ANALYSE ARCHITECTURALE DE *BARACOFFEA* (RUBIACEAE) EN VUE D'ANTICIPER AU CHANGEMENT CLIMATIQUE. CAS DE *COFFEA GREVEI* SOUS-ESPÈCE *MAHAJANGENSIS* DAVIS & RAKOTONASOLO

BEZANDRY Rickarlos [1], VAVITSARA Marie Elodie [2], SABATIER Sylvie Annabel [3]

*(**1**) Université de Mahajanga / Ecole Doctorale Ecosystèmes Naturels (EDEN)*
*(**2**) Université de Mahajanga / Faculté des Sciences de Technologies et de l'Environnement*
*(**3**) UMR AMAP CIRAD, Montpellier, France*
Adresse e-mail de l'intervenant : richarlos@hotmail.fr ; Tél. : +261 32 63 043 09 / +261 34 50 287 95

Résumé

Dans le contexte actuel d'accélération du changement climatique, l'étude des mécanismes d'adaptation à la sécheresse est primordiale pour la conservation des espèces et en particulier pour l'amélioration des espèces cultivées de caféiers. A ce stade, *Baracoffea* émergent un intérêt botanique et économique, regroupant les caféiers sauvages xérophytiques endémiques. Ils présentent des caractéristiques morphologiques d'adaptation à la sècheresse, telle que la caducité des feuilles, vivant exclusivement dans les forêts sèches de la côte Ouest de Madagascar. Néanmoins, à cause des activités anthropiques, ces caféiers sauvages sont classés « En danger » sur la liste de l'UICN. Ainsi, peu de recherches approfondies se sont orientées vers ce groupe des caféiers d'après l'étude faite par Davis et al. (2006). D'où l'intérêt de comprendre le développement et la croissance de ces ressources biologiques avant leurs disparitions. De ce fait, l'objectif du présent travail est de déterminer le modèle architectural ainsi que les paramètres architecturaux de *Coffea grevei* sous-espèce *mahajangensis* présent dans le Parc National d'Ankarafantsika afin de comprendre leurs traits adaptatifs à la sècheresse. Une hypothèse est avancée dans cette étude que, le mode de croissance et de développement du sous-genre *Baracoffea* sont différents de ceux du sous-genre *Coffea*, vu son caractère spécifique de caducité. Nos méthodes se sont basées sur des observations, des photographies, des dessins et des mensurations des individus de cette espèce aux différents stades de développement dans son habitat naturel. Les données recueillies durant l'observation sur terrain, notamment les paramètres architecturaux sont enregistrés et analysés dans le logiciel MS Excel. Il ressort de cette étude que le modèle architectural de *Coffea grevei* sous-espèce *mahajangensis* correspond au modèle combinant de ROUX et d'ATTIMS. En outre, la longueur et le diamètre des entrenœuds diminuent avec l'âge de l'axe. Avec 12,94 cm de long pour l'axe A1 et 6,39 cm pour l'axe A3. Le diamètre est de 3,88 cm pour l'axe A1 et 1,13 cm pour l'axe A3. Les feuilles ont une longueur moyenne de 10,3 cm et 4,3 cm de large. Toutes les structures morphologiques ressortant du présent travail sont fonctionnelles, permettant une exploitation optimale du milieu auquel ils sont liés, comme chez certaines espèces végétales qui vivent en sous-bois. Des recommandations ont été avancées pour la conservation des *Baracoffea* et pour l'avenir de caféiculture à Madagascar. D'une manière générale, cette étude contribue à la valorisation et à la conservation de la biodiversité, permettant ainsi de promouvoir un meilleur développement durable.

Mots-clés : Caféiers sauvages endémiques, *Baracoffea*, Architecture, Ankarafantsika.

