans les zones semi-arides, en Afrique et en Asie. Il s'agit d'une espèce capable de s'adapter mieux que toutes les autres céréales aux conditions typiques à cette zone (HARLAN, 1974). Il est originaire de l'Afrique de l'Ouest, dans la zone limite du Sahara entre le Soudan occidental et le Sénégal. Dans cette zone on trouve de nombreuses espèces à l'état sauvage. Grâce à sa rusticité, le mil a été une des premières plantes domestiquées par l'homme dans les zones semi-arides. Sa culture s'est ensuite étendue en Afrique centrale, orientale et en Inde, où il est cultivé avec succès. Dans les zones arides les variétés cultivées sont nombreuses et se différencient par la longueur de leur cycle végétatif qui varie entre 65 et 150 jours (BOURKE, 1963).

#### II.4.3. La production

Il est difficile de répertorier des statistiques dignes de foi sur les surfaces cultivées et sur les productions du mil car d'habitude les chiffres incluent le sorgho et d'autres cultures. En outre il est cultivé en association avec d'autres cultures (CANTINI, 1994). La production mondiale du mil en 1994 était de 31 500 000 t, dont 36% en Afrique. En Afrique de l'Ouest, le mil est cultivé sur 12 200 000 ha, soit 49% de la surface mondiale. Les plus grands producteurs sont le Nigeria (31% de la production africaine), et le Niger (environ 12% de la production africaine) (MCD, 1991). Selon la FAO (1991) la production du mil était : 200 000 t en Guinée Bissau, 932 700 t au Tchad, 1 109 000 t au Sénégal, 2 385 000 t au Niger, 530 000 t au Togo. Au Burkina, sa production était estimée à 2 448 500 t. Cette production en 2004 était d'environ un million avec pour principales zones de production : le Centre Est : 101 114 t, le Sud Ouest : 55 956 t, le Centre Sud : 85 648 t, le Sahel : 53 299 t, le Plateau Central : 44 375 t et le Centre : 20809 t. Cette production céréalière est la plus importante dans toutes ces régions par rapport à toute autre céréale (MAHRH, 2005). Selon la même source les meilleurs rendements moyens étaient enregistrés dans le Ziro (1 516 kg ha<sup>-1</sup>) et au Zoundwéogo (1 403 kg ha<sup>-1</sup>) pour la campagne 2003/2004.

#### II.4.4. Importance ethnobotanique

En Afrique occidentale sahélienne, le mil constitue la base de l'alimentation humaine (SJDRV, 2001). Les graines sont décortiquées et pétris, la farine obtenue est utilisée de

manière différente pour la préparation des plats traditionnels, pain fermenté (galettes), bouillies (farinate) liquides et épaisses (fura et tô), plats cuits à vapeur (couscous), boissons alcoolisées et non alcoolisées (ROONEY & MCDONOUGH, 1987). Le couscous est mangé surtout par les Peuhl du Sénégal, Gambie et Nigeria du nord tandis que les autres ethnies (Bambara, Germa, Mossi) préfèrent consommer le mil sous forme de pâte (SPENCER & SIVAKMAR, 1987).

## Matériel et méthode

### I. Présentation et justification du choix du site d'étude

*mettre les  
la Géométrie*

Le site d'étude est un parc agroforestier à Noberé qui est une commune de la province du Zoundwéogo, située à environ 100 km de la ville de Ouagadougou sur l'axe routier Ouagadougou-Pô. Noberé est limité au Nord par la province du Bazèga et du Ziro, au Sud par la province de Nahouri et à l'Est par les départements de Guiba et Gogo. La distance avec la ville de Manga, chef lieu de la province de Zoundwéogo (capitale de la région du centre Sud) est d'environ 30 km. Le département a une superficie d'environ 3 523 km<sup>2</sup> (GBANGOU, 2005). Le département est longé dans sa partie Ouest par le Nazinon (ex Volta rouge) dont l'écoulement est saisonnier. Au centre il y a une retenue temporaire autour de laquelle se développe la culture maraîchère.

Le site d'étude est à cheval entre les brousses des villages de Boulmassa et Sokondmioughin à environ 6 km de la commune de Noberé. Il est compris entre les latitudes 11° 50 et 11° 52 Nord et les longitudes 1° 220 et 1° 226 Ouest, il a une superficie d'environ 100 hectares.

De par sa situation géographique, le site d'étude a un climat du type nord soudanienne avec une seule saison de pluie marquée par des pluies intermittentes à partir du mois de mai et permanentes à partir du mois de juillet pour s'interrompre au mois d'octobre. La pluviométrie annuelle varie entre 700 mm et 900 mm (FONTES & GUINKO, 1995). ~~La répartition des pluies est marquée par 2 maxima donc l'un est situé en juin et l'autre en août.~~ La figure 1 donne la répartition de la pluie au cours de la campagne 2006.

Le choix de ce site a été guidé par la facilité d'accès, l'importance numérique des arbres dans le parc pour les deux espèces d'arbres, les cultures et leur maîtrise par les paysans et aussi la disponibilité de ces derniers à participer à la présente recherche. En effet, grâce à une route goudronnée le village est facilement accessible. Dans les champs les espèces les plus fréquentes sont le baobab, le néré, le karité avec des densités assez élevées. Les cultures associées sont le mil, le sorgho, le maïs et le coton. Le tabouchi est cultivé dans les bas-fonds et de nombreux producteurs maîtrisaient déjà sa culture.

*Mieux préciser la zone  
x type de sol  
x type de végétation*

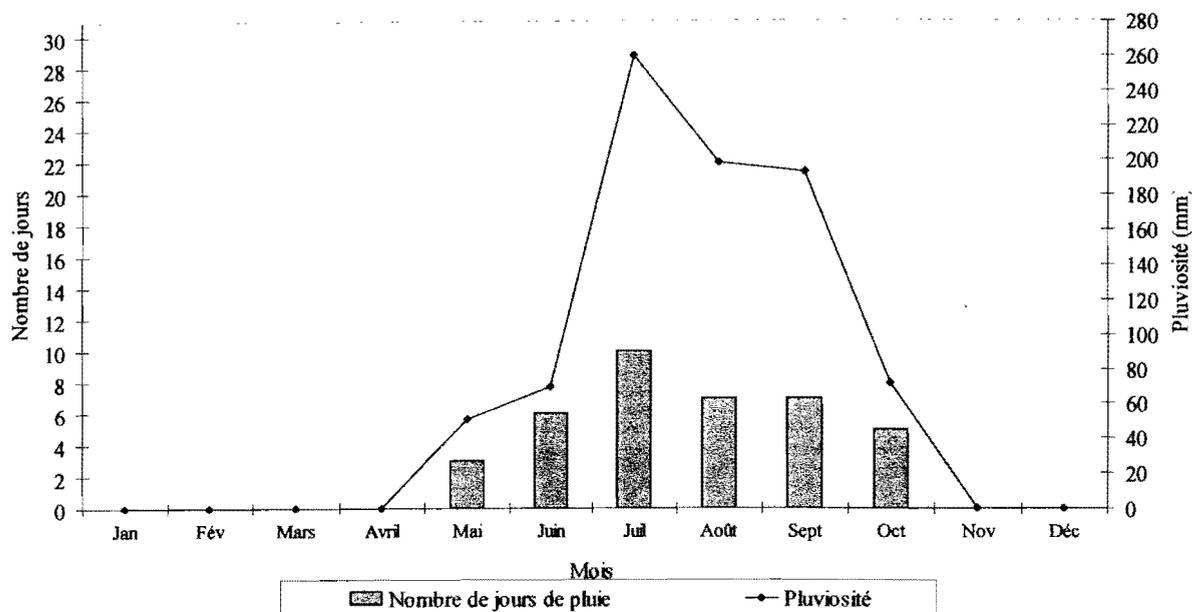


Figure 1 : Répartition des pluies de la campagne 2006 à Noberé, Burkina Faso

## II. Le matériel végétal

Le matériel végétal comprend d'une part deux espèces fruitières courantes dans le paysage champêtre du Burkina et de Noberé : le baobab (*Adansonia digitata*) et le néré (*Parkia biglobosa*) et d'autre part une céréale traditionnelle, le mil (*Pennisetum glaucum*) et une culture tolérante à l'ombre, un tubercule appelé tabouchi (*Xanthosoma sagittifolium*).

Tous les arbres des deux espèces (néré et baobab) ont été inventoriés sur toute l'étendu des 100 ha du parc agroforestier. Cet inventaire a permis de relever leurs coordonnées géographiques à l'aide d'un GPS et de mesurer leur hauteur, les diamètres de leurs houppiers et leurs circonférences à 1,30 m. Parmi ces arbres inventoriés, nous avons retenu 16 pour l'étude, à raison de 8 arbres pour chaque espèce. Les 16 arbres ont été choisis de telle sorte qu'ils soient suffisamment éloignés les uns des autres afin qu'il n'y ait pas d'influence entre eux. Les caractéristiques des 16 arbres de l'étude sont résumées dans le tableau I.

**Tableau I : Coordonnées géographiques et caractéristiques dendrométriques des arbres de l'étude à Noberé, Burkina Faso**

Espèces	N° arbre	Latitudes (°)	Longitudes (°)	Diamètre houppier (m)	Circonférence à 1,30 m (m)	Hauteur (m)
Baobab	1	11,526	1,221	13,16	7,48	15,61
	2	11,525	1,221	13,30	4,85	22,00
	3	11,521	1,226	19,88	4,88	14,63
	4	11,524	1,220	17,22	4,25	14,00
	5	11,524	1,220	17,50	9,20	17,00
	6	11,522	1,221	18,00	5,90	11,10
	7	11,517	1,223	17,28	4,67	15,00
	8	11,516	1,223	15,82	6,10	14,65
Moyenne		11,520	1,222	16,52	5,92	15,50
Néré	1	11,514	1,226	20,44	2,71	12,21
	2	11,514	1,224	18,72	2,09	10,56
	3	11,515	1,221	19,44	2,13	11,41
	4	11,516	1,221	16,46	2,15	11,83
	5	11,520	1,220	16,92	2,60	11,90
	6	11,521	1,221	17,09	2,08	10,90
	7	11,521	1,220	13,86	1,88	9,64
	8	11,523	1,220	14,20	1,85	10,10
Moyenne		11,518	1,221	16,67	2,11	10,91

### III. Le matériel de mesure

L'inventaire des arbres a été réalisé à l'aide d'un GPS pour les coordonnées géographiques, d'une perche télescopique pour les mesures de hauteurs et d'un mètre-ruban pour les mesures des diamètres de houppiers et de circonférences des troncs. Le matériel de mesure utilisé pour le suivi des cultures était composé d'une règle graduée en centimètre (cm) d'une longueur totale de 250 cm pour mesurer la hauteur des plants, un ruban pour mesurer la longueur des épis, un pieds à coulisse pour la mesure du diamètre et longueur des tubercules et enfin d'un peson de précision 10% pour peser les différentes récoltes (graines de mil et tubercules de tabouchi).

La fluorescence de la chlorophylle a été mesurée à l'aide du fluoromètre modulé Mini PAM Photosynthesis Yield Analyzer (Waltz, Effeltrich, Germany). Le Mini PAM est composé d'une unité centrale, équipée d'une mémoire interne qui enregistre les données au fur et à mesure, d'un tube en caoutchouc et de pinces munies d'une cellule cylindrique.

Les senseurs Delta T quantum (Delta T Ltd, UK) ont été utilisés pour mesurer les radiations solaires. Les données provenant de ces senseurs ont été stockées dans un enregistreur de données (DL2e, Delta T Ltd, UK).

#### IV. Dispositif expérimental

L'essai de comparaison du comportement du mil et du tabouchi a été conduit en associant ces cultures aux 16 arbres retenus après l'inventaire. Pour chacune des espèces (*Adansonia digitata* et *Parkia biglobosa*), le tabouchi a été cultivé sous 4 arbres et le mil sous les 4 autres arbres. Bien que plusieurs travaux aient montré que les variations dues aux directions cardinales sont très minimes (BOFFA, 1999), nous avons opté pour un dispositif en cercles concentriques qui élimine ces variations non contrôlables telles que celles dues aux directions cardinales et l'effet de l'irrégularité des couronnes. Ainsi, la surface de culture sous chaque arbre sélectionné a été subdivisée en trois zones concentriques.

La formation de ces zones s'est basée sur le diamètre de la couronne de chaque arbre selon la règle suivante (figure 2) :

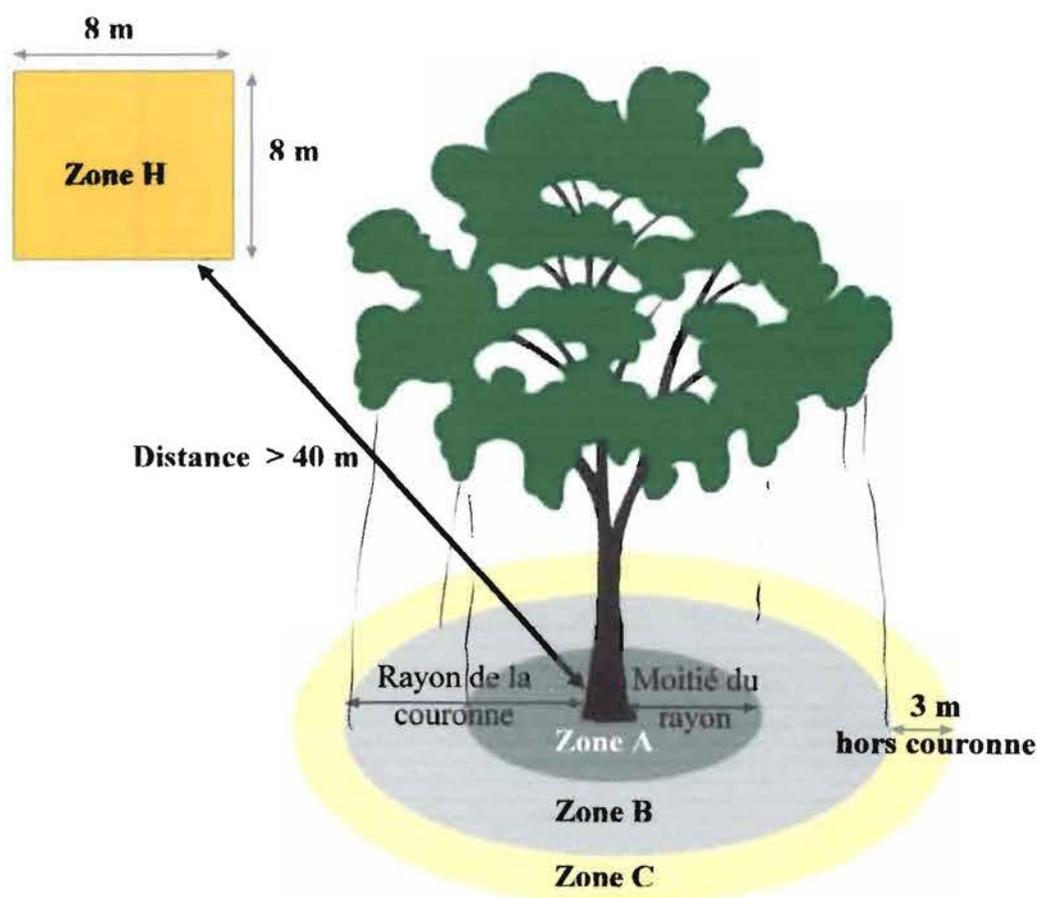
- la zone A va du tronc de l'arbre à la moitié du rayon de la couronne de l'arbre ;
- la zone B part de la moitié du rayon de la couronne de l'arbre jusqu'à la limite de la couronne;
- enfin la zone C va de la limite de la couronne de l'arbre à 3 m hors du houppier de l'arbre.
- une parcelle de dimension 8 m X 8 m a été délimitée à au moins 40 m de la couronne de chaque arbre de façon à ce qu'elle ne soit sous l'influence d'aucun arbre pour servir de témoin absolu. Cette parcelle est notée zone H.

