

ISSOUF CÉLESTIN DEMBÉLÉ

**ÉTUDE PRÉLIMINAIRE DU POTENTIEL DE
MULTIPLICATION PAR BOUTURAGE DE
L'*ANOGEISSUS LEIOCARPUS* (DC) GUILL. ET
PERR. AU MALI**
**Influence de l'état physiologique des boutures et des régulateurs
de croissance**

Mémoire présenté
à la Faculté des études supérieures et postdoctorales de l'Université Laval
dans le cadre du programme de maîtrise en agroforesterie
pour l'obtention du grade de Maître ès sciences (M. Sc.)

DÉPARTEMENT DE PHYTOLOGIE
FACULTÉ DES SCIENCES DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION
UNIVERSITÉ LAVAL
QUÉBEC

2012

RÉSUMÉ

Les graines de l'*Anogeissus leiocarpus* ayant un très faible taux de germination, des essais ont été effectués au Mali afin de vérifier le potentiel d'enracinement des boutures de cette espèce. Vingt plants mères situés à Sho et à Katibougou ont été choisis et 20 boutures par plant ont été prélevées à quatre reprises au cours de l'année. Il s'agissait de boutures semi-herbacées et semi-ligneuses pour les deux premiers prélèvements et de boutures ligneuses pour les deux autres. La base des boutures a été trempée dans une solution auxinique contenant 0, 1 000, 2 500 et 5 000 ppm d'AIB (acide indole butyrique) pour les deux premiers prélèvements, et dans une solution contenant 0, 2 500, 5 000 et 10 000 ppm d'AIB pour les deux autres. Elles ont ensuite été piquées dans un terreau et placées à l'extérieur dans une enceinte rudimentaire humide, protégée des radiations solaires et du vent. L'enracinement des boutures a été observé et mesuré après quatre mois.

Un petit nombre de boutures prélevées en novembre et en mars se sont enracinées. Ces données montrent tout de même que les boutures de l'*Anogeissus leiocarpus* possèdent un certain potentiel à s'enraciner. Il faudra, toutefois, mettre en place d'autres essais pour préciser avec soin les conditions les plus favorables au processus d'enracinement.

SIGLES ET ABREVIATIONS

AIB : acide indole-butyrique

ANA : acide naphthalène-acétique

PPM : partie par million

PFNL : produits forestiers non ligneux

GPS : *'Global Positioning System'* qui se traduit 'Système de localisation mondiale' ou 'Guidage par satellite'

IPR/IFRA : Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée

DEDICACE

C'est avec une grande estime pour tous mes parents, oncles, tantes, frères et sœurs qui m'ont quitté que je dédie ce mémoire à l'intention de leurs sacrifices physiques, moraux, matériels et financiers dont je suis le produit.

Je pense infailliblement à :

Mon père Bakary Dembélé arraché à notre affection en 2001
Ma mère Konimba Berthé arrachée à notre affection en 1993
Mon oncle Nicolas Dembélé
Mon oncle Issa Daniel Dembélé
Ma tante Nha Dembélé
Mon grand frère Jean De Dieu Dembélé décédé en 1999
Mon jeune frère Moriba Christophe Dembélé décédé en Janvier 2010
Mes sœurs Fatoumata et Maman Dembélé.

La même intention s'exprime à l'endroit des grands-parents, que je nomme ici feu Fatogoma Dembélé et feu Niatiémè Coulibaly, dont le souci majeur était le bonheur sans condition de leur progéniture.

Nul n'étant parfait, j'implore la miséricorde de Dieu pour le repos éternel de l'âme de ces chers disparus qui me manquent de vue mais présents dans mes pensées.

Que la volonté du Seigneur soit faite et demeure en tout temps et en tout lieu.

AMEN !

REMERCIEMENTS

Je suis le fruit de plusieurs jours de modélisation, de formation, d'éducation et d'encadrement par une multitude de femmes et d'hommes généreux dont je me trouve dans l'obligation morale d'en être très reconnaissant.

À ce titre, mes chaleureux et vifs remerciements sont orientés vers deux pôles, celui du Mali et celui du Canada.

De la partie malienne, je remercie :

- La Direction administrative de l'IPR/IFRA (Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée) de Katibougou en République du Mali pour les multiples conseils ;
- Le comité et le bureau agroforestiers de Katibougou pour l'accueil et la détermination pour la conduite de mes activités de recherche ;
- L'ensemble du corps enseignant de l'IPR/IFRA dont je suis un des produits ;
- Tous les parents et amis présents à Katibougou et ailleurs à travers le monde pour leur soutien sans faille, leur disponibilité et leur considération fraternelle ;
- Mes deux collègues d'études de formation à l'Université Laval de Québec ;
- Ma femme et mes enfants pour leur patience durant le temps de séparation indispensable pour la tenue de cette formation.

De la partie canadienne :

Animé par la même volonté, je ne ménagerai aucun effort pour reconnaître, à l'endroit de tous les formateurs et formatrices de l'Université Laval de Québec, leur implication effective pour la réussite de ma formation et singulièrement ceux et celles de la Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, entre autres :

- Mr. Jacques-André Rioux, Ph. D., agr., professeur au Département de phytologie, directeur de mon mémoire, ainsi que les personnes de son équipe de recherche;
- Mr. Alain Olivier, Ph. D., professeur au Département de phytologie, co-directeur de mon mémoire ;
- Mr. Jean Bonneville, coordinateur de projet, Université Laval.

Je remercie également tous les membres de l'équipe du projet dénommé : Des arbres et des champs contre la pauvreté au Mali, sans oublier le GIRAF (Groupe Interdisciplinaire de Recherche en Agroforesterie).

AVANT-PROPOS

Problématique à l'usage des ligneux et des produits forestiers non ligneux (PFNL)

L'idée de la présente étude a vu le jour dans un contexte particulier ayant pour origine la raréfaction des espèces ligneuses utiles à l'homme et aux animaux. Dans les pays en développement, l'usager moyen brûle une tonne de bois de feu par an (Eckholm, 1977). Par ailleurs, les populations rurales et urbaines, notamment celles qui habitent les zones arides et semi-arides, doivent parcourir une longue distance pour trouver ces combustibles traditionnels (bois de feu et charbon de bois) nécessaires à la cuisson quotidienne des aliments ou encore, acheter leurs combustibles si elles le peuvent. Dans certaines régions, on a recours aux déchets des animaux et des végétaux pour satisfaire les besoins essentiels, au détriment le plus souvent de la fertilité des terres dénudées.

Au-delà des besoins en bois et en charbon de bois, les produits de cueillette (fruits, feuilles, etc.) issus des ligneux qui participaient à l'alimentation de base pour les populations et procuraient des produits tradithérapeutiques et fourragers deviennent largement insuffisants face à la croissance démographique. La réduction de l'approvisionnement en ces matières de base a conduit la population à une vulnérabilité sans précédent dans les villages et même en milieu urbain. Cet état de fait relève des changements climatiques et fondamentalement des actions anthropiques avec pour conséquence l'exposition des terres aux différents types d'érosion.

L'embouche intensive et le surpâturage pendant la saison sèche contribuent à une baisse remarquable de la régénération naturelle et les feux de brousse compromettent davantage le potentiel productif herbacé et ligneux. Le phénomène est inquiétant pour notre survie et pour le devenir des futures générations. Pour remédier à ce phénomène, il est opportun de mettre en valeur toutes les formes de multiplication des végétaux (sexuée, asexuée) pour l'amélioration des conditions de vie des populations et pour prétendre à un développement durable. C'est dans ce contexte que l'espèce *Anogeissus leiocarpus* est retenue pour une expérimentation de multiplication par voie végétative. L'espèce présente des vertus considérables dans le développement socio-économique de la population, mais elle se raréfie et sa répartition dans l'écosystème est de plus en plus restreinte. Tout ceci est en

grande partie dû à sa sensibilité à la sécheresse et aux agressions extérieures (feux de brousse, coupe abusive, surpâturage, attaques d'insectes, etc.).

La rareté de cette espèce s'intensifie à cause non seulement de ses difficultés de reproduction par semis, mais aussi du fait de l'action très limitée de la multiplication végétative au Mali. Il faut alors conduire l'étude pour bien percevoir jusqu'à quel degré l'espèce peut donner un résultat favorable par la multiplication végétative, entre autres par le bouturage. La présente étude se justifie à travers les points suivants :

- demande largement supérieure à la production actuelle en bois combustible,
- insuffisance de bois d'industrie et de service,
- difficulté de régénération des espèces de valeur aux usages multiples,
- raréfaction des produits de cueillette alimentaires et thérapeutiques,
- diminution du fourrage ligneux.

L'ensemble des considérations précédemment évoquées relatives aux besoins en ressources ligneuses amène à la conclusion selon laquelle la propagation à grande échelle des essences forestières, dont celle de l'*Anogeissus leiocarpus*, pourrait permettre de pallier la grave pénurie des produits de première nécessité appréciés et utilisés par toutes les couches sociales.

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ	i
Sigles et abréviations	ii
Dédicace	iii
Remerciements	iv
Avant-propos	vi
Tables des matières	viii
Liste des tableaux	x
Liste des figures	xi
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	4
1.1. Description de l'espèce	4
1.2. Essais de multiplication de quelques espèces du genre <i>Anogeissus</i>	6
1.3. Principaux aspects physiologiques et techniques de la multiplication par bouturage d'espèces ligneuses	10
1.3.1. Principes physiologiques entourent la néoformation des racines sur une bouture de tige	10
1.3.2. Différence de potentiel d'enracinement de diverses espèces ou de plants de la même espèce	11
1.3.3. État physiologique du plant mère et de la bouture	12
1.3.4. Effet des auxines endogènes et exogènes (régulateurs de croissance) ...	14
1.3.5. Effet des conditions environnementales sur l'enracinement des boutures	15
1.4. Hypothèse et objectifs	17
1.4.1. Hypothèses	17
1.4.2. Objectifs	17
CHAPITRE II. MÉTHODOLOGIE	18
2.1. Lieu de l'expérience et des conditions environnementales	18
2.2. Prélèvement et description des boutures	22
2.3. Traitement auxinique des boutures et mise en place des dispositifs	25
2.4. Suivi des essais et prises de données	28
2.5. Traitements statistiques des données	29

CHAPITRE III. RÉSULTATS	31
3.1. Débourrement des bourgeons en cours d'enracinement	33
3.2. Enracinement des boutures	36
3.3. Qualités des boutures enracinées	37
CHAPITRE IV. DISCUSSION ET CONCLUSION	43
4.1. Potentiel d'enracinement des boutures de l' <i>Anogeissus leiocarpus</i>	43
4.2. Plants mères	44
4.3. Enracinement et qualité du système racinaire	44
4.4. Moment du prélèvement des boutures au cours de la saison	45
4.5. Traitements auxiniques	46
4.6. Durée d'enracinement	47
4.7. En conclusion	48
Références bibliographiques	50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Coordonnées géographiques de chacun des plants mères ayant servi à l'étude	22
Tableau 2. Dates de prélèvement et description de l'état physiologique des boutures à chacun de moment de prélèvement au cours de l'expérience	23
Tableau 3. Décomposition des degrés de liberté du dispositif de chacun des essais	30
Tableau 4. Décomposition des degrés de liberté du dispositif réunissant les données des quatre essais	30
Tableau 5. Évolution aux deux semaines du nombre de feuilles observées sur les boutures dont la végétation a redémarré au cours du premier essai	33
Tableau 6. Nombre de boutures dont les bourgeons ont redémarré au cours de la période d'enracinement des premier et deuxième essais	34
Tableau 7. Évolution aux deux semaines du nombre de feuilles observées sur les boutures dont la végétation a redémarré au cours du deuxième essai	35
Tableau 8. Nombre de boutures enracinées au cours des quatre essais en fonction du traitement auxinique pour chacun des plants mères	37
Tableau 9. Nombre moyen de bourgeons qui ont débourré sur les boutures enracinées de chacun des traitements des quatre essais d'enracinement des boutures de l' <i>Anogeissus leiocarpus</i>	38
Tableau 10. Nombre moyen de feuilles qui se sont développées sur les boutures enracinées de chacun des traitements des quatre essais d'enracinement des boutures de l' <i>Anogeissus leiocarpus</i>	39
Tableau 11. Poids sec moyen (g) des feuilles et des petites tiges nouvelles qui se sont développées sur les boutures enracinées de chacun des traitements des quatre essais d'enracinement des boutures de l' <i>Anogeissus leiocarpus</i>	40
Tableau 12. Nombre moyen de racines qui se sont formées sur les boutures enracinées de chacun des traitements des quatre essais d'enracinement des boutures de l' <i>Anogeissus leiocarpus</i>	41
Tableau 13. Poids sec moyen (g) des racines qui se sont formées sur les boutures enracinées de chacun des traitements des quatre essais d'enracinement des boutures de l' <i>Anogeissus leiocarpus</i>	42

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Site de l'étude à l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée	19
Figure 2. Précipitations (mm) mensuelles moyennes et températures maximales et minimales mensuelles moyennes (°C) à Katibougou, Mali	20
Figure 3. L'un des plants mères d' <i>Anogeissus leiocarpus</i> du domaine de Katibougou en période sèche, 2010	21
Figure 4. L'un des plants mères d' <i>Anogeissus leiocarpus</i> du domaine de Sho en période sèche, 2010	21
Figure 5. Prélèvement de boutures sur un plant mère d' <i>Anogeissus leiocarpus</i> à Katibougou, au Mali, en période de mousson (août, 2010)	24
Figure 6. Illustration du dimensionnement d'une bouture semi-ligneuse d' <i>Anogeissus leiocarpus</i> (15 cm de long)	24
Figure 7. Phase d'installation des boutures d'un essai (20 blocs de 20 boutures) sous le toit d'une enceinte d'enracinement avant la pose des films de plastique sur les côtés	26
Figure 8. Structure externe d'une enceinte d'enracinement regroupant les 400 boutures d'un essai	26
Figure 9. Evolution de la température moyenne au cours des quatre essais de bouturage de l' <i>Anogeissus leiocarpus</i> menés à Katibougou du mois d'août 2009 au mois de mai 2010	28
Figure 10. Débourrement des bourgeons de boutures de l' <i>Anogeissus leiocarpus</i> provenant de plants mères de Katibougou (1000 ppm d'AIB)	31
Figure 11. Débourrement des bourgeons de boutures de l' <i>Anogeissus leiocarpus</i> provenant de plants mères de Sho (2500 ppm d'AIB)	31
Figure 12. Bouture enracinée de l' <i>Anogeissus leiocarpus</i> provenant d'un plant mère de Katibougou (2500 ppm d'AIB)	32
Figure 13. Bouture enracinée de l' <i>Anogeissus leiocarpus</i> provenant d'un plant mère de Sho (1000 ppm d'AIB)	32

INTRODUCTION

Le Mali est un pays à vocation principalement agrosylvopastorale qui se situe en Afrique de l'Ouest entre l'équateur et le tropique du cancer dans l'hémisphère nord. Il est confronté comme plusieurs autres pays voisins à un déficit pluviométrique qui affecte considérablement les grands équilibres écologiques de l'Afrique. De plus, la croissance démographique élevée, l'extension des zones cultivées, l'augmentation des cultures industrielles et de prestige (coton, riz) et le déplacement progressif de la zone pastorale vers le sud, en zone moins sèche, ont amplifié la surexploitation des sols, causant l'appauvrissement, l'érosion et l'ensablement progressifs de ces derniers. La saison dite sèche est une période pendant laquelle le fourrage aérien (ligneux) reste la seule alternative pour l'alimentation des animaux en transhumance. L'émondage des branches et souvent la coupe systématique de pieds d'arbres destinés à fournir un fourrage ligneux au bétail sont des activités importantes de la saison. Cette coupe non contrôlée a un impact sur l'arbre et sur la dynamique de la savane, c'est dire que le pasteur est en partie responsable de la destruction des forêts et des espaces arborés.

