

ARCHITECTURE ET VARIABILITE INTERSPECIFIQUE DE TROIS ESPECES DE *BARACOFFEA* : *COFFEA* *BOINENSIS*, *COFFEA BISSETIAE* ET *COFFEA* *AMBONGENSIS* DAVIS & RAKOTONAS

BEZANDRY Rickarlos¹, SABATIER Sylvie
Annabel², GUYOT Romain³, VAVITSARA Marie
Elodie⁴

(1) Université de Mahajanga / Ecole Doctorale sur les
Ecosystèmes Naturels (EDEN)

(2) Centre de coopération Internationale en Recherche
Agronomique pour le Développement (CIRAD)/UMR AMAP

(3) Institut de Recherche pour le Développement (IRD)/UMR
DIADE

(4) Université de Mahajanga / Faculté des Sciences de
Technologie et de l'Environnement (FSTE)

Adresse e-mail de l'intervenant : richarlos@hotmail.fr

Numéro de téléphone du correspondant : +261326304309 /
+261345028795

Résumé

Le groupe des *Baracoffea* comprend 9 espèces endémiques à feuilles caduques qui sont exclusivement présentes dans les forêts sèches de la côte Ouest de Madagascar. Elles sont particulièrement bien adaptées aux conditions xérophytiques. La déforestation et les activités anthropiques ont provoqué dans l'île une forte fragmentation de la forêt et modifié considérablement les écosystèmes forestiers naturels. En conséquence, près de 75% des espèces malgaches, en particulier *Baracoffea*, sont classées sur la liste de l'IUCN comme vulnérables, menacées ou fortement menacées de disparition. Une meilleure connaissance de ces espèces est indispensable pour faciliter leur préservation. Pourtant, ces espèces sont trop peu étudiées en dehors de leur description botanique. L'objectif de cette étude est de mettre en évidence le mode de développement et les stratégies d'adaptation à la sécheresse de trois espèces de *Baracoffea* : *C. boinensis*, *C. bissetiae* et *C. ambongensis*. Sur le terrain, la méthode d'analyse architecturale d'Edelin (1984) et de Barthélémy (1988) basé sur l'observation des critères morphologiques a été adoptée. Des mesures, comptages et pesages ont été aussi effectués au niveau des organes végétatifs et des graines de plusieurs individus par espèce afin d'identifier la variabilité interspécifique. En effet, l'unité architecturale de *Baracoffea* est composée de quatre catégories d'axe présentant une mode de croissance plus ou moins rythmique, ramification latérale et sexualité terminale portée par les rameaux courts. Des différences

significatives sont observées entre ces 3 espèces aussi bien sur les différentes catégories d'axe que sur les graines. Au stade adulte, le tronc A1 de *C. boinensis*, *C. bissetiae* et *C. ambongensis* ont des longueurs¹, diamètres² et nombres³ d'entrenœuds moyens respectivement de : 8.66±5.50cm, 7.47±6.57cm et 6.55±6.33cm¹ (p<0.001); 1.20±0.86cm, 1.45±0.80cm et 1.45±1.11cm² (p<0.005); 22±4, 48±15 et 38±7,6³ (p<0.001). Par ailleurs, les masses¹, les longueurs² et les largeurs³ moyennes des graines de ces trois espèces correspondent respectivement de : 0.29±0.09g, 0.06±0.02g et 0.53±0.13g¹ (p<0.001); 14.32±1.66mm, 6.33±0.46mm et 15.70±1.37mm² (p<0.001); 10.17±0.87mm, 5.68±5.80mm et 11.35±1.19mm³ (p<0.001). Les résultats obtenus comparés à l'architecture de référence du genre *Coffea* permettent de confirmer l'adaptation de *Baracoffea* par rapport au contexte climatique auquel elle a évolué par l'acquisition et modification spatiotemporelle de certains traits morphologiques.

Mots-clés : Caféiers sauvages xérophytiques, *Baracoffea*, Architecture, variabilité, Ankarafantsika, Antsanitia.

