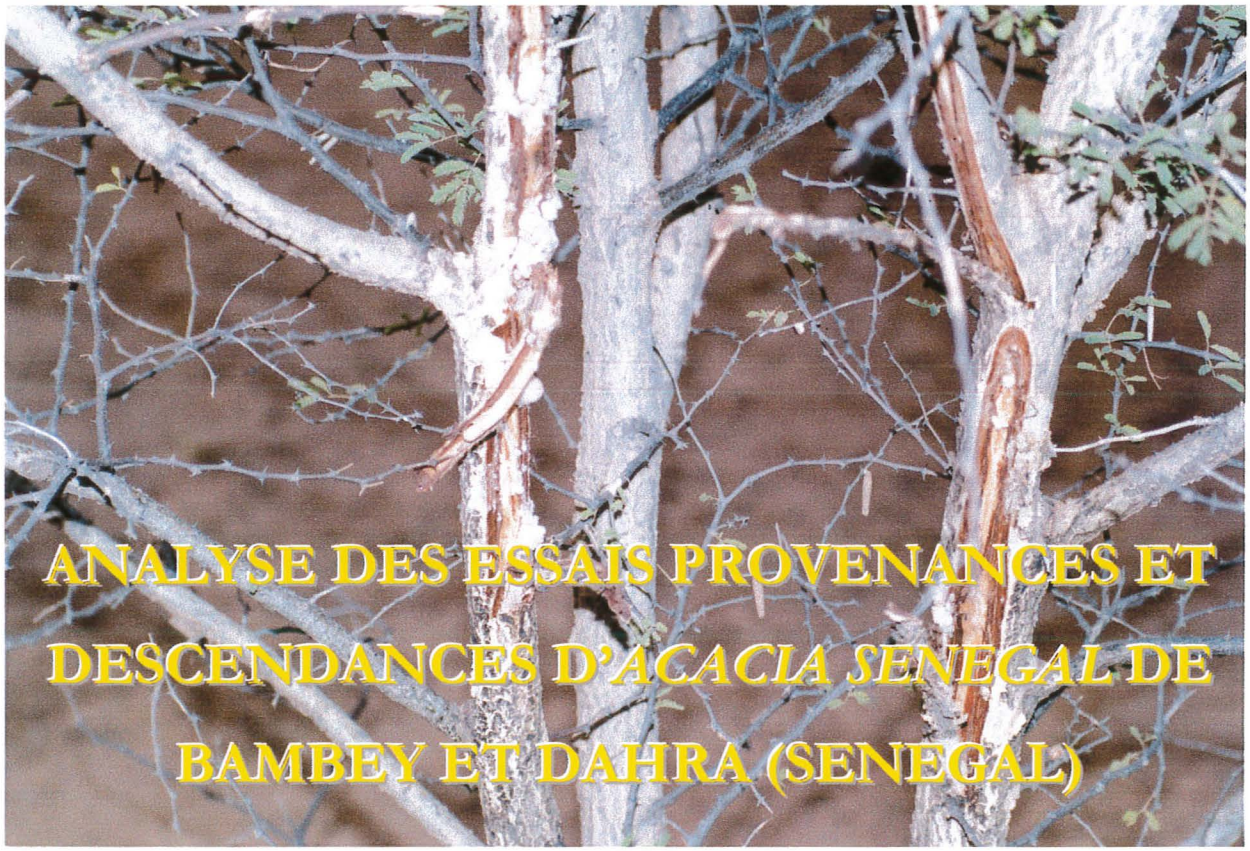
INSTITUT SENEGALAIS
DE RECHERCHES AGRICOLES

CENTRE NATIONAL DE
RECHERCHES FORESTIERES

CENTRE DE COOPERATION
INTERNATIONALE EN RECHERCHE
AGRONOMIQUE POUR
LE DEVELOPPEMENT

CIRAD-FORET



ANALYSE DES ESSAIS PROVENANCES ET DESCENDANCES D'*ACACIA SENEGAL* DE BAMBEY ET DAHRA (SENEGAL)

Ismaïla DIALLO
Chercheur au CNRF

Août 2002

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la collaboration scientifique et technique qui lie le Centre National de Recherches Forestières (CNRF) et le Centre de coopération Internationale pour la Recherche Agronomique et le Développement (CIRAD). Il a été possible grâce à l'assistance financière du CIRAD. Les analyses ont été faites avec la collaboration scientifique de Jean-Marc BOUVET, responsable du volet conservation de la biodiversité du Programme Arbres et Plantations du CIRAD-Forêt.

PLAN DETAILLE

1. **Introduction**

2. **Analyse des essais provenances**
   - ***2.1. Descriptif des essais***
   - ***2.2. Analyse de l'adaptation des provenances***
   - ***2.3. analyse génétique des caractères sylvicoles***

3. **Analyse des essais descendances**
   - ***3.1. Matériel végétal***
   - ***3.2. Descriptif des essais***
   - ***3.3. Analyse de l'adaptation des provenances et descendances***
     - 3.3.1. Station de Bambey
     - 3.3.2. Station de Dahra
   - ***3.4. Analyse génétique des caractères sylvicoles***
     - 3.4.1. Station de Bambey
     - 3.4.2. Station de Dahra

4. **Analyse de la production de gomme à Dahra**

5. **Conclusion et perspectives**

1. INTRODUCTION

Acacia senegal communément appelé gommier du Sénégal, est une espèce qui traverse l'Afrique d'est en ouest et se rencontre aussi dans la partie australe du continent. L'espèce se développe dans les zones à pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 300 et 600 mm. Le gommier présente une plasticité écologique car pouvant survivre et produire dans des zones relativement arides (100 mm de pluviométrie annuelle) ou humides (près de 900 mm par an). Il peut supporter une période sèche (jusqu'à 10 mois) et des températures parfois élevées (jusqu'à 40°c). Le gommier préfère généralement des sols bien drainés à dominante sableuse ; même s'il se rencontre parfois sur sols à dominante argileuse.

Acacia senegal se présente généralement comme un arbuste dont la hauteur ne dépasse pas souvent 8 mètres. L'arbre se caractérise par sa branchaison importante et la présence d'épines crochues. Les feuilles sont petites, alternes et bipennées. Les fruits sont des gousses déhiscentes contenant en moyenne 5 graines.

Le gommier est une espèce très utilisée dans les technologies agroforestières (haies vives, cultures associées, ...). Cependant, son principal rôle réside dans la production de gomme dite arabique qui fait l'objet d'un commerce très actif. La demande mondiale en gomme arabique est estimée à plus de 45 000 tonnes.

La gomme est un exsudat naturel non volatil et visqueux qui se dissout ou gonfle au contact de l'eau. Elle est très utilisée dans les industries agro-alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques. Plusieurs espèces produisent de la gomme mais celle produite par *Acacia senegal* constitue l'essentiel du marché mondial. La haute valeur marchande de la gomme justifie l'intérêt que l'espèce suscite dans les pays producteurs.

Cependant, force est de constater que la production de gomme, tributaire des conditions environnementales, présente une grande variabilité d'une année à l'autre et même d'une zone à l'autre. D'où l'intérêt de la recherche de facteurs déterminants dans le processus de la gommose.

Si les facteurs environnementaux influençant la production de gomme ont été bien étudiés (Dione, 1992 ; Sène, 1988) il n'en n'est pas de même des facteurs génétiques et de leurs interactions.

C'est dans ce cadre que le présent travail, s'appuyant sur les données de mensurations des essais provenances et descendances mis en place par l'ISRA/CNRF à Bambey et Dahra depuis 1994, cherche à analyser la variabilité intra et inter provenances et inter descendances du point de vue adaptation et de croissance. Compte tenu du faible recul par rapport à la production de gomme (données sur une année et pour quelques arbres seulement), il ne sera possible d'examiner que de façon partielle la variabilité génétique de ce caractère.

2. ANALYSE DES ESSAIS PROVENANCES

2.1. Descriptif des essais

Les essais provenances mis en place à Bambey et Dahra ont pour objectif l'exploitation de la variabilité inter provenances dans le but de sélectionner les meilleures sources du point de vue adaptation et production de gomme. Au total, 18 provenances de l'aire de distribution naturelle de l'espèce ont été utilisées dans les essais (Tableau 1 et Figure 1).

L'étude a pour objectifs principaux :

- l'estimation de la variabilité génétique des caractères de croissance et d'adaptation des provenances et descendances,
- l'analyse de l'efficacité de la sélection au niveau provenance, descendance et individuel pour les mêmes caractères, et
- l'analyse de la variabilité de la production de gomme.

Les essais sont en blocs complets randomisés avec 4 répétitions et des parcelles élémentaires de 25 arbres à l'écartement de 5 m X 5 m (voir plans en annexe).
La station de Bambey, située dans la partie nord du bassin arachidier caractérise par des sols de type ferrugineux tropicaux lessivés sur matériaux sablo-argileux remaniés. La teneur en argile et limon est de 15% environ. Le climat est de type soudano-sahélien chaud et sec avec une pluviométrie moyenne annuelle de 400 mm. La saison des pluies s'étend de juin à septembre. La station de Dahra est située quant à elle dans la zone sylvo-pastorale. Elle se caractérise par des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés à lessivés. La pluviométrie moyenne annuelle est de 250 mm et la saison des pluies s'étale de juillet en septembre.
Les paramètres mesurés sont la hauteur, le diamètre et le taux de survie. Le nombre de branches susceptibles d'être saignées a également été compté pour chaque arbre. La hauteur a été déterminée à l'aide d'une perche ; tandis que le diamètre a été mesuré au collet des arbres avec un pied à coulisse.

Tableau 1 : Présentation des provenances

Provenances	Pays d'origine	Nombre (1) d'individus	Pluviométrie (mm/an)	Longitude	Latitude	Altitude
Di (Sousou)	Burkina	25		3°23 W	13°14 N	
Fc Bissiga	Burkina	25		1°20 W	12°4 N	
Sodéra	Ethiopie	25		39°23 E	8°24 N	
Jodpur	Inde 50 & 60	25	300	79°31 W	26°19 N	210
Djiguéni	Mauritanie	25	200	8°40 W	15°44 N	200
Kankossa	Mauritanie	25	250	11°27 W	15°56 N	150
Karofane	Niger	25		6°11 E	14°18 N	
Diaménar	Sénégal	29	284	15° 54 W	16° 00 N	
Kidira	Sénégal	25	505	12° 13 W	14°28 N	
Ngane	Sénégal	30	712	16° 12 W	14° 08 N	
Daïba	Sénégal	30	458	13° 08 W	15° 22 N	
Burbenran	Soudan (kordof ?)	25	365	29°35E	12°44 N	510
Aïté	Mali	25		?	?	
Kirane	Mali	25	550	10°15 W	15°23 N	800
Somo	Mali	25	700	4°54 W	13°17 N	
Burberband	Pakistan	25	200	67°28 E	25°4 N	
Tchad	Tchad	25		?	?	

(1) = nombre de semenciers ayant constitué la provenance

Figure 1 : Carte de répartition des provenances utilisées dans les essais

2.2. Analyse de l'adaptation des provenances

L'analyse des valeurs moyennes de l'ensemble des provenances (Tableau 2 et 3) met en évidence :

- un accroissement régulier de la hauteur et du diamètre avec l'âge. Ces deux variables présentent aussi un coefficient de variation élevé, ce qui témoigne de l'existence de différences importantes au niveau individuel.
- La mortalité augmente aussi avec l'âge de façon régulière
- Le nombre de branches augmente légèrement entre 72 et 84 mois.

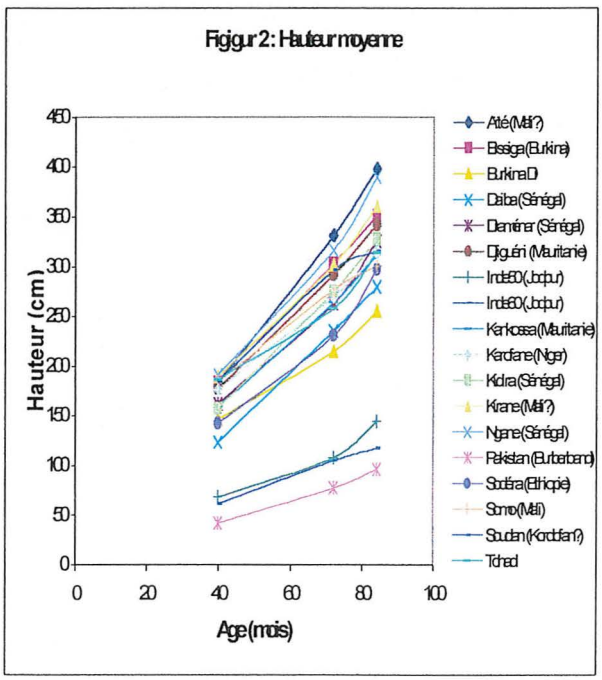
Tableau 2 : Croissance des provenances dans la station de Bambey

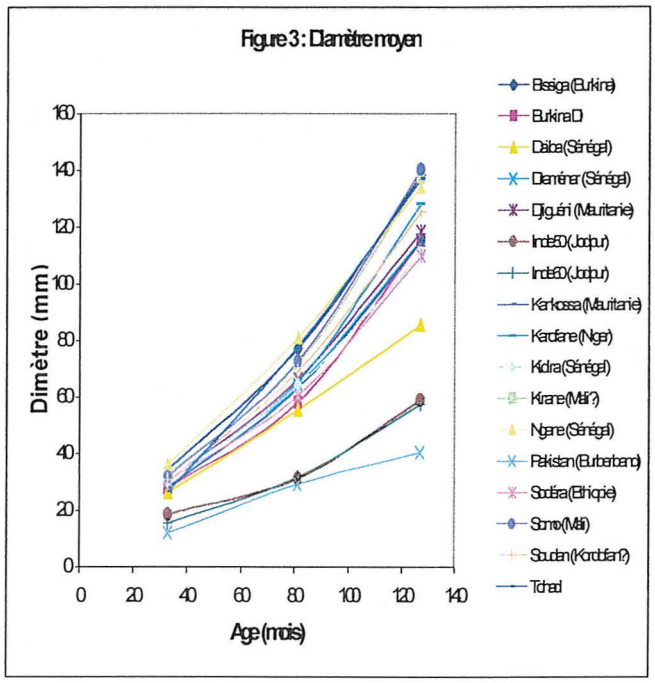
Variable	Moyenne	Coefficient Variation
Hauteur 40 (cm)	157.050	46.649
Hauteur72 (cm)	268.472	37.976
Hauteur 84 (cm)	314.585	36.723
Diamètre 40 (mm)	35.930	45.490
Diamètre 72 (mm)	65.76	40.697
Diamètre 84 (mm)	94.47	31.774
Branchaison 72	3.972	65.047
Branchaison 84	2.968	87.072
Mortalité 40 (%)	0.125	264.648
Mortalité 72 (%)	0.200	199.708
Mortalité 84 (%)	0.297	153.811

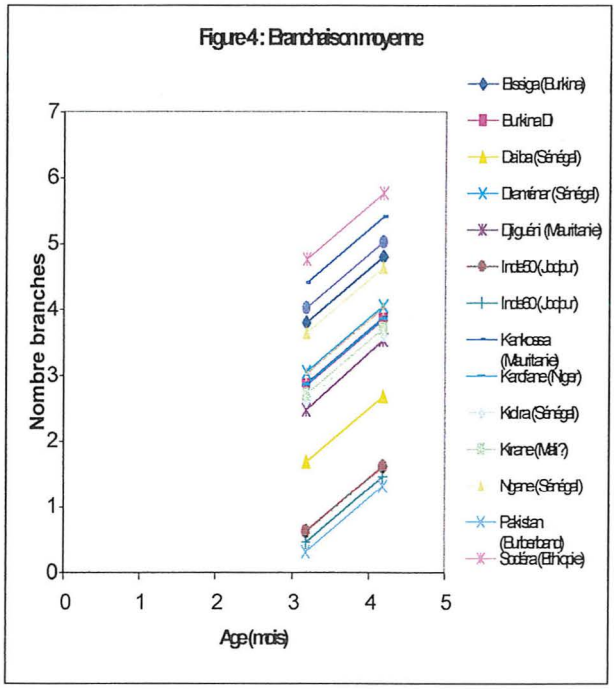
Tableau 3 : adaptation des provenances dans la station de Dahra

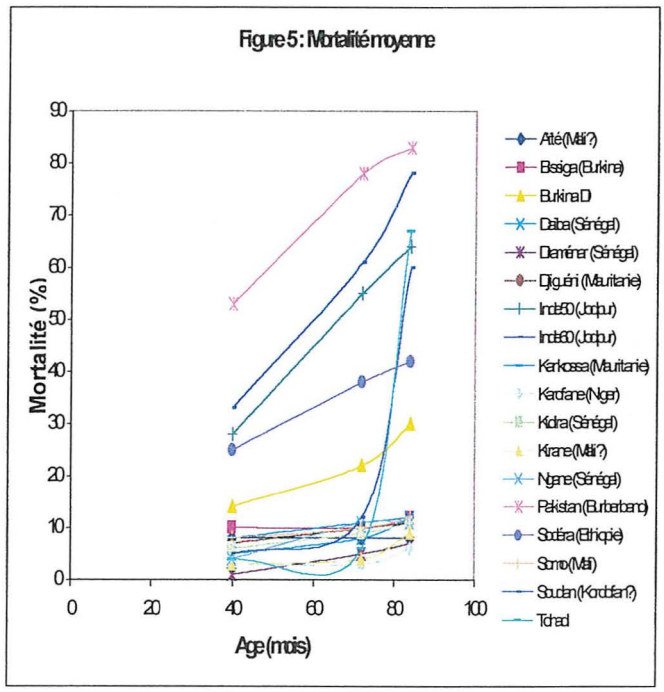
Variable	Moyenne	Coefficient Variation
Hauteur 40 (cm)	99.996	67.318
Hauteur 72 (cm)	191.254	56.985
Hauteur 84 (cm)	226.796	50.693
Diamètre 40 (mm)	1.968	74.183
Diamètre 72 (mm)	7.775	47.908
Diamètre 84 (mm)	15.289	64.291
mortalité 40 (%)	0.7138	63.324
mortalité 72 (%)	0.7183	62.636
mortalité 84 (%)	0.729	60.919
gomme	176.677	118.922

Les figures 2 et 3 illustrent l'évolution des paramètres de croissance au sein de chaque provenance. Parmi les provenances, 3 se distinguent par leurs hauteurs et diamètres relativement faibles ; Il s'agit des 2 provenances d'Inde (50 et 60) et de celle du Pakistan.
Pour l'ensemble des provenances, on constate une augmentation régulière de la branchaison (Figure 4) entre 72 et 84 mois.









