

EVALUATION DE QUELQUES DESCRIPTEURS MORPHOLOGIQUES DES POPULATIONS DE TECK (*Tectona grandis* L. F) VERBENACEAE DE LA FORET CLASSEE DE LA TENE (CÔTE D'IVOIRE)

J. I. FOFANA¹, N. DIARRASSOUBA¹, K. K. KOFFI², N. D. DAGO¹, K. ADOU³ et P. S. N'GUETTA⁴

¹UFR Sciences Biologiques de l'Université Péleforo Gon Coulibaly BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire.
E-mail : gomeled@yahoo.fr

²Laboratoire de génomique fonctionnelle et amélioration génétique, UFR Sciences de la Nature, Université Nanguï Abrogoua. 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

³Société de Développement des Forêts (SODEFOR) BP 3770 Abidjan 01 Côte d'Ivoire.

⁴Laboratoire de génétique, UFR Biosciences, Université Felix Houphouët Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

RESUME

Dans le cadre de l'évaluation des ressources génétiques du teck, des études de diversité morphologique ont été entreprises sur les populations introduites à la Téné en Côte d'Ivoire. L'objectif est d'évaluer la variabilité de certains descripteurs afin d'identifier les plus discriminants. Les analyses ont porté sur cinq variables quantitatives (la hauteur totale des arbres, la circonférence du tronc à 1,30 mètre du sol, la présence de fourche, l'index de bosses et bourgeons, et la rectitude axiale) liées à l'architecture de l'arbre. Ces cinq caractères ont permis de cribler 445 individus appartenant à 10 populations. A l'exception de la rectitude axiale de l'arbre, toutes les autres variables permettent de distinguer des classes phénotypiques bien distinctes. Ainsi l'analyse de sa diversité génétique a permis de retenir la circonférence de l'arbre, l'index de bosse et de bourgeons, et la hauteur totale de l'arbre comme étant les variables biométriques qui caractérisent le mieux les populations de teck. Cette étude a également permis d'identifier les populations Bigwa (Tanzanie) et de Masale valley (Inde du sud) comme étant les plus performantes. Outre ce résultat, les Analyses en Composantes Principales (ACP) montrent que les variables contribuent à la révélation de 71,62 % de la variabilité totale sur les deux axes principaux. La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a permis de typer les populations en trois groupes.

Mots clés : Classification, Côte d'Ivoire, diversité génétique, *Tectona grandis*, descripteurs morphologiques.

ABSTRACT

EVALUATION OF SOME MORPHOLOGICAL DESCRIPTORS OF TEAK (*Tectona grandis* L. F) POPULATIONS IN THE PROTECTED FOREST OF TENE (CÔTE D'IVOIRE)

As part of an evaluation of genetic resources of teak, studies of morphological diversity were carried out on the populations of Téné in Côte d'Ivoire. The objective of this study was to evaluate the variation in descriptors in order to identify those which give the best discrimination. The analyses were carried out on five quantitative variables (the total height, the circumference, the fork; the bumps and buds index, and the straightness) related to the structure and shape of the tree. Five characters are allowed to screen 445 individuals belonging to 10 populations. All the variables studied were able to distinguish phenotypic classes among individuals in the population. This study showed that the circumference of the shaft, bump index and buds, and the total height of the tree are the most discriminant characters. The biometric characters identified Bigwa (Tanzania) and Masale valley (India) as the most performant populations. The results of Principal Component Analysis (PCA) show that the variables accounted for 71.62 % of the variation in the first two principal axes. The Hierarchical Ascendant Classification has allowed the characterization of teak populations. On the other hand, this study allows us to clarified origin of Tové (Togo) population. It was from North India.

Key words : Classification, Côte d'Ivoire, genetic diversity, morphological descriptors, *Tectona grandis*.

INTRODUCTION

Dans les régions tropicales et subtropicales, le teck est devenu la première essence forestière capable de produire du bois d'œuvre à forte valeur ajoutée (Vernay, 2000). Malheureusement, la présence de malformations engendrées par les fourches basses, les bosses, les bourgeons et les cannelures sur le tronc réduit le volume de bois d'œuvre et d'industrie. La mise en œuvre d'un véritable programme d'amélioration génétique de l'espèce a toujours été confrontée à la complexité de la sélection de caractères d'intérêts. Cependant, plusieurs données scientifiques existent sur la diversité génétique de l'espèce. En effet en Afrique de l'Ouest, certains auteurs comme Chollet (1956), Bellouard (1957), Bryndum et Hedegart (1969), Carnot (1970) ont tenté sans grand succès, de faire une typologie au sein des accessions de teck en Afrique. Certains résultats se sont même montrés contradictoires. La variabilité de certains caractères morphologiques du teck a été mise en évidence en Côte d'Ivoire (Kadio, 1990; Dupuy et Verhaegen, 1993). Mais ces études n'ont pas permis de structurer correctement les populations analysées, probablement à cause de la forte influence de l'environnement sur les descripteurs utilisés par ces auteurs. Ce sont ces faiblesses qui ont justifié l'utilisation par d'autres auteurs des marqueurs moléculaires tels que les isozymes (Verhaegen, 1989), les RADP (Nicodemus *et al.*, 2003) et les microsattellites (Fofana *et al.*, 2009) pour mieux caractériser les populations de teck. Toutefois le problème de l'existence de descripteurs fiables chez le teck demeure. Il est donc important que des investigations soient menées pour voir dans quelle mesure les variables morphologiques classiques peuvent être utilisées dans les programmes d'amélioration génétique.