Abstract

In the current context of accelerating climate change, the study of drought adaptation mechanisms is essential for species conservation and in particular for the improvement of coffee crop species. At this stage, *Baracoffea* emerge a botanical and economic interest, regrouping endemic xerophytic wild coffee trees. They have morphological adaptation characteristics to dryness, such as the caducity of leaves, living exclusively in the dry

forests of the West coast of Madagascar. Yet, because of anthropogenic activities, these wild coffee trees are classified as "Endangered" on the IUCN list. In that respect, little in-depth research has been done on this group of coffee trees according to the Davis and *al*. (2006) study. Hence the interest in understanding the development and growth of these biological ressources prior to their disappearance. Hence, the aim of this thesis is to determine the architectural model and architectural parameters of *Coffea grevei* sbsp. *mahajangensis* existing in Ankarafantsika National Park in order to understand their adaptive traits to drought. One hypothesis is put forward in this study that, the mod of growth and development of the *Baracoffea* subgenus is different from that of the *Coffea* subgenus, in view of its specific character of caducity. Our methods were based on observations, photographs, drawings and measuring the individuals of this specie at the different development stages in its natural habitat. The data collected during the field observation, in particular the architectural parameters, are recorded and analysed in MS excel. It appears from this study that the architectural model of *Coffea grevei* sbsp*. mahajangensis* corresponds to the combined model of ROUX and ATTIMS. In addition, the length and diameter of the internodes decrease with the axis age. With a length of 12.94 cm for axis A1 and 6.39 cm for axis A3. The diameter is 3.88 cm for axis A1 and 1.13 cm for axis A3. Leaves average were 10.3 cm long and 4.3 cm wide. All the morphological structures emerging from this work are functional, allowing optimum exploitation of the environment to which they are linked, as in some plant species that live in the undergrowth. Recommendations have been advanced for the conservation of *Baracoffea* and for the future of the coffee cultivation in Madagascar. In general terms, this study contributes to the valorisation and conservation of biodiversity, thus allowing to promote a better sustainable development.

Keywords: Endemic wild coffee, *Baracoffea*, Architecture, Ankarafantsika.

Introduction

Madagascar est un pays composé de 24,2 millions d'habitants dont 72 pour cent sont des agriculteurs (Fao, 2005). Les activités agricoles de base sont les cultures de rentes après les cultures vivrières (notamment, le café, le girofle, la vanille, le cacao etc.). Elles dominent surtout la partie orientale, le nord et l'ouest de l'île (http://www.fao.org ; Fao, 2005). Dans cette optique, le café est la principale source de devise après la vanille occupant le quatrième rang en termes de valeur des exportations après la vanille, le girofle et le poivre (Enev, 2017). La caféiculture est assurée par deux cultivars à Madagascar : le robusta (*Coffea canephora* A.Froehner) et l'Arabica (Coffea *arabica* L.). Elles sont exclusivement introduites et sont mondialement importantes (Razafinarivo et al., 2013 ; http://www.ico.org/).

Autres que les espèces cultivées, Madagascar est un sanctuaire des caféiers sauvages. Sur les 124 espèces inventoriées dans le monde, 61 y sont présentes (Davis, 2010, 2011 ; Davis et al., 2006, 2011). Le genre *Coffea* est subdivisé en deux sous-genres (Bridson, 1988 ; Davis *et* al., 2006) : le sous-genre *Coffea* (à feuille persistante) et le sous-genre *Baracoffea* (à feuille caduque). Ce dernier regroupe 9 espèces endémiques xérophytiques ayant des caractéristiques morphologiques d'adaptations à la sècheresse, comme la chute des feuilles pendant la saison sèche. Ils sont présents exclusivement dans les forêts sèches de la côte Ouest de Madagascar (Davis et al., 2008). Le sous-genre *Baracoffea* présente ainsi un intérêt économique et botanique potentiel dans le contexte du changement climatique actuel à cause de leurs caractéristiques d'adaptations à la sècheresse. Par ailleurs, les

modèles de simulation intégrant l'augmentation de la température prédisent une réduction des surfaces cultivables en caféier Arabica au cours des 50 prochaines années (Davis et al., 2012).

