



## LA DIVERSITE PHENOTYPIQUE DES MILS PENICILLAIRES CULTIVES AU SENEGAL ET AU MALI

Louis MARCHAIS

**RÉSUMÉ** — L'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer en collaboration avec la FAO a effectué depuis 1974 des collectes très complètes de mils pénicillaires (*Pennisetum americanum*) au Mali et au Sénégal.

De nombreux épis rapportés entiers ont été décrits pour une douzaine de caractères biométriques. Ce dossier a été analysé conjointement avec un dossier semblable de BONO datant de 1966.

L'analyse a consisté à évaluer la différenciation interne à chaque pays et à mesurer les distances entre les régions observées.

La régionalisation a été évaluée par l'analyse factorielle des correspondances et la classification numérique. Les distances entre régions ont été mesurées par la méthode de NEI.

Il apparaît que les mils maliens, globalement stables depuis 1966, sont très différents des mils sénégalais et plus polymorphes que ces derniers. La régionalisation est plus marquée au Mali qu'au Sénégal. Les mils de l'ouest malien ne constituent pas un chaînon intermédiaire entre les deux groupes sénégalais et maliens. Au contraire, ils représentent les formes les plus éloignées des mils sénégalais.

**Mots-clé** : mil pénicillaire, caractères biométriques, Sénégal, Mali.

### INTRODUCTION

La collecte des mils pénicillaires par l'ORSTOM en collaboration avec la FAO a fourni l'occasion d'observer un grand nombre d'échantillons sous forme d'épis entiers.

Le présent travail a cherché par des observations biométriques d'épis provenant du Sénégal et du Mali à établir un constat de la diversité phénotypique présente dans ces deux pays, constat utile pour saisir la différenciation génétique profonde des mils.

Ce constat n'est cependant qu'un premier pas et ne permettra pas de tirer des conclusions définitives.

L'étude de la diversité phénotypique a pris en considération les questions suivantes :

- Existe-t-il une régionalisation des formes de mil à l'intérieur de chaque pays ?
- la nature de la différenciation entre régions est-elle la même dans les deux pays ?
- Quelles sont les régions de forte diversité ?
- Les distances phénotypiques entre régions s'accordent-elles avec les distances géographiques ?

Enfin un dossier sur des mils maliens collectés en 1966 aimablement communiqué par Marius BONO a permis

d'apprécier la stabilité des populations de mils entre 1966 et 1975.

Le choix du Sénégal et du Mali a été inspiré par la mise en évidence par BONO (1973) d'une complète distinction entre les mils de ces deux pays pourtant voisins. Il s'agissait de trouver éventuellement une région intermédiaire.

### LE MATERIEL

Deux séries distinctes d'observations ont été analysées :

La **première série** porte sur 677 épis sénégalais collectés en fin d'année 1974 par des chercheurs ORSTOM (BILLE, BOYER, CORNET, GROUZIS) dans 270 localités réparties à travers tout le Sénégal.

Les prospecteurs ont décrit les épis pour les 8 caractères suivants :

- LC longueur de chandelle en cm
- DC diamètre de chandelle en cm
- PC poids de chandelle en grammes
- LG longueur du grain en dixième de mm
- DG largeur du grain en dixième de mm
- LI longueur du pédicelle de l'involucre en dixième de mm

Fonds Documentaire

N° : 2204 ex 1

Cote B

Date : 30 DEC. 1982

- AR aristation
- CY cycle semi-récolte en nombre de jours.

La **deuxième série** concerne :

— 149 épis du Sénégal récoltés par CLEMENT en 1976 dans le cadre de la collecte FAO-ORSTOM, provenant de 77 localités réparties à travers tout le pays.

— 633 épis du Mali dont 571 récoltés en 1966 proviennent du dossier BONO et 62 autres ont été choisis à titre de spécimens des différentes variétés lors de la collecte FAO-ORSTOM de 1975. L'association dans un même dossier d'épis maliens collectés à des dates différentes a été jugée acceptable après constatation que les deux séries de données étaient comparables, comme il sera vu, plus loin. Au total, le Mali est représenté par 210 localités régulièrement distribuées.

— des épis témoins issus de Mauritanie (14 épis BONO), de Côte d'Ivoire (19 épis BONO) et deux épis de la variété Tiotandé cultivée sur les bords du fleuve Sénégal par les Maures (collecte FAO-ORSTOM, 1976).