Du point de vue de la mortalité (Figure 5), on constate que les provenances d'Inde (64% pour Inde 50 et 78% pour Inde 60 et du Pakistan (plus de 80%) présentent les taux les plus élevés à 84 mois. Elles sont suivies par la provenance de Sodéra (Ethiopie) avec une mortalité avoisinant 40%. On constate également que entre 72 et 84 mois, la mortalité des provenances du Tchad et du Soudan (Kordofan ?) augmente très rapidement, passant de près de 10% à plus de 60%. C'est peut être cette importante mortalité qui explique la diminution de la hauteur moyenne pour ces deux provenances entre 72 et 84 mois.

Sur la base de cette variabilité constatée au entre les provenances, des analyses en composante principale ont été effectuées. Elles ont montré, à travers les valeurs propres, que les axes 1 et 2 (Figure 6) renfermaient l'essentiel de cette variabilité.

Le cercle des corrélations montre que l'axe 1 est expliqué par une opposition entre les provenances à forte croissance et les provenances à forte mortalité (Figure 7). L'axe 2 par contre oppose les provenances ayant une forte branchaison à celles qui ont une faible branchaison.

La distribution des provenances entre les axes montre que les provenances d'Inde et du Pakistan sont très différentes des autres (Figure 8) et se caractérisent par une fore mortalité.

Une seconde analyse n'intégrant pas les provenances d'Inde et du Pakistan a également montré que les axes 1 et 2 représentait l'essentiel de la variabilité (Figure 9). La distribution des provenances (Figures 10 et 11) a permis caractériser les provenances :

Les principaux résultats sont la caractérisation de certaines provenances :

- Provenance avec une faible croissance et une forte mortalité (provenance Tchad),
- Provenances avec une forte croissance [Ngane (Sénégal), Bissiga (Burkina), Aïté (Mali) et Kirane (Mali)],
- Provenances avec beaucoup de branches (Sodéra ; Mali) et d'autres ont peu de branches (Daïba ; Sénégal)
- Les autres provenances ont un comportement moyen pour ces paramètres.

Figure 6 : Répartition de la variabilité entre les axes

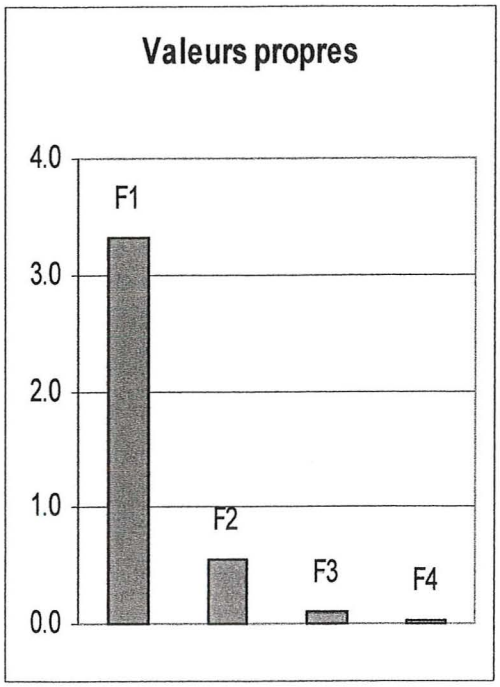


Figure 7 : Cercle des corrélations

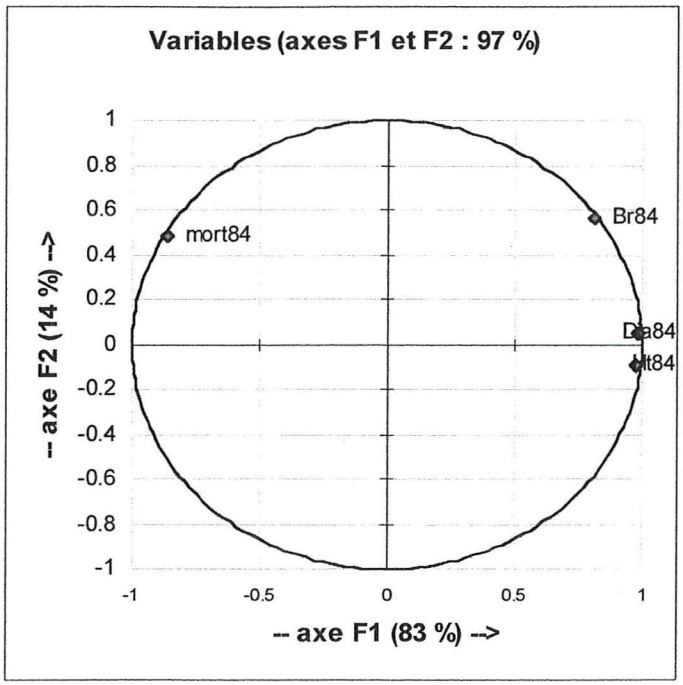


Figure 8 : distribution des provenances entre les axes de l'analyse en composante principale

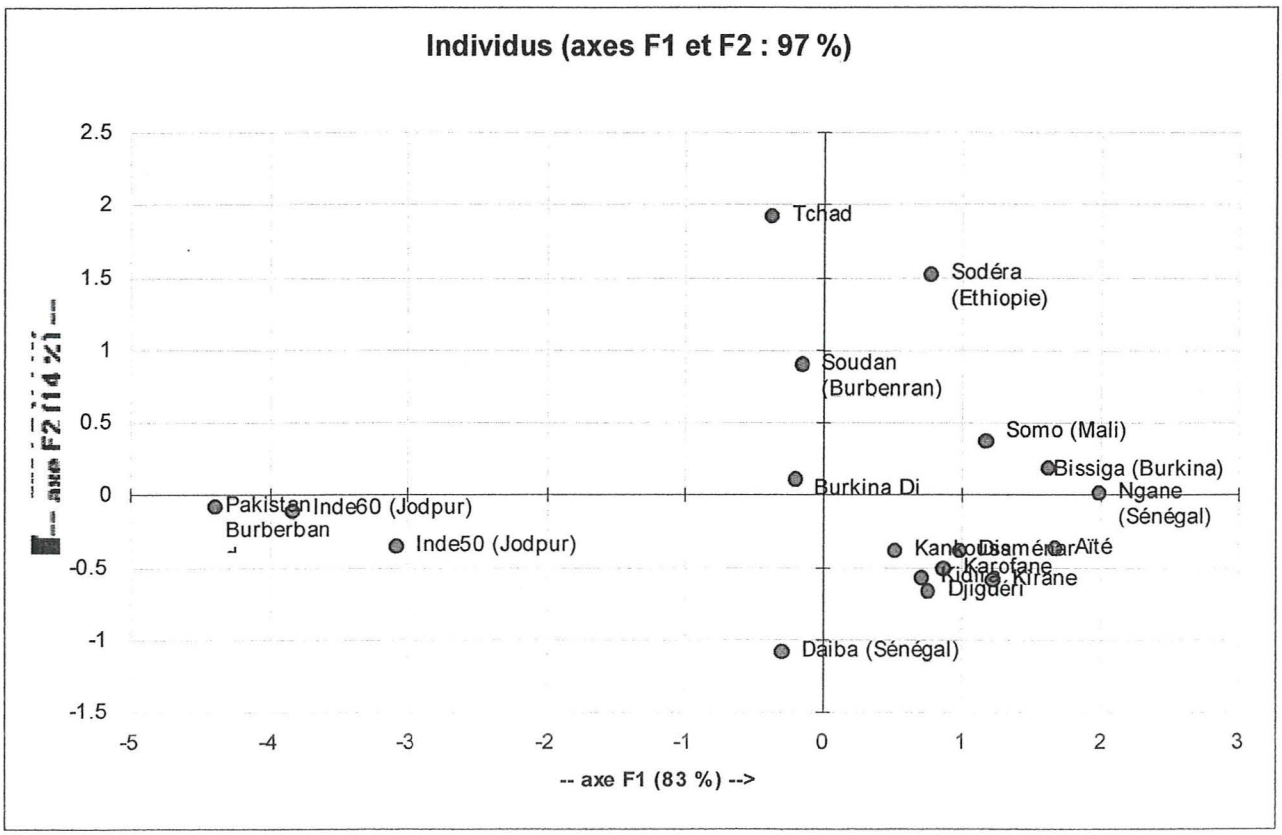


Figure 9 : Répartition de la variabilité entre les axes sans provenances Inde et Pakistan

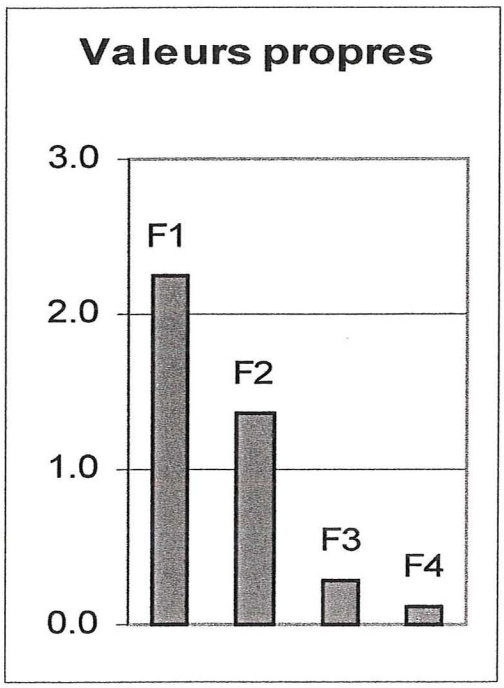


Figure 10 : Cercle des corrélations sans provenances Inde et Pakistan

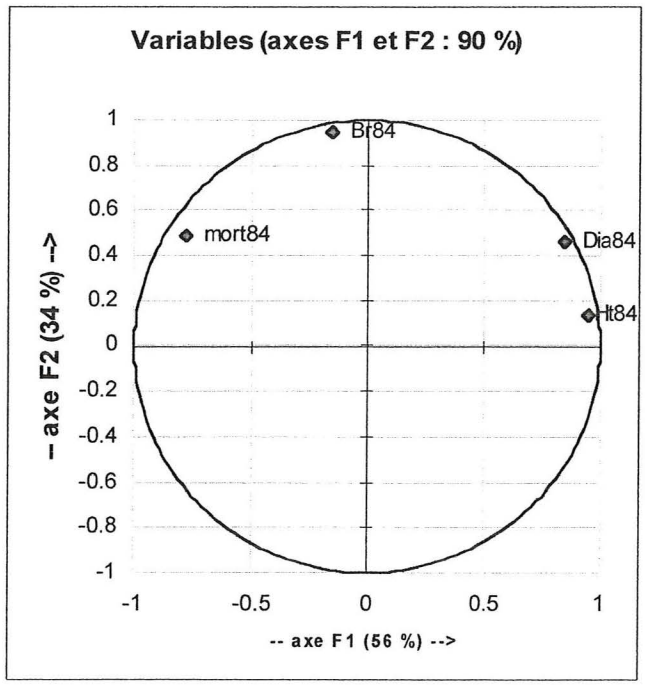
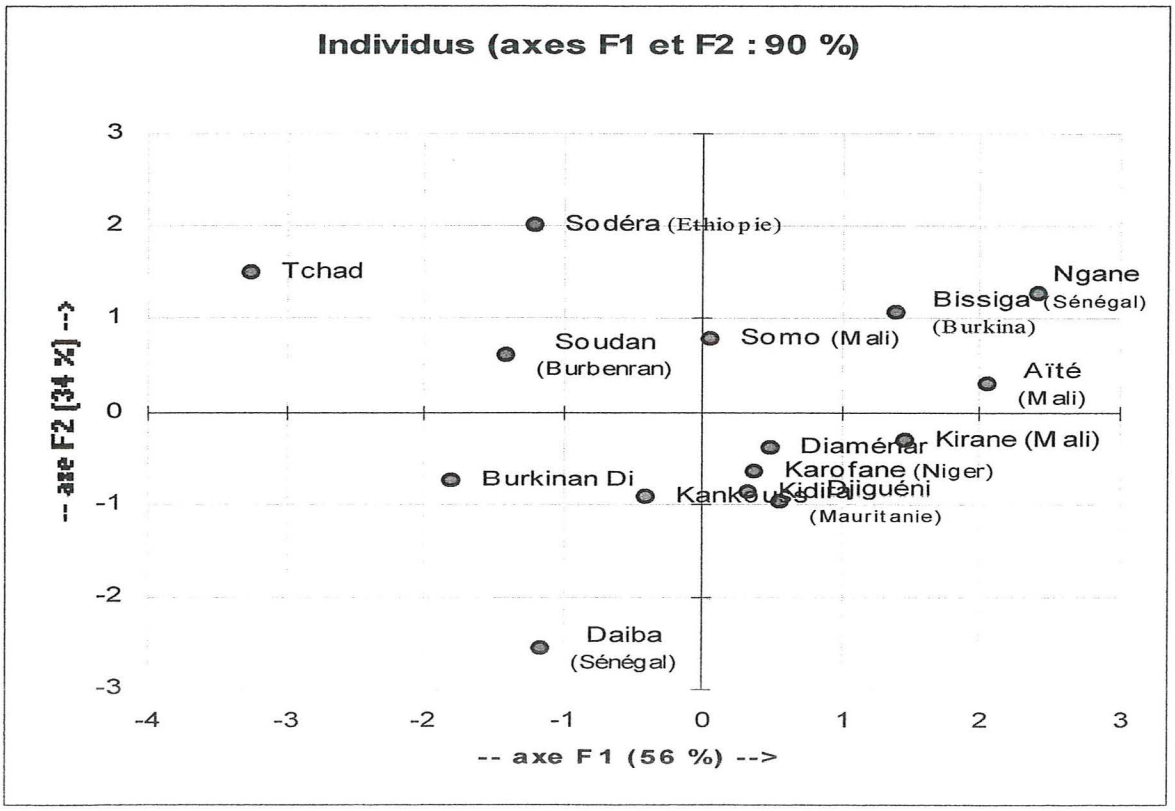


Figure 11 : Distribution des provenances exceptées celles d'Inde et du Pakistan



2.3. Analyse génétique des caractères sylvicoles

Compte tenu de la forte mortalité observée dans l'essai provenances de Dahra, seul l'essai de Bambey a fait l'objet d'analyse sur le plan génétique.
L'estimation des paramètres génétiques s'est réalisée selon le modèle mixte suivant :

$$\mathbf{Y_{ijk}=\mu + B_j + P_i + B_j{*}P_i + R_{ijk}}$$

B_j = effet bloc j considéré comme fixe

P_i = effet provenance i qui est un effet aléatoire de variance σ^2 p

$B_j{*}P_i$ = effet aléatoire interaction provenance*bloc de variance σ^2 b*p (effet milieu)

R_{ijk} = effet résiduel aléatoire comprenant des effets génétiques et des effets environnementaux intra provenances de variance σ^2 r

Différents paramètres génétiques seront estimés.