Dans chaque zone et parcelle témoin des variétés locales du mil (*Pennisetum glaucum*) et des tubercules de tabouchi (*Xanthosoma sagittifolium*) ont été semées entre le 5 et le 10 juin 2006 à un écartement de semis variable selon le producteur. Dès la levée, 4 poquets ont été choisis au hasard suivant les 4 points cardinaux dans chaque zone et dans la parcelle témoin. Dans chaque poquet choisi, le plus grand plant (de mil ou de tabouchi) a été marqué par une ficelle. C'est sur ce plant qu'il a été effectué les suivis et les mesures des paramètres de la croissance.

solice

Afin de minimiser les effets liés à la compétition entre les mauvaises herbes et les cultures (les plants du mil et du tabouchi) deux séries de sarclage ont été faites à la daba dans toutes les zones concentriques et les parcelles témoins pour toutes les cultures pendant la phase végétative. Un buttage à la traction asine ou bovine a été fait à la fin de la phase végétative. Toutes ces séries de sarclage ont été précédées par une application au semis et à la levée d'engrais NPK (15-15-15) à la dose de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  (pour le mil),  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  (pour le tabouchi) et le buttage par une application de l'engrais Urée (46-0-0) à la dose de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  pour aussi minimiser les effets liés à la fertilité du sol.

les  
différence  
J'a fait



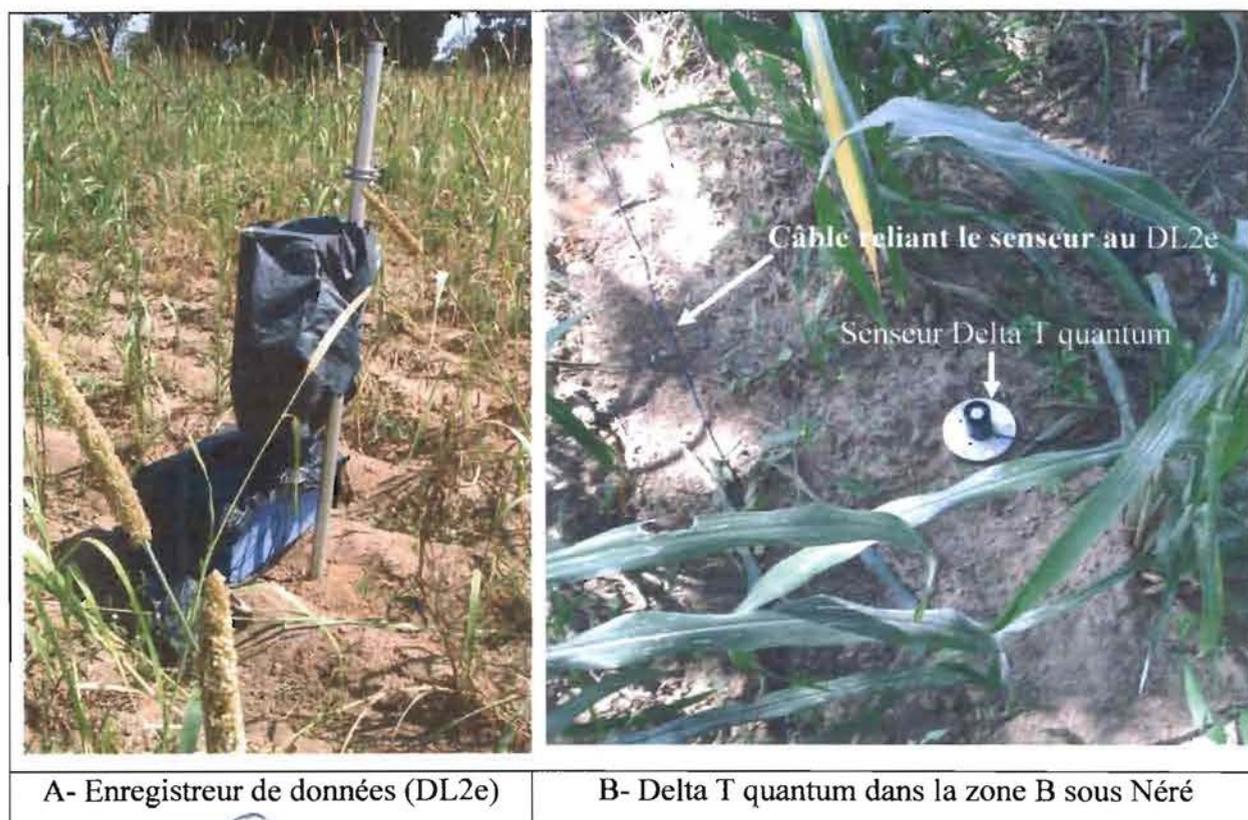
**Figure 2 : Dispositif expérimental en cercles concentriques autour du tronc à Noberé, Burkina Faso.**

## V. Collecte des données

### V.1. Les mesures de la radiation photosynthétique active (PAR)

Les mesures de la PAR ont été effectuées pendant 96 h en 3 points sous chaque arbre en tenant compte des 3 zones concentriques et dans les parcelles témoins. A cet effet, les mesures

on été faites successivement sous les 16 arbres en un cycle qui a continué jusqu'à la fin de la saison. Quatre senseurs ont été utilisés pour les mesures à raison d'un senseur par zone. Chaque senseur a été affecté d'un code correspondant à la zone de mesure. Les senseurs des zones sous houppier (A et B) ont été déposés au nord ou au sud pour éviter leur exposition au rayonnement direct suite au mouvement de l'ombre dans la journée, de même que celui de la zone C située à la lisière de la couronne. Le senseur de la zone ouverte (H) a été déposé au centre de la parcelle. En raison d'une panne matériel, seule les données de deux arbres de chaque espèce fruitière ont été exploitables.



**Photo 5: de la radiation photosynthétique active (PAR) à Noberé au Burkina Faso**

## V.2. Les mesures de la fluorescence des feuilles

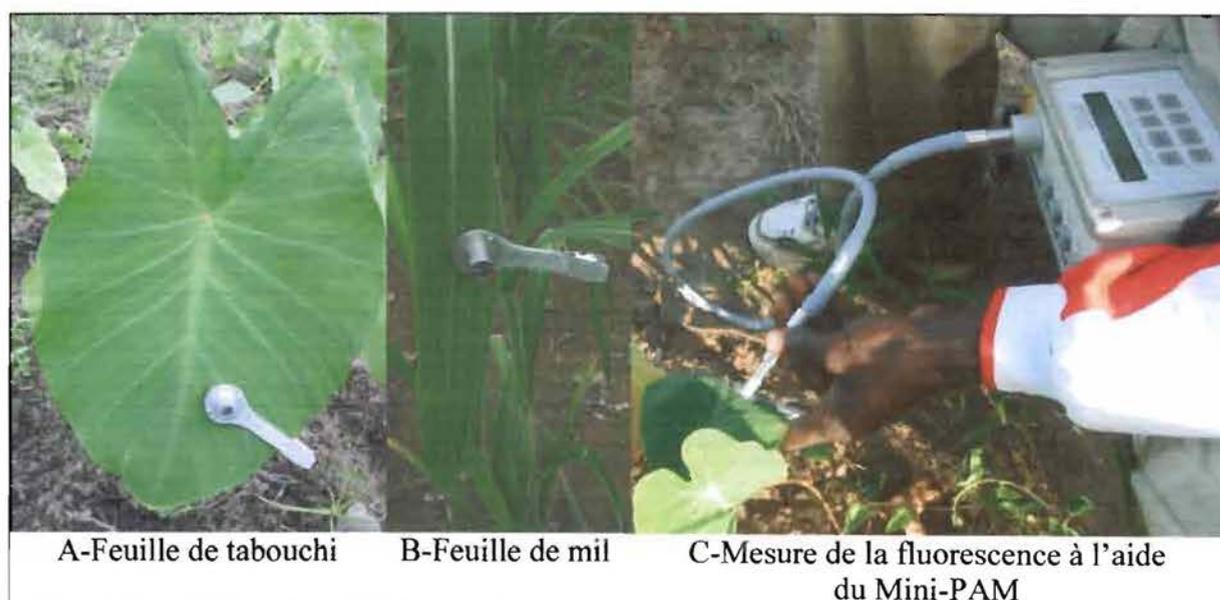
Les mesures ont été faites sur les feuilles de 3 plants par zone concentrique et dans les parcelles témoins associées aux 4 arbres ; un arbre de chaque espèce fruitière (Néré ou baobab) associé à une des cultures (Tabouchi ou mil). On a effectué 2 séries de mesures dont la première le 14 septembre 2006 et la seconde le 21 octobre 2006. Pour chaque série on a réalisé six (6) mesures entre 6 h et 18 h à savoir une mesure toutes les deux heures. Dès 6 h,

on a choisi dans chaque zone concentrique et parcelle témoin trois plants au hasard du tabouchi ou du mil de manière qu'un soit situé à l'est, un à l'ouest et le dernier au nord ou au sud. Cette disposition suivant les points cardinaux vise à minimiser les effets liés aux mouvements de l'ombre eux même provoqués par les mouvements du soleil.

Sur une feuille épanouie de chaque plant choisi, on met une pince comportant un tube creux dont la base est fermée par une lame mobile (Photo 6 A et B). Ce dispositif place la partie de la feuille correspondant à la section du tube de la pince à l'obscurité totale. On attend 30 mn avant de commencer les mesures pour adapter à l'obscurité les systèmes de la photosynthèse.

Pour la mesure on emboîte le tube du Mini PAM dans le tube du clip avant de tirer la lame (Photo 6 C). Le Mini PAM enregistre d'abord une première fluorescence qui est la fluorescence minimale (F0) en obscurité totale. Par la suite, un flash lumineux est automatiquement envoyé dans le tube de la pince et une deuxième valeur de la fluorescence est enregistrée. Cette valeur correspond à la fluorescence maximale (Fm). Les deux valeurs F0 et Fm sont utilisées pour calculer le rendement (Y) photosynthétique par la relation de GENTY *et al.* (1989) :

$$Y = (Fm - F0) / Fm.$$

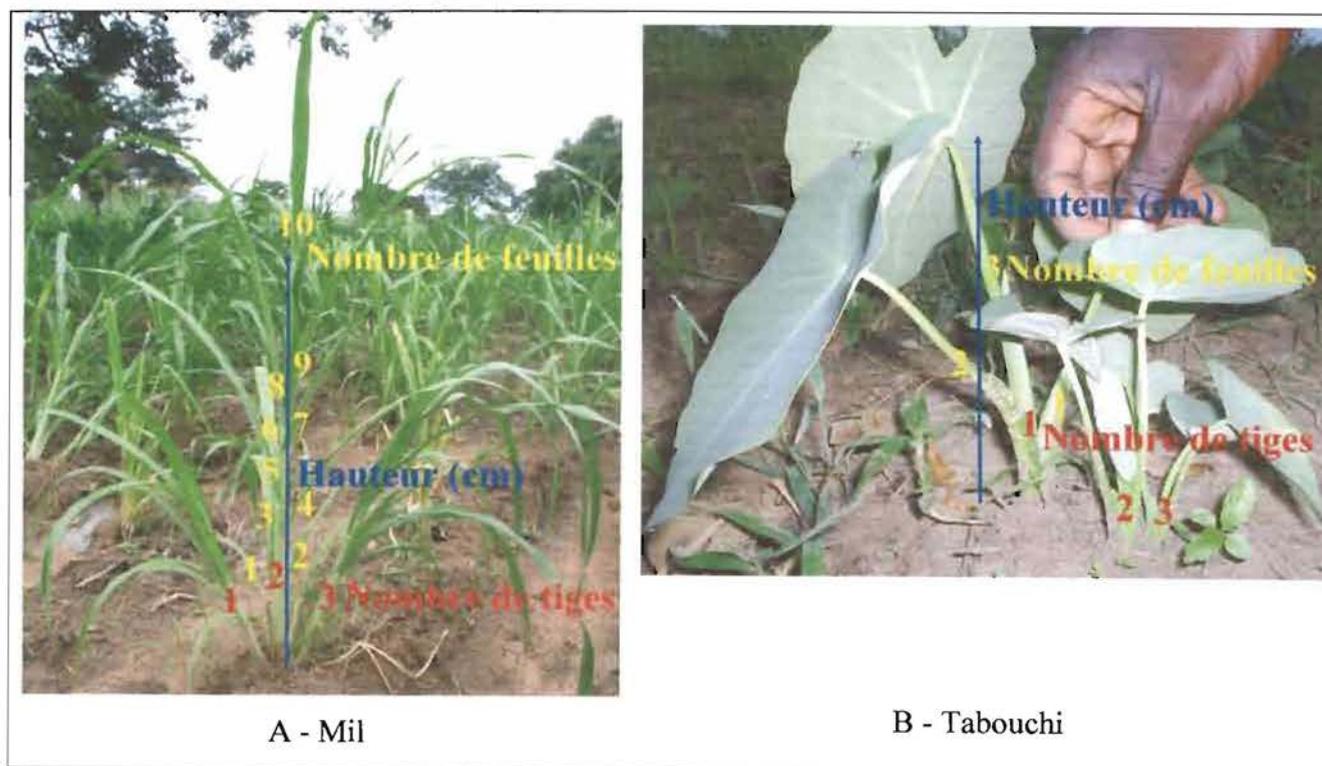


**Photo 6 : Mesure de l'activité photosynthétique des feuilles par fluorescence à Noberé au Burkina Faso.**

### V.3. Le suivi phénologique

Le suivi phénologique a concerné 3 paramètres à savoir le nombre de feuilles, la hauteur des plants et le nombre de talles par plant. Les mesures se sont déroulées de début Août jusqu'à mi-octobre 2006 et à un rythme hebdomadaire d'observation.

La hauteur des plants de mil a été mesurée à l'aide d'une règle graduée en cm du sol au niveau du collet à la dernière feuille épanouie (photo). Pour le tabouchi, la mesure de la hauteur va du collet jusqu'à la limite de la dernière feuille complètement épanouie. A chaque date d'observation, on a compté toutes les feuilles du plant suivi ainsi que toutes les tiges du poquet. Le nombre de talles est obtenu en retranchant le nombre de pieds observés à la levée dans le poquet.



**Photo 7 : Mesure de la hauteur et comptage du nombre de feuilles et de talles (A- Mil, B – Tabouchi) à Noberé, Burkina Faso.**

#### **V.4. La surface foliaire**

Le prélèvement de feuilles de tabouchi et de mil a été réalisé dans le mois de septembre pour l'estimation de la surface moyenne des feuilles de chaque culture. Trente feuilles ont été récoltées par zone et dans les parcelles témoins pour chaque spéculation sous chacune des espèces d'arbre. Les feuilles ont été prélevées au hasard dans chaque zone et suivant les 4 points cardinaux. Les feuilles ont été retenues seulement si elles étaient complètement épanouies et pas trop vieilles (encore vertes). Les feuilles ainsi récoltées toujours fraîches ont été ramenées à la maison. Chaque feuille a été déposée sur une feuille blanche et à l'aide d'un crayon on a suivi minutieusement tout le contour de la feuille de manière à reproduire la feuille sur du papier blanc. Les croquis des feuilles ont été scannés et la surface de chaque feuille a été calculée à l'aide du logiciel libre ImageJ (Version 1.34s).

La surface moyenne a été calculée par zone concentrique et dans la parcelle témoin pour chaque culture. Cette moyenne a servi à calculer la surface foliaire moyenne des plants par zone. La surface foliaire est le produit du nombre de feuilles par plant par la surface moyenne d'une feuille de la culture. Elle a été calculée par plant de chaque culture, par zone et à chaque date de mesure phénologique.

#### **V.5. Evaluation agronomique et économique des productions**

##### **V.5.1. Evaluation agronomique**

Les cultures (mil et tabouchi) ont été récoltés dans la première quinzaine du mois de novembre 2006. Pour l'estimation de la production 5 paramètres ont été pris en compte à savoir : le nombre total de poquets, le nombre d'épis ou tubercules, le poids total des épis ou tubercules, le poids et la longueur de l'épis, la longueur et le diamètre du tubercule. Le poids et les dimensions (longueur et diamètre) de la panicule et du tubercule ont été mesurés sur trente unités dans chaque zone. La récolte (graines de mil ou tubercules de tabouchi) de chaque espèce a été faite sur la surface totale de chaque zone concentrique ainsi que celle des parcelles témoins puis ont été pesées pour estimer les rendements par zone.

##### **V.5.2. Evaluation économique**

Les prix des productions du mil et du tabouchi ont été obtenus auprès des producteurs et des vendeurs du marché de Noberé. Ces prix étaient exprimés en F CFA pour un plat, unité de mesure conventionnelle sur le marché. Pour avoir le poids en kg correspondant à ces prix,

nous avons pesé les quantités de mil et de tubercules de tabouchi équivalentes à la mesure du plat. Le rapport du prix du plat sur le poids du produit de la culture correspondante a donné le prix en F CFA  $\text{kg}^{-1}$ . Le prix du tabouchi a été de 85 F CFA  $\text{kg}^{-1}$  et celui du mil de 105 F CFA  $\text{kg}^{-1}$ . Les prix de vente des productions du mil et du tabouchi ont été alors évalués par zone entière puis rapportés à l'hectare.

Pour les charges de production, nous avons pris en compte le coût des travaux (semis, sarclage et récolte) et le coût de l'engrais apporté aux cultures. Le coût de la main-d'œuvre a été relevé auprès des producteurs soit 4 000 F CFA  $\text{ha}^{-1}$  pour les semis et les récoltes et 8 000 FCFA  $\text{ha}^{-1}$  pour le sarclage. En moyenne 2 sarclages ont été effectués dans les parcelles de mil contre 5 sarclages dans celles de tabouchi. Les prix du sac de 50 kg d'engrais a été très variable sur le marché de Noberé. Nous avons appliqué le prix moyen de 12 500 F CFA pour le sac de 50 kg dans notre estimation du coût de l'engrais apporté. Ce prix moyen a été appliqué sur les doses de 100  $\text{kg ha}^{-1}$  pour le mil et 200  $\text{kg ha}^{-1}$  pour le tabouchi, effectivement apportées aux deux cultures. Les bénéfices ont été évalués en faisant la différence entre le prix de vente estimé des productions et le coût des charges correspondantes.