Cette étude a pour objectif d'évaluer la variabilité morphologique de quelques caractères quantitatifs de l'arbre et de tester leur capacité à structurer les populations de teck introduites dans la forêt classée de la Téné en Côte d'Ivoire.

MATERIEL ET METHODES

SITE D'ETUDE

Notre étude a été conduite dans la forêt classée de la Téné qui couvre une superficie de 29 000 ha. Elle est située dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, dans le département d'Oumé à 252 km d'Abidjan. La forêt classée de la Téné est à 17 km au nord de la ville d'Oumé, entre 6°37 et 6°27 de latitude Nord et entre 5°40 et 5°20 de longitude Ouest (SODEFOR, 1995). Le sol est du type ferrallitique, moyennement ou faiblement désaturé. Deux cours d'eau parcourent cette forêt et ses environs, le fleuve Bandama et la rivière Téné. Seule la rivière Téné, qui lui a donné son nom, traverse la forêt classée et constitue sa limite Sud. Le Bandama, quant à lui, passe à 10 km à l'Est et se trouve dans son bassin (SODEFOR, 1995). Le climat de la zone où s'étend la forêt classée de la Téné est du type subéquatorial attiéen (Mielot et Bertauld, 1980). C'est un climat de transition entre celui du Sud de la Côte d'Ivoire à deux saisons de pluies et celui du Nord à une seule saison de pluies. Les températures moyennes mensuelles varient peu d'un mois à l'autre, avec une moyenne générale de 26,5 °C. Les précipitations par contre varient considérablement d'un mois à l'autre. Seuls les mois de décembre à février peuvent être considérés comme étant complètement secs. Il existe deux saisons pluvieuses dont la grande couvre la période de Mars à Juin et la petite, de Septembre à novembre, avec deux pics en juin et octobre. Deux saisons sèches sont également enregistrées avec une grande saison sèche de novembre à février et la petite de juillet à août. L'harmattan se fait sentir de façon irrégulière, durant une à trois semaines, de décembre à janvier. Au plan phytoécologique, le département d'Oumé appartient au domaine Guinéen et principalement au secteur mésophile. La forêt classée de la Téné est du type dense humide semi-décidu quasiment reboisée avec principalement du teck. On y rencontre également des essences naturelles appartenant aux familles des Combretaceae, des Fabaceae, des Meliaceae, des Moraceae et des Sterculiaceae.

MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal est constitué des pieds arbres de teck de la forêt classée de la Téné. Ils sont regroupés au sein de 10 populations originaires de la Thaïlande (Ban Cham Pui, Ban Pha Lai), de l'Inde (Masale Valley, Purunakote), du Laos (Paskse, Pak Lay) et d'Afrique (Bouaké, Bambuku, Tové, Bigwa). Au sein de chaque population 35 à 77 individus ont été sélectionnés de manière aléatoire (Tableau 1). Au total 445 arbres ont été observés au cours de cette étude.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

L'essai de descendance de la Téné a été mis en place en 1974 par la SODEFOR. Pour sa

réalisation, la structure a utilisé des plants de 2 à 3 cm de diamètre dont la tige a été sectionnée à environ 5 à 7 cm au-dessus du collet. Ensuite, le pivot a été coupé à une longueur de 10 à 15 cm. Les racines ont été habillées et taillées à une longueur maximale de 10 cm. Les souches ainsi obtenues ont été élevées en pépinière pendant une année (Dupuy et Verhaegen, 1993). L'installation de l'essai de descendance est faite selon un dispositif en bloc incomplet équilibré sur une superficie de 3 hectares. Dix populations différentes ont été utilisées pour la réalisation de cet essai de descendance. Une population est répétée cinq fois dans un bloc. Un bloc est subdivisé en 55 parcelles unitaires comprenant chacune cinq rangées de douze plants (soit 60 plants par parcelle unitaire). Ce qui donne un total de 3300 plants par bloc.

Tableau 1 : Caractéristiques des populations de teck introduites à la Téné.
Characteristics of teak populations introduced in Tene.

Pays	Populations	Nb	Lat. n	Longitude	Alt.(m)	Pluvio (mm)
Côte d'Ivoire	Bouaké	77	8°	5° W	310	1200
Cameroun	Bambuku	35	4°	9° E	210	1900
Togo	Tové	39	7°	0° E	200	1300
Tanzanie	Bigwa	36	7°	39° E	580	900
Afrique		187				
Thaïlande	Ban Cham Pui	40	18°	100° E	520	1100
	Ban Pha Lai	54	18°	100° E	200	1100
Inde du sud	Masale Valley	38	12°	76° E	820	1300
Inde du nord	Purunakote	48	20°	84° E	130	1300
Laos	Paskse	41	15°	105° E	120	2000
	Pak Lay	37	18°	101°E	200	1200
Aire naturelle		258				
Total		445				

Nb : Nombre d'échantillons. Lat. n : Latitude nord. Alt : Altitude. Pluvio : Pluviométrie

PARAMETRES MESURES

Cinq descripteurs morphologiques généralement utilisés en foresterie pour une analyse de la variabilité génétique ont été retenus.

Hauteur totale (HT)

La hauteur totale de l'arbre exprimée en mètre (m) est définie comme étant la longueur du tronc entre le pied de l'arbre (niveau du sol) et le

sommet de la cime. Elle a été mesurée à l'aide d'un dendromètre Blume-Leiss.