- Le pourcentage de variance entre provenances par rapport à la variance totale $P = \sigma^2 p / \sigma^2 p + \sigma^2 r$
- L'héritabilité au niveau provenance $H^2 = \sigma^2 p / (\sigma^2 p + \sigma^2 b/b + \sigma^2 r/nb)$

  b = nombre de blocs

  n = nombre d'individus par provenance et par bloc
- Le coefficient de corrélation inter provenance pour deux caractères x et y

rp = $\sigma p(x,y) / \sigma p(x) \sigma p(y)$

- Le coefficient de corrélation intra provenance r

rr = $\sigma r(x,y) / \sigma r(x) \sigma r(y)$

Les résultats relatifs aux variances sont présentés dans le tableau 4 suivant.

Tableau 4 : Paramètres génétiques estimés dans l'essai provenances de Bambey

Variable	Probabilité	Variation inter provenances	Variation intra provenance	Variation inter/totale (%)	Héritabilité (%)
Hauteur 40	$1,17\ 10^{-22}$	247,92	3008,41	7,6	60,14
Hauteur 72	$9,37\ 10^{-18}$	627,59	5781,68	9,7	66,11
Hauteur 84	$7,71\ 10^{-36}$	1220,56	7944,57	13,3	73,85
Diamètre 40	$2,97\ 10^{-22}$	8,87	163,083	5,1	42,26
Diamètre 72	$1,98\ 10^{-18}$	2,45	46,6	5	45,9
Diamètre 84	$1,53\ 10^{-19}$	0,43	6,164	6,5	58,5
Branchaison 72	$1,73\ 10^{-18}$	0,21	4,424	4,5	41,69
Branchaison 84	$1,73\ 10^{-18}$	0,21	4,424	4,5	41,69

Variation intra provenance = variance résiduelle
Variation inter/variation intra = variation inter / (variation inter+variation intra)
Héritabilité = variation inter / (variation inter + interaction Bloc*Prov / Nmbre blocs + variation intra / taux moyen survie)

Les principaux enseignements, en excluant de l'analyse les provenances d'Inde et du Pakistan, sont :

- La variance inter provenances est très significativement différente de zéro pour l'ensemble des caractères de croissance et de branchaison (probabilité inférieure à 5 %).
- La variation inter provenances ne représente qu'un faible pourcentage de la variation totale et reste inférieure à 10%. Cette faible valeur est un résultat généralement rencontré chez les espèces forestières où la majorité de la variance est contenue au sein des populations. Cependant, les très faibles valeurs peuvent s'expliquer par une partie de l'effet génétique pris en compte par l'effet d'interaction bloc*provenance et pour une variance résiduelle incluant des effets environnementaux
- L'héritabilité moyenne au niveau des provenances est relativement modérée de façon générale. En effet, ce type d'héritabilité avoisine les 0,8 à 0,9 lorsque les dispositifs expérimentaux sont très performants. On note malgré tout des valeurs supérieures pour la hauteur qui augmentent avec l'âge. Ce caractère apparaît donc comme un bon critère de sélection pour l'adaptation.

Tableau 5 : Corrélation entre caractères au niveau individuel intra provenance

	Ht 40	Ht 72	Ht 84	Dia 40	Dia 72	Dia 84	Bran 72	Bran 84
Ht 40	1.000							
Ht 72	0,029	1,000						
Ht 84	0,047	0,828	1,000					
Dia 40	0.811	0.014	0.031	1,000				
Dia 72	- 0,001	0,779	0,692	-0.021	1,000			
Dia 84	0.027	0.667	0.777	0,005	0.706	1,000		
Bran 72	- 0,008	0,632	0,578	0,618	0,735	0,000	1,000	
Bran 84	- 0,008	0,632	0,578	0,618	0,735	0,000	1,000	1,000

Ht = Hauteur ; Dia = Diamètre ; Bran = Branchaison
(pour un caractère donné, le chiffre sur le tableau correspond à la moyenne des valeurs obtenues sur les individus d'une provenance donnée et pour toutes les provenances)

Les corrélations au niveau individuel varient fortement pour la hauteur et le diamètre. Par exemple R (Hauteur 40, Hauteur 84) = 0,04 ; alors que R (Hauteur 72 , Hauteur 84) = 0,83. De même, R (Diamètre 40 , Diamètre 72) = 0,71 alors que R (Diamètre 40 , Diamètre 84) = 0,005. Dans le cadre des corrélations âge-âge, on s'attend à trouver des évolutions du coefficient moins brutales. Ceci pourrait être dû à un artéfact au moment de la saisie des données ou des mensurations (erreurs dans l'identification des individus sur le terrain).

Tableau 6 : Corrélation entre caractères au niveau provenances

	Ht40	Ht72	Ht84	Dia40	Dia72	Dia84	Br72	Br84
Ht40	1.000							
Ht72	0.854	1.000						
Ht84	0.674	0.799	1.000					
Dia40	1.019	0.654	0.435	1.000				
Dia72	0.898	0.900	0.724	0.851	1.000			
Dia84	0.840	0.706	0.885	0.750	0.888	1.000		
Br72	0.438	0.263	0.103	0.545	0.697	0.619	1.000	
Br84	0.438	0.263	0.103	0.545	0.697	0.619	1.000	1.000

Ht = Hauteur ; Dia = Diamètre ; Bran = Branchaison

Les corrélations au niveau moyenne provenances sont par contre conformes aux résultats habituels. On observe en effet des coefficients de corrélation élevés entre âges. C'est le cas de R (Hauteur 40, Hauteur 84) = 0,67 ; tandis que R (Hauteur 72, Hauteur 84) = 0,8. La corrélation entre la hauteur et le diamètre diminue fortement à 84 mois suite à des valeurs à 40 et 72 mois. La corrélation entre le nombre de branches et le diamètre est assez forte. La croissance en diamètre peut donc être un bon critère pour prédire le nombre de branches à saigner.

En conclusion sur l'analyse des essais provenances, on peut retenir essentiellement :

- Pour les caractères de croissance, les provenances du Mali (Aïté, Somo et Kirane), du Burkina (Bissiga) et du Sénégal (Ngane) sont les plus performantes, tandis que celles d'Inde (Inde 50 et Inde 60) et du Pakistan (Burberband) présentent les plus faibles valeurs de croissance en hauteur et de diamètre.
- La mortalité est également plus forte pour les provenances d'Inde, du Pakistan, du Soudan (Kordofan) et du Tchad. Les provenances les plus adaptées sont celles du Mali (Somo, Aïté et Kirane), du Sénégal (Ngane et Diaménar), du Niger (Karofane) et du Burkina (Bissiga).

Les provenances de latitude élevée (Inde et Pakistan) ne semblent donc pas adaptées à la station de Bambey au Sénégal. Il serait intéressant d'approfondir les raisons de cette non adaptation en précisant notamment les conditions écologiques et pédologiques du Pakistan et de l'Inde qui ont pu sélectionner d'autres gènes d'adaptation de l'espèce.

Sur le plan des paramètres génétiques, on constate que la variabilité intra provenance est plus forte que celle inter provenances. Une forte corrélation a été notée entre les différents âges pour la hauteur et le diamètre tant au niveau individuel qu'au niveau moyenne des provenances. On observe ainsi une forte l'héritabilité pour la croissance et le diamètre au niveau provenances. Ces paramètres peuvent donc constituer de bons critères de sélection des provenances.

- **ANALYSE DES ESSAIS DESCENDANCES**

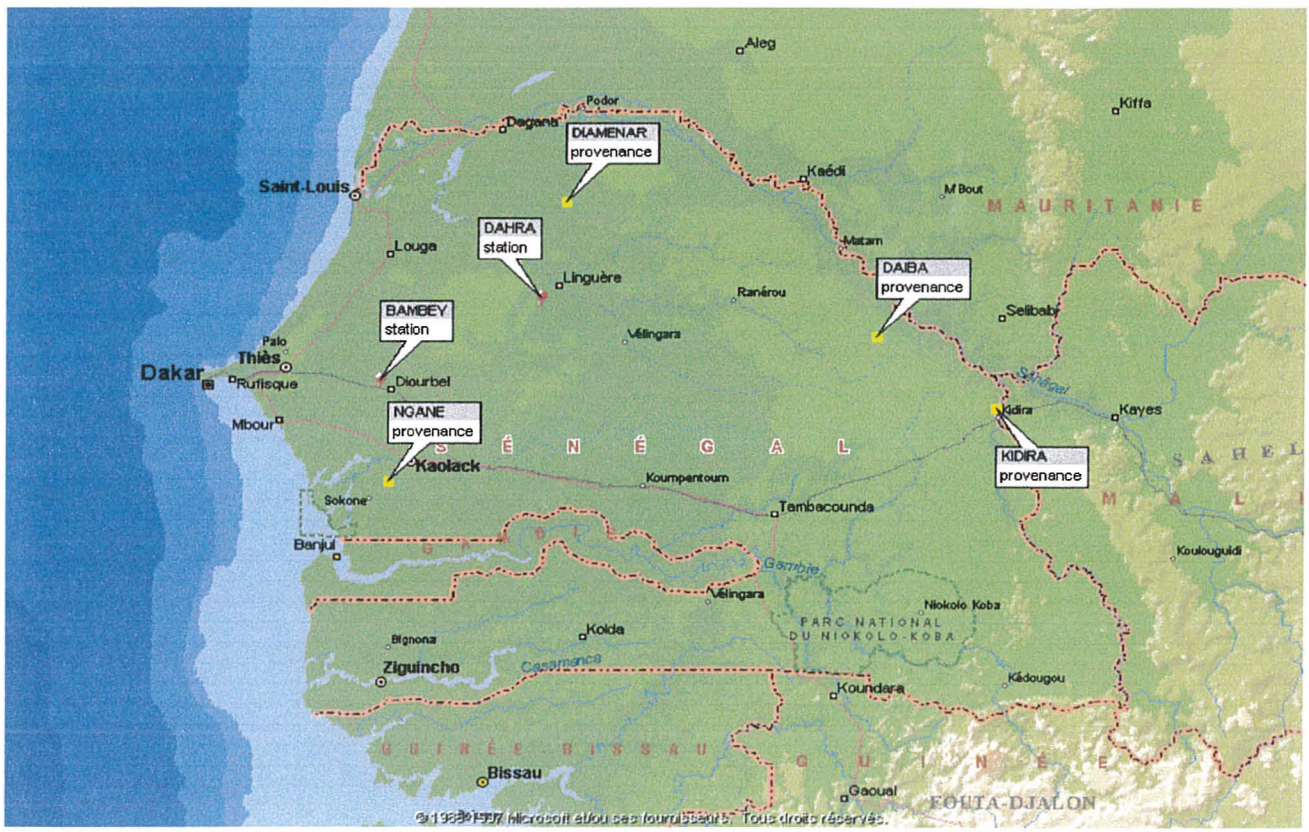
3.1. Matériel végétal

Les provenances retenues dans le cadre de cet essai sont suffisamment représentatives de l'aire de distribution de l'espèce au Sénégal. La provenance de Diaménar est située dans la partie nord de la zone sylvo-pastorale qui constitue la zone de prédilection du gommier. La provenance de kidira semble représentée la limite orientale de la zone gommière du Sénégal. Par contre, la provenance de Ngane est située sur sols salés dans le sud du Bassin arachidier.

Tableau 7: données climatiques et position géographique des provenances utilisées

Provenances	Pays	Nombre de semenciers	Pluviométrie moyenne annuelle	Longitude	Latitude
Diaménar	Sénégal	29	284	15° 54 W	16° 00 N
Kidira	Sénégal	25	505	12° 13 W	14°28 N
Ngane	Sénégal	30	712	16° 12 W	14° 08 N
Daïba	Sénégal	30	458	13° 08 W	15° 22 N

Figure 12 : carte indiquant les positions des provenances de *Acacia senegal* et les stations d'essai



Dispositif expérimental

Les essais descendances ont été mis en place dans deux stations différentes du point de vue climat et sols. La station de Dahra est située dans la zone sylvo-pastorale qui reçoit en moyenne 250 mm de pluies par an. Les sols sont de types ferrugineux tropicaux peu lessivés à lessivés. La teneur en sable peut dépasser 80%. Par contre, la station de Bambey est située dans le nord bassin arachidier avec une pluviométrie moyenne annuelle de 400 mm. Les sols sont de types argilo-sableux relativement riches en matière organique.
Le dispositif expérimental est monoarbre en blocs complets randomisés (Tableau 8). Dans chaque provenance, les graines ont été récoltées de façon séparée sur 15 arbres.

Tableau 8 : du dispositif expérimental utilisé

Station	Nombre descendances par provenance	Dispositif	Ecartement	Date plantation	Fertilisation
Bambey	15	Blocs complets (30) Parcelle monoarbre	5 m x 5 m	Août 1994	Non
Dahra	15	Blocs complets (30) Parcelle monoarbre	5 m x 5 m	Août 1994	Non

3.2. Analyse de l'adaptation des provenances et descendances

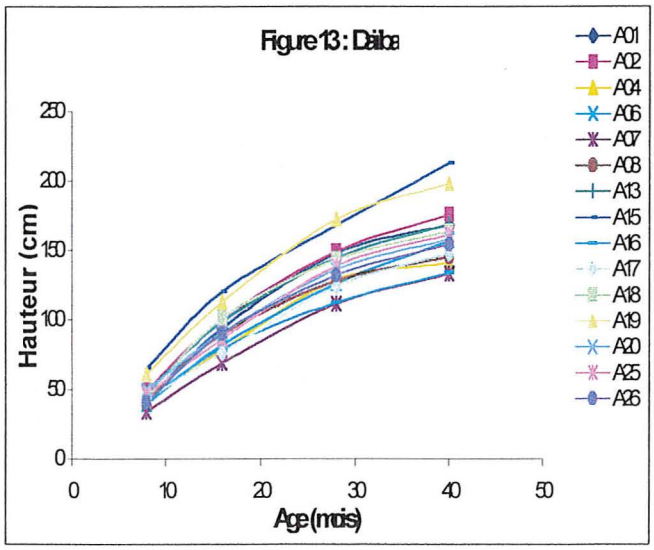
Tableau 9 : adaptation des provenances et descendances à Bambey et Dahra

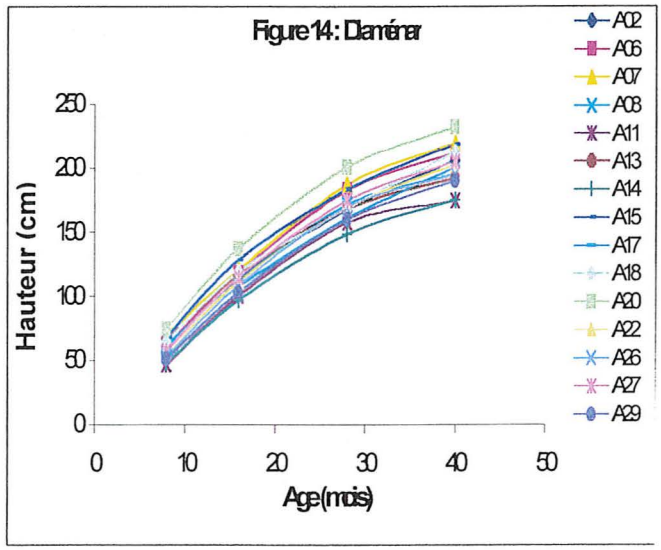
Station	Variables	Moyenne	Coefficient variation
BAMBEY	Hauteur 8 (cm)	57,11	47,72
	Hauteur16 (cm)	109,59	38,26
	Hauteur 28 (cm)	163,29	35,33
	Hauteur 40 (cm)	189,90	36,44
	Diamètre 8 (mm)	15,51	37,89
	Diamètre 16 (mm)	24,54	39,67
	Diamètre 28 (mm)	37,56	38,13
	Diamètre 40 (mm)	42,73	37,45
	Mortalité 8 (%)	0,08	321,34
	Mortalité 16 (%)	0,10	292,90
	Mortalité 28 (%)	0,10	288,63
	Mortalité 40 (%)	0,10	288,63
DAHRA	Hauteur 10 (cm)	12,69	88,88
	Hauteur14 (cm)	42,63	48,47
	Hauteur 24 (cm)	77,69	58,43
	Hauteur 28 (cm)	104,19	51,75
	Hauteur 36 (cm)	141,25	53,50
	Hauteur 48 (cm)	189,80	47,13
	Hauteur 96 (cm)	281,50	38,97
	Diamètre 10 (mm)	5,62	38,15
	Diamètre 24 (mm)	16,06	59,68
	Diamètre 28 (mm)	20,35	59,55
	Diamètre 36 (mm)	29,63	55,38
	Diamètre 48 (mm)	38,74	52,38
	Diamètre 96 (mm)	66,83	43,55
	Mortalité 10 (%)	0,27	164,47
	Mortalité 28 (%)	0,54	91,80
	Mortalité 36 (%)	0,53	92,63
	Mortalité 48 (%)	0,55	90,07
	Gomme (g)	16,27	485,09

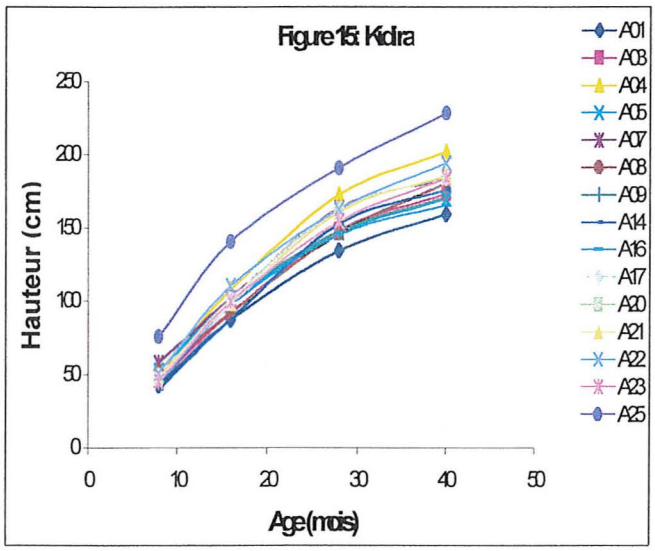
Ce tableau met en évidence la différence de comportement moyen des provenances dans les deux stations. A Dahra, la croissance en hauteur et la circonférence sont plus faibles qu'à Bambey. Ceci peut s'expliquer par la pluviométrie qui est plus faible à Dahra. En outre, la mortalité est plus forte à Dahra due à une attaque des rongeurs la première année de plantation.