Selon Audru (1977), la consommation du fourrage ligneux, en fin de saison sèche, peut représenter jusqu'à 75 % du temps consacré à la pâture et la contribution fourragère moyenne des ligneux à l'alimentation animale est de 40 % à cette période de l'année.

La combinaison de ces éléments conduit à une régression généralisée du potentiel productif des ligneux (bois, biomasse, fruits, semences, etc.), à une baisse du rendement des cultures, à une pauvreté des pâturages et au manque de certains produits alimentaires et thérapeutiques (feuilles, fruits, écorces, racines, fleurs, sève, latex, etc.) indispensables à l'homme. Un dépérissement excessif des ressources naturelles est très marqué en particulier dans les zones soudanienne et sahélienne et se caractérise, entre autres, par une forte pression sur les ressources forestières (FAO, 2002).

Dans toutes les régions tropicales, les moyens d'existence des gens en général et des agriculteurs en particulier sont largement dépendants des produits et des services que leur procurent les plantes ligneuses. Le bois énergie est la principale source d'énergie dont ils disposent pour la cuisson des aliments. Les prélèvements annuels correspondent à un

déboisement très élevé dépassant le potentiel annuel de régénération. En dépit de ces besoins vitaux surtout dans le cadre énergétique, les ressources sont assujetties à une exploitation pour des fins lucratives, entraînant la vulnérabilité des ressources génétiques forestières. Une enquête a montré que 26 espèces forestières indigènes sont menacées de disparition en Afrique de l'Ouest (DNEF, 2010); c'est entre autres le cas de l'*Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr.

Les problèmes de désertification et de dégradation de l'environnement étant loin de s'estomper au Sahel, la gestion rationnelle des ressources naturelles en général et des ressources forestières en particulier demeure une préoccupation dans les pays sahéliens. Ce phénomène est sous-tendu par un déséquilibre entre une offre amoindrie (ressources disponibles) et une demande (besoins de tous ordres) qui suit le rythme de croissance de la population (Blaffart, 1990). Dans ce contexte, le reboisement reste une priorité. L'une des solutions au problème est de passer du système de régie étatique des ressources naturelles à une stratégie dite communautaire par laquelle l'ensemble de la population est impliqué. Cette gestion intégrée prône une responsabilisation accrue des populations dans la prise en charge durable des décisions et une participation massive aux actions de restauration et de conservation des ressources naturelles.

L'agroforesterie, pratique séculaire et en même temps approche innovatrice, est une alternative viable pour la gestion rationnelle des ressources naturelles et la lutte contre la désertification en vue d'une production soutenue et durable et un développement harmonieux des populations rurales.

Il s'agit de protéger, restaurer, fertiliser et enrichir les systèmes de production qui sont très altérés depuis déjà quelques années par l'introduction d'espèces aux usages multiples.

Depuis très longtemps, les agriculteurs de l'Afrique sub-saharienne se livrent à des activités culturelles et pastorales sur des terres plantées d'arbres. En témoignent les formations caractéristiques du *Faidherbia albida* (Delile) A. Chev., (syn. *Acacia albida*) (Bonkougou et al., 1988) qui protègent et fertilisent les sols en zone semi-aride, tout en assurant l'alimentation du bétail pendant la saison sèche.

Il est donc opportun de favoriser la régénération des espèces ligneuses indigènes menacées dans le souci d'une restauration environnementale et d'un appui aux besoins vitaux de la

population et des animaux. L'*Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr., aussi appelé Bouleau d'Afrique, est un arbre aux usages multiples dont la présence en milieu naturel a grandement diminué les dernières décennies (Andary et al., 2005; Essono Ondo, 2004). En plus de servir à la préparation de plusieurs remèdes de la pharmacopée traditionnelle et à la teinture des tissus locaux, son bois est très apprécié comme bois d'œuvre et de service pour sa dureté et sa résistance à l'usure. De plus, sa haute valeur calorifique et sa bonne tenue au feu en font la source par excellence en bois énergie et en charbon de bois (Razafimaharo et al., 1998).

Dans le milieu naturel, l'*Anogeissus leiocarpus* se régénère principalement par la formation de rejets sur les souches des arbres coupés. La multiplication par voie sexuée (semis) de cette espèce pose des difficultés, fondamentalement parce qu'un très faible pourcentage de graines, au mieux 2 %, a le potentiel de germer. Sa fructification se réalise durant la saison des pluies et plusieurs fruits tombent sans avoir bouclé leur maturité physiologique. La végétation abondante et l'humidité très élevée favorisent l'attaque des fruits et des graines par les maladies et les ravageurs. Les eaux de ruissellement entraînent une grande partie de ces graines dans les cours d'eau. Celles qui restent sont peu nombreuses et perdent rapidement leur pouvoir germinatif (Adonsou, 1993).

Sachant que des boutures de cette espèce peuvent s'enraciner avec un certain succès, contrairement à sa multiplication par semis, la présente étude a été conduite en vue de déterminer le potentiel d'enracinement des boutures d'un certain nombre de plants mères poussant en milieu naturel. Ces boutures ont été prélevées à divers moments de l'année, traitées avec différentes doses d'une auxine de synthèse et mises à enracer dans des conditions reproductibles par les paysans dans leurs différents systèmes de production.

CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

L'*Anogeissus leiocarpus* possède de nombreuses caractéristiques qui en font une espèce de grand intérêt. Il nous importe de connaître ces caractéristiques ainsi que les résultats des quelques essais menés en vue de multiplier cette espèce et quelques espèces du genre *Anogeissus*. Par la suite, les principaux facteurs de la propagation par bouturage sont abordés en fonction des considérations à prendre en compte lorsque le potentiel d'enracinement des boutures d'une espèce est mal connu.

1.1. Description de l'espèce

Le genre *Anogeissus* compte huit espèces, dont 5 se retrouvent en Asie Tropicale, 2 en Arabie et une en Afrique tropicale (Andary et al., 2005). La seule espèce du genre à être indigène en Afrique est l'*Anogeissus leiocarpus* (Steentoft, 1988), ou Bouleau d'Afrique, aussi connu sous plusieurs noms comme N'galama, Gala yiri, Marké, N'gediane, Gonga et autres. Cette espèce Angiosperme (Magnoliophyta) Dicotylédone (Magnoliopsida) appartient à l'ordre des Myrtales et à la famille des *Combretaceae* selon la classification classique de Cronquist (1981) de même que selon la nouvelle classification phylogénique APG III (2009).

La distribution géographique de cette plante tropicale s'étend du Sénégal à l'Éthiopie. Cette espèce est caractérisée par une amplitude écologique exceptionnelle qui lui permet de vivre sur des milieux variables et distincts, comme les savanes sèches, les forêts sèches et les galeries soudano-sahéliennes à soudano-guinéennes longeant les cours d'eau à la limite de la forêt tropicale humide (Andary et al., 2005). Elle croît sur des sols généralement compacts, argileux et propices à l'agriculture. Elle peut tolérer des inondations de courte durée (Kambou, 1997) et peut former des peuplements purs (grégaire) (Thiombiano et al., 2006).

Cet arbre peut atteindre une hauteur de 15 à 30 m et possède un tronc qui s'élargit à sa base et peut mesurer jusqu'à 70 cm de diamètre. La formation de nouvelles feuilles s'installe quelques temps après le début de la saison des pluies, soit vers la fin du mois d'avril et le début du mois de mai; elle s'étale jusqu'à la fin septembre et le début du mois d'octobre. Toutes les feuilles jaunissent et tombent en novembre ou décembre selon les années et

l'écologie. La floraison s'amorce à la fin juin ou au tout début du mois de juillet et atteint son optimum entre la fin juillet et le début du mois d'août; elle se termine entre la mi-septembre et la mi-octobre selon les arbres. La fructification, formation de samares ailées contenant chacune une graine exalbuminée, commence entre le troisième tiers du mois de juillet et le début du mois d'août et les fruits atteignent leur maturité jusqu'en novembre (Arbonnier, 1999; Kambou, 1997; Kambou et Guindo, 1995a, b). Les besoins en eau de cette plante sont comblés par des précipitations annuelles apportant entre 600 et 1100 mm de pluie (Bationo, 1990).

Précisons que le climat, de type soudano-sahélien, de Katibougou, lieu où se déroule l'expérience, est caractérisé par une longue saison sèche allant du mois d'octobre à la fin du mois de mai (7 à 8 mois) et par une saison pluvieuse du mois de juin au début du mois d'octobre (4 à 5 mois), pendant laquelle la plupart des plantes croissent et se développent.

La saison sèche est subdivisée en deux périodes :

- une période fraîche qui s'étend sur 4 mois (novembre à février) au cours de laquelle la température moyenne varie entre 21 °C en décembre et 26 °C en février;
- une période chaude (mars, avril et début mai) pendant laquelle la température moyenne varie entre 30 et 33 °C (Anonymus, 2011a).

Le vent dominant de la saison sèche est l'harmattan, un vent chaud, sec et poussiéreux qui, en provenance du Sahara, souffle vers le sud. Celui de la saison des pluies est la mousson africaine, un vent frais et humide qui se déplace d'ouest en est.

La pluviométrie annuelle, très faible en mars, avril, mai et octobre, atteint son maximum en août, avec un cumul annuel oscillant entre 700 et 900 mm. Près de 90 % de ce cumul a lieu en juin, juillet, août et septembre (Anonymus, 2011a)

Comme cela a été mentionné en introduction, l'*Anogeissus leiocarpus* est d'une grande importance sur le plan socio-économique. Son bois dur, assez résistant aux termites et aux insectes, est d'excellente qualité pour la construction (perches, menuiserie extérieure, charpentes lourdes, parquets, chevrons, poteaux, pilotis) et la fabrication d'outils (piquets de clôture, charrettes, manches d'outils, outils de busage de puits). Son excellent pouvoir calorifique en fait un bois énergie recherché et un charbon de bois de grande qualité (Kambou, 1997; Maydell, 1983). De plus, différentes parties de la plante entrent dans la

préparation de remèdes traditionnels. Les racines sont utilisées comme traitement contre la lèpre et la toux des ruminants et servent à la fabrication de cure-dents. L'écorce du tronc et des racines est un produit vermifuge, antirhumatismal, stimulant et aphrodisiaque. Préparé sous forme de lotion, ce produit peut être appliqué sur les ulcères et les plaies (Kambou, 1997; Maydell, 1983). Sous forme de purée, il est aussi employé pour lutter contre la diarrhée infantile. Les rameaux peuvent donner du thé par infusion. Les feuilles servent au traitement de la diarrhée (infantile), des hémorroïdes et de la fièvre. L'association des rameaux et des feuilles est utilisée pour l'ictère. Les graines sont ténifuges et la gomme est laxative (Kambou, 1997; Maydell, 1983).

Certaines des portions de la plante sont également utilisées à d'autres fins : l'écorce pour le tannage du cuir, la gomme pour rendre l'encre plus visqueuse ou pour coller les cuirs, le feuillage pour nourrir les petits ruminants (Arbonnier, 1999; Aubreville, 1950) et les feuilles pour teindre en jaune le cuir et des tissus comme le "bogolan" qui occupe une place importante dans la culture traditionnelle malienne (Anonymus, 2011b). Les feuilles peuvent contenir jusqu'à 17 % de tannins (Maydell, 1983). Les cendres sont utilisées comme mordant dans les teintures et comme lessive pour les vêtements (Maydell, 1983).

Plusieurs travaux sont présentement en cours en vue de déterminer les propriétés antibactériennes de différents extraits d'écorces de tiges et de feuilles (Chaabi et al., 2008; Mann et al., 2008).

1.2. Essais de multiplication de quelques espèces du genre *Anogeissus*

Plusieurs essais de multiplication ont été menés en vue de reproduire l'*Anogeissus leiocarpus* par semis. En revanche, très peu de travaux concernant la reproduction végétative artificielle de l'espèce sont disponibles dans la littérature. Par ailleurs, quelques-unes des techniques de multiplication végétative ont été essayées sur d'autres espèces du genre *Anogeissus* en Asie.

Le potentiel de germination des graines de l'*Anogeissus leiocarpus* est très faible (Dayamba et al., 2008; Thiombiano, 2005; Thiombiano et al., 2006) et ne dépasse guère les 2 % (Adonsou, 1993; Bognounou et al., 2010a). Ce phénomène est dû au fait qu'un très grand nombre de graines sont infertiles (Kambou, 1997; Kambou et Guinko, 1995a, b). Cependant, ce potentiel pourrait être amélioré et dépasser les 90 % en éliminant

préalablement la majorité des graines infertiles (Sakandé et Sanogo, 2007). Heureusement, cette espèce peut se régénérer naturellement par voie végétative en formant des rejets de souche plus ou moins nombreux à la condition que la coupe soit bien faite (Bellefontaine, 2005; Cuny et al. 1997; Parkan et al., 1988). Une étude réalisée au Burkina Faso montre que ce taux de régénération est de l'ordre de près de 80 % dans la région sud-sahélienne, de plus de 55 % dans la région nord-soudanienne et d'environ 25 % dans la région sud-soudanienne du pays (Bognounou et al., 2010b). Toutefois, comme les souches sont souvent affectées par des feux de brousse (Andary et al., 2005) ou par des aléas climatiques défavorables et que les nouvelles pousses sont souvent broutées par des animaux, cette régénération peut être fortement réduite, voire nulle, de là une régression massive de l'espèce.

Fait intéressant, en Inde, le potentiel de germination des graines de l'*Anogeissus latifolia* (Roxb. ex DC.) Wall. ex Guill. & Perr. est également de l'ordre de 2 % dans les meilleures conditions de germination et de maturité des graines (Bhardwaj et al., 2007). Gupta et al. (1997) rapportent les mêmes valeurs chez l'*Anogeissus pendula* (syn. *Anogeissus acuminata*). Toujours en Inde, Shekhawat et al. (2000), Singh et Shekhawat (1997) et Yusuf (2005) mentionnent que la viabilité des graines de l'*Anogeissus latifolia*, de l'*Anogeissus rotundifolia* Batt, & Hallb. et de l'*Anogeissus sericea* var. *nummularia* King ex. Duthie est inférieure à 1 %. Par ailleurs, ces chercheurs démontrent qu'il est possible de multiplier par culture in vitro, et ce avec succès, les deux premières espèces à partir de bourgeons prélevés sur une plantule à l'aisselle des cotylédons et la troisième à partir de bourgeons prélevés sur des arbres âgés de 25 à 30 ans. Singh et al. (2004) ayant tenté de reproduire l'*Anogeissus latifolia* par marcottage aérien ont obtenu la formation de cal cicatriciel à la marge de la plaie pratiquée lors de la mise en place du substrat d'enracinement, mais aucune racine ne s'était formée après 45 jours. En revanche, Gupta et al. (1997) ont obtenu par marcottage aérien au cours de la mousson (juillet – août) jusqu'à 40 % d'enracinement après 65 jours sur des tiges secondaires et tertiaires de 0,5 à 1,5 cm de diamètre et de 50 à 60 cm sélectionnées sur de jeunes arbres de l'*Anogeissus pendula* âgés de sept ans. La base de ces tiges avait été dépourvue de son écorce sur une longueur de 2,0 à 2,5 cm et la plaie la plus haute avait été badigeonnée d'une solution contenant 800 ppm d'AIB. Le taux d'enracinement était de 0 % pour le témoin et variait de 10 à 25 % pour les autres

traitements hormonaux. Le même essai réalisé au cours des mois de mars et avril n'avait donné aucun résultat. Il est également possible de multiplier l'*Anogeissus* par marcottage par buttage (Tolkamp, 1993).