Circonférence du tronc à 1,30 m du sol (Cir)

Elle est mesurée à 1,30 m du sol à l'aide d'un ruban mètre au millimètre (mm) près. La circonférence est mesurée en centimètre (cm) en plaquant légèrement le ruban mètre autour du tronc de l'arbre.

Rectitude axiale (Rec)

La rectitude du fût libre de l'arbre est estimée par un index de rectitude. Cet index est bâti de la manière suivante : Le fût libre est divisé en huit tronçons égaux, lorsqu'un défaut affecte le tronc dans le premier tronçon, sa note est 1, si le défaut apparaît au milieu du tronc sa note est 4 et si aucun défaut n'affecte la qualité du tronc, l'arbre est noté 9.

Hauteur de la première fourche ou de la première branche (HF)

C'est la longueur comprise entre le pied de l'arbre et la première ramification. Elle est exprimée en mètre (m).

Index de Bosses et de Bourgeons (IBB)

Pour ce paramètre, on fait la somme des valeurs des bourgeons épicorniques et de bosses. La valeur de ces deux caractères variant entre 1 et 4, l'IBB sera noté de 2 à 8. Ainsi lorsque l'arbre présente de nombreux défauts, sa note en IBB sera 8. Par contre si aucun défaut n'est visible sur le tronc, l'arbre est affecté de la note 2. L'Index de Bosses et de Bourgeons est donc déterminée de manière décroissante.

ANALYSE DE DONNEES

Les statistiques élémentaires que sont les moyennes, les valeurs des tests de signification, les coefficients de variations et les écarts types ont été calculés grâce aux statistiques descriptives du logiciel XLSTAT version 7.5.3. Le regroupement des populations en fonction des moyennes pour chaque caractère a été définie selon la méthode de Duncan à l'aide du logiciel SAS (1990). La formation des groupes a été réalisée en tenant compte de la différence significative des moyennes et du mode de chevauchement des classes. Ces analyses ont permis d'évaluer les performances biométriques des populations. Les Analyses en Composantes Principales (ACP) ont été conduites à l'aide du logiciel XLSTAT 7.5.3 (Addinsoft, 2005). Il a été procédé à une rotation de type varimax afin de simplifier l'interprétation des facteurs en minimisant le nombre de variables qui ont des contributions élevées sur chaque facteur. Pour cette étude, les ACP ont été réalisées sur la moyenne des populations. Elles ont permis de discriminer les variables étudiées et les résultats ont été interprétés selon les modèles d'Escofier et Pages (1998).

La classification ascendante hiérarchique (CAH) a été construite afin de visualiser le regroupement des accessions selon les critères quantitatifs retenus. La dissimilarité utilisée est la distance euclidienne et l'agrégation est faite selon la méthode de Ward (1963) : on agrège deux groupes de sorte que l'augmentation de l'inertie intra-classe soit la plus petite possible, afin que les classes restent homogènes. Pour effectuer une troncature du dendrogramme et obtenir une partition, on utilise une troncature automatique, c'est-à-dire que le niveau de troncature du dendrogramme, et donc le nombre de classes de la partition, est déterminé automatiquement par le logiciel XLSTAT version 7.5.3 en fonction de la structure de l'histogramme des niveaux des paliers.

RESULTATS

PERFORMANCES DES DESCRIPTEURS

Les statistiques élémentaires réalisées avec les données mesurées sur la totalité des dix populations sont données dans le tableau 2. La circonférence des arbres (Cir) varie de 31 à 188 cm avec une moyenne de 119,87 cm. La rectitude axiale (Rec), la hauteur de la fourche (HF), la hauteur totale (HT) et l'index de bosses et de bourgeons (IBB) varient respectivement de 2 à 9, de 4 à 23 m, de 7,5 à 22,5 m et 2 à 8. Le coefficient de variation (C.V.) montre que l'index de bosses et bourgeons (IBB) et la hauteur totale sont les caractères les plus variables avec 61,4 et 65,6 respectivement. La rectitude axiale et la circonférence des arbres sont les variables qui ont les plus faibles coefficients de variation. Elles sont de 22,1 et 24,7, respectivement. Le résultat du test de Durbin (p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha = 0,05$) montre que les variables étudiées n'ont pas la même valeur au niveau des tests de signification. En effet, les valeurs des tests de signification statistique (F) obtenues avec l'ensemble des dix populations, indiquent qu'au niveau de la circonférence (Cir), la hauteur totale (HT) et l'index de bosses et de bourgeons (IBB) révèlent des différences hautement significatives entre les populations au seuil de 1 ‰. Au niveau de la hauteur de la fourche (HF), les différences significatives ne sont constatées qu'au seuil de 5 %. Par contre, en se basant sur la rectitude axiale (Rec), cette variable ne présente aucune différence significative entre les populations.

Tableau 2 : Analyse de variances.

Analysis of variance.

	Eff	Moyenne	C.V (%)	F	Pr > F
Cir	445	119,87	24,68	9,08	<0,0001***
Rec	445	7,14	22,13	1,45	0,162 ^{ns}
IBB	445	4,36	61,41	9,38	< 0,0001***
HF	445	15,99	32,20	2,00	0,037*
HT	445	22,83	65,58	9,12	< 0,0001***

Cir : Circonférence de l'arbre à 1,30 m/ HF : hauteur de la fourche/Rec : rectitude axiale/ HT : Hauteur Totale/ IBB : Index de bosses et de Bourgeons/ Eff : effectif de données analysées/ C.V : Coefficient de Variation/ ns = non significatif * = significatif au seuil de 5 %. *** = hautement significatif au seuil de 1 %.