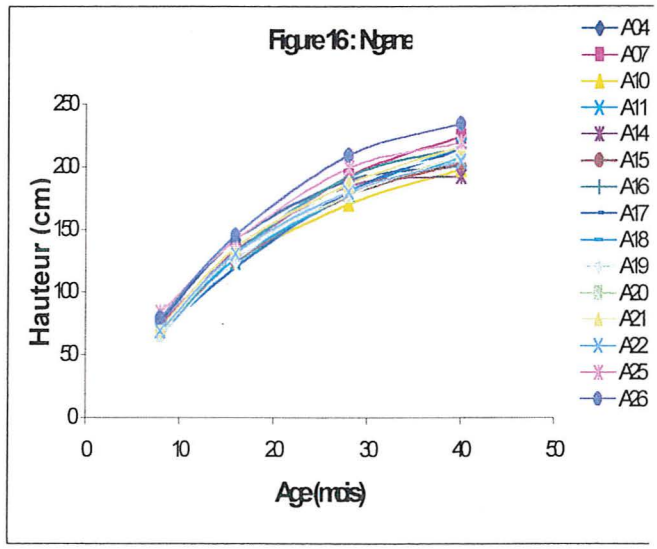
3.3.1. Station de Bambey

- **Evolution de la hauteur moyenne par descendance et par provenance (Station de Bambey)**



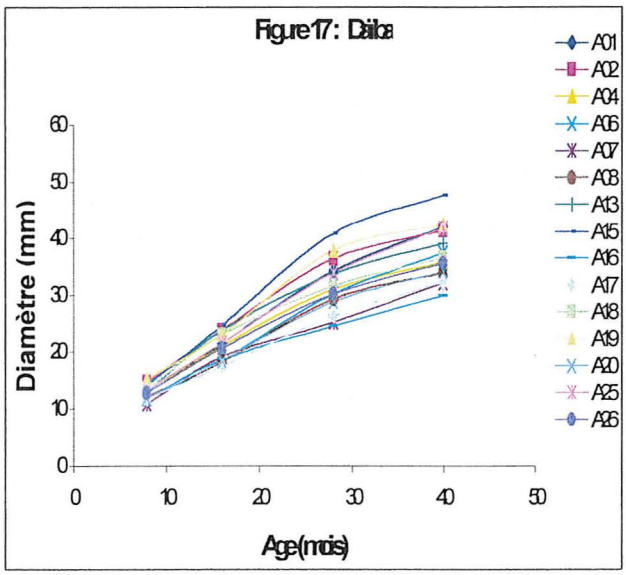


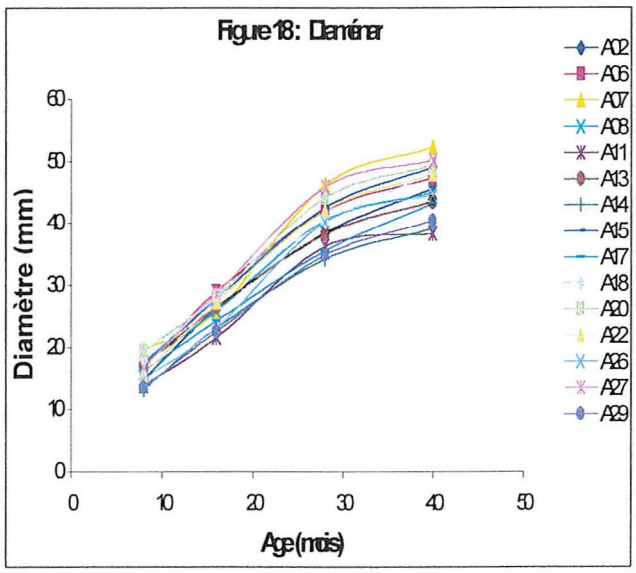


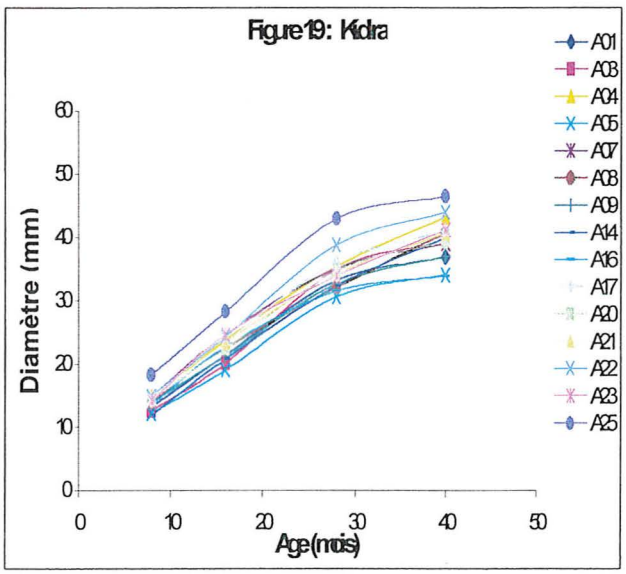


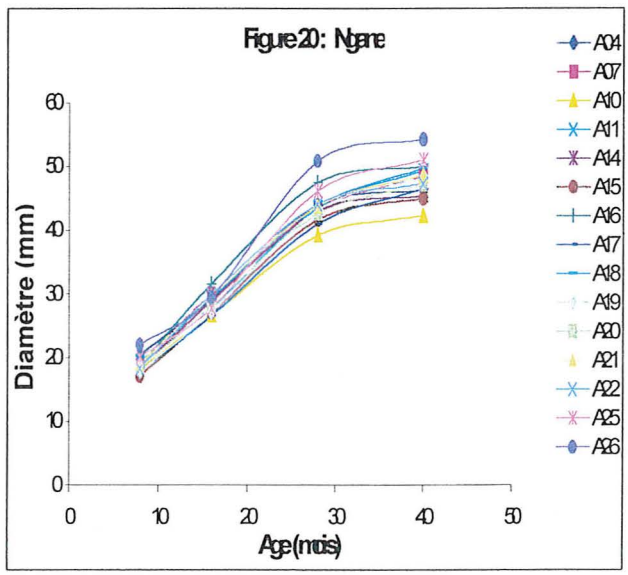
Pour chacune des provenances, on constate que la hauteur moyenne augmente régulièrement avec l'âge des arbres. Cette croissance est cependant plus rapide au cours des 24 premiers mois et semble ralentir au-delà de cet âge et semble atteindre un plateau.

- **Evolution du diamètre moyen par descendance au sein de chaque provenance (Station de Bambey)**



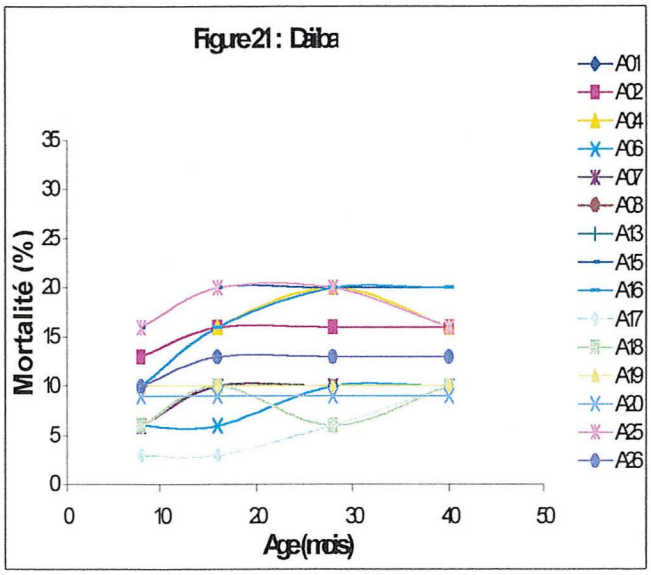


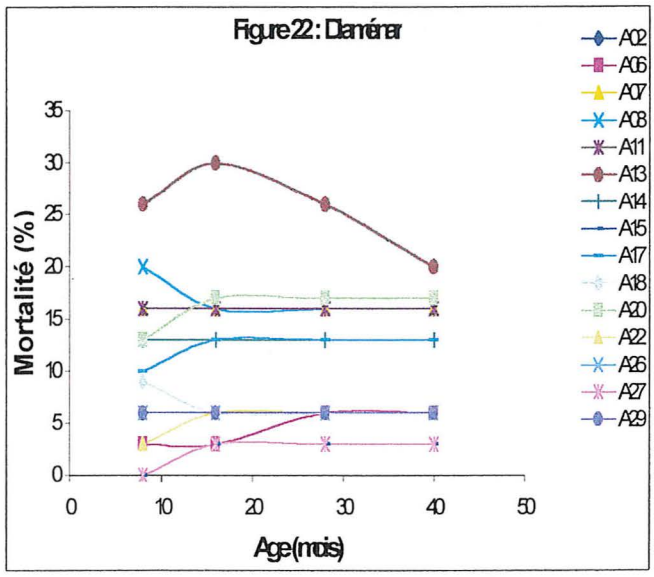


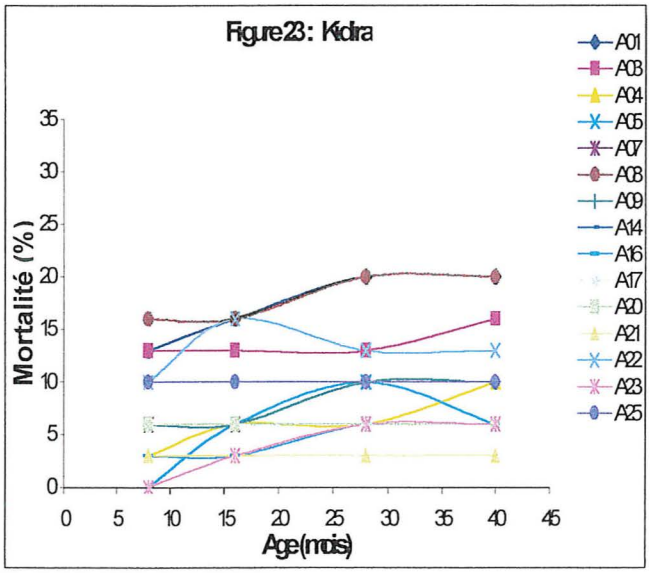


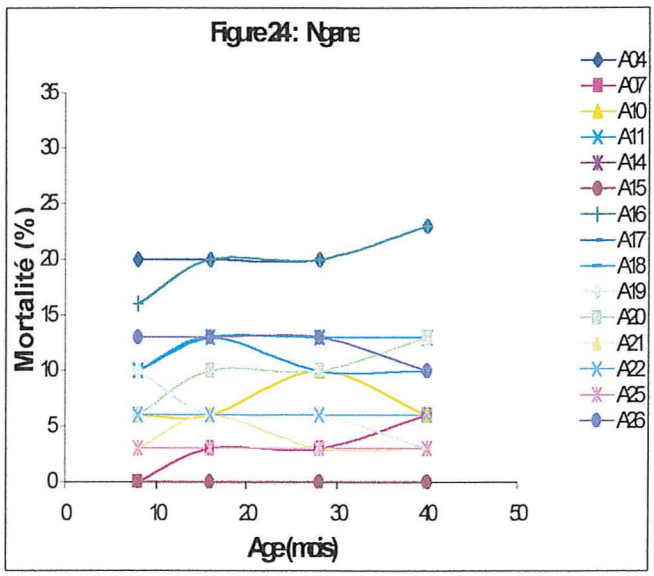
Les figures 17 à 20 montrent que le diamètre moyen augmente aussi avec l'âge des arbres dans chaque provenance. Comme pour la hauteur, on constate que l'accroissement du diamètre est plus important durant les 24 premiers mois. Au-delà, la croissance diminue significativement.

- **Evolution de la mortalité moyenne au sein de chaque provenance (Station de Bambey)**







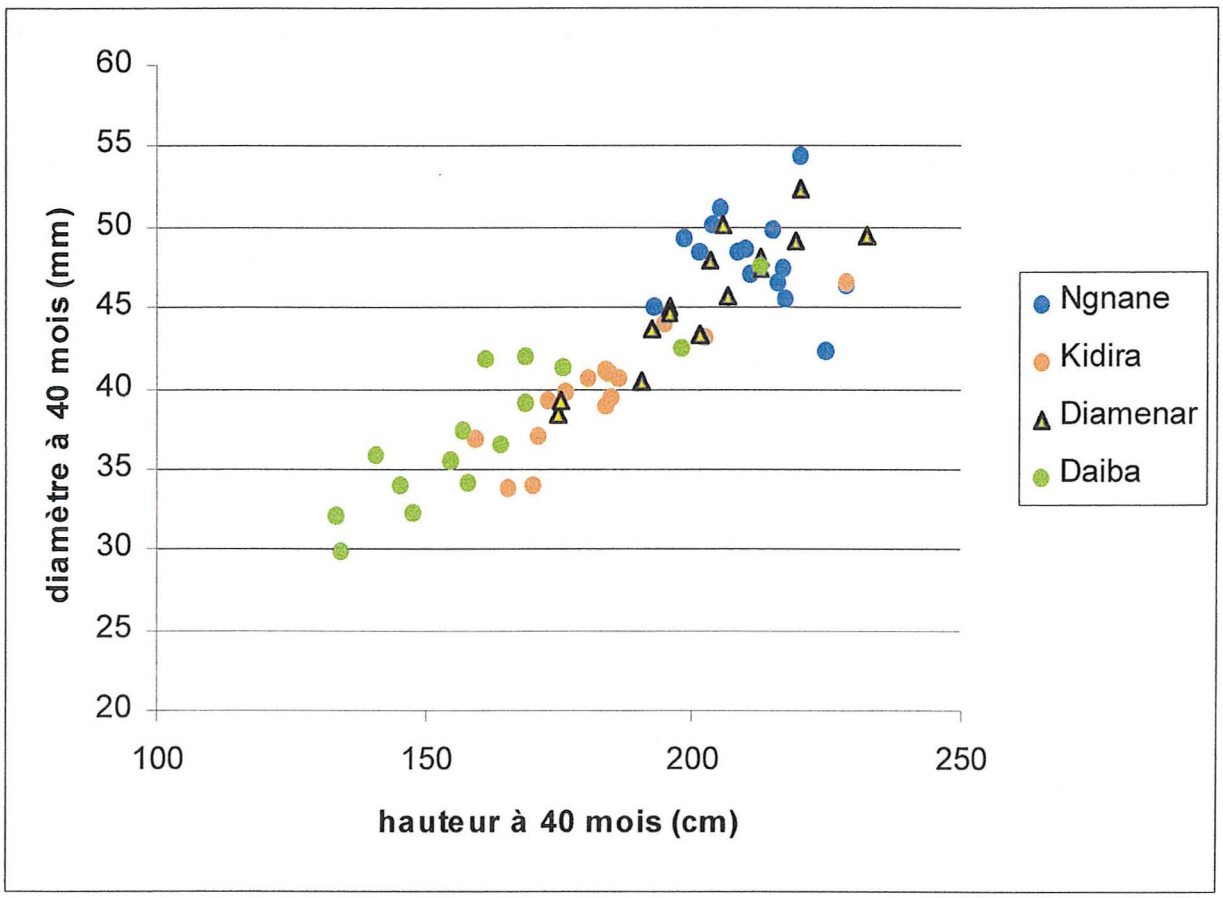


Les figures 21 à 24 montrent que les mortalités les plus fortes enregistrées sont intervenues dans les 10 premiers mois, toutes provenances confondues. Cependant, la descendance A 13 de la provenance Diaménar semble présenter des reprises au-delà de 10 mois avec une diminution de la mortalité. Pour toutes les autres provenances, la mortalité est relativement faible après 10 mois.