Néanmoins, l'expansion agricole et l'exploitation commerciale de bois ont provoqué une forte fragmentation de la forêt et modifié considérablement les écosystèmes forestiers naturels (Terra et Ucl., 2017). Une des conséquences directes est que près de 75% des espèces malgaches de caféiers et en particulier le sous-genre *Baracoffea* sont classées vulnérables, menacées ou fortement menacées de disparition sur la liste de l'UICN (Davis et al., 2006). Or, ces caféiers, fortement menacées d'extinction, sont absents de la seule collection vivante de caféiers située à Kianjavato (côte Est) (http://biodiversite-ecovalorisation-madagascar.e-monsite.com). Ainsi, peu de recherches approfondies se sont orientées vers ce groupe des caféiers (Davis et al., 2006). Il est donc indispensable de mieux comprendre le développement et la croissance de ces ressources biologiques afin d'anticiper sur leur intérêt potentiel et sur la mise en place de recommandations pour leur conservation.

Une des espèces du sous-genre *Baracoffea* endémique de la province de Mahajanga fait l'objet du présent travail. Il s'agit de *Coffea grevei* sous-espèce *mahajangensis* A.P. Davis & Rakotonas. C'est une nouvelle sous-espèce du sous-genre *Baracoffea.*

Cette recherche a pour objectif global de déterminer les modèles architecturaux du sous-genre *Baracoffea*, plus précisément l'espèce *Coffea grevei* sous-espèce. *mahajangensis* présent dans le Parc National d'Ankarafantsika.

Une hypothèse est avancée dans cette étude, que le mode de croissance et développement du sous-genre *Baracoffea* sont différents de ceux du sous-genre *Coffea,* vu son caractère spécifique de caducité.

Matériels et Méthodes

Matériel biologique

Durant la réalisation de ce travail, nous avons utilisé comme matériel biologique l'espèce *Coffea grevei* sous-espèce *mahajangensis*.

Milieu d'étude

L'étude a été faite dans la partie Nord-Ouest de Madagascar, notamment dans le Jardin Botanique A (JBA) du Parc National d'Ankarafatsika (district de Marovoay, région Boeny, Province de Mahajanga) (Figure 1). Le Parc National d'Ankarafantsika est situé à 114 km de la ville de Mahajanga et à 450 km d'Antananarivo en suivant la RN4. Ses coordonnées géographiques se situent entre 16° 00' et 16° 19' de la latitude Sud et 46° 34' et 47° 17' de longitude Est, avec une altitude qui varie entre 30 à 380 m. Elle couvre environ 130 000 ha.

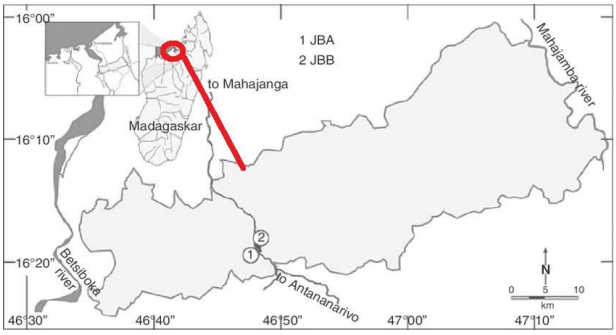

Figure 1 **:** Localisation de la zone d'étude **(**Heck et al., 2016.)

Détermination des traits architecturaux

Il s'agit brièvement d'observer, de photographier et de dessiner les différents traits morphologiques

de l'espèce étudiée. Cinq individus par différents stades de développement ont été choisis pour faire l'objet d'observations. Les observations ne concernent que la partie aérienne de la plante. Les critères de description et d'analyse architecturale à observer sont les suivantes : les modes de croissances, les modes de ramifications, les différenciations morphologiques des axes et la position de la sexualité. En outre, d'autres caractères morphologiques observables peuvent s'ajouter, comme la symétrie des axes, la phyllotaxie et la forme des feuilles, pour obtenir une diagnose plus complète.