Abstract

The group of *Baracoffea* includes 9 endemic deciduous species which are exclusively present in the dry forests of the West coast of Madagascar. They are particularly well adapted to xerophytic conditions. Deforestation and anthropic activities have caused a strong fragmentation of the Malagasy forests and considerably modified the natural forest ecosystems. As a result, nearly 75% of Malagasy species, in particular *Baracoffea*, are classified on the IUCN list as vulnerable, threatened or highly endangered. A better knowledge of these species is essential to facilitate their preservation. However, these species are too little studied apart from their botanical description. The objective of this study is to highlight the development mode and adaptation strategies to drought of three species of *Baracoffea* : *C. boinensis*, *C. bissetiae* and *C. ambongensis*. In the field, the architectural analysis method of Edelin (1984) and Barthélémy (1988) based on the observation of morphological criteria was adopted. Measurements, counts and weighing were also carried out on the vegetative organs and seeds of several individuals per species in order to identify interspecific variability. Indeed, the architectural unit of *Baracoffea* is composed of four categories of axis presenting a more or less rhythmic mode of growth, lateral branching and terminal sexuality carried by the short branches. Significant differences are observed between these 3 species on

the different categories of axis as well as on the seeds. In the adult stage, the A1 trunk of *C. boinensis*, *C. bissetiae* and *C. ambongensis* have mean lengths¹, diameters² and numbers³ of nodes respectively: 8.66 ± 5.50 cm, 7.47 ± 6.57 cm and 6.55 ± 6.33 cm¹ ($p < 0.001$); 1.20 ± 0.86 cm, 1.45 ± 0.80 cm and 1.45 ± 1.11 cm² ($p < 0.005$); 22 ± 4 , 48 ± 15 and 38 ± 7 ,³ ($p < 0.001$). Furthermore, the average masses¹, lengths² and widths³ of the seeds of these three species correspond respectively: 0.29 ± 0.09 g, 0.06 ± 0.02 g et 0.53 ± 0.13 g¹ ($p < 0.001$); 14.32 ± 1.66 mm, 6.33 ± 0.46 mm et 15.70 ± 1.37 mm² ($p < 0.001$); 10.17 ± 0.87 mm, 5.68 ± 5.80 mm et 11.35 ± 1.19 mm³ ($p < 0.001$). The results obtained here and compared to the reference architecture of the *Coffea* genus confirm the adaptation of *Baracoffea* to the climatic context in which it evolved through the acquisition and spatiotemporal modification of some morphological traits.

Keywords : Wild xerophytic coffee trees, *Baracoffea*, Architecture, variability, Ankarafantsika, Antsanitia

Introduction

Le genre *Coffea* L. compte actuellement 124 espèces dont 61 sont présentes à Madagascar (Davis et al., 2006, 2010 ; Davis, 2010, 2011). Il est récemment subdivisé en deux sous-genres selon la caducité ou non de leurs feuilles (Bridson, 1988a ; Davis, 2003 ; Davis et al., 2005 ; Davis et al., 2006) : *Coffea* (à feuille persistante) et *Baracoffea* (à feuille caduque). *Baracoffea* regroupe actuellement 9 espèces endémiques à feuilles caduques qui sont exclusivement présentes dans les forêts sèches de la côte Ouest de Madagascar. Elles sont particulièrement bien adaptées aux conditions xérophytiques. Elles perdent leurs feuilles en saison sèche et ont des stratégies spécifiques de croissance avec une sexualité terminale sur des rameaux courts (uniquement observée chez une seule espèce d'Afrique de l'Est *C. rhamnifolia* et chez certains ex *Psilanthus*) (Davis et al., 2008 ; Leroy, 1996).

A Madagascar, la déforestation et les activités anthropiques ont provoqué une forte

fragmentation de la forêt et modifié considérablement les écosystèmes forestiers naturels. En conséquence, près de 75% des espèces malgaches de caféiers sont classées comme vulnérables, menacées ou fortement menacées de disparition (Davis et al., 2006). Or, *Baracoffea*, fortement menacées d'extinction, sont absentes de la seule collection vivante de caféiers endémiques de Madagascar située à Kianjavato (côte Est). Une meilleure connaissance sur l'adaptation à la sécheresse de ces espèces est indispensable pour faciliter leur préservation, étant donné leur potentialité économique dans le contexte actuel du changement climatique. Davis et al. (2012) prédise une réduction des surfaces cultivables en caféiers au cours des cinquante prochaines années. Pourtant, ces espèces sont trop peu étudiées en dehors de leur description botanique. *Baracoffea* constituent un bon modèle d'étude pour aborder, d'une part, l'architecture (adapté à la sécheresse) et, d'autre part, la variabilité interspécifique (des espèces de basse altitude et de haute altitude).