Du point de la variabilité inter et intra descendances, on note pour la station de Bambey (Figure 25):

- Une forte corrélation entre la hauteur et le diamètre
- Des performances variables en ce qui concerne les provenances et les descendances au sein des provenances.

Figure 25 : Variation inter provenances et inter descendances à Bambey



Afin de mieux caractériser le comportement des provenances et des descendances au sein des provenances, une analyse en composante principale a été réalisée.

La variabilité entre les provenances est mise en évidence par les axes 1 et 2 (Figure 26). Le cercle de corrélations (Figure 27) montre que l'axe 1 est expliqué par la croissance et l'axe 2 par la mortalité.

Figure 26 : Distribution de la variabilité Entre les axes à la station de Bambey

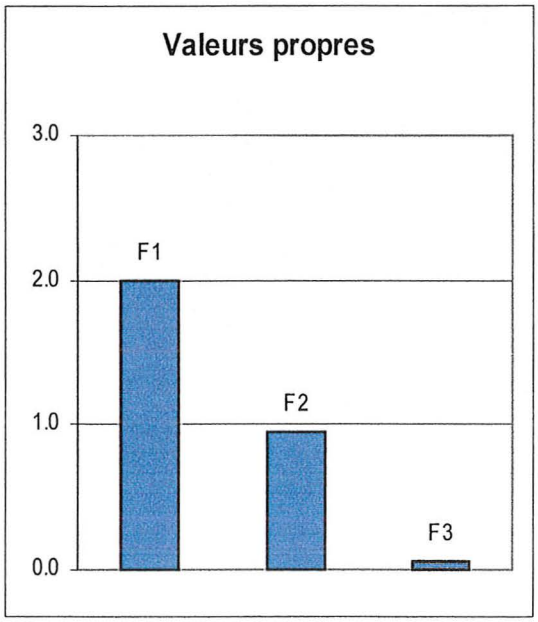


Figure 27 : Cercle des corrélations

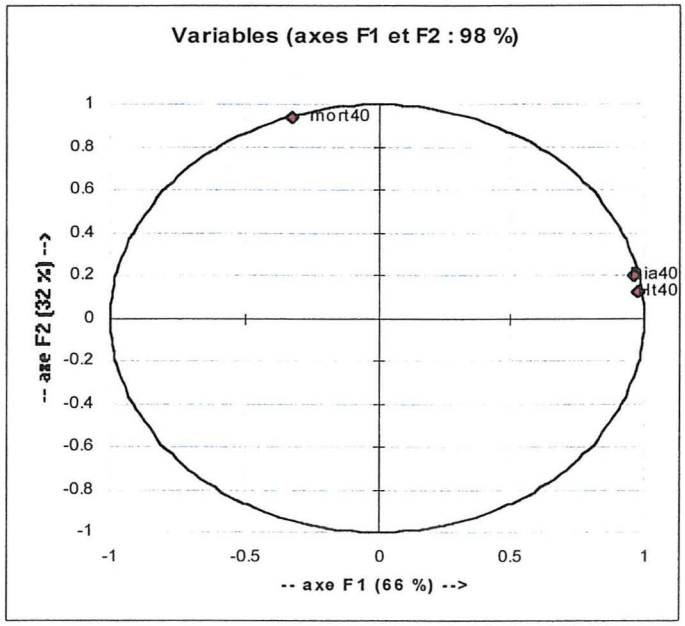
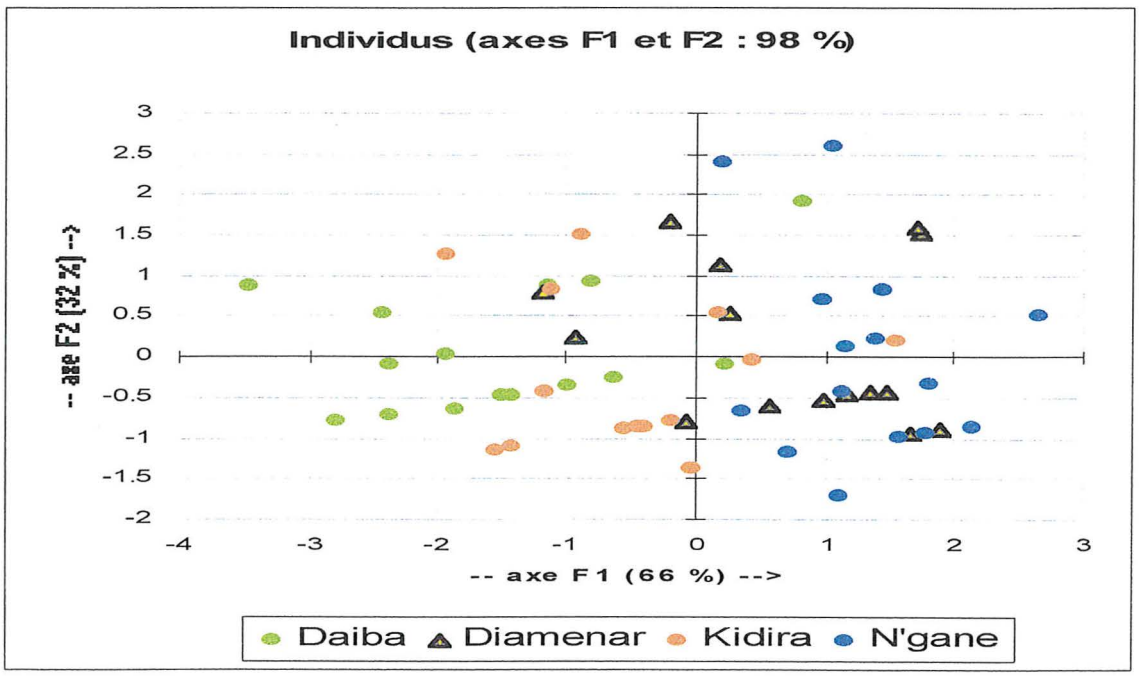


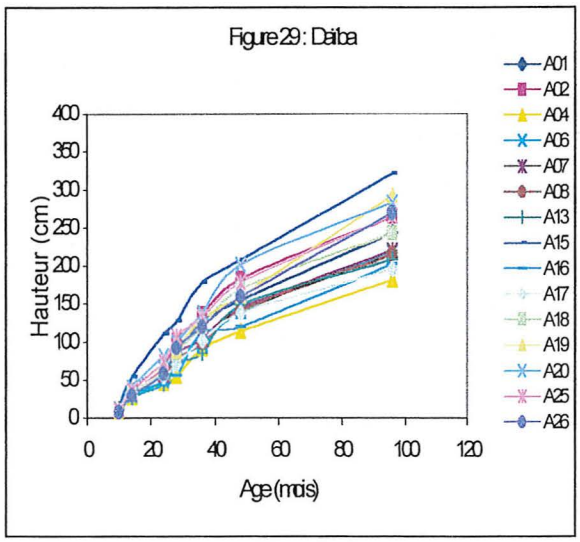
Figure 28 : Distribution de la variabilité entre les axes (Station de Bambey)

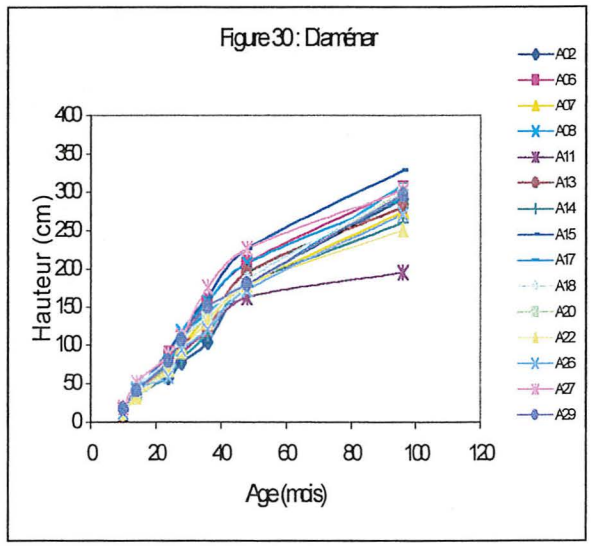


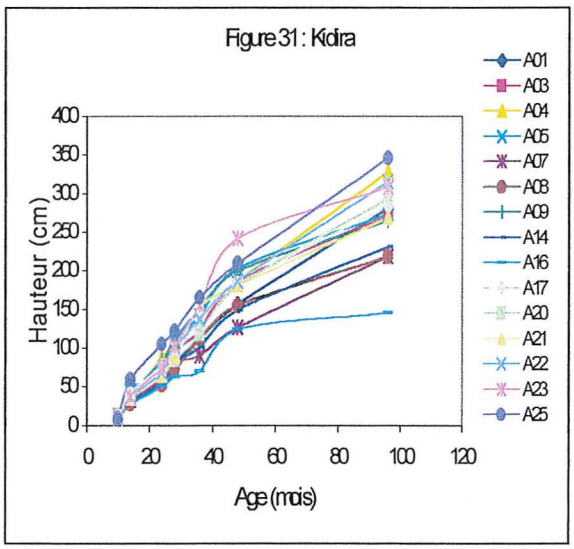
La figure 28 montre que la mortalité est également variable au sein des provenances. La croissance est cependant différente entre les provenances malgré une variabilité intra non négligeable.

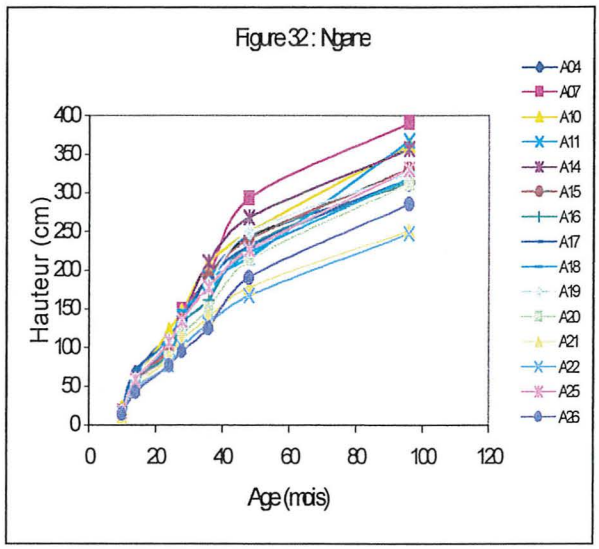
3.3.1. Station de Dahra

- **Evolution de la hauteur moyenne par descendance et par provenance (Station de Dahra)**



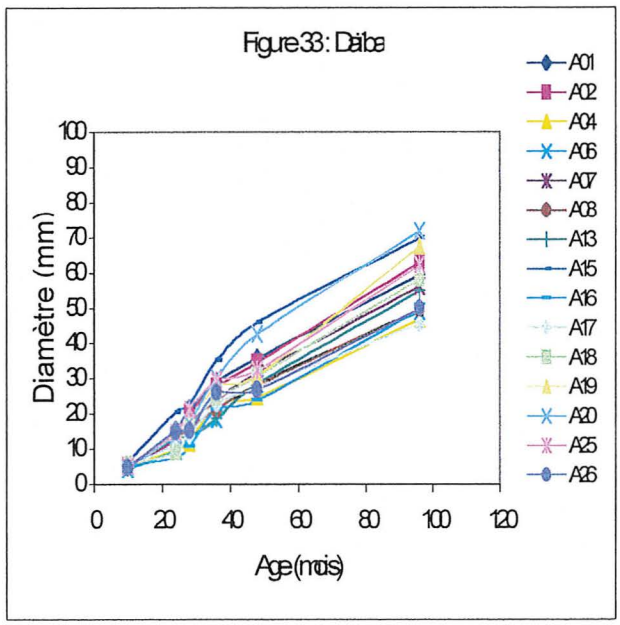


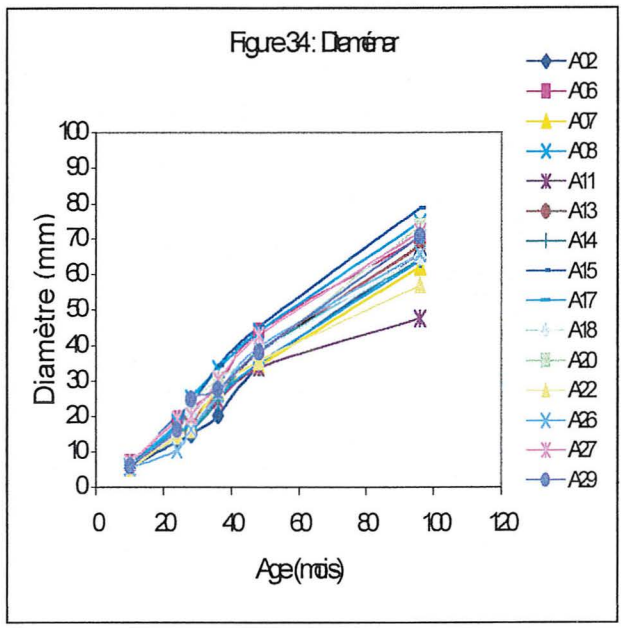


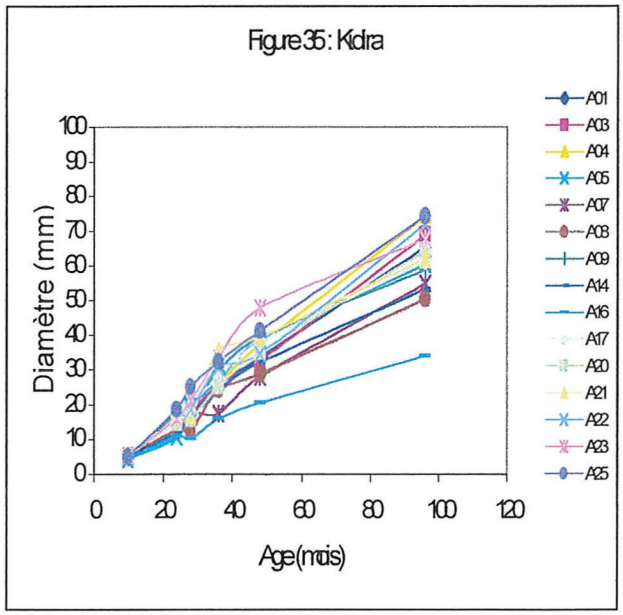


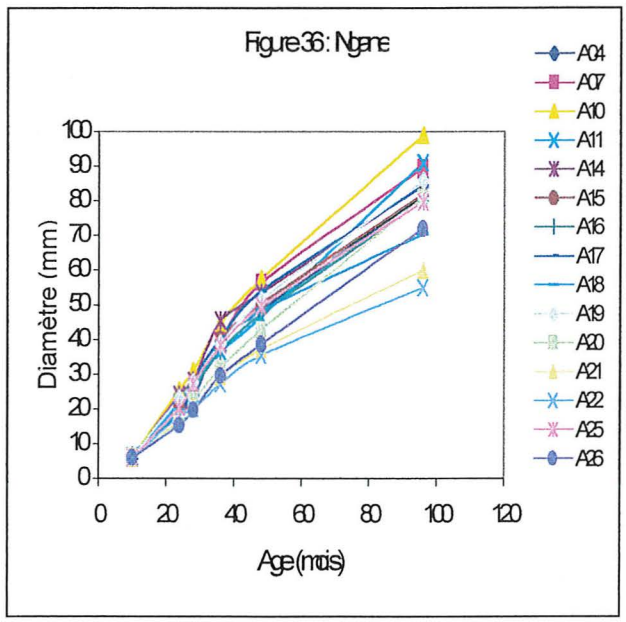
D'une manière générale, les figures 29 à 32 montrent que la hauteur croit régulièrement pour l'ensemble des provenances.