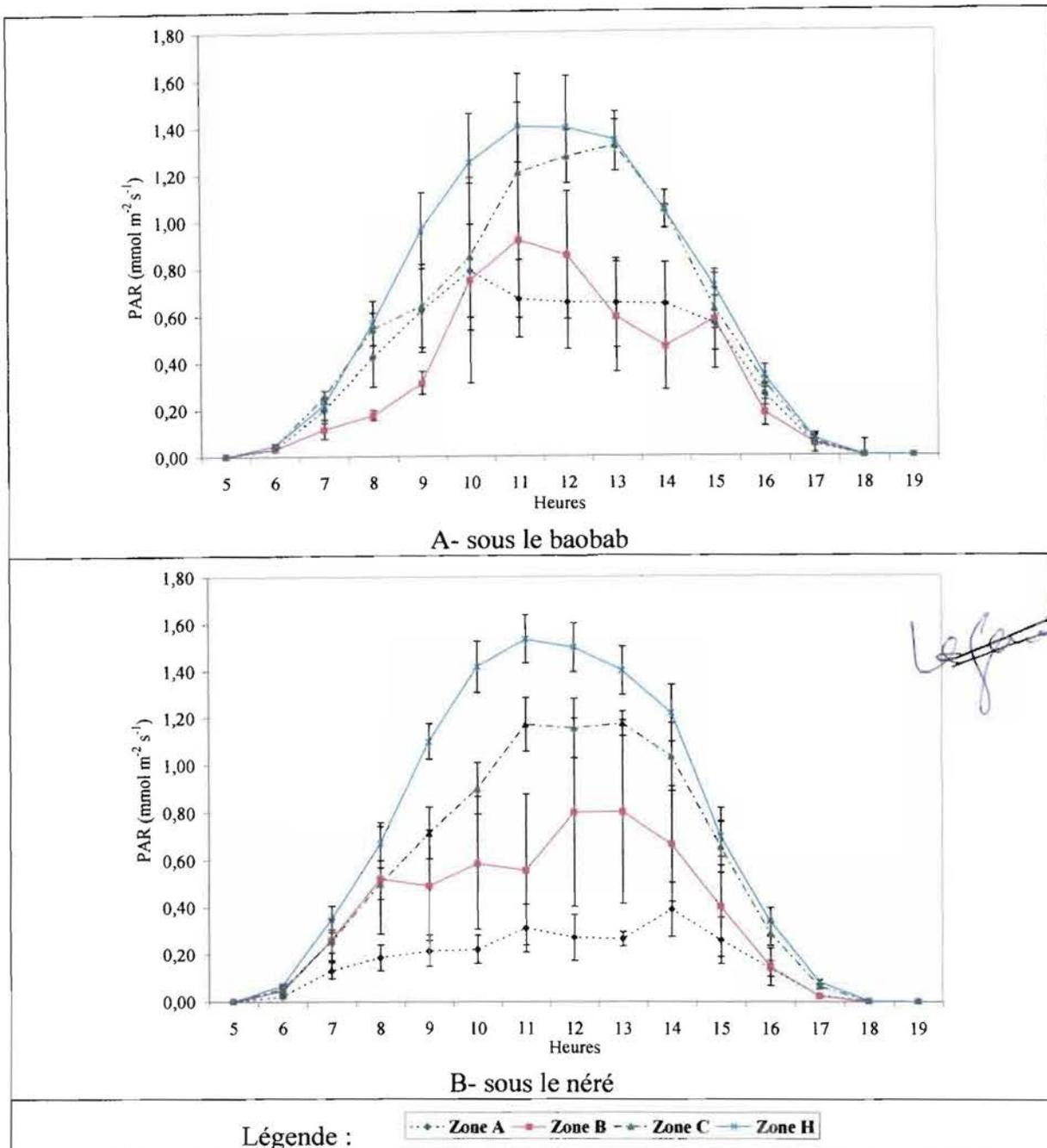
## VI. Analyse des données

Les données ont été saisies dans le logiciel Excel 2003. Les données ont été soumises à une analyse des variances à l'aide du logiciel XLSTAT-Pro. Les données de la phénologie ont été analysées par date d'observation. Le modèle d'analyse de la variance pour toutes les variables est un modèle multifactoriel prenant en compte les facteurs espèce, zone et leur interaction sauf pour la surface foliaire où le facteur culture a été introduit en plus dans le modèle. Pour la comparaison des moyennes, on a utilisé le test de Duncan au seuil de 5%.

## Résultats

### I. Evolution des radiations photosynthétiques actives (PAR)

L'intensité lumineuse a commencé à augmenter à partir de 6 h pour atteindre son maximum entre 11 h et 13 h et a diminué progressivement jusqu'à s'annuler à 18 h. Les plus fortes valeurs de radiations photosynthétiques ont été enregistrées dans les zones situées hors du houppier (C et H) et les faibles valeurs dans les zones situées sous la couronne (A et B) (figures 3A&3B). Les zones C et H hors du houppier du baobab ont reçu une quantité pratiquement égale de radiation photosynthétique active. La PAR dans les deux zones (A et B) sous le baobab a eu des valeurs inférieures à celle des zones H et C notamment entre 11 h et 14 h (figure 3A). Sous le néré, l'intensité de la lumière photosynthétique reçue entre 8 h et 14 h a varié en fonction des zones. Les valeurs de la PAR ont diminué de la zone ouverte à la zone (A) située autour du tronc (figure 3B). L'éclairement mesuré dans les zones sous le houppier du baobab (A et B) a été supérieur à celui des zones sous le néré. La PAR mesurée dans la zone A sous le néré a été inférieure à  $0,40 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  alors qu'elle a atteint  $0,70 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  dans la zone A sous le baobab. La radiation photosynthétique active moyenne reçue en zone ouverte a été de  $0,760 \text{ mol m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ . Cette radiation a été réduite respectivement de 47,74%, 43,71% et 17,21% dans les zones A, B et C sous l'influence du baobab. La réduction de la PAR moyenne a été plus importante dans les zones A, B et C sous influence du néré soit respectivement 75,22%, 46,16% et 19,23%. On peut conclure que les houppiers des deux espèces ont eu un effet de réduction de la PAR dans les zones sous leur influence. Cette réduction de la PAR a été plus forte au niveau du houppier du néré qu'au niveau de celui du baobab.



**Figure 3 : Evolution de la radiation photosynthétique active reçue dans les zones et dans les parcelles témoins en fonction des heures de la journée en 2006 a Noberé au Burkina Faso.**

## II. Le rendement de conversion de l'énergie photosynthétique (Y).

Le rendement de conversion de l'énergie photosynthétique mesuré à 7 h et 17 h n'a pas varié significativement entre les zones sous les deux espèces sauf pour le tabouchi en association avec le baobab où il y a eu une différence significative ( $p \leq 0,05$ ). Par contre, aux heures chaudes de la journée (11 h et à 13 h) on a noté des différences très hautement significatives

( $p \leq 0,001$ ) de ce rendement entre les différentes zones pour toutes les cultures. Il a varié de façon hautement significative ( $p \leq 0,01$ ) à 9 h et à 15 h entre les zones chez les plants de mil. L'interaction espèce-zone a été très hautement significative à 11 h et 13 h et hautement significative à 9 h et 15 h pour le mil et à 17 h pour le tabouchi.

**Tableau II : Analyse de variance du rendement de la conversion de l'énergie (Y) chez le mil et le tabouchi en fonction de l'espèce d'arbre, de la zone et leur interaction le 14 septembre 2006 à Noberé, Burkina Faso.**

Heures	Mil			Tabouchi		
	zone	espèce	Espèce*zone	zone	espèce	Espèce*zone
7 h	ns	ns	ns	ns	ns	ns
9 h	**	ns	**	ns	**	ns
11 h	***	ns	***	***	***	***
13 h	***	ns	***	***	***	***
15 h	**	ns	**	ns	ns	ns
17 h	ns	ns	ns	**	ns	**

Toutes les valeurs du rendement de conversion de l'énergie obtenues chez les plants de mil et de tabouchi à la date du 14 septembre-2006 ont été en dessous de la valeur normale (0,83) correspondant au rendement d'une plante saine dans les conditions optimales de la photosynthèse.

Sous le baobab, le mil a eu le plus fort rendement Y dans les zones A et B ( $Y=0,59$ ) à 17 h et le plus faible (0,41) à 7 h dans la zone H (figure 4A). De même le tabouchi a eu sa forte valeur du rendement à 17 h dans les zones A et B ( $Y=0,64$ ) et la plus faible valeur ( $Y=0,38$ ) a été observée à 7 h dans la zone H (figure 4C).

Sous le néré, le meilleur rendement Y du mil a été obtenu dans la zone A ( $Y=0,64$ ) à 13 h et à cette même heure, la plus faible valeur ( $Y=0,42$ ) a été notée dans la zone H (figure 4B). Par contre, le tabouchi a eu le meilleur rendement Y dans la zone B ( $Y=0,65$ ) et la plus faible valeur ( $Y=0,47$ ) à 7 h dans la zone A (figure 4D).

**Tableau III : Analyse de variance du rendement de la conversion de l'énergie (Y) chez le mil et le tabouchi en fonction de l'espèce d'arbre, de la zone et leur interaction le 21 octobre 2006 à Noberé, Burkina Faso.**

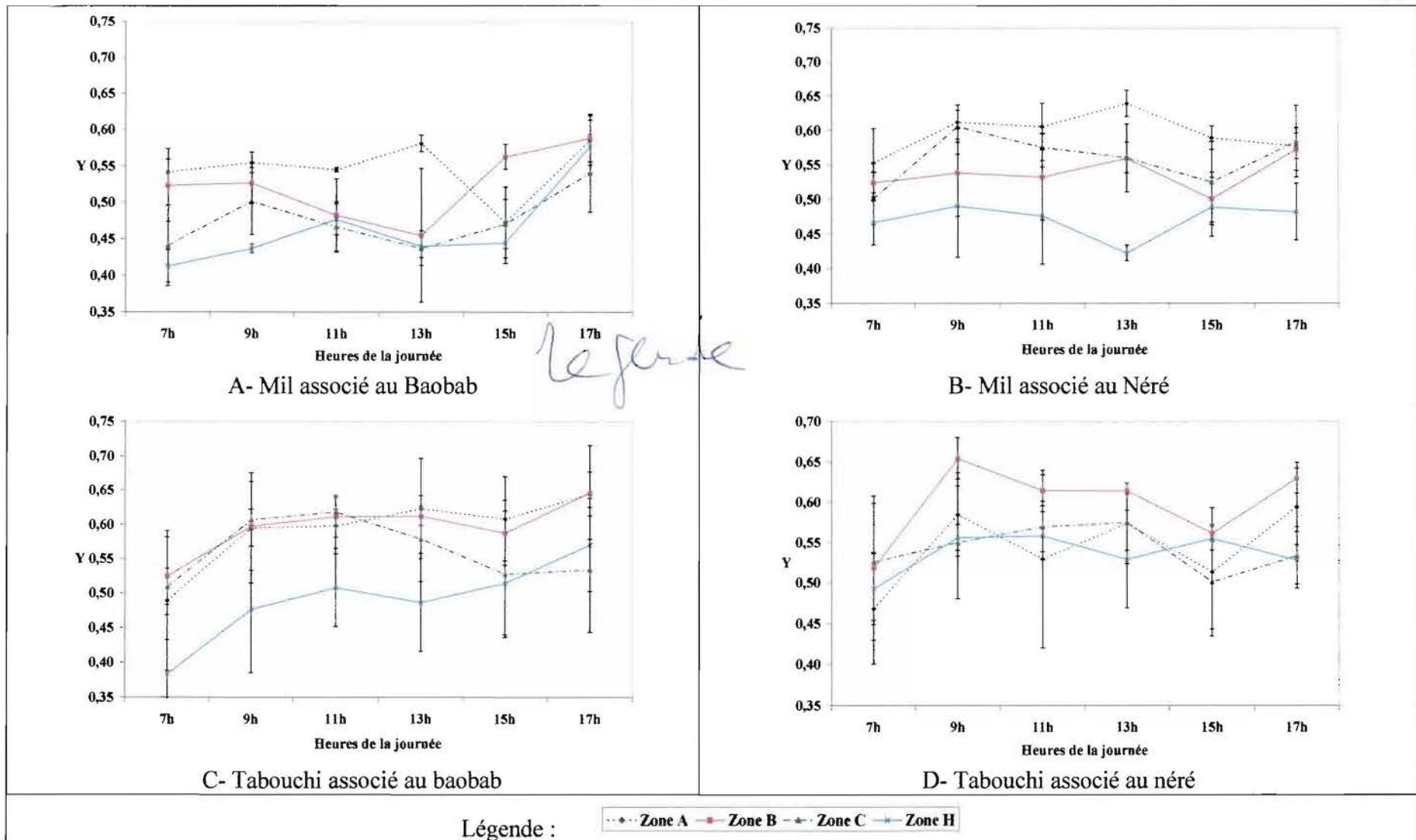
heures	Mil			tabouchi		
	zone	espèce	Espèce*zone	zone	espèce	Espèce*zone
7 h	ns	ns	ns	ns	ns	ns
9 h	**	**	**	***	***	***
11 h	***	***	***	**	**	**
13 h	***	***	***	***	***	***
15 h	**	**	**	ns	ns	ns
17 h	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tout comme à la première date de mesure, les valeurs du rendement de conversion de l'énergie photosynthétique (Y) du 21-octobre-2006 ont été toutes inférieures à la valeur normal (0,83).

Sous le baobab, la plus grande valeur de Y a été enregistrée pour le mil à 9 h dans la zone A (Y=0,61). La plus faible valeur (Y=0,38) a été enregistrée dans la zone C à 11 h et à 15 h (figure 5A). Par contre le tabouchi a eu son plus fort rendement Y à 9 h dans la zone H (Y=0,53) et le plus faible (Y=0,19) à 13 h dans la zone C (figure 5C).

Sous le néré les plus grandes valeurs ont été atteintes à 9h dans la zone A (Y=0,64) pour le mil (figure 5B) et dans la zone B (Y=0,59) pour le tabouchi (figure 5D). Les faibles valeurs ont été enregistrées à 15 h dans la zone C (Y=0,32) pour le mil et la zone H (Y=0,20) pour le tabouchi.

En général, les cultures ont eu les plus grands rendements photosynthétiques dans les zones situées sous le houppier (A et B) et les faibles valeurs dans les parcelles témoins (zone H). Les valeurs du 14-septembre-2006 ont été supérieures à celles du 21-octobre-2006. Les valeurs du rendement ont été faibles aux heures chaudes et élevées au moment des faibles températures c'est-à-dire juste après le levé du soleil et peu avant le couché du soleil.



**Figure 4 :** Evolution de l'émission de la fluorescence des cultures en fonction des heures de mesure à la date du 14-septembre- 2006 à Noberé, Burkina Faso (A- Mil associé au baobab ; B- Mil associé au néré ; C- Tabouchi associé au baobab ; D- Tabouchi associé au néré).

### III. La phénologie du mil et du tabouchi

#### III.1. Evolution de la hauteur des plants

L'analyse des données de la <sup>hauteur</sup>phénologie du mil a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les hauteurs des plants dans les différentes zones (Tableau IV). Par contre, on a noté une différence significative ( $p \leq 0,05$ ) de la hauteur entre les plants sous les deux espèces fruitières à toutes les dates de mesure à l'exception des 78 et 92 JAS. Une interaction significative entre espèce et zone a été observée au 34 et 44 JAS. La hauteur des plants de tabouchi a présenté une différence hautement significative ( $p \leq 0,01$ ) entre les différentes zones et entre les espèces à chaque date de mesure à l'exception de 44 JAS. L'interaction entre les facteurs espèce et zone a été significative sauf au 34 et 92 JAS (tableau IV).

**Tableau IV : Analyse de variance de la hauteur du mil et du tabouchi en fonction de l'espèce d'arbre, de la zone et de leur interaction pour la campagne 2006 à Noberé, Burkina Faso.**

JAS	Mil			Tabouchi		
	Zone	espèce	Espèce*zone	Zone	espèce	Espèce*zone
34	ns	**	*	***	***	ns
44	ns	**	*	***	ns	***
49	ns	**	ns	***	**	***
55	ns	**	ns	***	*	***
63	ns	**	ns	***	**	**
71	ns	*	ns	***	**	***
78	ns	ns	ns	***	***	***
86	ns	*	ns	***	**	**
92	ns	ns	ns	*	**	ns

\*\*\* : ( $p \leq 0,001$ ) très hautement significative ; \*\* : ( $p \leq 0,01$ ) hautement significative ;

\*: ( $p \leq 0,05$ ) significative      JAS : Jours Après Semis. ns : non significative.

Les plants de mil ont une même évolution de la hauteur dans toutes les zones (figures 6A & 6B). Mais les plants de la zone A sous le néré ont en fin de cycle un ralentissement de la croissance par rapport aux autres zones sans expression d'une différence significative de hauteur entre les zones (figure 6B). Les plants de mil sous le baobab ont une hauteur supérieure à celle des plants sous le néré durant toute la période d'observation (figure 6A et B).