CLASSIFICATION DES POPULATIONS EN FONCTION DES DESCRIPTEURS

Le regroupement des populations selon la méthode de Duncan est résumé dans le tableau 3.

Circonférence du tronc à 1,30 m du sol

Les circonférences des arbres varient de 107,50 à 137,26 cm (Tableau 3a). Les valeurs les plus élevées sont observées dans la population de Masale valley (137,26 cm). Les plus faibles sont obtenues dans la population de Pakse (107,50 cm). Pour les autres populations les valeurs moyennes suivantes ont été obtenues à Bouaké (127,40 cm), Bigwa (125,78 cm), Bambuku (124,46 cm), Pak Lai (119,84 cm), Ban Cham (118,76 cm), Tové (117,12 cm), Purunakote (112,98 cm) et Ban Pha (108,39).

Rectitude axiale

Ce descripteur montre un monomorphisme au niveau des populations (Tableau 3b). En effet, les résultats montrent qu'il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes obtenues au sein des accessions pour la rectitude axiale.

Index de bosses et de bourgeons

Sur le site de la Téné, l'index de bosses et de bourgeons permet de distinguer trois classes (Tableau 3c). Les populations qui présentent très peu de défauts sur le fût sont Pakse (5,27), Bigwa (5,18), Masale (4,95) et Ban Cham (4,64). A l'opposé de cette classe se trouvent les populations de Tové (3,90), Pak Lai (3,84) et

Bambuku (3,14) qui sont caractérisées par de très nombreux bosses et bourgeons. Entre ces deux groupes se situent les populations de Ban Pha (4,37), de Purunakote (4,33) et de Bouaké (4,09).

Hauteur de la fourche

La hauteur de la fourche montre que les populations de Bigwa (17,88 m), de Pak Lai (16,58 m) et de Masale valley (16,53 m) sont constituées d'individus dont les fourches sont situées à la cime des arbres. Cette classe est opposée aux populations de Bambuku (16,36 m), de Bouaké (16,07 m) de Bam Cham (16,00 m), de Pakse (15,80 m), de Ban Pha (15,37 m), de Purunakote (15,06 m) et de Tové (14,92 m) caractérisée par des individus à fourches basses. Le caractère « hauteur de la fourche » permet donc de regrouper les dix populations étudiées en deux grandes classes (Tableau 3d).

Hauteur totale de l'arbre

Les populations de la Téné permettent de mettre en évidence trois classes bien distinctes (Tableau 3e). Les populations à croissance en hauteur élevée sont représentées par les accessions de Bouaké, Bigwa et de Masale avec pour hauteur totale moyenne 25,90 m, 23,18 m, 23,16 m respectivement. Quant aux populations à croissance en hauteur faible, elles sont définies par Pakse (21,87 m), Purunakote (21,49 m), Ban Pha (21,30 m) et Tové (20,92 m). Entre ces deux classes il existe une classe intermédiaire. Il s'agit des accessions de Pak Lai (22,90 m), de Ban Cham (22,90 m) et de Bambuku (22,71 m).

Tableau 3 : Classification des populations de teck en fonction des variables morphologiques.*Classification of teak populations based on morphological variables.*

Classe	Moyenne	N	Populations	Classe	Moyenne	N	Populations
A	137,26	38	Masale***	A	7,53	36	Bigwa*
AB	127,40	77	Bouaké***	AB	7,41	54	Ban Pha*
BC	125,78	36	Bigwa***	AB	7,23	38	Masale
CD	124,46	35	Bambuku**	AB	7,19	48	Purunakote*
CD	119,84	37	Pak Lai**	AB	7,17	41	Pakse*
CD	118,76	40	Ban Cham**	AB	7,13	35	Bambuku*
CDE	117,12	39	Tové**	AB	7,10	39	Tové*
DE	112,98	48	Purunakote*	AB	7,00	40	Ban Cham*
DE	108,39	54	Ban Pha*	AB	7,00	37	Pak Lai*
E	107,50	41	Pakse*	AB	6,87	77	Bouaké*

A				B			
Classe	Moyenne	N	Populations	Classe	Moyenne	N	Populations
A	5,27	41	Pakse***	A	25,90	77	Bouaké***
A	5,18	36	Bigwa***	AB	23,18	36	Bigwa***
AB	4,95	38	Masale** *	AB	23,16	38	Masale** *
AB	4,64	40	Ban Cham***	BCD	22,90	37	Pak Lai**
B	4,37	54	Ban Pha**	BCD	22,90	40	Ban Cham**
B	4,33	48	Purunakote**	CD	22,71	35	Bambuku**
BC	4,09	77	Bouaké**	D	21,87	41	Pakse *
D	3,90	39	Tové*	D	21,49	48	Purunakote*
D	3,84	37	Pak Lai*	DE	21,30	54	Ban Pha*
E	3,14	35	Bambuku*	E	20,92	39	Tové*

C				D			
Classe	Moyenne	N	Populations	Classe	Moyenne	N	Populations
A	17,88	36	Bigwa**	A	17,88	36	Bigwa**
AB	16,58	37	Pak Lai**	AB	16,58	37	Pak Lai**
AB	16,53	38	Masale**	AB	16,53	38	Masale**
B	16,36	35	Bambuku**	B	16,36	35	Bambuku**
B	16,07	77	Bouaké*	B	16,07	77	Bouaké*
B	16,00	40	Ban Cham*	B	16,00	40	Ban Cham*
B	15,80	41	Pakse*	B	15,80	41	Pakse*
B	15,37	54	Ban Pha*	B	15,37	54	Ban Pha*
B	15,06	48	Purunakote*	B	15,06	48	Purunakote*
B	14,92	39	Tové*	B	14,92	39	Tové*

A, B, C, D et E = classe de populations (les populations de même police ne sont pas significativement différentes pour le caractère étudié). N = nombre d'individus de la population. a = Circonférence à 1,3 m du sol, b = Rectitude axiale, c = Index de bosses et de bourgeons, d = Hauteur de la fourche, e = Hauteur totale.