Afin de caractériser le développement de *Baracoffea* et ses variations morphologiques, deux approches ont été utilisées dans ce présent travail : (i) l'analyse architecturale qualitative (Hallé et al., 1978) qui permet démontrer l'équilibre entre les processus endogènes et l'influence des facteurs environnementaux, et (ii) l'analyse architecturale quantitative relative à la morphologie de différentes entités botaniques (Reffye et al., 1991b) : métamère, unité de croissance et axe. Cette dernière approche vise à comparer les entités botaniques homologues et ensuite dégager les variabilités observées.

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence le mode de développement de trois espèces de *Baracoffea* (*C. boinensis*, *C. bissetiae* et *C. ambongensis*) qui définit leurs stratégies d'adaptation à la sécheresse.

Une hypothèse est avancée dans cette étude, que le mode de développement du sous-genre *Baracoffea* est différent du sous-genre *Coffea*, vu les conditions climatiques d'évolution très différentes.

Matériels et méthodes

Matériels biologiques

Durant la réalisation de ce travail, nous avons utilisé comme matériel biologique trois (3) espèces suivantes : *C. boinensis*, *C. bissetiae* et *C. ambongensis* ; appartenant à la famille des RUBIACEAE, au genre *Coffea* et au sous-genre *Baracoffea*.

Milieu d'étude

La présente étude a été réalisée durant une saison humide, dans deux (2) sites différents au sein de la Région de Boeny (fig. 1), à savoir : (i) Parc National Ankarafantsika (situé au sud et à 114km de la ville de Mahajanga) et (ii) Antsanitia (situé au Nord-Est et à environ 25km de la ville de Mahajanga).

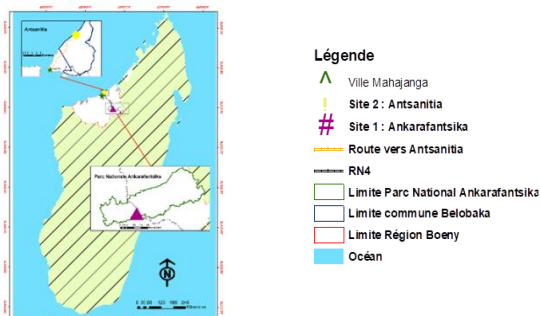


Figure 1 : Cartographie des sites d'étude (Source : auteur, 2021)

Analyse architecturale

L'architecture d'une plante peut être définie comme l'agencement topologique et géométrique de ses différentes parties. Elle est l'expression d'un équilibre entre les processus endogènes de croissance et les contraintes exogènes exercées par l'environnement (Barthélemy, 1991). L'analyse architecturale est fondée sur l'observation des quatre (4) critères morphologiques suivants (Edelin, 1984 ; Barthélemy, 1988) : le mode de croissance, le mode de ramification, la différenciation morphologique des axes et la position de la sexualité.

Détermination des traits morphologiques

Elle est basée sur l'observation, photographie et dessin des quatre traits morphologiques, précédemment décrit, des espèces étudiées. Cette analyse ne concerne que la partie aérienne de la plante. Cinq (5) individus ou plus par espèce et par stade de développement (depuis la germination jusqu'au stade adulte) ont été choisis pour faire l'objet de cette diagnose. Au total 65 individus ont été analysés (Tabl.1).

Mensuration des entités botaniques et de graines

Il s'agit d'effectuer des mensurations de plusieurs individus par espèce et par stade de développement. La longueur de l'entrenœud est mesurée entre les cicatrices foliaires ; et son diamètre est mesuré à la base au-dessus de l'insertion des rameaux. Ces différentes mesures ont été faites, de la base au sommet, sur les différentes catégories d'axes, à savoir : tronc (A1), branches (A2), rameaux (A3) et rameaux-courts

(A4). Les 65 individus précédemment analysés font également l'objet de cette mensuration (Tabl. 1).

En effet, 317 graines issues de trois (3) espèces ont été mesurées et pesées (tabl. 1). La longueur et largeur de graines ont été mesurées à l'aide d'un pied à coulisse ; et sa masse est pesée à l'aide d'une balance électronique à précision.