De façon générale, la hauteur des plants de tabouchi a diminué lorsqu'on s'éloigne du tronc des arbres de néré et de baobab (figures 6C & 6D) à l'exception de la zone ouverte (H)

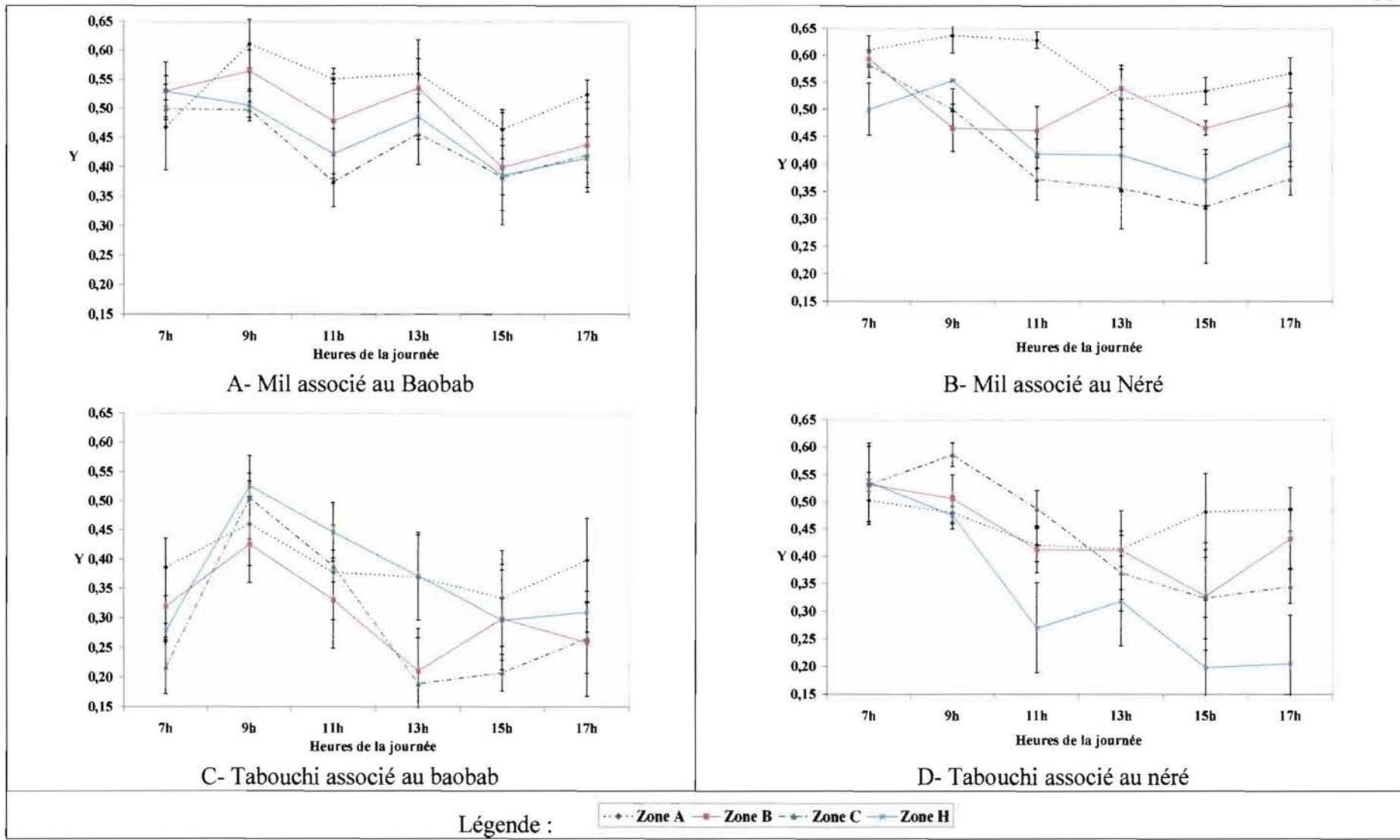
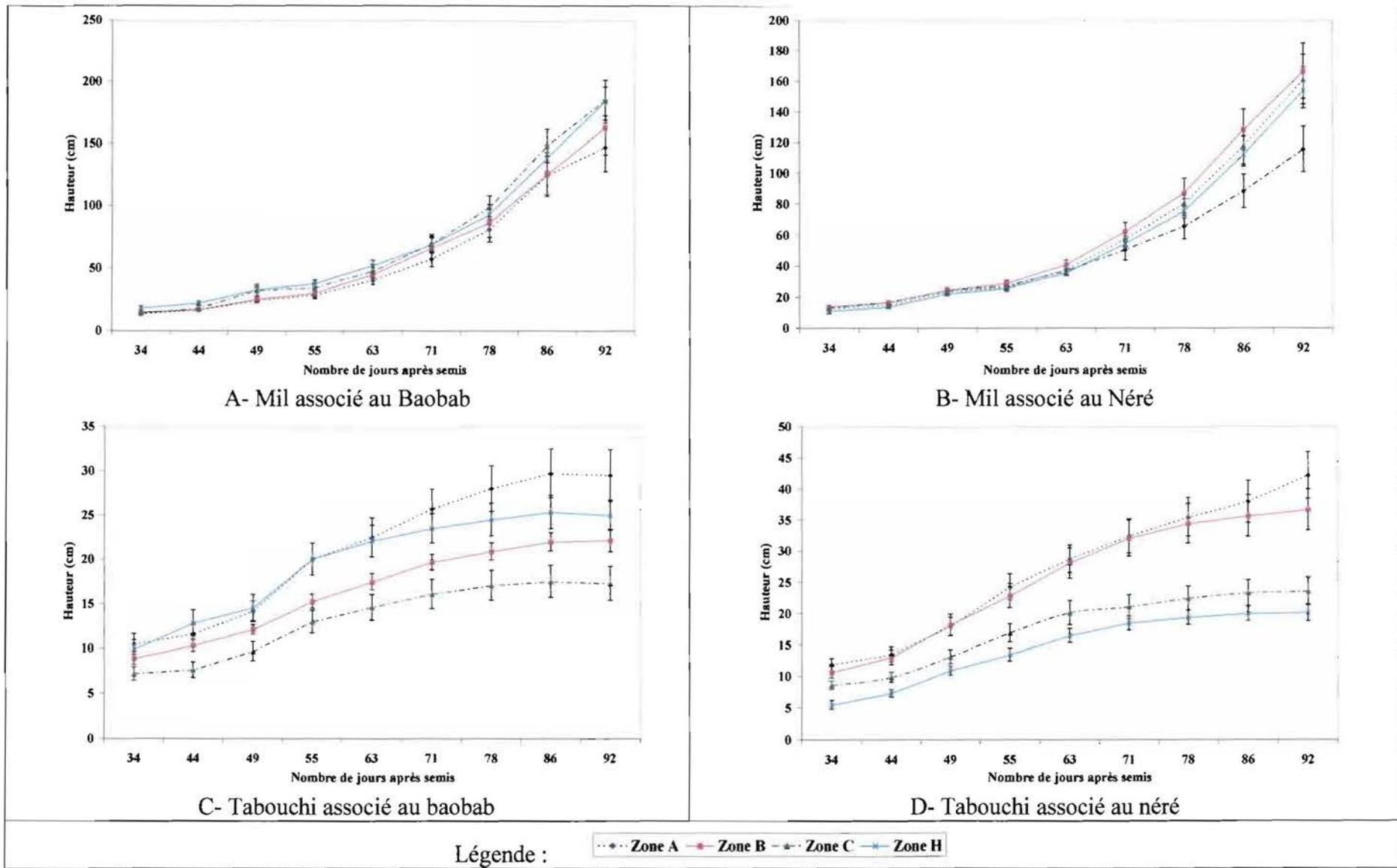


Figure 5 : Evolution de l'émission de la fluorescence des cultures en fonction des heures de mesure à la date du 21-octobre- 2006 à Noberé, Burkina Faso (A- Mil associé au baobab ; B- Mil associé au néré ; C- Tabouchi associé au baobab ; D- Tabouchi associé au néré).

associé au baobab (figure 6C). Les hauteurs des plants dans ces zones sans influence du baobab sont supérieures à celles des zones B et C. Aucune différence significative n'a été observée entre les hauteurs des plants de la zone A et H du 34 au 63 JAS. Après le 63 JAS, la croissance en hauteur des plants de la zone H semble s'être ralentie de sorte que la hauteur des plants de la zone A est apparue significativement supérieure à celle des plants de la zone H en fin de saison. Sous le néré les zones A et B se distinguent des zones C et H et cela de façon significative tout au long de la période de mesure (figure 6D). Ainsi les plants des zones A et B ont montré des hauteurs plus grandes que celles des plants des zones C et H.

En conclusion, les deux cultures ont des comportements différents pour leur croissance en hauteur selon les zones et les espèces fruitières associées. Le mil a une même croissance en hauteur dans toutes les zones sauf dans la zone située dans la moitié de la couronne des arbres autour du tronc où la hauteur est plus faible en fin de saison tandis que le tabouchi a une meilleure croissance en hauteur sous la couronne des arbres. Les meilleures croissances en hauteur du mil ont été obtenues sous le baobab alors que le tabouchi a eu les plus hautes plantes sous le néré.



**Figure 6 : Evolution de la hauteur des cultures dans les zones concentriques et dans les parcelles témoins en fonction du nombre de jours après semis pour la campagne 2006 à Noberé, Burkina Faso (A- Mil associé au baobab ; B- Mil associé au néré ; C- Tabouchi associé au baobab ; D- Tabouchi associé au néré).**

### III.2. Evolution de la surface foliaire

La surface foliaire des plants a eu une variation très hautement significative ( $p \leq 0,001$ ) entre les deux cultures et les zones à toutes les dates de mesure (Tableau V). Il existe aussi une différence hautement significative entre les surfaces foliaires des deux cultures en fonction des espèces fruitières ( $p \leq 0,05$ ).

**Tableau V : Analyse de variance de la surface foliaire du mil et du tabouchi en fonction de l'espèce d'arbre, de la zone et leur interaction pour la campagne 2006 à Noberé, Burkina Faso.**

JAS	Culture	Zone	espèce	Culture*zone	Espèce*zone
34j	***	***	**	*	ns
44j	***	***	**	*	ns
49j	***	***	**	ns	ns
55j	***	***	**	ns	ns
63j	***	***	**	ns	ns
71j	***	***	*	ns	ns
78j	***	***	**	ns	ns
86j	***	***	*	ns	ns
92j	***	***	**	ns	ns

\*\*\* : ( $p \leq 0,001$ ) très hautement significative ; \*\* : ( $p \leq 0,01$ ) hautement significative ; \* : ( $p \leq 0,05$ ) significative

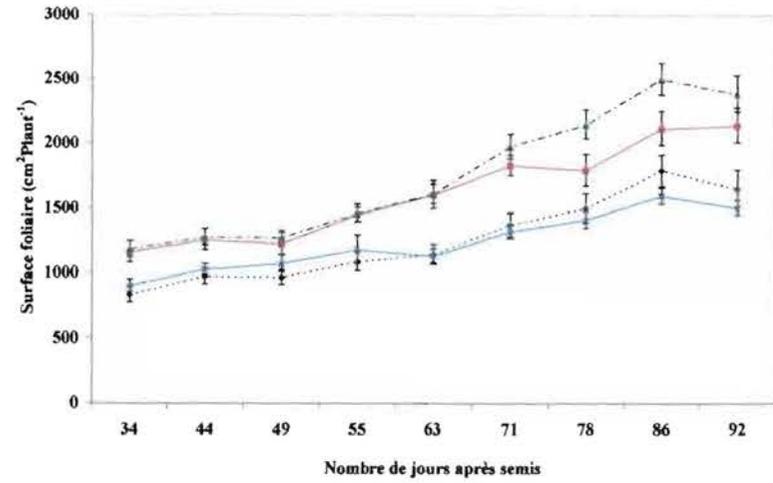
JAS : Jours Après Semis. ns : non significative.

Les plants de mil ont montré une surface foliaire moyenne supérieure à celle des plants de tabouchi tout au long de la période d'observation. Les surfaces foliaires enregistrées chez les cultures associées au néré (figures 7B & 7D) ont été en général plus élevées que celles des cultures associées au Baobab (figures 7A & 7C). Les plants de mil ont atteint leur surface foliaire maximale ( $1\,999,94 \text{ cm}^2 \text{ plant}^{-1}$  sous le baobab et  $2\,384,95 \text{ cm}^2 \text{ plant}^{-1}$  sous le néré) vers la fin de la saison tandis cette valeur maximale ( $1\,212,89 \text{ cm}^2 \text{ plant}^{-1}$  sous le baobab et  $1\,406,12 \text{ cm}^2 \text{ plant}^{-1}$  sous le néré) a été obtenue chez le tabouchi entre le 63<sup>ème</sup> et le 71<sup>ème</sup> JAS. Sous le baobab, les plants de mil dans les zones B et C ont montré une évolution similaire de la surface foliaire avec des valeurs toujours supérieures à celles des plants dans les zones A et H (figure 7A). C'est la zone B qui se distingue des autres zones sous le néré par ses plus fortes valeurs de la surface foliaire. La surface foliaire des plants de la zone A sous le néré a été la plus faible à partir de 55<sup>ème</sup> JAS jusqu'à 92<sup>ème</sup> JAS (figure 7B).

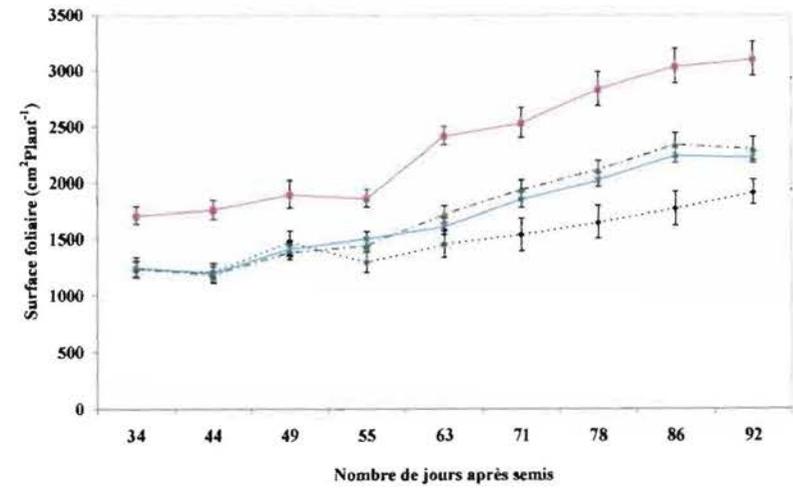
Les plants de tabouchi associés au baobab ont eu les plus grandes surfaces foliaires dans la zone A, viennent ensuite les plants des zones B et H et enfin ceux de la zone C (figure 7C). Sous le néré, la surface foliaire des plants de tabouchi a été plus élevée dans les zones sous

influence de l'arbre : les plants ont eu les plus grandes surfaces foliaires dans la zone B suivie des plants de la zone A puis ceux de la zone C et enfin les plants de la zone H qui ont montré les plus faibles surfaces foliaires (figure 7D).

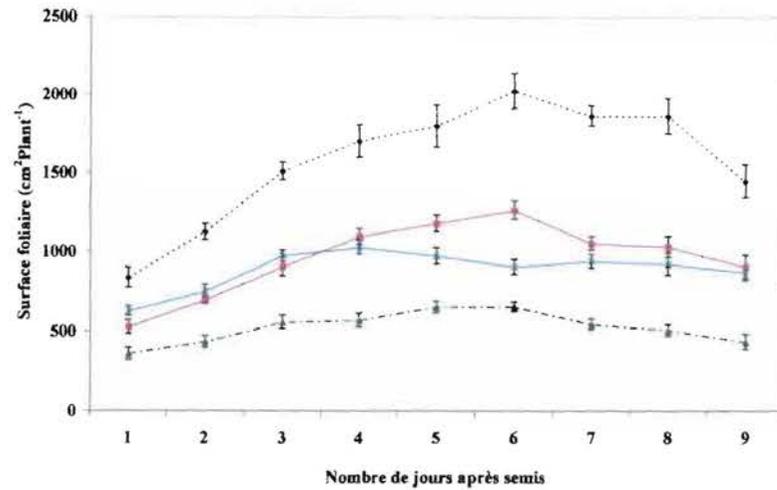
Le comportement des deux cultures a différencié par une surface foliaire plus grande chez le mil que chez le tabouchi. Les plants de mil ont eu les plus grandes surfaces foliaires dans la périphérie de la couronne tandis que ceux du tabouchi ont eu des surfaces foliaires plus élevées dans la zone à proximité du tronc des arbres de baobab et dans les zones sous la couronne du néré. Toutes les deux cultures ont présenté les plus fortes valeurs de la surface foliaire de leurs plants sous le néré.