Détermination des paramètres architecturaux

Cette méthode consiste à faire des mensurations sur plusieurs individus de l'espèce étudiée. 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 sur les différentes catégories d'axes, à savoir : axe d'ordre 1 (A1), axe d'ordre 2 (A2) et axe d'ordre 3 (A3).

Pour la feuille, la longueur se mesure de la base du pétiole au sommet de la feuille et la largeur correspond à la plus grande largeur.

Détermination du modèle architecturale

La détermination du modèle architectural est basée surtout sur quatre (4) principaux traits morphologiques selon Hallé et Oldeman en 1970, Hallé et al. (1978) et Jeannoda (1977). Ces caractères morphologiques sont : le mode de croissance, le mode de ramification, la différenciation morphologique des axes et la position de la sexualité. Ils peuvent se combiner différemment, mais, pourraient se résumer seulement à une vingtaine de modèles appelés « modèles architecturaux ».

Chaque modèle architectural représente une stratégie de croissance élaborée par les plantes dans des conditions écologiques stables et non contraignantes, de sa germination à sa floraison.

Traitement de données

Les données obtenues durant les observations sur terrain, notamment, les paramètres architecturaux ont été enregistrés et analysés dans le logiciel MS Excel. Les longueurs et les diamètres moyens des entrenœuds chacune des catégories d'axes ont été déterminés : A1, A2 et A3.

Résultats

Traits architecturaux

Les traits architecturaux ressortant de cette présente étude sont résumés dans le tableau 1 ci-après. Le tableau représente le diagramme architectural ou l'unité architecturale de l'espèce étudiée.

Tableau 1 : diagramme architectural de *Coffea grevei* sous-espèce *mahajangensis*

	TRONC	BRANCHES
Modalité de croissance	Croissance indéfinie	Croissance indéfinie
Symétrie des axes	Symétrie orthotropes	Symétrie plagiotropes, orthotropes
Phyllotaxie	Opposé décussée	Opposé simple
Ramification	Ramification latérale, diffuse, immédiate, acrotonie	Ramification latérale, diffuse, immédiate, acrotonie
	Ramification monopodiale	Ramification monopodiale
Sexualité	Sexualité latérale	Sexualité latérale, terminale

Modèle architectural

Le tronc orthotrope présente une ramification latérale, diffuse, immédiate et forme des étages de

branches plagiotropes. Le système ramifié est monopodial combinant des branches à axes orthotropes (issu des bourgeons surnuméraires) et plagiotropes. La sexualité est essentiellement latérale. Ainsi, on peut déduire que *Coffea grevei* sous-espèce *mahajangensis* correspond au modèle combinant de ROUX (fig.2, à gauche) et de celui d'ATTIMS (fig. 2, à droite).

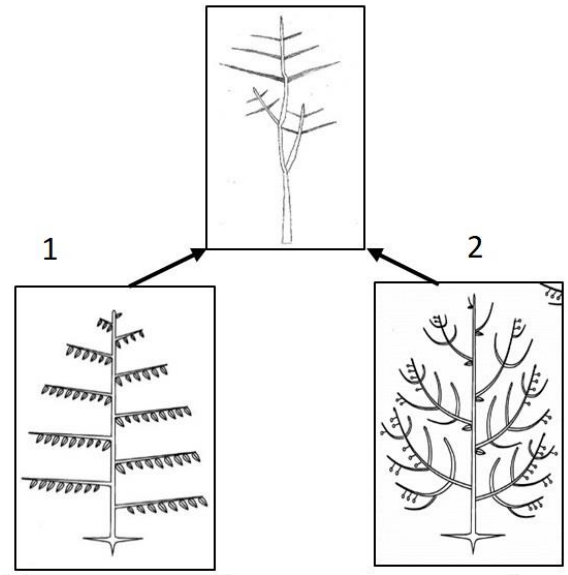

Figure 2 **:** Représentation graphique des traits morphologiques déterminant le modèle architectural de *C. grevei* sbsp. *Mahajangensis* (à gauche **:** Modèle de Roux; à droite **:** Modèle d'Attims). Source **:** Auteur (2020).