Ces épis ont été inclus pour mieux comprendre les différenciations au Sénégal et au Mali mais ne visent pas à représenter toute la diversité de Mauritanie et de Côte d'Ivoire. Ils n'interviennent pas dans les calculs qui déterminent les principaux axes de différenciation dans l'ensemble du Sénégal et du Mali et ne déséquilibrent donc pas l'analyse.

Les quelques témoins mauritaniens proviennent de Selibaby, Afoun el Atrouss, Nema et la vallée du Gorgol. Les témoins ivoiriens proviennent des 3 zones malinké, senoufo et lobi constituant le Nord de la Côte d'Ivoire.

La description de tous ces épis porte sur les 10 caractères suivants :

- LC longueur de chandelle en cm
- DC diamètre de chandelle en mm
- DR diamètre du rachis de la chandelle en mm
- NE nombre d'épillets dans un involucre
- LI longueur du pédicelle de l'involucre en mm
- VI vitrosité du grain
- LG longueur du grain en dixième de mm
- DG largeur du grain en dixième de mm
- OS ornementation des soies de l'involucre
- AR aristation de la chandelle

Les détails concernant la mesure de ces caractères sont donnés dans BONO (1973).

Ce dossier ne comporte pas d'information sur le cycle.

## LES METHODES

L'analyse de la diversité des mils maliens et sénégalais a été conduite en deux temps.

**1. Analyse de la différenciation interne à chaque pays.** La détermination des agrégats régionaux au Séné-

gal a été recherchée par une analyse en composantes principales du premier dossier et une analyse factorielle des correspondances des éléments sénégalais du dossier BONO-FAO (BENZECRI, 1973).

La régionalisation des mils au Mali a été évaluée par une analyse factorielle des correspondances dans laquelle les 571 épis BONO étaient placés en éléments principaux et les 62 épis spécimens FAO en éléments secondaires. Il était ainsi possible de vérifier si les épis FAO se plaçaient correctement dans les régions déterminées sur le seul dossier BONO.

## 2. Analyse de la différenciation entre le Sénégal et le Mali après leur découpage en régions.

L'évaluation des distances entre régions et des diversités régionales a été recherchée par trois méthodes.

- L'analyse factorielle des correspondances
- la classification numérique (JAMBU, 1976)
- la procédure de NEI (1975).

Ces méthodes ont été appliquées à un sous-ensemble du deuxième dossier. En effet pour obtenir une analyse équilibrée, les échantillons de chaque pays ont été choisis de tailles voisines.

A l'intérieur de chaque pays, les effectifs de chaque région ont été choisis également de tailles voisines.

En définitive, tous les épis sénégalais ont été retenus mais au Mali les épis représentatifs d'une région donnée ont été choisis par tirage au hasard.

C'est dans cette étape de l'analyse que les quelques échantillons disponibles des mils mauritaniens et ivoiriens ont été placés comme éléments supplémentaires.

Donnons quelques explications sur la procédure dite de Nei.

Les 10 caractères d'épis sont soit des caractères qualitatifs à plusieurs modalités soit des caractères quantitatifs. Dans ce dernier cas, le caractère quantitatif est transformé en caractère qualitatif à plusieurs classes.

Il est alors possible d'appliquer aux fréquences de modalités ou de classes le traitement que Nei applique, à des fréquences alléliques pour mesurer des distances ou des diversités (NEI, 1975).

Appelons  $f_{ak, i}$  la fréquence relative de la modalité a du caractère k de la région i. Suivons les définitions et calculs de Nei :

$H_i$  est la diversité de la région i

$$H_i = \sum_k (1 - \sum_a f_{ak, i}^2)$$

Appelons  $H_{ij}$  la diversité entre les régions i et j

$$H_{ij} = \sum_k (1 - \sum_a f_{ak, i} \times f_{ak, j})$$

La distance  $D_{ij}$  entre les régions i et j est mesurée par

$$D_{ij} = H_{ij} - (H_i + H_j)/2 = 1/2 \sum_k \sum_a (f_{ak, i} - f_{ak, j})^2$$

soit l le nombre de régions.