Concernant le bouturage des *Anogeissus*, seuls quelques essais réalisés en Inde sur les espèces *latifolia* et *pendula* ont été rapportés dans la littérature scientifique. Après avoir prélevé des portions de tiges sur de jeunes *Anogeissus latifolia* mesurant 120 à 180 cm de hauteur à différents moments de l'année, Nautyal et al. (1992) ont enlevé les feuilles, ciré l'extrémité distale pour prévenir une déshydratation excessive et trempé la base des boutures pendant 24 heures dans une solution contenant de l'AIB à des concentrations variant entre 100 et 2000 ppm ou contenant de l'ANA à des concentrations de 100 et 200 ppm; les boutures du traitement témoin ont trempé dans de l'eau distillée. Les boutures ont été par la suite piquées dans un mélange de sol et de sable (2:1; v:v) contenu dans des pots et arrosées au besoin. Aucun enracinement et aucun cal ne s'est formé sur les boutures quels que soient la saison et le traitement hormonal. En revanche, de nombreux bourgeons ont débouffé quelque temps après la mise à enraciner sauf ceux des boutures prélevées en septembre et en novembre. Le même essai mené sous nébulisation dans une chambre de multiplication n'a pas donné davantage d'enracinement.

Toujours en Inde, Modgil et Nayital (1998) ont soumis des boutures de l'*Anogeissus latifolia* à cinq concentrations d'AIB (0, 1000, 3000, 5000 et 7000 ppm) appliquées sous forme liquide ou en poudre à deux moments de l'année, soit en mars – avril avant la feuillaison et pendant la mousson. De nombreux bourgeons ont débouffé à chacun des deux prélèvements, mais aucune bouture ne s'est enracinée.

Gupta et al. (1997) ont réalisé un essai similaire avec des boutures de 20 à 22 cm de long et de 1,0 à 1,5 cm de diamètre provenant de jeunes arbres de l'*Anogeissus pendula* âgés de sept ans en mars – avril avant la feuillaison et en juillet – août pendant la mousson. Elles ont été défeuillées, la plaie de taille à l'extrémité distale a été recouverte de cire, leur base a trempé pendant vingt heures dans une solution d'AIB à la concentration de 0 (eau distillée), 100, 200, 300, 400 ou 500 ppm. Elles ont été insérées dans un mélange de terre et de sable (1:1; v:v), placées dans un espace ombragé, protégées du vent et arrosées deux fois par jour. Les bourgeons des boutures ont débouffé entre 10 et 20 jours après la mise à enraciner

quel que soit le moment de prélèvement. En revanche, seules les boutures préparées en mars – avril et ayant été traitées avec une hormone ont formé des racines après 30 à 50 jours, dans 40 % des cas pour les traitements avec 300 et 400 ppm d'AIB et dans 10 à 20 % des cas pour les autres traitements hormonaux. Aucune des boutures trempées dans l'eau distillée n'a donné de racines. De 80 à 100 % des boutures enracinées ont survécu à l'acclimatation qui a suivi la période d'enracinement.

Rai et al. (2002) ont repris sensiblement la même expérience en utilisant des concentrations d'AIB de 50, 100, 150, 200, 250 et 300 ppm sur des boutures provenant de 5 géotypes de l'*Anogeissus pendula*. Aucun des traitements n'a été véritablement efficace, le taux d'enracinement se situant entre 0 et 20 %. Sur les 70 traitements (7 concentrations d'AIB (0 à 300 ppm) x 5 géotypes x 2 saisons), seulement quelques boutures de 12 d'entre eux ont formé des racines, et ce, sans lien avec la saison, le géotype et le traitement auxinique.

Concernant l'*Anogeissus leiocarpus*, seulement quelques mentions repérées dans des rapports de recherche indiquent quelques résultats d'essais visant à multiplier cette espèce par bouturage. Dans son étude de la biologie florale et de la régénération de l'*Anogeissus leiocarpus*, Kambou (1997) écrit que les boutures de cette espèce sont sans rhizogenèse et que l'apparition des feuilles n'a lieu que sur les boutures intermédiaires (diamètre entre 2 et 3 cm). Dans un rapport du Ministère du développement rural et de l'environnement du Mali, Anderson (1994) indique que des expériences réalisées au Mali en milieu artificiel, avec application d'hormone favorisant l'enracinement et protection sous un film de polyéthylène pour maintenir l'humidité, ont permis d'obtenir des taux d'enracinement de 65 %. Dans un test comparatif de multiplication végétative de quatre espèces locales effectué au Burkina Faso, Adjaba (1999) a obtenu un taux d'enracinement de 45 % pour des boutures de l'*Anogeissus leiocarpus*. Ces deux dernières mentions ne font état que de résultats très sommaires et n'offrent aucun détail des matériels et méthodes suivis au cours de ces expériences (âge des plants mères, période de l'année, auxines appliquées et leur teneur, durée du temps d'enracinement, substrat, enceinte, ombrage, maintien de l'humidité relative au niveau du feuillage, etc.).

1.3. Principaux aspects physiologiques et techniques de la multiplication par bouturage d'espèces ligneuses

Comme le démontrent les quelques mentions citées dans la section précédente, l'*Anogeissus leiocarpus* possède un certain potentiel de multiplication par bouturage. Il existe, toutefois, très peu d'information sur les facteurs physiologiques et environnementaux à considérer en vue de s'assurer de la réussite de la propagation de cette espèce grâce à ce mode de multiplication végétative. Il est, par conséquent, très pertinent d'aborder les principaux facteurs qui peuvent influencer l'enracinement des boutures.

Notons que la majeure partie du texte de la présente section est inspirée des ouvrages de Hartmann et al. (2002), de Macdonald (1986) et des recueils de notes de cours de Rioux (2008) et de Trépanier (2009).

1.3.1. Principes physiologiques entourant la néoformation des racines sur une bouture de tige

Le bouturage consiste à prélever un fragment d'une plante mère et à lui donner les soins indispensables à la reconstitution des organes manquants. Une feuille doit former des bourgeons et des racines, une portion de racines doit former des bourgeons et une portion de tige doit former des racines (Hartmann et al., 1997). La bouture de tige est le fragment le plus largement utilisé pour le bouturage des espèces ligneuses.

Séparée de sa plante mère, la bouture est privée de toute relation avec elle; elle ne reçoit plus d'eau et d'éléments minéraux, et les régulateurs de croissance synthétisés ailleurs dans la plante ne lui parviennent plus. Pour obtenir la formation des organes manquants, la bouture doit demeurer turgescence tout au long du processus. Nous y reviendrons plus loin.

Peu de temps après le prélèvement, les cellules abimées par la coupe et les manipulations de même que des cellules voisines se dessèchent et meurent; une plaque nécrotique se forme et les cellules conductrices du xylème se bouchent, ce qui protège les blessures contre la dessiccation et plusieurs agents pathogènes. Après quelques jours, les cellules vivantes situées derrière la plaque nécrotique commencent à se diviser et une couche de

cellules parenchymateuses forme un périoderme cicatriciel de même que du cal; il s'agit de la callogenèse.

Les tiges de certaines espèces possèdent déjà des initiales ou des primordiums de racine, rendant l'enracinement très facile. Toutefois, dans la plupart des cas, les primordiums racinaires se forment après la mise à enraciner et la néoformation des racines s'effectue en trois étapes.

Les jeunes feuilles, l'apex ou encore des cellules en pleine division synthétisent de l'auxine. Des cellules peu différenciées, possédant le potentiel de se dédifférencier, reçoivent ou captent le signal que donne la hausse de la teneur en auxine endogène à la base de la bouture; ces cellules se situent dans le phloème secondaire près du cambium ou près d'un faisceau libéro-ligneux en structure primaire. C'est ce que l'on appelle le phénomène de l'induction racinaire.

Après cette induction, ces cellules réacquièrent leur potentiel méristématique et commencent à se diviser, formant ainsi un amas de cellules méristématiques. Cet amas prend graduellement la forme d'un apex de racine. C'est ce que l'on appelle la phase de l'initiation racinaire.

Par la suite, le primordium continue de se développer, formant une racine qui traverse les tissus jusqu'à la surface de l'épiderme ou de l'écorce et qui s'allonge à l'extérieur de la tige. C'est ce que l'on appelle la phase de l'élongation racinaire.

1.3.2. Différence de potentiel d'enracinement de diverses espèces ou de plants de la même espèce

Comme le démontrent tous les ouvrages portant sur la multiplication végétative des plantes, dont celui de Hartmann et al. (2002), il existe de grandes différences entre les espèces et même entre les plants d'une même espèce.

Certaines espèces n'ont donné aucun enracinement par boutures jusqu'à ce jour (Zryd, 1988), alors que d'autres se multiplient par boutures depuis de très nombreuses années. Des travaux récents montrent que les boutures de l'*Anogeissus latifolia* ne s'enracinent pas, contrairement à celles de l'*Anogeissus pendula*. En revanche, ces deux espèces se

propagent par culture in vitro, ce mode de multiplication s'apparentant à un micro-bouturage.

Les boutures de certaines espèces ont besoin d'un traitement auxinique pour induire l'enracinement alors que d'autres s'enracinent sans traitement. Toutefois, les boutures de certaines de ces dernières espèces produisent un plus grand nombre de racines en conditions plus difficiles d'enracinement suite à un traitement auxinique.

Les boutures de plusieurs espèces s'enracinent tout au long de l'année alors que d'autres s'enracinent pendant une courte période correspondant à une étape phénologique souvent précise du développement de la plante. C'est le cas de l'*Acer saccharum* Marsh., chez qui l'enracinement des boutures peut atteindre un taux élevé entre la formation de la première paire d'écaillés et celle de la quatrième paire du bourgeon terminal de la nouvelle pousse (Tousignant et al., 2003).

Certaines s'enracinent en moins de trois semaines alors que d'autres peuvent nécessiter au-delà de 8 à 10 semaines; c'est le cas du *Taxus canadensis* Marsh. (Auclair, 2009).

Enfin, dans certains cas, des boutures prélevées sur des plants de la même espèce, obtenus par semis, ayant le même âge, poussant dans les mêmes conditions et étant au même stade phénologique, pourront présenter de grandes différences d'un plant à l'autre, soit des taux d'enracinement s'étalant de 0 à 100 % année après année (Rioux et al., 2003). C'est un phénomène relié à la génétique des plants de cette même espèce.

Seuls des essais de bouturage nous permettent de vérifier ces phénomènes chez des espèces dont le potentiel d'enracinement des boutures n'est pas connu.

1.3.3. Etat physiologique du plant mère et de la bouture

De façon générale, le plant mère doit croître normalement et être exempt de dommages causés par des ravageurs et des agents pathogènes. Des boutures prélevées sur des plants mères en mauvais état risquent de dépérir facilement et de donner de bien piètres résultats. Les boutures de certaines espèces et cultivars s'enracinent à tout moment de l'année, et ce, quel que soit l'état physiologique du plant mère, que ce dernier soit en pleine croissance, en dormance ou à l'état de repos.

Au cours d'une année, les nouvelles pousses évoluent du stade herbacé (une pousse non lignifiée dont les feuilles fanent très rapidement) au stade ligneux, en passant par les stades semi-herbacé et semi-ligneux. Chez les plantes ligneuses, la base des boutures doit avoir atteint un niveau de lignification qui varie en fonction des espèces pour s'enraciner (McMillan, 1981).

Plusieurs espèces se multiplient très facilement alors que la nouvelle pousse est encore en plein développement et que sa base est en voie de lignification. On parle de bouture semi-herbacée ou de bois tendre (*soft wood cutting*) qui est prélevée pendant la période de croissance de la plante. D'autres espèces donnent de bons résultats dès qu'il y a formation d'un bourgeon terminal à l'extrémité de la nouvelle pousse. Dans un tel cas, la bouture, comprenant normalement une partie de la nouvelle pousse avec son extrémité, est dite semi-ligneuse (*semi-hard wood cutting*). En milieu tropical, on obtient normalement ce type de bouture en fin de période de croissance. Dans d'autres cas, une portion ligneuse de la nouvelle pousse de l'année, ayant perdu ses feuilles et ayant été soumise à quelques épisodes de froid, offre de meilleurs résultats. On parle de bouture ligneuse (*hard wood cutting*). En milieu tropical, on obtient ce type de bouture après la chute des feuilles en période de sécheresse. Par ailleurs, chez certaines espèces, il convient de prélever une bouture comprenant à sa base une portion de la pousse de l'année précédente et l'extrémité de la pousse semi-herbacée de l'année. Chez d'autres encore, il arrive que la bouture provenant d'une portion lignifiée de la tige ayant atteint un certain diamètre soit le meilleur choix; il peut s'agir d'une portion de la pousse de l'année, de l'année précédente ou des années précédentes.

Il existe bien d'autres cas de figure. Ainsi, les pousses jeunes de la base d'un plant mère relativement âgé s'enracinent mieux que les pousses plus hautes (Pazourek, 1983). Chez le *Taxus canadensis*, les extrémités de tiges principales donnent de meilleurs résultats que les ramifications de ces mêmes tiges (Auclair, 2009. Eccher (1988) avait fait les mêmes observations, mais le contraire est aussi vrai pour d'autres espèces. Hartmann et al. (1997) recommandent de sélectionner chez les arbustes et les conifères les extrémités de tiges, sans égard au fait qu'il s'agisse de l'extrémité d'une tige principale ou d'une ramification, pour obtenir un meilleur enracinement et maintenir le caractère dressé des plants. Enfin, les boutures d'autres espèces s'enracinent uniquement lorsque la plante mère est encore à l'état

juvénile (Hartmann et Hansen, 1958). C'est entre autres le cas du *Picea mariana* (Mill.) Britton, Sterns & Poggenburg dont les boutures peuvent s'enraciner les deux ou trois premières années de vie de la plante (Tousignant et al., 1996).

1.3.4. Effet des auxines endogènes et exogènes (régulateurs de croissance)

L'auxine endogène, l'acide indole-acétique (AIA), est responsable de plusieurs fonctions de la plante dont la formation de racines adventives chez les boutures. Chez un certain nombre d'espèces, la seule hausse de la teneur en AIA à la base de la bouture suffit à induire le phénomène. Chez d'autres, il est nécessaire de donner un traitement à base d'auxines de synthèse comme l'acide indole-butyrique (AIB) et l'acide naphthalène-acétique (ANA). Chez certaines espèces, le traitement auxinique n'a d'effet que sur le nombre de racines formées. Une hausse de la teneur en auxine endogène ou en auxine endogène et exogène à la base de la bouture de tige enclenche l'induction racinaire. Au cours des 24 à 36 heures qui suivent cette hausse, des enzymes commencent à dégrader ces molécules et permettent ainsi l'initiation puis la croissance des racines. La teneur en auxine des traitements auxiniques est souvent de l'ordre de 10^{-3} et 10^{-4} kg/kg. Or, les teneurs en auxine favorables à la croissance de la tige et de la racine sont respectivement de l'ordre de 10^{-6} et 10^{-9} kg/kg.