Paramètres architecturaux

Longueur moyenne des EN

La longueur moyenne des entrenœuds est liée à deux (2) paramètres, qui sont : le numéro d'ordre d'axe et le stade de développement. Pour les cinq (5) individus d'une même espèce qui ont été mesurés, la longueur moyenne des entrenœuds varie d'un individu à l'autre. Mais toutefois, elles sont toutes influencées par les numéros d'ordres d'axes. En effet, les axes d'ordres 1 (A1 = 12,94 cm) ont des longueurs plus importantes par rapport aux axes d'ordres plus anciens telles que les axes d'ordres 2 (A2 = 8,11 cm) et les axes d'ordres 3 (A3 = 6,39 cm). (Figure 3).

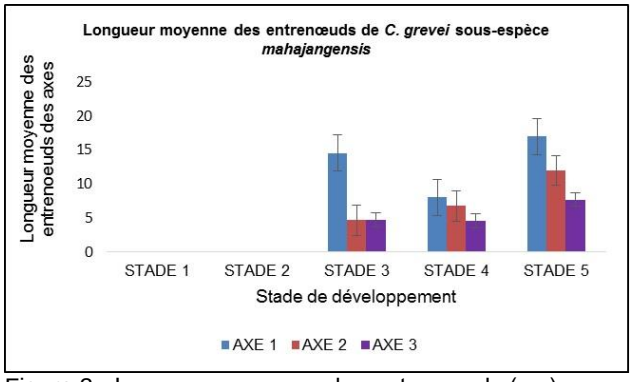

Figure 3 **:** Longueur moyenne des entrenœuds (cm) pour chaque type d'axe en fonction du stade de développement. (Source **:** Auteur (2020).

Diamètre moyen des EN

La mensuration des diamètres des entrenœuds ne se fait qu'à partir des individus à trois (3) ordres de ramification ou au stade 3 de développement. De ce fait, le diamètre des entrenœuds diminue en fonction de l'ordre de ramification des axes. Quel que soit leur stade de développement, cette distinction est surtout visible pour l'axe A1 et A2. Néanmoins, il faut noter que le diamètre moyen des entrenœuds s'accroit en fonction du stade de développement, de sorte que, les individus du stade 5 et stade 4 de développement auront des diamètres plus importants par rapport aux individus du stade 3 de développement (fig. 3). Le diamètre moyen des entrenœuds de l'axe A1 ou le tronc est de 3,88 cm, dont les branches A2 et les rameaux A3 mesurant respectivement : 1,49 cm et 1,13 cm de diamètre.

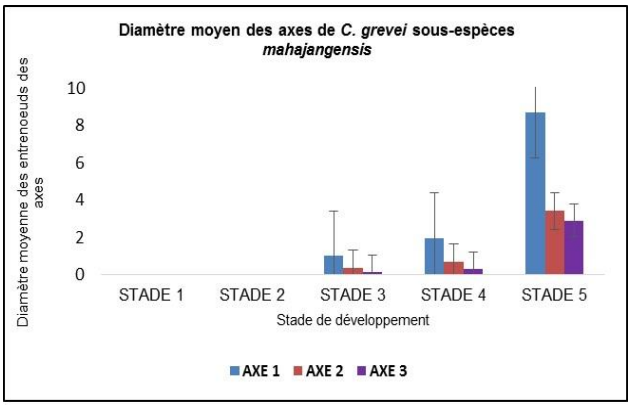

Figure 3 **:** Diamètre moyen des entrenœuds (cm) pour chaque type d'axe en fonction du stade de développement. Source **:** Auteur (2020).

Longueur et Largeur moyennes de feuille

Les feuilles sont pétiolées, de type simple, avec un limbe pubescent de forme elliptique mesurant 10,3 cm de long (la moyenne) et 4,3 cm de large (la moyenne). Le limbe est dressé par une nervure principale et des nervures secondaires. (Figure 4).

