

TABLES DES MATIERES

Liste des figures	i
Liste des cartes	i
Liste des tableaux	ii
Liste des photos	ii
Liste des annexes	iii
Glossaire	iv
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES BAOBABS ET MILIEU D'ETUDE	
I - Généralités sur les baobabs	5
I.1 - Systématique du genre <i>Adansonia</i>	5
I.2 - Caractéristiques morphologiques des baobabs.....	5
I.3 - Distribution du genre <i>Adansonia</i> à l'échelle mondiale et à Madagascar.....	6
II - Milieu d'étude.....	10
II.1 - Région du Menabe	10
II.2 - Sites d'étude.....	12
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES	
I - Espèce étudiée : <i>Adansonia grandidieri</i>	17
II – Méthodes	19
II.1 - Etude architecturale.....	19
A - Définition	19
B - Historique	19
C - Éléments de base pour l'étude architecturale	20
D - Concept du modèle architectural	27
E - Unité architecturale (UA)	27
II.2 - Méthode d'analyse architecturale	29
A - Méthode d'observation	29
B - Paramètres pris en compte pour l'étude architecturale	31
CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRETATIONS	
I - Description des stades de développement du Renala.....	33
I.1 - STADE 1 : Plantules non ramifiées.....	33
I.2 - STADE 2 : Jeunes plantes avec les premières ramifications	40
I.3 - STADE 3 : Jeunes plantes avec trois ordres d'axes	43
I.4 - STADE 4 : Plante à quatre ordres de ramification	47
I.5 - STADE 5 : Plante à cinq ordres de ramification	51
II - Analyse architecturale	59
II.1 - Modèle Architectural	59
II.2 - Catégorisation des axes	60
II.3 - Unité architecturale <i>d'A. grandidieri</i>	62
II.4 - Processus de la mise en place de l'unité architecturale	64
DISCUSSIONS ET CONCLUSION.....	68
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	74
ANNEXES.....	79

LISTE DES FIGURES, DES CARTES, DES TABLEAUX, ET DES PHOTOS

Figures

Figure 1 : Organisation fondamentale d'une tige.....	21
Figure 2 : Ramification selon le mode de fonctionnement des méristèmes	23
Figure 3 : Ramification en fonction du moment d'allongement des rameaux à partir du bourgeon latéral.....	24
Figure 4 : Mode de ramification selon la position privilégiée des axes latéraux sur l'axe porteur.....	25
Figure 5 : Répartition privilégiée des axes latéraux sur l'axe porteur.....	25
Figure 6 : Ordre de ramification des axes.....	26
Figure 7 : Plantule non ramifiée avec des cotylédons et des feuilles simples.....	38
Figure 8 : Plantule non ramifiée montrant l'apparition des feuilles composées à trois folioles.....	39
Figure 9 : Bourgeon apical en écailles de la plantule.....	40
Figure 10 : Jeune <i>A. grandidieri</i> à son deuxième stade de développement	43
Figure 11 : Portion de l'axe principal A1.....	45
Figure 12 : Jeune arbuste à 4 ordres de ramification.....	49
Figure 13 : Branches.....	50
Figure 14 : Jeunes arbres d' <i>A. grandidieri</i> au stade 5 et ses branches.....	56
Figure 15 : Axes latéraux d' <i>A. grandidieri</i> au stade 5.....	57
Figure 16 : Branches basses au stade 5.....	58
Figure 17 : Modèle de Rauh.....	59
Figure 18 : Modèle de Massart.....	60
Figure 19 : Branche (A2) avec les 5 catégories d'axes.....	63
Figure 20 : Mise en place de l'architecture d' <i>A. grandidieri</i>	66
Figure 21 : Modèles architecturaux	80

Cartes

Carte 1 : Distribution du genre <i>Adansonia</i> L.dans le monde.....	7
Carte 2 : Distribution des espèces d' <i>Adansonia</i> présentes à Madagascar.....	9
Carte 3 : Localisation des sites d'étude	13

Tableaux

Tableau 1 : Principales caractéristiques des 3 sections du genre <i>Adansonia</i>	6
Tableau 2 : Distribution des espèces d' <i>Adansonia</i> présentes à Madagascar	8
Tableau 3 : Modèles des plantes ramifiées (plantes polyaxiales)	28
Tableau 4 : Diagramme architecturale	63
Tableau 5 : Evolution d' <i>A. grandidieri</i> au cours de son développement	65

Photos

Photo 1 : Plantules d' <i>A. grandidieri</i> poussant dans la pépinière du MNP d'Andranomena.....	14
Photo 2 : <i>A. grandidieri</i> dans les villages.....	15
Photo 3 : <i>A. grandidieri</i> en milieu forestier.....	15
Photo 4 : <i>A. grandidieri</i> dans les zones de culture et dans la savane arborée.....	15
Photo 5 : Observation directe d'un jeune individu d' <i>A. grandidieri</i> au niveau du sol.....	30
Photo 6 : Observation des grands baobabs	30
Photo 7 : Analyse des branches mortes tombées par terre.....	30
Photo 8 : Plantules d' <i>A. grandidieri</i> , d' <i>A. rubrostipa</i> et d' <i>A. za</i>	33
Photo 9 : Plantules non ramifiées d' <i>A. grandidieri</i>	34
Photo 10 : Plantule d' <i>A. grandidieri</i> juste après sa germination	35
Photo 11 : Plantule d' <i>A. grandidieri</i> avec les deux cotylédons et les premières feuilles	35
Photo 12 : Plantule d' <i>A. grandidieri</i> et ses feuilles simples	35
Photo 13 : Plantule avec sa première feuille composée.....	36
Photo 14 : Plantule avec ses feuilles simples suivies de ses feuilles composées.....	36
Photo 15 : Plantule non ramifiée montrant sa racine tubérisée et ses cicatrices des cotylédons.....	37
Photo 16 : Partie distale (sommet) de la plantule.....	37
Photo 17 : Début de ramification de la plantule.....	41
Photo 18 : Jeune <i>A. grandidieri</i> et ses premières ramifications immédiates (A2) en cours de développement.....	41
Photo 19 : Jeune <i>A. grandidieri</i> à deux ordres d'axes montrant les axes A2 bien développés.....	42
Photo 20 : Jeune <i>A. grandidieri</i> et ses feuilles composées à cinq folioles (vue au dessus).....	42
Photo 21 : Jeune arbuste à trois ordres d'axes au début de ramification de A2.....	44
Photo 22 : Portion de l'axe A1 face intérieure (A) et face extérieure (B).....	45
Photo 23 : Jeune arbuste au 3ème stade de développement	46
Photo 24 : Nouvelle pousse de l'axe A2 à ramification immédiate.....	46

Photo 25 : Arrêt de croissance de l'axe A2.....	46
Photo 26 : Jeune <i>A. grandidieri</i> au 4ème stade de son développement.....	48
Photo 27 : Feuilles composées palmées à 5 folioles.....	48
Photo 28 : Exemple d'arrêts de croissance (AC) avec des écailles.....	48
Photo 29 : Direction des axes A2 sur l'axe A1 (tronc) chez un jeune <i>A. grandidieri</i>	53
Photo 30 : Feuilles d' <i>A. grandidieri</i> au stade 5.....	54
Photo 31 : Elagage naturel chez <i>A. grandidieri</i>	54
Photo 32 : Tronc d'un arbre d' <i>A. grandidieri</i> montrant les branches basses âgées.....	54
Photo 33 : Jeune arbre d' <i>A. grandidieri</i>	55
Photo 34 : Boutons floraux d' <i>A. grandidieri</i>	55
Photo 35 : Fleur avec son axe porteur (rameau court).....	55
Photo 36 : Jeune arbuste d' <i>A. grandidieri</i>	59
Photo 37 : Jeune arbre d' <i>A. grandidieri</i> à maturité.....	60
Photo 38 : Hiérarchie des axes et leurs catégories	62
Photo 39 : Unité architecturale d' <i>A. grandidieri</i>	63
Photo 40 : Jeunes arbres comportant moins de fleurs que les arbres adultes.....	83
Photo 41 : Augmentation du nombre des fleurs avec l'âge.....	84
Photo 42 : Floraison chez <i>A. grandidieri</i>	84
Photo 43 : Croissance sympodiale des axes porteurs de fleurs.....	84
Photo 44 : Axes végétatifs et axes reproducteurs chez <i>A. grandidieri</i>	85
Photo 45 : Bourgeon à feuilles ou bourgeon végétatif et bourgeon à fleurs	85
Photo 46 : Réitération totale	86
Photo 47 : Réitérations partielles.....	86

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I : Modèles architecturaux.

ANNEXE II : Floraison chez le Renala.

ANNEXE III : Photos montrant les différences entre axes végétatifs et axes reproducteurs.

ANNEXE IV : Photos des types de réitérations chez le Renala.

GLOSSAIRE

Arénacé : qui a la consistance du sable

Germination cryptocotylaire : mode de germination où les cotylédons sont emprisonnés dans la graine et restent dans le sol (germination hypogée).

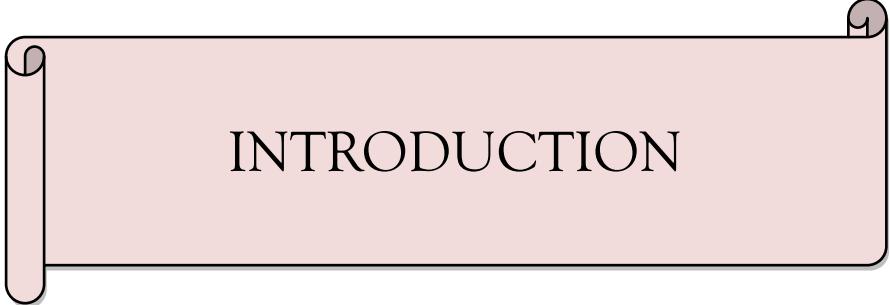
Germination phanérocotylaire (germination épigée) : les cotylédons s'élèvent au-dessus du sol.

Hatsake : terme utilisé dans le Sud Ouest de Madagascar qui signifie culture sur brûlis ou « tavy » dans les régions centrale et orientale malgaches.

Ontogenèse : succession des phases de développement d'une plante caractérisée par ses changements morphologiques, anatomiques, physiologiques et biochimiques (développement topologique de la plante à partir de la germination à l'âge adulte).

Parenchymatisation : transformation de l'apex d'un axe en une structure formée par parenchyme empêchant la poursuite de la croissance de l'axe.

Régénération : faculté d'une plante de faire repousser une partie de son organisme qui a été coupée ou bien détruite.



INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les baobabs, arbres connus familièrement sous le nom de arbre bouteille, ou encore arbre à l'envers, appartiennent au genre *Adansonia* et sont considérés comme étant les plus impressionnantes des espèces ligneuses tropicales. Ceci est dû à leur port qui est qualifié de « monstrueux ou majestueux » (PERRIER DE LA BATHIE, 1955), ainsi qu'à son tronc dont le diamètre peut être très développé et surmonté par une couronne assez haute. De ce fait, ils attirent l'attention non seulement des chercheurs mais aussi des amateurs, des touristes, des passants, des peuples, des photographes et même des artistes (WICKENS et LOWE, 2008).

Pour WICKENS et LOWE (2008), Madagascar est supposé être le pays d'origine des baobabs. Sept sur les huit espèces qui existent dans le monde se rencontrent dans l'île à savoir *Adansonia digitata* L., *Adansonia madagascariensis* Baillon, *Adansonia perrieri* Capuron, *Adansonia za* Baillon, *Adansonia rubrostipa* Jum. & H. Perrier, *Adansonia suarezensis* H. Perrier et *Adansonia grandidieri* Baillon. *Adansonia digitata* L. est une espèce commune à l'Afrique et Madagascar, les six autres sont endémiques malgaches. Parmi ces six espèces, trois sont représentées dans la région du Menabe. Il s'agit de *Adansonia rubrostipa*, *Adansonia za* et *Adansonia grandidieri* (BAUM, 1995a). Cette dernière, qui est classée comme espèce en danger (IUCN, 2009; GSPM, 2010), représente le symbole de la région et constitue un des principaux motifs de tourisme dans la région (MBOHITAKO, 2008).

Les baobabs ont fait l'objet de nombreuses études scientifiques, reflétant ainsi l'intérêt particulier que leur portent les chercheurs (RAZANAMEHARIZAKA, 2010). Il s'agit en particulier de travaux portant sur la révision de la taxonomie du genre (BAUM, 1995a), sur la pollinisation et la biologie florale des baobabs (BAUM, 1995b), sur l'écologie et la conservation des baobabs de Madagascar (BAUM, 1996), sur la régénération du genre dans le Sud-Ouest malgache (RAZANAMAHERIZAKA, 2002), sur l'écologie et le statut de conservation d'*Adansonia madagascariensis*, *Adansonia za* et *Adansonia digitata* dans la Région Boeny (ANDRIANTSARALAZA, 2009), sur la biologie de reproduction d'*Adansonia grandidieri*, *Adansonia za* et *Adansonia rubrostipa* dans la région du Menabe (RAZANAMARO, 2010), sur la morphologie pollinique du genre (RASOAMANANA, 2009), sur les facteurs déterminants dans la distribution d'*Adansonia suarezensis*, *Adansonia perrieri*, et *Adansonia madagascariensis* (RANIRISON, 2010), sur le comportement physiologique du genre *Adansonia* (RAZANAMEHARIZAKA, 2010), sur l'analyse des

relations trophiques entre les insectes et les baobabs malgaches (RAKOTOARIMIHAJA, 2011), sur l'étude phénologique d'*A. grandidieri*, *A. digitata*, *A. rubrostipa*, *A. za* et *A. perrieri*) (ANDRIAMALALA, 2011), sur l'anatomie et dynamique de croissance des espèces d'*Adansonia* de Madagascar (RAVAOMANALINA, 2011),...

Malgré son aspect particulier, l'architecture du genre n'a pas encore fait l'objet d'étude particulière de telle sorte que de nombreuses questions se posent sur la morphologie des baobabs, leur dynamique de croissance et les processus d'édification de l'appareil végétatif aérien. Pour répondre à ces questions, les outils de l'analyse architecturale telle qu'elle a été définie par HALLE et OLDEMANN (1970) et affinée ensuite par de nombreux auteurs dont en particulier BARTHELEMY & CARAGLIO (2007) peuvent aider à résoudre ces problèmes voire à comprendre l'ontogenèse.

L'étude architecturale d'*A. grandidieri* fera l'objet de ce mémoire de DEA dont l'objectif principal est d'en déterminer l'unité architecturale. Il s'agira d'identifier, de définir et d'analyser les différents stades de développement précédant la formation de la cime, aussi de catégoriser les axes formant la structure de l'arbre et de déterminer le modèle architectural de l'espèce avant d'aboutir à la détermination de l'architecture spécifique de l'espèce étudiée.

Le travail est divisé en quatre parties :

- Généralités sur les baobabs et milieu d'étude
- Matériel et méthodes
- Résultats et interprétations
- Discussions

CHAPITRE I
GENERALITES SUR LES BAOBABS ET
MILIEU D'ETUDE

I- Généralités sur les baobabs

I.1-Systématique du genre *Adansonia*

Le nom *Adansonia* a été donné aux baobabs en hommage à Michel Adanson (1727-1806), naturaliste et explorateur français, le premier à avoir décrit *Adansonia digitata*.

La position systématique du genre selon la dernière classification établie par l'Angiosperm Phylogeny Group (APG, 2009) est la suivante :

- REGNE	VEGETAL
- EMBRANCHEMENT	MAGNOLIOPHYTA
- CLASSE	MAGNOLIOPSIDA
- SOUS-CLASSE	ROSIDAE
- ORDRE	MALVALES
- FAMILLE	MALVACEAE
- SOUS-FAMILLE	BOMBACOIDEAE
- GENRE	<i>Adansonia</i>

Toutes les espèces du genre *Adansonia* ont été réparties par Baum (1995a et b) en trois sections à savoir :

- La section BREVITUBAE Hochreutiner qui comprend *A. grandidieri* Baillon et *A. suarezensis* H. Perrier toutes deux endémiques de Madagascar.
- La section ADANSONIA Hochreutiner qui ne comprend qu'une seule espèce présente à la fois en Afrique, à Madagascar et aux îles Comores : *A. digitata* L.
- La section LONGITUBAE Hochreutiner qui inclut les quatre autres espèces endémiques de Madagascar (*A. rubrostipa* Jum. & H. Perrier, *A. za* Baillon., *A. madagascariensis* Baillon et *A. perrieri* Capuron) ainsi que l'espèce australienne *A. gibbosa* Guymer.

I.2 - Principales caractéristiques morphologiques des baobabs

Les baobabs sont des arbres dont le tronc renflé gorgé d'eau permet l'adaptation à la sécheresse. Ils sont caractérisés par une couronne haute et un tronc de forme variée pouvant être le plus souvent en bouteille, mais aussi cylindrique et parfois de forme irrégulière. Ce sont des arbres ayant une longévité importante pouvant atteindre 1 000 ou 2 000 ans (ENCARTA, 2009).

Les espèces mesurent entre 5 et 25m de hauteur. Le tronc peut atteindre 9m de diamètre. L'écorce est généralement lisse et de couleur grise, rougeâtre ou marron. Le bois est fibreux et tendre. Les baobabs perdent leurs feuilles pendant la saison sèche. Leurs feuilles sont composées palmées avec des folioles pouvant être entières ou dentées. Les fleurs sont souvent grandes, solitaires, axillaires et portées par un pédoncule court. Le calice est formé par cinq sépales soudés souvent recourbés; la corolle est aussi formée par cinq pétales qui sont libres, pouvant être de couleur blanche ou jaune ou encore jaune orangée ; les étamines sont nombreuses et soudées à leur base formant un tube dont la longueur varie pour chaque espèce. Les fruits sont de grandes baies sèches, à péricarpes coriaces et indéhiscents plus ou moins velus et de forme variable.

Dans la révision systématique des *Adansonia* en 1995a, BAUM a rajouté une clé de détermination des 3 sections spécifiant en particulier les caractères dans le tableau suivant :

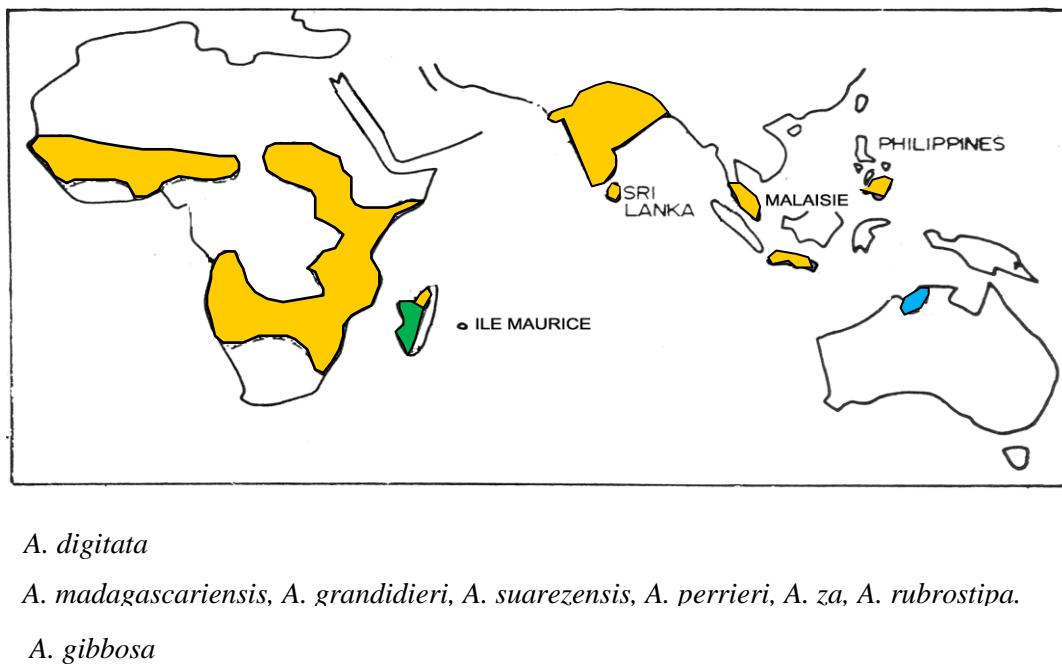
Tableau 1 : Principales caractéristiques des 3 sections du genre *Adansonia*

	Section BREVITUBAE	Section LONGITUBAE	Section ADANSONIA
Forme de la couronne	aplatie	arrondie	irrégulière
Ramifications primaires	horizontales	ascendantes	irrégulières
Forme des boutons floraux	ovoïde à oblong	arrondie, cylindrique	globuleux
Fleurs	ascendantes	± ascendantes	pendantes
Couleur du calice -face interne -face externe	blanc cassé marron	rouge ou blanc cassé vert	blanc cassé vert
Couleur de la corolle	blanche	rouge ou jaune	blanche
Longueur du tube staminal	<12 mm	>50 mm	30mm à 50mm
Couleur du style	blanche	rouge	blanche
Période de floraison	durant la saison sèche	pendant la saison des pluies	Au cours de la saison sèche ou de la saison de pluies
Type de germination	cryptocotylaire.	phanérocotylaire.	phanérocotylaire.

I.3 - Distribution du genre *Adansonia* à l'échelle mondiale et à Madagascar

Auparavant, les baobabs sont des arbres qu'on trouve dans la grande majorité de l'Afrique tropicale, à Madagascar et en Australie. Mais actuellement l'espèce africaine s'est

répandue en Asie Tropicale (Sud et Sud Est), à Madagascar, à l'île Maurice et aux îles Comores (JUMELLE & PERRIER DE LA BATHIE, 1910, PERRIER DE LA BATHIE & HOCHREUTINER, 1955, ARMSTRONG, 1977) (carte 1).



Carte 1 : Distribution du genre *Adansonia* dans le monde.

A Madagascar, le genre *Adansonia* est réparti du Nord au Sud de l'île et presque exclusivement sur la côte occidentale à une altitude généralement inférieure à 800 m. Les différentes espèces poussent dans les forêts denses sèches (forêts décidues ou semi-décidues, fourré à Didieraceae) (JUMELLE et PERRIER DE LA BATHIE, 1914). Baum (1996) distingue deux groupes de baobabs selon leur mode de répartition :

- les espèces à répartition étroite et localisée : *A. suarezensis* (dans l'extrême nord de l'île à la périphérie de la Baie d'Antsiranana, à aire très restreinte), *A. perrieri* (uniquement dans la province d'Antsiranana), *A. grandidieri* (dans deux secteurs du Sud-ouest malgache : Menabe et Morombe) et *A. madagascarensis* (à proximité d'Antsiranana, sur le plateau de l'Ankarana, Loky Manambato, Sambirano et Boina) ;

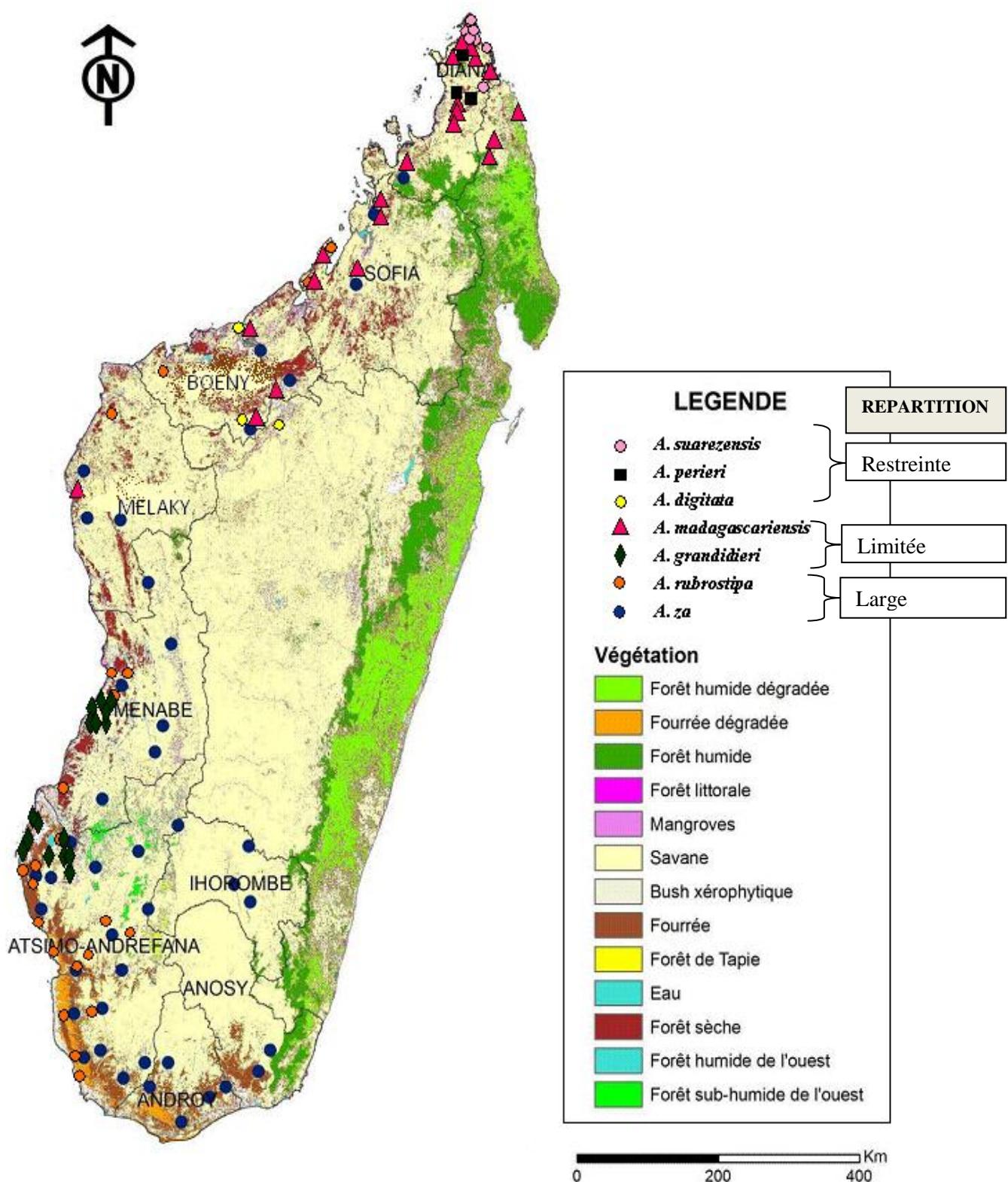
- les espèces à répartition plus ou moins large : *A. rubrostipa* (le long de la côte Ouest de l'île) et *A. za* (le long des versants sud et ouest de l'île).

Cependant, les prospections effectuées par RAZANAMAHERIZAKA (2010), ont permis de réviser la classification des baobabs selon leur répartition et de distinguer : les espèces à répartition très restreinte, les espèces à aire de répartition limitée et les espèces à

aire de distribution large (tableau 2 et carte 2).

Tableau 2 : Distribution des espèces d'*Adansonia* présentes à Madagascar.

Les espèces à répartition très restreinte	Les espèces à aire de répartition limitée	Les espèces à aire de répartition large
<p><i>A. suarezensis</i></p> <p>Strictement dans l'extrémité Nord de l'île (région de Diana) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - autour de la baie d'Antsiranana, dans les montagnes des Français et dans les collines à l'Est d'Andranomaitso ; - sur le Cap d'Antsiranana et même dans la ville d'Antsiranana ; - à Analamerina en population isolée. 	<p><i>A. madagascarensis</i></p> <p>Dispersées sur la côte Nord-Ouest et sur le versant Nord-Est malgache :</p> <ul style="list-style-type: none"> - dans la région du Boeny et de Marovoay (dans la forêt de Betsalo, à Mahamavo, Andranomamy et Kamakama) - dans la région de Sofia : à Anjajavy, Analalava, Antsohihy - dans le Sambirano et dans la Loky - dans la région de Diana et de Sava, sur le Cap d'Ambre, Analamerina, Iharana, Daraina et dans la réserve spéciale de l'Ankarana - dans la région de Melaky (dans la forêt de Mandrozo). 	<p><i>A. rubrostipa</i></p> <p>Le long de la côte Ouest :</p> <ul style="list-style-type: none"> - dans la région de Sofia entre Analalava et Besalampy, à Anjajavy - entre Belo sur Tsiribihina et Itampolo, à Belo sur mer - dans la région du Melaky à Beloha
<p><i>A. perrieri</i></p> <p>Uniquement dans la région de Diana :</p> <ul style="list-style-type: none"> - sur le plateau de l'Ankarana - dans la forêt au pied de la Montagne d'Ambre. 	<p><i>A. grandidieri</i></p> <p>Dans deux régions du Sud-Ouest :</p> <ul style="list-style-type: none"> - région de Morombe : entre la rivière de Mangoky et le lac Ihotry, entre Befandriana Sud et la rivière de la Tsiribihina, et aux environs d'Andavadoaka - région du Menabe : à Mahabo et sur la route qui mène à Belo Tsiribihina (Bekonazy, Andranomena, Marofandilia, Antonga, au Nord de Beroboka). 	<p><i>A. za</i></p> <p>Le long des versants Sud et Ouest de l'île, allant de l'Androy à Sambirano :</p> <ul style="list-style-type: none"> - dans la région de Sambirano et de Sofia ; - dans la région de Marovoay et d'Ambato Boeny ; - dans la région de Melaky et de Boina ; - dans la région du Sud et du Sud-Ouest ; - dans les régions altitudinales (Ihosy, Ivohibe).
<p><i>A. digitata</i></p> <p>Dans la région de Boeny :</p> <ul style="list-style-type: none"> - entre Maintirano et la baie de Moramba, - le long du fleuve de Betsiboka. 		



Carte 2 : Carte de distribution des espèces d'*Adansonia* présentes à Madagascar.

Source: MOAT & SMITH (2007), BAUM (1996), RAZANAMAHERIZAKA (2010), ANDRIAMALALA (2011).

II – Milieu d'étude

II.1 - Région du MENABE

II.1.1 - Localisation

La région du Menabe est située sur la côte occidentale de Madagascar, au Nord de la province de Tuléar dont elle fait partie. Elle est limitée au Sud par le fleuve Mangoky, au Nord par le fleuve Manambolo, à l'Ouest par le canal de Mozambique et à l'Est par la crête occidentale de Bongolava. (REAU, 1996). Elle se trouve entre 20°14' latitude Sud et 44°30' de longitude Est (MOAT J. & SMITH P., 2007). Elle s'étale sur une superficie de 46 121km², soit 8,4 % de la superficie totale du pays (CREAM, 2009). Du point de vue phytogéographique, elle fait partie du domaine de l'Ouest (HUMBERT, 1955).