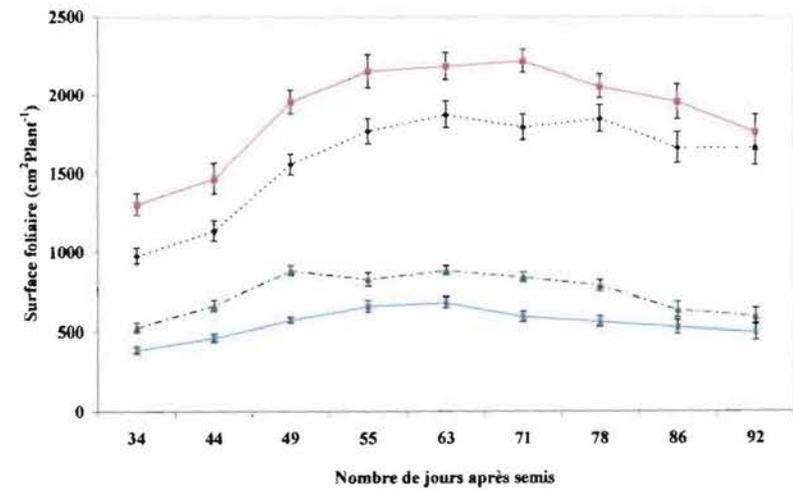
A- Mil associé au Baobab



B- Mil associé au Néré



C- Tabouchi associé au baobab



D- Tabouchi associé au néré

Légende :

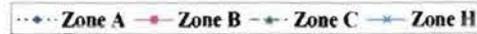


Figure 7 : Evolution de la surface foliaire des cultures dans les zones concentriques et dans les parcelles témoins en fonction du nombre de jours après semis pour la campagne 2006 à Noberé, Burkina Faso (A- Mil associé au baobab ; B- Mil associé au néré ; C- Tabouchi associé au baobab ; D- Tabouchi associé au néré).

### III.3. Evolution du nombre de talles

L'analyse du nombre de talles des plants du mil a montré l'absence de différence significative en début de saison mais il y a eu une différence significative ( $p \leq 0,05$ ) du 44<sup>ème</sup> au 63<sup>ème</sup> JAS et très hautement significative ( $p < 0,001$ ) de 63<sup>ème</sup> au 92<sup>ème</sup> (fin des mesures) entre les différentes zones (tableau VI). En fonction des espèces, le nombre de talles a varié significativement qu'au 71<sup>ème</sup> jour après semis ( $p \leq 0,05$ ).

L'analyse du nombre de talles des plants du tabouchi entre les différentes zones a montré une différence non significative au début des mesures (34<sup>ème</sup> jusqu'au 55<sup>ème</sup> JAS) et très hautement significative ( $p < 0,001$ ) de 63<sup>ème</sup> jusqu'au 92<sup>ème</sup> JAS entre les différentes zones (tableau VI). Il n'y a pas eu de différence significative entre le nombre de talles de la culture en fonction de l'espèce fruitière associée. De même il n'y a pas eu d'interaction significative entre espèce d'arbre et zone pour le mil à toutes les dates de mesure. En revanche l'interaction a été significative pour les talles de tabouchi du 63 au 92 JAS.

**Tableau VI : Analyse de variance du nombre de talles du mil et du tabouchi en fonction de l'espèce d'arbre, de la zone et leur interaction pour la campagne 2006 à Noberé, Burkina Faso.**

JAS	Mil			Tabouchi		
	Zone	Espèce	Espèce*zone	Zone	espèce	Espèce*zone
34j	-	-	-	-	-	-
44j	-	-	-	ns	ns	ns
49j	**	ns	ns	ns	ns	ns
55j	*	ns	ns	ns	ns	ns
63j	*	ns	ns	ns	ns	**
71j	*	*	ns	ns	ns	*
78j	*	ns	ns	ns	ns	**
86j	***	ns	ns	ns	ns	**
92j	***	ns	ns	ns	ns	*

\*\*\* : ( $p \leq 0,001$ ) très hautement significative ; \*\* : ( $p \leq 0,01$ ) hautement significative ; \* : ( $p \leq 0,05$ ) significative

JAS : Jours Après Semis. ns : non significative

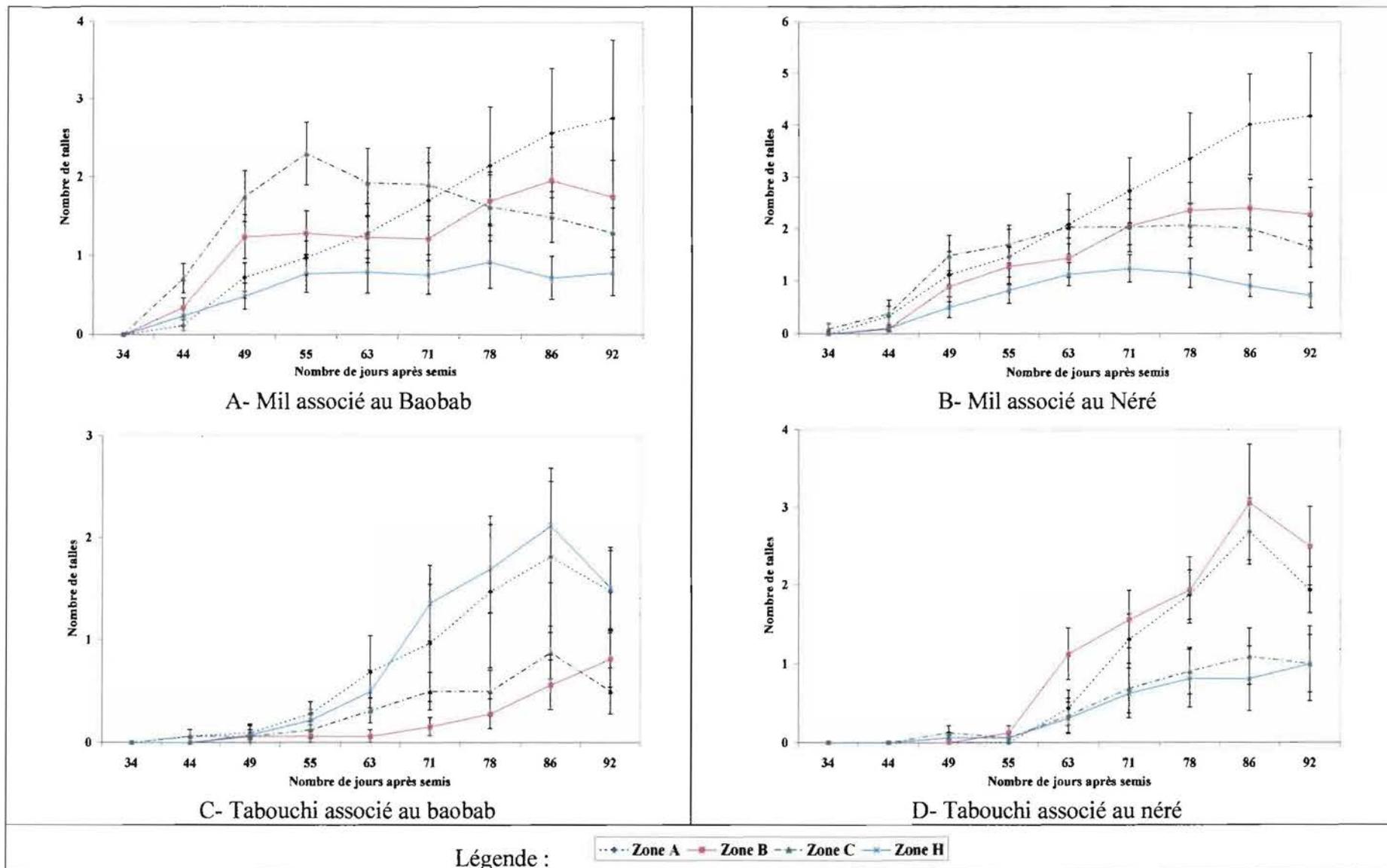
Les figures 8A, 8B, 8C et 8D montrent l'évolution du nombre de talles des plants du mil et du tabouchi sous le baobab et le néré. Le nombre de talles a augmenté de la première date jusqu'à la 3<sup>ème</sup> date à partir de laquelle il a commencé à diminuer dans la zone C sous le baobab (figure 8A).

Le nombre de talles des plants du mil dans la zone A sous le houppier a augmenté du début jusqu'à la fin des mesures sous les deux espèces. De la première date jusqu'à la 5<sup>ème</sup> date les plants de la zone C ont montré le plus grand nombre de talles et se sont différenciés ainsi des

autres zones (figures 8A & 8B). Cette différence a été plus marquée sous le baobab (figure 8A). Au 92<sup>ème</sup> JAS les plants de la zone A ont eu plus de talles ensuite viennent ceux des zones B et C et enfin ceux de la parcelle témoin (zone H) avec le plus faible nombre de talles (figures 8A & 8B).

Les plants du tabouchi ont commencé à émettre des talles à partir de la 4<sup>ème</sup> date (55<sup>ème</sup> JAS) de mesure. Le nombre de talles a augmenté de la 4<sup>ème</sup> date jusqu'à la 8<sup>ème</sup> date (86<sup>ème</sup> JAS), date à laquelle ce nombre a commencé à diminuer. Sous le néré, les plants des zones A et B situées sous la couronne ont émis plus de talles que ceux des zones C et H situées hors de la couronne (figure 8D). Sous le baobab, les plants des zones A et H ont émis plus de talles que ceux des zones B et C (figure 8C).

On peut conclure que le tallage est élevé chez les deux cultures sous toutes les deux espèces fruitières. Mais le tallage diminue en général dans la zone A chez le tabouchi en fin de saison alors qu'il est maintenu croissant chez le mil.



**Figure 8 : Evolution du nombre de talle des cultures dans les zones concentriques et dans les parcelles témoins en fonction du nombre de jours après semis pour la campagne 2006 à Noberé, Burkina Faso (A- Mil associé au baobab ; B- Mil associé au néré ; C- Tabouchi associé au baobab ; D- Tabouchi associé au néré).**

## IV. Evaluation agronomique et économique des productions

### IV.1. Evaluation agronomique

Il n'y a pas eu de différences significatives entre les zones pour le rendement du mil et toutes ses composantes (tableau VII). Par contre en fonction des espèces fruitières, le rendement et sa composante poids de l'épi ont varié significativement tandis que ses composantes poids des épis/m et poids des grains épi<sup>-1</sup> ont présenté des différences très hautement significatives. Aucune interaction significative n'a été observée entre zone et espèce.

Il y a eu entre les zones concentriques une différence significative du rendement en tubercules du abouchi. Cette différence significative a été aussi obtenue pour les composantes nombre de poquets m<sup>-2</sup>, nombre de tubercules m<sup>-2</sup> et longueur du tubercule (tableau VII). En fonction des espèces la longueur du tubercule et le rendement en tubercule ont varié significativement et on a noté une différence très hautement significative pour le nombre de tubercules m<sup>-2</sup> (tableau VII). Tout comme le mil, il n'y a eu aucune interaction significative entre zone et espèce d'arbre (Tableau VII).

**Tableau VII : Analyse de variance des paramètres de la production du mil et du tabouchi en fonction de l'espèce d'arbre et de la zone pour la campagne 2006 à Noberé, Burkina Faso.**

Culture	Variable	Zone	Espèce	Zone*Espèce
Mil	Nombre de Poquets m <sup>-2</sup>	ns	ns	ns
	Longueur d'un épi	ns	ns	ns
	Poids d'un épi	ns	*	ns
	Poids des Grains Epi <sup>-1</sup>	ns	***	ns
	Nombre d'épis m <sup>-2</sup>	ns	ns	ns
	Poids des épis m <sup>-2</sup>	ns	***	ns
	Rendement	ns	*	ns
Tabouchi	Nombre de Poquets m <sup>-2</sup>	*	ns	ns
	Poids du Tubercule	ns	ns	ns
	Longueur du Tubercule	*	*	ns
	Diamètre du Tubercule	ns	ns	ns
	Nombre de Tubercules m <sup>-2</sup>	*	***	ns
	Rendement	*	*	ns

\*\*\* : (p≤0,001) très hautement significative ; \* : (p≤0,01) hautement significative. \*: (p≤0,05) significative

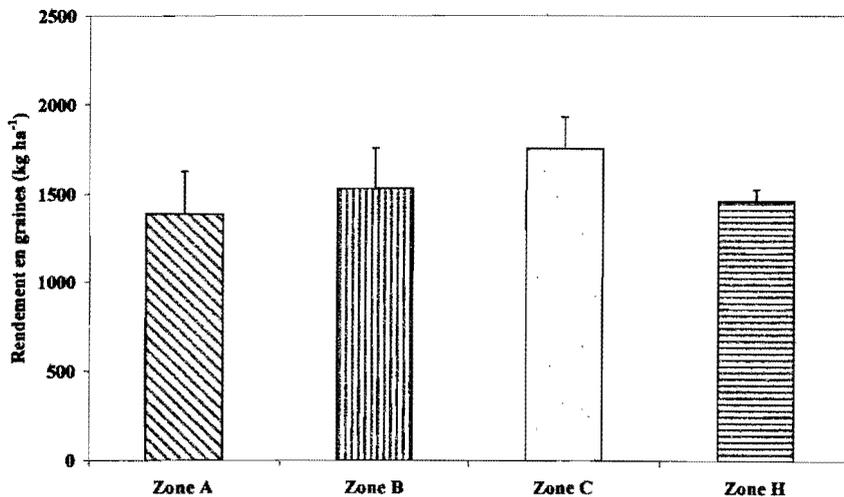
JAS : Jours Après Semis. ns : non significative.

Les trois figures 9, 10 et 11 donnent les moyennes des rendements du mil dans les zones A, B, C et H (parcelle témoin) en association avec le baobab (figure 9), avec le néré (figure 10) et pour chacune deux espèces (figure 11). On remarque bien que sous le baobab il n'y a pas eu de différence statistiquement significative, la zone A a le plus faible rendement (1 388,04±237kg ha<sup>-1</sup>), les zones B et H ont eu des

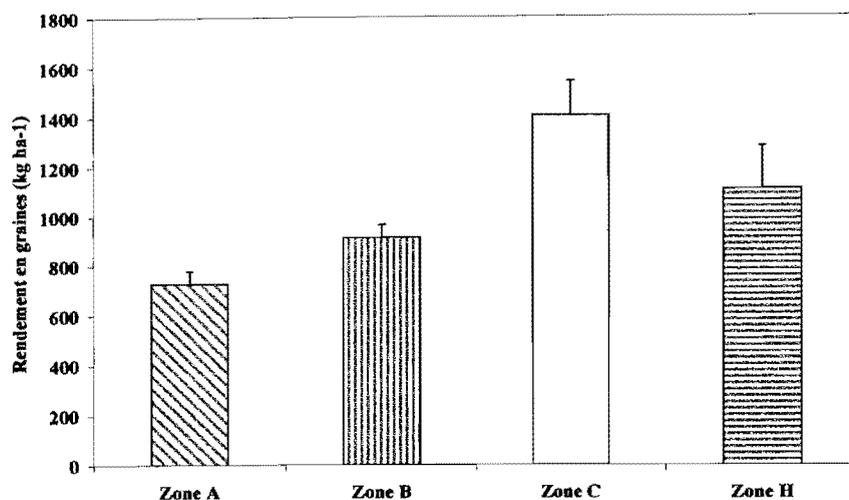
rendements moyens voisins ( $1\,530,81 \pm 227 \text{ kg ha}^{-1}$  et  $1\,460,93 \pm 65 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivement) et la zone C a eu le fort rendement ( $1\,754,17 \pm 177 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (figure 9).

Sous le néré il y a eu une différence hautement significative entre les différentes zones ; les zones A et B situées sous la couronne ont eu les faibles rendements ( $727,90 \pm 49 \text{ kg ha}^{-1}$  et  $913,48 \pm 49 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivement); les zones C et H situées hors de la couronne ont eu les forts rendements ( $1\,405,20 \pm 137 \text{ kg ha}^{-1}$  et  $1\,109,37 \pm 177 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivement) (figure 10).

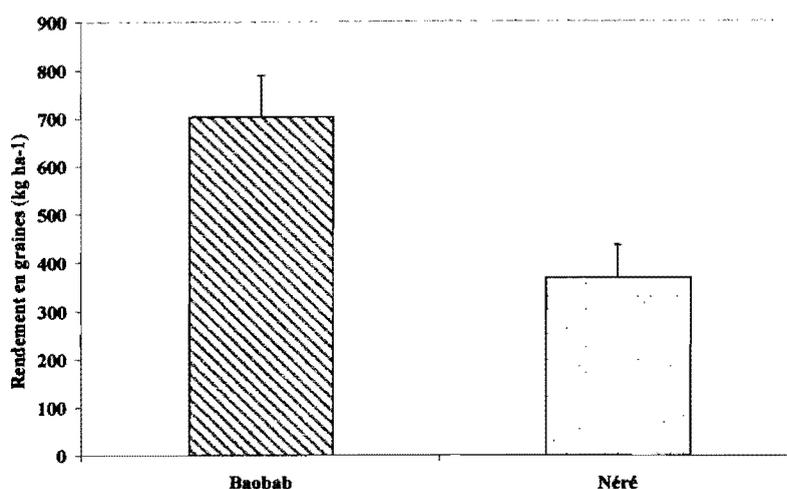
Les plus hauts rendements ont été obtenus sous le baobab en moyenne  $702,93 \pm 0,85 \text{ kg ha}^{-1}$  contre un rendement moyen de  $368,22 \pm 67 \text{ kg ha}^{-1}$  sous le néré (figure 11). Ces forts rendements sous le baobab s'expliquent surtout par le poids moyen de l'épis plus élevé (19,58 g sous le baobab et 13,65 g sous le néré) lui même dû au poids des graines par épi plus élevés (12,41g sous le baobab et 7,15g sous le néré).