L'AIB et l'ANA de synthèse sont plus efficaces que l'AIA naturelle et l'AIA de synthèse. De façon générale, les producteurs et les chercheurs emploient surtout l'AIB en Amérique du Nord alors qu'en Europe on utilise le plus souvent un mélange d'AIB et d'ANA. Bien que les auxines de synthèse soient disponibles sous forme de poudre, il est conseillé de les utiliser sous forme de solutions, car à concentration égale la solution est plus efficace que la poudre (Chee, 1995; Chong et al., 1992; Mitter et Sharman, 1999). L'alcool est le solvant le plus populaire pour solubiliser les auxines (Dirr et Heuser, 1987), mais le polyéthylène glycol et le naphthol sont aussi utilisés (Chong et al., 1992; Mitter et Sharma, 1999). Les auxines synthétiques sont dissoutes dans l'alcool éthylique à 95 %, puis diluées avec de l'eau pour atteindre une concentration en alcool de 50 %.

Les concentrations en AIB les plus couramment utilisées sont des doses de 1000 à 4000 ppm pour des boutures de bois tendre et de 4000 à 10000 ppm pour les boutures ligneuses. À ces concentrations, la base des boutures est trempée durant quelques secondes avant la

mise à enraciner. D'autres chercheurs préfèrent utiliser des concentrations plus faibles, de l'ordre de 50 à 500 ppm, et laisser tremper la base des boutures pendant 20 à 24 heures. Le trempage rapide permet de réduire les effets de la température, de l'humidité et de l'intensité lumineuse sur l'absorption des solutions (Trépanier, 2009) et de réduire les manipulations.

1.3.5. Effet des conditions environnementales sur l'enracinement des boutures

L'humidité relative de l'air ambiant et du substrat, l'aération du substrat, la température de l'air ambiant et du substrat, la lumière et, dans certains cas, la fertilisation sont autant de facteurs qui influencent l'enracinement des boutures (Hartmann et al., 1997).

Maintien de la turgescence des boutures et humidité

Pendant toute la période qui s'étale entre leur prélèvement et l'émission d'un nombre suffisant de racines, les boutures sont extrêmement vulnérables à la déshydratation parce qu'elles sont incapables d'absorber l'eau nécessaire à leurs besoins. Pour conserver leur turgescence et maintenir toutes leurs fonctions physiologiques, les boutures doivent être prélevées tôt le matin et humidifiées au cours de leur transport et de leur préparation. Dès qu'elles sont introduites dans le milieu d'enracinement, l'humidité de l'air peut être maintenue à un haut niveau à l'aide d'un système de nébulisation (*mist system*) ou en les confinant sous un film de polyéthylène dans un espace ombragé. Ainsi, toutes les fonctions physiologiques des boutures peuvent être maintenues. Généralement, les boutures ligneuses et semi-ligneuses peuvent se multiplier sous nébulisation ou à l'étouffée sous un film de polyéthylène alors que les boutures semi-ligneuses s'enracinent beaucoup plus facilement sous nébulisation d'eau. Toutefois, il est essentiel de ne pas apporter trop d'eau par nébulisation ou par arrosage afin d'éviter une accumulation excessive d'eau dans le substrat de propagation qui réduirait l'aération et qui causerait l'asphyxie de la base de la bouture (Hartmann et al., 1990).

Aération du substrat

Une quantité suffisante d'oxygène doit être disponible dans le substrat. L'oxygène est essentiel à la respiration cellulaire qui libère l'énergie nécessaire à la division des cellules.

Sans une quantité suffisante d'oxygène, il y a asphyxie et mort des cellules. Un substrat bien drainé permet la diffusion de l'oxygène et du gaz carbonique libéré au cours de la respiration (Harmann et al., 1997).

Température du substrat et de l'air ambiant

En général, une température voisine de 25 °C dans le substrat est très favorable à l'induction et à l'initiation racinaire des boutures, contrairement à une température plus fraîche ou plus chaude. Le réchauffement excessif qui pourrait résulter d'un manque d'ombrage provoque la plupart du temps une hausse importante de la transpiration du feuillage et la dessiccation des boutures. Par ailleurs, une température ambiante plus élevée peut entraîner le débourrement des bourgeons avant l'initiation des racines et accroître la perte d'eau par transpiration, ce qui cause souvent un dessèchement des boutures et la mort de ces dernières (Hartmann et al., 1997).

Lumière

L'intensité lumineuse devrait être inférieure à celle à laquelle les plants mères étaient soumis (Loach, 1988). Comme les boutures feuillées transpirent davantage au tout début de la période d'enracinement, il est important de réduire les fortes intensités lumineuses pour éviter les stress hydriques. Toutefois, la lumière doit être suffisante pour maintenir l'activité photosynthétique et éviter l'étiollement des nouvelles pousses. Après l'émergence des racines, il est recommandé de rehausser progressivement l'intensité lumineuse (Hartmann et al., 1997).

Fertilisation

L'apport de fertilisants n'a aucune influence sur l'induction et l'initiation racinaire, de même que sur l'état physiologique de la bouture. Ces dernières ne recommencent à absorber les éléments minéraux dont elles ont besoins qu'à partir de l'émission de racines. Une fertilisation équilibrée et adéquate favorise alors la reprise de la croissance aérienne et racinaire. Comme les boutures ne peuvent absorber les minéraux durant la période qui précède l'enracinement, elles doivent donc provenir de plants mères adéquatement fertilisés (Hartmann et al., 1997).

1.4. Hypothèses et objectifs

1.4.1. Hypothèses

Les hypothèses de cette expérience se formulent comme suit :

- la multiplication par bouturage de l'*Anogeissus leiocarpus* est possible sous des conditions relativement simples et reproductibles par les paysans;
- la réussite de ce mode de multiplication est influencée par le plant mère lui-même (matériel génétique et âge), par l'état physiologique du plant mère et de la bouture (moment de la saison) et par l'application d'auxine de synthèse à la base des boutures.

1.4.2. Objectifs

Les objectifs poursuivis au cours de cette expérience sont de:

- évaluer la possibilité de multiplication par bouturage de l'*Anogeissus leiocarpus* sous un abri ombragé et protégé du vent;
- déterminer l'influence d'un certain nombre de plants mère distincts poussant en conditions naturelles sur le taux d'enracinement des boutures et sur la qualité du système racinaire après 4 mois d'enracinement;
- déterminer l'influence de l'état physiologique du plant mère et de la bouture prélevée à quatre moments de l'année sur l'enracinement (taux et qualité) des boutures;
- déterminer l'influence de divers traitements auxiniques à base d'AIB appliqués à la base des boutures sur leur enracinement (taux et qualité).

CHAPITRE II. MÉTHODOLOGIE

Pour rencontrer les objectifs du projet, vingt (20) plants mères ont été choisis. Les boutures ont été prélevées à quatre (4) dates ou moments de l'année et soumises ou non à des traitements auxiniques, puis placées sous des conditions favorables à leur enracinement. Pour mieux saisir les contraintes du milieu où s'est déroulée l'expérience, prenons d'abord connaissance des conditions environnementales habituelles qui y prévalent.

2.1. Lieu de l'expérience et conditions environnementales

L'étude a été menée à l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou, situé à 70 km de Bamako au Mali. Cet Institut occupe une superficie de terrain d'environ 380 ha longeant la rive gauche du fleuve Niger (Figure 1). Il est situé à 3,5 km de la ville de Koulikoro (chef lieu de la 2^{ème} région administrative du Mali). Ses coordonnées géographiques sont 12° 56' de latitude Nord et 7° 32' de longitude Ouest. Son altitude est de 326 m et il se trouve sur l'isohyète de 900 mm. Le relief du site est caractérisé par la présence de collines et de plateaux gréseux au nord-ouest surplombant une vallée assez étroite dont les terres basses sont en partie inondées périodiquement par les eaux du fleuve Niger.

Comme cela a été mentionné précédemment, le climat de type soudano-sahélien est constitué d'une longue saison sèche allant d'octobre à mai et d'une saison pluvieuse de juin à octobre. La température minimale moyenne oscille entre 13 et 25 °C pendant la saison sèche et est de 22 °C pendant la saison pluvieuse; la température maximale moyenne varie de 33 à 40 °C pendant la saison sèche et de 31 à 36 °C pendant la saison pluvieuse (Figure 2). La pluviométrie annuelle, qui est très faible en mars, avril, mai, octobre et novembre, atteint son maximum en août, avec un cumul annuel situé entre 700 et 900 mm. Aucune pluie ne tombe au cours des mois de décembre, janvier et février.

Les sols sont diversifiés et relativement hétérogènes. La végétation naturelle est une savane arbustive à arborée comprenant plusieurs espèces ligneuses, dont l'*Anogeissus leiocarpus*, avec un mélange de graminées annuelles au sol.

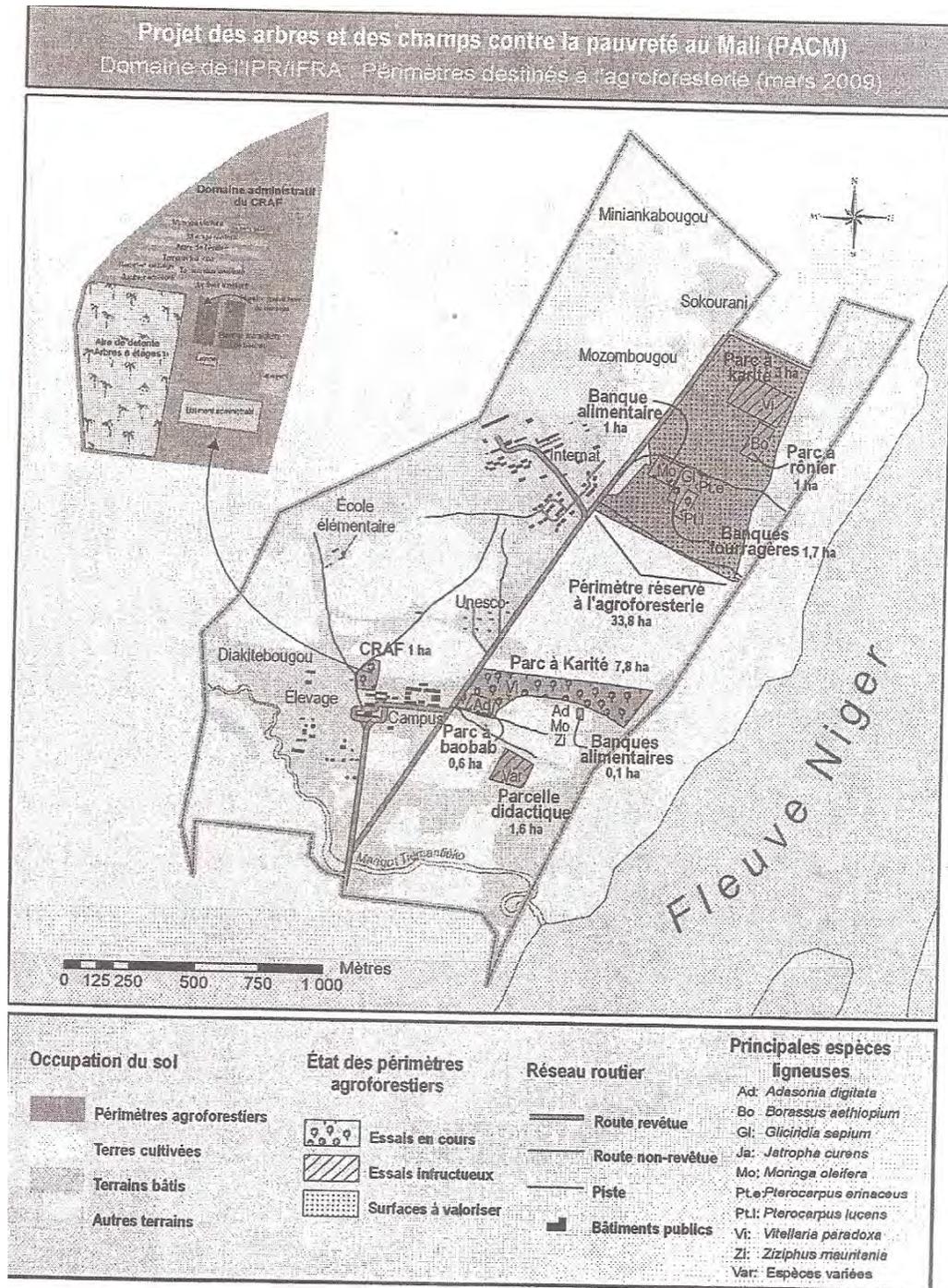


Figure 1. Site de l'étude à l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée.

Tiré de Desrosiers (2009)

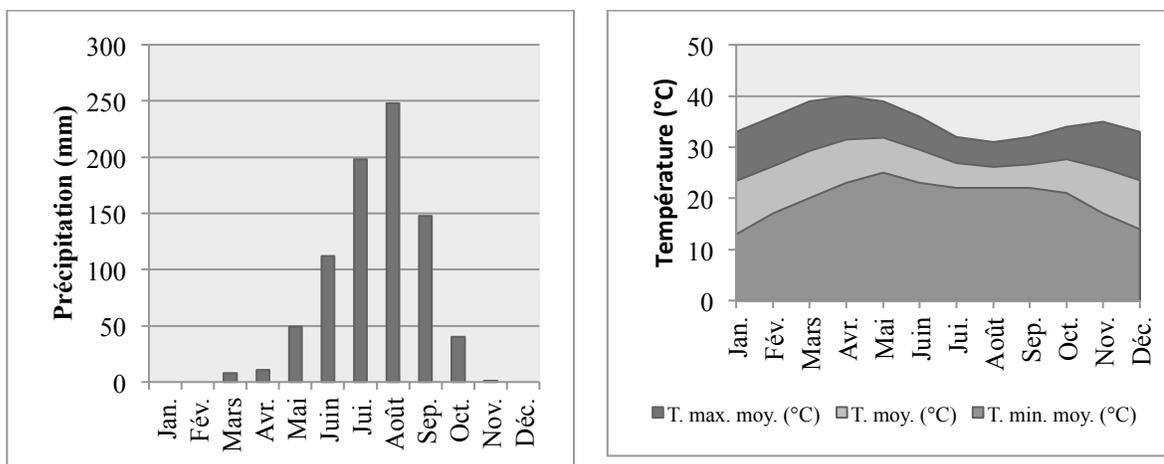


Figure 2. Précipitations (mm) mensuelles moyennes et températures maximales et minimales mensuelles moyennes (°C) à Katibougou, Mali.

Tiré de Climatedata.eu, Climat Katibougou – Mali (Anonymus, 2011a).

2.2. Matériel végétal

2.2.1. Choix des plants mères

Vingt (20) plants poussant à l'état naturel sur le domaine de Katibougou (IPR/IFRA) et celui de Sho (village situé en bordure du fleuve Niger à 5 km du site de l'expérience) ont été sélectionnés à raison de dix (10) par domaine. Les plants retenus mesuraient entre 5 et 10 m de hauteur et portaient de jeunes pousses à la base (rejets) avec des tiges pourvues de multiples ramifications. Ces plants devaient être relativement jeunes (entre 10 et 20 ans) et posséder suffisamment de pousses annuelles pour être en mesure de prélever une centaine de boutures au cours de l'expérience sans trop en affecter le port et la croissance. Les plants de Sho étaient en général un peu plus jeunes que ceux de Katibougou (Figures 3 et 4). Les plants de Sho se trouvaient plus près de la rive du fleuve Niger que ceux de Katibougou, ces derniers poussant à la base des collines surplombant le fleuve. De façon générale, ces plants recevaient sensiblement les mêmes quantités de pluie, n'étaient affectés d'aucune maladie apparente, mais se développaient sur des sols diversifiés. Les plants ont été localisés à l'aide d'un appareil GPS permettant de situer précisément l'emplacement de la souche de chacun (Tableau 1).



Figure 3. L'un des plants mères d'*Anogeissus leiocarpus* du domaine de Katibougou en période sèche, 2010.