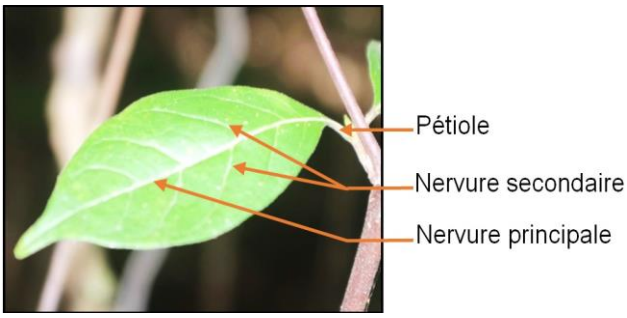

Figure 4 **:** Structure d'une feuille de *C. grevei* sous-espèce *mahajangensis*

Discussion

Les espèces du sous-genre *Baracoffea* n'ont jamais été fait l'objet d'une étude architecturale, donc cette présente étude sur « l'analyse architecturale de *Coffea grevei* sous-espèce *mahajangensis* » est la première à Madagascar et dans le monde.

Le concept d'analyse architecturale a pour objectif de mettre en évidence les processus de développements endogènes au moyen d'observation. En effet, les séries d'architectures dégagées par une plante au cours de son développement sont des résultats d'interaction entre les processus morphogénétiques endogènes et les contraintes extérieures (Barthélémy et al., 1989). Dans le cas de *C. grevei* sous-espèce *mahajangensis*, les contraintes externes agissent sur sa structure, en provoquant la mortalité précoce des méristèmes apicaux, ainsi que l'orthotropie et la plagiotropie des axes.

La mortalité précoce des bourgeons apicaux sur l'axe principal A1 engendre un système ramifié pseudo sympodial.

La combinaison des axes orthotropes et plagiotropes est la réponse morphogénétique de l'espèce étudiée lorsqu'il subit des stresses environnementaux. A son organisation classique, le tronc a une direction de croissance verticale, tandis que les branches ont exclusivement des directions de croissances horizontales. Dès qu'il y aura un stress, le tronc traumatisé développe un ou plusieurs axes orthotrope(s) à partir des bourgeons axillaires surnuméraires. Donc, il y aura des branches orthotropes et plagiotropes sur l'axe principal. Cette combinaison de modèle est déjà signalée par Edelin (1981) sur les conifères. Selon ce même auteur, le mode de croissance des conifères correspond généralement à deux modèles : à celui d'Attims et à celui de Massart.

C. grevei sous-espèce *mahajangensis* est loin d'être la seule espèce du genre *Coffea* équipée des bourgeons axillaires surnuméraires. Les caféiers sauvages de la section *Mascarocoffea* étudiés par

Andrianasolo (2012) développent aussi ce type de bourgeon dont la fonction est identique à celui-ci. La présence des bourgeons surnuméraires est aussi caractéristique des plantes de la famille de Rhamnacées (Tourn et al., 1992). En plus, les traits morphologiques décrits par Andrianasolo (2012) sur les *Mascarocoffea* sont identiques à ceux de *C. grevei* sous-espèce *mahajangensis*, à savoir : « tronc orthotrope à croissance indéfinie, continue, à développement monopodial, à phyllotaxie opposée décussée, à floraison latérale et à élagage des branches à long terme ». Bref, le développement de *C. grevei* sbsp. *mahajangensis* est similaire à ces *Mascarocoffea*.

Toutes ses structures sont fonctionnelles, c'est-à-dire qu'elles permettent une exploitation optimale du milieu auquel elles sont liées (D'arcy, 1917). A titre d'exemple, l'orthotropie de l'axe primaire joue le rôle principal dans l'exploration de l'espace, à savoir l'édification et la disposition des catégories d'axe de la plante dans territoires inoccupée. Tandis que la direction de croissance plagiotrope (branches, rameaux, ramilles, rameaux courts) participe à la colonisation et à l'exploitation de l'espace, permettant de renforcer l'efficacité dans la disposition des surfaces assimilatrices (Charles-Dominiques, 2011).