Tableau 1 : Échantillons d'individus observés et mesurés pour l'analyse architecturale

Site	Espèce	Stade de développement				Effectif	Graine
		S1	S2	S3	S4		
Ankarafantsika	<i>C. boinensis</i>	6	7	3	9	25	222
	<i>C. bissetiae</i>	7	7	6	6	26	69
Antsanitia	<i>C. ambongensis</i>	3	3	0	8	14	26

S1 : Stade 1 ; S2 : Stade 2 ; S3 : Stade 3 et S4 : Stade 4

Analyse statistique

La statistique descriptive a été utilisée pour décrire les valeurs moyennes de longueurs, de nombre et de diamètres des entrenœuds ; et de longueur, de largeur et de masse des graines obtenues. Elle nous a décrit également les écart-types.

Le test de Shapiro Wilk nous a permis de vérifier la normalité de la distribution des échantillons d'entrenœuds et de graines. La distribution est dite normale si la valeur de p-value est supérieure à 0,05. Inversement, c'est-à-dire p-value inférieur à 0,05 : la distribution ne suit pas la loi normale.

Le test de Kruskal-Wallis nous permet de comparer le médian de trois (3) ou plus échantillons non-appariés. Il s'agit d'un test non-paramétrique. Si la valeur de p-value est inférieure à 0,05, les deux échantillons indépendants proviennent d'une population

différente. A l'inverse, si la valeur de p-value est supérieure à 0,05, on considérera que les deux échantillons proviennent de la même population.

Toutes ces analyses ont été effectuées avec le MS Excel, le logiciel R.4.1.1 et RStudio 2021.09.0.

Résultats

Observations morphologiques

L'analyse architecturale permet de décrire les caractères morphologiques définissant le mode de croissance et ramification, les types d'axes et floraisons, et la différenciation morphologique des axes et phyllotaxie. Chez les espèces de *Baracoffea* étudiées, *C. boinensis*, *C. bissetiae* et *C. ambongensis* ont de :

Modes de croissances : la croissance peut être définie ou indéfinie selon les types d'axes. C'est-à-dire que le méristème apical a la capacité de fonctionner ou non indéfiniment. Au niveau du tronc, branches et les rameaux elle est indéfinie. Le développement et la croissance des nouveaux organes n'empêchent pas le fonctionnement du méristème apical. Inversement, elle est définie au niveau des rameaux-courts, le méristème apical se transforme en fleur et bloque toute activité de croissance.

Chez tous les types d'axes, la croissance est plus ou moins rythmique. Le méristème apical du tronc ainsi que les branches présentent une alternance régulière de phases d'activité et de repos. Cette phase de repos se traduit par le rapprochement des entrenœuds au niveau de l'axe principal et des branches. Rappelons que la portion d'axe émise durant une période

d'allongement s'appelle une unité de croissance (Figure 1).

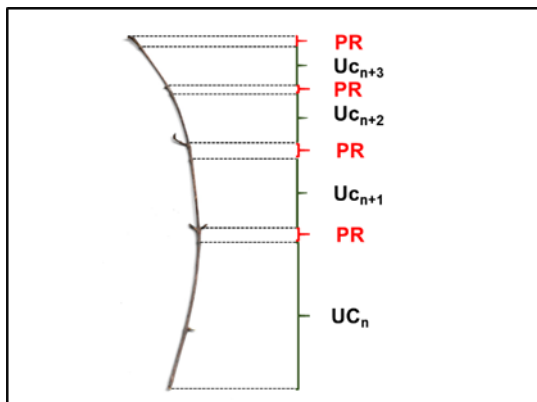


Figure 1 : Croissance rythmique. (Légende : UC : unité de croissance ; PR : phase de repos.)

Modes de ramifications : La partie caulinare est constituée de types d'axe bien hiérarchisés par ramification. La ramification est latérale (Figure 2a), immédiate et continue (Figure 2b) ou diffuse. C'est-à-dire que le développement des rameaux se fait à partir des méristèmes axillaires et que tous les nœuds, (1) les bourgeons latéraux développent des rameaux ou (2) qu'il n'y a pas de mode d'arrangement particulier des rameaux sur l'axe porteur. Le système qui en résulte est monopodial.

Ordre de ramification : après analyse, 4 ordres de ramification, ont été notés : A1, A2, A3, et A4. L'axe issu de la germination (axe épicotyle) est appelé axe d'ordre 1 ou le tronc, il porte des branches qui sont d'ordre 2, elles-mêmes portent des rameaux d'ordre 3, ces rameaux portent des rameaux-courts d'ordre 4.