- **Evolution du diamètre moyen par descendance et par provenance (station de Dahra)**



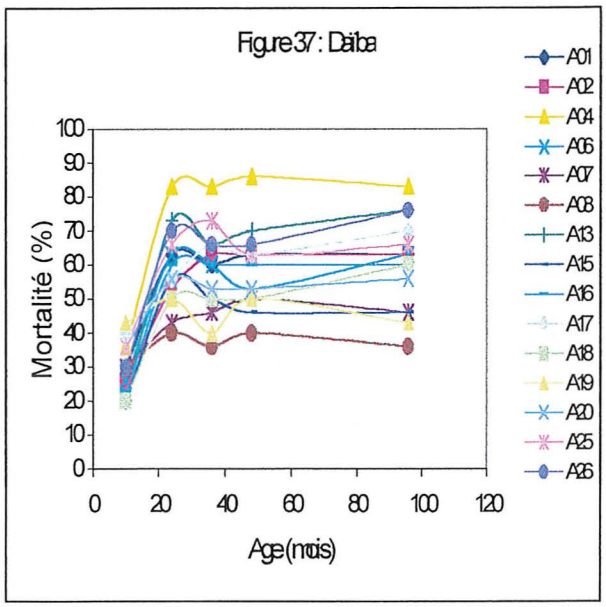


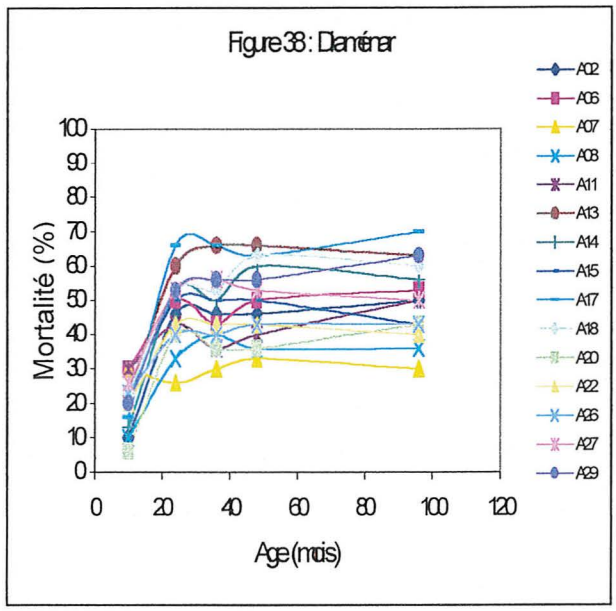


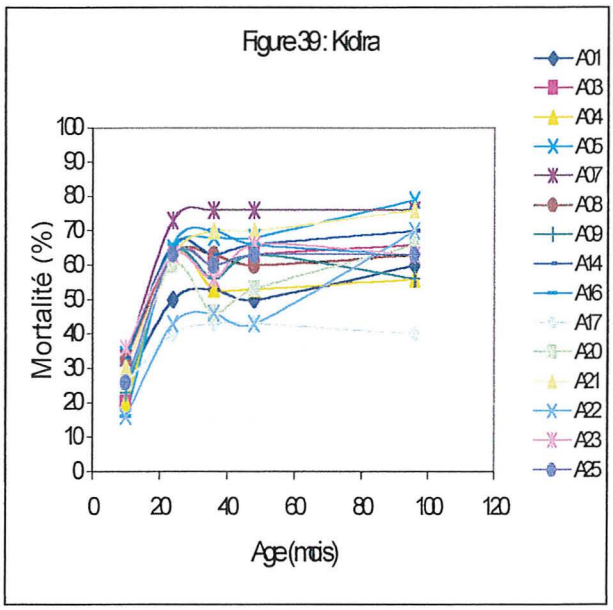


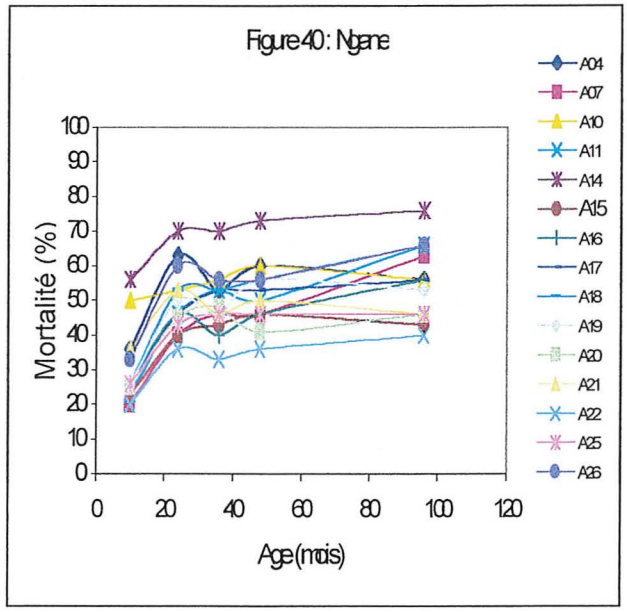
Les figures 32 à 36 montrent un accroissement peu régulier du diamètre des arbres. Cette irrégularité semble marquée entre 24 et 28 mois et peut s'expliquer soit par l'évolution de la mortalité entre ces deux âges soit par des artéfacts liés aux mensurations (mauvaise identification des arbres par exemple).

- **Evolution de la mortalité moyenne par descendance et par provenance (station de Dahra)**







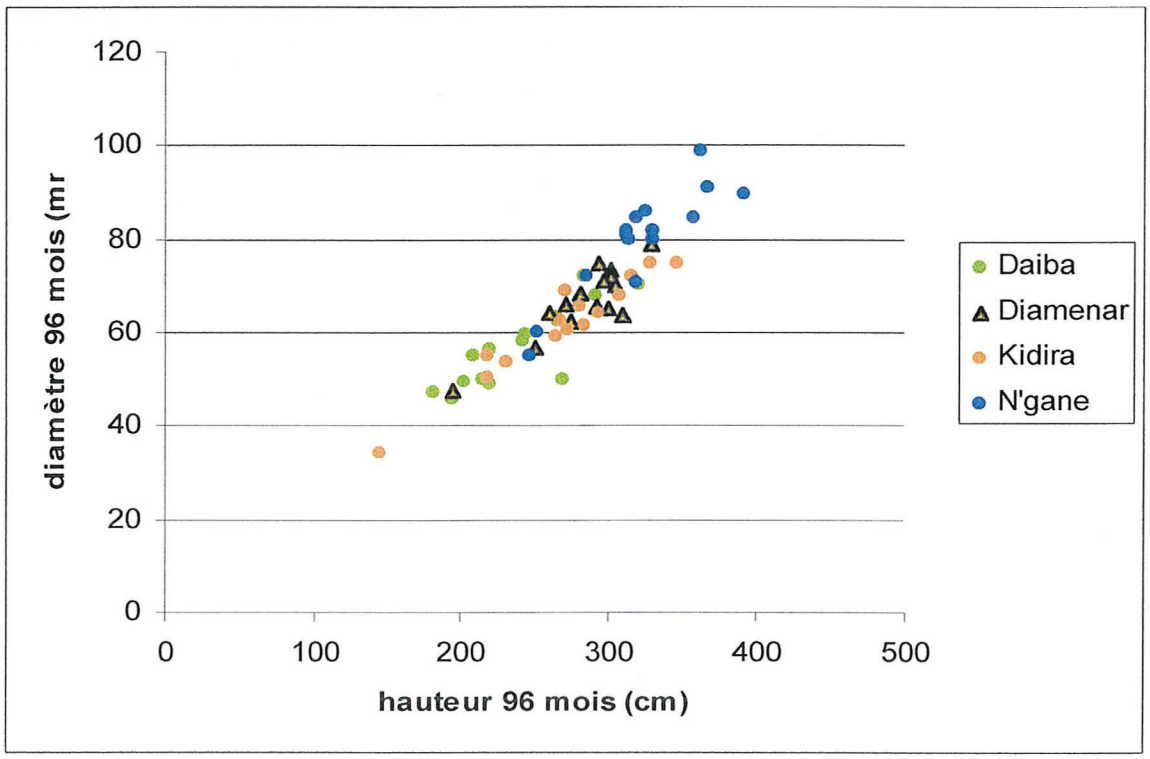


Pendant les 20 premiers mois, on a enregistré les mortalités les plus importantes (Figures 37 à 40). Au-delà, la mortalité baisse relativement pour des provenances. Ceci peut s'expliquer par la repousse de certains pieds et la croissance des rejets.

Du point de vue de la variabilité inter et intra descendances, on note pour la station de Dahra (Figures 41) :

- une forte corrélation entre la hauteur et le diamètre.
- des performances variables en ce qui concerne la provenance Diaménar par rapport aux autres.

Figure 41 : Variation inter provenance et inter descendance à Dahra



En ce qui concerne la distribution de la variabilité, on constate que celle-ci se rencontre essentiellement au niveau des axes 1 et 2 (Figure 42) dans la station de Dahra.

Figure 42 : Distribution de la variabilité entre les axes à Dahra

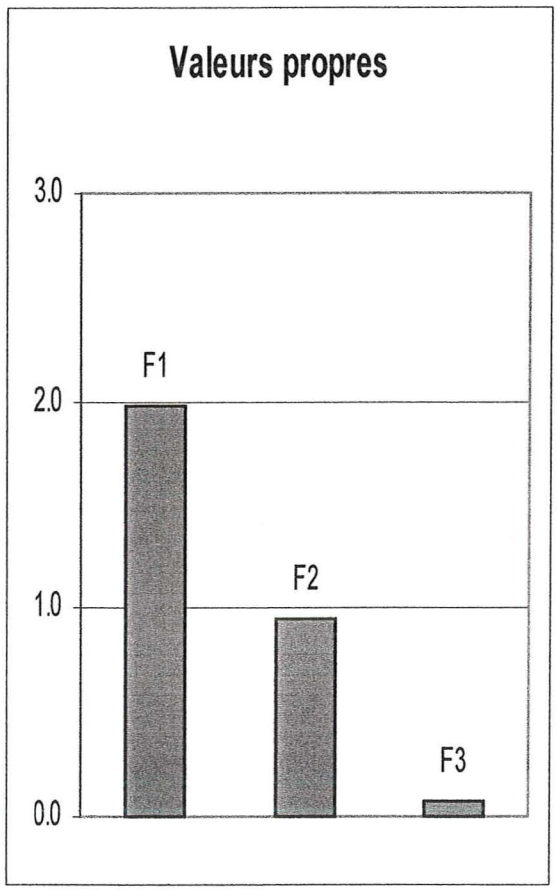
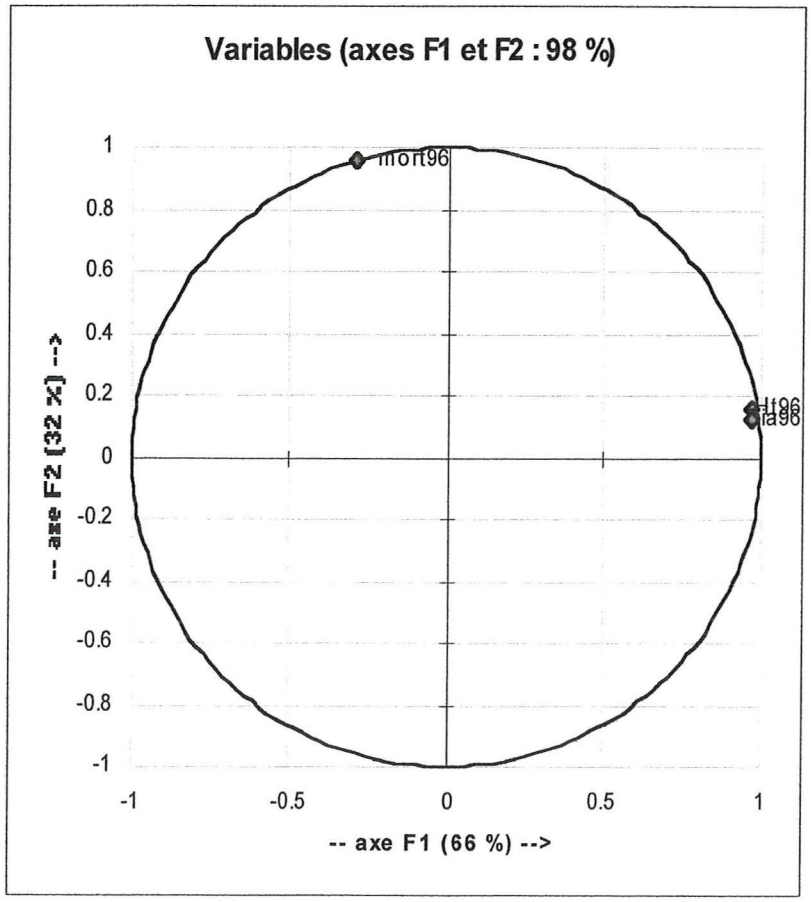


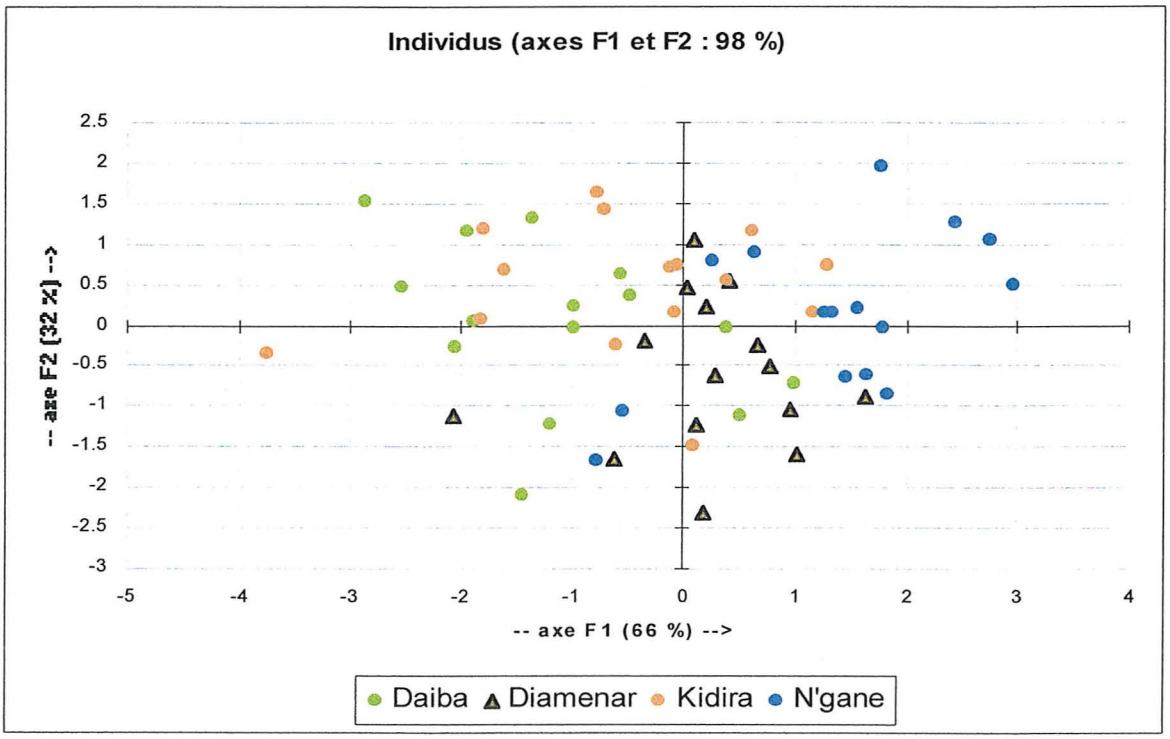
Figure 43 : Cercle des corrélations (hauteur)



Comme pour les provenances/descendances à Bambey, l'axe 1 est expliqué par la croissance et l'axe 2 par la mortalité.

La variabilité se distribue par rapport aux axes 1 et 2 (Figure 43). La provenance de Ngane semble présenter un meilleur comportement par rapport à celle de Daïba et de Kidira.

Figure 43 : Distribution de la variabilité entre les axes (station de Dahra)



3.4. Analyse génétique

3.4.1. Station de Bambey

L'estimation des paramètres génétiques s'est réalisée selon le modèle mixte suivant :

$$Y_{ijk}=\mu + B_j + P_i + F_k(P)_i + R_{ijk}$$

B_j = effet bloc j considéré comme fixe

P_i = effet provenance i qui est un effet aléatoire de variance σ^2 p et d'espérance nulle

$F_k(P)_i$ = effet de la famille k dans la provenance i de variance σ^2 f et d'espérance nulle

R_{ijk} = effet résiduel aléatoire comprenant des effets génétiques et des effets environnementaux inter provenances de variance σ^2 r

Différents paramètres génétiques seront estimés.