ANALYSES COMBINÉES DES DESCRIPTEURS

Les résultats des Analyses en Composantes Principales (ACP) ont montré que les trois premières composantes permettent d'expliquer l'essentiel de la variabilité révélée par les cinq variables quantitatives étudiées (Figure 1). Ces trois axes principaux expriment 94,42 % de la variation totale. Le premier facteur F_1 (44,78 %

de la variation totale) est expliqué par la hauteur totale (contribution : 0,33) et la circonférence (contribution : 0,37). Ces deux variables contribuent positivement à la révélation de cette variabilité. Le facteur F_1 peut être défini comme l'axe de la croissance. Il permet de distinguer les populations vigoureuses à croissance en hauteur élevée avec des branches à la cime, des populations peu vigoureuses à croissance en hauteur faible avec des branches à la base.

Les valeurs R^2 montrent que la circonférence de l'arbre et la hauteur totale expriment respectivement 85 et 86 % de la variabilité. L'axe 2 exprime 26,83 % de la variabilité totale. Les variables telles que la rectitude axiale (Rec) et la hauteur de la fourche (HF) contribuent à 64 et 25,77 % de cette variabilité respectivement. Elles permettent d'apprécier le fût libre de l'arbre. L'axe 2 différencie les populations à long fût libre de celles à court fût libre. Le facteur F_2 est défini comme l'axe du volume du fût libre. L'axe 3 quant à lui, explique 22,8 % de la variabilité totale. Il est défini par l'index de bosses et de bourgeons (IBB), qui exprime 74,43 % de la variabilité de cet axe. Il permet de contraster les populations ayant peu de défauts par rapport aux autres populations. Cet axe est nommé axe des défauts. La matrice de corrélation entre les différentes variables (Tableau 4) n'indique aucune valeur significative entre les caractères étudiés. Cependant, des signes opposés sont constatés. Par exemple, la circonférence et la hauteur totale des arbres évoluent dans un sens contraire à la rectitude et à l'index de bosses et de bourgeons. Ce qui pourrait signifier que les populations vigoureuses à croissance en hauteur élevée avec

des branches à la cime sont aussi des populations présentant moins de défauts avec des longs fûts libres.

STRUCTURATION ET TYPOLOGIE DES POPULATIONS

Les distances calculées en appliquant l'algorithme de Ward à l'échantillon des populations donnent le dendrogramme présenté sur la Figure 2. La troncature à 12,8 sur une échelle de 20 de dissimilarité permet de distinguer trois grands groupes. Ce résultat indique que les trois groupes mis en évidence par la CAH sont des entités distinctes. A l'exception de Tové, toutes les populations africaines (Bouaké, Bigwa et Bambuku) sont regroupées au sein d'un même groupe. Quant aux populations des aires naturelles, elles se subdivisent en deux groupes: un groupe constitué uniquement de la population de Masale valley (Inde du sud) et un autre renfermant les populations de la Thaïlande, du Laos et de l'Inde du nord (Purunakote). Concernant la population de Tové, les résultats montrent une étroite liaison avec la population de Purunakote.