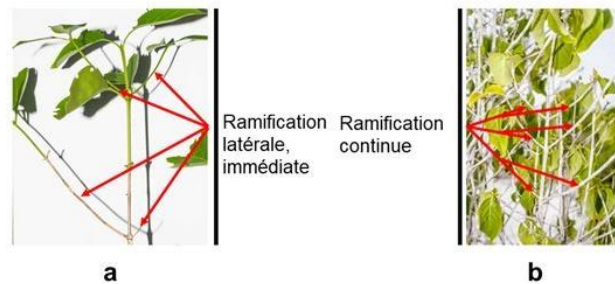


Figure 2 : Modes de ramification. a : ramification latérale et b : ramification continue

Différenciations morphologiques des axes :

en général, le tronc a une direction de croissance verticale ou orthotrope et les branches ont des directions de croissances horizontale ou oblique, appelé plagiotrope. Mais les branches peuvent être aussi orthotrope quand elles se développent à partir des bourgeons surnuméraires.

Positionnement de la sexualité : elle est entièrement terminale portée par les rameaux courts (Figure 3a, b, c). En effet, il y a transformation des méristèmes apicaux des rameaux courts en fleurs. Cette transformation n'entraîne ni l'arrêt de croissance primaire, ni l'arrêt de l'émission des nouveaux organes des axes d'ordre inférieur, c'est-à-dire A1, A2 et A3.

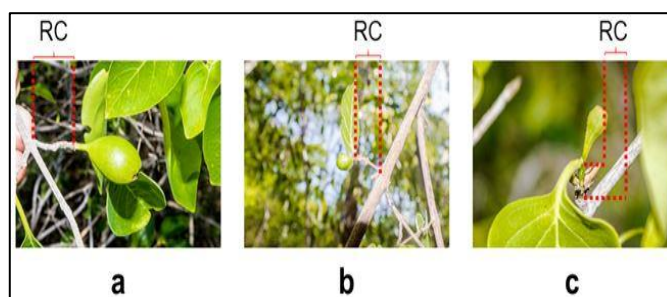


Figure 3 : Sexualité terminale portée par les rameaux-courts. a : sexualité de *C. boinensis* ; b : sexualité de *C. bissetiae* et c : sexualité de *C. ambongensis*. (Légende : RC : rameau-court.)

Variation interspécifique des axes végétatifs

Les comparaisons des distributions, réalisées par le test de kruskal-wallis, sont présentées par les lettres a, b et c. Pour chaque catégorie d'axes (A1, A2 et A3), lorsque la lettre change d'une population à l'autre, les distributions correspondantes sont significativement différentes au seuil de 5%. Les moyennes calculées sont indiquées avec leur écart-type (moyenne ± écart-type).

Variation de la longueur moyenne des entrenœuds en fonction de l'ordre de ramification des axes au stade 4 de développement

Tableau 2 : Longueur moyenne des entrenœuds (en cm) en fonction de l'ordre de ramification des axes au stade de développement 4.

Stade 4	<i>C. boinensis</i>	<i>C. bissetiae</i>	<i>C. ambongensis</i>	Signification
A1	8,66 (±5,50) a	7,47 (±6,57) b	6,55 (±6,33) c	P<0,001***
A2	5,66 (±3,50) a	4,40 (±2,43) b	3,33 (±2,43) c	P<0,001***
A3	4,44 (±2,42) a	3,51 (±2) b	2,42 (±1,90) c	P<0,001***

Les comparaisons de médiane réalisées par le test de Kruskal-Wallis au seuil de risque de 5% ont montré une différence significative entre les longueurs des entrenœuds des catégories d'axe de *C. boinensis*, *C. bissetiae* et *C. ambongensis* (Tabl. 2). En effet, *C. boinensis* ont des longueurs moyennes des entrenœuds plus importantes par rapport aux autres espèces.

Variation du diamètre moyen des entrenœuds en fonction de l'ordre de ramification des axes au stade 4 de développement

Il y a une différence significative entre les diamètres des catégories d'axe de *C. boinensis*, *C. bissetiae* et *C. ambongensis* (tabl. 3). Au niveau du tronc, *C. bissetiae* a le diamètre moyen

d'entre-nœud plus important. Pour les branches et les rameaux, *C. ambongensis* ont les diamètres moyens supérieurs aux autres espèces.

Tableau 3 : Diamètre moyen des entrenœuds (en cm) en fonction de l'ordre de ramification des axes au stade de développement 4.