Figure 4. L'un des plants mères d'*Anogeissus leiocarpus* du domaine de Sho en période sèche, 2010.

Tableau 1. Coordonnées géographiques de chacun des plants mères ayant servi à l'étude.

Site	N° du plant	Coordonnées géographiques
Katibougou	1	N 12° 54' 52.0'' ; W 007° 31' 41.6''
	2	N 12° 54' 56.3'' ; W 007° 31' 46.8''
	3	N 12° 54' 46.9'' ; W 007° 32' 12.6''
	4	N 12° 54' 45.6'' ; W 007° 32' 11.0''
	5	N 12° 55' 19.4'' ; W 007° 32' 08.0''
	6	N 12° 55' 21.5'' ; W 007° 32' 08.1''
	7	N 12° 55' 21.9'' ; W 007° 32' 06.6''
	8	N 12° 55' 21.9'' ; W 007° 32' 06.0''
	9	N 12° 55' 23.6'' ; W 007° 32' 07.6''
	10	N 12° 55' 23.9'' ; W 007° 32' 09.2''
Sho	11	N 12° 57' 02.7'' ; W 007° 30' 17.0''
	12	N 12° 57' 03.1'' ; W 007° 30' 16.4''
	13	N 12° 57' 03.6'' ; W 007° 30' 15.6''
	14	N 12° 57' 03.2'' ; W 007° 30' 15.5''
	15	N 12° 57' 06.6'' ; W 007° 30' 12.1''
	16	N 12° 57' 06.9'' ; W 007° 30' 08.1''
	17	N 12° 57' 07.4'' ; W 007° 30' 08.4''
	18	N 12° 57' 07.5'' ; W 007° 30' 09.0''
	19	N 12° 57' 06.6'' ; W 007° 30' 09.5''
	20	N 12° 57' 03.2'' ; W 007° 30' 17.4''

2.2.2. Prélèvement et description des boutures

Les boutures, des extrémités ou des portions de pousse de l'année, ont été prélevées sur les plants mères à quatre (4) dates ou moments de l'année, soit au cours de la deuxième moitié du mois d'août 2009 (1^{ère} date), à la fin du mois de novembre (2^e date), à la fin du mois de décembre et au début du mois de janvier (3^e date), et au début du mois de mars 2010 (4^e date) (Tableau 2). Comme les tiges nouvelles d'une plante ligneuse passent successivement par tous les états physiologiques possibles au cours d'une année, l'état physiologique des boutures était distinct et unique à chacune des dates de prélèvement. Dans l'ordre, ces boutures correspondaient respectivement à l'extrémité semi-herbacée d'une nouvelle pousse, à une portion de tige semi-ligneuse, à une portion de tige ligneuse en dormance et à une portion de tige ligneuse en dormance apparente (bourgeons prêts à débousser). Dans

chacun des cas, le prélèvement a été fait très tôt le matin avec un sécateur bien affûté et désinfecté avec de l'alcool 90 %. Les boutures des deux premières dates de prélèvements ont été défoliées sur place, alors que les feuilles peu nombreuses de la troisième n'ont pas été retirées. La quatrième date, les boutures ne portaient aucune feuille (période d'arrêt de végétation) (Figures 5 et 6). Pour éviter la déshydratation, elles ont été placées dans un sac de jute mouillé, mises dans une glacière et ramenées rapidement dans les locaux de l'Institut. Chacune d'elles mesurait un peu plus de 15 cm de longueur.

À chacune de ces quatre dates ou moments de l'année, 20 boutures ont été prélevées sur chacun des plants mères. Comme le potentiel d'enracinement des boutures pouvait varier grandement entre les plants mères, les boutures ont été maintenues regroupées par plant mère, ce qui permettait d'isoler l'effet plant mère.

Tableau 2. Dates de prélèvement et description de l'état physiologique des boutures à chacun de moment de prélèvement au cours de l'expérience.

Origine des plants mères	Date de prélèvement	Description de la bouture
Premier prélèvement		
Katibougou	19/08/2009	Extrémité semi-herbacée d'une nouvelle tige
Sho	21/08/2009	
Deuxième prélèvement		
Katibougou	28/11/2009	Portion de tige semi-ligneuse d'une nouvelle tige
Sho	30/11/2009	
Troisième prélèvement		
Katibougou	30/12/2009	Portion de tige ligneuse en dormance physiologique*
Sho	01/01/2010	
Quatrième prélèvement		
Katibougou	02/03/2010	Portion de tige ligneuse en dormance apparente**
Sho	04/03/2010	

* Dormance physiologique : Période pendant laquelle la croissance en longueur est en arrêt dû à la présence de régulateurs qui empêchent cette dernière. Sa durée peut varier de quelques semaines à quelques mois.

** Dormance apparente : Cette dormance suit habituellement la levée de la dormance physiologique et est due à des conditions non favorables à la croissance, comme la sécheresse ou des températures trop basses.



Figure 5. Prélèvement de boutures sur un plant mère d'*Anogeissus leiocarpus* à Katibougou, au Mali, en période de mousson (août, 2010).



Figure 6. Illustration du dimensionnement d'une bouture semi-ligneuse d'*Anogeissus leiocarpus* (15 cm de long).

2.3. Traitement auxinique des boutures et mise en place des dispositifs

Dans le local de préparation des boutures, la base de celles-ci a été à nouveau taillée à l'aide d'un sécateur désinfecté pour obtenir une plaie fraîche. Cette base a été par la suite trempée pendant 3 à 4 secondes dans une solution contenant ou non une concentration déterminée d'AIB sous forme acide (SIGMA, Chine). À peine retirée de la solution, la bouture a été piquée dans le substrat d'enracinement contenu dans un sac de plastique, arrosée et placée dans une enceinte d'enracinement. Le substrat était un mélange de sol, de sable et de compost (2:1:1; v:v:v) qui se drainait bien et était fertile. Les contenants étaient des sachets en plastique couramment utilisés pour la propagation par semis des espèces ligneuses.

Les doses d'AIB utilisées étaient de 0 (eau distillée), 1000, 2500 ou 5000 ppm (ou 0, 1,0 2,5 ou 5,0 g/L) pour les boutures semi-herbacées et semi-ligneuses des première et deuxième dates de prélèvement; elles étaient de 0 (eau distillée), 2500, 5000 ou 10000 ppm (ou 0, 2,5 5,0 et 10,0 g/L) pour les boutures ligneuses des deux autres dates de prélèvement. À chaque prélèvement, de nouvelles solutions d'AIB ont été préparées la veille ou quelques jours avant leur usage. Chacune des doses de cristaux d'AIB a été pesée avec une balance de précision. Chacune d'elle a été dissoute dans de l'éthanol à 90 %, puis de l'eau distillée a été ajoutée de façon à obtenir une solution contenant 50 % d'alcool, ce qui donnait une dose de X ppm d'AIB dans de l'éthanol à 50 %.

L'enceinte d'enracinement a été construite à l'extérieur près du local de préparation des boutures. Il s'agissait d'un abri d'une hauteur de 1,5 m dont le toit était une structure de paille tressée appelée "seccos" et les côtés, de plastique semi-transparent (Figures 7 et 8). Le toit empêchait le contact direct des rayons du soleil avec les boutures, réduisant ainsi le réchauffement et la déshydratation de celles-ci. Les côtés couverts de membranes plastiques permettaient de conserver un niveau élevé d'humidité dans l'air ambiant de l'enceinte. Il s'agissait donc d'un bouturage à l'étouffée dans un milieu semi-contrôlé où la température moyenne du jour était plus faible que celle de l'air extérieur et la température moyenne de nuit plus élevée que celle de l'air de l'extérieur.



Figure 7. Phase d'installation des boutures d'un essai (20 blocs de 20 boutures) sous le toit d'une enceinte d'enracinement avant la pose des films de plastique sur les côtés.



Figure 8. Structure externe d'une enceinte d'enracinement regroupant les 400 boutures d'un essai.

Comme le potentiel d'enracinement des boutures d'un plant mère poussant à l'état naturel peut se situer entre 0 et 100 % et qu'il peut être distinct d'un plant mère à l'autre, le matériel végétal de chacun d'eux (20 boutures) a été préparé séparément pour former l'équivalent d'un bloc dans chacun des cas. Chacun de ces blocs renfermait les quatre traitements hormonaux appliqués chacun sur cinq boutures. Les boutures d'un même traitement étaient placées en rangée et les traitements étaient distribués aléatoirement au sein du bloc (Figure 7).

Chaque essai, correspondant à une date de prélèvement, comprenait donc 20 blocs (plants mères) de 20 boutures, soit au total 400 boutures. Chaque essai se produisant dans le temps, les plants mères et les boutures étaient chaque fois dans un état physiologique différent (Tableau 2) et les conditions qui ont prévalu durant les quatre mois d'enracinement étaient également différentes (Figure 9) :

- le premier a débuté en août au cours de la saison de la mousson pour se terminer en décembre durant la saison sèche;
- le deuxième a débuté en fin d'octobre avec le début de la saison sèche et s'est déroulé entièrement durant cette même saison;
- le troisième a débuté le dernier jour de décembre et le premier de janvier durant la saison sèche pour se terminer à la fin de la saison sèche en avril;
- le quatrième a débuté en mars en saison sèche pour se terminer en juillet en pleine saison de la mousson.

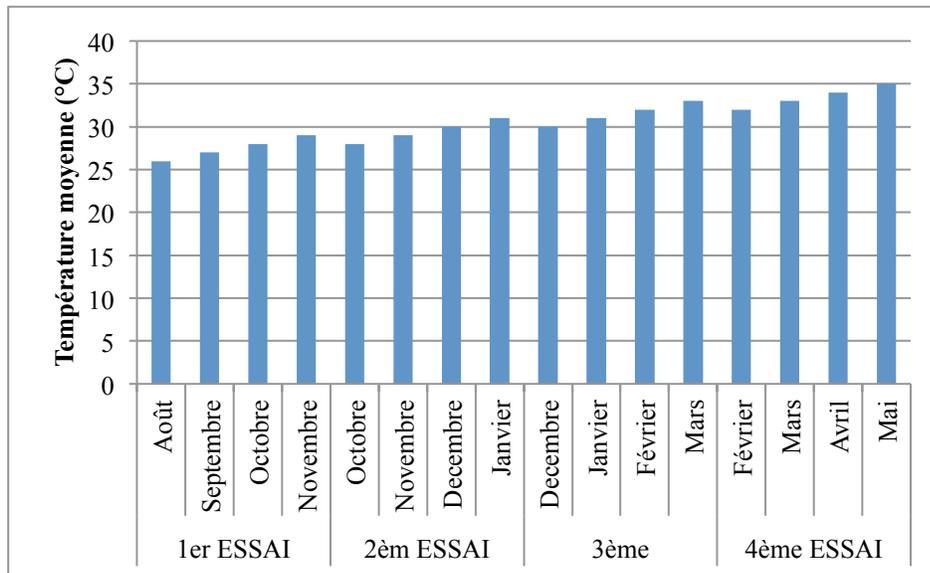


Figure 9. Evolution de la température moyenne au cours des quatre essais de bouturage de l'*Anogeissus leiocarpus* menés à Katibougou du mois d'août 2009 au mois de mai 2010.

2.4. Suivi des essais et prises de données

L'arrosage s'effectuait le matin sous forme d'une légère aspersion d'eau, et le soir selon le besoin. L'eau d'arrosage provenait du système d'aqueduc de l'IPR/IFRA. Pour le premier essai, les arrosages ont été peu abondants les deux premiers mois à cause de la fraîcheur de l'air et des pluies qui procuraient de l'humidité. Il en a été de même au cours des deux derniers mois du quatrième essai. Les arrosages ont été plus abondants les deux derniers mois du premier essai, les deux premiers mois du quatrième essai et pendant toute la durée des deuxième et troisième essais.

La présence de termites qui ont attaqué la base proximale des boutures dans le substrat d'enracinement au cours du premier essai a nécessité l'usage d'un insecticide. Il est possible que les boutures en aient souffert. Des précautions supplémentaires ont été prises au cours des essais suivants. Les mauvaises herbes qui ont poussé dans le substrat d'enracinement et autour des pots ont été éliminées régulièrement.

Dès la troisième semaine suivant la mise à enraciner, des bourgeons ont grossi et de courtes tiges feuillées se sont développées sur un certain nombre de boutures. Chez certaines de ces boutures, les pousses se sont maintenues ou ont continué à se développer jusqu'à la fin de

l'essai alors que d'autres se sont desséchées au cours des semaines qui ont suivi. Enfin, un plus grand nombre de boutures, entre autres toutes les boutures du troisième essai, n'ont manifesté aucune reprise de végétation (gonflement de bourgeons et développement de tiges et de feuilles). Les bourgeons et les feuilles en croissance ont été dénombrés et notés toutes les deux semaines à partir du moment de la mise à enraciner.

Dans la présente étude, seule la température moyenne du milieu ambiant a fait l'objet de contrôle variant entre 26 et 30°C.

En fin d'essai, soit environ seize (16) semaines après la mise à enraciner, toutes les boutures ont été dépotées. Les boutures enracinées ont été notées. Leurs feuilles, leurs bourgeons actifs et leurs racines ont été dénombrés et déposés dans un espace ombragé, bien aéré et protégé des précipitations et du vent. Après plusieurs jours de séchage, leur masse sèche a été mesurée à l'aide d'une balance de précision.

2.5. Traitements statistiques des données

Pour chacun des quatre (4) essais (dates ou moments de prélèvement des boutures), les quatre traitements auxiniques ont été distribués selon un dispositif constitué de vingt (20) blocs aléatoires, les boutures de chacun de ces blocs provenant de l'un des plants mères. La décomposition des degrés de liberté de ce dispositif est présentée au Tableau 3. Ce dispositif permettait de déterminer les traitements auxiniques les plus favorables à l'enracinement des boutures d'un ensemble de plants mères, mais ne permettait pas d'établir de différence significative en les plants mères. En effet, le nombre de boutures prélevées par plant mère ne pouvait être triplé ou quadruplé pour obtenir autant de répétitions du dispositif sans affecter le développement des arbres. De même, ce dispositif ne permettait pas de vérifier la possibilité qu'il y ait une interaction significative entre Traitements et Plants mères, ce qui veut dire qu'il est impossible de déterminer si la réponse des plants-mères peut varier en fonction du traitement auxinique.

En jumelant les données des quatre essais, les unités expérimentales prenaient alors la forme d'un plan en tiroirs (split-plot), les dates ou moments de prélèvement étant en parcelles principales et les traitements auxiniques distribués dans un plan aléatoire en sous-parcelles. La décomposition des degrés de liberté de ce dispositif apparaît au Tableau 4. Ce

modèle permettait de vérifier le ou les états physiologiques des boutures (liés aux moments du prélèvement des boutures) les plus favorables à l'enracinement des boutures d'un ensemble de plants mères ainsi qu'une possible interaction entre traitements auxinique et plants mères.

Tableau 3. Décomposition des degrés de liberté du dispositif de chacun des essais.

Source de variation	Effet	Degrés de liberté
Plants mères (ou blocs)	fixe	19
Traitements auxiniques	fixe	3
Erreur	aléatoire	57
Total		79

Tableau 4. Décomposition des degrés de liberté du dispositif réunissant les données des quatre essais.