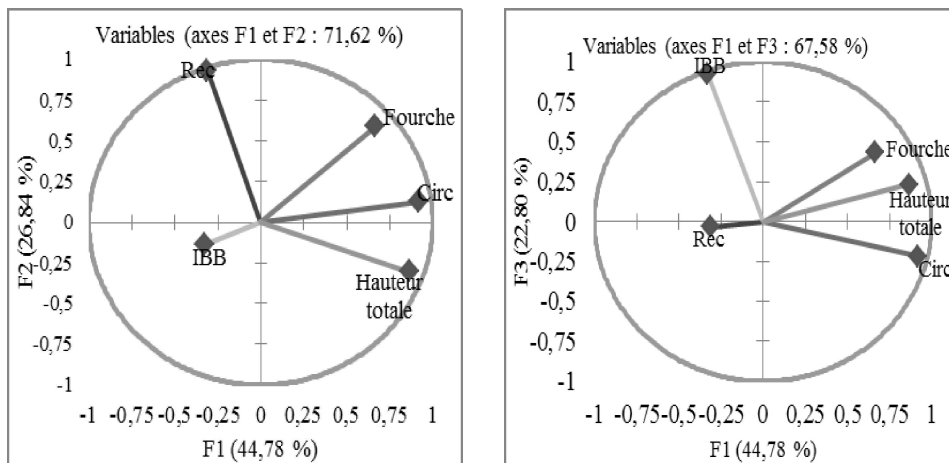


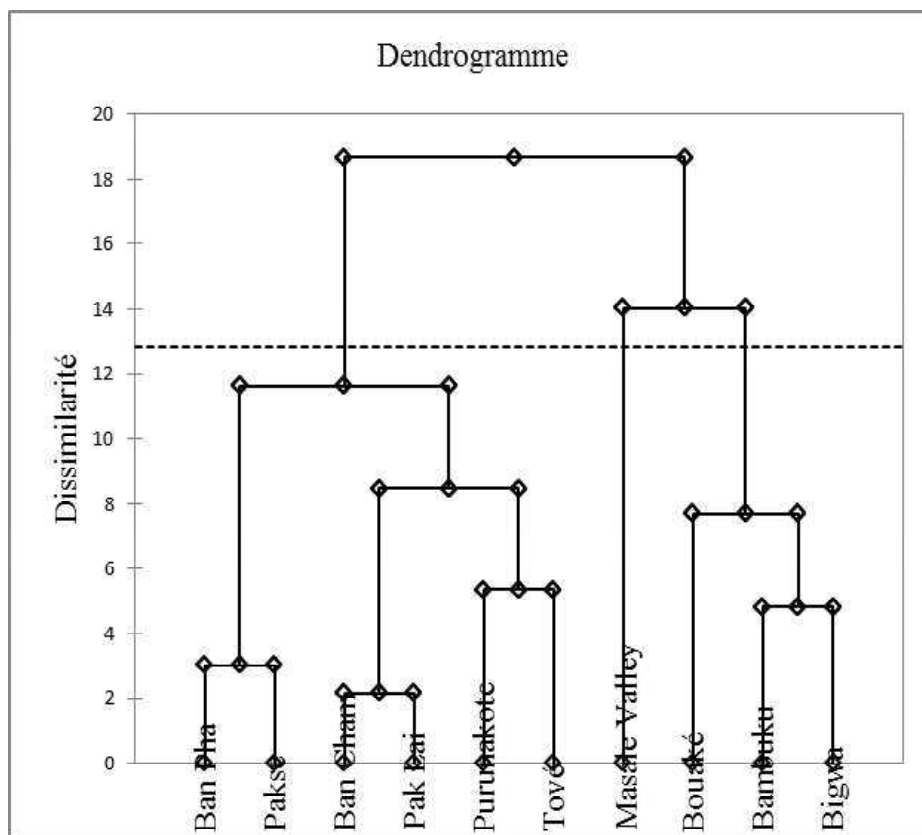
Figure 1 : Représentation des variables sur les trois principaux axes. (Analyse en composantes principales, ACP).

Representation of variables in the first three principal axes (Principal Component Analysis, PCA).

Tableau 4 : Matrice de corrélation des variables quantitatives.*Correlation matrix of quantitative variables.*

Variabes	Cir	Rec	HF	IBB
Cir				
Rec	-0,188			
HF	0,582	0,306		
IBB	-0,472	-0,064	0,091	
HT	0,624	-0,508	0,479	-0,062

Circ : Circonférence de l'arbre à 1,30 m, HF : hauteur de la fourche,
 Rec : rectitude axiale, HT : Hauteur Totale, IBB : Index de bosses et de
 Bourgeons.

**Figure 2** : Dendrogramme issu de la Classification Ascendante Hiérarchique.*Dendrogram resulting from Classification of Increasing Hierarchy.*

DISCUSSION

DIVERSITE GENETIQUE DU TECK EN CÔTE D'IVOIRE

Les résultats des statistiques élémentaires portant sur des mesures effectuées sur des descripteurs dendrométriques du teck introduit à la Téné en Côte d'Ivoire ont montré une forte variabilité de la plupart des caractères quantitatifs étudiés. Ces analyses révèlent qu'à l'exception du caractère rectitude axiale, tous les autres descripteurs peuvent servir à typer les populations et à les classer dans des groupes phénotypiques distincts. Ce résultat indique donc que la Côte d'Ivoire est un des réservoirs en matière de variabilité génétique de teck. En effet grâce aux essais de provenances et aux nouvelles introductions, une grande diversité naturelle de teck y est rencontrée. De tels résultats ont été également mis en évidence par Fofana *et al.* (2009 et 2013) avec les marqueurs moléculaires. En effet, cette étude réalisée sur la base de 15 loci SSR et 4 amorces AFLP a révélée des taux élevés de polymorphisme allant de 63 à 88,71 % pour les AFLP et SSR respectivement. Une variabilité phénotypique des populations de teck et des corrélations entre les différents paramètres morphologiques ont été mises en évidence au Togo (Zenor, 2006).

Pour ce qui concerne les descripteurs dendrométriques, les analyses montrent que la plupart est polymorphe. Ces descripteurs ont permis de discriminer les populations de teck en des classes phénotypiques distinctes. Par exemple, l'étude de la circonférence de l'arbre à 1,30 m montre que les populations de Masale valley, de Bigwa et de Bouaké sont les plus vigoureuses. Sans occulter la possibilité de l'effet environnemental, l'hypothèse de causes génétiques sur la manifestation de ces caractères semble être plus plausible.

L'étude de la variabilité et du caractère discriminatoire des descripteurs est un préalable nécessaire pour définir les stratégies de caractérisation des ressources du teck à grande échelle. Certains de ces descripteurs morphologiques ont été déjà utilisés pour la caractérisation du teck au Togo (Zenor, 2006) ainsi que certaines espèces forestières et même savaniques. Différents phénotypes ont été identifiés chez *Santalum austrocaledonicum* (Santalaceae) sur la base des dimensions et

de la forme des fruits (Bottin *et al.*, 2005). La caractérisation morphologique chez *Vitellaria paradoxa* (Sapotaceae) a permis de mettre en évidence une importante variabilité intra population à partir de la mesure de la dimension des fruits, des arbres et des graines (Nafan *et al.*, 2007). Les descripteurs quantitatifs étudiés dans ce travail peuvent être utilisés pour caractériser les populations. L'utilisation des descripteurs dendrométriques simples, tels que la circonférence à 1,3 m du sol, sera d'un apport considérable pour conduire des programmes de régénération des populations naturelles.