Stade 4	<i>C. boinensis</i>	<i>C. bissetiae</i>	<i>C. ambongensis</i>	Signification
A1	22 (±4) b	48 (±15) a	38 (±7,6) a	P<0,001***
A2	8,54 (±3,7) b	15,03 (±5,79) a	14,93 (±7,81) a	P<0,001***
A3	4,63 (±2,40) b	10,53 (±4,40) a	9,88 (±5,29) a	P<0,001***

Variation du nombre moyen des entrenœuds en fonction de l'ordre de ramification des axes au stade 4 de développement

D'après les comparaisons effectuées, il y a une différence significative entre le nombre d'entrenœud des catégories d'axe de *C. boinensis*, *C. bissetiae* et *C. ambongensis* (tabl. 4). Ainsi, *C. boinensis* ont le nombre d'entrenœud réduit pour chaque catégorie d'axe comparé aux autres espèces.

Tableau 4 : Nombre moyen des entrenœuds en fonction de l'ordre de ramification des axes au stade de développement 4.

Stade 4	<i>C. boinensis</i>	<i>C. bissetiae</i>	<i>C. ambongensis</i>	Signification
A1	22 (±4) b	48 (±15) a	38 (±7,6) a	P<0,001***
A2	8,54 (±3,7) b	15,03 (±5,79) a	14,93 (±7,81) a	P<0,001***
A3	4,63 (±2,40) b	10,53 (±4,40) a	9,88 (±5,29) a	P<0,001***

Variation de la masse, longueur et largeur moyenne des graines

Les masses, longueurs et largeurs moyennes des graines de *C. boinensis*, *C. bissetiae* et *C. ambongensis* sont montrées dans le Tableau 5 suivant. Les comparaisons des distributions, réalisées par le test de kruskal-wallis, sont présentées par les lettres a, b et c. Pour chaque masse ou longueur ou largeur des graines, lorsque la lettre change d'une population à l'autre, les distributions correspondantes sont significativement différentes au seuil de 5%. Les

moyennes calculées sont indiquées avec leur écart-type (moyenne \pm écart-type).

Les comparaisons de médiane réalisées par le test de Kruskal-Wallis au seuil de risque de 5% ont montré une différence significative entre les masses, longueurs et largeurs des graines de *C. boinensis*, *C. bissetiae* et *C. ambongensis*. En effet, *C. ambongensis* ont des masses, longueurs et largeurs des graines plus élevées comparé aux autres espèces.

Tableau 5 : Masse, longueur et largeur moyenne des graines

	Masse (g)	Longueur (mm)	Largeur (mm)
<i>C. boinensis</i>	0,29 ($\pm 0,09$) b	14,32 ($\pm 1,66$) b	10,17 ($\pm 0,87$) b
<i>C. bissetiae</i>	0,06 ($\pm 0,02$) c	6,33 ($\pm 0,46$) c	5,68 ($\pm 0,80$) c
<i>C. ambongensis</i>	0,53 ($\pm 0,13$) a	15,70 ($\pm 01,37$) a	11,35 ($\pm 1,19$) a
Seuil de signification	P<0,001***	P<0,001 ***	P<0,001***
Classement	a > b > c		

Discussion

L'analyse architecturale a été faite pour caractériser les modalités de croissances et ramifications, les positionnements des sexualités et les variabilités intra-ou interspécifiques entre les trois (3) espèces de *Baracoffea*. Ce dernier est très peu présenté dans l'étude architecturale.

Ainsi, le tronc de *C. ambongensis*, *C. boinensis* et *C. bissetiae* est un monopode orthotrope à croissance rythmique. Les branches ont également une croissance rythmique à direction de croissance oblique. La ramification est latérale, immédiate et continue ou diffuse. Les fleurs ou fruits sont toujours portés par les rameaux courts en position terminale. En effet, ces rameaux courts peuvent s'insérer directement aux branches et aux rameaux. Alors, le