Source de variation	Effet	Degrés de liberté
Dates	fixe	3
Plants mères	fixe	19
Dates*plants mères (ou erreur)	aléatoire	57
Traitements auxiniques	fixe	3
Traitements auxiniques*Plants mères	fixe	9
Erreur	aléatoire	228
Total		319

CHAPITRE III. RÉSULTATS

Le très faible taux de débourrement et d'enracinement des boutures dans les conditions qui ont prévalu au cours de l'expérience a fourni trop peu de données pour réaliser une étude statistique fiable et satisfaisante. Les tendances détectées risquaient de nous orienter sur de fausses pistes quant à l'interprétation des données. Ces dernières sont donc présentées dans leur état brut. Les figures 10 et 11 illustrent le débourrement des bourgeons de quelques boutures et les figures 12 et 13, l'enracinement de quelques-unes d'entre elles. Rappelons que pour chacun des essais 400 boutures ont été traitées et mises à enraciner.



Figure 10. Débourrement des bourgeons de boutures de l'*Anogeissus leiocarpus* provenant de plants mères de Katibougou (1000 ppm d'AIB).



Figure 11. Débourrement des bourgeons de boutures de l'*Anogeissus leiocarpus* provenant de plants mères de Sho (2500 ppm d'AIB).



Figure 12. Bouture enracinée de l'*Anogeissus leiocarpus* provenant d'un plant mère de Katibougou (2500 ppm d'AIB).



Figure 13. Bouture enracinée de l'*Anogeissus leiocarpus* provenant d'un plant mère de Sho (1000 ppm d'AIB).

3.1. Débourrement des bourgeons en cours d'enracinement

Premier essai (de la deuxième moitié du mois d'août au début du mois de janvier)

Le débourrement des bourgeons s'est amorcé un peu moins de trois semaines après la mise à enraciner. Ce débourrement s'est produit sur 11 des 400 boutures, 5 d'entre elles appartenant à trois plants mères de Katibougou et les 6 autres appartenant à quatre plants mères provenant de Sho (5 et 6). Elles se répartissaient de façon semblable d'un traitement auxinique à l'autre, soit respectivement 2, 3, 3 et 3 sur 100 pour les traitements 0, 1000, 2500 et 5000 ppm d'AIB. Seulement 2 de ces boutures ont conservé leur feuillage jusqu'à la fin de l'expérience, le feuillage des 9 autres s'étant desséché graduellement au cours de l'essai.

Tableau 5. Évolution aux deux semaines du nombre de feuilles observées sur les boutures dont la végétation a redémarré au cours du premier essai. (Il est à noter que seules les données des boutures ayant redémarré sont présentées.)

Provenance	Plant mère	Traitement AIB (ppm)	No de la bouture	Nombre de feuilles (aux 2 semaines)							
				2**	4	6	8	10	12	14	16
Katibougou	2	2500	1	.	.	.	.	2	2	.	.
Katibougou	2	5000	2	.	2	2	4	4	.	.	.
Katibougou	8	2500	4	.	.	2	2	4	4	4	.
Katibougou	10	1000	2	.	.	2	2	.	.	.	.
Katibougou	10	2500	3	.	2	2	4	4	4	6	.
Sho*	11	0	4	.	2	2	2	4	4	6	6
Sho	12	1000	2	.	2	4	4	6	6	8	8
Sho	15	0	1	.	.	2	.	.	.	.	.
Sho	15	5000	5	.	2	2	4	4	6	.	.
Sho	18	1000	2	.	2	.	.	.	.	.	.
Sho	18	5000	5	.	2	2	2	2	4	4	.

. : bouture dont les bourgeons n'ont pas débourré ou bouture dont les nouvelles feuilles se sont desséchées.

* : caractères gras : boutures ayant maintenu leur feuillage jusqu'à la fin de l'expérience.

** : nombre de semaines écoulées depuis la mise à enraciner des boutures.

Deuxième essai (de la fin du mois d'octobre au mois de février)

Le débourrement des bourgeons a débuté dès la troisième semaine après la mise à enraciner. Il s'est manifesté sur 31 des 400 boutures, dont 16 provenaient de plants mères de Katibougou et 15 de plants mères de Sho (Tableaux 6 et 7). Ces boutures étaient respectivement au nombre de 8, 8, 11 et 4 sur 100 pour les traitements d'AIB aux concentrations de 0, 1000, 2500 et 5000 ppm.

Tableau 6. Nombre de boutures dont les bourgeons ont redémarré au cours de la période d'enracinement des premier et deuxième essais. (Chacune des valeurs représente le nombre de boutures dont la végétation a redémarré sur le cinq boutures initialement mises à enraciner.)

Site	Plant mère	Première essai				Deuxième essai			
		A1*	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
Katibougou	1	0**	0	0	0	1	0	2	0
	2	0	0	1	1	1	1	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	1	1
	4	0	0	0	0	1	1	1	0
	5	0	0	0	0	0	1	1	1
	6	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	1	1
	9	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	1	1	0	0	0	0	0
Sho	11	1	0	0	0	0	0	1	0
	12	0	1	0	0	1	1	0	0
	13	0	0	0	0	0	1	1	0
	14	0	0	0	0	0	2	0	0
	15	1	0	0	1	0	1	0	0
	16	0	0	0	0	2	0	0	1
	17	0	0	0	0	0	1	0	0
	18	0	1	0	1	0	0	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	1	0	2	0

* : A1 : eau distillée ; A2 : 1000 ppm d'AIB ; A3 : 2500 ppm d'AIB ; A4 : 5000 ppm d'AIB.

Troisième essai (de la toute fin de décembre et du tout début de janvier au mois d'avril)

Aucun bourgeon n'a débourré et toutes les boutures (400) se sont desséchées au cours de l'essai.

Quatrième essai (du début du mois de mars au mois de juillet)

Le débourrement des bourgeons s'est produit sur plusieurs boutures, mais ces dernières n'ont pas été dénombrées.

Tableau 7. Évolution aux deux semaines du nombre de feuilles observées sur les boutures dont la végétation a redémarré au cours du deuxième essai. (Il est à noter que seules les données des boutures ayant redémarré sont présentées.)

Provenance	Plant mère	Traitement AIB (ppm)	No de la bouture	Nombre de feuilles (aux 2 semaines)							
				2**	4	6	8	10	12	14	16
Katibougou	1	0	1	.	2	2	4	4	.	.	.
Katibougou	1	2500	3	.	.	2	2	4	4	4	4
Katibougou	1	2500	5	.	.	2	4	4	4	.	.
Katibougou	2	0	2	.	2	2	4	4	4	4	.
Katibougou	2	1000	2	.	.	.	2	2	4	4	.
Katibougou	3	2500	1	.	.	2	2	2	.	.	.
Katibougou	3	5000	4	.	2	.	.	.	.	.	.
Katibougou	4	0	1	.	.	2	2	4	.	.	.
Katibougou	4	1000	2	.	.	.	.	2	2	2	.
Katibougou	4	2500	3	.	2	.	.	2	2	.	.
Katibougou	5	1000	4	.	.	.	2	2	4	4	.
Katibougou	5	2500	2	.	.	2	2	.	.	.	.
Katibougou	5	5000	5	.	2	2	4	4	6	8	.
Katibougou	7	0	3	.	.	2	2	.	.	.	.
Katibougou	8	2500	2	.	2	2	4	4	4	.	.
Katibougou	8	5000	4	.	.	2	2	4	.	.	.
Sho*	11	2500	2	.	.	.	2	4	4	6	6
Sho	12	0	1	.	.	2	4	4	6	6	8
Sho	12	1000	4	.	2	2	4	6	8	8	10
Sho	13	1000	3	.	.	2	2	2	4	4	4
Sho	13	2500	1	.	.	2	4	6	6	8	8
Sho	14	1000	2	.	.	.	.	.	.	2	2
Sho	14	1000	5	.	.	.	.	2	2	4	4
Sho	15	1000	5	.	2	2	2	2	4	4	4
Sho	16	0	2	.	.	2	4	4	6	6	8
Sho	16	0	3	.	.	2	2	4	4	6	6
Sho	16	5000	4	.	2	2	4	4	6	6	6
Sho	17	2500	1	.	2	2	4	4	6	.	.
Sho	20	0	3	.	.	2	2	4	4	.	.
Sho	20	2500	1	.	.	2	.	.	.	.	.
Sho	20	2500	4	.	2	2	2	4	4	.	.

. : bouture dont les bourgeons n'ont pas débouffé ou bouture dont les nouvelles feuilles se sont desséchées.

* : caractères gras : boutures ayant maintenu leur feuillage jusqu'à la fin de l'expérience.

** : nombre de semaines écoulées depuis la mise à enraciner des boutures.

3.2. Enracinement des boutures

Premier essai (de la deuxième moitié du mois d'août au début du mois de janvier)

Parmi les 11 boutures (sur 400) qui ont formé des feuilles durant l'enracinement, seulement 2 d'entre elles ont conservé leurs feuilles jusqu'à la fin de l'essai et se sont enracinées au cours du premier essai (Tableau 8). L'une des boutures provenait du plant mère Sho 11 et sa base avait été trempée dans de l'eau distillée (0 ppm d'AIB). L'autre venait du plant mère Sho 12 et sa base avait été traitée avec une solution contenant 1000 ppm d'AIB.

Deuxième essai (de la fin du mois d'octobre au mois de février)

Sur les 31 boutures (sur 400 mises) dont les bourgeons ont redémarré, 12 d'entre elles ont maintenu leur feuillage jusqu'à la fin de l'essai et se sont enracinées au cours du deuxième essai (Tableau 8) : ce sont une bouture sur 20 (5 boutures x 4 concentrations d'AIB) dans le cas des plants mères Katibougou 1, Sho 11 et Sho 15, deux boutures sur 20 dans le cas des plants mères Sho 12, Sho 13 et Sho 14, et enfin trois boutures sur 20 dans le cas du plant mère Sho 16. Concernant l'effet des traitements auxiniques, 3, 5, 3 et 1 boutures sur 100 (5 boutures x 20 plants mères) se sont respectivement enracinées pour les traitements auxiniques de 0, 1000, 2500 et 5000 ppm d'AIB.

Troisième essai (de la toute fin de décembre et du tout début de janvier au mois d'avril)

Comme aucun bourgeon n'a débourré au cours de la période d'enracinement, aucune bouture ne s'est enracinée.

Quatrième essai (du début du mois de mars au mois de juillet)

Parmi les boutures dont les bourgeons ont débourré, 22 d'entre elles (sur 400) ont formé plusieurs feuilles et se sont enracinées (Tableau 8); 13 boutures provenaient de 9 plants mères de Katibougou et 9 autres appartenaient à autant de plants mères de Sho. Seuls les plants mères Katibougou 3 et Sho 19 n'ont donné aucune bouture enracinée. Concernant les traitements auxiniques, le nombre de boutures enracinées était respectivement de 4, 3, 6 et 9 sur 100 pour des concentrations d'AIB de 0, 2500, 5000 et 10000 ppm.

Tableau 8. Nombre de boutures enracinées au cours des quatre essais en fonction du traitement auxinique pour chacun des plants mères. (Chaque valeur correspond au nombre de boutures enracinées à partir des cinq boutures initialement mises à enraciner.)

Site	Plant mère	Première essai				Deuxième essai				Troisième essai				Quatrième essai			
		A1*	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A3	A4	A5	A1	A3	A4	A5
Katibougou	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Sho	11	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	12	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	13	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	14	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	16	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

* A1 : eau distillée ; A2 : 1000 ppm d'AIB ; A3 : 2500 ppm d'AIB ; A4 : 5000 ppm d'AIB ; A5 : 10 000 ppm d'AIB

3.3. Qualité des boutures enracinées

Premier essai (de la deuxième moitié du mois d'août au début du mois de janvier)

Sur les deux boutures enracinées, 2 et 3 bourgeons avaient débouffé (Tableau 9), 6 et 8 feuilles s'étaient développées (Tableau 10), et le poids sec moyens de ces feuilles et petites tiges était respectivement de 0,029 et 0,036 g (Tableau 11). Ces mêmes boutures avaient formé 1 et 2 racines (Tableau 12), avec un poids sec de 0,010 et 0,125 g.

Deuxième essai (de la fin du mois d'octobre au mois de février)

Les 12 boutures enracinées se répartissaient dans 10 traitements sur un total de 80 (20 plants mères x 4 concentrations d'AIB). Ces boutures enracinées portaient entre 2 et 8 bourgeons débouffés (Tableau 9), entre 3 et 10 feuilles (Tableau 10), pour un poids sec en feuilles et petites tiges variant entre 0,102 et 0,626 g (Tableau 11). De plus, ces boutures

avaient formé en moyenne entre 1 et 40 racines (Tableau 12) pour un poids sec moyen de 0,013 à 0,680 g (Tableau 13). Les boutures de 7 des 10 traitements ont produit 15 racines et plus et les boutures de 9 des 10 traitements ont donné un poids sec moyen en racines supérieur à 0,150 g.

Quatrième essai (du début du mois de mars au mois de juillet)

Les 22 boutures enracinées provenaient d'autant de traitements. Sur ces boutures, on pouvait compter entre 4 et 28 bourgeons débouffés (Tableau 9), entre 10 et 29 feuilles déployées (10) pour un poids sec en feuilles et petites tiges se situant entre 0,023 et 0,454 (Tableau 11). Ces boutures possédaient entre 5 et 37 racines et ce nombre était supérieur à 10 chez 15 d'entre elles (Tableau 12). Le poids sec des racines variait de 0,020 à 0,367 g et ce poids était supérieur à 0,50 g chez 12 de ces 22 boutures (Tableau 13).

Tableau 9. Nombre moyen de bourgeons qui ont débouffé sur les boutures enracinées de chacun des traitements des quatre essais d'enracinement des boutures de l'*Anogeissus leiocarpus*.

Site	Plant mère	Première essai				Deuxième essai				Troisième essai				Quatrième essai			
		A1*	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A3	A4	A5	A1	A3	A4	A5
Katibougou	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	27	16	11	18
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	21	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
Sho	11	2	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	11	0	0	0
	12	0	3	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	13	0	0	0	0	0	8	5	0	0	0	0	0	0	0	4	0
	14	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
	15	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0
	16	0	0	0	0	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	23
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0

* A1 : eau distillée ; A2 : 1000 ppm d'AIB ; A3 : 2500 ppm d'AIB ; A4 : 5000 ppm d'AIB ; A5 : 10 000 ppm d'AIB

Tableau 10. Nombre moyen de feuilles qui se sont développées sur les boutures enracinées de chacun des traitements des quatre essais d'enracinement des boutures de l'*Anogeissus leiocarpus*.

Site	Plant mère	Première essai				Deuxième essai				Troisième essai				Quatrième essai			
		A1*	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A3	A4	A5	A1	A3	A4	A5
Katibougou	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	13	27	20	14
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	16	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
Sho	11	6	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	10	0	0	0
	12	0	8	0	0	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
	13	0	0	0	0	0	4	8	0	0	0	0	0	0	0	12	0
	14	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
	15	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
	16	0	0	0	0	7	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	8
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0

* A1 : eau distillée ; A2 : 1000 ppm d'AIB ; A3 : 2500 ppm d'AIB ; A4 : 5000 ppm d'AIB ; A5 : 10 000 ppm d'AIB

Tableau 11. Poids sec moyen (g) des feuilles et des petites tiges nouvelles qui se sont développées sur les boutures enracinées de chacun des traitements des quatre essais d'enracinement des boutures de l'*Anogeissus leiocarpus*.