CARACTERISATION DES POPULATIONS

La classification des populations montre que les provenances les plus performantes à la fois pour les critères de croissance (vigueurs et hauteur totale) et de forme (Rectitude axiale, index de bosses et de bourgeons et la hauteur de la fourche) sont celles de Bigwa (Tanzanie), de Masale (Inde) et de Pak lai (Laos). Cette étude confirme les résultats des travaux de Kadio (1990) sur les essais comparatifs de teck en Côte d'Ivoire. Toutefois la population de Ban Cham n'est pas retenue comme provenance performante dans la présente étude. Cela pourrait s'expliquer par l'époque de réalisation des deux études. Lors des travaux de Kadio (1990) les essais de provenances de la Téné n'avaient que 16 ans (arbres juvéniles) alors que la présente étude est faite sur des plantes adultes (40 ans) qui ont fini d'exprimer tous leurs caractères.

Les observations sur le terrain ont montré qu'il est possible qu'un individu perde ces qualités morphologiques au fil du temps. En effet, certains individus identifiés comme performants (arbres «plus») en 1982 lors de la mise en place du verger à graines de clones de la forêt classée de Sangoué présentent actuellement de nombreux défauts. Des études ont également montrées que la performance d'une population pourrait être liée à son origine géographique. En effet les travaux de Larwanou *et al.* (2010) réalisés sur *Acacia senegal* (Mimosaceae) ont montré que les provenances du Mali étaient les plus performantes suivie des populations du Niger au niveau des paramètres de croissance. A l'instar de plusieurs essences forestières, cette étude a permis de mettre en évidence la grande variabilité individuelle au sein de chaque population de teck. Du fait donc de cette variabilité intra population, la CAH réalisée n'a pas permis de regrouper les populations selon leur origine géographique. Les populations

étudiées ont été installées dans les essais de descendance selon les mêmes critères de sélection. Parmi les caractères retenus pour cette étude, la circonférence, l'index de bosses et de bourgeon et la hauteur totale sont les descripteurs les plus pertinents. Un programme d'amélioration génétique doit donc s'appuyer sur ces paramètres.

STRUCTURATION ET TYPOLOGIE

La classification ascendante hiérarchique a permis de classer les populations en trois groupes. Sur la base des traits distinctifs utilisés pour discriminer la population, une combinaison phénotypique correspondant aux caractéristiques biologiques de chacun de ces groupes a été déterminée. La structuration des groupes formés par la CAH ne reflètent pas les régions géographiques des populations introduites à la Téné. Cela pourrait s'expliquer non seulement par la grande plasticité de cette essence mais aussi par la grande variabilité intra population du teck. Toutefois, le degré de similarité entre les arbres d'un même groupe se fait essentiellement sur la base d'un seul trait distinctif. L'analyse factorielle discriminante a montré que ces trois groupes constitués par la CAH sont des entités distinctes. En plus des trois grands groupes déterminés, plusieurs sous groupements ont aussi été mis en évidence avec un certain degré de dissimilarité. *Tectona grandis* étant une plante allogame, ces sous-groupes pourraient être des morphotypes intermédiaires issus de l'inter hybridation des arbres.

Concernant les populations africaines (Bouaké, Bigwa et Bambuku), elles sont fortement regroupées entre elles. Ce qui suggère la formation d'un écotype local due à l'apparition de nouveaux allèles au sein de ces populations. Cette hypothèse peut s'expliquer par des fructifications abondantes du teck, notamment en Afrique. En effet, des études ont révélé les possibilités d'adaptation du teck à de nouvelles conditions environnementales qui lui permettent de disposer d'une base génétique large pour les programmes d'amélioration génétique (Egenti, 1978). Concernant la population de Tové, cette dernière proviendrait de l'Inde du nord (Purunakote). Ce résultat confirme les travaux de Kadambi (1972) sur l'installation des premières plantations de teck en Afrique. Par contre des travaux plus approfondis avec les marqueurs microsatellites ont montré que toutes

les populations africaines seraient originaires du nord indien (Verhaegen *et al.*, 2010).

Les deux grands groupes d'aires naturelles (Inde du sud et Inde du nord-Thaïlande-Laos) obtenus par la CAH peuvent être aussi définis comme des centres de diversités du teck. En Côte d'Ivoire où le teck est une espèce exotique, la conservation peut se faire en isolant ces deux entités géographiques. Pour cela il s'agira de faire des récoltes de graines dans les aires naturelles (Inde du sud et Inde du nord-Thaïlande-Laos) et installer des parcelles séparément. Pour la prospection de matériel végétal, il serait préférable de récolter les graines sous forme de descendances séparées pour chaque provenance plutôt que de faire des collections en vrac en ramassant des graines tombées sur le sol dans des peuplements comme cela est fait actuellement. Ce type de matériel permet des études de génétique des populations beaucoup plus fiables et aussi donne des renseignements sur l'héritabilité des caractères quantitatifs.