développement floral de ces espèces n'affecte pas la croissance des types d'axes autres que les rameaux courts. Du point de vue architecturale, ces résultats diffèrent nettement de ceux d'Andrianasolo (2012) sur *Mascarocoffea* au niveau des modalités de croissance et les positions des sexualités, qui sont : continue et latérale chez *Mascarocoffea*. Ces différences s'expliquent sur la stratégie d'adaptation à la sécheresse du sous-genre *Baracoffea* par rapport au sous-genre *Coffea*. Ali et al. (2007) a montré l'impact de la sécheresse sur la croissance de trois (3) espèces forestières en Tunisie (*Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinea* L. et *Pinus pinaster* sol.). Ces mêmes auteurs ont conclu que : plus le climat devient plus sec, plus les arbres développent une stratégie d'adaptation à la sécheresse tout en augmentant leurs capacités de réserve pendant l'automne et tout en arrêtant leurs croissances plus précocement avant l'arrivée de la sécheresse estivale. L'activité rythmique du méristème est un phénomène commun à d'autres espèces d'origine tempérée comme le Charme (Champagnat et al., 1961), le Hêtre (Formard, 1982), le Bigaradier (Nozeran et al., 1983) ou le Pommier (Zanette, 1991) ; et des espèces d'origine tropicale (Comte, 1993 ; Scaronne, 1969) dans des conditions naturelles de croissance.

L'étude de variabilité interspécifique a permis de dégager les différences de taille des axes végétatifs et des graines de ces trois espèces. En effet, *C. bissetiae* a le tronc le plus développé en termes de hauteur avec en moyenne 48 ± 15 nombres d'entrenœud contre 22 ± 4 pour *C. boinensis* et $38 \pm 7,57$ pour *C. ambongensis*. Ceci

est dû à la compétition pour la lumière car *C. bissetiae* se trouve avec des grands arbres au fond des vallées où la pénétration de la lumière est presque nulle. Les deux autres espèces vivent dans des milieux plus ou moins ouverts. Concernant les graines, que ce soit en masse ou en longueur ou en largeur, *C. ambongensis* a la valeur plus importante : *C. ambongensis* > *C. boinensis* > *C. bissetiae*. Cette distinction confirme bien la description générale de l'espèce donnée par Kew : "*C. ambongensis* ont les plus gros grains de café du monde, étant deux fois plus gros que ceux du *C. arabica*" (www.powo.science.kew.org). Ces différentes variations interspécifiques (au niveau des axes végétatifs et au niveau des graines) ont été aussi observées chez *Mascarocoffea* (Andrianasolo, 2012) et beaucoup d'autres espèces telles que *Juglans regia* L., *Juglans nigra* L. et de deux noyers hybrides interspécifiques (Sabatier, 1999).

Conclusion

Au terme de cette étude, l'analyse architecturale nous a permis de connaître le mode de développement et le mode de croissance de trois espèces de *Baracoffea* à savoir : *C. boinensis*, *C. bissetiae* et *C. boinensis*. Cette analyse révèle que l'expression complète de l'unité architecturale est composée de quatre (4) catégories d'axe (tronc, branches, rameaux et rameaux-courts). Le tronc est un monopode orthotrope à croissance indéfinie, rythmique et à ramification immédiate, continue ou diffuse ; avec phyllotaxie opposée décussée. Les branches ont des directions de croissance horizontale ou oblique à croissance similaire au tronc, des

sexualités terminales portées par les rameaux-courts et phyllotaxie opposée décussée avec disposition secondaires des feuilles. En outre, des variations de tailles ont été notées entre ces trois (3) espèces aussi bien sur les différentes catégories d'axes que les graines.

L'architecture de ces trois espèces se différencie des autres espèces de caféiers du sous-genre *Coffea* par son mode de croissance rythmique et floraison terminale portée par les rameaux-courts. Ces résultats permettent de confirmer l'adaptation de *Baracoffea* par rapport au contexte climatique auquel elle a évolué par l'acquisition et modification spatiotemporelle de certains traits morphologiques. En effet, l'hypothèse avancée dans cette recherche est acceptée. L'étude de diversité génétique de ces trois (3) espèces fera l'objet de nos prochains travaux dans le parc national d'Ankarafantsika et à Antsanitia en vue de leur valorisation et leur préservation.