Site	Plant mère	Première essai				Deuxième essai				Troisième essai				Quatrième essai			
		A1*	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A3	A4	A5	A1	A3	A4	A5
Katibougou	1	0	0	0	0	0	0	0,102	0	0	0	0	0	0,268	0,132	0,073	0,024
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,056	0,018	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,024	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,023
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,034
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,198
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,454	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,246	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,143
Sho	11	0,029	0	0	0	0	0	0,204	0	0	0	0	0	0,149	0	0	0
	12	0	0,036	0	0	0,154	0,132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,034
	13	0	0	0	0	0	0,626	0,243	0	0	0	0	0	0	0	0,054	0
	14	0	0	0	0	0	0,304	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,412
	15	0	0	0	0	0	0,358	0	0	0	0	0	0	0,252	0	0	0
	16	0	0	0	0	0,141	0	0	0,212	0	0	0	0	0	0	0	0,387
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,365
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,410	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,395	0

* A1 : eau distillée ; A2 : 1000 ppm d'AIB ; A3 : 2500 ppm d'AIB ; A4 : 5000 ppm d'AIB ; A5 : 10 000 ppm d'AIB

Tableau 12. Nombre moyen de racines qui se sont formées sur les boutures enracinées de chacun des traitements des quatre essais d'enracinement des boutures de l'*Anogeissus leiocarpus*.

Site	Plant mère	Première essai				Deuxième essai				Troisième essai				Quatrième essai			
		A1*	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A3	A4	A5	A1	A3	A4	A5
Katibougou	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	6	5	21
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	12	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
Sho	11	1	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	9	0	0	0
	12	0	2	0	0	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
	13	0	0	0	0	0	29	24	0	0	0	0	0	0	0	6	0
	14	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
	15	0	0	0	0	0	39	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0
	16	0	0	0	0	40	0	0	34	0	0	0	0	0	0	0	29
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0

* A1 : eau distillée ; A2 : 1000 ppm d'AIB ; A3 : 2500 ppm d'AIB ; A4 : 5000 ppm d'AIB ; A5 : 10 000 ppm d'AIB

Tableau 13. Poids sec moyen (g) des racines qui se sont formées sur les boutures enracinées de chacun des traitements des quatre essais d'enracinement des boutures de l'*Anogeissus leiocarpus*.

Site	Plant mère	Première essai				Deuxième essai				Troisième essai				Quatrième essai				
		A1*	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A3	A4	A5	A1	A3	A4	A5	
Katibougou	1	0	0	0	0	0	0	0,013	0	0	0	0	0	0,073	0,045	0,045	0,032	
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,041	0,023	0	
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,020	0	0	0	
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,032	
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,032
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,332
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,198	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,168	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,114
Sho	11	0,010	0	0	0	0	0	0,324	0	0	0	0	0	0,068	0	0	0	0
	12	0	0,125	0	0	0,224	0,312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,032
	13	0	0	0	0	0	0,680	0,367	0	0	0	0	0	0	0	0	0,021	0
	14	0	0	0	0	0	0,672	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,367
	15	0	0	0	0	0	0,461	0	0	0	0	0	0	0,213	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0,462	0	0	0,154	0	0	0	0	0	0	0	0	0,345
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,315
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,234	0	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,324	0

* A1 : eau distillée ; A2 : 1000 ppm d'AIB ; A3 : 2500 ppm d'AIB ; A4 : 5000 ppm d'AIB ; A5 : 10 000 ppm d'AIB

CHAPITRE IV. DISCUSSION ET CONCLUSION

Comme aucune analyse statistique valable n'a pu être réalisée sur les données de cette étude, il est impossible de déterminer des différences entre les divers traitements. Malgré tout, ces données nous permettent de tirer un certain nombre de conclusions et de réflexions intéressantes.

4.1. Potentiel d'enracinement des boutures de l'*Anogeissus leiocarpus*

L'enracinement, même faible, d'un certain nombre de boutures au cours de la présente étude démontre hors de tout doute que l'*Anogeissus leiocarpus* possède un certain potentiel à se multiplier par bouturage tout comme l'*Anogeissus pendula*, d'autant plus que les conditions n'étaient très probablement pas optimales si l'on se fie aux recommandations de Hartmann et al. (2002). Les taux d'enracinement des boutures de l'*Anogeissus leiocarpus* soumises aux divers traitements de la présente étude sont très faibles comparativement aux taux de 65 et de 45 % mentionnés respectivement par Anderson (1994) et Adjaba (1999). Ces deux dernières études ont très probablement été réalisées sous des conditions différentes de celles de la présente étude. Toutefois, comme ces auteurs n'indiquent que les pourcentages de réussite, ces conditions ne sont pas connues. En revanche, dans son étude de l'*Anogeissus leiocarpus*, Kambou (1997) affirme que les boutures de cette espèce sont sans rhizogénèse.

Nos résultats se rapprochent cependant de ceux de l'étude menée par Gupta et al. (1997) et encore davantage de ceux de l'étude de Rai et al. (2002) sur des boutures de l'*Anogeissus pendula*. Dans le premier cas, les taux d'enracinement variaient entre 10 et 40 % pour 5 des 12 traitements, alors que dans le deuxième cas, ils variaient entre 10 à 20 % pour 1é des 70 traitements, les 7 et les 58 autres n'ayant donné aucun enracinement. Rappelons que les boutures de l'*Anogeissus latifolia*, soumises à des conditions similaires à celles des deux études précédentes, n'ont donné aucune racine. S'il y a eu des essais de multiplication par bouturage sur d'autres espèces d'*Anogeissus*, les résultats ne sont pas connus. A première vue, les boutures de l'*Anogeissus leiocarpus* semblent posséder un potentiel d'enracinement qui se rapprocherait de celui de l'*Anogeissus pendula*. Toutefois, d'autres

essais comparatifs doivent être réalisés avec ces deux espèces pour vérifier la véracité de cette affirmation.

4.2. Plants mères

Sous les conditions de l'étude, la plupart des plants mères ont donné de une à quelques boutures enracinées. De plus, considérant l'ensemble des résultats, le nombre de boutures enracinées est sensiblement le même pour chacun des deux sites de provenance des plants mères. C'est donc dire que, même si les plants de Katibougou et de Sho peuvent être différents en terme de bagage génétique et d'âge, leurs boutures ont autant de potentiel à s'enraciner et que ce potentiel se maintient assez longtemps dans la vie de l'arbre, du moins pour les plants mères à l'essai. En contrepartie, chez certains de ces plants mères, aucune bouture n'a formé de racines.

En fait, certaines espèces perdent très rapidement leur potentiel à s'enraciner alors que d'autres le conservent très longtemps : c'est respectivement le cas du *Picea mariana* (Mill.) Britton, Sterns et Poggenburg, dont les boutures s'enracinent les deux, trois ou quatre premières années, et le cas du *Taxus canadensis* Marsh., dont les boutures s'enracinent à taux élevé même sur des plants mères âgés de plusieurs dizaines d'années (Auclair, 2009 ; Hartmann et al., 1997). Dans d'autres cas, comme celui de l'*Acer saccharum* Marsh., le taux d'enracinement peut varier grandement d'un plant mère à un autre, ces plants mères ayant été obtenus par semis et cultivés dans les mêmes conditions (Rioux et al., 2003). Il est donc important de distinguer les plants mères les uns des autres tant que l'on ne saura pas s'il y a ou non de grandes différences entre ces derniers, sans quoi les différences observées entre les autres traitements pourraient être biaisées.

4.3. Enracinement et qualité du système racinaire

Chez toutes les boutures enracinées, un nombre plus ou moins important de bourgeons ont débourré au cours des premières semaines qui ont suivi leur mise à enraciner; de plus, leur feuillage s'est maintenu en bon état durant tout l'essai. Aucun enracinement ne s'est produit sur des boutures qui n'ont montré aucun débourrement ou dont le feuillage s'est desséché après débourrement. Gupta et al. (1997) et Rai et al. (2002) ont fait les mêmes observations dans le cas des boutures de l'*Anogeissus pendula*. Il semble donc y avoir un lien entre le débourrement d'un ou de plusieurs bourgeons, le maintien du feuillage formé

et l'enracinement des boutures. La plupart des boutures qui se sont enracinées ont émis plusieurs racines et plus des trois quarts entre elles ont formé plus de dix racines de bonne qualité, ce qui par expérience est susceptible de favoriser leur acclimatation et leur survie par la suite (communication personnelle J.A. Rioux).

Le diamètre des boutures de notre étude ne dépassait pas 1 cm. Or, Kambou (1997) n'avait obtenu aucun débourrement sur des boutures dont le diamètre était supérieur à 3 cm ou inférieur à 2 cm. Les boutures utilisées par Gupta et al. (1997) et par Rai et al. (2002) avaient un diamètre 1,0 à 1,5 cm. Il semble donc que le diamètre de la bouture puisse avoir un effet sur le débourrement, ce dernier étant généralement influencé par les conditions hydriques de l'enceinte d'enracinement, par les réserves carbonées contenues dans les boutures ainsi que par leur état de dormance. Les boutures plus petites se dessèchent plus vite que des boutures plus grosses. Par contre, les boutures trop grosses proviennent de portions de tiges plus âgées sur lesquelles les bourgeons sont davantage inhibés par la dormance apicale. Il pourrait être pertinent de prélever dans le futur des boutures dont le diamètre est supérieur à 1 cm pour en évaluer l'effet sur leur enracinement.

4.4. Moment du prélèvement des boutures au cours de la saison

Les boutures prélevées au début du mois de mars (4^e essai), soit peu de temps avant la saison de la mousson, se sont enracinées en nombre supérieur à celui des boutures de la fin du mois d'octobre (2^e essai), coïncidant avec la fin de saison de la mousson, et à celui des boutures de la deuxième moitié du mois d'août (1^{er} essai), pendant la deuxième moitié de la saison de la mousson. Par ailleurs, aucune bouture prélevée en début de janvier (3^e essai), en pleine période de sécheresse, n'a formé de feuilles et s'est enracinée. Gupta et al. (1997) ont obtenu un enracinement sur les boutures prélevées en mars-avril alors qu'aucune des boutures prélevées en juillet-août n'a donné de racines. En revanche, Rai et al. (2002) ont obtenu autant de boutures enracinées en mars-avril qu'en juillet-août sur l'*Anogeissus pendula*. Pour leur part, Nautyal et al. (1992) ont observé un débourrement de bourgeons sur plusieurs boutures de l'*Anogeissus latifolia* cueillies à divers moments de l'année, à l'exception des boutures prélevées en septembre et en novembre.

Les différences observées au cours de la présente étude pourraient être liées aux conditions ambiantes qui ont fait que les boutures prélevées en mars-avril (4^e essai) ont bénéficié de

l'humidité de l'air qui augmente graduellement avec le début de la saison de la mousson. Les boutures prélevées en début de janvier (3^e essai) auraient vraisemblablement connu des conditions trop sèches. Les boutures mises à enraciner au cours de la deuxième moitié du mois d'août (1^{er} essai) de même que celles mises à enraciner en octobre (2^e essai) ont très probablement été affectées par un abaissement de l'humidité de l'air coïncidant avec la fin de la mousson.

Le non débourrement des bourgeons observés sur nos boutures en janvier et sur celles de l'*Anogeissus pendula* en septembre et en novembre (Rai et al., 2002) pourrait être lié à une dormance physiologique de ces derniers, à des conditions trop sèches de l'air ambiant de l'enceinte d'enracinement ou encore à ces deux facteurs réunis. Par ailleurs, l'augmentation du nombre de boutures enracinées entre le premier essai et le deuxième de même qu'entre le deuxième et le quatrième pourrait être attribuable à un meilleur contrôle de toutes les étapes de la mise à enraciner et du maintien de l'humidité au sein de l'enceinte d'enracinement.

Se fiant à nos résultats, il semble que l'enracinement des boutures de l'*Anogeissus leiocarpus* soit possible à plusieurs moments de l'année, contrairement à d'autres espèces dont l'enracinement des boutures est possible seulement quelques semaines, comme c'est le cas de l'*Acer saccharum* au Québec (Rioux et al., 2003) et de plusieurs espèces de lilas et de magnolias, entre autres (Hartmann et al., 1997).

4.5. Traitements auxiniques

Aucun traitement auxinique n'a véritablement permis d'obtenir un meilleur enracinement, les boutures du traitement témoin (eau distillée) donnant presque autant de boutures enracinées que les boutures traitées avec diverses concentrations d'auxine, soit de 1000 à 10000 ppm d'AIB. Or, au cours de leurs travaux sur l'*Anogeissus pendula*, Gupta et al. (1997) et Rai et al. (2002) n'ont observé aucun enracinement sur les boutures traitées uniquement avec de l'eau distillée. De plus, ces chercheurs ont utilisé des solutions dont la concentration en AIB variait entre 50 et 500 ppm et ont respecté un temps de trempage de la base des boutures de 20 heures comme le recommandent Hartmann et al. (1997). Ces derniers conseillent également un temps de trempage de 5 à 10 secondes pour des solutions contenant 1000 ppm et plus d'AIB, ce qui a été suivi dans la présente étude ; le trempage de courte durée permet de réduire les manipulations et le temps d'exécution du travail, ce qui

réduit normalement les coûts de mise en place d'un lot de boutures. Nautyal et al (1992) ont aussi utilisé des solutions contenant 100 et 200 ppm d'ANA, une auxine généralement efficace à plus faible taux que l'AIB (Hartmann et al., 1997), sans obtenir de résultats sur l'*Anogeissus leiocarpus*.

4.6. Durée d'enracinement

Les boutures ont été maintenues dans l'enceinte d'enracinement pendant 16 semaines (112 jours) au cours de la présente étude, ce qui représente un peu plus du double du temps consacré à l'enracinement par Gupta et al. (1997) et par Rai et al. (2002). Auclair (2009) a démontré que l'enracinement réputé difficile du *Taxus canadensis* pouvait être très élevé en maintenant les boutures dans des conditions idéales d'enracinement pendant au moins 12 à 16 semaines, les premières racines apparaissant à partir de la neuvième ou de la dixième semaine. Certaines espèces mettent beaucoup plus de temps que d'autres à s'enraciner et peuvent donner des taux d'enracinement dans certains cas très élevés en maintenant des conditions adéquates d'enracinement le plus longtemps possible.

Cette étude a été réalisée sous des conditions d'enracinement somme toute peu contrôlées et relativement difficiles, surtout en saison sèche. L'obtention de boutures enracinées est un encouragement à poursuivre cette étude afin de connaître le véritable potentiel de multiplication de cette espèce par voie végétative, plus particulièrement par bouturage. Le meilleur moyen d'atteindre cet objectif serait de reprendre les essais dans une enceinte d'enracinement dans laquelle les conditions ambiantes sont entièrement contrôlées. En travaillant dans ce type de milieu, il serait alors possible d'établir l'existence de différences quant à l'enracinement :

- Entre plants mères du même âge,
- Entre plants mères de différents âges (de très jeunes à quelques dizaines d'années),
- Entre plants mères de différentes provenances,
- Entre boutures de différents diamètres,
- Entre boutures prélevées à divers moments de l'année (semi-herbacées, semi-ligneuses, ligneuses),
- Entre divers traitements auxiniques, et autres.

Connaissant bien les facteurs qui ont un effet favorable en conditions contrôlées, il sera alors plus facile de transposer ensuite les essais en milieux peu contrôlés, lesquels sont plus accessibles aux paysans qui pourraient ainsi améliorer leurs conditions de vie, si le tout réussit.

4.7. En conclusion

Même si peu de boutures se sont enracinées au cours de cette étude, il n'en demeure pas moins que ces résultats confirment que l'*Anogeissus leiocarpus* peut être multiplié par bouturage. En poursuivant cette étude sous des conditions d'enracinement mieux contrôlées, nous pensons qu'il sera possible de déterminer le véritable potentiel de multiplication de cette espèce par bouturage. Il est probable que le plant mère lui-même (son génotype, son âge, ses conditions de croissance), les qualités de la bouture (physiologie, diamètre, avec ou sans feuilles), les traitements auxiniques, les conditions de prélèvement et de préparation des boutures, et surtout le maintien de l'humidité relative, de l'air ambiant de l'enceinte d'enracinement exerceront à divers degrés une influence sur le taux d'enracinement et sur la qualité de cet enracinement. Si le potentiel est prometteur en conditions contrôlées, il sera alors intéressant de chercher à transposer cette technique sous conditions plus accessibles à de petits producteurs. Connaissant le taux de réussite possible, on pourra prévoir le coût de revient de ces jeunes arbres.