II.1.2- Milieu physique

A - Relief et paysage

La région présente un relief généralement plat ou subhorizontal avec une altitude inférieure à 300m. On y rencontre des zones côtières formées de mangroves, de vastes étendues de plaines, de plateaux (Bemaraha et Besabora) et des massifs comme le massif du Bongolava et celui du Makay (CREAM, 2009).

B - Climat

Le climat est de type semi-aride (CORNÉT, 1974), avec une température moyenne annuelle de 26,5°C. Le mois le plus chaud est le mois de janvier avec 28,5°C en moyenne, le mois le plus froid est celui de juillet avec 22°C. La pluviométrie est comprise entre 600 et 1000 mm/an et constitue souvent le facteur limitant des activités agricoles dans la région. Les précipitations sont le plus souvent apportées par la mousson sous forme d'orage ou sont dues au passage de front méridional de dépression ou de cyclones tropicaux. Il est à noter que la sécheresse s'accentue du Nord vers le Sud, mais elle est atténuée de l'Ouest vers l'Est en raison de l'altitude. La région compte deux saisons bien distinctes : une saison chaude et pluvieuse, de Novembre à Avril, et une saison moins chaude et très sèche, de Mai à Octobre. Au cours de la saison sèche, la végétation entre dans un repos absolu pendant environ 5 mois (CHEVALIER, 1922).

Le massif du Bongolava se trouvant à l'Est de la région joue le rôle de barrière naturelle et empêche les vents marins chargés d'humidité de pénétrer à l'intérieur des terres.

C'est pour cela qu'on ressent une certaine humidité dans la partie Ouest du Menabe, contredisant ainsi la qualification semi-aride de son bioclimat (CREAM, 2009).

C - Sol

Le sol de la région du Menabe est de type ferrugineux tropical ou calcimorphe avec un substrat sableux à structure poreuse. En bordure de la côte occidentale se trouvent des sols halomorphes.

D - Hydrographie

D'importants et de nombreux plans d'eau sont localisés dans la partie Nord et Est de la région (lacs, étangs et mares). Un autre type d'eaux de surface est aussi rencontré dans cette région : il s'agit de plans d'eau temporaires appelés localement « ranovory » qui n'existent que lors de la saison de pluie. Les fleuves et les rivières traversent diverses plaines pour déposer de riches alluvions au bénéfice des cultures vivrières de la région (CREAM, 2009).

Huit réseaux hydrographiques ont été identifiés par RAVOAVY (1998) dans le Menabe Central : le fleuve permanent de la Tsiribihina, les rivières Sakay, Lambokely et Lambobe qui se forment après de fortes pluies, la Mandroatra qui coule en permanence, la rivière saisonnière de Kirindy, la rivière saisonnière d'Andranomena, la rivière permanente de Tandila et les fleuves Morondava et Kabatomena.

II.1.3 - Milieu biologique

A - Végétation

La région de Menabe fait partie de la zone écofloristique occidentale de basse altitude (FARAMALALA et RAJERIARISON, 1999). La végétation climacique de cette région est la forêt dense sèche caducifoliée, de la série à *Dalbergia* (FABACEAE), *Commiphora* (BURSERACEAE) et *Hildegardia* (STERCULIACEAE) (HUMBERT, 1955). D'après KŒCHLIN *et al.* (1974), cette formation végétale est caractérisée par la caducité du feuillage, la tendance à la xérophilie, l'existence d'un sous-bois arbustif avec peu d'herbacées mais beaucoup de lianes .La floraison a lieu généralement à la fin de la saison sèche quand les arbres ne sont pas encore en feuille (KŒCHLIN *et al.*, 1974). Les *Adansonia* sont localisés aussi bien dans les forêts sèches caducifoliées, leurs habitats primaires, que dans les zones de cultures. Dans leur milieu forestier, les baobabs sont rarement abattus par la population environnante lorsqu'elle défriche les forêts pour les besoins de l'agriculture, car non seulement ils sont difficiles à abattre mais ils sont aussi respectés du fait des us et coutumes.

B - Faune

La région est réputée par l'existence de quatre espèces endémiques (trois mammifères et un reptile) qualifiées d'espèces phares de la région :

- *Microcebus berthae* ou Tsidy (CHEIROGALIDAE) - MAMMIFERE. C'est un petit lémurien nocturne et endémique.
- *Hypogeomys antimena* ou Vositse (MURIDAE) - MAMMIFERE.
- *Mungotictis decemlineata* ou Bokiboky (HERPESTIDAE) - MAMMIFERE, un carnivore endémique.
- *Pyxis planicauda* ou Kapidolo (TESTUDINAE) - REPTILE, tortue endémique du Menabe.

II.1.4-Milieu humain

L'ensemble de la région a une densité de 6 habitants au km². L'effectif de la population est au total de 770 607 habitants et il est plus important en milieu rural qu'en milieu urbain (75,5% contre 24,4%). La population est formée majoritairement de Sakalava mais le Menabe représente une véritable terre d'accueil pour plusieurs ethnies qui y ont immigré comme les Betsileo, Antesaka, Antandroy, Mahafaly, Merina, Tanosy,... C'est une population jeune, l'âge moyen est de 22,7 ans. Les personnes d'âge économiquement actif (15 à 64 ans) constituent plus de la moitié de la population (CREAM, 2009). Leur principale activité est l'agriculture.

II.2 - Sites d'étude

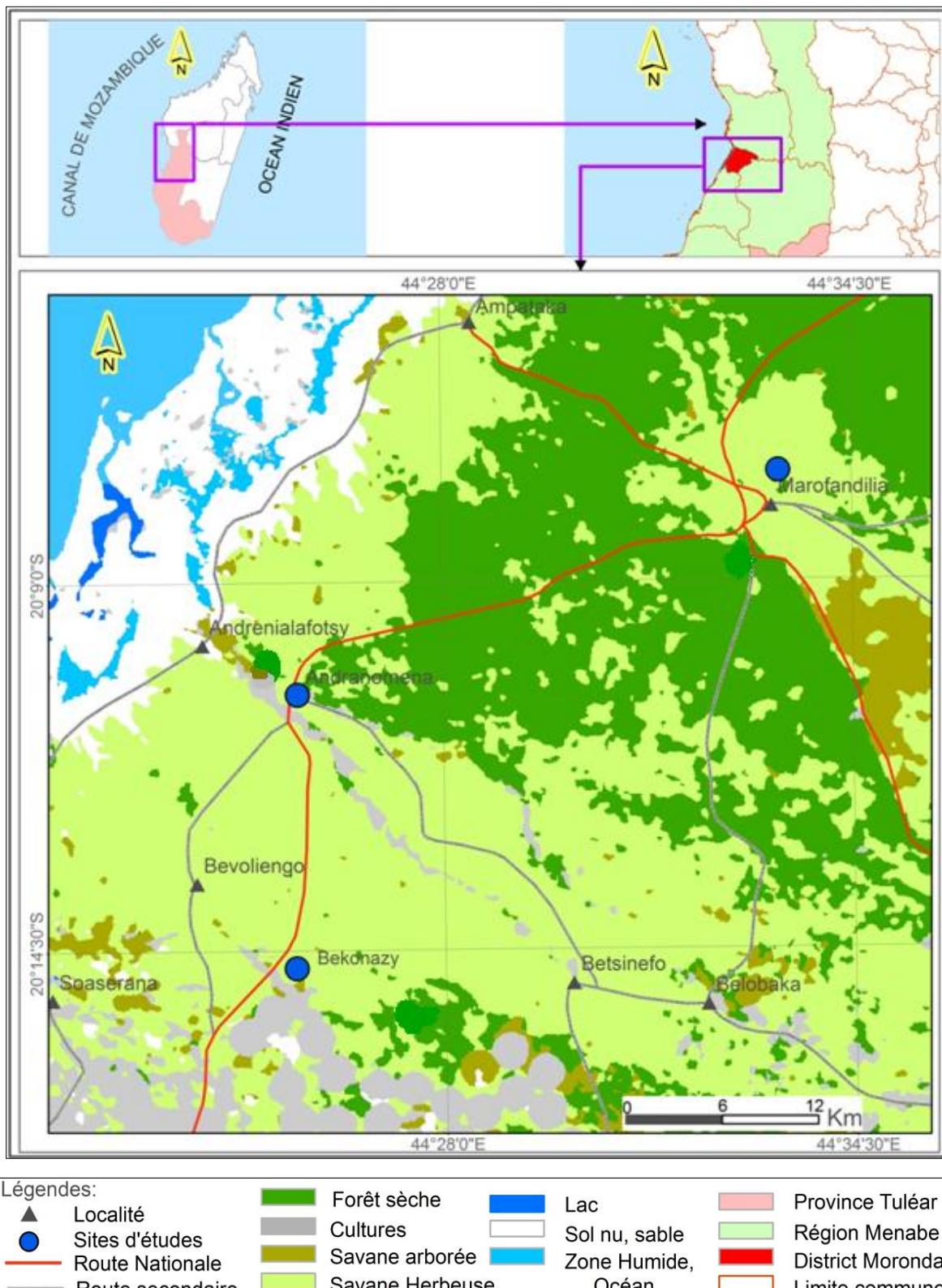
L'étude a été menée dans les sites (Carte 3) faisant tous partie de la Commune de Bemanonga (District de Morondava - Région du Menabe Central - Province de Tuléar). Il s'agit de Bekonazy, d'Andranomena et de Marofandilia où on rencontre d'importantes populations d'*Adansonia grandiflora*.

-Bekonazy se situe environ à 22 km au Nord de la ville de Morondava, sur la route 8A reliant Morondava à Maintirano et Belo sur Tsiribihina et est proche de « l'Allée des baobabs ». Cette dernière fait partie du domaine qui a été récemment mis en protection en tant que monument naturel (aire protégée classée appartenant à la catégorie III de l'IUCN) et gérée par l'ONG Fanamby. Les coordonnées géographiques de Bekonazy sont 20°15'05.2'' S et 44°25'06.2'' E.

-Andranomena est un village qui se trouve à 30 km au Nord-Est de la ville de Morondava

sur la route 8A et qui a comme coordonnées géographiques 20°10'04"S et 44°25'13"E.

-Marofandilia est localisé environ à 15 km au Nord-Est d'Andranomena sur la route menant vers Kirindy. Ses coordonnées géographiques sont 20°07'59"S et 44°32'49"E.



Carte 3 : Localisation des sites d'étude

Source : Atlas de Madagascar, 2007

Une étude architecturale nécessite que l'on observe tous les stades de développement de la plante étudiée et que *A. grandidieri* tout comme les autres baobabs présente un déficit de régénération tant dans le milieu forestier que dans les milieux dégradés et découverts (RAZANAMAHERIZAKA, 2010), divers types de milieu ont été visités. Autrement dit, l'observation, pour chaque site, a été faite non seulement dans la forêt, mais aussi dans toutes les zones où on peut trouver des individus de cette espèce à divers stades de développement.

Ce sont :

- les pépinières, où l'on peut trouver les plantules et les individus aux stades très jeunes (Photo1)
- les villages, où on trouve des jeunes individus cultivés et issus des réitérations (les restes d'arbres abattus peuvent se régénérer en fonction de leur milieu) (Photo 2).
- la forêt, où vivent les grands arbres et individus matures (Photo 3).
- dans les zones de culture et dans les savanes, se trouvent des individus jeunes et adultes (Photo 4).



Photo 1 : Plantules d'*A. grandidieri* poussant dans la pépinière du MNP d'Andranomena (anciennement appelé ANGAP)

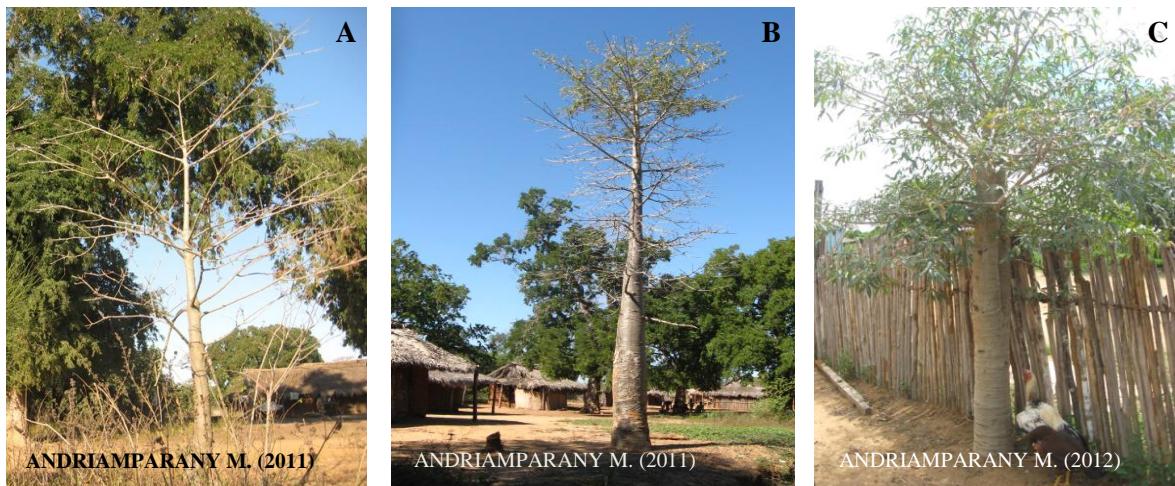


Photo 2 : *A. grandidieri* dans les villages de Bekonazy (A), d'Andranomena (B) et de Marofandilia (C).

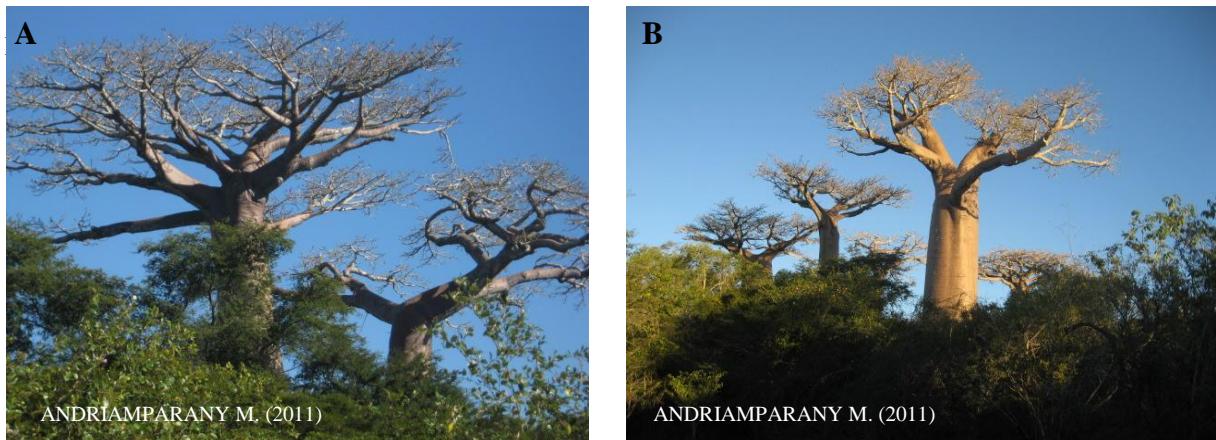


Photo 3 : *A. grandidieri* en milieu forestier à Andranomena (A et B).

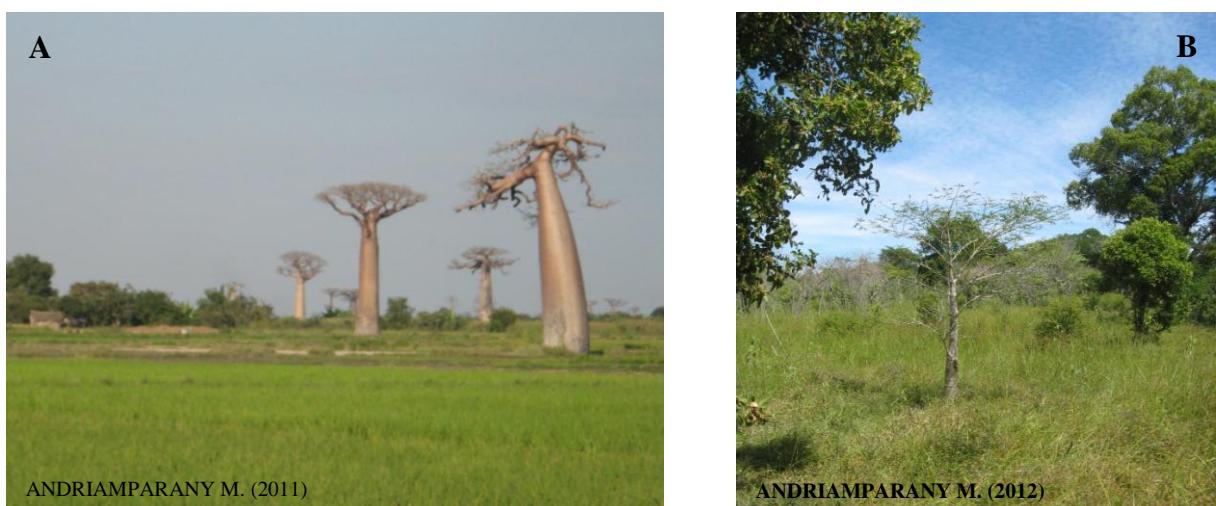


Photo 4 : *A. grandidieri* dans les zones de culture à Bekonazy (A) et dans la savane arborée à Marofandilia (B).

CHAPITRE II
MATERIELS ET METHODES

I- L'espèce étudiée : *Adansonia grandidieri* Baillon (Renala ou Renala)

Le nom spécifique d'*Adansonia grandidieri* rend hommage au botaniste et explorateur français, Alfred Grandidier (1836-1921). Elle est la plus grande et la plus connue des six espèces de baobabs malgaches. Son aspect massif, sa forme majestueuse et sa couronne aplatie ressemblant à des racines se développant au sommet du tronc la rendent très spectaculaire et remarquable. Pourtant, cette plante est la plus exploitée des baobabs malgaches (WICKENS & LOWE, 2008).

I.1 -Répartition géographique

L'aire de répartition de cette espèce est limitée à deux régions du Sud-Ouest de Madagascar qui sont les régions du Menabe et du Morombe (Tableau 1 et carte 2).

I.2 -Habitat

En général, cette espèce se rencontre près des zones humides comme les lacs, les étangs, les rivières saisonnières et les plans d'eau temporaire localement appelés « ranovory » et sur des sols arénacés. Mais, son habitat naturel est variable, allant de la forêt caducifoliée au bush xérophytique sur des sols différents (RAZANAMAHERIZAKA, 2010):

- à proximité des mares se formant pendant la saison de pluies dans les forêts de Tandila,
- sur sol alluvionnaire dans le bas du Mangoky,
- sur sol basaltique dans le bute d'Ambatomainty,
- sur sable salé à Andavadaoka et à Antonga.

Dans la forêt sèche caducifoliée de la région de Morombe, plus précisément entre les rivières de Mangoky et le lac Ihotry, se trouve une dense population d'*A. grandidieri* à l'état non perturbé (WICKENS & LOWE, 2008).

Actuellement, suite à la déforestation, plusieurs populations de cette espèce se trouvent en milieu cultivé, ou en savane, ou près des villages, ou dans les plaines alluviales de Morondava (Andranomena, Beroboka, Marofandilia).

I.3-Caractéristiques de l'espèce

A l'état adulte, ce sont de grands arbres (plus de 25 mètres) ayant une couronne aplatie. Le tronc est cylindrique et porte des ramifications primaires plagiotropes. L'écorce est de couleur grise ou gris rougeâtre.

Les feuilles sont composées palmées, portées par un long pétiole. Les folioles sont au nombre de 6 à 9 et le bord du limbe est lisse. Les stipules sont caduques.

Les fruits sont oblongs ou elliptiques de couleur marron et les graines sont entourées d'un arille qui se présente sous la forme d'une pulpe blanche.

A. grandidieri est en feuilles pendant les saisons de pluies et fleurit en saison sèche. Les fruits sont mûrs aux mois de novembre et décembre.

I.4-Utilisations

Les graines d'*A. grandidieri* sont consommées. Elles sont entourées par un arille farineux qui peut être mangé tel quel ou est utilisé dans la fabrication d'un jus au goût acidulé et riche en vitamine C. Les graines sont riches en lipides qui sont extraits pour la fabrication d'huile alimentaire ou industrielle, notamment dans la fabrication de savon. Les animaux aussi bien sauvages que domestiques peuvent également manger la pulpe du fruit de baobab.

Les feuilles sont également consommées par le bétail en tant que fourrage.

La fibre de l'écorce est utilisée dans la fabrication de cordes, pour la toiture et les murs des cases.

Le tronc sert de réservoir d'eau par lequel les villageois se rafraîchissent lors de leur passage dans la forêt.

Enfin, l'allée des baobabs de Morondava présente un potentiel attrait touristique de la région ainsi que pour notre pays.

I.5-Menaces

Les principales menaces qui pèsent sur les populations d'*A. grandidieri* sont en général d'origine anthropique à savoir :

- la collecte intensive des fruits et des graines empêchant la régénération de l'espèce a entraîné le vieillissement de la population (peu ou pas de nouveaux individus au sein des sites).
- l'exploitation des fibres de l'écorce qui provoque la diminution de la densité et le vieillissement de la population du fait de l'abattage des jeunes pieds par les paysans dans les écosystèmes perturbés. Selon eux, en effet, les fibres de bonne qualité se trouvent chez les jeunes pieds.
- le défrichement et la pratique intensive du « hatsake » entraînent la destruction de

l'habitat de l'espèce et freinent le développement ultérieur des plantules.

- les feux de pâturage freinent également la régénération, détruisent les jeunes pieds et même les pieds adultes si l'intensité est forte (rupture des stades de développement).
- le passage fréquent des bétails et des hommes dans leur habitat perturbe la germination et la croissance des jeunes pousses.
- la présence des espèces de gastéropodes (*Achatina sp.*) provoque un problème de germination car elles mangent les plantules. Pourtant, l'espèce présente déjà une faible capacité de germination (RAZANAMAHERIZAKA, 2010).

II- Méthodes

II.1-Etude architecturale

A - Définition

L'architecture végétale est l'ensemble des formes structurales que présente la plante à un moment donné de son existence (HALLE & OLDEMAN, 1970). Elle repose sur la nature et l'agencement relatif de chacune de ses parties (EDELIN, 1984). Pour comprendre la mise en place des structures constitutives d'une plante, il convient de faire son analyse architecturale qui permet de décrire la série d'architectures adoptées par l'espèce tout au long de sa vie (depuis la germination jusqu'à sa mort). Toute étude architecturale d'une plante commence par celle de son unité architecturale et aboutit, d'abord, à la détermination de celle-ci et par la suite à l'évolution de son architecture.

B - Historique

L'étude de l'architecture végétale est devenue une discipline scientifique depuis les années 70 grâce aux travaux de HALLE & OLDEMAN (1970). Nées sous les tropiques, les études architecturales se sont d'abord intéressées à l'analyse de l'appareil végétatif aérien des arbres de ces régions (HALLE & OLDEMAN ,1970). Depuis leur définition, les concepts architecturaux ont apporté des puissants outils pour étudier la forme des plantes ou même la structure des forêts tropicales et la compréhension de leurs dynamiques (OLDEMAN, 1974, 1983). Ces concepts se sont rapidement étendus aux arbres tempérés (EDELIN, 1981 ; CARAGLIO & EDELIN, 1990; NICOLINI, 1998; GROSFELD *et al.*, 1999; MILLET *et al.*, 1999; SABATIER & BARTHELEMY, 1999; CLAßEN-BOCKHOFF, 2000), aux herbes (JEANNODA-ROBINSON, 1977; GAY, 1993; CREMERS & EDELIN, 1995; RUA & GROTTOLA, 1997), aux lianes (CREMERS, 1973; CABALLE, 1998) et aux systèmes

racinaires (ATGER & EDELIN, 1994a,b ; JOURDAN & REY, 1997a, b). L'architecture végétale s'est aussi répandue dans tous les pays du monde, à Madagascar par exemple, citons les travaux de JEANNODA ROBINSON (1977) portant sur les herbes, ceux de ANDRIANASOLO (2012) sur les Mascarocoffea et ceux de VAVITSARA (2014) sur *Acmella oleracea* (ASTERACEAE) ou felimafana.

C - Eléments de base pour l'étude architecturale, d'après BARTHELEMY & CARAGLIO (2007).

Un des préalables et indispensables à l'utilisation de la méthode architecturale est de connaître et maîtriser les concepts de morphologie des végétaux ainsi que les critères de description et d'analyse architecturale.

C.1-Bases de morphologie végétale

La morphologie végétale est la partie de la botanique qui consiste à décrire la forme et la structure externe des plantes et de leurs organes. Quelques termes en morphologie végétale et des critères seront utiles pour lire l'architecture d'une plante.

L'édification d'une plante débute par la germination. Selon la position des cotylédons, il existe deux modes de germination :

- la germination **épigée** (ou germination phanérocotylaire) : les cotylédons se dégagent des téguments de la graine et s'élèvent au dessus du sol (exemple : chez les haricots,...).
- la germination **hypogée** (ou germination cryptocotylaire) : les cotylédons restent emprisonnés dans la graine et dans le sol (exemple : avocat, pois,...).

Après la germination, la tige et les autres organes se forment à partir du bourgeon apical hébergeant à l'intérieur un méristème responsable de l'organogenèse. Par la suite ces organes vont s'allonger une fois qu'ils sont formés. L'ensemble de l'organogenèse et l'allongement s'appelle la *croissance*. Elle est dite primaire si elle résulte du fonctionnement des méristèmes primaires et ne se rencontre que chez les parties jeunes de la plante. La croissance secondaire s'exprime de façon très différente à travers le fonctionnement d'un méristème secondaire : le cambium. C'est le cambium qui donne le bois des arbres et va distribuer vers l'intérieur du bois ou xylème et ensuite vers l'extérieur du phloème. La croissance secondaire se rencontre essentiellement chez les dicotylédones au niveau des parties âgées.

La tige est formée d'une succession de nœuds et d'entre-nœuds (la partie qui sépare

deux nœuds successifs). Quant aux feuilles, elles sont insérées au niveau des nœuds qui comportent également un bourgeon axillaire. C'est à partir de celui-ci que se développent les rameaux secondaires. L'ensemble (entre-nœud+feuille+bourgeon axillaire) constitue l'élément unitaire responsable de l'édification de la tige, appelé *phytomère* (figure 1).

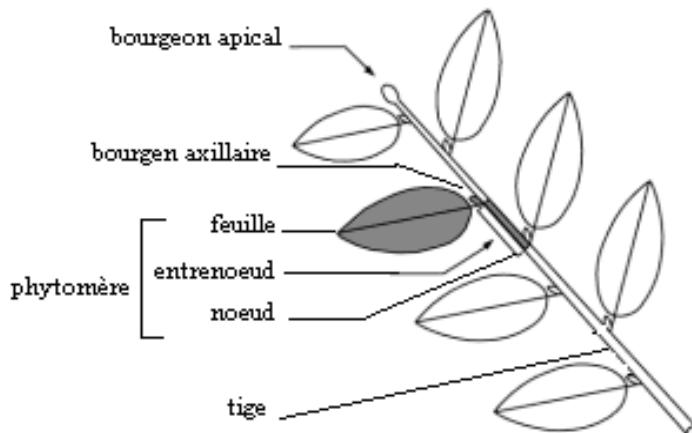


Figure 1 : Organisation fondamentale d'une tige

Le mode de disposition des feuilles sur la tige (la phyllotaxie) est aussi un élément indispensable dans l'étude architecturale des plantes. Les feuilles sont dites *alternes* quand il n'y a qu'une seule à chaque nœud, elles sont *opposées* lorsque deux feuilles sont insérées face à face sur un nœud, et elles sont *verticillées* quand le nœud porte trois feuilles ou plus disposées en couronne.

C.2- Critères morphologiques de description et d'analyse utilisés en architecture végétale :

Selon HALLE et OLDEMAN en 1970, les traits morphologiques peuvent être groupés en quatre grandes catégories qui se rapportent au :

- processus de croissance : mode de croissance (définie/indéfinie), rythme de croissance (rythmique/continue), préformation/néoformation;

- processus de ramification : ramification terminale/latérale, monopodiale/sympodiale, rythmique/continue /diffuse, différée /immédiate et ramification en fonction de sa répartition privilégiée dans l'espace et sur l'axe porteur;

- différenciation morphologique des axes : orthotrope/plagiotope;
- position de la sexualité : terminale/latérale.

C.2.1-Processus de croissance

La croissance primaire d'un axe est le résultat de l'organogenèse (formation des organes) et de l'allongement (étirement des organes une fois formés).

a) Les modalités de croissance : croissance définie/indéfinie

C'est un clivage fondamental dans l'architecture d'une plante.

-Croissance indéfinie : c'est le méristème apical qui assure la croissance des axes. Les plantes qui adoptent ce mode de croissance sont des plantes monopodiales.

-Croissance définie : l'axe a un méristème apical soit avorté, soit mort, ou se transformant en des structures spécialisées comme inflorescence, fleur, épine, vrille, parenchymatisation,... La structure qui en résulte est un sympode.

b) Rythme de croissance : rythmique/continue

-Croissance continue : caractérisée par l'absence complète de période de repos. C'est un phénomène rare.

-Croissance rythmique : caractérisée par l'alternance de phase d'élongation et de repos. C'est le mode de croissance de la plupart des végétaux. Malgré les conditions stables du milieu, la croissance va s'arrêter à une certaine période. Chaque portion d'axe qui se développe durant une période d'élongation est appelée **unité de croissance**. En général, les unités de croissance successives sont morphologiquement séparées par leurs voisines par des zones à entrenœuds très courts marqués par la présence de cicatrices des écailles des anciens bourgeons apicaux.

c) Préformation et néoformation :

Un organe est dit préformé s'il est déjà à l'état d'ébauche (à l'état embryonnaire) dans le bourgeon avant son élongation. On parle d'organe néoformé lorsque l'intérieur du bourgeon ne présente que le dôme apical, l'organogenèse et l'allongement s'effectuent simultanément.

C.2.2-Processus de ramification

La ramification, ou son absence, est un facteur essentiel de l'architecture de la plante, plusieurs types de ramification peuvent être rencontrés dans la nature. Ce sont :

a) Ramification terminale/latérale :

La ramification terminale résulte de la division du méristème apical en deux ou plusieurs parties égales ou inégales. C'est un cas rare qui ne se rencontre que chez les végétaux primitifs comme les fougères et les mousses.