Pour les  $l$  valeurs  $f_{ak, i}$ , on peut calculer une moyenne  $f_{ak} = \frac{\sum_i f_{ak, i}}{l}$  et une variance  $V_{ak} = \frac{\sum_i f_{ak, i}^2}{l} - f_{ak}^2$

On a l'identité  $\sum_{ij} (f_{ak, i} - f_{ak, j})^2 / l^2 = 2 V_{ak}$

La diversité totale de l'ensemble des régions,  $H_T$ , vaut :

$$H_T = \sum_k (1 - \sum_a f_{ak}^2)$$

La diversité régionale moyenne vaut :

$$\bar{H} = \sum_k (1 - \sum_a \frac{f_{ak}^2}{l}) \text{ avec } \frac{f_{ak}^2}{l} = V_{ak} + f_{ak}^2$$

La distance moyenne  $\bar{D} = \frac{\sum_{ij} D_{ij}^2}{l^2} = \sum_k \sum_a V_{ak}$

donc  $H_T = \bar{D} + \bar{H}$

Pour l'ensemble des régions, on peut ainsi calculer les diversités régionales, les distances entre régions et un coefficient de différenciation  $G$  :

$$G = \bar{D} / H_T$$

Remarquons que ces diverses mesures dépendent d'un choix arbitraire : le nombre de classes affecté à chaque caractère quantitatif.

En effet, par construction, le programme informatique utilisé STEAK (Roux et Roux, 1975) a découpé le caractère  $K$  en  $n_k$  classes d'effectifs égaux.

Alors  $f_{ak} = 1/n_k$  et  $H_T = \sum_k (1 - 1/n_k)$

Les caractères à grand nombre de classes pèsent plus lourds dans les mesures de diversité et de distances que les caractères à petit nombre de classes.

Dans notre étude, tous les caractères sont choisis avec 4 classes sauf OS (ornementation des soies) avec 3 classes et AR avec 2 classes.

Ainsi, l'aristation (AR) se voit attribuée une importance mineure, ce qui est désirable parce que ce caractère ne met en cause qu'un ou deux gènes.

## RESULTATS

### LA DIVERSITE SENEGALAISE

Afin de pouvoir observer la distribution régionale des diverses formes de mil, l'analyse en composantes principales des 677 épis du premier dossier a été effectuée après classement des épis dans l'une des 13 régions suivantes qui constituent une partition complète du Sénégal.

Ces régions sont désignées par leur chef-lieu (fig. 1) :

Saint-Louis	représenté par	57 épis
Linguère		21 épis
Thiès		109 épis
Diourbel		41 épis
Kaolack		101 épis
Koungheul		18 épis
Velingara		48 épis
Kolda		79 épis
Bignona		57 épis
Matam		64 épis
Bakel		16 épis
Tambacounda		30 épis
Kedougou		36 épis

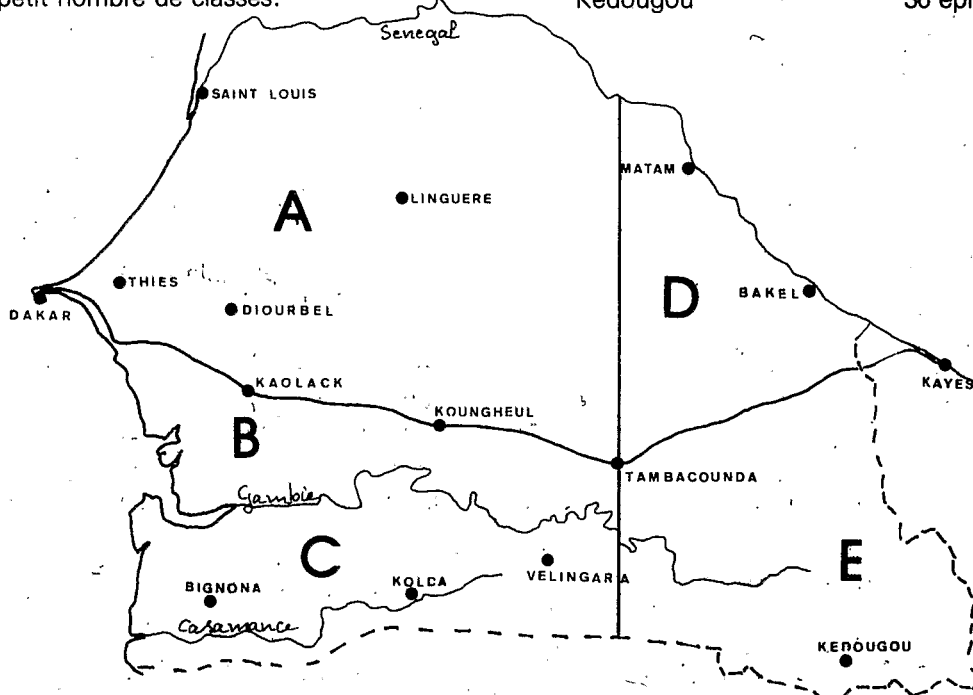


Figure 1 : Présentation des 13 chefs-lieux de régions dans la partition initiale du Sénégal avant analyse. Dans la partition finale, ces 13 régions sont regroupées en 5 régions : A, B, C, D, E, séparées par la route Dakar - Tambacounda - Kayès, le fleuve Gambie, le méridien passant par Tambacounda.