Références bibliographiques

- Ali, E.K., G.H Claude, B. Sadok et K. Abdelhamid (2007). L'impact de la sécheresse sur la croissance de trois espèces forestières en Tunisie (*Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinea* L. et *Pinus pinaster* sol.). *Sécheresse*, **18**(2) : 1-9. Doi : 10.1684/sec.2007.0074.
- Andrianasolo, D.N. (2012). *Génétique des populations et modèles d'architecture et de production végétale. Application à la préservation des ressources génétiques des Mascarocoffea*. SIBAGHE, Université de Montpellier II, France. Thèse de doctorat biologie des organismes. 208 pages.
- Barthélémy, D. (1988). *Architecture et sexualité chez quelques plantes tropicales : le concept de floraison automatique*. Thèse de doctorat. USTL, Université de Montpellier, France. 262 pages.
- Champagnat, P., S. Allary et A.M. Randier (1961). La ramification de la pousse herbacée du Charme et

- le problème des rameaux anticipés et des pousses de la St-Jean. *Bulletin de la Société Botanique de France*, **108** : 81-92.
- Comte, L. (1993). *Rythmes de croissance et structures spatiales périodiques d'arbres tropicaux. Exemple de cinq espèces de forêt équatoriale*. Thèse de Doctorat. USTL, Université de Montpellier II, France. 449 pages.
- Bridson, D.M. (1988a). *Coffea. Flora of tropical east Africa, Rubiaceae*, **2** : 415–474.
- Davis, A.P. (2011). *Psilanthus mannii*, the type species of *Psilanthus*, transferred to *Coffea*. *Nordic Journal of Botany*, **29** : 471–472.
- Davis, A.P. (2010). Six species of *Psilanthus* transferred to *Coffea* (Coffeaceae, Rubiaceae). *Phytotaxa*, **10** : 41–45.
- Davis, A.P., F. Rakotonasolo, and P. De Block (2010). *Coffea toshii* sp. nov. (Rubiaceae) from Madagascar. *Nordic Journal of Botany*, **28** : 134–136.
- Davis, A.P., and F. Rakotonasolo (2008). A taxonomic revision of the baracoffea alliance : nine remarkable *Coffea* species from western Madagascar. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **158** : 355–390.
- Davis, A.P., R. Govaerts, D.M. Bridson and P. Stoffelen (2006). An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, **152** : 465–512.
- Davis, A.P., D.M. Bridson, F. Rakotonasolo, R.C. Keating, V.C. Hollowell and Croat T. (2005). A re-examination of *Coffea* subgenus *Baracoffea* and comments on the morphology and classification of *Coffea* and *Psilanthus* (Rubiaceae–Coffeaceae). *Monographs in Systematic Botany*, **104** : 398–420.
- Davis, A.P. (2003). A new combination in *Psilanthus* (Rubiaceae) for Australia, and nomenclatural notes on *Paracoffea*. *Novon*, **13** : 182–184.
- Edelin, E. (1984). *L'architecture monopodiale : exemple de quelques arbres d'Asie tropicale*. Thèse d'Etat. USTL, Université de Montpellier, France. 255 pages.
- Fromard, L. (1982). *Croissance rythmique et variabilité chez le Hêtre (Fagus sylvatica L.)*. Mémoire de DEA. Université de Clermont-Ferrand II, France. 53 pages.
- Hallé, F., R.A.A. Oldeman and P.B. Tomlinson (1978). *Tropical trees and forest : An architectural analysis*. Springer Verlag, Berlin, 441 pages.
- Leroy, J.F. (1994). Biogéographie : quelques grands faits relatifs à la flore angiospermiennne de Malgache. *Biogéographie de Madagascar*. ORTSOM, Paris : 59-71.
- Nozeran, R., S. Demni, S. Bouzid et Rossignol-Bancilhon L. (1983). Analyse du comportement morphogénétique de jeunes bigaradiers (*Citrus aurantium* L., Rutacées). *Bulletin de la Société Botanique de France*, Lettres Botaniques, **130**(2) : 109-129.
- De Reffye, P., E. Elguero and E. Costes (1991). Growth units construction in trees : a stochastic approach. *Acta Biotheorica*, **39** : 325-342.
- Sabatier, S.A. (1999). *Variabilité morphologique et architecturale de deux espèces de Noyers : Juglans regia L., Juglans nigra L. et de deux noyers hybrides interspécifiques*. Thèse de doctorat en Biologie des organismes, Université de Montpellier II, France.. 225p.
- Scarrone, F. (1965). *Recherches sur les rythmes de croissance du manguier et de quelques végétaux ligneux malagasy*. Thèse de doctorat en Sciences Naturelles. Université de Clermont-Ferrand, France. 438p.
- Zanette, F. (1981). *Recherches descriptives et expérimentales sur la morphogenèse des systèmes aériens et racinaires de quelques porte-greffes de pommier*. Thèse de Docteur-Ingénieur, Université de Clermont-Ferrand II, France, 159 p.
<https://www.powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:g:names:77094703-1>