Quant à la ramification latérale, elle résulte du développement du méristème axillaire à l'aisselle des feuilles. Elle participe à la construction des systèmes monopodiaux et sympodiaux. C'est le mode de ramification le plus répandu chez les végétaux.

b) Ramification monopodiale / sympodiale :

Ces deux types de ramification (Figure 2) résultent du mode de fonctionnement des méristèmes ; la ramification monopodiale résulte de la croissance indéfinie des axes alors que la ramification sympodiale est le résultat de la croissance définie des axes après abscission, ou avortement, ou mort, ou transformation de l'apex en des structures spécialisées. La structure qui en résulte est un sympode. Le sympode peut être *mono-*, *bi-* ou *polychasial* selon le nombre d'axes relais. Il peut être linéaire ou *pseudo-monopode* si les axes relais sont de même direction et alignés.

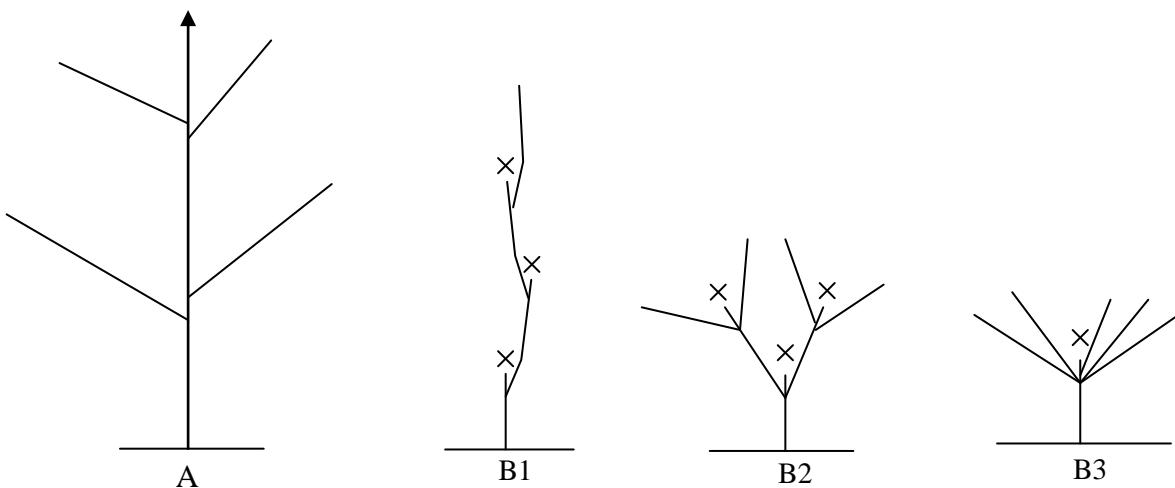


Figure 2 : Ramification selon le mode de fonctionnement des méristèmes. (A) monopodiale, (B1) sympode monochasial, (B2) sympode bichasial, (B3) sympode polychasial. (X) mort de l'apex.

c) Ramification en fonction de la répartition des rameaux sur l'axe porteur :
ramification continue /rythmique/diffuse

-Ramification continue : si toutes les feuilles sont axillantes de sorte que branches et rameaux apparaissent tout au long de l'axe.

-Ramification rythmique : elle met en place des étages de branches ou de rameaux, régulièrement espacés sur l'axe qui les porte.

-Ramification diffuse : l'axe émet des rameaux latéraux irrégulièrement disposés.

d) Ramification en fonction du moment d'allongement des rameaux à partir du bourgeon latéral

-Ramification immédiate : le bourgeon latéral se développe immédiatement et donne un rameau feuillé après sa formation. Ce rameau est dit *sylleptique* (TOMLINSON et GILL, 1973) et il est caractérisé par un premier entrenœud long appelé *hypopodium* et des préfeuilles α et β assimilatrices (figure 3A).

-Ramification différée : le bourgeon latéral entre en repos après sa formation à l'aisselle des feuilles. Les axes à l'issu de ce type de ramification sont appelés axes *proleptiques* qui se caractérisent par la présence d'écaillles à leur base séparées par des entrenœuds très courts (figure 3B).



Figure 3 : Ramification en fonction du moment d'allongement des rameaux à partir du bourgeon latéral : (A) ramification immédiate (rameau latéral sylleptique), α et β sont les préfeuilles ; (B) ramification différée (rameau latéral proleptique), α et β sont les cataphylles.

e) Ramification en fonction de la position privilégiée des rameaux sur l'axe porteur :
acrotonie/mésotonie/basitonie

-Acrotonie : C'est le développement privilégié des axes latéraux au sommet d'une pousse annuelle ou de l'axe porteur (figure 4 A). C'est un moteur du port arborescent.

-Mésotonie : C'est le développement privilégié des rameaux dans la zone médiane d'une pousse de l'année ou de l'axe porteur (figure 4 B).

-Basitonie : C'est le développement privilégié des rameaux à la base de l'entité porteuse (figure 4 C).

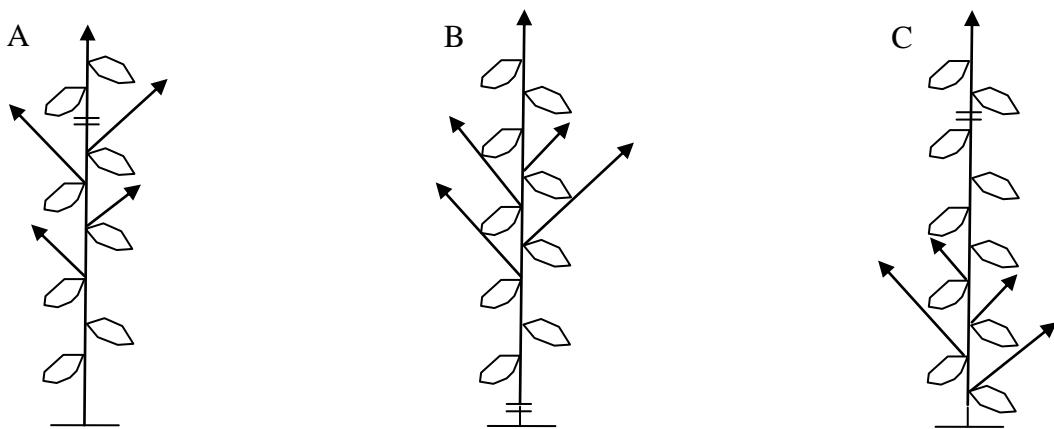


Figure 4: Mode de ramification selon la position privilégiée des axes latéraux sur l'axe porteur (A) acrotonie, (B) mésotonie, (C) basitonie.

f) Ramification en fonction de sa répartition privilégiée dans l'espace et sur l'axe porteur : Epitonie/Hypotonie/Amphitonie

-Hypotonie : les branches se développent sur les faces inférieures des axes porteurs (figure 5A).

-Amphitonie : les branches sont portées dans un plan horizontal de l'axe porteur (figure 5B).

-Epitonie : les branches se développent sur les faces supérieures des axes porteurs (figure 5C).

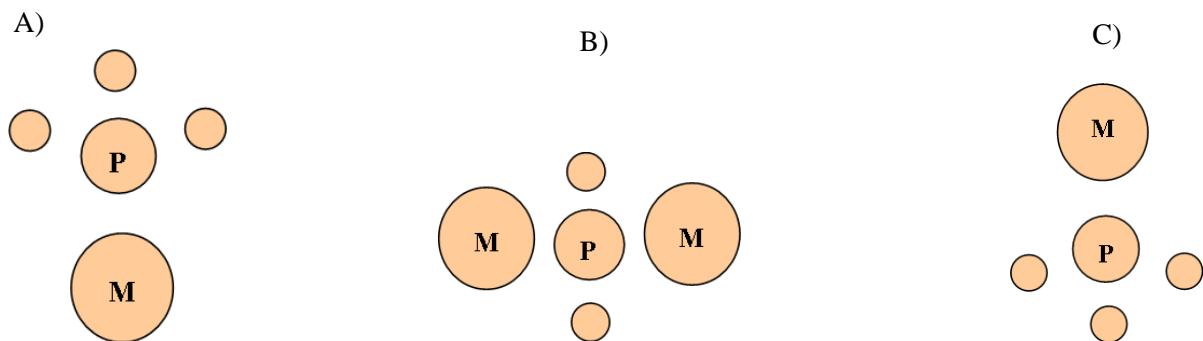


Figure 5 : Répartition privilégiée des axes latéraux sur l'axe porteur : (A) Hypotonie, (B) Amphitonie, (C) Epitonie ; M : axe latéral le plus développé, P : axe porteur, (BARTHELEMY & CARAGLIO, 2007).

g) Système ramifié et ordre de ramifications

En tant que résultat de ramifications, les rameaux se succèdent topologiquement à partir de l'axe porteur. Cette succession spatiale parle de l'ordre de ramifications des axes (Figure 6). Ainsi, la tige principale est considérée comme l'axe d'ordre 1 (noté A1), les axes qui partent de cet axe sont les axes d'ordre 2 (A2) et ceux qui sont portés par ces derniers sont les axes d'ordre 3 (A3) et ainsi de suite.

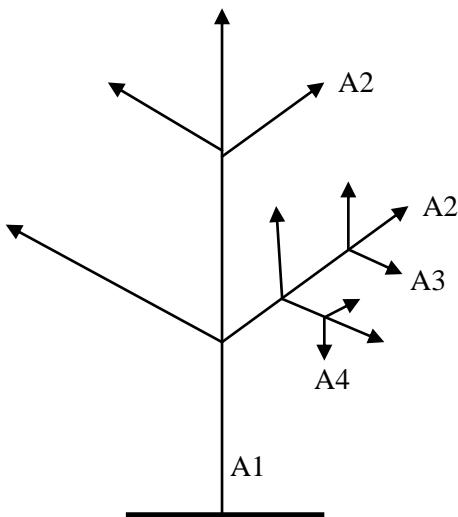


Figure 6 : Ordre de ramifications des axes.

C.2.3-Différenciation morphologique des axes

L'orientation générale d'un axe feuillé et la disposition spatiale de ses feuilles sont d'une importance majeure dans la stratégie de croissance des végétaux. La différenciation morphologique des axes est alors un élément fondamental de l'architecture végétale.

Un axe est dit **orthotrope** lorsque sa direction de croissance est verticale, avec une symétrie radiale et des feuilles à phyllotaxie spiralée, opposée ou verticillée. Les branches latérales sont arrangées dans toutes les directions. Par contre, un axe se développant dans un plan horizontal ou oblique, ayant une symétrie bilatérale et des feuilles à phyllotaxie distique est appelé un axe **plagiotope**.

Les axes courts, contrairement aux axes longs, sont caractérisés par des entrenœuds courts et des unités de croissance courtes. Ils sont fréquemment associés avec des organes reproductifs (fleurs) latéraux ou terminaux.

C.2.4-Position de la sexualité

Tout comme les autres critères, la position de la sexualité participe à la structuration de la plante car elle va définir son mode de croissance. La sexualité est exprimée par des

inflorescences (groupes de fleurs) ou par des fleurs solitaires. En effet, soit elles se manifestent sur les côtés de la tige (floraison latérale) et l'allongement peut se poursuivre, soit elles s'expriment à l'extrême de la tige (floraison terminale) empêchant la poursuite de son allongement.

D - Concept du modèle architectural

Le modèle architectural est une stratégie de croissance qui définit à la fois la manière dont la plante élabore sa forme et l'architecture qui en résulte.

En 1970, HALLE & OLDEMAN ont établi, dans leur ouvrage, le modèle architectural des arbres tropicaux dont le nom de chaque modèle est rattaché au botaniste qui a fait l'étude de la plante. Chaque modèle est défini par une combinaison régulière des caractères morphologiques déjà cités ci-dessus. Il existe actuellement 23 modèles architecturaux seulement pour l'ensemble des arbres (ANNEXE I). Les modèles sont classés en quatre catégories selon la complexité de l'architecture :

1/ Modèle de plantes non ramifiées ou plantes monoaxiales

2/ Modèles des plantes ramifiées ou plantes polyaxiales (tableau 2) présentant des axes tous équivalents

3/ Modèles des plantes ramifiées aux axes différenciés en tronc et en branches

4/ Modèles des plantes ramifiées aux axes mixtes.

E - Unité architecturale (UA)

Le concept du modèle architectural a permis la définition d'une typologie des principales stratégies de croissance des végétaux. Néanmoins, les caractères utilisés dans son identification sont trop généraux pour décrire l'architecture complète et précise d'une plante. L'expression spécifique de son modèle représente son unité architecturale (BARTHELEMY *et al.*, 1989, 1991) ou encore diagramme architectural (EDELIN, 1977).

L'UA des espèces se distingue par le nombre de catégorie des axes, leurs caractères morphologiques et/ou fonctionnels et leurs positions relatives. Ainsi, l'U.A est **l'architecture élémentaire et spécifique** d'une plante caractérisée par un nombre de catégorie d'axes relativement faible.

Tableau 3 : Modèles des plantes ramifiées (plantes polyaxiales).

Axes tous équivalents : modèles de plantes entièrement sympodiales	Axes différenciés en tronc et en branches		Axes mixtes
<u>Ramification aérienne</u> 1 relais /module (modèle de CHAMBERLAIN) : <i>Jatropha</i> Au moins 2relais/module (modèles de SCHOUTE exemple <i>Hyphaena</i> ; modèle de LEEUWENBERG comme <i>Plumeria</i>)	Branches plagiotropes -plagiotrope par apposition <u>Inflorescence terminale</u> • Tronc à croissance rythmique -Sympodiale (modèle de KWAN-KORIBA comme <i>Cerbera</i> et PREVOST : <i>Mascarenhasia</i>) -Monopodiale (modèle de FAGERLIND) : <i>Ixora</i> • Tronc à croissance continue (modèle de PETIT) : <i>Gossypium</i> <u>Inflorescence latérale</u> , tronc à croissance rythmique (modèle d'AUBREVILLE) : <i>Terminalia, Pachira</i> -plagiotrope vraie <u>Tronc à croissance continue</u> (modèle de ROUX et modèle de COOK caractérisé par des branches phyllomorphiques). <u>Tronc à croissance rythmique</u> -sympodiale (modèle de NOZERAN) : Cacaoyer -monopodiale (modèle de MASSART) : <i>Diospyros</i>	Branches orthotropes -branches sympodiales, inflorescence terminale et tronc rythmique (modèle de SCARRONE) : <i>Mangifera</i> -branches monopodiales, inflorescence latérale : * Tronc à croissance rythmique (modèle de RAUH) : <i>Persea</i> * Tronc à croissance continue (modèle d'ATTIMS) : <i>Avicenia</i> *Tronc à croissance continue, à ramification diffuse (modèle de STONE) : <i>Pandanus pulcher</i>	<u>Superposition indéfinie d'axes orthotropes</u> à extrémité courbée (modèle de CHAMPAGNAT) : <i>Rosa</i> <u>Superposition d'axes tous plagiotropes</u> (modèle de TROLL) : <i>Ziziphus</i> <u>Superposition d'axes mixtes</u> au départ orthotropes et après plagiotropes (modèle de MANGENOT) : <i>Eugenia</i>
<u>Ramification souterraine</u> (modèle de TOMLINSON exemple <i>Musa</i> ; modèle de Mc CLURE)			

II.2-Méthode d'analyse architecturale

L'analyse architecturale est un outil de description. Elle permet de décrire de manière synthétique les différents changements structuraux exprimés par la plante tout au long de sa vie. Pour cela, la meilleure méthode est de cultiver la plante concernée. Or, la croissance des baobabs est très lente sauf chez les jeunes individus, et le suivi de leur développement risque de prendre plusieurs années. Ainsi, notre étude se base sur des observations et sur des dessins des individus à des stades différents de croissance dans leur milieu à partir des individus issus de la germination vers des stades plus évolués.

Avant toute étude, la familiarisation avec l'espèce est indispensable afin de l'identifier à tous les stades de développement dans son milieu. Pour cela, la bibliographie et les enquêtes auprès de la population locale concernant l'espèce étudiée ont été faites afin de mieux se renseigner sur l'espèce. En outre, la recherche d'individus aux différents stades de développement sur le terrain s'effectue avec l'aide d'un guide qui connaît bien la région et la localisation de l'espèce.

A -Méthode d'observation

Avant de faire les observations, il faut bien choisir les individus à observer pour avoir des résultats précis et éviter les individus ayant subit des traumatismes (élagage, pâturage feu,...) qui pourraient nuire à l'étude architecturale. Ici, les observations se focalisent sur les parties aériennes de la plante et les stades de développement sont fixés à partir des ordres de ramification des axes (ou ordre d'apparition des axes). Par exemple :

- stade 1 : plantules non ramifiées
- stade 2 : plantes avec deux ordres de ramification
- stade 3 : plantes avec trois ordres de ramification
- Et ainsi de suite jusqu'au stade de la floraison de l'arbre.

A chaque stade de développement et dans chaque condition environnementale, l'observation des individus de petite taille (Photo 5) s'effectue directement et au niveau du sol (BARTHELEMY & CARAGLIO, 2007 ; EDELIN, 1984). Tandis que pour le cas de grands arbres (Photo 6), l'observateur a besoin de grimper ou d'utiliser des jumelles s'il est placé au niveau du sol pour observer les parties éloignées de lui. La consultation des branches mortes tombées au pied de l'arbre (Photo 7) est aussi utile pour compléter les données (EDELIN, 1984). La méthode destructive est souvent utilisée pour des analyses précises et collections de

données (HEURET *et al.*, 2000, 2002 ; PASSO *et al.*, 2002).



Photo 5 : Observation directe d'un jeune individu d'*A. grandidieri* au niveau du sol.



Photo 6 : Observation des grands arbres de baobab.



Photo 7 : Analyse des branches mortes tombées par terre

B - Paramètres pris en compte pour l'étude architecturale

La structure élémentaire caractéristique de l'espèce étudiée n'est définie qu'à condition de disposer des critères d'observation adéquats assez précis pour permettre une description fine mais d'un emploi suffisamment aisé pour pouvoir venir à bout de l'analyse (EDELIN, 1984). Ici, il s'agit des critères de description et d'analyse déjà cités précédemment, notamment *les modes de croissance, les modes de ramification, la différenciation morphologique des axes et la position de la sexualité*. En outre, d'autres caractères morphologiques doivent être considérés pour parvenir à une analyse plus exacte de l'architecture de l'arbre à savoir *la symétrie des axes, leur phyllotaxie et ses variations, la forme de leurs feuilles, la nature, le nombre et la position de leurs bourgeons et autres caractères observables*. Il est également important de préciser *s'ils sont caducs ou non ou s'ils portent des fleurs*.

Bref, la méthode d'analyse architecturale repose sur des **observations** des caractères morphologiques et des caractères fonctionnels des différentes parties qui constituent la plante, sur des **dessins** et sur des **prises de photos** de l'espèce étudiée.

CHAPITRE III
RESULTATS ET INTERPRETATIONS

I- Description des stades de développement d'*A. grandidieri*

Cinq stades de développement ont été identifiés en fonction de l'ordre de ramification des axes. Ce sont :

- stade 1 : plantules non ramifiées. Hauteur : 1-30cm
- stade 2 : plantules et arbustes à deux ordres de ramification. Hauteur : 30-80cm
- stade 3 : arbustes à trois ordres de ramification. Hauteur : 80cm-1m20
- stade 4 : jeunes arbres à quatre ordres de ramification. Hauteur : 1m20-2m
- stade 5 : jeunes arbres et arbres à cinq ordres de ramification. Hauteur : plus de 2m

I.1- STADE 1 : plantules non ramifiées

Une simple comparaison des espèces a été faite afin de bien identifier l'espèce étudiée. Les caractères des feuilles, la forme et l'aspect des cotylédons (s'ils sont encore présents) et la hauteur de l'hypocotyle ont été pris comme indices caractéristiques de chaque espèce chez les jeunes individus. Ainsi, *A. grandidieri* (Photo 8A) est caractérisée par des folioles à limbe entier, des cotylédons plus épais mais plus petits que ceux des autres espèces et un court hypocotyle; *A. rubrostipa* (Photo 8B) a des folioles à limbe denté, des cotylédons très développés et un long hypocotyle par rapport à *A. grandidieri*. Et *A. za* est caractérisé par des feuilles simples pendant une longue période (Photo 8C) et un long hypocotyle.



Photo 8 : Plantules d'*A. grandidieri* (A), d'*A. rubrostipa* (B) et d'*A. za* (C).

Ce premier stade de développement regroupe toutes les plantules non ramifiées (Photo 9). En général, leur taille est d'environ 30cm de hauteur.

Lorsque les graines de Renala germent, elles présentent, à la surface du sol, deux

cotylédons charnus et chlorophylliens parfois encore munis du reste de tégument de la graine (Photos 10 et 11). Ces cotylédons sont portés par un petit axe robuste appelé hypocotyle (Photo 10), terminé par un bourgeon apical.

Ce bourgeon apical va, ensuite, produire les feuilles et l'axe épicotyle (Photo 11 et figure 7) qui est l'axe principal considéré comme l'axe d'ordre 1 d'apparition (ou encore ordre de ramification) noté **A1**. C'est un axe dressé (axe orthotrope), mince, à structure monopodiale et à croissance indéfinie (Photo 12). Sa croissance secondaire est encore faible. Sa symétrie est radiale. Il ne porte pas de fleurs, ni de réitération. Les deux premières feuilles simples sont courtes, très minuscules et sans stipules. Celles qui viennent après sont de vraies feuilles simples avec des stipules (Photo 12 et figures 7 et 9). Vers le 7^{ème} nœud, elles deviennent composées palmées à trois folioles dont le limbe est à bord lisse. La phyllotaxie est alterne spiralée (photos 13 et 14, figure 8).

A l'aisselle des feuilles se trouve un bourgeon dormant (photo 16). Le bourgeon apical est nu (Photo 14), composé de quelques ébauches de feuilles recouvrant le méristème en saison de pluies et dans les pépinières et il est recouvert d'écaillles lors des saisons sèches (Figure 9).

Lorsque la plantule a quelques feuilles pour continuer sa croissance, les cotylédons vont tomber et laissent ainsi des cicatrices sur l'axe (Figure 8 et photo 15) et pour pouvoir survivre durant les périodes sèches, la jeune plante emmagasine déjà des réserves dans sa partie souterraine si bien que sa racine devient tubérisée (Photo 15).



Photo 9 : Plantules non ramifiées d'*A. grandidieri* dans la pépinière d'Andranomena.

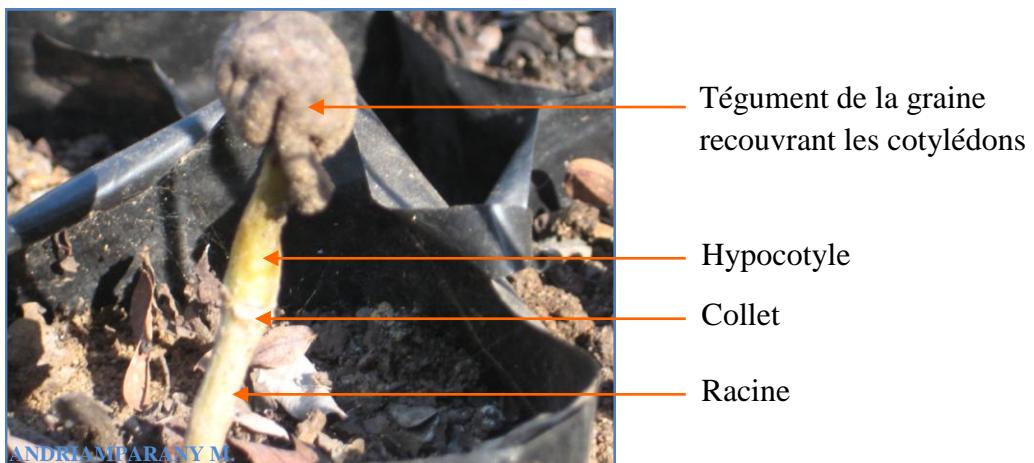


Photo 10 : Plantule d'*A. grandidieri* juste après sa germination.

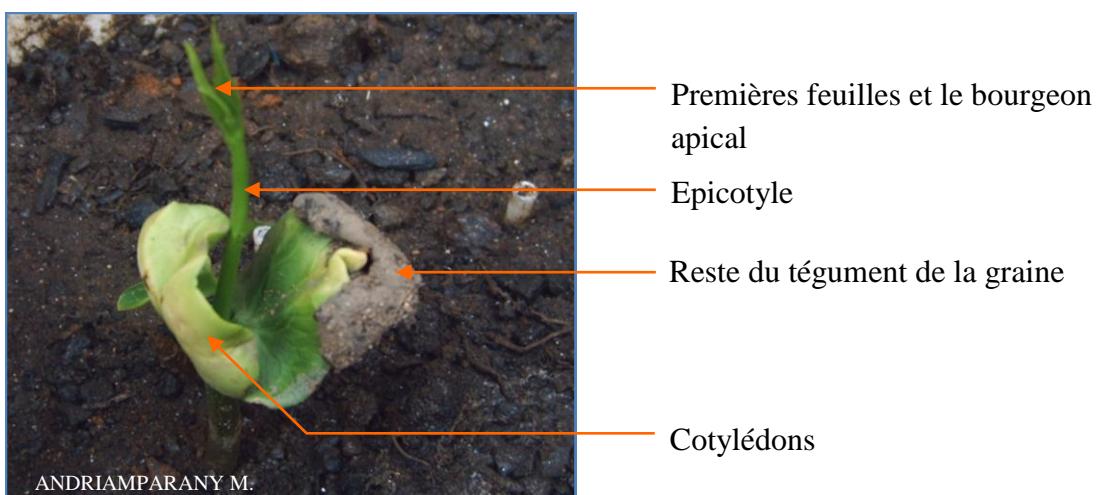


Photo 11 : Plantule d'*A. grandidieri* montrant les deux cotylédons et l'apparition des premières feuilles.

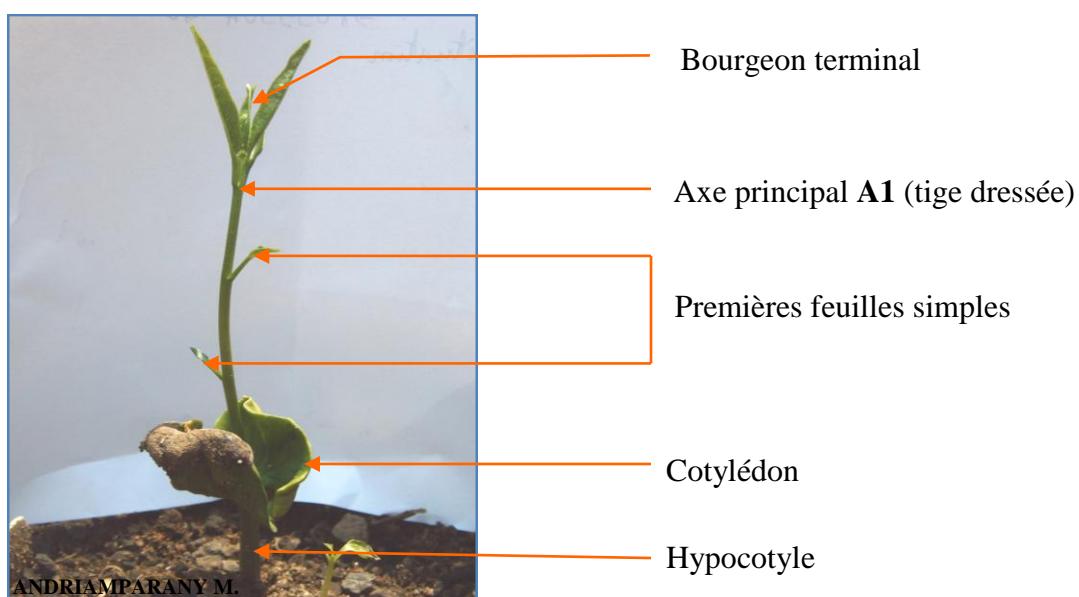


Photo 12 : Plantule d'*A. grandidieri* présentant des feuilles simples.

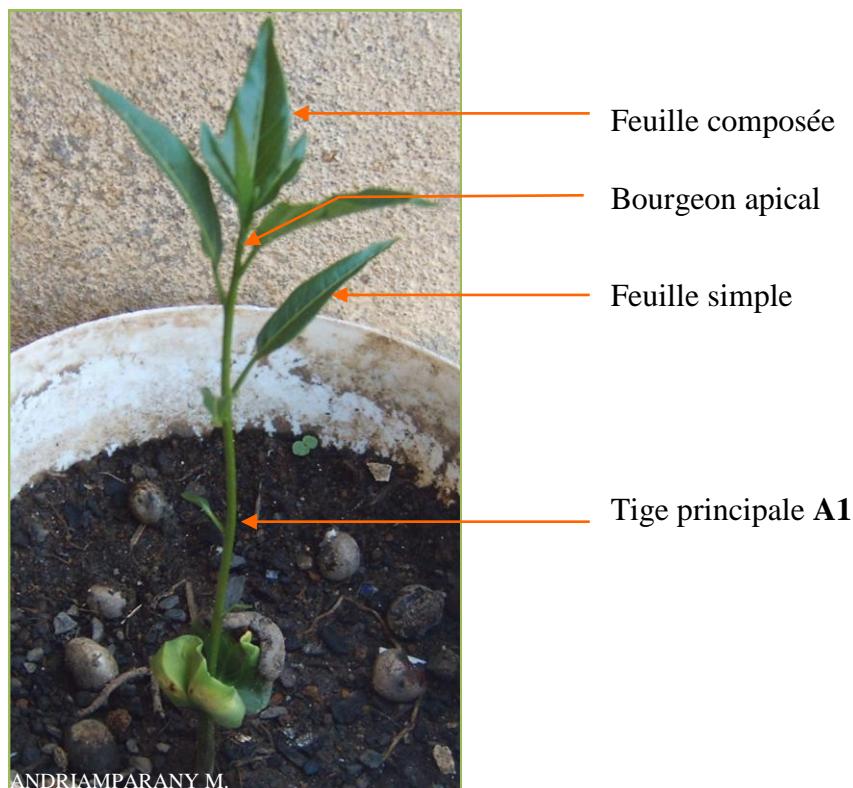


Photo 13 : Plantule avec la première feuille composée.