Les principales formes de mils apparaissent dans la structure des composantes principales dont les pourcentages de variance sont par ordre décroissant : 31,7 - 23,5 - 14,2 - 11,2 - 10,0 - 5,0 - 2,6 - 1,7.

$$C1 = 0,52 LC + 0,87 DC + 0,86 PC + 0,46 LG + 0,41 DG + 0,61 LI$$

Les épis des 13 régions présentent des intervalles de projection confondus sur cet axe. Cela signifie que le poids de chandelle est un caractère très variable en toute région, pour lequel aucune distinction régionale n'apparaît.

$$C2 = 0,47 LI + 0,82 AR + 0,80 CY$$

Les projections des 13 régions sur cet axe montrent un gradient Nord-Sud : le type souna laisse progressivement la place au type sanio.

$$C3 = -0,73 LC + 0,45 LG - 0,45 DG$$

L'axe 3 montre un gradient ouest-est : des chandelles longues à grain rond vers Kaolack laissent progressivement la place à des chandelles courtes à grain allongé vers Kedougou.

Les autres composantes n'ont pas montré de caractéristiques particulières. Leurs variances sont de toutes façons trop faibles.

La figure 2 montre sur le plan (2,3) la régionalisation des mils sénégalais. Les centres de gravité des régions illustrent les deux gradients ci-dessus. Toutefois, la plupart des régions considérées deux à deux ont une partie commune. Seuls les nuages Saint-Louis et Bignona sont disjoints. Les contours régionaux ne sont tracés que pour Saint-Louis, Kaolack, Kedougou et Bignona.

Les moyennes des 13 régions pour les caractères d'origine sont rapportées dans le tableau I. Elles sont présentées dans une nouvelle partition simplifiée du Sénégal avec 5 régions (A, B, C, D, E) schématisée sur la figure 3, partition suffisante pour traduire les gradients observés.

L'analyse factorielle des correspondances des 149 épis sénégalais du deuxième dossier a traité des caractères plus nombreux mais ne comportant pas le cycle qui présentait un fort pouvoir discriminant dans le dossier précédent.

La répartition des épis dans les 5 grandes régions sénégalaises susdites a donné 24 épis A, 37 épis B, 31 épis C, 15 épis D, 42 épis E.

La **première composante** oppose les grosses longues et lourdes chandelles aux chandelles petites et légères.

La **deuxième composante** oppose les chandelles à floraison précoce, mutiques à pédicelle d'involucre court aux chandelles à floraison tardive aristées à pédicelle long. C'est l'opposition des variétés agraires typiques Souna - Sanio.

La **troisième composante** oppose les chandelles courtes à grain long, étroit aux chandelles longues à grain court, large.