Il y a une diminution progressive de diamètre et de longueur des entrenœuds entre les entités portées et les entités porteuses. En allant du tronc vers l'ordre de ramification ultime, la longueur et le diamètre des entrenœuds sont de plus en plus moins importants, mais ces valeurs augmentent suivant leurs stades de développement. Ce phénomène caractérise aussi le développement des *Mascarocoffea* (Andrianasolo, 2012).

Au terme de ce travail, les recommandations suivantes sont avancées vis-à-vis de l'état de conservation des *Baracoffea* et l'actualité sur la caféiculture à Madagascar.

Conservation des *Baracoffea*

A travers cette présente recherche, nous avons pu constater que *Coffea grevei* sous-espèce *mahajangensis* est menacé dans leurs habitats naturels à cause des pressions anthropiques et autres. Cela aurait des répercussions sur leurs états de régénérations, en effet, il faudra y appliquer la mise en œuvre de la régénération *in* situ et *ex* situ.

Perspectives sur la caféiculture à Madagascar

Puisque les surfaces cultivables en caféiers sont de plus en plus réduites dû aux changements climatiques, il est primordial donc de créer des nouvelles variétés cultivées des caféiers capables de se développer dans une telle condition climatique. Pour cela, Baracoffea est l'un des principaux éléments de base de cette innovation car ils sont déjà équipés des caractères morphologiques d'adaptation aux conditions climatiques plus sévères. Pour commencer, une station de recherche pour les caféiers homologue à celle de Kianjavato doit être conçue dans la Région Ouest de Madagascar pour y inclure la collection vivante de toutes les espèces de Baracoffea qui vivent exclusivement dans la forêt sèche de l'Ouest de Madagascar.

En conséquence, Madagascar bénéficiera d'une large gamme de qualité et de quantité de production des caféiers qui pourront être cultivés dans toutes les régions de l'île.

Conclusion

Cette étude nous a permis de connaitre l'architecture des *Baracoffea* notamment *Coffea grevei* sbsp. *mahajangensis*. Au début, le modèle architectural correspond au modèle de Roux avec un tronc orthotrope et des branches exclusivement plagiotropes à croissance indéfinie. Mais au moment où la plante subira un stress, le modèle de Roux se combinera avec le modèle d'Attims qui donnera un modèle intermédiaire exprimant la combinaison des branches plagiotropes et orthotropes sur un même tronc. En outre, la taille des entrenœuds des catégories d'axes diminue vers la périphérie des axes. Bref, tous ces traits morphologiques sont fonctionnels dans la colonisation, l'exploration et l'exploitation du milieu dans laquelle elles se développent.

L'hypothèse avancée dans cette recherche est rejetée, puisqu'il n'y a aucune différence entre le mode de croissance et développement du sous-genre *Baracoffea* et du sous-genre *Coffea,* malgré son potentiel xérophytique.

Après l'obtention de ces différents traits morphologiques exprimant son architecture, leur développement continuera toujours jusqu'à sa mort. Ainsi, notre étude est loin d'être complète et achevée. Cependant, il serait intéressant de faire un suivi de développement de cette ressource biologique afin de concrétiser et compléter les données qui sont déjà recueillis. D'ailleurs, une perspective de cette recherche dans le futur est de faire un suivi de développement et phenologique de cette espèce, ainsi qu'une étude génétique concernant le sous-genre *Baracoffea* puisque aucune base de données génétique concernant ce sous-genre n'a jamais été effectuée.

Références bibliographiques

Andrianasolo, D.N., (2012). Génétique des populations et modèles d'architecture et de production végétale. Application à la préservation des ressources génétiques des Mascarocoffea. Thèse de Doctorat en Systèmes Biologiques : Montpellier II : Biologie des Organismes, 208p.