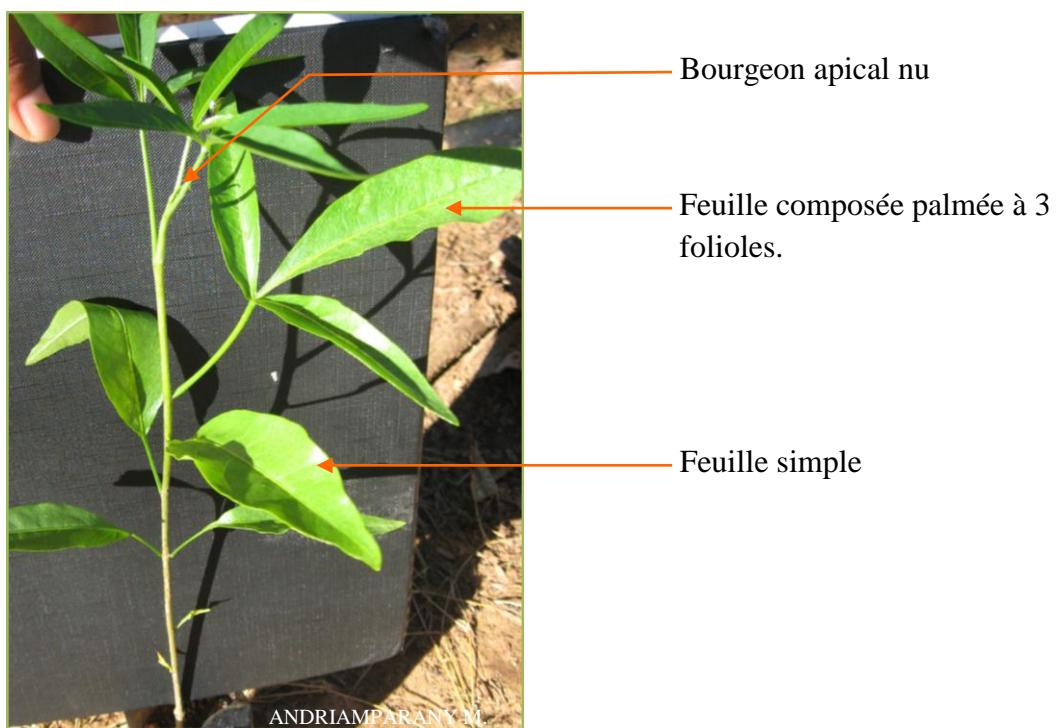


Photo 14 : Plantule avec feuilles simples suivies de feuilles composées.

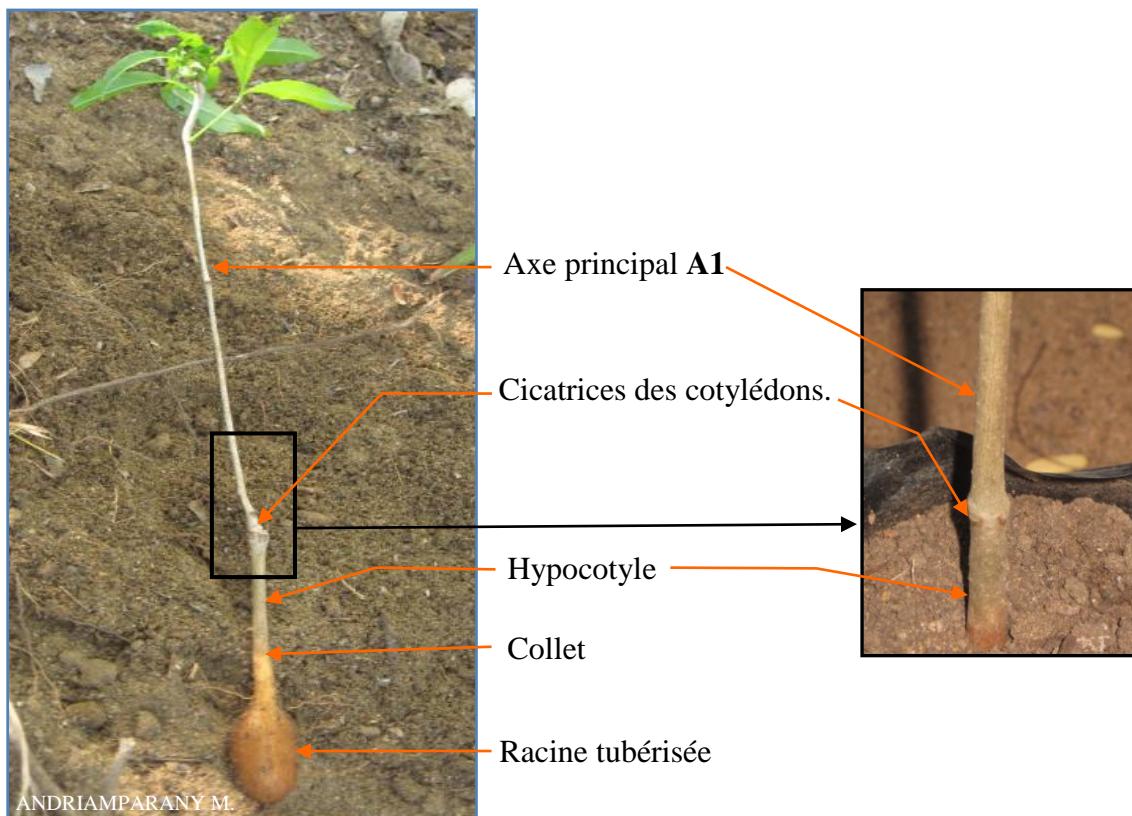


Photo 15 : Plantule non ramifiée montrant sa racine tubérisée et ses cicatrices des cotylédons

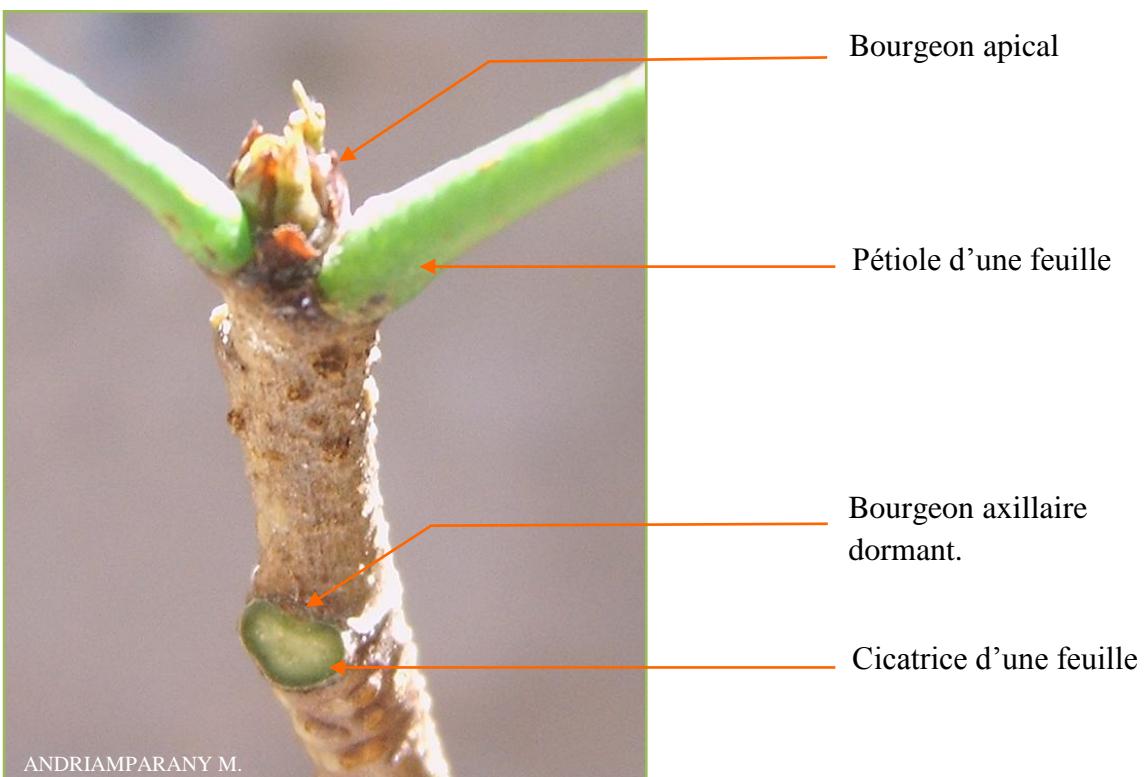


Photo 16 : Partie distale (sommet) de la plantule *d'A. grandiflora* (Photo prise vers la fin de la saison de pluies)

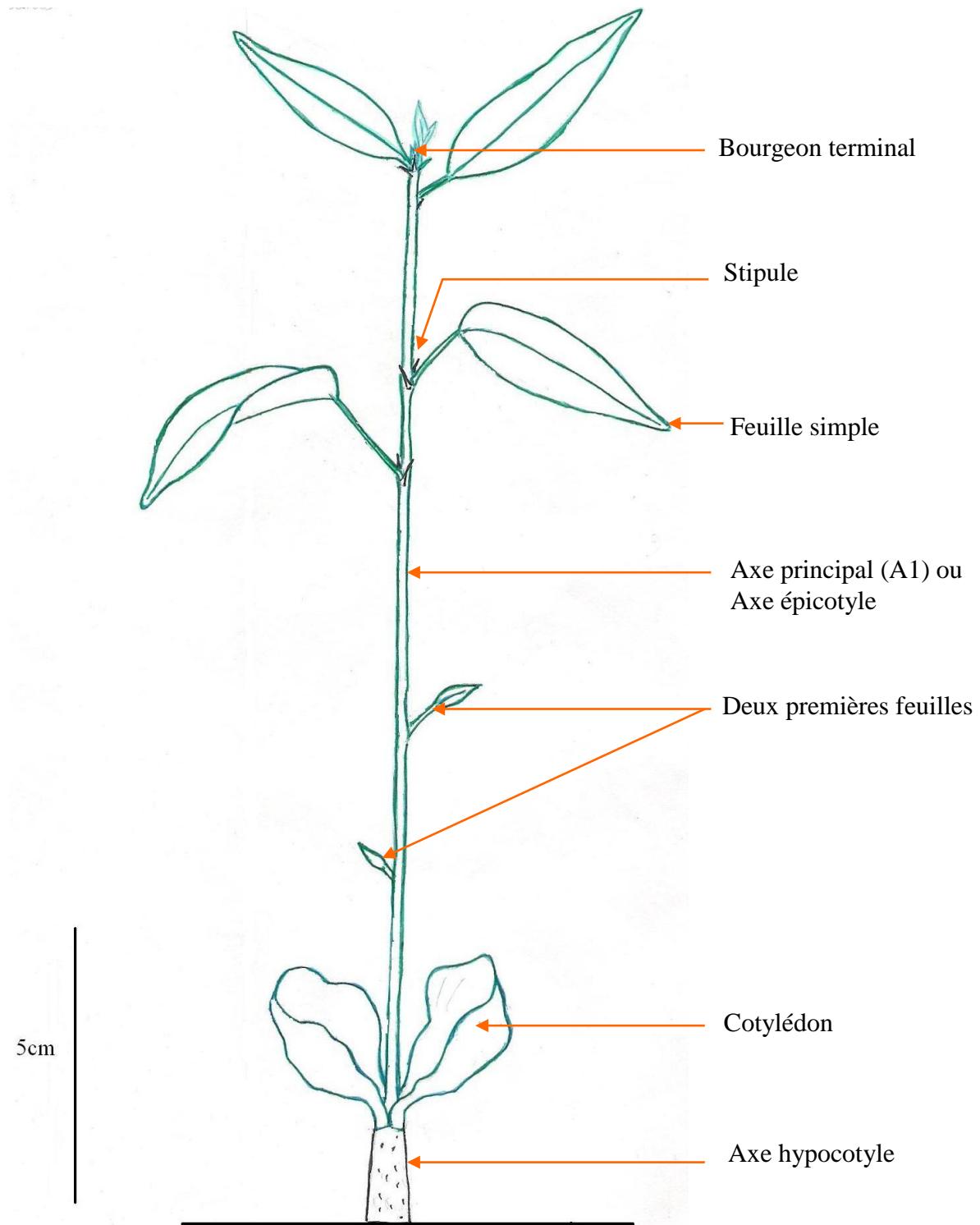


Figure 7 : Plantule non ramifiée avec des cotylédons et des feuilles simples.

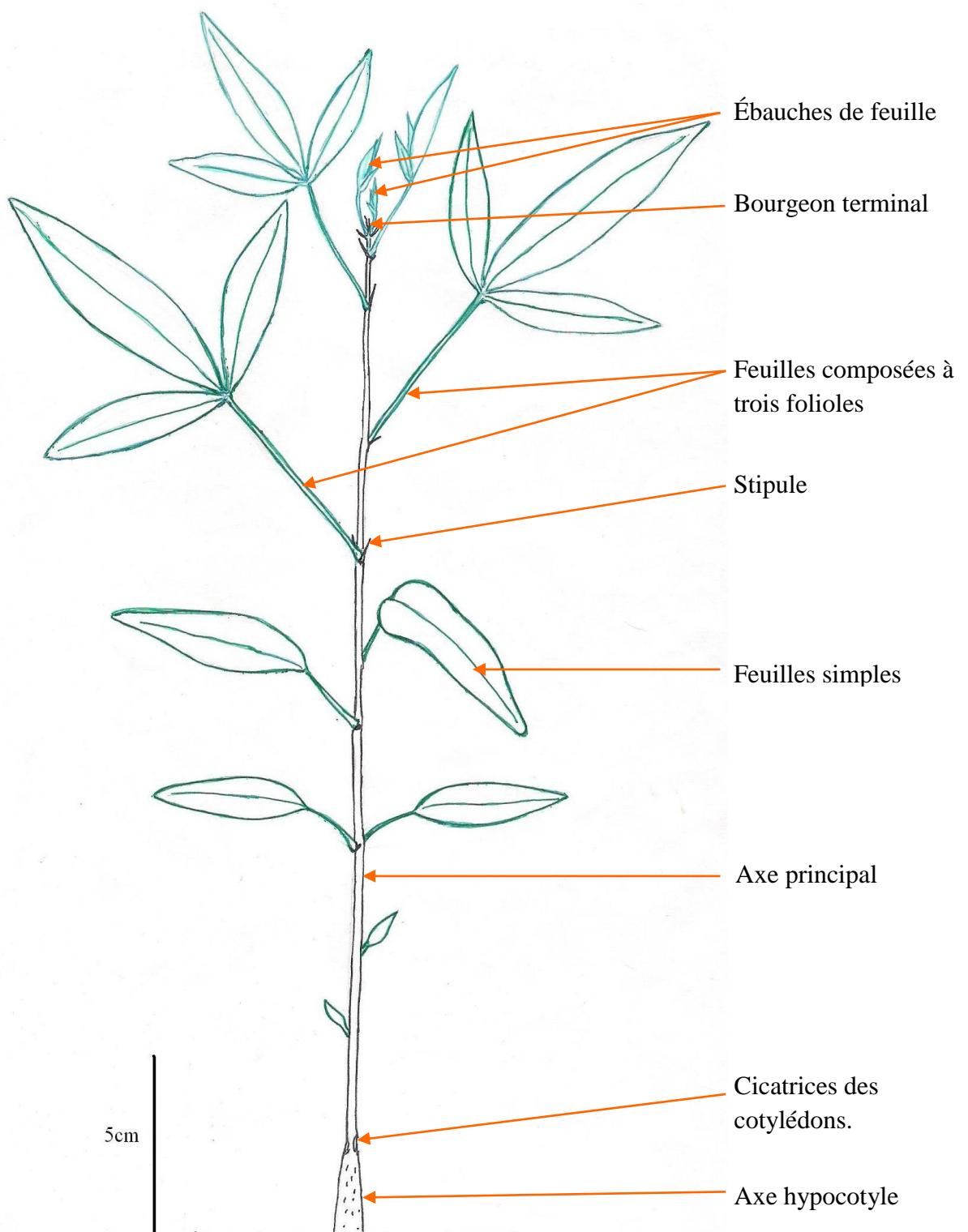


Figure 8 : Plantule non ramifiée montrant l'apparition des feuilles composées à trois folioles.

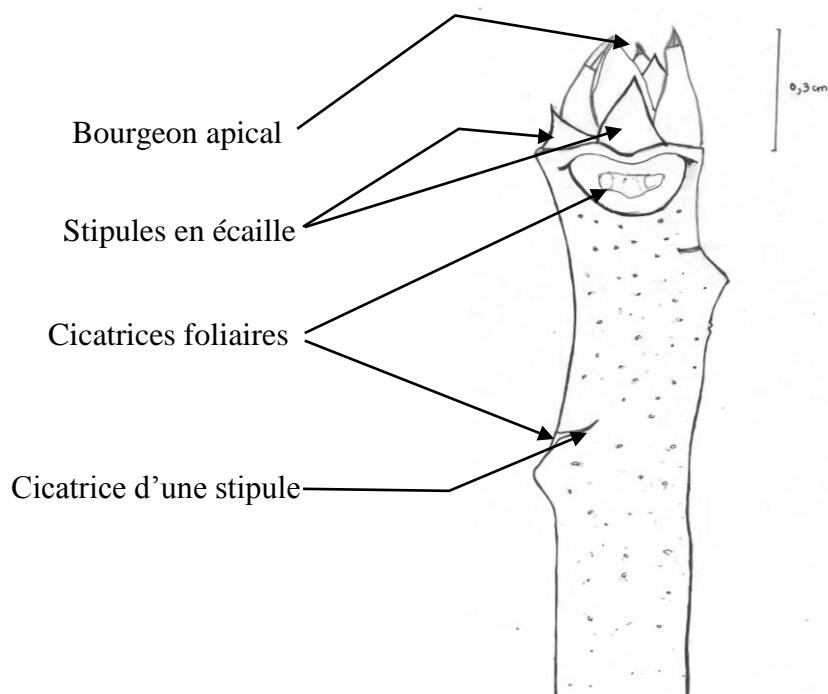


Figure 9 : Un bourgeon apical en écailles de la plantule.

© ANDRIAMPARANY M.

I.2- STADE 2 : Jeunes plantes avec les premières ramifications

Le 2^e stade de développement (Photos 17, 18 et 19 et figure 10) regroupe les jeunes baobabs avec l'apparition des premières ramifications ou axes d'ordre 2, appelées axes latéraux et notées A2. Ils ont une hauteur variant de 30 à 80 cm et 2 ordres de ramification dont :

1. Axe principal (A1) : monopode, orthotrope vertical, filiforme et à base élargie (l'axe hypocotyle s'épaissit). Sa croissance est indéfinie. Il a une symétrie radiale et une phyllotaxie spiralée (Figure 10). Les feuilles sont à trois folioles au début de la ramification (Photo 17) et ensuite à cinq folioles (photos 18 ,19 et 20). Il ne présente pas de fleurs, ni de réitération, mais il porte des axes latéraux (A2) à ramification immédiate et acrotone.
2. Axes latéraux (A2) : monopodes, orthotropes, non encore ramifiés et à défilement cylindrique (de forme cylindrique). Leur symétrie est radiale et la phyllotaxie est spiralée. Le nombre de folioles est égal à trois et ensuite cinq (Figure 10). Pas de fleurs, ni de réitération.

Les premières ramifications (A2) apparaissent de façon immédiate (sylleptique), généralement au niveau du 9^{ème}, 10^{ème} et 11^{ème} nœud de l'axe principal A1. Chaque axe latéral

(A2) présente un premier entrenœud long (hypopodium) (Photo 18).

Les bourgeons apicaux des axes sont identiques à ceux du premier stade, ils sont soit nus, composés de quelques ébauches de feuilles recouvrant le méristème en saison de pluies et dans les pépinières, ou soient des bourgeons en écailles en saison sèche.

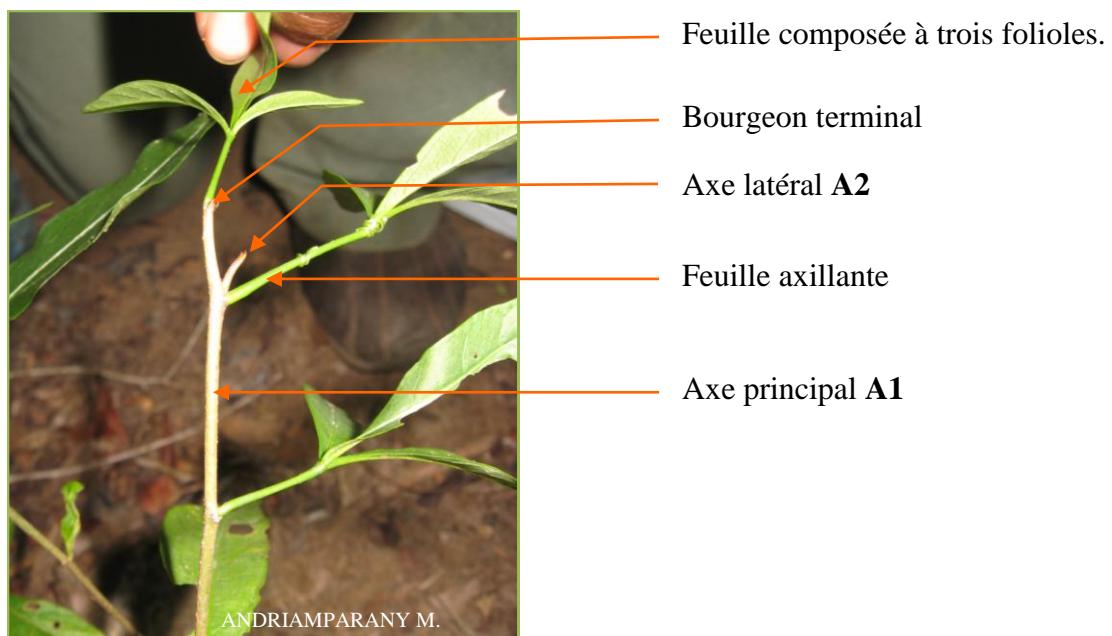


Photo 18 : Début de ramification de la plantule (30 cm de hauteur).

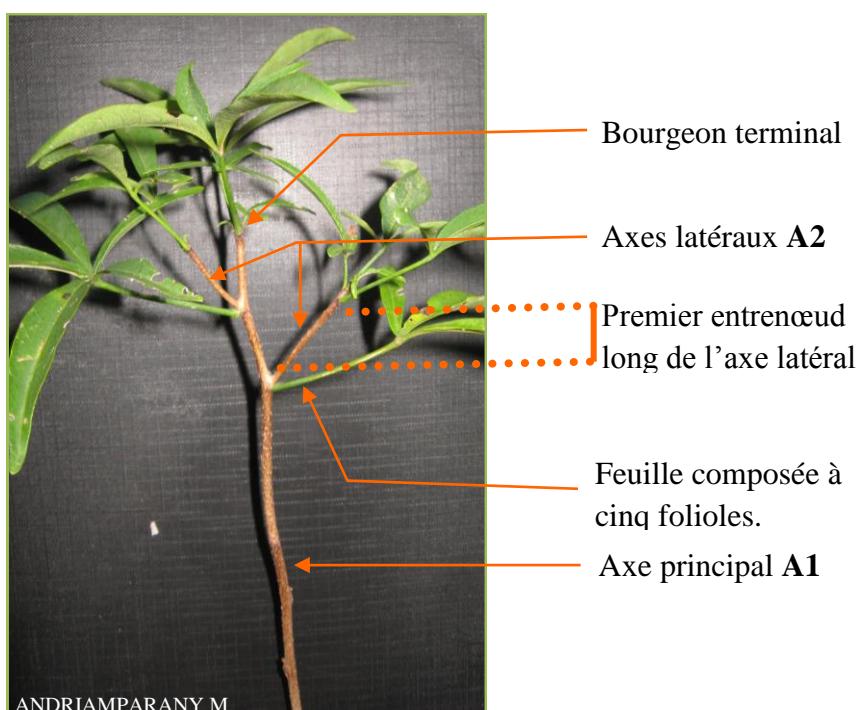


Photo 17 : Jeune *A. grandidieri* (43 cm de hauteur) et ses premières ramifications immédiates (A2) en cours de développement.

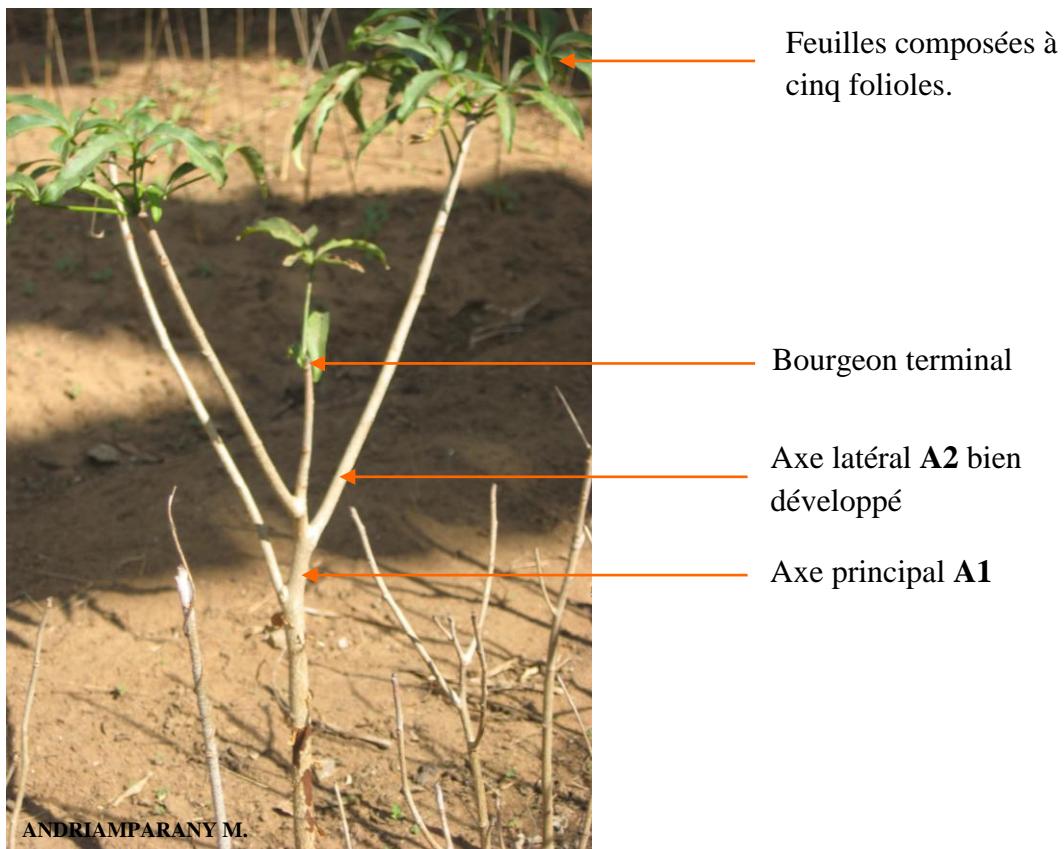


Photo 20 : Jeune *A. grandidieri* (80 cm de hauteur) à deux ordres d'axes montrant les axes A2 bien développés.



Photo 19 : Jeune *A. grandidieri* et ses feuilles composées à cinq folioles (vue d'en haut).

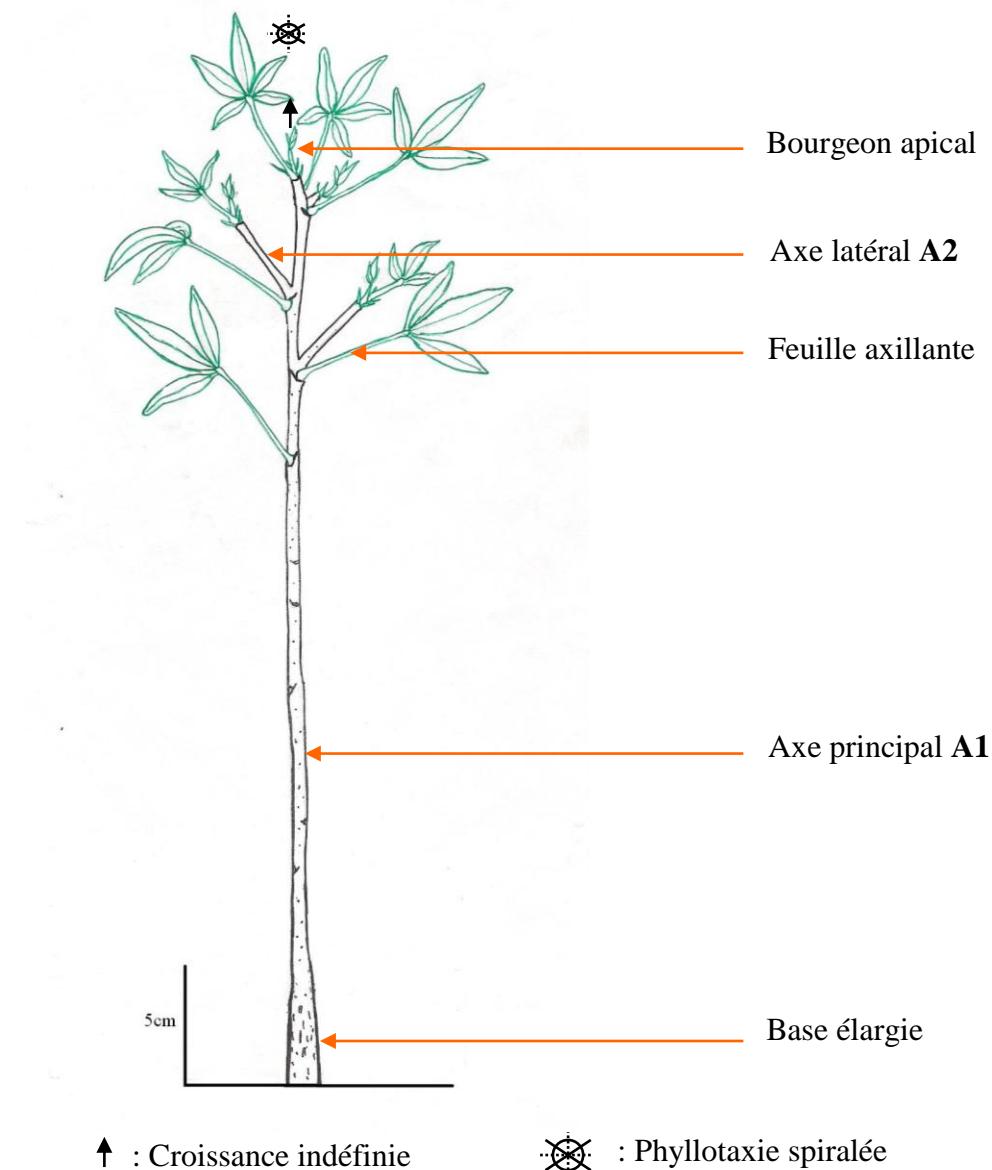


Figure 10 : Jeune *A. grandidieri* à son deuxième stade de développement

© ANDRIAMPARANY M.