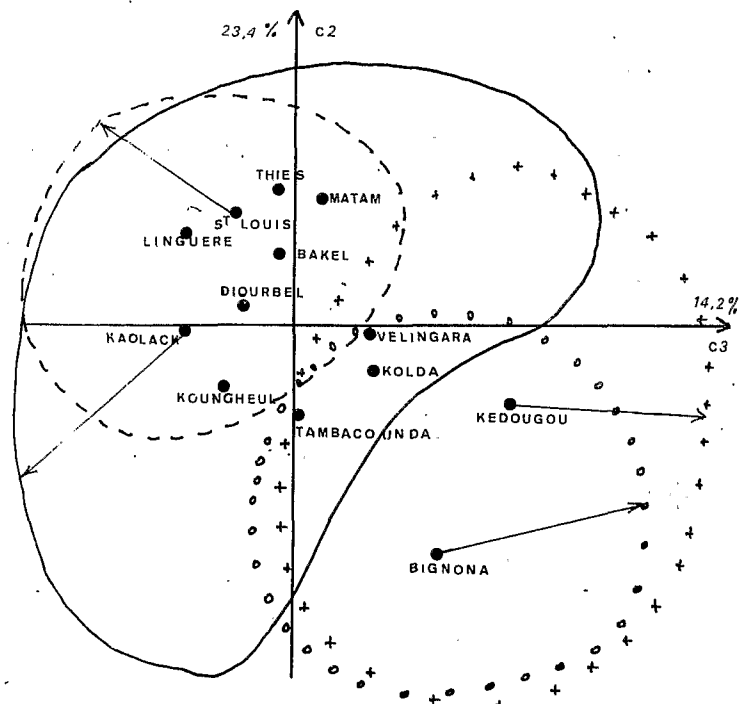


Figure 2 : Projection des centres de gravité des 13 régions sénégalaises sur le plan factoriel (2,3). Les contours sont tracés pour les régions Saint-Louis, Kaolack, Kedougou, Bignona.

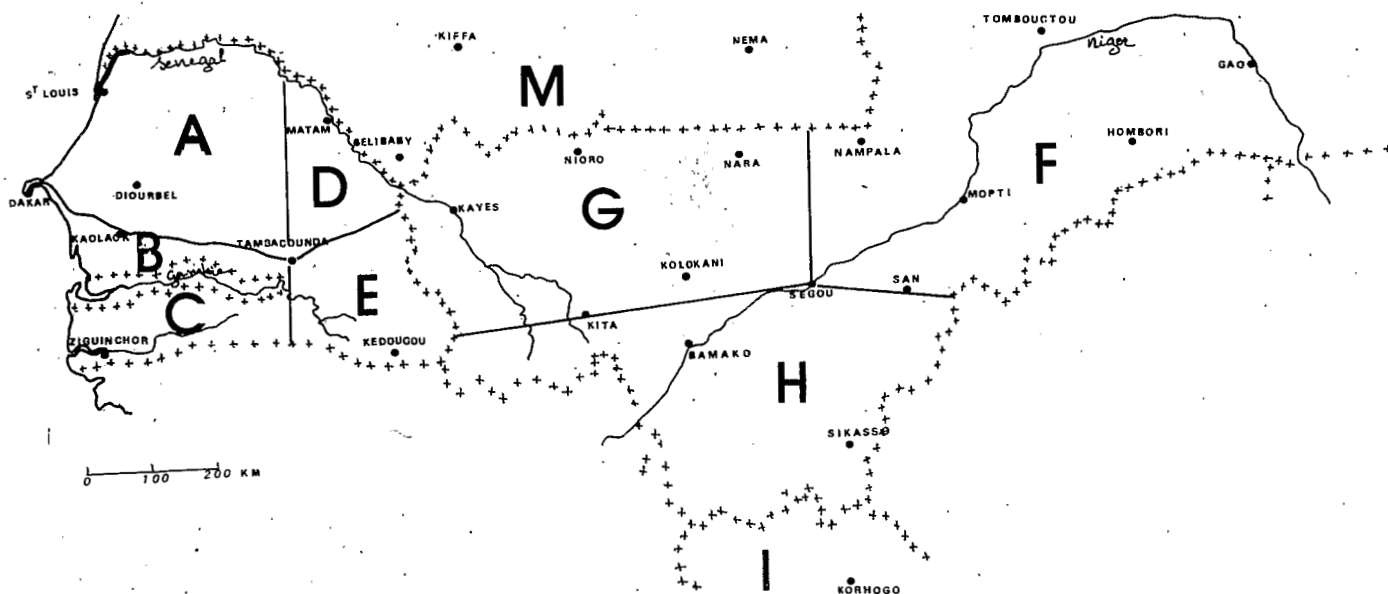


Figure 3 :Présentation des grandes régions sénégalaises, maliennes (F, G, H), mauritanienne et ivoirienne.

Cette analyse a essentiellement confirmé les gradients de l'analyse précédente.

L'axe 1 (9,7 % variance totale) oppose les épis larges (DC) à gros rachis (DR), nombreux épillets par involucre (NE), long pédicelle (LI), aristés (AR) aux formes contraires. Il ne présente que peu de régionalisation sauf pour le Sénégal oriental E. Cela confirme que la diversité sénégalaise — partie orientale exclue — est peu régionalisée.

L'axe 2 (8 % variance totale) oppose les épis longs (LC), étroits (DC) grain vitreux (VI) et petits (LG) du bassin arachidier aux associations contraires du Sénégal oriental.