Barthélémy, D., C. Edelin, et F. Hallé, (1989). Architectural concepts for tropical trees. *In*: Holm Nielsen L., B. & Balslev, H. (eds.), *Tropical forests: botanical dynamics, speciation and diversity*. Academic Press, London.: 89–100.

Bridson, D.M., B. Verdcourt, (1998)*. Flora of Tropical East Africa.* Coffea & Psilanthus*, part 2 :. 703-727*

Charles-Dominique, T., (2011). Analyse des relations entre plasticité architecturale des buissons et prolifération de leurs populations. Thèse de Doctorat en Spécialité Ecologie, Evolution, Ressources Génétiques, Paléontologie : Montpellier II – Montréal, 140p.

D'arcy, T.W., (1917). On Growth and Form. Cambridge University Press.

Davis, A.P., (2011). *Psilanthus mannii*, the type species of *Psilanthus*, transferred to Coffea*. Nordic Journal of Botany*, [en ligne], **29**: 471–472.

Davis, A.P., (2010). Six species of *Psilanthus* transferred to Coffea (Coffeeae, Rubiaceae). *Phytotaxa*, [en ligne], 10 :41-45. Disponible sur : www.mapress.com/phytotaxa/.

Davis, A.P., J. Tosh, N. Ruch, et M. Fay, (2011). Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea. Botanical Journal of the Linnean Society*, [en ligne], **167***: 357–377.*

Davis, A.P., et 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, & P. Stoffelen, (2006). An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, [en ligne], **152***: 465–512.*

Edelin, C., (1981). Quelques aspects de l'architecture végétative des Conifères. *Bulletin de la Société Botanique de France. Lettre Botanique*, **128***(3)*, 117-188. DOI: 10.1080/01811797.1981.10824502.

Enev., (2017). *Le café (Coffea canephora et C. arabica)*. Atelier national 2, Antananarivo ; 2017). 26 p.

Fao., (2005). *L'irrigation en Afrique en chiffres*. Enquête : AQUASTAT, 10 p.

Hallé, F., R.A.A. Oldeman, et P.B. Tomlinson, (1978). *Tropical Trees and Forests. An architectural analysis. Berlin, Heidelberg, New York. Springer-Verlag, 441p.*

Hallé, F., et R.A.A. Oldeman, (1970). *Essai sur l'architecture et la dynamique de croissance des arbres tropicaux.* Masson, Paris, 178p.

Heck, L., B. Crowley, S. Thorén, and U. Radespiel, (2016). Determinants of isotopic variation in two sympatric mouse lemur species from northwestern Madagascar. Cambridge University Press, 381-304p. DOI: 10.1017/CBO9781139871822.015

Jeannoda, V.R., (1977). Contribution à l'étude de l'architecture des herbes. Thèse de Doctorat en Biologie Végétale : Université du Languedoc : Montpellier, 170p.

MEEF et BNC REDD+ Madagascar (2017). *Analyse des moteurs de déforestation et de dégradation dans les écorégions des forêts humides de l'Est et des forêts sèches de l'Ouest de Madagascar*. Rapport final : Livrable 4 : Rapport de synthèse, 43 p.

Razafinarivo, N.J., R. Guyot, A.P., Davis, E. Couturon, S. Hamon, D. Crouzillat, M. Rigoreau, C. Dubreuil-Tranchant, V. Poncet, A. De Kochko, J.-J. Rakotomalala and P. Hamon (2013). Genetic structure and diversity of coffee (*Coffea*) across Africa and the Indian Ocean islands revealed using microsatellites. *Annals of Botany*, [en ligne], **111** *(2)*: 229-248. Doi :10.1093/aob/mcs283.

Tourn, G.M., R.D. Tortosa, and D. Medan, (1992). Rhamnaceae with multiple lateral buds: an architectural analysis. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **108** (3), p275-286.

Http://biodiversite-ecovalorisation-madagascar.e-monsite.com/pages/kianjavato/la-station-de-kianjavato.html

Http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/MDG/indexfra.stm