I.3- STADE 3 : Jeunes plantes avec trois ordres d'axes

Ce stade correspond aux jeunes Renala ayant des axes d'ordre 1, 2 et 3 (Photos 21 et 23) qui sont A1, A2 et A3. Les caractères de chaque axe sont les suivants :

1. Axe principal (A1) : ayant les mêmes caractères qu'aux stades 1 et 2. La croissance est rythmique et l'axe présente des arrêts de croissance marqués par des cicatrices d'écailles (Photos 21D, 22 et figure 11). Sa ramification est rythmique (A2 sont en étages, au nombre de 2 ou 3 par étage), immédiate et acrotone (Photo 23).
2. Axes latéraux (A2) : monopodes, obliques, défilement cylindrique, à ramification immédiate,

mésotone, axes ramifiés (Photo 24). Même type d'arrêt de croissance que sur l'axe A1 marqué par la présence d'écaillles ou de leurs cicatrices (Photo 25). Symétrie radiale, phyllotaxie spiralée, le nombre de folioles varie de trois (parties proximales de A2) (Photo 21B), à cinq (parties distales de A2) (Photo 21C), pas de fleurs. Ils portent des axes latéraux (A3).

3. Axes latéraux (A3) : verticaux, à structure monopodiale, défilement cylindrique, non encore ramifiés. La symétrie est radiale et la phyllotaxie est spiralée et le nombre de folioles est égal à cinq (Photos 23 et 24).

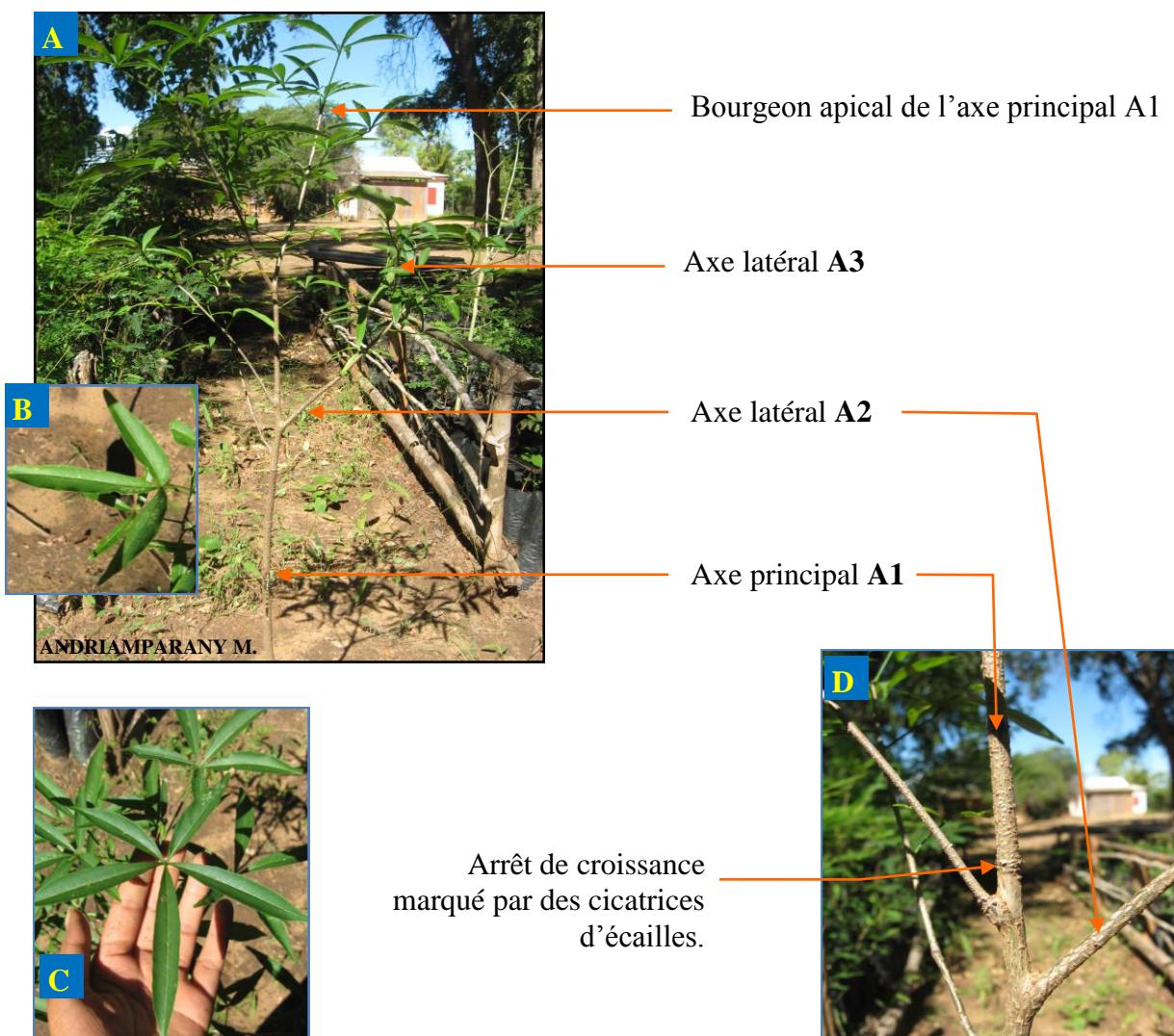
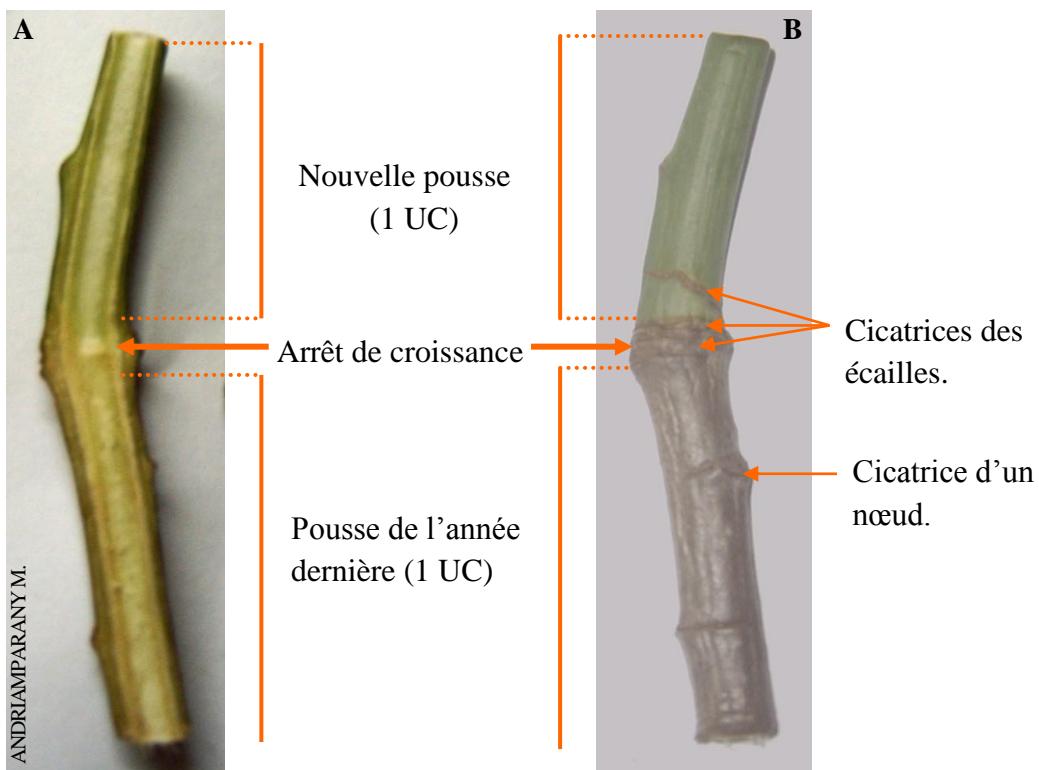


Photo 21 : Jeune arbuste à trois ordres d'axes au début de ramifications de A2 (A); feuille composée à 3 folioles (B), feuilles composées à 5 folioles (C); une partie de l'axe principal A1 montrant un arrêt de croissance (D).



UC : unité de croissance

Photo 22 : Portion de l'axe A1 face intérieure (A) et face extérieure (B). Un arrêt de croissance est marqué par la discontinuité de la moelle centrale de l'axe dans sa partie interne.

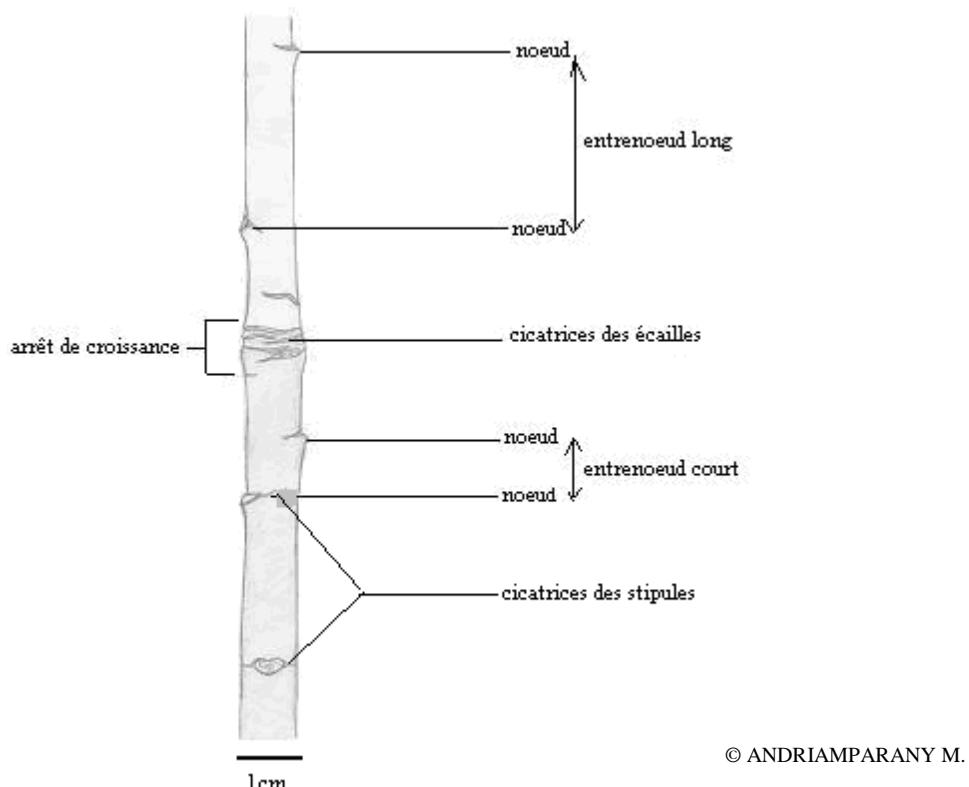


Figure 11 : Portion de l'axe principal A1. L'arrêt de croissance est précédé d'un raccourcissement des derniers entre noeuds et il est caractérisé par la présence des cicatrices des écailles.

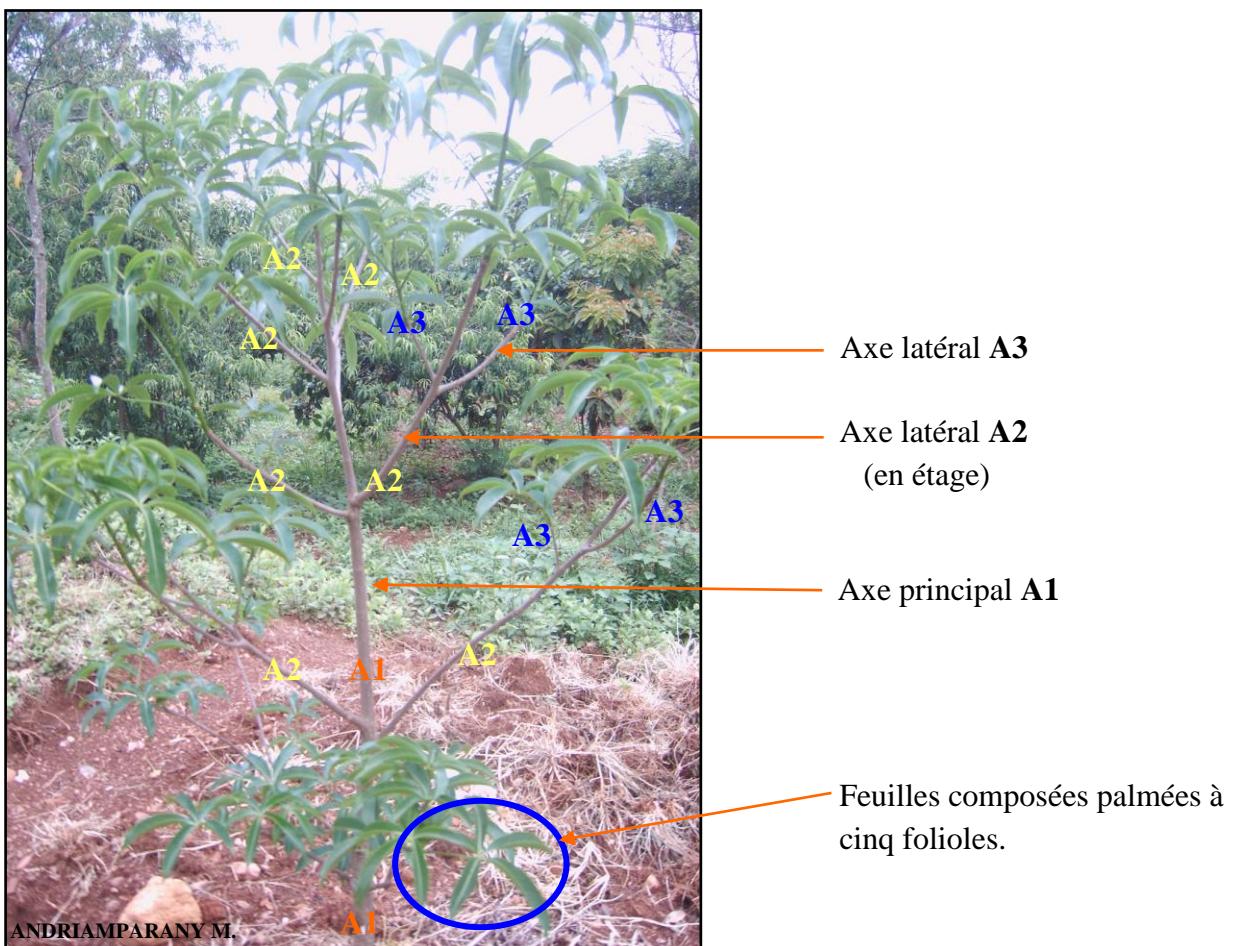


Photo 25 : Jeune arbuste au troisième stade de développement avec des axes A3 plus développés.

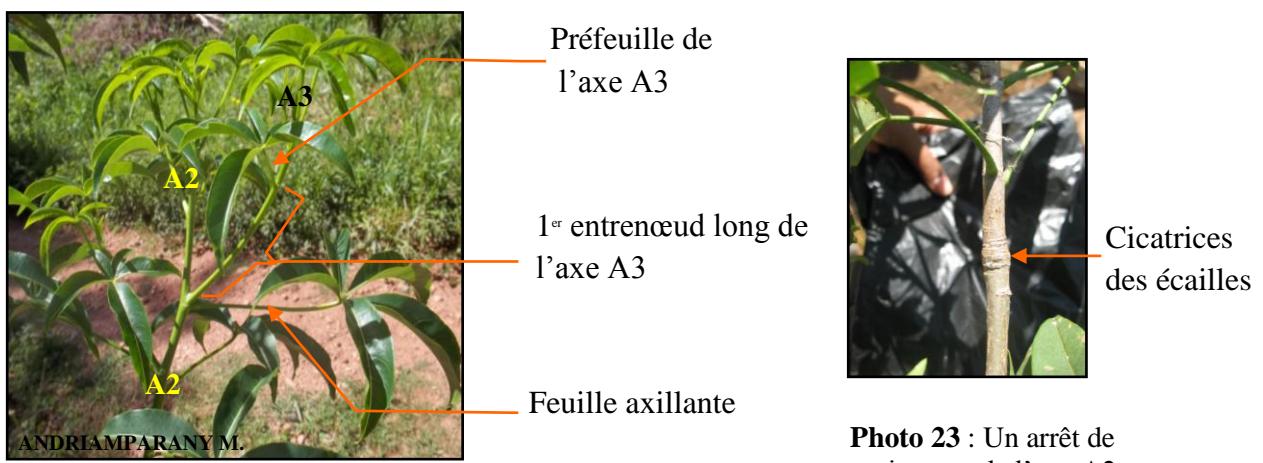


Photo 24 : Nouvelle pousse de l'axe A2 présentant une ramification immédiate caractérisée par un 1^{er} entrenœud long appelé hypopodium.

Photo 23 : Un arrêt de croissance de l'axe A2.

I.4- STADE 4 : Plante à quatre ordres d'axes

Il s'agit des arbustes avec 4 ordres d'axes et une hauteur variant de 1m 20 à 2m (Photo 26 et figure 12). Les caractères de chaque axe sont comme suit :

1. Axe principal (A1) : Mêmes caractères qu'aux stades 1, 2 et 3. Cet axe commence à prendre une forme conique (sommet effilé et base élargie) (Photo 26) et porte des axes latéraux (A2) au nombre de 3 par unité de croissance (Figure 12). Sa ramification est rythmique (les branches A2 sont disposées par étages), immédiate et acrotone (figure 12). Il ne porte pas de fleurs, ni de réitération. Les feuilles sont à cinq folioles et également chez les autres axes (Photo 27).
2. Axes latéraux (A2) : Leur structure est monopodiale et leur croissance est rythmique. Les arrêts de croissance sont marqués par la présence d'écaillles ou de leurs cicatrices (Photo 28 et figure 13). Ces axes sont obliques tout au long du tronc (Photo 26 et figure 12). La phyllotaxie est toujours spiralée et la symétrie est radiale chez les branches hautes (Figure 13A); par contre, la symétrie des branches moyennes et des branches basses tend à devenir bilatérale (figures 13 B et C). Ils ne portent pas de fleurs mais portent des axes latéraux (A3) à ramification immédiate et basitone ou mésotone au nombre de 1-3 par unité de croissance (Figure 13).
3. Axes latéraux (A3) : à croissance monopodiale et rythmique et de directions oblique et horizontale. Les arrêts de croissance sont du même type que chez les axes A2. Phyllotaxie spiralée, symétrie radiale, pas de fleurs. Portent des axes latéraux (A4) à ramification immédiate et mésotone au nombre de 1-3 par unité de croissance (Figures 13B et 13C).
4. Axes latéraux (A4) : monopodes, rythmiques, obliques, non encore ramifiés. Arrêts de croissance même type que chez les autres axes. Phyllotaxie spiralée, symétrie radiale, pas de fleurs (Figure 13C).



Photo 26 : Jeune *A. grandidieri* au quatrième stade de son développement.



Photo 27 : Feuilles composées palmées à 5 folioles.

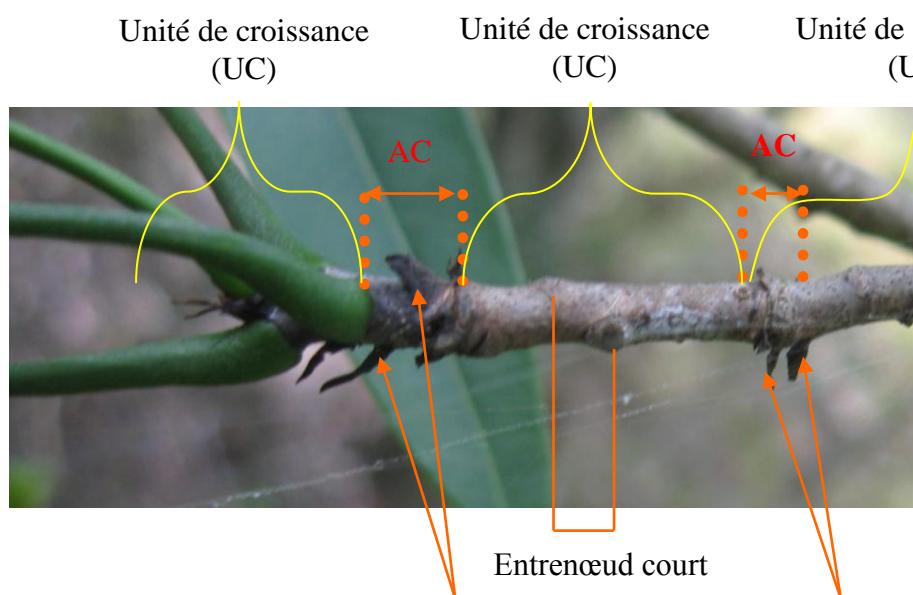


Photo 28 : Exemple d'arrêts de croissance (AC) avec des écailles.

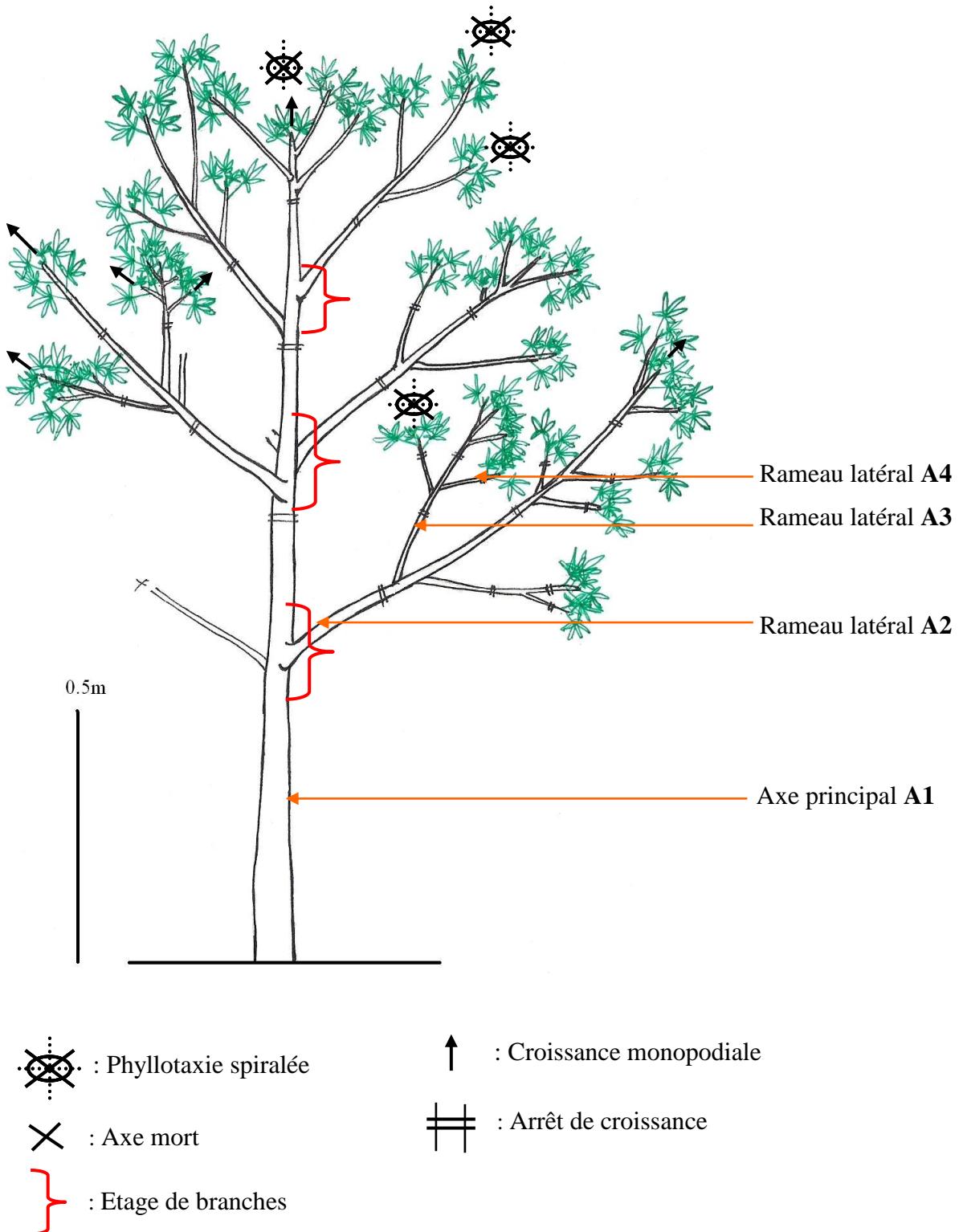


Figure 12 : Jeune arbuste à 4 ordres de ramification.

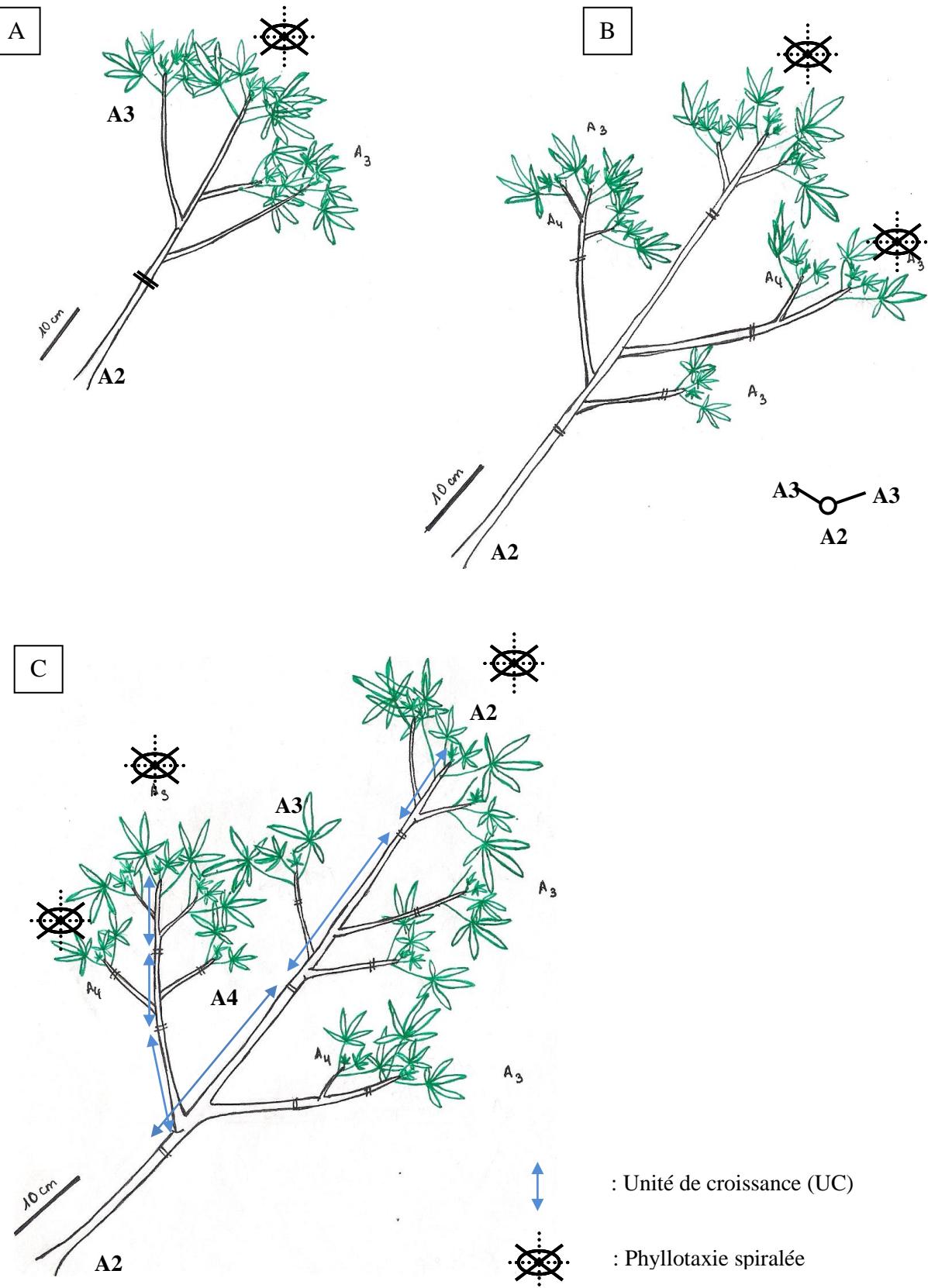


Figure 13 : Les branches : branche haute (A), branche moyenne (B) et branche basse (C). Les branches basses portent beaucoup plus de rameaux que les autres branches et la direction des axes A3 devient plus ou moins horizontale. La branche haute garde une symétrie radiale et une phyllotaxie spiralée alors que la symétrie est bilatérale chez les branches basses bien que leur phyllotaxie soit toujours spiralée.

I.5- STADE 5 : Plante à cinq ordres de ramification

Ce stade correspond aux jeunes Renala ayant plus de 2m de hauteur, présentant 5 ordres de ramification :

1. Axe principal (A1) : Mêmes caractères qu'aux stades précédents. Sa morphologie est conique et il porte parfois quelques réitérations latérales immédiates à part les branches (Figure 14). Les feuilles sont à 7 folioles (Photo 30B). Au fur et à mesure que la plante grandisse, les unités de croissance ne sont plus visibles surtout dans la partie proximale de cet axe, seules les cicatrices des branches y sont visibles après leur chute. Le nombre de branches par étage varie de 3 à 6 (Figure 14).
2. Axes latéraux (A2) : monopodes, plagiotropes et à croissance rythmique. Leur direction varie de l'oblique à l'horizontale au cours de la croissance de l'arbre. Quand l'arbre est encore très jeune, ces axes A2 sont tous obliques (Photo 23). Ils s'affaissent au cours du temps et ceux qui se trouvent dans la partie proximale du tronc sont les premiers à devenir horizontal (Photo 29C) mais ceux qui se trouvent dans la partie distale (plus précisément à l'extrémité) restent obliques (Photo 29A). A un certain moment, ils deviennent tous horizontaux (Photos 29B et 36). Leur forme est conique, leur croissance secondaire est forte (croissance en épaisseur plus importante) et l'arrêt de croissance est toujours marqué par la présence des écailles ou de leurs cicatrices. La phyllotaxie demeure spiralée (Figure 15) mais la symétrie est devenue bilatérale (figures 14, 15 et 16). Les folioles de chaque feuille sont au nombre de 5 à 7 (Photo 30). Ces axes A2 portent 3 à 5 axes latéraux (A3) longs et courts par unité de croissance, à ramification immédiate et acrotone, ou mésotone, ou basitone (Figures 15A, 15B et 16).