**Figure 9 : Les rendements du mil associé au baobab dans les zones A, B, C et H en 2006 à Noberé, Burkina faso.**



**Figure 10 : Les rendements du mil associé au néré dans les zones A, B, C et H en 2006 à Noberé, Burkina faso.**



**Figure 11 : Les rendements du mil sous le néré et le baobab en 2006 à Noberé, Burkina faso.**

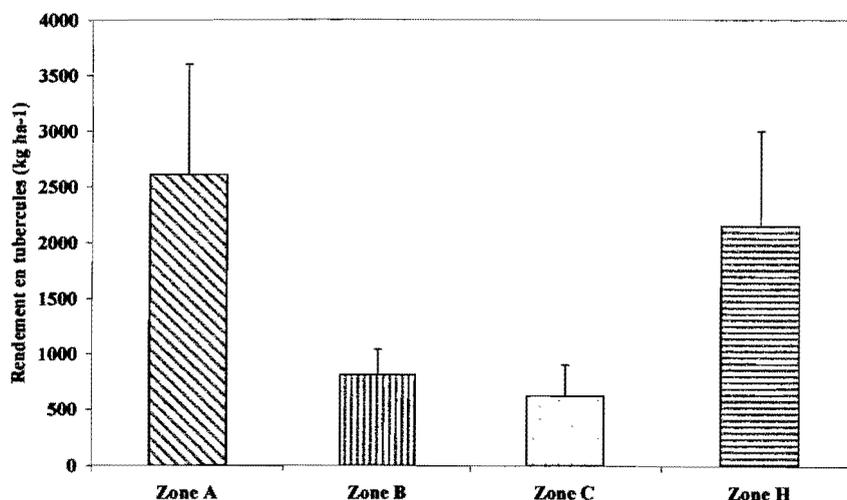
A la récolte la densité des plants de tabouchi a été plus élevée dans la zone A (5,97 poquets m<sup>-2</sup>) contre 4,34, 3,98 et 3,98 poquets m<sup>-2</sup> respectivement pour les zones H, B et C. Les tubercules ont été plus longs dans les zones B (3,99cm) et A (3,98 cm) alors que la longueur moyenne du tubercule a été de 3,52 cm dans la zone H et de 3,35cm dans la zone C. La zone A s'est distinguée aussi par le nombre de tubercule (48,59 tubercules m<sup>-2</sup>). Elle a été suivie de la zone H (32,63 tubercules m<sup>-2</sup>) et des zones B et C avec respectivement 28,12 et 18,60 tubercules m<sup>-2</sup>.

Les trois figures (12, 13, 14) donnent les moyennes de rendements du tabouchi dans les zones A, B, C et H en association avec le baobab (figure 12), avec le néré (figure 13) et pour chacune des deux espèces (figure 14). On remarque qu'il y a eu une différence statistiquement significative entre les différentes zones sous les deux espèces.

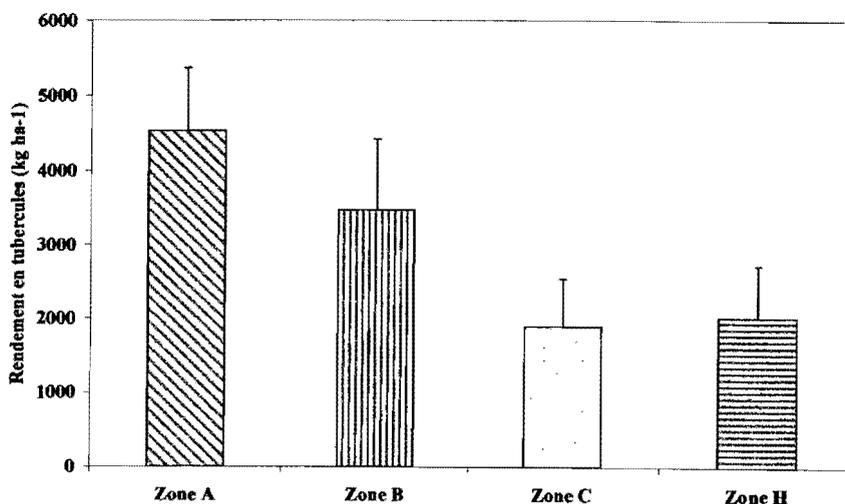
Sous le baobab les plus forts rendements ont été enregistrés dans les zones A ( $2\,608,85 \pm 990 \text{ kg ha}^{-1}$ ) et H ( $2\,151,34 \pm 844 \text{ kg ha}^{-1}$ ) qui se distinguent des zones B ( $807,97 \pm 2,29 \text{ kg ha}^{-1}$ ) et C ( $620,80 \pm 2,81 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (figure 12).

Sous le néré les plus forts rendements ont été enregistrés dans les zones A ( $4\,531,82 \pm 835 \text{ kg ha}^{-1}$ ) et B ( $3\,470,92 \pm 955 \text{ kg ha}^{-1}$ ) situées sous la couronne, et les plus faibles rendements dans les zones C ( $1\,893,62 \pm 648 \text{ kg ha}^{-1}$ ) et H ( $2\,011,71 \pm 704 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (figure 13).

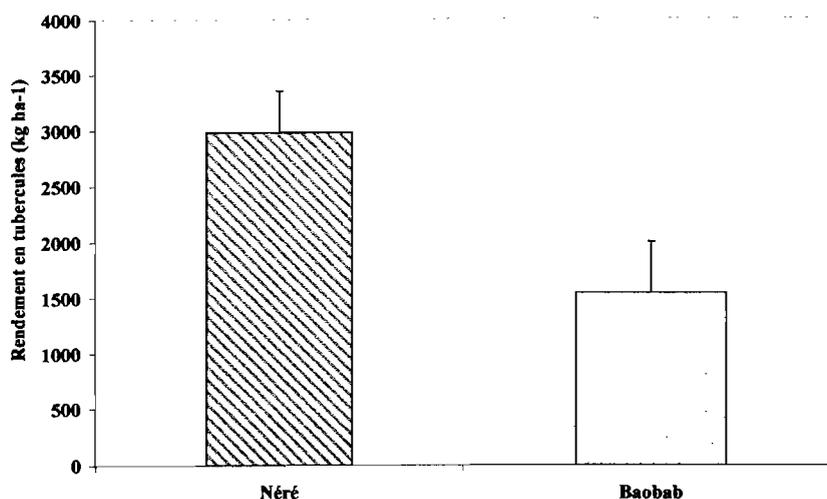
Contrairement au mil, les plus forts rendements ont été obtenus sous le néré ( $2\,977 \pm 373 \text{ kg ha}^{-1}$ ) et le rendement moyen sous le baobab a été de  $1\,547,5 \pm 453 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (figure 14). Sous le néré, on a compté le nombre de tubercules  $\text{m}^{-2}$  le plus élevé ( $40,79$  contre  $23,18$  tubercules  $\text{m}^{-2}$  sous le baobab) et aussi on a eu les tubercules les plus longs ( $3,93$  cm contre  $3,48$  cm sous le baobab).



**Figure 12 : Les rendements du tabouchi associé au baobab dans les zones A, B, C et H en 2006 à Noberé, Burkina faso.**



**Figure 13 : Les rendements du tabouchi associé au néré dans les zones A, B, C et H en 2006 à Noberé, Burkina faso.**



**Figure 14 : Les rendements du tabouchi sous le néré et le baobab en 2006 à Noberé, Burkina faso.**

En résumé, les deux cultures ont été différentes par leur production en fonction des zones et des espèces fruitières. Les meilleurs rendements de mil ont été obtenus sous le baobab tandis qu'ils ont été atteints pour le tabouchi sous le néré. La production du mil a été sensiblement la même dans toutes les zones alors que le tabouchi produit plus de tubercules dans la zone A.

#### **IV.2. Evaluation économique.**

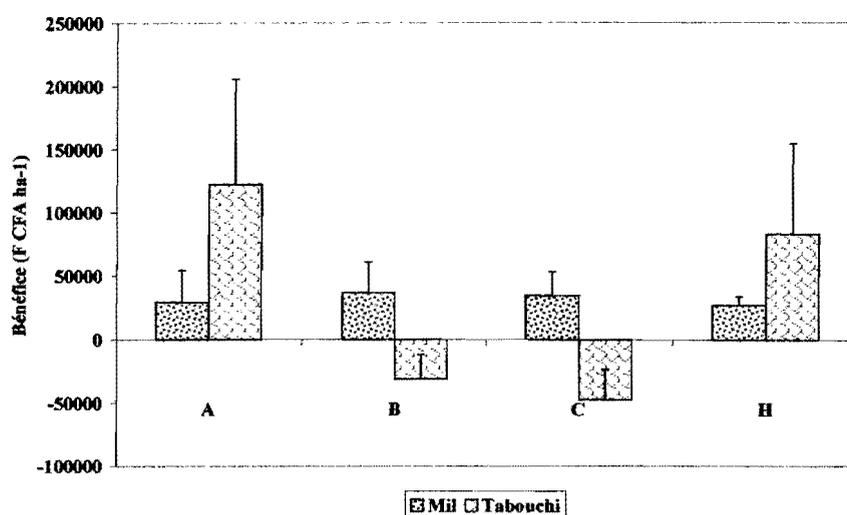
Les figures 15, 16 et 17 donnent les bénéfices estimés sur une surface d'un hectare que les producteurs peuvent tirer des productions du tabouchi et du mil en fonction des zones et des espèces fruitières associées. Ces bénéfices sont estimés en tenant compte du prix moyen des deux productions sur le marché de Noberé et des charges liées à l'entretien des cultures ainsi que l'engrais apporté.

Dans les conditions des zones B et C, la production du tabouchi associé au baobab a engendré des pertes respectives de  $31\,322,05 \pm 19\,534,75$  F CFA ha<sup>-1</sup> et de  $47\,231,62 \pm 23\,946$  F CFA ha<sup>-1</sup>. Par contre un gain a été réalisé dans la production du tabouchi associé au baobab dans les conditions des zones A ( $121\,752,47 \pm 84\,216,40$  F CFA ha<sup>-1</sup>) et H ( $82\,949,21 \pm 71\,752,30$  F CFA ha<sup>-1</sup>) (figure 15).

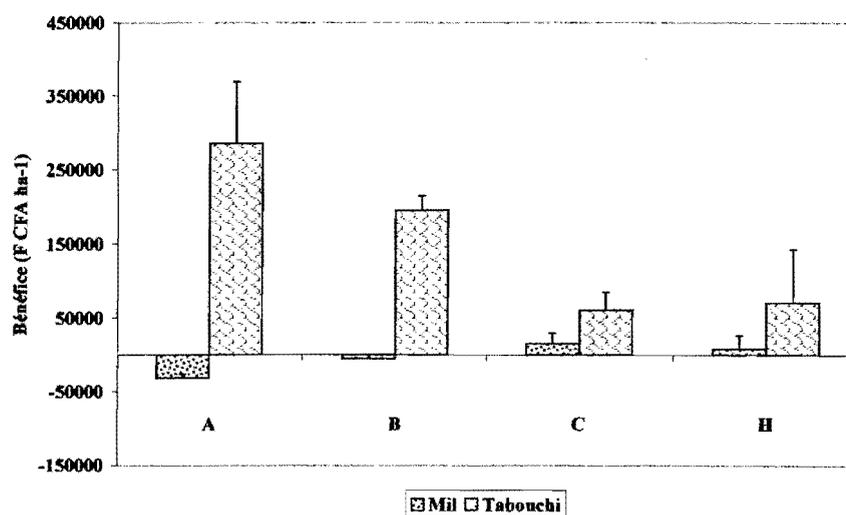
La production du mil en association avec le baobab a été bénéfique dans toutes les zones. Le gain monétaire moyen du mil associé au baobab est de  $31\,809,00 \pm 18\,593,16$  F CFA ha<sup>-1</sup> pratiquement semblable à celui du tabouchi qui est de  $31\,537,00 \pm 28\,121,78$  F CFA ha<sup>-1</sup> (figure 15).

La production du tabouchi associé au néré a été bénéfique dans toutes les zones avec des gains plus élevés dans les zones A ( $285\,204,474 \pm 84\,216,40$  FCFA  $\text{ha}^{-1}$ ) et B ( $195\,028,31 \pm 19\,534$  F CFA  $\text{ha}^{-1}$ ). Par contre, celle du mil a engendré des pertes dans les zones A ( $31\,637,63 \pm 515,32$  F CFA  $\text{ha}^{-1}$ ) et B ( $5\,407,99 \pm 5\,243,31$  F CFA  $\text{ha}^{-1}$ ) situées sous le houppier (figure 16).

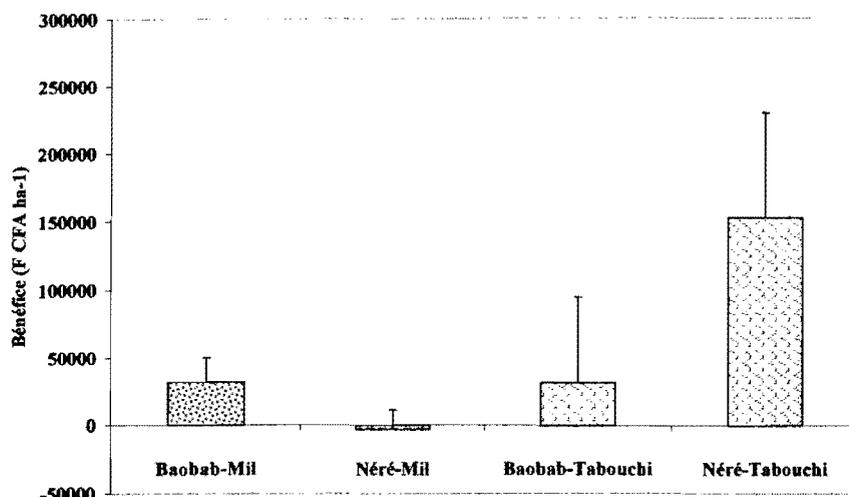
En association avec le néré, le mil a entraîné en moyenne une perte monétaire de  $3\,336,34 \pm 10\,705,48$  F CFA  $\text{ha}^{-1}$  tandis que le tabouchi a rapporté en moyenne un gain de  $153\,046,88 \pm 49\,862,57$  F CFA  $\text{ha}^{-1}$  (figure 17).



**Figure 15 : Les bénéfices du mil et du tabouchi en association avec le baobab en fonction des zones en 2006 à Noberé, Burkina faso.**



**Figure 16 : Les bénéfices du mil et du tabouchi en association avec le néré en fonction des zones en 2006 à Noberé, Burkina faso.**



**Figure 17 : Les bénéfices du mil et du tabouchi en fonction des espèces en 2006 à Noberé, Burkina faso.**

Nous pouvons conclure que la production du tabouchi a été plus bénéfique dans les zones fortement ombrageuses contrairement à la production du mil. Les recettes tirées des associations mil-baobab et tabouchi-baobab sont semblables alors qu'en association avec le néré, le tabouchi a engendré un gain élevé contre une perte pour l'association mil et néré.

## Discussion

### I. La transmission des radiations photosynthétiques actives (PAR)

Les couronnes des arbres ont eu une influence négative sur la transmission des radiations photosynthétiques actives. La réduction des PAR a été plus importante sous le néré où elle a atteint 75% dans la zone A au voisinage du tronc. Cette diminution est due à l'interception de la lumière par la couronne des arbres d'une part et par la diffusion de celle-ci par le feuillage et d'autre part par son utilisation au niveau des feuilles de la plante pour réaliser la photosynthèse (SINCLAIR & MUCHOW, 1999).

La différence de la proportion de PAR intercepté par les couronnes des deux espèces résiderait dans la différence de densité de leur feuillage, la hauteur et la forme de leur houppier. En effet, la cime du baobab est arrondie et le plus souvent éloignée du sol (BERHAUT, 1974) tandis que le houppier du néré est en boule (GUINKO, 1984) généralement très bas. La hauteur moyenne des arbres de baobab était de 15 m contre 10 m pour les arbres de néré. La lumière diffuse réfléchiée par la végétation avoisinante peut donc plus facilement atteindre les zones sous le baobab. La forme des houppiers le plus souvent en boule chez le néré, a aussi pu influencer l'intensité de l'interception de la lumière. Selon ZOMBOUDRE *et al.* (2005), la forme en boule de la couronne réduit la lumière de plus de 38% par rapport à la forme en balai. Ces derniers auteurs soulignent que cette réduction de la lumière a une incidence sur la photosynthèse et par conséquent sur la productivité des cultures sous-jacentes.