- Le pourcentage de variation inter provenances par rapport à la variance totale $P = \sigma^2 p / \sigma^2 p + \sigma^2 f + \sigma^2 r$
- L'héritabilité au niveau de la moyenne par famille. Cette héritabilité donne une indication sur la qualité de la sélection dans le but de sélectionner des familles pour les diffuser sous forme de plantation de familles.

  $H^2 f = \sigma^2 f / \sigma^2 f + \sigma^2 r/26$

  n = 26 / nombre d'individus par descendance

L'héritabilité au niveau individuel $h^2 i = 2\sigma^2 f / \sigma^2 f + \sigma^2 r$

Elle donne une indication sur la qualité de la sélection d'un individu pour prédire la valeur de la descendance.

Les coefficients de corrélation suivants ont été calculés :

- Le coefficient de corrélation au niveau individuel

$P r = \sigma r (x,y) / \sigma r (x) \sigma r (y)$

- Le coefficient de corrélation génétique au niveau famille

$P g = \sigma f (x,y) / \sigma f (x) \sigma f (y)$

- Le coefficient de corrélation génétique au niveau provenance

$P p = \sigma p (x,y) / \sigma p (x) \sigma p (y)$

L'analyse de la variation intra et inter provenance permet de faire les commentaires suivants (Tableau 10).

Tableau 10 : Variation inter et intra provenances (Station de Bambey)

Variable	Probabilité σ^2 p	Probabilité σ^2 f	Variation inter provenance	Variation descendance (famille)	Variation résiduelle	Variation inter provenance / variation totale	Héritabilité niveau moyen famille H^2 f	Héritabilité niveau individuel H^2 i
Hauteur 8	$3.35\ 10^{-19}$	2.0210^{-54}	125,935	32,816	564 ,315	0,174	0,608	0,109
Hauteur 16	$1.04\ 10^{-10}$	9.4110^{-49}	275,523	68,703	1391,02	0158	0,568	0,094
Hauteur 28	$1.80\ 10^{-22}$	2.9110^{-35}	370,925	86,487	2653,58	0,119	0,465	0,063
Hauteur 40	$1.01\ 10^{-34}$	2.8410^{-32}	469,207	114,186	3693,18	0,116	0,452	0,059
Diamètre 8	$5.96\ 10^{-28}$	1.9610^{-61}	6,417	1,188	25,041	0,196	0,559	0,090
Diamètre16	$9.69\ 10^{-12}$	2.9310-32	10,224	1,536	80,023	0,111	0,338	0,037
Diamètre28	$5.67\ 10^{-27}$	1.0110^{-43}	27,701	6,542	157,262	0,144	0,526	0,079
Diamètre40	$1,86\ 10^{-55}$	3.2010^{-32}	23,421	6,394	185,024	0,109	0,479	0,066

- Les valeurs de probabilité obtenues indiquent que la variation inter provenances est très significativement différente de zéro pour l'ensemble des provenances.
- La variation génétique famille est significative pour la hauteur et le diamètre.
- Le pourcentage de variation inter provenances reste faible avec moins de 20 %. Ce faible pourcentage s'explique par le fait que d'une manière générale, la variation est rencontrée au niveau des populations.
- L'héritabilité au niveau moyenne famille est modérée. Elle diminue pour la hauteur et augmente pour le diamètre. Une sélection relativement efficace peut être réalisée sur la base des moyennes de famille. Au niveau individuel, les valeurs sont faibles. Ceci peut s'expliquer par les forts effets de compétition entre individus et un très fort effet environnemental dû à une importante mortalité.

Tableau 11 : Corrélation entre caractères au niveau individuel (Station de Bambey)

	Ht8	**Ht16**	**Ht28**	**Ht40**	**Dia8**	**Dia16**	**Dia28**	**Dia40**
Ht8	1.000							
Ht16	0.721	1.000						
Ht28	0.625	0.799	1.000					
Ht40	0.558	0.732	0.838	1.000				
Dia8	0.800	0.718	0.654	0.585	1.000			
Dia16	0.556	0.701	0.664	0.608	0.657	1.000		
Dia28	0.589	0.739	0.871	0.782	0.672	0.708	1.000	
Dia40	0.519	0.670	0.757	0.851	0.593	0.630	0.804	1.000

Les corrélations au niveau individuel varient modérément pour la hauteur et le diamètre. La corrélation est plus forte entre Ht 8 ,Ht 16 (R = 0,72) qu'entre Ht 8 et Ht 40 (R = 0,55). La diminution des coefficients de corrélation se fait de manière progressive.

Tableau 12 : Corrélations génétiques au niveau famille (Station de Bambey)

	Ht8	**Ht16**	**Ht28**	**Ht40**	**Dia8**	**Dia16**	**Dia28**	**Dia40**
Ht8	1.000							
Ht16	0.969	1.000						
Ht28	0.889	0.982	1.000					
Ht40	0.961	0.980	0.994	1.000				
Dia8	0.819	0.882	0.898	0.950	1.000			
Dia16	0.649	0.819	0.793	0.870	0.874	1.000		
Dia28	0.718	0.836	0.882	0.895	0.904	0.869	1.000	
Dia40	0.712	0.751	0.892	0.894	0.934	0.955	1.051	1.000

Au niveau moyenne de famille, les coefficients de corrélation entre la hauteur et le diamètre diminuent faiblement ; même si l'on observe des valeurs élevées entre deux âges.

Tableau 13 : Corrélations génétiques au niveau provenance (Station de Bambey)

	Ht8	Ht16	Ht28	Ht40	Dia8	Dia16	Dia28	Dia40
Ht8	1.000							
Ht16	0.996	1.000						
Ht28	0.965	0.986	1.000					
Ht40	0.934	0.962	0.996	1.000				
Dia8	1.003	1.003	0.979	0.953	1.000			
Dia16	1.000	1.004	0.999	0.983	1.002	1.000		
Dia28	0.990	0.992	0.989	0.981	0.992	1.003	1.000	
Dia40	0.976	0.979	0.984	0.981	0.978	0.994	0.999	1.000

Comme pour les moyennes de familles, les coefficients de corrélations sont élevés entre deux âges. On note aussi une faible diminution de la corrélation entre hauteur et diamètre d'âge à l'autre.

3.4.2. Station de Dahra

L'estimation des paramètres génétiques s'est réalisé selon le modèle mixte présenté à pour les analyses faites pour la station de Bambey (voir 3.4.1.).

L'analyse de la variation intra et inter provenance permet de faire les commentaires suivants (tableau 14).

- Les valeurs de probabilité obtenues indiquent que la variation inter provenances est très significativement différente de zéro pour l'ensemble des provenances.
- La variation génétique famille est significative pour la hauteur et le diamètre.
- La variation inter provenances, comprise entre 5 et 23%, reste faible. En effet, la variation est d'une manière générale contenue au sein des provenances.
- L'héritabilité au niveau des moyennes de famille ou individuel reste faible, plus faible qu'à Bambey. Ceci s'explique par la très forte mortalité à Dahra quelques mois après plantation (attaque des rongeurs). Cette mortalité perturbe l'appréciation de la valeur génétique.

Tableau 14 : Variation inter et intra provenances (station Dahra)

Variable	Probabilité σ^2 p	Probabilité σ^2 f	Variation inter provenance	Variation inter descendance (famille)	Variation résiduelle	Variation inter provenance / variation totale	Héritabilité niveau individuel
Ht 10	.000	0.19	11,927	4,863	141,686	0 ,075	0,074
Ht 14	.000	0.000	96,124	6,843	306,846	0,234	0,048
Ht 24	.000	0.01	195,437	38,019	1426,63	0,117	0,058
Ht 28	.000	0.02	301,461	37,712	1966,58	0,130	0,042
Ht 36	.000	.000	434,911	129,730	3529 ,28	0,124	0,079
Ht 48	.000	0.02	509,568	259,455	5156,25	0,085	0,106
Ht 96	.000	.000					
Dia 10	.000	0.14	0,280	0,088	4,765	0,049	0,040
Dia 24	.000	0.06	6,832	1,679	65,141	0,092	0,056
Dia 28	.000	0.14	13,192	0,285	105,158	0,111	0,006
Dia 36	.000	0.03	24,304	4,638	166,512	0,152	0,060
Dia 48	.000	0.08	30,825	9 ,001	275,19	0,097	0,070
Dia 96	.000	.000					

Variation intra provenance = variance résiduelle
Variation inter/variation intra = variation inter / (variation inter+variation intra)
Héritabilité = variation inter / (variation inter + interaction Bloc*Prov / Nmbre blocs + variation intra / taux moyen survie)

Les corrélations génétiques varient entre deux âges pour la hauteur et le diamètre. On note également une forte augmentation des coefficients avec l'âge.

Tableau 15 : Corrélation entre caractères au niveau individuel (Station de Dahra)

	Ht10	Ht14	Ht24	Ht28	HT36	Ht48	Ht96	Dia10	Dia24	Dia28	Dia36	Dia48	Dia96
Ht10	1.00000												
Ht14	0.35308	1.00000											
Ht24	0.36315	0.64744	1.00000										
Ht28	0.39369	0.60830	0.86663	1.00000									
HT36	0.32295	0.50158	0.72856	0.75624	1.00000								
Ht48	0.35581	0.52314	0.71789	0.77535	0.76920	1.00000							
Ht96	0.30758	0.51957	0.64398	0.69475	0.67426	0.80171	1.00000						
Dia10	0.57537	0.35974	0.32063	0.35370	0.28353	0.29474	0.25371	1.00000					
Dia24	0.35501	0.52834	0.71124	0.69750	0.59802	0.58231	0.55633	0.29146	1.00000				
Dia28	0.32289	0.58438	0.79780	0.80110	0.67023	0.65752	0.60123	0.31904	0.69757	1.00000			
Dia36	0.28223	0.51372	0.70976	0.70862	0.77814	0.69396	0.64276	0.25141	0.63167	0.67960	1.00000		
Dia48	0.32299	0.52674	0.73144	0.76830	0.75682	0.83735	0.75817	0.23447	0.66053	0.71911	0.76765	1.00000	
Dia96	0.32668	0.47792	0.61753	0.67044	0.66867	0.74623	0.84405	0.23637	0.57519	0.61963	0.66739	0.80061	1.00000

Tableau 16 : Corrélations génétiques au niveau famille (Station de Dahra)

	Ht10	Ht14	Ht24	Ht28	HT36	Ht48	Ht96	Dia10	Dia24	Dia28	Dia36	Dia48	Dia96
Ht10	1.00000												
Ht14	0.81585	1.00000											
Ht24	0.76562	0.77319	1.00000										
Ht28	0.34868	0.92593	1.14395	1.00000									
HT36	0.58307	0.71849	1.24665	1.55271	1.00000								
Ht48	0.35185	0.50871	0.56148	0.87251	1.04790	1.00000							
Ht96	0.18498	0.56712	0.86879	1.09827	1.01854	1.01667	1.00000						
Dia10	1.12643	0.81577	0.65043	0.73838	1.08658	1.04388	0.70582	1.00000					
Dia24	0.59428	0.00650	0.76320	0.34702	0.70609	0.05965	0.13418	-0.04586	1.00000				
Dia28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dia36	0.53668	0.30568	0.85134	0.98553	1.20913	0.66795	0.74687	0.60944	0.44271	.	1.00000		
Dia48	0.61990	0.64764	0.76362	0.78514	1.22152	0.54000	0.83078	1.38744	0.18904	.	0.92189	1.00000	
Dia96	0.29514	0.60761	0.93029	1.04451	1.07059	1.04614	0.97641	0.68408	0.37465	.	0.96787	1.05678	1.00000

Les corrélations génétiques varient entre deux âges pour chacun des paramètres considérés. On note également une forte augmentation des coefficients avec l'âge. On assiste aussi à une augmentation régulière de la corrélation entre la hauteur et le diamètre entre 24 et 36 mois.

Tableau 17 : Corrélations génétiques au niveau provenance (Station de Station)

	Ht10	Ht14	Ht24	Ht28	HT36	Ht48	Ht96	Dia10	Dia24	Dia28	Dia36	Dia48	Dia96
Ht10	1.00000												
Ht14	1.00736	1.00000											
Ht24	1.02768	1.00301	1.00000										
Ht28	1.03183	0.98991	1.00267	1.00000									
HT36	1.01905	1.00386	1.00651	1.00117	1.00000								
Ht48	0.98823	0.93270	0.97761	0.98499	0.97786	1.00000							
Ht96	1.06655	0.99342	1.02518	1.03511	1.01696	1.02996	1.00000						
Dia10	0.98130	0.90408	0.96835	0.98806	0.94656	0.98624	1.05268	1.00000					
Dia24	1.03405	0.99043	1.00858	1.02094	1.01249	1.02381	1.08220	1.03052	1.00000				
Dia28	1.02325	1.00667	1.00915	1.00482	1.01086	0.98230	1.02899	0.94694	1.00698	1.00000			
Dia36	0.99936	1.00244	1.00179	0.99292	1.00402	0.97251	1.01275	0.91378	0.99534	1.00881	1.00000		
Dia48	1.02450	0.97984	1.00525	1.00930	1.00053	1.00362	1.04317	0.99458	1.02955	0.99971	0.98906	1.00000	
Dia96	1.06720	1.02419	1.03291	1.03363	1.01878	0.98888	1.00091	1.01855	1.05066	1.02818	1.00931	1.01636	1.00000

Les corrélations sont très élevées. Ceci est dû au faible nombre de provenances (4) entraînant des estimations peu précises et ans le cas présent surévaluée.

Sur la base de toutes les analyses effectuées on peut dire que les provenances de Ngane et de Diaménar présentent les meilleures performances en terme de croissance en hauteur et de Diamètre tant à Bambey qu'à Dahra. Les mortalités les plus élevées sont rencontrées dans les provenances de Daïba et de Kidira.

La variabilité intra provenance est plus forte que celle inter provenance. Cependant, la part de la variabilité inter provenance dans la variabilité totale est plus importante à Bambey qu'à Dahra. Toutefois, l'essai de Dahra se caractérise par une forte mortalité qui pourrait biaiser les comparaisons.

Dans des conditions où la mortalité n'est pas trop élevée (comme à la station de Bambey), il est possible de sélectionner au niveau famille et au niveau individuel avec une bonne efficacité. Les corrélations âge-âge montrent qu'il est possible de sélectionner sur la croissance relativement tôt. A Dahra on peut sélectionner pour la hauteur à 96 mois dès l'âge de 48 mois pour le niveau individuel, l'âge de 24 mois pour le niveau famille.

4. Analyse de la production de gomme

La production de gomme a été analysée dans les essais de Dahra seulement du fait qu'à Bambey la production a été négligeable, une pluie de contre saison étant intervenue après les saignées. Dans chacun des essais, des individus ont été choisis au hasard pour tester leur aptitude à la production de gomme. Le nombre d'arbres saignés et les quantités de gomme produites sont mentionnés dans les tableaux 18 et 19 suivants.