Il faut aussi savoir que cette méthode de multiplication peut être un excellent moyen de propager des spécimens de qualité supérieure pour constituer des vergers à graines. Il sera possible de sélectionner les arbres semenciers les plus performants et les mieux adaptés à plusieurs conditions environnementales. Si cette méthode est utilisée pour reproduire un grand nombre de plants à replanter en milieu naturel, il faudra prélever les boutures sur plusieurs plants mères génétiquement distincts et disperser ces jeunes plants pour constituer au sein de chacune des plantations un niveau d'hétérogénéité génétique acceptable.

Cette étude nous aura permis de développer une démarche visant à déterminer le potentiel de reproduction par voie végétative d'une espèce pour laquelle ce potentiel

était inconnu. Cette façon de faire pourra être modifiée et améliorée pour la suite de la présente étude et pour connaître ce même potentiel chez d'autres espèces.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adjaba, E. 1999. Test comparatif de multiplication végétative de 4 espèces locales : *Acacia senegale*, *Anogeissus leiocarpus*, *Lannea microcarpa*, *Tamarindus indica*. Mémoire de fin d'étude ou rapport de stage. *Centre National de Semences Forestières*, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Adonsou, K. 1993. Contribution à l'étude du comportement de *Anogeissus leiocarpus* en plantation à Lilikope au Togo. Mémoire de fin d'étude, Université du Bénin à Lomé (Togo), 42 p.
- Andary, C., Doumbia, B., Sauvan, N., Olivier, M. et Garcia, M. 2005. *Anogeissus leiocarpa*. (DC.) Guill. & Perr. In : Jansen, P.C.M. & Cardon, D. (Editeurs). PROTA 3: Dyes and tannins/Colorants et tanins. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen.
- Anderson, J. 1994. A general overview of the accomplishments of the Special Technical Unit of OAPF over the period January 1988 – April 1994. Ministry of Rural Development and Environment, Forest Service, Opération Aménagement Production Forêt (OAPF), Mali. 30 p.
- Anonymus. 2011a. Climat Katibougou – Mali. [Climatedata.eu. http://www.climatedata.eu/climate.php?loc=mlzz0005&lang=fr](http://www.climatedata.eu/climate.php?loc=mlzz0005&lang=fr). (page web consultée le 13 mai 2011).
- Anonymus. 2011b. *Anogeissus leiocarpus*. Encyclopédie Wikipedia (version anglaise). http://en.wikipedia.org/wiki/Anogeissus_leiocarpus. (page web consultée le 13 mai 2011).
- APG III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants : APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121.
- Arbonnier, M. 1999. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD. 372 p.
- Aubreville, A. 1950. Flore forestière soudano-guinéenne. Sociétés d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, Paris, 524 p.
- Auclair, I. 2009. Propagation de l'If du Canada (*Taxus canadensis* Marsh.) par bouturage. Les effets de divers facteurs physiologiques et environnementaux. Mémoire de Maîtrise ès science (M.Sc.), Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec.
- Audru, J. 1977. Les ligneux et les subligneux des parcours naturels soudano-guinéens en Côte d'Ivoire. Leurs importances et les principes d'aménagement et de restauration des pâtures. Institut d'élevage et de médecine vétérinaire tropicale, Maisons-Alfort, France, 268 p.
- Bationo, E. 1990. Étude de la distribution de *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr. et de *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. au Burkina Faso. Mémoire de fin d'études, IDR, Université de Ouagadougou, 97 p.

- Bellefontaine, R. 2005. Régénération naturelle à faible coût dans le cadre de l'aménagement forestier en zones tropicales sèches en Afrique. *Vertig O – La revue en sciences de l'environnement* 6(2): 1-15.
- Bhardwaj, D.R., Nitin, V., Mishra, V.K. et Bhardwaj, N.R. 2007. Effects of collection date and tree diameter class on germination behavior of axlewood (*Anogeissus latifolia* Wall.) seeds. *Indian Forester* 133: 1173-1178.
- Blaffart, H. 1990. Étude de la régénération de la savane arborée dense en relation avec l'alimentation en bois de feu de Ouagadougou (Burkina Faso). Faculté des sciences agronomiques de Gembloux (Belgique), 100 p.
- Bognounou, F., Thiombiano, A., Oden, P.C. et Guinko, S. 2010a. Seed provenance and latitudinal gradient effects on seed germination capacity and seedling establishment of five indigenous species in Burkina Faso. *Tropical Ecology* 51: 207-220.
- Bognounou, F., Tigabu, M., Savadogo, P., Thiombiano, A., Boussim, I.J., Oden, P.C. et Guinko, S. 2010b. Regeneration of five Combretaceae species along a latitudinal gradient in Sahelo-Sudanian zone of Burkina Faso. *Ann. For. Sci.* 67: 306p1-p10.
- Bonkougou, E.G., Ouédraogo, S., Dinada, M. et Billand, A. 1988. *Acacia albida* en agroforesterie : stratégie d'amélioration du matériel végétal. *Science et Technique*, pp 41-72.
- Chaabi, M., Benayache, S., Benayache, F., N'Gom, S., Kone, M., Anton, R., Weniger, B. et Lobstein, A. 2008. Triterpenes and polyphenols from *Anogeissus leiocarpus* (Combretaceae). *Biochemical Systematics and Ecology* 36: 59-62.
- Chee, P.P. 1995. Stimulation of adventitious rooting of *Taxus* species by thiamine. *Plant Cell Reports* 14: 753-757.
- Chong, C., Allen, O.B. et Barnes H.W. 1992. Comparative rooting of stem cuttings of selected woody lands cape shrub and tree taxa to varying concentrations of IBA in talc, ethanol and glycol carriers. *J. Environ. Hort.* 10: 245-250.
- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York.
- Cuny, P., Sanogo, S. et Sommer, N. 1997. Arbres du domaine soudanien. Leurs usages et leur multiplication. Institut d'Economie Rurale, CRRA-Sikasso, Sikasso, Mali et Intercoopération, Berne (Suisse), 122 p.
- Dayamba, S.D., Tigabu, M., Sawadogo, L. et Oden, P.C. 2008. Seed germination of herbaceous and woody species of the Sudanian savanna-woodland in response to heat shock and smoke. *Forest Ecology and Management* 256: 462-470.
- Desrosiers, M. 2009. Cartographie et systèmes d'information géographique. Rapport de stage Des arbres et des champs contre la pauvreté au Mali. IPR-IFRA et Université Laval. Avril 2009.
- Dirr, M.A.M. et Heuser, C.W. 1987. The reference manual of woody plant propagation : from seed to tissue culture. Varsity Press Inc., Athens, Georgia, 239 p.
- DNEF. 2010. Normes techniques d'inventaire forestier. Direction nationale des eaux et forêts, Ministère de l'environnement et de l'assainissement du Mali. 40 p.

- Eccher, T. 1988. Response of cutting of 16 *Taxus* cultivars to rooting treatments. *Acta Hort.* 227: 251-253.
- Eckholm, P. 1977. *La terre sans arbres*. Editions Robert Laffont, Paris, 330 p.
- Essono Ondo, P.J. 2004. Évaluation des caractères sylvicoles d'intérêt agro-économique sur une espèce à vocation bois : *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr. (Combretaceae). Mémoire de fin d'études. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du développement rural et Département des eaux et forêts, Burkina Faso. 74 p.
- FAO. 2002. Évaluation des ressources forestières mondiales 2000. Rapport principal. Étude FAO Forêts 140. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome. 466 p.
- Gupta, V.K., Kumar, R.V., Datta, A. et Solanki, K.R. 1997. Vegetative propagation in *Anogeissus pendula*. *Range Management and Agroforestry* 18 : 85-90.
- Hartmann, H.T. et Hansen, C.J. 1958. Rooting pear and plum rootstocks. *Clif. Agr.* 12 (10): 4, 14-15.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T. et Geneve, Jr. R.L. 1997. *Plant propagation : principles and practices*. 6^e edition, Prentice-Hall Inc. Somon et Schuster, Upper Saddle River, New Jersey 07458, USA, 770 p.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T. et Geneve, Jr. R.L. 2002. *Hartmann et Kester's plant propagation : principles and practices*. 7^e edition. Pearson Education Inc., Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River, New Jersey 07458, USA, 880 p.
- Kambou, S. 1997. Étude de la biologie de la reproduction de *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill et Perr. (Combretaceae) au Burkina Faso. Thèse de Doctorat d'État, Université de Ouagadougou. Burkina Faso. 172 p.
- Kambou, S. et Guinko, S. 1995a. La fleur et l'inflorescence de *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr. *Acta Biologica Benrodis* 7: 163-173.
- Kambou, S. et Guinko, S. 1995b. Étude de la phénologie et de l'évolution de l'inflorescence de la fleur de *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr. au Burkina Faso. P 51-55. Dans : *Études sur la flore et la végétation du Burkina Faso et des pays avoisinants*. Vol. II. Édité par Rüdiger Wittig & Sita Guinko, Francfort et Ouagadougou. Verlag Natur & Wissenschaft, Solingen.
- Loach, K. 1988. Controlling environmental conditions to improve adventitious rooting. In : *Adventitious root formation in cuttings*. T.D. Davis, B.E. Haissing, and N. Sankhla, éditeurs. Dioscorides Press. Portland, Oregon. pp. 102-116.
- Macdonald, B. 1986. *Practical woody plant propagation for nursery growers*. Timber Press, Oregon, USA. 669 p.
- Mann, A., Bansa, A. et Clifford, L.C. 2008. An antifungal property of crude plant extracts from *Anogeissus leiocarpus* and *Terminalia avicennioides*. *Tanzania Journal of Health Research* 10 (1): 34-38.

- Marchat, M., Walter, G. et Feldmann, P. 1998. Mise en place d'un système de pépinière de canne à sucre pour la fourniture de boutures saines destinées aux agriculteurs de Guadeloupe, Burkina Faso, 58 p.
- Martin, B. et Quillet, G. 1974. Bouturage des arbres forestiers au Congo. Résultats des essais effectués à pointe noire de 1969 à 1973. Bois et forêts des tropiques N° 154, pp 41- 57.
- Maydell, H.J. von. 1983. Arbres et arbustes du Sahel : leurs caractéristiques et leurs utilisations. Ed. GTZ, Eschbom. 532 p.
- Mc Millan, B.P. 1981. La multiplication des plantes. Éditions Nathan. Paris. 195 p.
- Mitter, H. et Sharma, A. 1999. Propagation of *Taxus baccata* L. by stem cutting. Indian Forester 125: 159-162.
- Modgil, S.K. et Nayital, R.K. 1998. Studies on rooting response of *Anogeissus latifolia* Wall. Range Management and Agroforestry 19: 67-68.
- Nautyal, S., Singh, U. et Gurmurti, K. 1992. Lack of rooting response of *Anogeissus latifolia* (Bakli) to auxin treatments. Indian Journal of Forestry 15: 298-301.
- Parkan J., Benembarek M. et Meijer J.J. 1988. Aménagement forestier et reboisement villageois de Koulikoro. Inventaire en éléments d'aménagement forestiers des massifs de Woro et de Dialakoro. Ministère de l'environnement et de l'élevage, Mali et FAO-FO : GCP/MLI/019/NET, document de travail n° 9, 61 p.
- Pazourek, J. 1983. La vie cachée des plantes. Grund. Paris. 151 p.
- Rai, A.K., Solanki, K.R. et Rai, P. 2002. Vegetative propagation in *Anogeissus pendula*. Range Management and Agroforestry 23: 166-167.
- Razafimaharo, V., Ratovoson, N. et Chaix, G. 1998. Conservation des sols et amélioration de la vie des populations rurales. Production de matériel végétal amélioré pour l'agroforesterie, la production de bois énergie, de service et de bois d'œuvre. CIRAD-Formet, Antsirabe, Madagascar. 11 p.
- Rioux, J.A. 2008. Recueil de notes du cours Cultures en pépinière (PLG-3203). Université Laval, Québec.
- Rioux, J.A., Richer, C., Lamy, M.P., Tousignant, D. et Brassard, N. 2003. Propagation végétative de l'érable à sucre : effets de divers traitements hormonaux ou chimiques sur l'enracinement de boutures prélevées sur plusieurs arbres. Can. J. Plant Sci. 83 : 851-858.
- Sakandé, M. et Sanago, S. 2007. *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr.. In : Seed Leaflet No. 119, IER-CRRA, Sikasso, Mali, et CNSF, Burkina Faso.
- Shekhawat, N.S., Yadav, J., Arya, V. et Singh, R.P. 2000. Micropropagation of *Anogeissus latifolia* (Roxb. Ex DC.) Wall. Ex Guill. & Perr. – A tree of fragile ecosystems. Journal of Sustainable Forestry 11: 83-96.
- Singh, R.P. et Shekhawat, N.S. 1997. Micropropagation of *Anogeissus rotundifolia* Blatt. and Hallb. – An endemic and rare tree of the Thar Desert. Journal of Sustainable Forestry 4: 159-170.

- Singh, S., Kumar, P., Mandal, A.K. et Ansari, S.A. 2004. Air-layering of trees differential adventitious rooting response. *Indian Forester* 130 318-321.
- Steenft, M. 1988. Flowering plants in West Africa. Cambridge University Press, Cambridge.
- Thiombiano, A. 2005. Les Combretaceae du Burkina Faso : taxonomie, écologie et régénération des espèces. Thèse de Doctorat d'État, Unité de formation et de recherche en sciences de la vie et de la terre, Université de Ouagadougou, Burkina Faso.
- Thiombiano, A., Schmidt, M., Kreft, H. et Guinko, S. 2006. Influence of climatic gradient on the distribution of Combretaceae species in Burkina Faso (West Africa). *Candollea* 61: 189-213.
- Tolkamp, G.W. 1993. Le marcottage d'*Acacia albida*, *Anogeissus leiocarpus*, *Khaya senegalensis* et *Ziziphus mauritiana*. Centre National de Semences Forestières, Ouagadougou, note interne n° 5, 6 p.: marcottage par buttage.
- Tousignant, D., Périnet, P. et Rioux, M., 1996. Le bouturage de l'épinette noire à la pépinière de Saint-Modeste. Ministère des ressources naturelles. RN 96, Canada, 3004. 33 p.
- Tousignant, D., Richer, C., Rioux, J.A., Brassard, N. et Mottard, J.P. 2003. Vegetative propagation of *Acer saccharum* Marsh. Relating stem water and terminal bud development stage to adventitious rooting of stem cuttings. *Can. J. Plant Sci.* 83: 859-867.
- Trépanier, M. 2009. Recueil de notes du cours de Multiplication des végétaux (PLG-2302). Université Laval, Québec.
- Yameogo, U. 1986. Etude comparée et amélioration de l'aptitude de diverses espèces arbustives et forestières au bouturage. Université de Ouagadougou (Burkina Faso). Mém. Ing. Techn. Dev. Rur, 77 p.
- Yusuf, A. 2005. Clonal propagation of *Anogeissus sericea* var. *nummularia* – A rare tree of arid forestry. *Journal of Sustainable Forestry* 20: 67-78.
- Zryd, J.P. 1988. Cultures de cellules, tissus et organes végétaux. Presses polytechniques Romandes, Lausanne. 308 p.