M/S/ pas  
de cas  
de photos.

### II. Le rendement de conversion de l'énergie photosynthétique (Y)

Les valeurs du rendement photosynthétiques (Y) observées dans notre essai ( $0,19 \leq Y \leq 0,65$ ) ont été toutes en dessous de la valeur de référence qui est de 0,83 (BJÖRKMAN & DEMMIG, 1987 ; LONG *et al.*, 1993) pour toute plante saine dans les conditions optimales de la photosynthèse. Cela dénoterait un état de stress des plants de mil et de tabouchi au moment des mesures. Plusieurs facteurs ont pu être la cause de cet état de stress dont la disponibilité de la lumière, le déficit hydrique, la température, l'état sanitaire des plants et/ou la carence en nutriments (EVANS, 1989 ; PEIXOTO *et al.*, 2002 ; BARBAGALLO *et al.*, 2003).

Les rendements photosynthétiques du mois de septembre ont été supérieurs à ceux du mois d'octobre. Cela pourrait résulter du déficit hydrique qui s'installe en fin de saison de pluie. En effet, le mois d'octobre correspond au dernier mois des pluies de la saison avec une

pluviométrie de 71 mm en 5 jours de pluie dans la première quinzaine. Par contre le mois de septembre a connu 7 jours de pluie avec 192 mm d'eau (Figure 1).

En général, les fortes valeurs de  $Y$  ont été enregistrées sous la couronne des arbres et aux heures les moins chaudes de la journée. Pourtant à ces moments (entre 7 h et 9 h le matin et entre 16 h et 18 h le soir) les valeurs de la radiation sont les plus faibles de la journée. Le facteur favorisant la photosynthèse pendant ces périodes de la journée serait essentiellement les basses températures. Ces basses températures expliqueraient aussi les fortes valeurs de  $Y$  sous les couronnes des arbres. En effet, selon JONSSON (1995) et BOFFA (1999), la couronne des arbres contribue à modérer la température dans la zone sous-jacente.

Les valeurs des rendements observées chez le tabouchi ont été de façon générale inférieure à celle du mil. Les plants de tabouchi ont donc été plus stressés que ceux du mil. La raison principale de cette différence de comportement résiderait dans la plus grande rusticité du mil notamment la tolérance aux fortes températures. Selon SINCLAIR & MUCHOW (1999a), le tabouchi atteint une intensité photosynthétique optimale à des températures comprises entre 15°C et 30° C alors que celle du mil se situe entre 35°C et 40°C (BOIS, 1993).

Les fortes températures seraient un facteur limitant à la réalisation de la photosynthèse chez les plants des deux cultures en zone ouverte où la valeur de la radiation photosynthétique active est maximale. A l'ombrage des arbres, la baisse de la température compense en partie la réduction des PAR ce qui s'est traduit par des rendements photosynthétiques plus élevés.

### III. La phénologie

L'ombrage a eu une influence sur la croissance des plants du mil et du tabouchi. En effet, les deux cultures ont des comportements différents pour leur croissance en hauteur selon les zones et les espèces fruitières associées. Le mil a eu une même croissance en hauteur dans toutes les zones sauf dans la zone située dans la moitié de la couronne des arbres autour du tronc où la hauteur a été plus faible en fin de saison tandis que le tabouchi a eu une meilleure croissance en hauteur sous la couronne des arbres. Les meilleures croissances en hauteur du mil ont été obtenues sous le baobab alors que le tabouchi a donné les plus hautes plantes sous le néré. La croissance plus élevée des plants du tabouchi sous les couronnes des espèces pourrait s'expliquer par une amélioration de l'humidité du sol et une baisse de la température sous les houppiers qu'en dehors des houppiers. L'humidité accrue sous les houppiers peut en outre être attribuée à l'effet de l'ombrage qui selon JONSSON (1995) contribue à modérer la température ambiante et à augmenter l'humidité de l'aire. Cet effet de l'ombrage selon ZOMBOUDRE *et al.* (2005) permet de réduire l'évaporation du sol et la transpiration des

cultures sous-jacentes. L'excès de l'humidité du sol et l'insuffisance de l'éclairement sous les houppiers pourraient expliquer en partie la faible croissance des plants du mil qui est une plante héliophile (BOIS, 1993). La croissance des plants du mil est liée non seulement à la fertilité et la lumière en qualité et en quantité. La réduction de la lumière par les couronnes des arbres a entraîné une réduction de la croissance des plants du mil qui a une préférence pour les zones ensoleillées (JONES *et al.*, 1992) par rapport aux plants du tabouchi qui est une plante tolérante à l'ombre (ONWUEME, 1978). En plus le mil comme toutes les autres céréales sont des espèces qui sont sensibles à l'ombre comme l'a démontré YAMEOGO (2004). Cependant les plants du mil ont une bonne croissance sous le baobab que sous le néré. Ce phénomène est lié à l'intensité de l'ombrage. Le néré qui a une couronne en parabole proche du sol et un feuillage dense (GUINKO, 1984) intercepte plus les radiations solaires que le baobab qui a un houppier haut et un feuillage moins dense. La faible croissance du mil dans la zone située dans la moitié de la couronne en fin de saison pourrait s'expliquer par le déficit hydrique lié à la rareté des pluies et une faible aération de cette zone. Par contre le tabouchi qui est une espèce tolérante à l'ombre (THERRY *et al.*, 1980) a eu ses plus hauts plants situés sous les couronnes des arbres. Sa croissance est encore meilleure que le mil sous le néré qui a beaucoup d'ombre. Cette différence de croissance se répercute sur la surface foliaire.

Ainsi le comportement des deux cultures a différé avec une surface foliaire plus grande chez le mil que chez le tabouchi. Les plants de mil ont développé les plus grandes surfaces foliaires dans la périphérie de la couronne tandis que ceux du tabouchi ont eu des surfaces foliaires plus élevées dans la zone à proximité du tronc des arbres de baobab et dans les zones sous la couronne du néré. Toutes les deux cultures ont présenté les plus fortes valeurs de la surface foliaire des plants sous le néré. Cette tendance pourrait s'expliquer par le fait qu'il y a plus d'humidité sous le néré que sous le baobab. L'humidité accrue et l'amélioration de la fertilité du sol sous le néré sont dues à l'intensité de son ombrage et la chute des feuilles qui enrichit le sol en éléments minéraux (SAMBA, 1997 ;SAMBA, 2001). Cet effet de l'ombrage diminue l'évaporation du sol. Les plants du mil ont eu en général la plus grande surface foliaire que les plants du tabouchi. Cela est dû au fait que les plants du mil émettent plus de feuilles (en moyenne 8 feuilles par plant) que les plants du tabouchi (en moyenne 4 feuilles par plant). Mais cette différence n'a été observée que hors le houppier des arbres. Sous la couronne, les plants du tabouchi ont produit les plus grandes surfaces foliaires. Sous les arbres, les conditions qui y existent telles l'augmentation de l'humidité, la fertilité du sol et la réduction de la lumière sont favorables à l'apparition des feuilles mais aussi au tallage des cultures (YOUNG, 1986).

Le tallage est élevé chez les deux cultures sous toutes les deux espèces fruitières. Mais le tallage a été faible en général dans la zone A chez le tabouchi en fin de saison alors qu'il a été maintenu en croissance chez le mil. Le tabouchi est une plante qui est très sensible au manque d'eau ce qui explique une diminution de son tallage en fin de la saison des pluies. Tandis que le mil, qui est une espèce qui supporte plus les manques d'eau a eu son nombre de talles qui ont continué d'augmenter.

#### **IV. Evaluation agronomique et économique des productions**

Tout comme la croissance, les deux cultures ont été différentes par leur production en fonction des zones et des espèces fruitières. Les meilleurs rendements ont été obtenus sous le baobab pour le mil et sous le néré pour le tabouchi. La production du mil a été sensiblement la même dans toutes les zones alors que le tabouchi a produit plus de tubercules dans la zone A.

La production à l'opposé de la surface foliaire, a été plus élevée pour le tabouchi en comparaison avec le mil. La faible production du mil est non seulement due à la qualité et à la quantité de la lumière, parce que une réduction de la lumière de 24% ou plus a une incidence sur les radiations photosynthétiques actives qui entraînera un ralentissement de la photosynthèse et cela a pour conséquence une réduction de la production des céréales comme l'ont démontré JONSSON *et al.* (1999) et BAYALA *et al.* (2002). Mais si nous prenons par espèce ; il est ressorti que sous le baobab le mil a eu un rendement plus élevé que le tabouchi. La principale cause de cette tendance serait liée à la hauteur du baobab qui est plus grande et le feuillage qui est moins dense que celui du néré donc la lumière arrive sous le baobab en quantité et en qualité favorable à la photosynthèse. En plus nous avons remarqué que malgré l'importance de l'humidité et la fertilité du sol sous les houppiers des néré, la production du mil est restée inférieure à celle du tabouchi et à celle relevée hors des houppiers. Des observations semblables ont été faites sur la culture du sorgho (MAIGA, 1987 ; KESSLER, 1992 ; YAMEOGO, 2004), le maïs (ZOMBOUDRE *et al.*, 2005) associés au néré ou les rendements avaient diminué dans les zones situées sous les houppiers. Ces auteurs soulignent que cette diminution des rendements est fortement corrélée à une diminution régulière de l'intensité lumineuse mesurée sous les houppiers. Similairement sous nos espèces nous avons eu une réduction de la lumière de plus de 40%. Le mil est une plante en C4 contrairement au tabouchi qui est une espèce de sous bois (JOHNSON & ONWUEME, 2000). Il a donc besoins d'une intensité plus élevée de l'énergie solaire pour réaliser une photosynthèse optimale (DE RIDER *et al.*, 1982) ce qui expliquerait en partie ses faibles rendements sous les houppiers.

Ces performances de production des deux cultures avec les deux espèces fruitières ne permettent pas à elles seules de décider de la possibilité de remplacer le mil par le tabouchi en culture sous les arbres du parc de Noberé. Il faut en effet tenir compte des charges de production pour estimer le profit tiré de la production de chaque culture. L'évaluation économique a montré qu'il serait plus rentable de produire du tabouchi sous le néré et dans la zone A sous le baobab alors que la production du mil a engendré des pertes sous le néré. En effet la substitution du mil par le tabouchi dans les zones sous influence du néré engendrerait un gain supplémentaire que sous le baobab pour le producteur. Le tabouchi rentabilise mieux dans les zones ombrageuses du néré que le mil qui engendre des pertes.

## Conclusion et perspectives

L'ombrage des deux espèces a eu une influence sur la phénologie et la production du tabouchi et du mil même si l'impact n'est pas la même chez les deux cultures.

Les deux cultures ont eu des comportements différents pour leur croissance en hauteur selon les zones et les espèces fruitières associées. Le mil a eu une même croissance en hauteur dans toutes les zones sauf dans la zone située dans la moitié de la couronne des arbres autour du tronc où la hauteur a été plus faible en fin de saison tandis que le tabouchi a eu une meilleure croissance en hauteur sous la couronne des arbres. Les meilleures croissances en hauteur du mil ont été observées sous le baobab alors que le tabouchi a eu les plus hautes plantes sous le néré. Le tabouchi a une bonne croissance sous les couronnes des arbres que le mil. Cette tendance vérifie notre première hypothèse.

Le comportement des deux cultures a différencié par une surface foliaire plus grande chez le mil que chez le tabouchi. Les plants de mil ont eu les plus grandes surfaces foliaires dans la périphérie de la couronne tandis que ceux du tabouchi ont des surfaces foliaires plus élevées dans la zone à proximité du tronc des arbres de baobab et dans les zones sous la couronne du néré. Toutes les deux cultures ont présenté les plus fortes valeurs de la surface foliaire chez les plants sous le néré.

Le tallage a été élevé chez les deux cultures sous toutes les deux espèces fruitières. Mais le tallage a diminué en général dans la zone A chez le tabouchi en fin de saison alors qu'il a été maintenu en croissance chez le mil.

Tout comme la croissance, les deux cultures ont été différentes par leur production en fonction des zones et des espèces fruitières. Les meilleurs rendements ont été obtenus sous le baobab pour le mil et sous le néré pour le tabouchi. Cette différence de productions des cultures sous les deux espèces confirme notre deuxième hypothèse. La production du mil a été sensiblement la même dans toutes les zones alors que le tabouchi a produit plus de tubercules dans la zone A. Il est ressorti des calculs qu'il est plus bénéfique de produire le tabouchi sous les arbres que le mil malgré la pénibilité de son travail de plantation et récolte et ses exigences en intrants et en eau durant tout son développement.

Les difficultés majeures de l'étude ont été le manque de données de base sur la production spécifique et les rendements du tabouchi, les caractéristiques physico-chimiques du sol, et la confusion du tabouchi avec le taro. Par ailleurs, la présente étude a besoin d'être poursuivie afin de prendre en compte la variabilité des conditions pluviométriques entre les années pour faire des recommandations d'options de production rentables et durables.

## Références bibliographiques

**AKE A. L. & GUINKO S. 1991.**, Plantes utilisées dans la médecine traditionnelle en Afrique de l'Ouest. Edition Roche (France), 151 p.

**ARBONNIER M., 2000.** Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Deuxième édition, CIRAD, MNHN, UICN, 573 p.

**ASSANE M., BABA M. R. & SERE A., 1993.** Antihypertensive action of *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. Seeds in therat. Dakar Medical 38: 49-54.

**ASUZU I.U. & HARVEY A.L., 2003.** The antsnake venom activities of *Parkia biglobosa* (Mimosaceae) stem bark extract. *Toxicon*, 42:763-768.

**AUBREVILLE A., 1950.** Flore forestière soudano-Guineenne AOF. Cameroun AEF. 523 p.

**BARBAGALLO RP., OXBOROUGH K., PALLET KE. & BAKER NR., 2003.** Rapid, non-invasive screening for perturbations of metabolism and plant growth using chlorophyll fluorescence imaging. *Plant Physiology*, 132: 485-493.

**BAYALA J. & LAMIEN N., 1997.** Caractérisation du parc à karité dans le système de production à base de céréales du terroir Dimolo. INERA/CNRST, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 46 p.

**BAYALA J., 2002b.** Tree crown pruning as a management tool to enhance the productivity of parkland in West Africa. PhD. Thesis, School of Agricultural and Forest Sciences, University of Wales, Bangor, 207 p.

**BAYALA J., TEKLEHAIMANOT Z. & OUEDRAOGO S.J., 2002.** Millet production under crown pruned tree in parkland. *Agroforestry Systems*, 54: 203-214.

**BECKER B., 1983.** The contribution of wild plants to human nutrition in the Ferlo (Northern Senegal), *Agroforestry Systems*, 1: 257-267.

**BELL A., MÜCK O. & SCHULER B., 1980.** Les plants à racines et tubercules en Afrique : une contribution au développement des technologies de récolte et d'après-récolte. *Tropical Sciences*, 13: 251-263.

**BERHAUT J., 1974.** Flore illustrée du Sénégal. Tome II, Clairafrique, Dakar, Sénégal, 241-245.

**BJÖRKMAN O. & DEMMIG B., 1987.** Photon yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. *Planta*, 170: 489-504.

**BOFFA J.M., 1995.** Productivity and management of agroforestry parklands in the Sudan Zone of Burkina Faso, West Africa. PhD. Thesis. Purdue Univ. USA, 99p.

- BOFFA J.M., 1999.** Agroforestry parklands in sub-Saharan Africa. FAO Conservation Guide 34. Rome, Italy. 230 p.
- BOFFA J.M., 2000.** Les parcs agroforestiers en Afrique de l'Ouest: clés de la conservation et d'une gestion durable. *Unasylva*, 51: 11-17.
- BOIS J.F., 1993.** Effet de la contrainte hydrique sur la photosynthèse du mil. 13 108 St Paul Lez Durance Cedex ; DPVE, Centre d'étude de Cadarache, 162-171.
- BONKOUNGOU G.E., AYUK, E.T. & ZOUNGRANA I., 1993.** Les parcs agroforestiers des zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest, 226 p.
- BONKOUNGOU G.E., 1987.** Monographie du néré *Parkia biglobosa* (Jacq Benth), espèce agroforestière à usages multiples. IRBET/CNRST, Ouagadougou, Burkina Faso, 69 p.
- BONNAH B., AKIKOKOU K.A., AKPAGANA K. & GBEASSOR M., 1998.** Contribution à l'étude des propriétés pharmacologiques des extraits hydro-alcooliques des graines de *Parkia biglobosa*. *Sciences & Médecine*, 00: 12-15.
- BOURKE D.OD., 1963.** The West African Millet crop and its improvement. *Sols Africains*. 18: 121-132.
- BURKILL H.M., 1995.** The useful plants of West tropical Africa. 2<sup>nd</sup> Edition, Royal Botanical Garden, Kew, 3, 857 p.
- CANTINI C., 1994.** L'Agrométéorologie du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) Leeke). Service Météorologie Nationale du Niger. (Ed.) Secrétariat de OMM. 130 p.
- CATHERINET M., 1965.** Note sur la culture du macabo et du taro au Cameroun. L'agronomie tropicale, publication mensuelle. Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières. IREA/INRA, 10: 717-724.
- Center for Ecology & Hydrology (C.E.H.) 2000.** Minimising competition in dryland agroforestry. INCO-DC: International Cooperation with Developing countries (1994-1998) 1-1-1999 to 31-10-2000.
- COMPAORÉ A., 2002.** Effet de la taille du houppier sur la production fruitière du karité (*Vitellaria paradoxa* (Gaertn). C. F.), du néré (*Parkia biglobosa* (Jacq). Benth.) et sur le développement du sorgho (*Sorghum spp.* Moench.) en culture associée dans les parcs agroforestiers à Saponé (province du Bazèga, Burkina Faso). ENEF/ Bobo-Dioulasso, 87 p.
- COMPAORE S. P., 2002.** Culture et contraintes socio-culturelles de régénération des parcs à baobab dans les provinces du Bam et du Sanmatenga (Burkina Faso). Mémoire de fin d'étude d'inspecteur des Eaux et Forêts. ENEF/ Bobo-Dioulasso, 57 p.
- DE RIDER N., STROOSNIJDER L. & Cisse A.M., 1982.** La productivité des pâturages sahéliens : une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Test du cours PPS, Tome I, Théorie. Université Agronomique, Wageningen, Pays-Bas. 233 p.