CONCLUSION

A travers cette étude nous avons examiné des caractères distinctifs des populations de teck en Côte d'Ivoire pour lesquelles les descriptions antérieures n'étaient pas toujours concordantes. La démarche expérimentale suivie a permis d'établir une corrélation entre les populations et les descripteurs étudiés. Quatre marqueurs morphologiques permettent de différencier au moins deux classes bien distinctes au niveau des populations de teck à la Téné: ils concernent les critères de croissance et de forme. Des Analyses en Composante Principale (ACP) ont confirmé la pertinence des cinq caractères utilisés dans la classification des dix populations de la Téné. Concernant les accessions de provenance inconnue (populations africaines), la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) montre qu'à l'exception de Tové, toutes les populations africaines (Bouaké, Bigwa et Bambuku) sont regroupées au sein d'un même groupe. Quant aux populations des aires naturelles, elles se subdivisent en deux groupes: un groupe constitué uniquement de la population de Masale valley (Inde du sud) et un autre renfermant les populations de la Thaïlande, du Laos et de Inde du nord (Purunakote). Concernant la population de Tové, les résultats

montrent une étroite liaison avec la population de Purunakote.

Cette étude est relative dans la mesure qu'elle est menée seulement sur les caractères morphologiques. Nous envisageons la compléter avec des critères technologiques et physiologiques. Par ailleurs, une caractérisation moléculaire est mise en œuvre pour localiser les gènes d'intérêts agronomiques pour un meilleur développement de la culture.

REFERENCES

- Addinsoft. 2005. XLSTAT Version 7.5.3. Analyse de données et statistique avec Microsoft Excel, Paris, France. <http://www.xlstat.com>.
- Bellouard P. 1957. Le Teck en Afrique occidentale française. Centre Technique Forestier Tropical (CTFT). Abidjan.
- Bottin L, Verhaegen D, Tassin J, Olivieri I, Vaillant A and J. M. Bouvet. 2005. Genetic diversity and population structure of an insular tree, *Santalum austrocaledonicum* in New Caledonian archipelago. *Molecular Ecology* 14 : 1979 - 1989.
- Bryndum K. et T. Hedegart. 1969. Pollisation of teak (*Tectona grandis*). *Silvae Genetica* 108 : 317 - 327.
- Carnot R. 1970. Les déformations des fûts du Teck au Dahoumey. Hypothèse générale d'explication des bosses et déformations des fûts de Teck. *Bois et Forêts des Tropiques* 132 : 3 - 22.
- Chollet A. 1956. Le teck au Togo. *Bois et Forêts des Tropiques* 49 : 9 - 18.
- Dupuy B. et D. Verhaegen. 1993. Le teck de plantation (*Tectona grandis*) en Côte d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques* 235 : 9 - 24.
- Egenti L. C. 1978. The Danish/ FAO international provenance trials of *Tectona grandis* in Nigeria. *Indian Forester* 104 : 227 - 237.
- Escofier B. et J. Pages. 1998. Analyses factorielles simples et multiples. Science Sup, 3^e édition, DUNOD, Paris 1998 285 p.
- Fofana I. J., Ofori D., Poitel M. and D. Verhaegen. 2009. Diversity and genetic structure of teak (*Tectona grandis* L.f) in its natural range using DNA microsatellite markers. *New Foestr* 37 : 175 - 195.
- Fofana I. J., Diarrassouba N., Silué S., Koffi K. K et K. Adou. 2013. Origin of African teak (*Tectona grandis*) provenances in côte d'ivoire using AFLP markers. *Journal of Biotechnology and Microbiology* 1 (1) : 1 - 8.
- Kadambi. 1972. Silviculture and management of teck. Bulletin N° 24. School of forestry Stephen F. Austin State University, Texas 137 p.
- Kadio A. 1990. Essais comparatif de provenances de teck (*Tectona grandis*) à court terme de Téné 1974 : résultats des inventaires de 1989. CTFT/Côte d'Ivoire: 1 - 22.
- Larwanou M., Raebild A., Issa R. and D. E. kjær. 2010. Performance of *Acacia senegal* (L.) Willd Provenances in Dryland Savannah of Niger. *Sylvae Genetica*. 210 - 218.
- Miélot J. et G. J. Bertault. 1980. Etude dynamique de la forêt dense de Côte d'Ivoire. SODEFOR/CTFT, 166 p.
- Nafan D., N'guessan A., Koffi E. et A. Sangaré. 2007. Evaluation des performances de quelques descripteurs quantitatifs et leur utilisation dans la structuration de la population d'un parc naturel de karité en Côte d'Ivoire. *Plant Gentic Resources Newsletter* 152 : 65 - 72.
- Nicodemus A., Nagarajan B., Narayanan C. and K. Subramanian. 2003. RAPD variation in Indian teak populations and its implications for breeding and conservation. Kerala Forest Research Institute, Kerala, India : 189 - 201.
- SAS. 1990. SAS/STAT user's guide release 6.03 ed. SAS institute Inc.
- SODEFOR. 1995. Plan d'Aménagement de la forêt classée de la Téné (29 700 ha) 1994 - 2006. Document interne, 43 p.
- Verhaegen D. 1989. Note sur une analyse enzymatique par électrophorèse sur arbres «+» de teck et samba. CTFT Division Amélioration. République de Côte d'Ivoire (document interne) : 9 p.
- Verhaegen D., Fofana I. J., Zénor A. L and D. Ofori. 2010. What is the genetic origin of teak (*Tectona grandis* L.) introduced in Africa and in Indonesia ? *Tree Genetics and Genomes* : 717 - 733
- Vernay M. 2000. Le Teck en France pour quoi faire ? Bois et forêts des tropiques (troisième partie : le bois de teck). 263 (1) : 31 - 37.
- Ward Jr. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *JASA* 58 : 234 - 244.
- Zenor A. L. 2006. Caractérisation génétique des Tecks provenant de plantations du Togo. Mémoire de Master II. Sciences du bois et fibres. Université de Bordeaux I : 29 p.