Tableau 18 : Variation de la production de gomme dans l'essai provenances (Station de Dahra)

Provenances	Total arbres saignés	Arbres producteurs	Pourcentage(%)	Gomme totale (g)
Aïté (Mali)	6	3	50	276
Bissiga (Burkina)	5	1	20	6
Burkina Di	3	2	67	564
Daïba (Sénégal)	8	3	37.5	400
Diaménar (Sénégal)	10	10	100	1922
Djiguéni (Mauritanie)	6	3	50	162
Inde 60 (Jodpur)	3	1	33.3	16
Kankossa (Mauritanie)	7	3	42.8	1458
Karofane (Niger)	7	6	85.7	184
Kidira (Sénégal)	9	7	77.8	1302
Kirane (Mali)	6	2	33.3	90
Ngane (Sénégal)	7	2	28.5	128
Sodéra (Ethiopie)	6	2	33.3	472
Somo (Mali)	8	5	62.5	656
Soudan (Kordofan)	8	6	75	2012
Tchad	6	4	66.7	776
Total	**105**	**60**	**53.9625**	**10424**

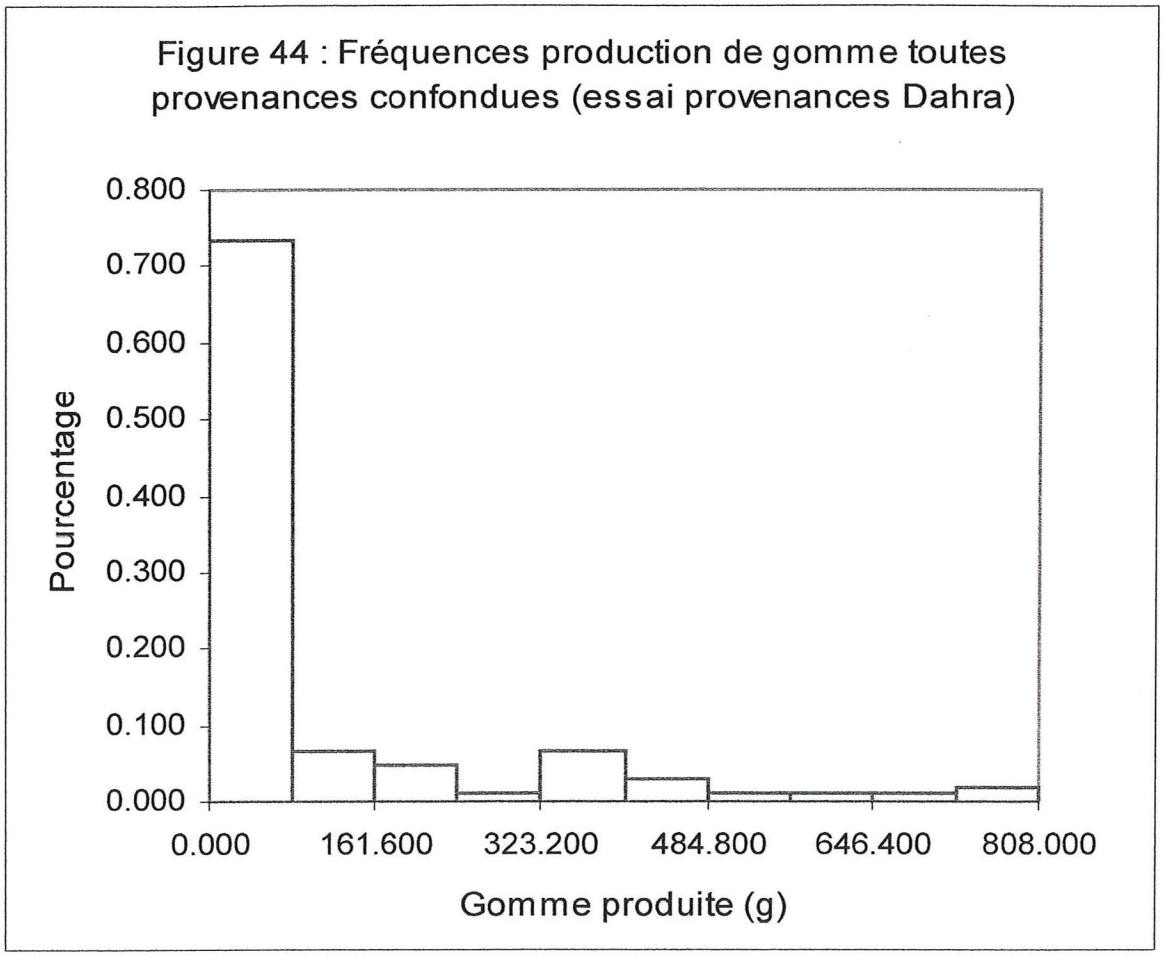
Pourcentage = Nombre arbres producteurs / Nombre arbres saignés

Le tableau 18 met en évidence la grande variabilité entre provenances du point de vue production de gomme. Les provenances du Soudan (Kordofan), de la Mauritanie (Kankossa) et du Sénégal (Diaménar et Kidira) présentent un bon potentiel de production. Les provenances qui produisent très peu de gomme sont celles du Mali (Aïté), de la Mauritanie (Djiguéni) et d'Inde (Jodpur).

Tableau 19 : Analyse variance production de gomme par provenance (Station Dahra)

Probabilité Variable gomme	Pourcentage 5%
0,01	15,33

Le tableau 19 montre que les différences entre provenances très sont significatives.



La figure 44 montre qu'il existe un pourcentage important d'arbres dont la production est inférieure à 160 g. On note aussi des arbres qui présentent un bon potentiel de production (400 à 800 g). Ces fréquences méritent d'être analysées avec prudence compte tenu du fait que l'échantillonnage utilisé n'était pas représentatif.

Tableau 20 : Variation de la production de gomme dans l'essai provenances/descendances (station de Dahra)

Provenances	Total arbres saignés	Arbres producteurs	Pourcentage(%)	Gomme totale(g)
Daiba	37	1	2	8
Diaménar	45	12	26.7	1886
Kidira	35	6	17.1	410
Ngane	45	7	15.55	332
Total	**162**	**26**	**15.3375**	**2636**

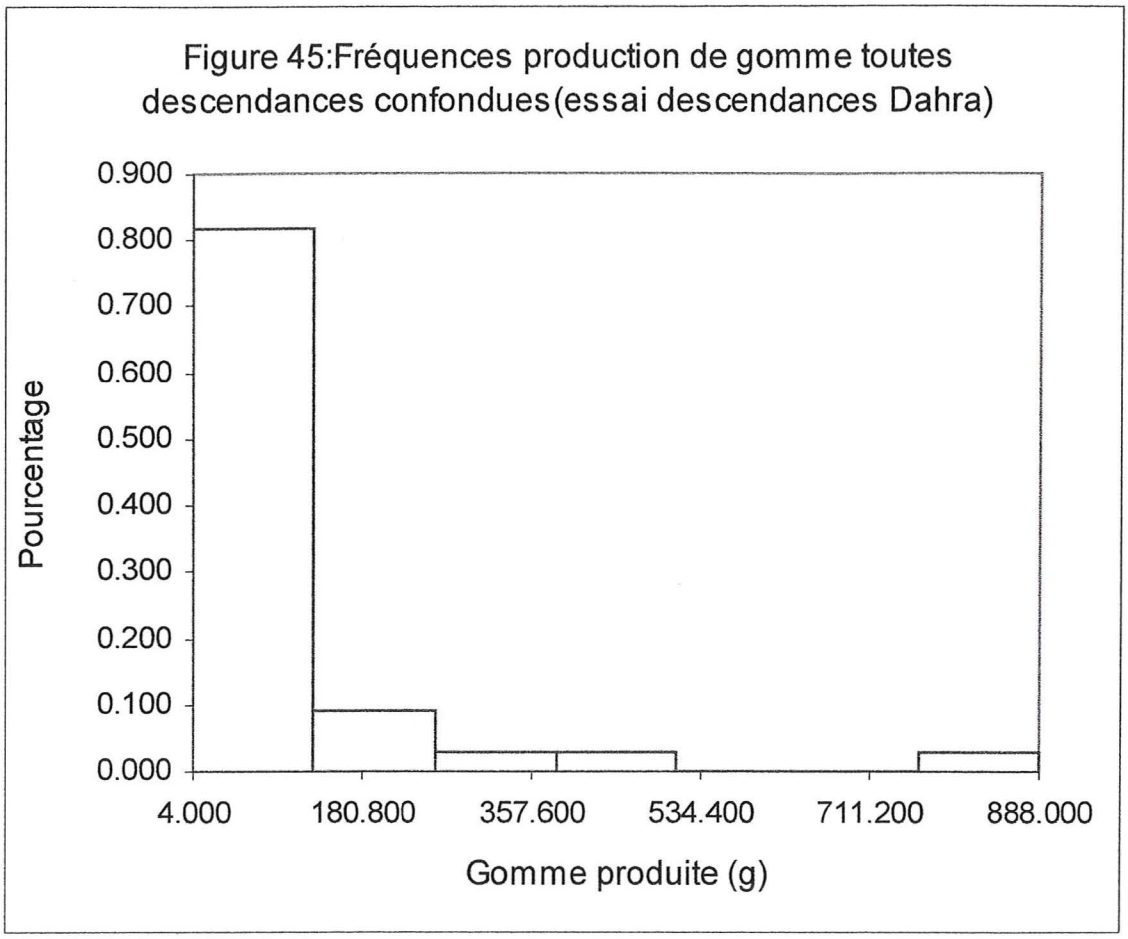
Le tableau 20 montre que la production de gomme est très variable entre les provenances étudiées. Les plus grandes productions sont rencontrées au niveau des individus de la provenance de Diaménar.

Compte tenu du nombre relativement faible des arbres ayant été saignés, la production individuelle ne peut être bien cernée. Il faut donc augmenter l'échantillon pour faire une analyse plus fine et déterminer avec plus de précision le potentiel de production au niveau descendance et provenance.

Tableau 21 : Analyse variance production de gomme par provenance et par descendances (Station Dahra)

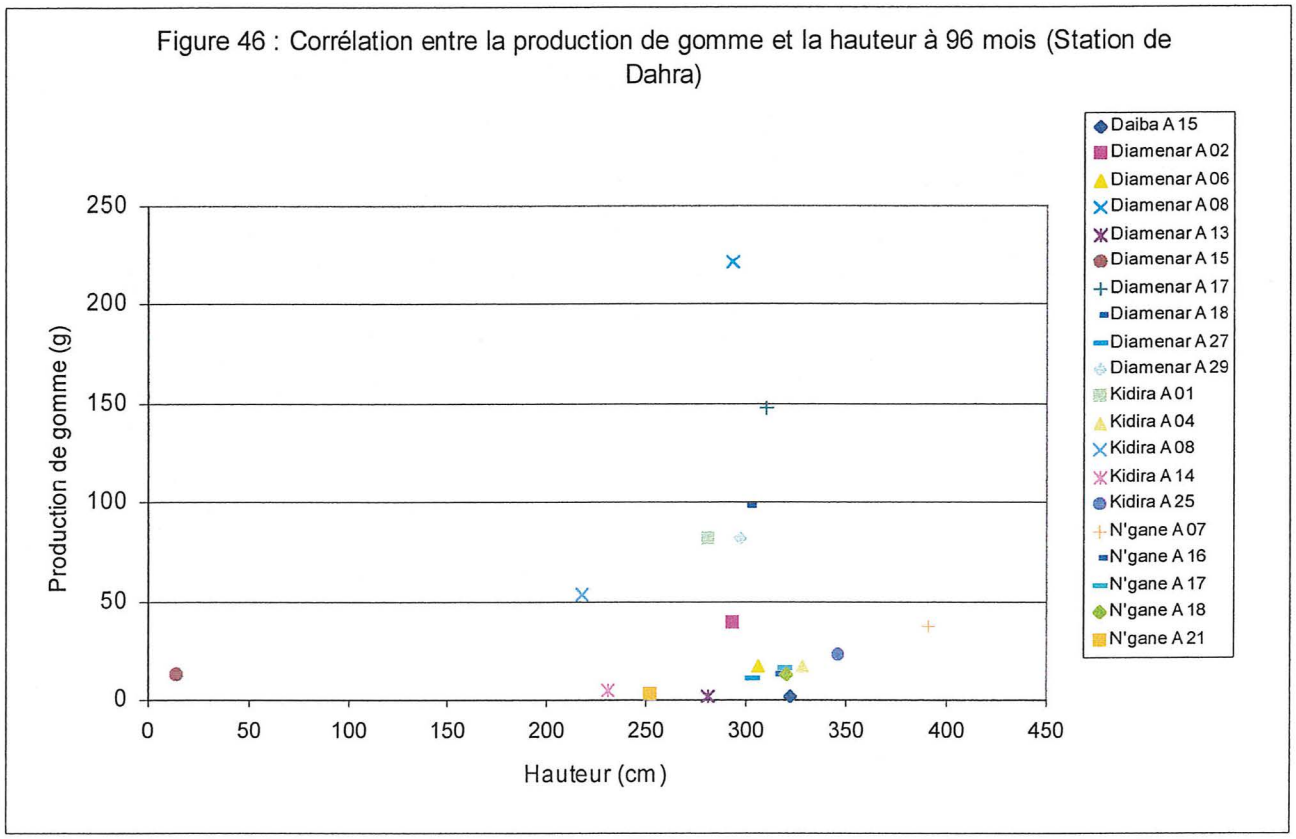
	Probabilité Gomme	Probabilité Hauteur 96	Probabilité Diamètre 96
ANOVA Provenance seule	0,07	0,01	.002
ANOVA Provenance + Descendances (provenance)	0,99	0,66	0,76

Le tableau 21 montre qu'il existe une différence significative au niveau provenance du point de vue de la hauteur et du diamètre. Sur le plan production de gomme également on note une différence significative au seuil de 10 %. Par contre au niveau effet provenance et descendance (provenance) il n'y a pas de différences significatives tant du point de vue des paramètres de croissance que du point de vue production de gomme. Ce résultat peut être lié à l'échantillonnage qui est très faible donc peut représentatif.



La figure 45 montre que la fréquence des arbres produisant moins de 180 g est élevée toutes descendances confondues. On note également l'existence d'arbres produisant beaucoup de gomme avec une fréquence relativement plus faible. Cependant, ces tendances sont à titre indicatif car l'échantillon n'est pas représentatif des populations étudiées.

Figure 46 Répartition de la production de gomme par provenance et par descendance



La figure 46 montre que la production de gomme est très variable en fonction de la hauteur. Les quantités de gomme les plus importantes ont été obtenues avec des hauteurs de 300 cm environ. Pour une meilleure appréciation des corrélations, il est nécessaire de disposer d'un échantillon plus représentatif.

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette analyse met en évidence :

- Une variabilité inter provenances à l'échelle de l'aire naturelle sur les caractères de croissance et d'adaptation. Les provenances asiatiques étant peu performantes ;
- Une forte variabilité intra provenance par rapport à la variabilité inter soulignant que la diversité génétique est très élevée au sein des populations ;
- A l'échelle du Sénégal, cette étude met en évidence une forte variabilité inter famille au sein des provenances sur les caractères de croissance.

L'analyse génétique montre qu'il est possible de sélectionner les provenances et les descendances avec une bonne efficacité.

La sélection individuelle sur la croissance semble plus délicate compte tenu de la forte mortalité dans les essais baissant la valeur individuelle. Une analyse plus poussée associant des méthodes tenant compte de la compétition et des principes de sélection multicaractères devrait améliorer la sélection individuelle.

En ce qui concerne la production de gomme, malgré des données partielles, on note une variabilité inter provenances marquée soulignant un déterminisme génétique pour ce caractère.

Au niveau descendances et individuel, le plan d'expérience ne permet pas de tirer des conclusions définitives.

Il apparaît essentiel de poursuivre les études pour ce caractère afin de mieux appréhender son déterminisme génétique et l'influence de l'environnement.

Soulignons également l'intérêt de poursuivre le suivi des essais de Bambey et Dahra pour répondre à de nombreuses questions de recherche (évolution, impact des forces évolutives,...) et la demande du développement dans le cadre de reboisement ou de gestion de populations naturelle d'*Acacia senegal*.

BIBLIOGRAPHIE

Depierre D. (1969) «Les expériences de gommeraie cultivée et leurs enseignements au Tchad» Bois et Forêts des Tropiques, N° 125, 27-34.

Poupon H. (1976) «La biomasse et l'évolution de sa répartition au cours de la croissance d'*Acacia senegal* dans la savane sahélienne (Sénégal)» Bois et Forêts des Tropiques, N°166, 23-38.

Fenyo J-C., Servant-Duvallet S. et Vandevelde M-C. (1998) «Identifications chimique et physioco-chimique des exsudats d'acacias. Constances et variabilité ; chimiotaxonomie» Ds : Campa C. (ed.), Grignon C. (ed.) Gueye M. (ed.) et Hamon S. (ed.), ORSTOM éditions, L'Acacia au Sénégal, Actes de la réunion thématique sur l'Acacia au Sénégal, 3-5 décembre 1996, Dakar, Sénégal, 329-349.

Fenyo J-C., Vandevelde M-C. et Connolly S. (1991) «Gommose et propriétés de la gomme d'*Acacia senegal*» Ds physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Groupe d'Etude de l'Arbre – Paris, France ; 283-287.

Vassal J. et Mouret M. (1991) «Etapes histologiques du processus de gommose chez *Acacia senegal*» Ds physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Groupe d'Etude de l'Arbre – Paris, France, 277-281.

Vassal J. (1991) «Etat des connaissances sur l'induction de gommose chez *Acacia senegal*» Ds physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Groupe d'Etude de l'Arbre – Paris, France, 271-276.

CNRF (2000) «Rapport technique annuel du programme National de Semences Forestières »

Dione M. (1992) «Corrélation du climat avec la production de gomme arabique en zone sylvo pastorale du Sénégal : conséquences sylvicoles. IN Actes du Séminaire régional CTA/IFS ; influence du climat sur la production des cultures tropicales, Ouagadougou (Burkina Faso), 23-28 septembre 1991. Wageningen, Netherland,. 269-280.

Harmand J.M., Mathieu B., Njiti C.F., Ntoupka M. et Fenyo J.C. (.....) «Possibilités de production de gomme arabique avec Acacia senegal (L.) Wild. En zone soudanienne du Cameroun. 10p + annexes.

Sène A. (1988) «Recherches sur la productivité gommière d'*Acacia senegal* dans le Nord-Ferlo (Sénégal) ». Thèse 3éme cycle. Toulouse, France, Université Paul Sabatier, 243p.