- DENIS J., 1984.** Manuel des principales cultures sahéennes. Tome 1. Publications Agrhymet, Niamey, 173 p.
- DIAKITE T. & DEMBELE M., 1998.** Gestion des parcs champêtres à karité au Mali. Rapport du programme collaboratif IER/ICRAF-SALWA ,16 p.
- DIOP A.G., SAKHO M., DORNIER M., CISSE M. & REYNES M., 2005.** Le baobab africain (*Adansonia digitata* L.) : principales caractéristiques et utilisations. *fruit*, 61(1) : 55-69.
- EVAN JR., 1989.** Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C<sub>3</sub> plants. *Oecologia* 78: 9-19.
- FAO, 1991.** Racines, tubercules, plantains et bananes dans la nutrition humaine. Italie FAO Document Nutrition. 5(24), 196 p.
- FONTES J. & GUINKO S., 1995.** Carte de végétation et d'occupation du sol du Burkina Faso. Note explicative. Institut de la Carte Internationale de la Végétation/(UMR9964) Centre National de Recherche Scientifique/Université de Toulouse III. Institut du Développement Rural/Faculté des Sciences et Techniques/Université de Ouagadougou (Burkina Faso). 69 p.
- GBANGOU Y.R., 2005.** Analyse de la demande des produits forestiers non ligneux des ménages riverains du Parc National Kaboré Tambi (Burkina Faso). Mémoire de fin d'étude, option Sociologie et Economie Rurales ; UPB/IDR/Bobo-Dioulasso, 62 p.
- GENTY B., BRIANTAIS J.-M. & BAKER NR., 1989.** The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica and Biophysica acta* 990: 87-92.
- GIJSBERS H.J.M., KESSLER J.J. & KNEVEL M.K., 1994.** Dynamics and natural regeneration of woody species in farmed parkland in the Sahel region (Province of Passoré) Burkina Faso. *Forest Ecology and Management*, 64: 1-12.
- GUINKO S. & PASGO L.J., 1992.** Harvesting and marketing of edible products from local woody species in Zitenga, Burkina Faso. *Unasylva*, 43(168): 16-19.
- GUINKO S., 1984.** Végétation de Haute de Volta. Tome 1. Thèse de doctorat science naturelles université de Bordeaux III U.E.R. Aménagement et ressources naturelles, département l'homme et son environnement. 318 p.
- HALL J.B., AEBISCHER D.P., TOMLINSON H.F., OSEI6AMANING E. & HINDLE J.R., 1996.** *Vitellaria paradoxa*. A Monograph. School of Agriculture and Forest Sciences, University of Wales Bangor, UK, 105 p.
- HARLAN J.R., 1974.** Geographical patterns of variations in some cultivated plants. *Journal of Heredity*, 66: 182-191.

- HOPKINS H.C. & WHITE F., 1984.** The ecology and chorology of *Parkia* in Africa. Bulletin jardin Botanique naturelle Belgique 54: 235-266.
- JAUHAR P.P., 1981.** Cytogenetics and breeding of pearl millet and related species. Edited by: Alan R. Liss. New York (USA) 289 p.
- JONSSON K., 1995.** Agroforestry in dry savannahs areas in Africa: interactions between trees, soils and crops. PhD. Dissertation. Swedish Univ. of Agricultural Science. Umea, Sweden, 92p.
- JOHNSON M. & ONWUEME I.C., 1998.** Effect of shade on photosynthetic pigments in the tropical root crops: yam, taro, cassava and sweet potato. *Experimental Agriculture*, 34: 301-312.
- JOHNSON M. & ONWUEME I.C., 2000.** Influence of shade on stomatal density, leaf size and other leaf characteristics in the major tropical root crops: tannia, sweet potato, yam, cassava and taro. *Experimental Agriculture*, Cambridge University Press, 34: 509-516.
- JONES H.G. & CORLETT J.E., 1992.** Current topics in drought physiology. *Journal of Agriculture Sciences*, 119: 291-296.
- JONSSON K., ONG C.L. & ODPNGOS 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.
- KABORE D., 2004.** Etude des caractéristiques nutritionnelles et technologiques du tabouchi (*Xanthosoma sagittifolium*). Mémoire de DEA : Sciences alimentaires et nutritionnelles au DBM. Université de Ouagadougou (Burkina Faso), 51 p.
- KAISER W.M., 1985.** Effects of water deficit on photosynthetic capacity. *Physiology Plantarum*, 71: 142-149.
- KATER L.J.M., KANTE S. & BULDELMAN A., 1992.** Karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) associated with crops in south Mali. *Agroforestry Systems*, 18: 89-105.
- KERHARO J. & ADAM J.G., 1974.** La pharmacopée sénégalaise traditionnelle - Plantes médicinales. In : Diop A.G., Sakh M., Dornier M., Cissé M. & Reynes M. (Eds) : Le baobab africain (*Adansonia digitata* L.): Caractéristiques et utilisations. Montpellier Cedex 5 (France) , 61(1): 55-69pp.
- KESSLER J.J.B., 1992.** The influence of karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) trees on Sorghum production in Burkina Faso. *Agroforestry Systems* 17:97-105.
- KI G., 1994.** Etude socio-économique de la gestion de *Parkia biglobosa* (Jacq.) R.Br. EX G. Don (néré) au Burkina Faso. Mémoire de fin d'études. Université de Ouagadougou, 146 p.

- KOUADIO F., KANDO C., JUGE M., GRIMAUD N., JEAN A., N'GUESSAN Y.T. & PETIT Y.J., 2000.** Analgesic and anti-inflammatory activities of an extract from *Parkia biglobosa* used in traditional medicine in the Ivory Coast. *Phytotherapy Research* 14: 635-637.
- LEAKEY R.R.B. & SANCHEZ P.A., 1997.** How many people use agroforestry products?, *Agroforestry today*, 9(3): 4-5.
- LONG SP., POSTL WF. & BOLHAR-NORDENKAMPF HR., 1993.** Quantum yield for uptake of carbon dioxide in C3 vascular plants of contrasting habitats and taxonomic groupings. *Planta*, 189: 226-234.
- LUNGREN A., 1987.** ICRAF's first ten years. *Agroforestry Systems*, 5: 197-217.
- MAÏGA A., 1987.** L'arbre dans les systèmes traditionnels agroforestiers dans la province de Bazèga, influence du karité et du néré et de l'*Acacia albida* sur le sorgho et le petit mil. Rapport de stage, IRBET/CNRST, Ouagadougou. 86 p.
- MAÏGA A., 1988.** Contribution à la prospection et à la sélection des peuplements de *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. au Burkina Faso. CNRST/IRBET.
- MARANGA E. K., 1984.** Influence of *Acacia tortilis* trees on the distribution of *Panicum maximum* & *Digitaria macroblephara* in South Central Kenya. MsC Thesis, Texas A & M University.
- MATIG E.O., NDOYE O., KENGUE J.E.T. & AWONO A., 2006.** Les fruitiers forestiers comestibles du Cameroun. Ministère des forêts et de faune, direction de la promotion et de la transformation des produits forestiers, MINRSI, IRAD, CIFOR, IPGRI/SAFORGEN Yaoundé (Cameroun), 220 p.
- MAXWELL K. & JOHNSON G.N., 2000.** Chlorophyll fluorescence- a practical guide. Oxford University Press. *Journal of Experimental Botany*, 51(345): 659-668.
- MESSIER C. & BELLEFLEUR J., 1988.** Light quality on the forest floor of pioneer and climax stages in birch-beech-sugar maple STAN; *Canadian Journal of Forest Resources*, 18: 615-622.
- Ministère de la coopération et du développement, 1991.** Mémento de l'agronome. Quatrième édition, Collection "technique rurales en Afrique", République française, Ministère de la Coopération et du Développement. 1635 p.
- MUHAMMAD S. & AMUSA N.A., 2003.** Distribution and socio-economics of two leguminous tree species. *Global Journal of Agriculture Sciences*, 2: 122-126.
- NACOULMA O., 1996.** Plantes médicinales et Pratiques médicales traditionnelles au Burkina Faso: cas du plateau central. Tome I. Thèse de Doctorat d'Etat es Sciences Naturelles. Université de Ouagadougou, 320 p.

- NDIR B., LOGNAY G., WATHELET B., CORNELIUS M.M. & THONART P., 2000.** Chemical composition of netetu, a food condiment from fermented *Parkia biglobosa* seeds. *Biotechnology Agronomy Sociology Environment*, 4: 101-105.
- OMAFUVBE B.O., FALADE O.S., OSUNTOGUN B.A. & ADEWUSI S.R.A., 2004.** Chemical and biochemical changes in African locust bean (*Parkia biglobosa*) and Melon (*Citrus vulgaris*) seeds during fermentation to condiments. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3: 140-145.
- ONI PI., 1997.** *Parkia biglobosa* (Jacq) benth. in Nigeria: a resource assessment. PhD Thesis, School of Agricultural and Forest Science, University of Wales, Bangor, UK, 213 p.
- ONWUEME I.C., 1978.** *Colocasia* and *Xanthosoma*. In *The tropical Tuber Crops*. John Wiley & Son ed., Chichester, New York, United Kingdom USA, 199-227 pp.
- OUEDRAOGO S.J., 1995.** Les parcs agroforestiers au Burkina Faso. Rapport de consultation. IRBET/CNRST Ouagadougou. No 79, 76 p.
- OUBA L.I.I., RECHINGER K.B., BARKHOLT V., DIAWARA B., TRAORE A.S. & JAKOBSEN M., 2003.** Degradation of proteins during the fermentation of African locust bean (*Parkia biglobosa*) by strains of *Bacillus subtilis* and *Bacillus pumilus* for production of soumbala. *Journal of Applied Microbiology*, 94: 396-402.
- OUWUEME I.C., 1978.** Stratégies de recherche pour l'amélioration de l'igname en Afrique. In :Therry E.R.,Oduro K.A.&Caveness F. (Eds) : Plantes-racines tropicales : Stratégie de recherche pour les années 80, IDRC-163f, Ottawa, Canada, 184-187 pp.
- OWEN J., 1970.** The medico-social and cultural significance of *Adansonia digitata* L. (Bombacaceae), *Rhod. Agric.J.* 50: 5-6.
- PEIXOTO PHP., DA M. & CAMBRAIA FM.J., 2002.** Responses of the photosynthetic apparatus to aluminium stress in two sorghum cultivars. *Journal of plants nutrition*, 25: 821-832.
- PUTMAN A.R. & WESTON L.A., 1986.** Adverse impact of allopathy in Agricultural system. In: Putman A. R., Tang C.S. (Eds): *The sciences of allopathy*. Wiby inter-sciences publication, John Wiley and Sons, New-York, USA, 43-57 pp.
- ROONEY L.W. & MCDONOUGH C.M., 1987.** Food quality and consumer acceptance of pearl millet, In: *Production International Pearl Millet Workshop*, ICRISAT centre, India. *Patancheru*, 43-62 pp.
- SABIITI E.N. & COBINA J., 1992.** *Parkia biglobosa* : a potential multipurpose fodder tree legume in West Africa. *International Tree Crops Journal*, 17: 271-279.

- SAMBA A.N.O.S., 1997.** Influence de *Cordyla pinnata* sur la fertilité d'un sol ferrugineux tropical et sur le mil et l'arachide dans un système agroforestier traditionnel au Sénégal. Thèse PhD. Université de Laval, Québec, Faculté de foresterie et de Géomatique, 186 p.
- SAMBA A.N.S., 2001.** Effet de la litière de *cordyla pinnata* sur les cultures : approche expérimentale en, agroforesterie. Institut Sénégalaise de Recherches Agricoles (ISRA), Centre National de Recherches Forestières (CNRF), Hann-Dakar (Sénégal). *Annal. Forest Sciences*, 58 :99-107.
- SAVARD S., 2003.** Evaluation du potentiel d'adoption des parcelles maraîchères de baobab (*Adansonia digitata*) dans la région de Ségou au Mali. Mémoire du grade de maître des sciences (M.Sc.). Département des sciences du bois et de la forêt. Faculté de foresterie et de géométrie. Université de Laval (Belgique), 113p.
- SCHRECKCKENBERG K., 1999.** Products of managed landscape: non-timber forest products in the parklands of Benin. *Global Ecology and Biogeography Letter*, 8: 279-289.
- SIBAN P., 1981.** Croissance, nutrition et production du mil (*Pennisetum typhoides*) (Hubb et Stapf). Mémoire de DEA. Université de Montpellier, vol II. 302 p.
- SINA S., 2006.** Reproduction et diversité génétique chez *Parkia biglobosa* (Jacq) G.Don. PhD Thesis, Wageningen University, generally Foulkesweg Wageningen. 102 p.
- SINCLAIR R.T. & MUCHOW R., 1999.** Radiation Use Efficiency. Agronomy physiology & Genetics Laboratory, University of Florida; CSIRO, Tropical Agriculture Cunningham Laboratory Brisbane, *Academic press, Australia*, 65: 215-260.
- SJDRV, 2001.** Gérer l'abondance dans le sahel par la lutte contre la désertification. Guide technique de l'agriculture mars 2001. vol 6 : 129p.
- SPENCER D. & SIVAKUMAR M., 1987.** Pearl Millet in African Agriculture. In Production International Pearl Millet Workshop, ICRISAT centre India. *Patancheru*, 19-31.
- TERRY E.R., ODURO & CAVENESS F., 1980.** Plantes-Racines tropicales : stratégies de recherches pour les années 1980. Direction Afrique 8 au 12 septembre 1980 IBADAN (Nigeria), 294 p.
- TIMMER L.A., KESSLER J.J. & SLINGERLAND M., 1996.** Pruning of néré (*Parkia biglobosa* (Jacq.) benth.) on the farmlands of Burkina Faso, West Africa. *Agroforestry Systems* 33: 87-98.
- TOMLINSON H.F., TEKLEHAIMANOT Z., TRAORE A. & OLAPADE E., 1995.** Soil amelioration and root symbioses of *Parkia biglobosa* (Jacq.). In West Africa. *Agroforestry Systems*, 30: 145-159.
- VON MAYDELL H. J., 1983.** Arbre et arbustes du Sahel : leurs caractéristiques et leurs utilisations. Eschorn. 531 p.

**WEZEL A., 2000.** Scattered shrubs in pearl fields in semiarid Niger: Effect on millet production. *Agroforestry Systems*, 48: 219-228.

**WICKEN G.E., 1982.** The baobab-Africa's upside down tree Kew Bull. 37 (2). 173-209.

**WILSON T.D., BROOK R.M. & TOMLINSON H.F., 1997.** Interactions between néré (*Vitellaria paradoxa* Gaerth.) and under-planted sorghum in parkland system in Burkina Faso. School of Agricultural and Forest Sciences, University of Wales, Bangor, Gruyneld, LL572UK (*Great Britain*), 34: 85-98.

**YAMEOGO K. M., 2004.** Effet de la taille du houppier du karité et du néré sur la dynamique de l'eau du sol et sa relation avec la performance des culture associées dans un parc agroforestier à Saponé (province du Bazèga, Burkina Faso). Mémoire de fin d'étude, option agronomie ; UPB/IDR/Bobo-Dioulasso, 64 p.

**YOUNG A., 1986.** Effects of trees on soil. In Prinsley, R.T. & Swift, M.J. (Eds):

Amelioration of soil by trees, Commonwealth science council, London UK, 10-19 pp.

**ZOMBOUDRE G., ZOMBRE G., OUEDRAOGO M., GUINKO S. & MACAULEY H. R., 2005.** Réponse physiologique et productivité des cultures dans un système agroforestier traditionnel : cas du maïs (*Zea mays* L.) associé au karité (*Vitellaria paradoxa* Gaerth.) dans la zone Est du Burkina Faso. *Biotechnology Agronomy Soc. Environ*, 9(1): 75-85.

- 26