3. Axes latéraux (A3) :

-*Axes courts* (A3) : monopodes, orthotropes (vertical et oblique) à croissance rythmique, en forme cylindrique, même type d'arrêt de croissance que chez A2. Ce sont des axes non ramifiés à symétrie radiale et à phyllotaxie spiralée (Figures 15B et 16). Ils portent des fleurs terminales lorsque les jeunes arbres sont matures (Photos 36 et 38). Ce sont des axes à développement lent car les entreœuds sont très rapprochés et que les unités de croissance sont courtes (Figures 15B et 16).

-*Axes longs* (A3) : monopodes, horizontaux /obliques, à croissance rythmique et en forme légèrement conique (Figure 16). Même type d'arrêt de croissance que chez A2.

Axes ramifiés portant des axes latéraux longs et courts (A4) à ramifications immédiates. Phyllotaxie spiralée, symétrie bilatérale, pas de fleurs. Deux types d'axes sont portés par les axes A3.

4. Axes latéraux longs et courts (A4) :

-*Axes courts* (A4) : Mêmes caractères que les axes courts (A3) (Figures 15B et 16).

-*Axes longs* (A4) : Ce sont des axes ramifiés mais ne portent que des axes courts (A5). Les axes (A4) longs sont à croissance monopodiale et rythmique, de direction horizontale et oblique et une forme conique. Ils présentent le même type d'arrêt de croissance que chez les autres axes. Leur phyllotaxie est spiralée et la symétrie est bilatérale.

5. Axes latéraux (A5) : Mêmes caractères que les axes courts de A3 ou de A4 (Figure 16).

D'autres phénomènes se produisent au cours de ce stade tels que :

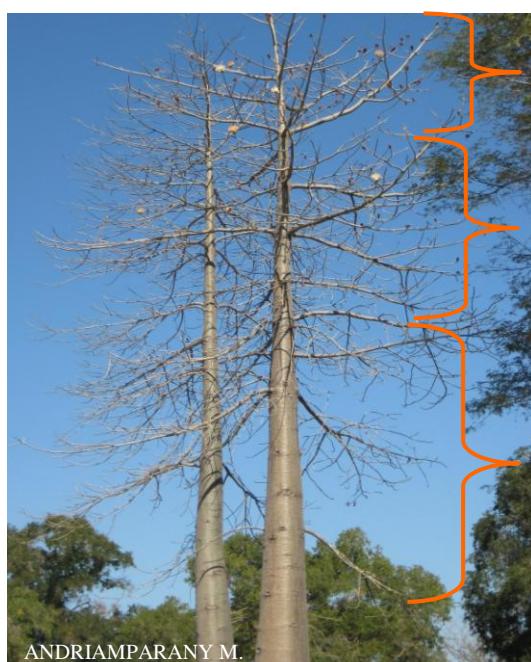
- L'élagage naturel des branches : Les axes A2 (horizontaux) situés dans la partie proximale du tronc (à sa base) commencent à vieillir et se dirige vers le bas ou non, puis meurent et finissent par tomber (Photos 31 et 32A). Il ne reste plus que les cicatrices laissées par les branches (Photo 35B).
- La floraison (ANNEXE II) : Les premières floraisons n'ont lieu que lorsque les arbres sont aptes à fleurir (en phase de maturité sexuelle). Elles s'observent surtout chez les jeunes arbres à partir de 8m de haut et presque toutes les branches (à l'exception des branches hautes) sont horizontales tout au long du tronc (Photo 33). Au moment de la floraison, les bourgeons apicaux des axes courts donnent naissance à des fleurs terminales et dressées. En général, les fleurs sont solitaires (Photos 34A et 35) mais lorsque la plante vieillit, elles peuvent être 2 ou 3 sur un même axe (Photo 34B). Chaque fleur a un pédicelle et un pédoncule courts avec 2 bractéoles très caduques à la base de la fleur (Photo 35). A ce stade, toutes les catégories d'axes sont formées (Photo 38) et l'unité architecturale est exprimée (Photo 39 et figure 19).
- La réitération : la plante répète sa propre architecture totalement ou partiellement (figure 14, photo 32 A). Voir aussi ANNEXE IV.



Photo 29 : Direction des axes A2 sur l'axe A1 (tronc) chez un jeune *A. grandidieri*. (A) partie distale de l'axe A1 produisant des axes A2 obliques, (B) partie médiane où les axes A2 sont horizontaux et (C) partie proximale, ici, les axes A2 prennent une direction vers le bas (début de l'élagage naturel).



Photo 30 : Feuilles d'*A. grandiflora* au stade 5. (A) feuilles composées palmées à 5 folioles et (B) à 7 folioles.



Branches hautes (jeunes axes obliques ou dressés)

Branches moyennes (axes horizontaux, anciens par rapport aux axes du sommet)

Branches basses (axes se dirigeant vers le bas, en voie de s'ébrancher et les plus anciens des axes A2)



Photo 32 : Tronc d'un arbre d'*A. grandiflora* montrant (A) branches basses âgées en voie de s'élaguer avec de petites réitérations partielles et (B) cicatrices laissées par les branches sur l'écorce de l'arbre.



Photo 33 : Jeune arbre d'*A. grandiflora* et sa première floraison.

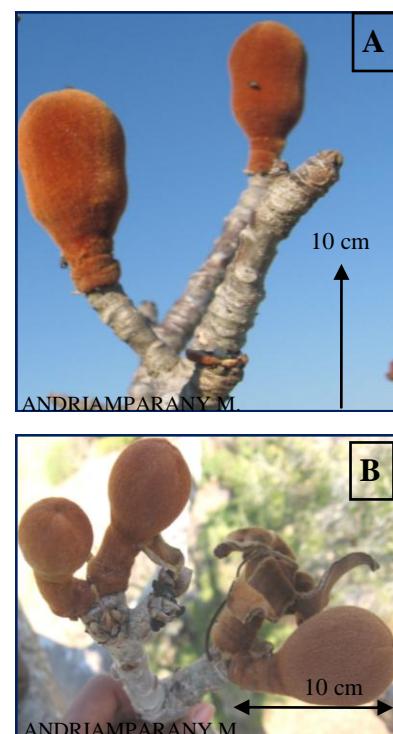


Photo 34 : Boutons floraux d'*A. grandiflora* (A) chez les jeunes arbres : 1 fleur par axe court, (B) chez les adultes : 2 à 3 fleurs par axe court.

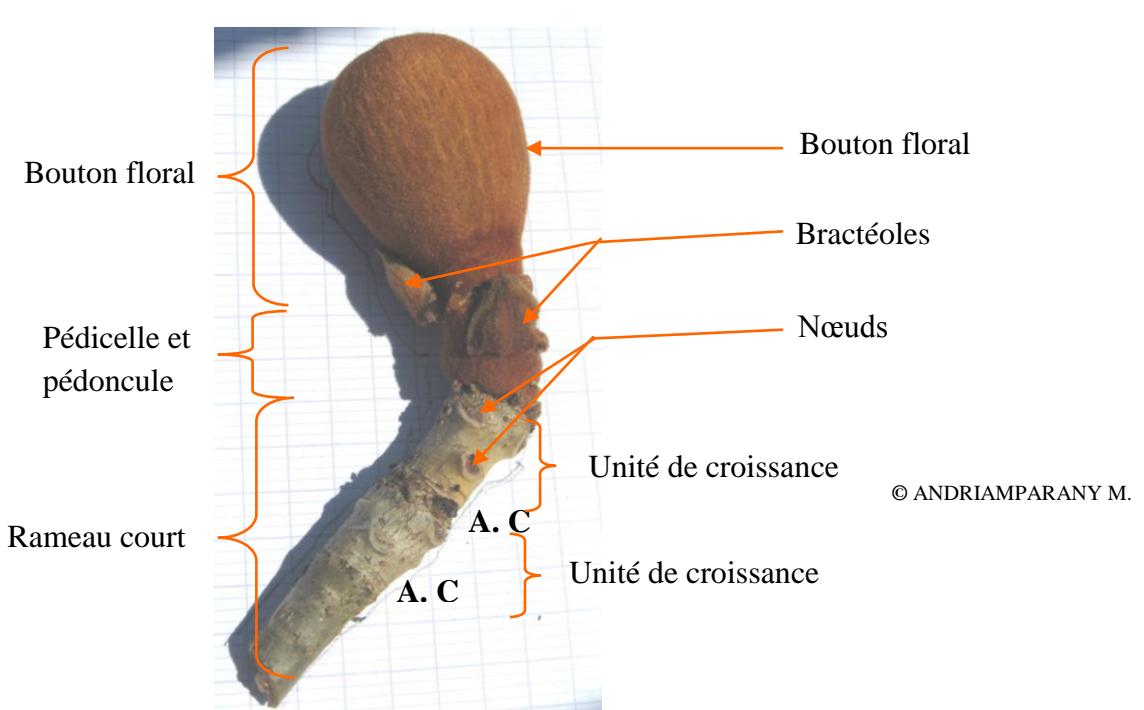
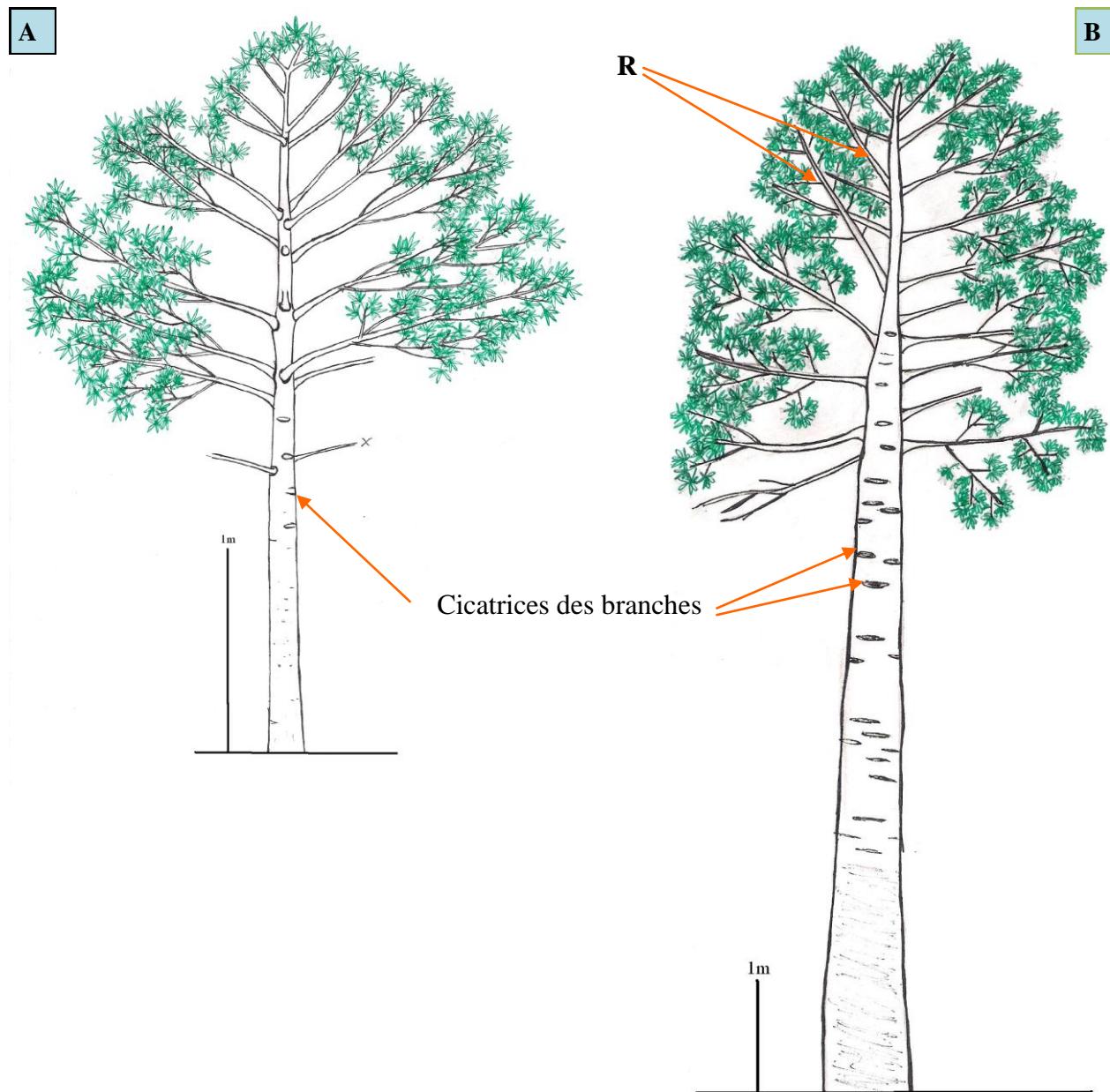
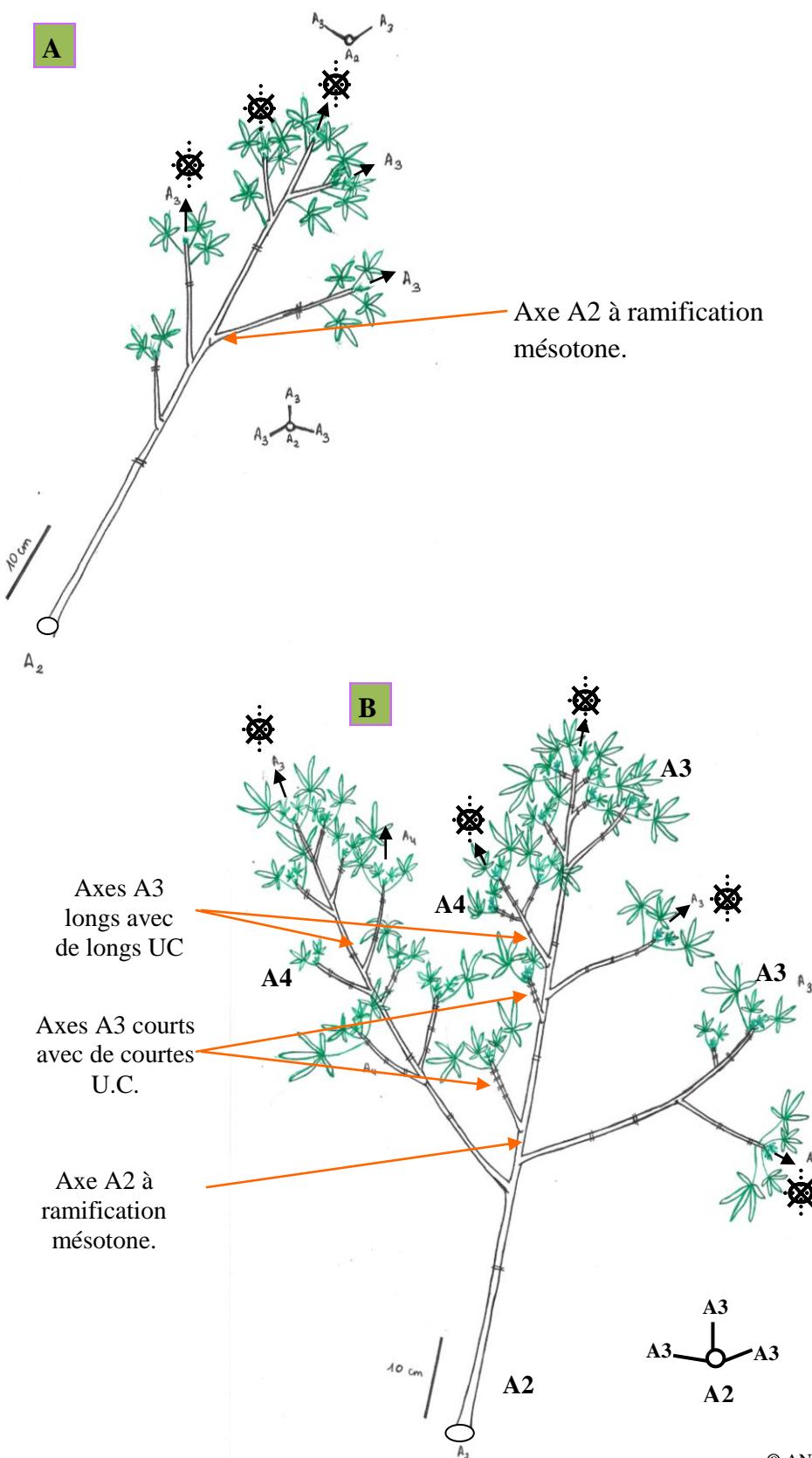


Photo 35 : Fleur avec son axe porteur (rameau court).
A. C : Arrêt de croissance



© ANDRIAMPARANY M.

Figure 14 : Jeunes arbres d'*A. grandidieri* au stade 5 montrant l'évolution de la direction des branches au niveau du tronc. (A) les branches sont plus ou moins obliques, (B) le tronc porte des branches presque horizontales et quelques réitérations. R : réitération. Seules les cicatrices des branches récemment élaguées sont visibles sur l'écorce mais les unités de croissance n'y sont plus.



© ANDRIAMPARANY M.

Figure 15 : Axes latéraux d'*A. grandidieri* au stade 5. (A) Branche haute qui ne porte que l'axe A3, (B) Branche moyenne portant des axes (A3) et (A4).

UC : unité de croissance.

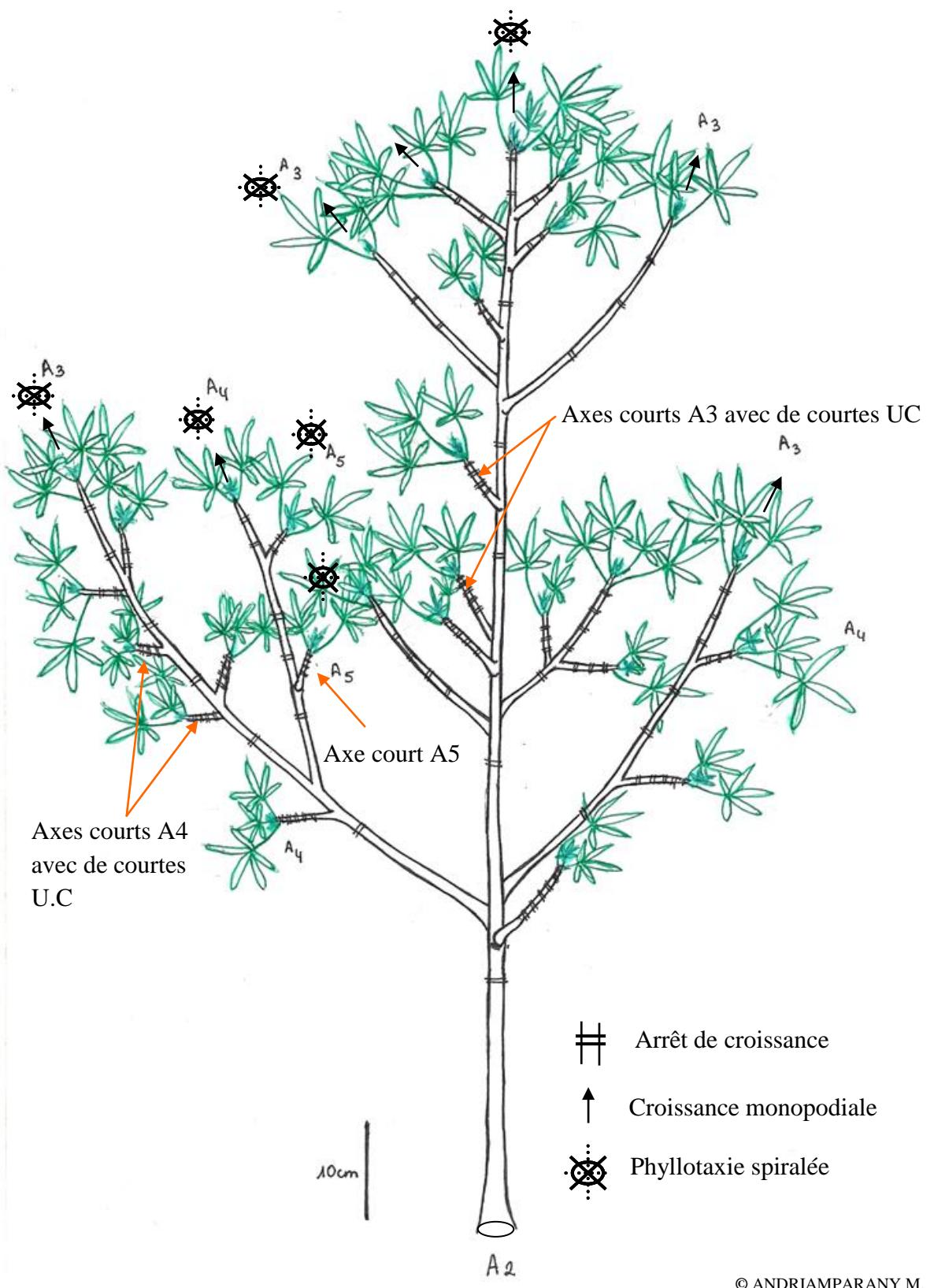


Figure 16 : Branche basse portant beaucoup plus de rameaux que les branches moyennes.

UC : unité de croissance.

II- Analyse architecturale

II.1-Modèle Architectural

Au cours du stade jeune, le modèle architectural d'*A. grandidieri* n'est pas encore bien défini. Le tronc et les branches ont un même mode de croissance et en plus, les fleurs ne sont pas encore apparues. En fait, tous les deux sont des axes dressés, monopodiaux et s'accroissent de façon rythmique (Photo 36). Jusque là, les jeunes Renala ressemblent plus au modèle de Rauh (figure 17). Mais, au fil du temps, un second arrangement des branches va avoir lieu, elles vont devenir horizontales en présentant une symétrie bilatérale mais les feuilles sont toujours à phyllotaxie spiralée. Celles qui s'affaissent en premier sont les branches basses et suivies des branches moyennes. Arrivée au stade de maturité, où la floraison commence à s'exprimer, la jeune plante présente un tronc monopodial et orthotrope à croissance rythmique et des branches monopodiales et plagiotropes formant des étages sur le tronc (Photo 37). Ces traits morphologiques sont caractéristiques du modèle de Massart. A ce stade, le modèle architectural du Renala correspond donc à celui de Massart (figure 18).



Photo 36 : Un jeune arbuste d'*A. grandidieri*.

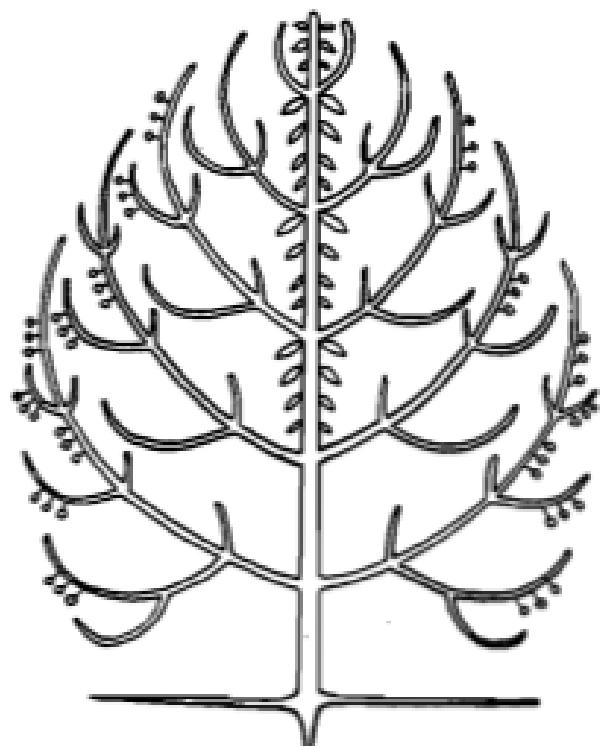


Figure 17 : Modèle de Rauh



Photo 37 : Un jeune arbre d'*A. grandidieri* à maturité.

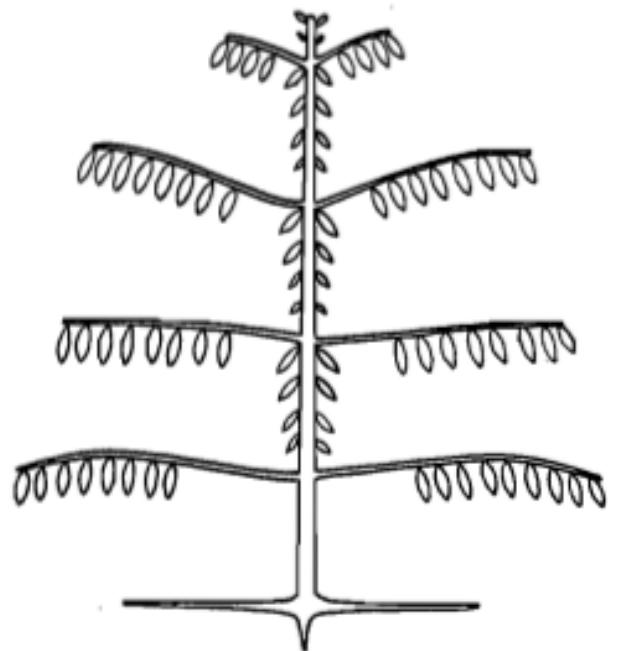


Figure 18: Modèle de Massart.

II.2-Catégorisation des axes

Après avoir décrit tous les stades de développement, les points communs et les éléments distinctifs entre les axes ont été relevés afin de les classer par catégorie.

Tous les axes ont certains points communs à savoir :

- Structure monopodiale
- Croissance rythmique (arrêt de croissance marqué par des écailles ou de leurs cicatrices.)
- Feuilles composées palmées, à phyllotaxie alterne spiralee

Le classement des axes a été fait selon les points suivants :

- Différenciation des axes
- Leur durée de vie
- Taille des axes
- Leur fonction
- Forme des axes et autres points distinctifs.

Ainsi, cinq catégories d'axes ont été trouvées (Photo 38 et figure 19), ce sont :

*Catégorie 1 : **TRONC (C1)***

Axe orthotrope vertical, à croissance indéfinie. C'est la seule catégorie d'axe qui a la plus grande taille et c'est le support de tous les autres axes qui constituent la plante. Son défilement est variable au cours de sa croissance : très effilé (plantule) - conique (stade juvénile et stade au moment d'apparition des fleurs) -cylindrique (adulte). C'est l'axe du premier ordre noté A1.

*Catégorie 2 : **BRANCHES (C2)***

Ce sont les axes plagiotropes portés par le tronc (ils sont donc des axes d'ordre 2) et se ramifient de façon rythmique et immédiate. Elles ont une durée de vie plus longue par rapport aux axes qu'elles portent. C'est la 2^e catégorie d'axe qui a une grande taille après le tronc. Elles portent les rameaux (C3) - les ramilles (C4) - les rameaux courts (C5). Elles ont un défilement conique.

*Catégorie 3 : **RAMEAUX (C3)***

Ce sont des axes portés par les branches. Axes horizontaux, ayant une durée de vie plus courte que celle de branches, de taille plus petite que les branches mais plus développée que les autres axes qu'ils portent. Ils portent les ramilles et les rameaux courts et ont un défilement conique.

*Catégorie 4 : **RAMILLES (C4)***

Ce sont des axes portés par les rameaux et aussi par les branches. Axes obliques ou horizontaux, une durée de vie plus courte que celle de rameaux et de taille plus petite que les rameaux. Ils ne portent que les rameaux courts et ont un défilement cylindrique. Cette catégorie d'axe pourrait se transformer, par la suite, en un rameau court portant une fleur terminale.

*Catégorie 5 : **RAMEAUX COURTS (C5)***

Ce sont des axes portés par les ramilles et pouvant être aussi portés par les branches et par les rameaux. Ils peuvent être d'ordres 3, 4 et 5. Ils sont orthotropes, à croissance lente et ont une forme cylindrique. C'est la seule catégorie d'axe qui n'est pas ramifiée (ne porte pas d'autres catégories d'axes que lui-même après la floraison). Ce sont des axes reproducteurs (ANNEXE III) car ils ne portent que des fleurs produites par les bourgeons floraux à leur extrémité. Les rameaux courts ont une croissance sympodiale à mesure que l'arbre entre dans le stade adulte.

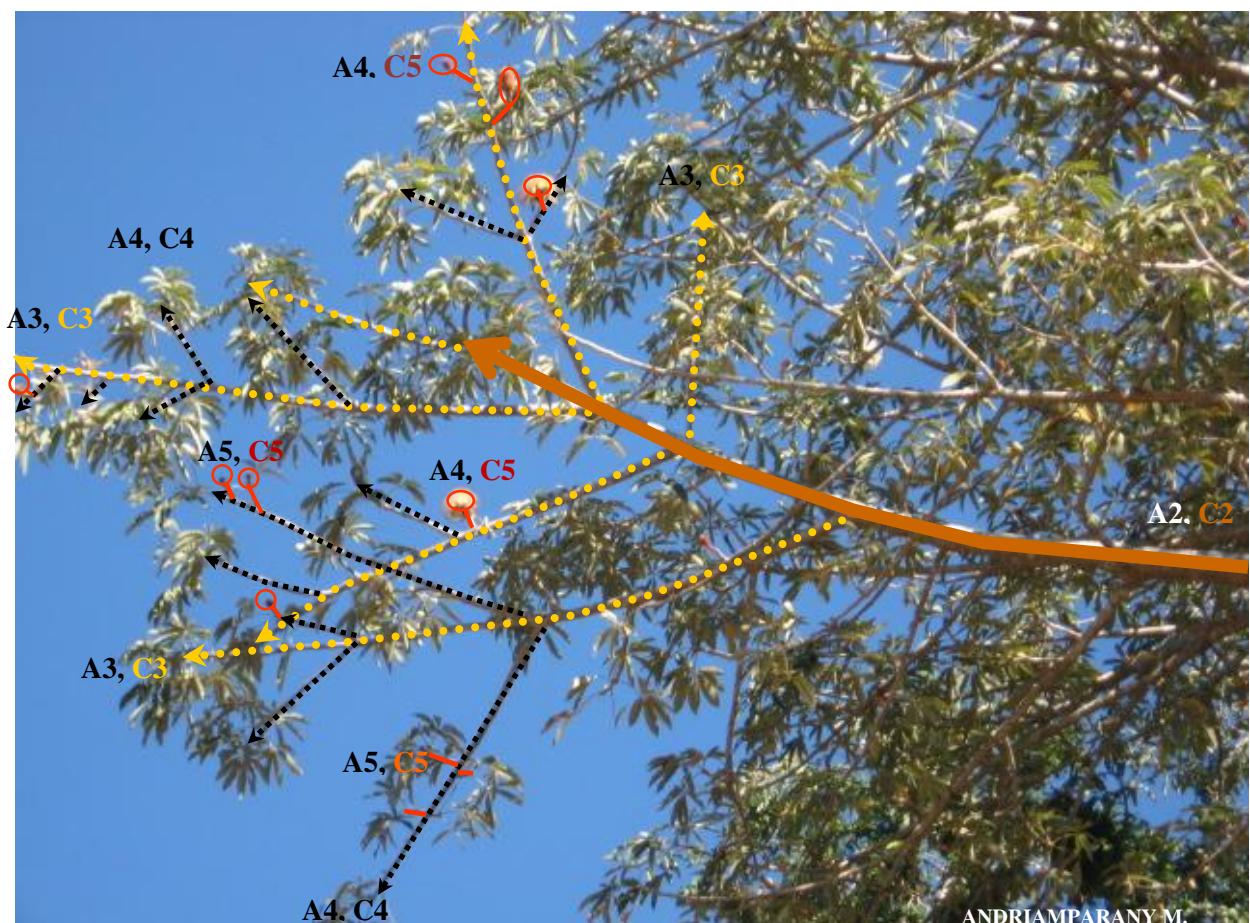


Photo 38 : Hiérarchie des axes et leurs catégories (le tronc C1 n'est pas représenté).

A1, A2, A3, A4 et A5 sont les ordres de ramifications des axes. C1 (tronc), C2 (branches), C3 (rameaux), C4 (ramilles) et C5 (rameaux courts) sont les catégories d'axes. Par définition, l'axe principal (le tronc, C1) est appelé axe d'ordre 1 de ramification, noté A1. Les axes qui sont portés par ce tronc (les branches C2) sont les ordres 2 de ramification (A2). Les axes portés par ces branches notamment les rameaux C3 sont les ordres 3 de ramification (A3) ; mais la catégorie d'axe n'est pas toujours équivalente à l'ordre de ramification car les branches peuvent porter aussi d'autres catégories d'axes comme C5 (ceci n'est pas représenté ici, voir figure 19). A leur tour, les rameaux C3 d'ordre 3 de ramification (A3) portent des axes d'ordre 4 qui sont des axes longs (A4) et des axes courts (A4), mais leur catégorie peut être C4 (axes longs) ou C5 (axes courts). Enfin, les axes A4 de catégorie C4

II.3 - Unité architecturale d'*A. grandidieri*

C'est au 5^e stade de développement qu'apparaît la première floraison. A ce stade, toute la structure s'organise autour du tronc (Photo 38) et forme l'architecture élémentaire de l'espèce appelée unité architecturale (Photo 39).

L'unité architecturale d'*A. grandidieri* est alors composée de 5 catégories d'axes dont la première est le tronc notée C1 – la seconde regroupe les branches (C2) - la troisième est formée par les rameaux longs (C3) – la quatrième rassemble les ramilles (C4) - et la dernière (C5) regroupe tous les rameaux courts (Figure 19).

Tableau 4 : Diagramme architectural

TRONC (C1)	BRANCHES (C2)	RAMEAUX (C3)	RAMILLES (C4)	RAMEAUX COURTS (C5)
Monopode Orthotrope Phyllotaxie spiralée Symétrie radiale Pérenne	Monopode Plagiotope Phyllotaxie spiralée Symétrie bilatérale Caduques	Monopode Plagiotope Phyllotaxie spiralée Symétrie bilatérale Caducs	Monopode Plagiotope Phyllotaxie spiralée Symétrie bilatérale Caduques	Sympode Orthotrope Phyllotaxie spiralée Symétrie radiale Caducs Floraison terminale



Photo 39 : Unité architecturale d'*A. grandidieri*.

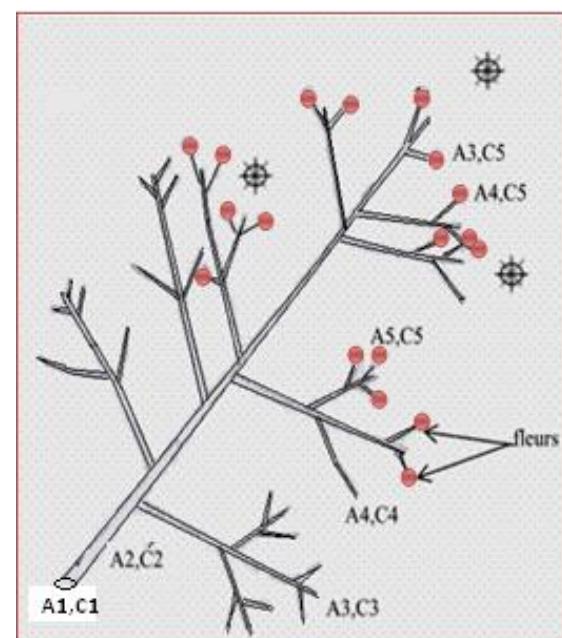


Figure 19 : Branche (A2) et les catégories d'axes.

II.4-Processus de la mise en place de l'unité architecturale

Au stade 1 (Figures 20A et 20B), la plantule est formée d'un axe principal mince, vertical qui est le tronc (C1). Elle porte des feuilles simples qui se transforment en feuilles composées trifoliolées vers la 7^e feuille. Les cotylédons (photosynthétiques) meurent et tombent par terre après suffisamment nourrit la plantule et après que les feuilles soient formées et bien développées pour continuer la croissance. L'écorce est de couleur verte et sa surface est lisse. La tubérisation débute assez rapidement, se manifestant principalement dans la partie souterraine proche du collet (Photo 15).

Au stade suivant (Figure 20C), on voit l'apparition de 2 ou 3 petites branches (C2) dressées, successives vers la 9^e, 10^e et 11^e feuille. La base du tronc s'élargit alors que sa partie supérieure reste filiforme. Les feuilles sont à 5 folioles. L'écorce prend une coloration brune et présente des lenticelles à sa surface.

C'est au stade 3 (Figure 20D) du développement que les rameaux (C3) viennent se placer sur les branches. Le tronc poursuit sa croissance tout en produisant des branches de façon rythmique.

Au stade 4 (Figure 20E), Les ramilles (C4) apparaissent sur les rameaux (C3) les plus développés. Les branches basses ainsi que les axes qu'elles portent commencent à prendre une direction horizontale tandis que les branches moyennes et hautes sont encore obliques comme dans le stade précédent. La croissance rythmique du tronc est alors bien visible car les branches forment des étages tout au long de cet axe. Le tronc ne change pas de forme aux stades 1, 2 et 3 (effilée), mais à partir du stade 4 il devient conique puis cylindrique au stade adulte.

Au stade 5, les rameaux courts (C5) prennent place et sont portés par les ramilles (C4) au niveau des branches proximales, par les rameaux (C3) au niveau des branches médianes et par les branches (C2) dans leur partie distale. Le nombre de branches par étage, qui est au départ 3, augmente de 5 à 6. A ce stade, les branches prennent une direction horizontale et leur symétrie devient bilatérale, sauf les branches hautes (Figures 20F, 20G).

Quand l'arbre atteint sa maturité (Photos 36 et 42), les fleurs apparaissent à l'extrémité des rameaux courts. A ce stade, la structure de la plante est la plus différenciée et la plus hiérarchisée (Figure 19).

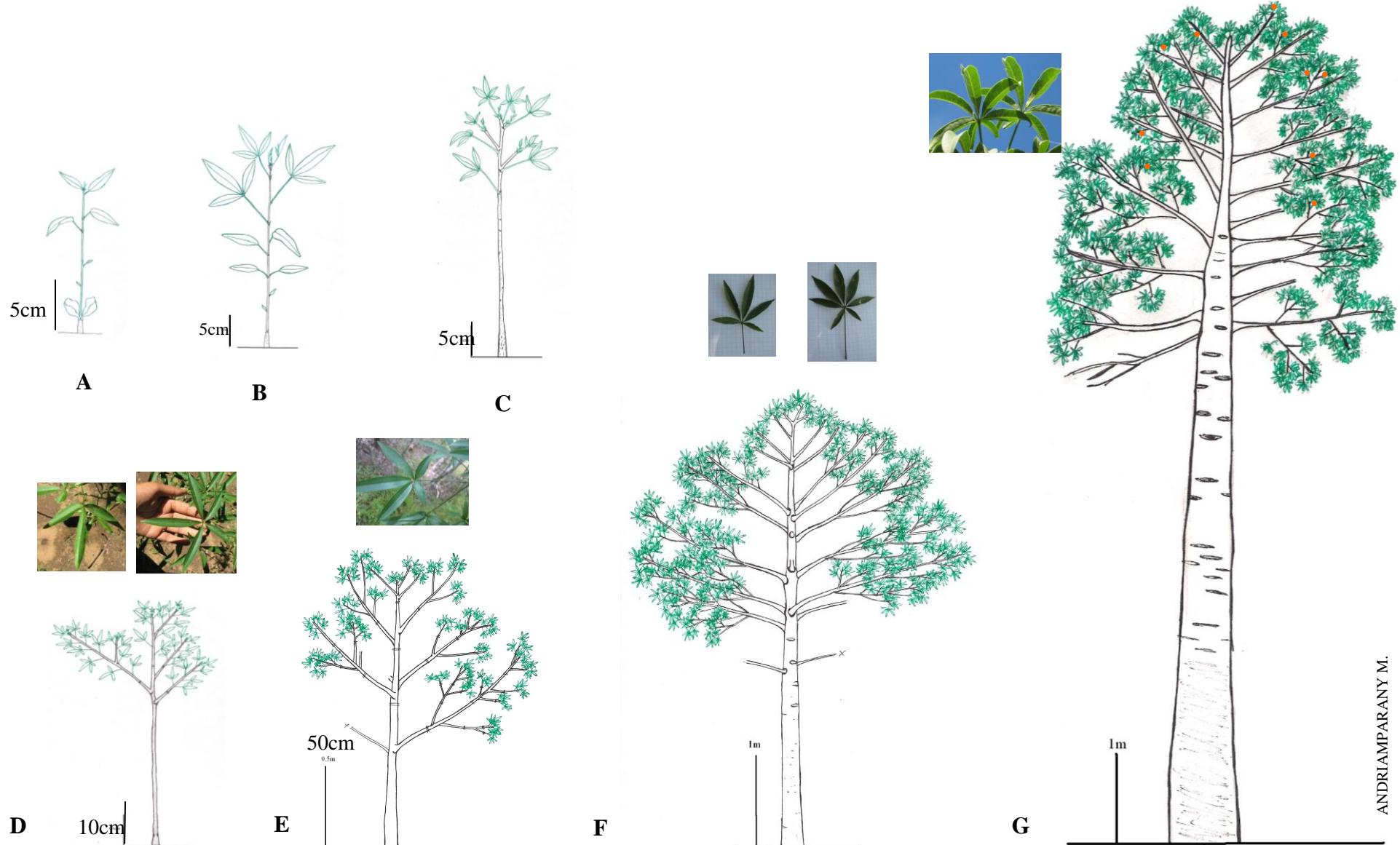
Les 5 stades de développement (à partir de la plantule jusqu'à obtention de l'unité architecturale) du Renala peuvent être regroupés en trois phases bien distinctes :

- ◆ Phase plantule : phase après la germination où la plante ne fait que s'allonger (Figures 20A et B).
- ◆ Phase juvénile : la plante commence à se ramifier tout en continuant de s'allonger (Figures 20C, 20D, 20E et 20F). C'est la phase d'édification des rameaux.
- ◆ Phase mature : c'est là que la première floraison apparaît, tous les types d'axes sont en place et s'organisent autour du tronc (Figure 20G). La structure de la plante est hiérarchisée (Les rameaux de la plante montrent une spécialisation qui est fonction de leur place sur la pousse et ainsi fonction de la pousse sur l'arbre) et l'unité architecturale de la plante est exprimée. (Photo 38 et figure 19).

Les différents changements de caractères de l'espèce au cours de son développement se résument dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Evolution d'*A. grandidieri* au cours de son développement.

	Plantule	Jeune plante	Arbre à maturité
Morphologie du tronc	- filiforme -Axe unique monopodial, orthotrope et non ramifié	-Tronc grêle à conique -Tronc ramifié	Tronc conique et tendance à être cylindrique
Direction des axes	Axe principal vertical (tige dressée)	Tronc orthotrope Branches obliques	Tronc orthotrope Branches horizontales
Structure de la plante	Une seule tige mince et dressée.	Apparition successive des axes latéraux par ordre de ramification	Structure hiérarchisée et spécialisée : obtention de l'U.A de l'espèce
Taille des axes	Mince	Branches et rameaux de petite et moyenne taille	Branches coniques plus puissantes que dans la phase juvénile
Elagage des branches	Nul	Augmentation du nombre des branches par étage jusqu'à 6 et perte des branches basses par élagage naturel	Accroissement de l'élagage
Feuilles	Feuilles simples et composées à 3 folioles	Feuilles composées à 5 folioles	Feuilles composées de 5 à 7 folioles
Floraison	Pas de fleurs	Pas de fleurs	Présence de fleurs



ANDRIAMPARANY M.

Figure 20 : Mise en place de l'architecture d'*A. grandiflora*. (A) plantule encore munie des cotylédons, (B) plantule dépourvue des cotylédons, (C), (D), (E) et (F) apparition successive et développement des ramifications des jeunes Renala (phase d'édition des rameaux), (F) début de l'aplatissement des branches basses, (G) jeune arbre en maturité sexuelle et obtention de l'unité architecturale. Toutes les catégories d'axes sont en place et s'organisent autour du tronc.

DISCUSSIONS ET CONCLUSION

DISCUSSIONS

I-Discussion sur la méthodologie et les difficultés rencontrées sur terrain

La détermination de l'unité architecturale d'*A. grandidieri* a été réalisée grâce à la méthode d'analyse architecturale basée sur les observations et dessins des individus aux différents stades de développement et ainsi que la synthèse de tous les dessins et des photographies. Chaque stade correspond à un ordre d'apparition des axes appelé aussi ordre de ramification. En outre, l'utilisation des critères d'observation adéquats a permis de décrire les différents stades de développement de l'espèce.

Ainsi, la structure spécifique (l'unité architecturale) de cette espèce est formée de cinq catégories d'axes (tronc C1 - branches C2 – rameaux C3 – rambilles C4 – rameaux courts C5) bien organisées et différentes de l'une des autres par leurs caractères morphologiques et fonctionnels.

La méthodologie adoptée a donc permis d'atteindre les objectifs requis pour la recherche. Pourtant, quelques problèmes rencontrés sur terrain n'ont pas permis à l'obtention des détails des données. Ce sont :

- L'insuffisance de jeunes individus dans les sites d'étude. Ceci est dû aux activités anthropiques qui menacent en général les baobabs. Pour le cas du Renala (chap. II - p. 18), il s'agit des collectes des fruits et graines, abattage de pieds pour la collecte de l'écorce, les feux de pâturage et le passage fréquent des bétails et des hommes, ceux qui provoquent un problème de régénération grave de l'espèce (RAVELOMANANTSOA, 2010). En effet, les sites d'étude ne renferment plus des jeunes Renala et s'il en existe, ils ne sont plus en bon état, ils sont presque traumatisés si bien que certains marqueurs morphologiques ne sont plus visibles sur l'écorce des axes et même de nombreuses réitérations apparaissent sur les parties traumatisées et les axes pourraient ne plus être distincts, ce qui a rendu difficile à notre étude.
- L'utilisation de jumelles comme moyen d'observation présente un inconvénient car elles ne permettent pas d'avoir des précisions sur certaines parties du végétal à savoir les parties cachées par les autres éléments et celles qui sont éloignées et non

accessibles pour l'observateur. Donc, il est conseillé d'être bien équipé de matériels pour escalader pour pouvoir étudier de près les grands baobabs.

II-Discussion sur les résultats

Cette étude nous a permis de :

- décrire les différents stades de développement du Renala depuis sa germination jusqu'à son stade mature et de déterminer ainsi les processus d'édification de la plante,
- déterminer son modèle architectural et son unité architecturale,
- évaluer les processus de la formation de la cime adulte (évolution de la cime après l'obtention de son unité architecturale).

Cinq stades de développement ont été trouvés chez *A. grandidieri* depuis sa germination jusqu'à son stade de maturité. La description de chaque stade nous a permis d'en tirer le processus d'édification de la plante comme suit :

D'abord, ce processus commence par la germination. Le Renala a des cotylédons qui sont visibles à la surface du sol (Photos 11, 12 et 13). Pour MIEGE (1974), ces cotylédons jouent un rôle photosynthétique au cours des premiers stades de développement des baobabs. Ainsi, le type de germination du Renala est donc phanérocotylaire ou épigée (HALLE, OLDEMANN et TOMLINSON, 1978 ; RAYNALES ROQUES, 1998). Pourtant, BAUM (1995a) et WICKENS & LOWE (2008) ont trouvé que cette espèce a une germination cryptocotylaire, par le fait que le reste du tégument de la graine n'est pas vraiment dégagé des cotylédons. En somme, la plante a une germination intermédiaire entre phanérocotylaire et cryptocotylaire.

Ensuite, l'édification de cette plante continue par le développement de la plantule. En effet, sa croissance est assurée par le méristème apical qui fonctionne indéfiniment. La plante présente ainsi un système monopodial.

Tout en continuant de s'allonger, les ramifications apparaissent successivement. En premier lieu, la tige principale (A1) émet des axes latéraux (A2) issus des bourgeons situés à l'aisselle des feuilles. Ce sont les premières ramifications. Ces dernières se ramifient aussi en

donnant des ramifications secondaires (A3), et à leur tour celles-ci vont se ramifier et donnent des A4 et ces A4 donneront plus tard des A5.

Au départ, les axes latéraux sont des axes dressés, mais au cours du temps, ils changent de structure notamment les branches qui sont auparavant orthotropes deviennent plagiotropes. Les rameaux portés par les branches prennent aussi une direction horizontale (sauf les axes de catégorie C5) ; ceci grâce aux torsions des entrenœuds. La phyllotaxie reste spiralée, mais les feuilles sont orientées dans un plan horizontal de façon à ce qu'elles adoptent une symétrie dorsiventrale. Ce changement débute au cours du 4^{ème} stade de développement et ce sont les branches basses qui sont les premières à changer puis les branches moyennes et enfin les branches hautes. Donc l'architecture de cette espèce varie du modèle de Rauh vers le modèle de Massart lorsqu'elle grandit. Ce mode de développement a été également observé par EDELIN (1984) chez *Pterygota alata* (STERCULIACEAE) qui est un arbre originaire d'Asie Tropicale. Selon ses observations, cette plante a aussi une croissance et une ramification rythmiques ; lorsqu'elle est encore jeune, son tronc orthotrope et monopodial porte des étages de branches plagiotropes à phyllotaxie demeurant spiralée dont les feuilles sont réparties dans un plan horizontal. Mais cette plante conserve son architecture conforme au modèle de Massart depuis son jeune âge jusqu'au stade adulte. Tout cela veut dire que le Renala se développe de la même façon que les autres arbres tropicaux ayant le même modèle architectural, mais chaque plante a sa propre architecture grâce à la détermination de son unité architecturale.

Un autre phénomène apparaît au cours de l'édification du Renala, il s'agit de l'élagage naturel, où les branches basses âgées meurent et finissent par tomber par terre. Ce phénomène a permis à la plante de mettre en évidence sa couronne et son tronc nu et monopodial. Et à cela s'ajoute la croissance en épaisseur en rendant un aspect massif aux axes.

A la maturité de l'arbre, la floraison apparaît et toutes les catégories des axes s'organisent autour du tronc. A ce stade, l'unité architecturale de l'espèce est exprimée. Elle est formée de cinq catégories d'axes bien définies.

Mais l'évolution de la cime de l'arbre ne s'arrête pas là, elle va subir des transformations qui pourraient être à l'issu du développement et fortification des branches

distales (branches hautes) et/ou l'apparition des réitérants totaux très dominants dans la partie distale du tronc. Mais ceux - là seront encore des hypothèses pour des études ultérieures.

Cette étude architecturale de l'*A. grandidieri* nous révèle d'avoir la véritable identité de l'espèce par la détermination de son unité architecturale. Et d'autres plantes malgaches ont déjà fait l'objet d'une étude architecturale telles que les « Mascarocoffea » (RUBIACEAE) (ANDRIANASOLO, 2012) et les *Acmella oleracea* (ASTERACEAE) ou felimafana, (VAVITSARA, 2014). Tout cela nous permet de dire que l'étude architecturale d'une plante est essentielle pour déterminer non seulement son unité architecturale mais aussi pour avoir une meilleure connaissance de sa structure et de son développement et enfin pour mettre en évidence les variations des traits architecturaux entre les espèces.

III- Recommandations :

1. Etude architecturale

Pour que l'étude architecturale des Renala ait des résultats bien détaillés, elle devrait être faite dans des sites non perturbés c'est-à-dire dans les milieux où les populations de cette espèce sont en bon état de santé (individus non traumatisés, présence de tous les stades de développement).

Par ailleurs, il est nécessaire de combiner l'étude architecturale avec d'autres disciplines de la botanique (comme l'anatomie) qui pourront nous aider à y voir plus clair pour obtenir des résultats applicables.

A part les observations, on peut très bien également prendre des mesures pour avoir des données quantitatives qui permettront plus tard d'étendre l'étude dans la modélisation de la croissance et du développement de la plante.

2. Baobabs

Puisque les sites d'études présentent un déficit de régénération des baobabs, pour cela, il faudra y appliquer la mise en œuvre de la régénération *in situ* pour que cela ne reste pas comme des simples études.

En outre, il faudra protéger et conserver les espèces et sensibiliser les populations locales à ne plus détruire la forêt et à respecter la nature.

CONCLUSION

Cette étude nous a permis de connaître l'architecture des baobabs en particulier celle de *A. grandidieri*. En outre, nous avons pu décrire les différents changements structuraux exprimés par la plante tout au long de sa vie, et de déterminer ainsi son unité architecturale à un moment donné. Même si l'étude que nous avons effectuée était essentiellement axée sur la recherche de l'unité architecturale de l'espèce, cela ne nous a pas empêché de voir quelques notions sur l'évolution de son architecture.

A. grandidieri présente une structure monopodiale et durant toute sa vie son architecture évolue. Son stade juvénile est très différent des stades mature et adulte. Au cours de ce stade, la plante s'allonge et se ramifie chaque année, édifiant des unités de croissance et mettant en place des rameaux se développant à partir des bourgeons latéraux. La forme juvénile obtenue ressemble au modèle de Rauh (le tronc porte des branches orthotropes), puis au modèle de Massart (les branches sont plagiotropes et en étage) lorsque la plante arrive au stade de maturité sexuelle se manifestant par l'apparition de la floraison. En ce moment là, tous les types d'axes sont en place et s'organisent autour du tronc. La structure de la plante est hiérarchisée. Les rameaux de la plante montrent une spécialisation qui est fonction de leur place sur la pousse et ainsi fonction de la pousse sur l'arbre. Ainsi, l'unité architecturale du Renala est exprimée et est constituée par cinq catégories d'axes à savoir :

-le tronc : axe orthotrope à croissance monopodiale, le plus dominant de tous les axes, supporte toute la structure de la plante et permet l'alimentation et la mise en réserve avec l'aide des racines.

-les branches : axes plagiotropes à croissance monopodiale, caducs, explorent l'espace autour du tronc.

-les rameaux : axes plagiotropes à croissance monopodiale, caducs, exploitent ce volume par les feuilles.

-les ramilles : axes plagiotropes ou orthotropes à croissance monopodiale, exploitent ce volume par les feuilles et les fleurs.

-les rameaux courts : axes orthotropes à croissance sympodiale, portent les fleurs.

En outre, les branches basses ne persistent pas sur le tronc mais subissent un phénomène d’élagage. Seules leurs cicatrices apparaissent sur l’écorce de l’arbre et au bout de quelques temps, elles se referment et il ne reste plus qu’un tronc lisse.

Après l’obtention de l’unité architecturale, l’évolution de la cime continue encore avant d’arriver à la forme symbolique des baobabs (tronc unique renflé portant une couronne formée par des branches maîtresses comme des racines en l’air) et jusqu’à sa mort.

Mais l’étude architecturale d’*A. grandidieri* n’est pas encore finie, elle se poursuivra sur l’étude de la réitération et sur l’évolution de son architecture ou l’étude de la couronne (cime adulte) jusqu’à la mort de l’arbre.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDRIAMALALA, O., 2011. *Suivi phénologique de cinq espèces d'Adansonia en perspective d'une étude de la dynamique des baobabs malgaches (A. grandidieri Baillon, A. digitata L., A. rubrostipa Jum & H. Perrier, A. za Baillon, et A. perrieri Capuron)*. Mém. DEA. Option Ecologie Végétale. Fac Sciences. Univ. Antananarivo. 80p.
- ANDRIANASOLO, D., 2012. *Génétique des populations et modèles d'architecture et de production végétale. Application à la préservation des ressources génétiques des Mascarooffea*. Thèse de doctorat. Université de Montpellier 2. 163p.
- ANDRIANTSARALAZA, S., 2009. *Etude écologique et statut de conservation de trois espèces d'Adansonia (A. madagascariensis, A. za et A. digitata) dans la Région Boeny (Mahajanga)*. Mém. DEA. Option Ecologie Végétale. Fac Sciences. Univ. Antananarivo. 83p.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP, 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linn. Soc.* 161(2):105-121.
- ARMSTRONG, P., 1977. *Adansonia: remnants of Gondwanaland?* *New Sci.* 73: 212-213.
- ATGER, C. & EDELIN, C., 1994a. Premières données sur l'architecture comparée des systèmes racinaires et caulinaires. *Canadian Journal of Botany* 72: 963-975.
- ATGER, C. & EDELIN, C., 1994b. Stratégies d'occupation du milieu souterrain par les systèmes racinaires des arbres. *Revue d'Ecologie (Terre Vie)* 49: 343-356.
- BARTHELEMY, D. et al., 1989. Architectural concepts for tropical trees. In: Holm-Nielsen L., B. & Balslev, H. (eds.), *Tropical forests: botanical dynamics, speciation and diversity*. Academic Press, London.p. 89-100.
- BARTHELEMY, D. et al., 1991. Canopy architecture. In: Raghavendra A.S. (ed.), *Physiology of trees*: John Wiley and Sons, Chichester. p. 1-20.
- BARTHELEMY, D. & CARAGLIO, Y., 2007. Plant architecture: A Dynamic, Multilevel and Comprehensive Approach to Plant Form, Structure and Ontogeny. *Annals of Botany* 99: 375-407.
- BAUM, D., 1995a. A systematic revision of *Adansonia* (Bombacaceae). *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 82: 440-470.
- BAUM, D., 1995b. The comparative pollination and floral biology of baobabs (*Adansonia*-Bombacaceae). *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 82: 322-348.
- BAUM, D., 1996. The ecology and conservation of the Baobabs of Madagascar. In Ganzhorn J., U. & Sorg J., P. (eds.), *Ecology and Economy of a tropical Dry Forest in Madagascar*. Primate Report, 46-1: 311-327.
- CABALLE, G., 1998. Le port autoportant des lianes tropicales: une synthèse des stratégies de croissance. *Canadian Journal of Botany* 76: 1703-1716.
- CARAGLIO, Y. & EDELIN, C., 1990. Architecture et dynamique de la croissance du platane, *Platanus hybrida* Brot. (Platanaceae) [syn. *Platanus acerifolia* (Aiton) Willd.]. *Bulletin de la Société Botanique de France, Lettres Botaniques* 137: 279-291.

- CHEVALIER, A., 1922. La végétation à Madagascar. *Annales de Géographie* **174**: 465-484.
- CLAßEN-BOCKHOFF, 2000. Inflorescences in Bruniaceae. With general comments on inflorescences in woody plants. *Opera Botanica Belgica* **12**: 5–310.
- CORNET, A., 1974. *Essai de cartographie bioclimatique à Madagascar*. ORSTOM Paris. 28p.
- CREAM (Centre de Recherches, d'Etudes et d'Appui à l'Analyse économique à Madagascar), 2009. *Monographie Menabe*. [Http : //www.monographiemada.com/monographie.php?t=1_1&p=ch®ion_code=64](http://www.monographiemada.com/monographie.php?t=1_1&p=ch®ion_code=64)
- CREMERS, G., 1973. Architecture de quelques lianes d'Afrique tropicale. *Candollea* **28**: 249–280.
- CREMERS, G. & EDELIN, C., 1995. Study on aerial architecture of some tropical plants with basitone branching – for a revision of the Tomlinson model. *Canadian Journal of Botany* **73**: 1490–1503.
- EDELIN, C., 1977. *Images de l'architecture des conifères*. PhD thèse, Université Montpellier 2.
- EDELIN, C., 1981. Quelques aspects de l'architecture végétative des Conifères. *Bulletin de la Société Botanique de France, Lettres Botaniques* **128**: 177–188.
- EDELIN, C., 1984. *Architecture monopodiale : l'exemple de quelques arbres d'Asie Tropicale*. Thèse de doctorat en 3^ecycle, Académie de Montpellier, Université des Sciences et Techniques du Languedoc. 258p.
- ENCARTA (Encyclopédie multimédia), 2009. Microsoft Corporation.
- FARAMALALA et RAJERIARISON, 1999. *Nomenclature des formations végétales de Madagascar*. ANGAP et Conservation International, 43p.
- GAY, H., 1993. The architecture of a dimorphic clonal fern, *Lomagramma guianensis* (Aublet) Ching (Dryopteridaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* **111**: 343–358.
- GROSFELD, J. *et al.*, 1999. Architectural variations of *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch (Araucariaceae) in its natural habitat. In: Kurmann M., H. & Hemsley A., R. (eds.), *The evolution of plant architecture*. Royal Botanic Gardens, Kew. p. 109–122.
- Groupe des Spécialistes des Plantes de Madagascar (GSPM), 2010. *Catalogues des plantes menacées de Madagascar*. Conservation internationale. Antananarivo. 146p.
- HALLE, F. & OLDEMAN, R.A.A., 1970. *Essai sur l'architecture et la dynamique de croissance des arbres tropicaux*. Masson, Paris. 156p.
- HUMBERT, H., 1955. Les territoires phytogéographiques de Madagascar : leur cartographie. Colloque sur les Régions Ecologiques du Globe. Paris. *Annexe Biologie* **31**:195-204.
- IUCN, 2009. *Red List of Threatened Species*. IUCN, Version 2009.1. <www.iucnredlist.org>.
- JEANNODA-ROBINSON, 1977. *Contribution à l'étude de l'architecture des herbes*. PhD thèse, Université Montpellier 2. 76p.
- JOURDAN, C. & REY, H., 1997a. Architecture and development of the oil-palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) root system. *Plant and Soil* **189**: 33–48.

JOURDAN, C. & REY, H., 1997b. Modelling and simulation of the architecture and development of the oil-palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) root system. I. The model. *Plant and Soil* **190**: 217–233.

JUMELLE & PERRIER DE LA BATHIE, H., 1910. Fragments biologiques de la flore de Madagascar (*Dioscorea*, *Adansonia*, Coffee, etc...). *Ann. Mus. Colon.*, sér. **2**, **8** : 323-468.

JUMELLE & PERRIER DE LA BATHIE, H., 1914. *Les Baobabs de Madagascar*. Agric. Prat. Pays Chauds, 125p.

KOECHLIN *et al.*, 1974. *Flore et végétation de Madagascar*. Reprint Gartner. Vaduz. 687p.

MBOHITAKO, P., S., 2008. *Contribution à l'offre touristique dans le Menabe*. Mém. Ingénierat. ESSA Forêt. Univ Antananarivo. 72p.

MILLET *et al.*, 1999. Architecture and successional status of trees in a temperate deciduous forest. *Ecoscience* **6**: 187–203.

MIEGE, J., 1974. Etude du genre *Adansonia* L. II. Cariologie et blastogenèse. *Candollea* **29**: 457 – 475.

MOAT, J. and SMITH, P., 2007. *Atlas de la végétation de Madagascar*. RBG Kew. 124p.

NICOLINI E., 1998. Architecture et gradients morphogénétiques chez de jeunes hêtres (*Fagus sylvatica* L. Fagaceae) en milieu forestier. *Canadian Journal of Botany* **76**: 1232–1244.

OLDEMAN, R., 1974. *L'architecture de la forêt guyanaise*. Mémoire no. 73. Paris: O.R.S.T.O.M.

OLDEMAN, R., 1983. Tropical rain forest, architecture, silvigenesis and diversity. In: Sutton, S.L., Whitmore,T., C. & Chadwick, A., C. (eds.), *Tropical rain forest: ecology and management*. Oxford: Blackwell, 139–150.

PERRIER DE LA BATHIE, H. & HOCHREUTINER, B., 1955.- Flore de Madagascar et des Comores (plantes vasculaires) : 130è Famille BOMBACACEES. Typographie Firmin - Didot et Cie, Paris : 22 p.

RAKOTOARIMIHAJA, T., 2011. *Analyse des relations trophiques entre les insectes et les baobabs malgaches*. Mém. DEA, Option Entomologie. Fac Sciences. Univ. Antananarivo. 64p.

RANIRISON, A., 2009. *Ecologie et facteur de distribution des trois espèces d'*Adansonia* (Malvaceae) : A. madagascariensis, A. perrieri et A. suarezensis dans le Nord de Madagascar*. Mém. DEA. Option Ecologie Végétale. Fac Sciences. Univ. Antananarivo. 73p.

RASOAMANANA, E., 2009. *Etude pollinique d'*Adansonia* malgache et caractérisation écologique des habitats des trois espèces (A. rubrostipa, A. za et A. rubrostipa) du Sud Ouest*. Mém. DEA. Option Ecologie Végétale. Fac Sciences. Univ. Antananarivo. 84 p.

RAVAOMANALINA, H., 2011. *Anatomie et dynamique de croissance des espèces d'*Adansonia* (baobab) de Madagascar*. Thèse. Option Ecologie Végétale. Fac Sciences. Univ. Antananarivo. 119 p.

RAVELOMANANTSOA, R. ,2010 . *Etude des effets des actions anthropiques sur le peuplement d'*Adansonia grandiflora* dans la région de Menabe*. Mém. Ingénierat, ESSA département des eaux et forêts, Univ. Antananarivo, 44p.

RAVOAVY, 1998. *Contribution au suivi et à l'évaluation des défrichements des forêts de Menabe Central à partir des données de télédétection, cas 1960 à 1994*. Mém. Ingénierat. ESSA Forêt. Univ Antananarivo. 88 p.

RAYNAL-ROQUES A., 1994. *La botanique redécouverte*. (eds.) Bélin - INRA, France. 512p.

RAZANAMARO, O., 2010. *Ecologie de la reproduction des espèces d'Adansonia à Madagascar. Caractérisation écologique de l'habitat d'A. rubrostipa, A. grandidieri, A. za dans la région du Menabe Central*. Mém. DEA. Option Ecologie Végétale. Fac Sciences. Univ. Antananarivo. 81p.

RAZANAMEHARIZAKA, J., 2002. *Régénération du genre Adansonia dans le Sud-Ouest malgache : démographie et physiologie des semences*. Mém DEA. Option Physiologie Végétale. Fac Sciences. Univ Antananarivo. 70p.

RAZANAMEHARIZAKA, J., 2010. *Quelques éléments pour une gestion durable des différentes espèces du genre Adansonia (Baobab) à Madagascar : étude de la structure de la population, de la physiologie et de l'ontogénèse des semences, la physiologie des plantules*. Thèse. Option Physiologie Végétale. Fac Sciences. Univ Antananarivo. 126p.

REAU, 1996. *Dégradation de l'environnement forestier et réactions paysannes. Les Migrants antandroy sur la côte Ouest de Madagascar*. Thèse. Géographie Tropicale. Univ. Michel de Montagne. 365p.

RUA & GROTTOLA, 1997. Growth form models within the genus *Paspalum* L. (Poaceae, Paniceae). *Flora* **192**: 65–80.

SABATIER & BARTHÉLÉMY, D., 1999. Growth dynamics and morphology of annual shoots according to their architectural position in young *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière (Pinaceae). *Annals of Botany* **84**: 387–392.

TOMLINSON, P. & GILL, A., 1973. Growth habit of tropical trees: some guiding principles. In: Meggers, J.B., Ayensu, E.S. & Duckworth, W., D. (eds.), *Tropical forest ecosystems in Africa and South America: a comparative review*. Washington, Smithsonian Institute Press, 129–143.

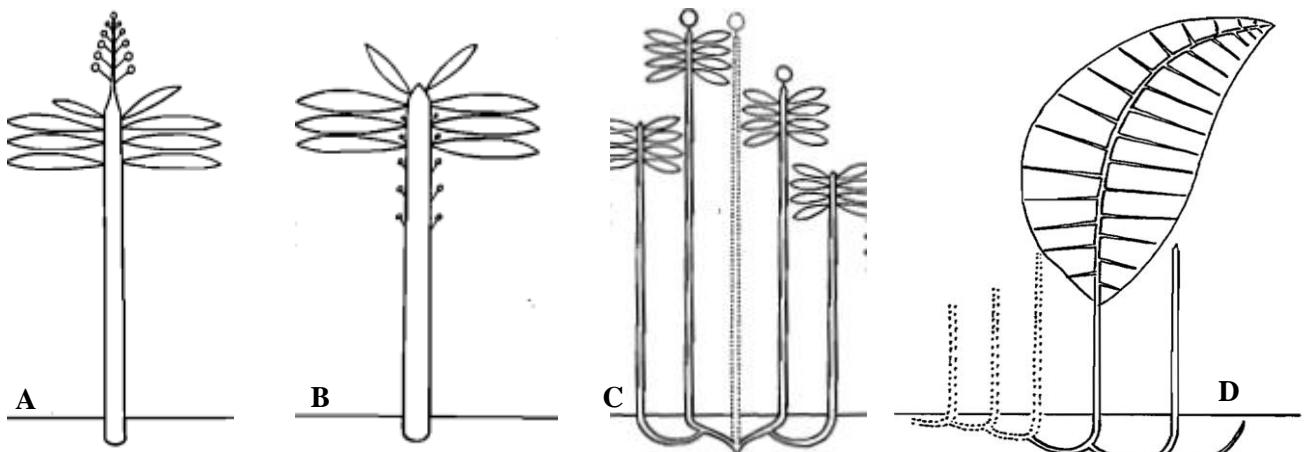
VAVITSARA, E., 2014, *Modélisation de l'architecture et de la production végétale des herbacées. Cas de Acmella oleracea (Asteraceae)*. Doctorat Nouvelle Thèse. Université de Mahajanga. 126p.

WICKENS, G. and LOWE P., 2008. *The baobabs. The pachycauls of Africa, Madagascar and Australia*. Springer Verlag, Dordrecht, Pays-Bas. 498p.



ANNEXES

ANNEXE I : Les modèles architecturaux

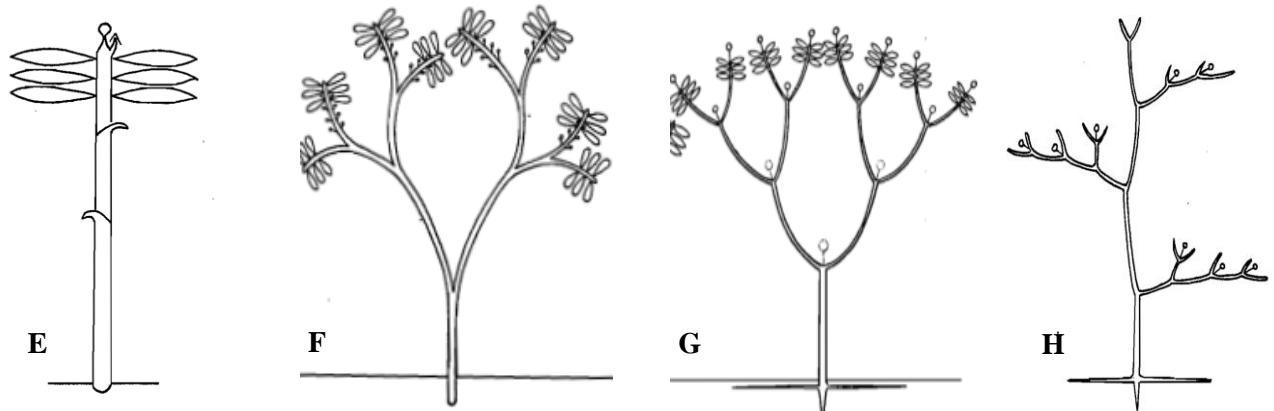


Modèle de
HOLTTUM

Modèle de
CORNER

Modèle de
TOMLINSON

Modèle de
MC CLURE

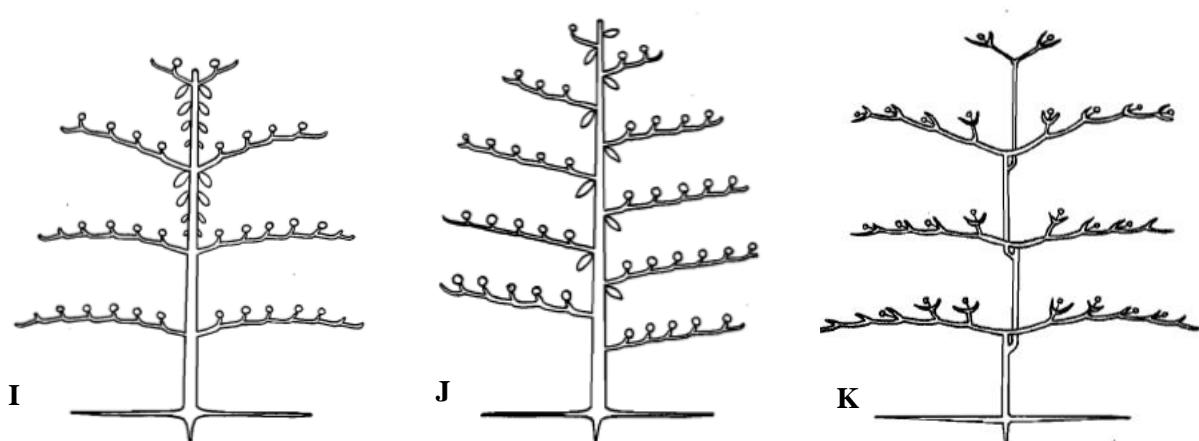


Modèle de
CHAMBERLAIN

Modèle de
SCHOUTE

Modèle de
LEEUWENBERG

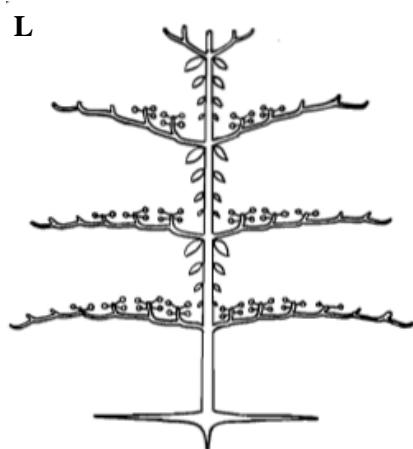
Modèle de
KWAN KORIBA



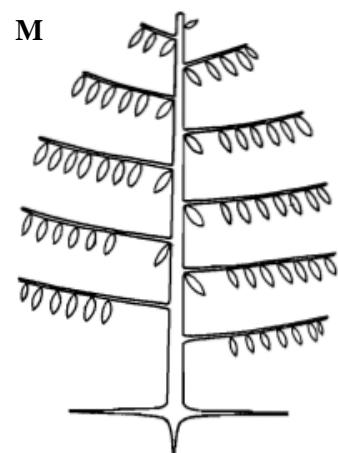
Modèle de FAGERLIND

Modèle de PETIT

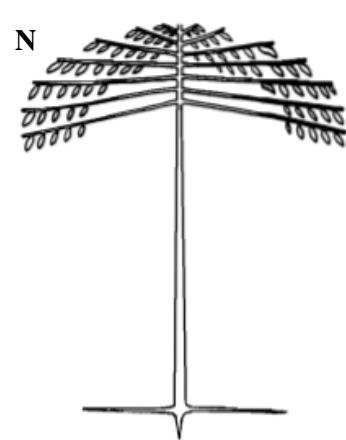
Modèle de PREVOST



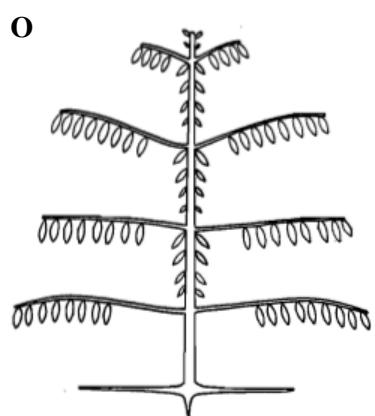
Modèle d'AUBREVILLE



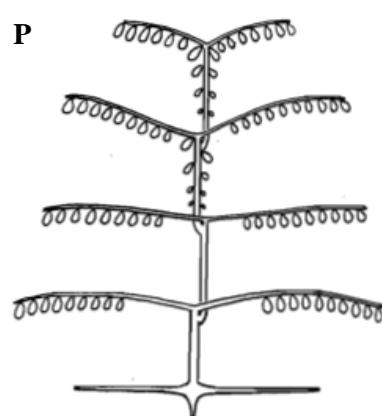
Modèle de ROUX



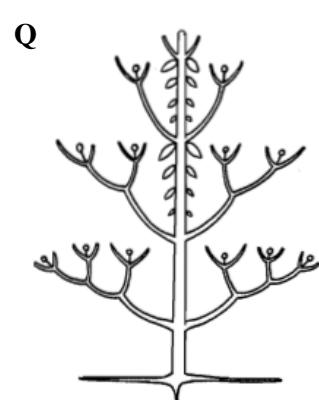
Modèle de COOK



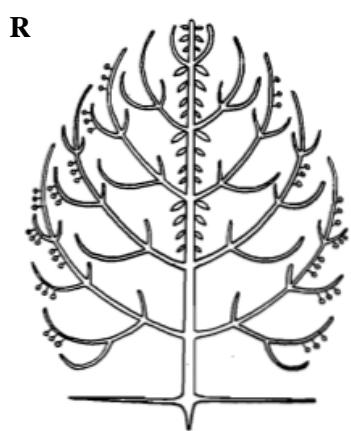
Modèle de MASSART



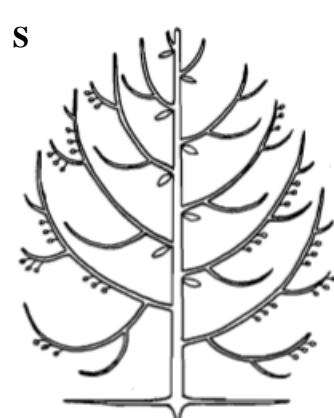
Modèle de NOZERAN



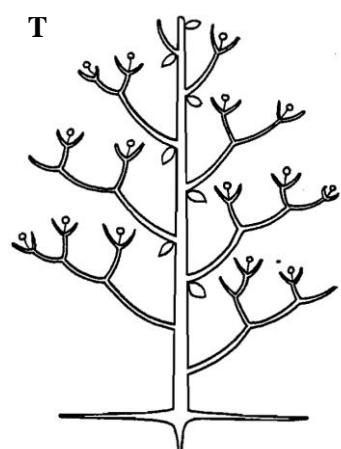
Modèle de SCARRONE



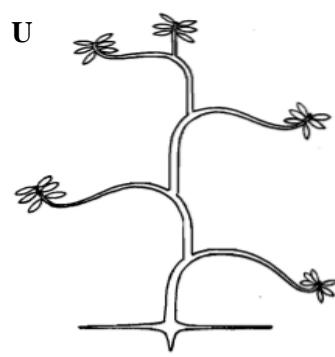
Modèle de RAUH



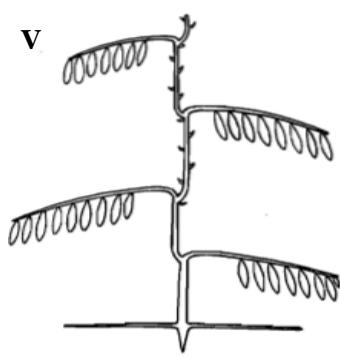
Modèle d'ATTIMS



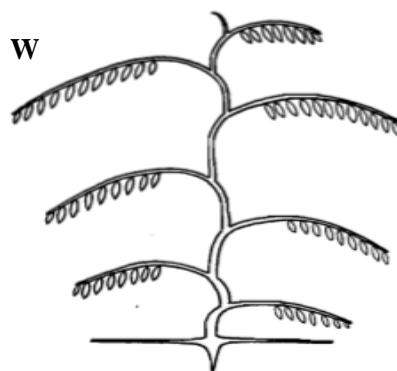
Modèle de Stone



Modèle de CHAMPAGNAT



Modèle de MANGENOT



Modèle de TROLL

Les modèles architecturaux sont subdivisés en plusieurs catégories selon Hallé et Oldeman (1070) : (A et B) plantes non ramifiées, (C, D, E, F et G) plantes polyaxiales avec des axes tous équivalents, (H, I, J, K, L, M, N, O et P) plantes polyaxiales avec des axes différenciés en tronc et en branches plagiotropes, plantes polyaxiales avec des branches orthotropes (Q, R ,S et T) et (U, V et W) plantes polyaxiales aux axes mixtes.

ANNEXE II : La floraison chez *A. grandidieri*

Les fleurs de cette espèce apparaissent au début de la saison sèche, après la chute des feuilles. Lorsque les jeunes arbres sont matures, les rameaux courts et certains axes longs donnent naissance à des fleurs solitaires situées à leur sommet. Ces fleurs terminales sont dressées et se dirigent toujours vers le haut (Photos 43, 44 et 45) même si, parfois, ces axes porteurs ne sont pas verticaux. Chaque fleur a un pédicelle et un pédoncule court avec 2 bractéoles très caduques à la base de la fleur (Photo 38). Au fur et à mesure que l'arbre vieillit, les fleurs deviennent nombreuses (Photo 43), les rameaux courts ne portent plus des fleurs solitaires (Photo 44 A), elles sont au nombre de deux ou trois sur chaque axe porteur (Photo 44 B). En outre, les axes courts ont une croissance sympodiale car leur apex s'est transformé en une fleur et après la mort de cette fleur, leur croissance est ensuite assurée par leurs bourgeons axillaires qui vont donner naissance à des axes latéraux qui vont produire à leur tour des fleurs terminales et ainsi de suite (Photo 45).



Photo 40 : Jeunes arbres comportant moins de fleurs que les arbres adultes.

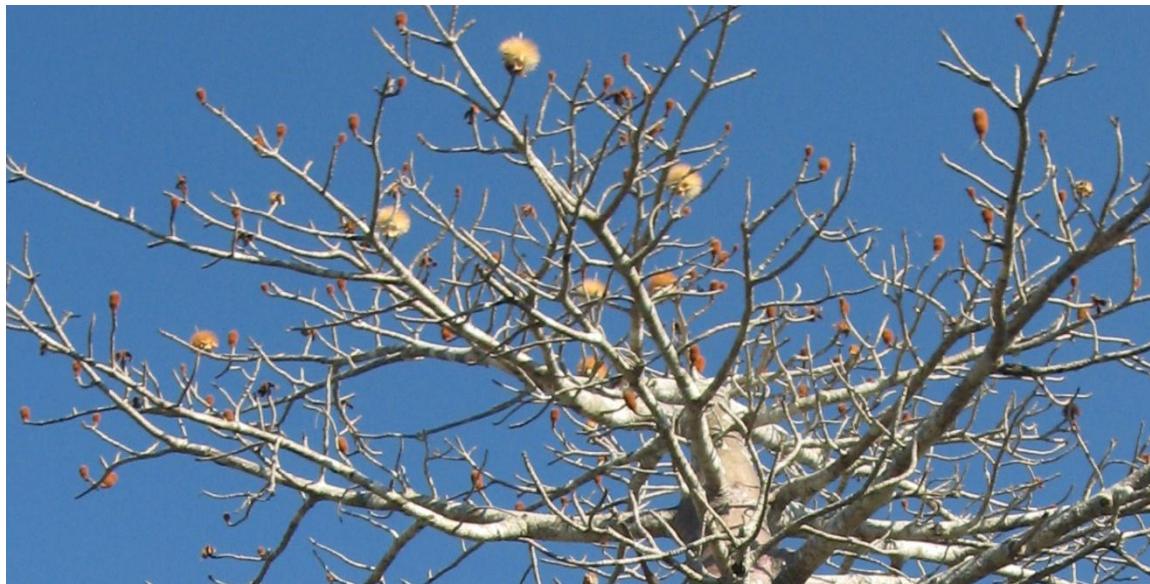


Photo 41 : Augmentation du nombre des fleurs avec l'âge. Après la maturité de l'arbre, les fleurs deviennent de plus en plus nombreuses.



Photo 42 : Floraison chez *A. grandidieri* ; (A) une seule fleur par axe court chez les jeunes arbres et (B) une à trois fleurs terminales sur chaque axe court pour le cas des arbres adultes (phase après l'unité architecturale).

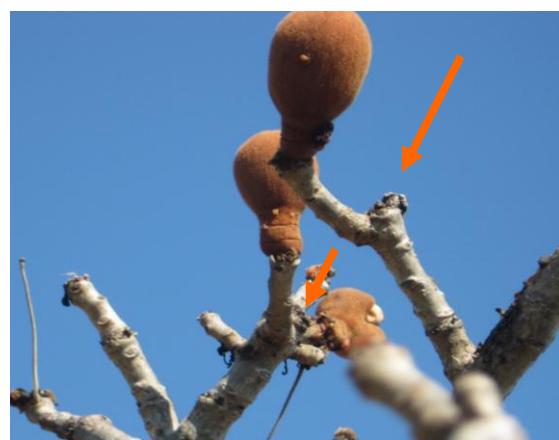


Photo 43 : Croissance sympodiale des axes porteurs de fleurs. Mort de l'apex (indiqué par les flèches rouges) et reprise de la croissance par les axes latéraux. Les fleurs sont toujours dirigées vers le haut.

ANNEXE III : Photos montrant les différences entre axes végétatifs et axes reproducteurs.

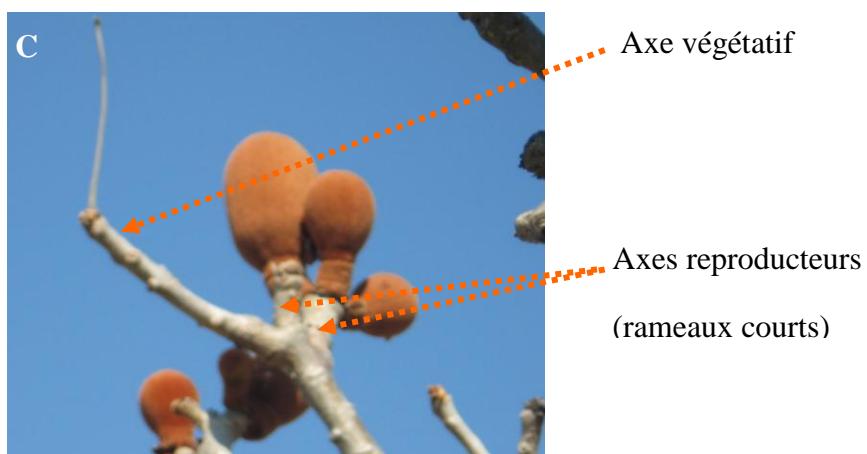
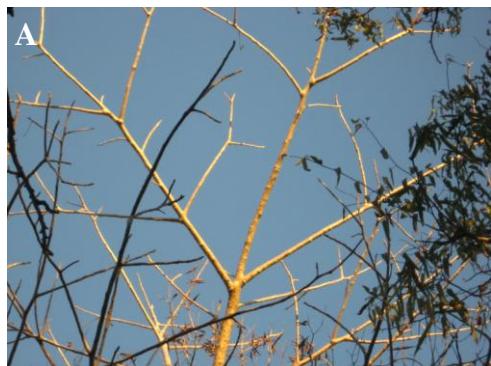


Photo 44 : Axes végétatifs (A) et axes reproducteurs (B et C) chez *A. grandiflora*. Les axes végétatifs sont minces, plus longs, avec des entreneuds longs tandis que les axes reproducteurs sont plus robustes, plus courts, avec des UC courtes et à croissance orthotrope. Ces axes correspondent aux rameaux courts, axes porteurs des fleurs.



Photo 45 : Bourgeon à feuilles ou bourgeon végétatif (A) et bourgeon à fleurs (B). Les bourgeons à fleurs n'apparaissent qu'après la chute des feuilles au début de la saison sèche et que les bourgeons végétatifs sont recouverts d'écaillles mais ils produisent des feuilles durant la saison des pluies.

ANNEXE IV : Photos montrant les réitérations chez *A. grandidieri*



A

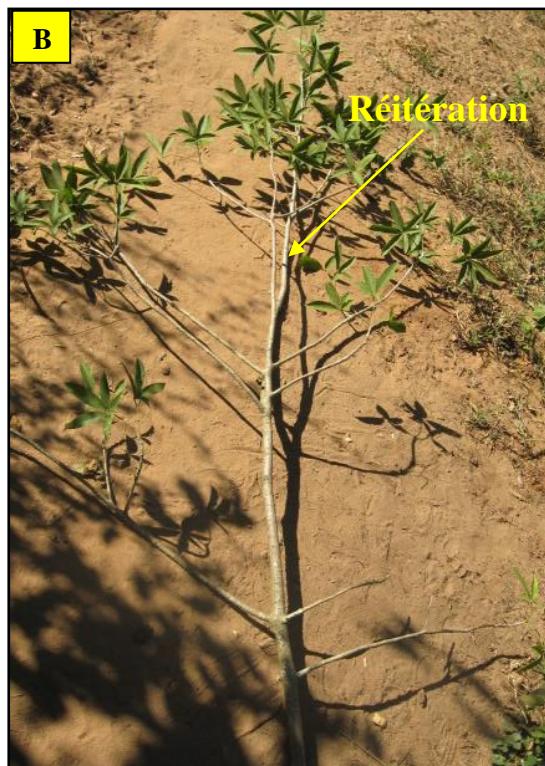


B

Photo 46 : Réitération totale sur le tronc (A) chez un jeune individu et (B) chez un arbre adulte.



A



B

Photo 47 : Réitérations partielles (A)
proleptiques, (B) sylleptique.

Titre : Etude architecturale d'*Adansonia grandidieri* Baillon de la région du Menabe.

Auteur : Masy Minasoa ANDRIAMPARANY

RESUME

Madagascar compte sept espèces de baobabs dont six sont endémiques. L'espèce *Adansonia grandidieri*, que l'on rencontre sur l'allée des Baobabs du Morondava, est une des six espèces de baobabs endémiques malgaches et qui est considérée comme le plus beau des baobabs. Même si cette espèce est la plus connue des baobabs, le processus à l'origine de la structure de sa cime reste encore inconnu.

L'objectif principal de ce travail est de déterminer l'unité architecturale d'*A. grandidieri*. Pour atteindre cet objectif, il nous a fallu décrire les différents changements structuraux exprimés par la plante tout au long de sa vie.

Notre étude se base sur des observations, sur des photographies et sur des dessins des individus de cette espèce aux différents stades de croissance dans son milieu, à partir des individus issus de la germination vers des stades plus évolués.

Cinq stades de développement ont été décrits chez *A. grandidieri*, chaque stade correspond à l'ordre d'apparition des axes. D'après les observations, la plante présente un mode de croissance monopodiale (tronc unique). Son unité architecturale a été déterminée vers le cinquième stade de développement et est formée de cinq catégories d'axes bien définies à savoir le tronc (C1), les branches (C2), les rameaux (C3), les ramilles (C4) et les rameaux courts (C5).

Mots clés : *Adansonia grandidieri*, baobabs, architecture végétale, stades de développement, unité architecturale, catégories d'axes.

Title : Architectural study of *Adansonia grandiflora* Baillon of Menabe region.

Author : Masy Minasoa ANDRIAMPARANY

ABSTRACT

Seven species of baobabs can be encountered in Madagascar of which six are endemic. *Adansonia grandiflora*, which is the species that grows on the famous Baobab alley in the Menabe region, is one of the six Malagasy endemic species and is considered as the most beautiful of the baobabs. Although this species is the best known of the baobabs, the processes underlying its vegetative structure, its growth and the construction of its canopy are still unknown.

The main objective of this work is to determine the architectural unit of *A. grandiflora*. To achieve this, we described the various structural changes expressed by the plant throughout its life.

Our study is based on observations, photographs and drawings of individuals of this species at different stages of growth from germination to more advanced stages.

Five stages of development have been described in *A. grandiflora*, each stage corresponds to the order of the axes. According to observations, the plant has a monopodial growth (single trunk). Its architectural unit was determined to fifth stage of development and consists of five axes specific categories namely the trunk (C1), the branches (C2), the branchlets (C3) the twigs (C4) and the short shoots (C5).

Keywords: *Adansonia grandiflora*, baobabs, plant architecture, growth stage, architectural unit, axes categories.