L'axe 3 (7,1 % variance totale) oppose les épis larges

et longs mutiques (AR) à soies plumeuses (OS) plus fréquentes dans le Nord aux formes contraires plus fréquentes dans le Sud.

Ce gradient est peu marqué. Le tableau II montre les contributions de chaque caractère aux 3 premiers axes.

Il semble donc qu'au Sénégal la divergence entre le Nord et le Sud évidente pour le cycle à cause de la pluviométrie ne s'accompagne pas d'une différenciation importante pour les autres caractères.

La figure 4 montrée la disposition des régions sur le plan (2,3) le plus discriminant. Les axes suivants ne montrent aucun phénomène notable.

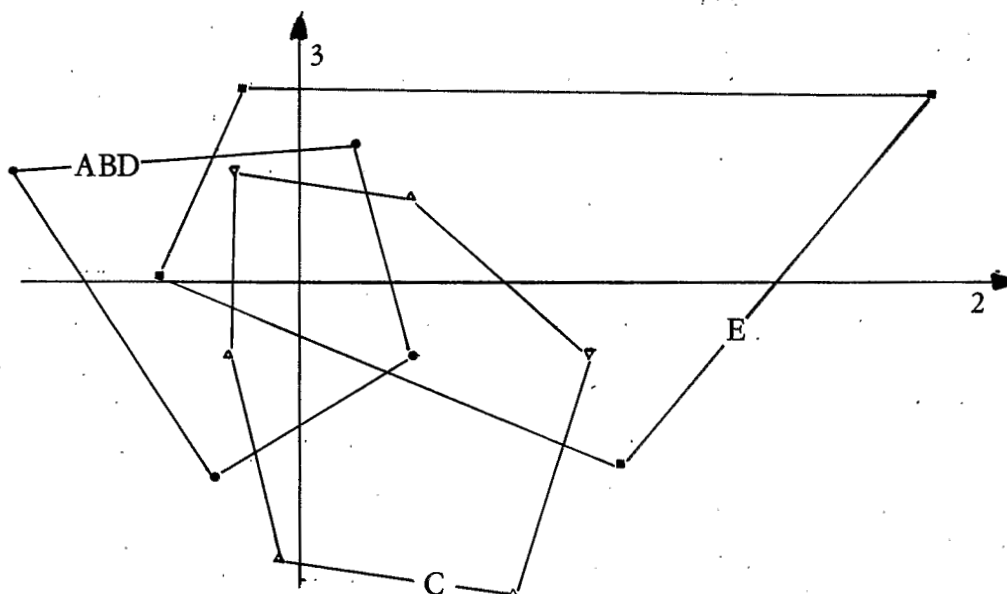


Figure 4 :Projection des 5 régions sénégalaises sur le plan (2,3) de l'analyse factorielle des correspondances.

Ainsi, les régions ABD sont presque confondues. La région C de Casamance s'en distingue un peu. C'est surtout le Sénégal oriental qui apparaît très excentrique et singulier.

Les moyennes régionales des caractères sont rapportées dans le tableau III.

### LA DIVERSITÉ MALIENNE

L'analyse factorielle des correspondances a traité les 571 épis du dossier BONO en éléments principaux et les 62 épis spécimens FAO en éléments supplémentaires.

Afin de suivre en détail le phénomène de régionalisation, le Mali a été au départ découpé en quinze régions et chaque épi a reçu l'étiquette de sa région d'origine.

Les quinze régions sont ici désignées par leurs chefs-lieux : NAMPALA, NIAFUNKE, HOMBORI, BANKASS, TOMINIAN, MOPTI, NARA, MACINA, SEGOU, KOLOKANI, NIORO, KAYES, BAMAKO, KOUTIALA, SIKASSO.

Après transformation des caractères d'origine en classes, le nombre total des classes s'élève à 37. Les deux premières valeurs propres représentent 10,5 et 7,3 % de

la variabilité et les 11 dernières valeurs propres sont nulles.

Les deux premiers axes ont exprimé l'essentiel de la régionalisation.

L'axe 1 oppose les épis courts et larges à long pédicelle d'involucre aux formes contraires. L'axe 2 oppose les épis avec 1 seul épillet par involucre (NE) à gros rachis (DR) et faible longueur du pédicelle d'involucre (LI) aux formes contraires.

Le tableau IV indique les contributions de chaque caractère aux deux premiers facteurs.

L'observation des nuages régionaux sur le plan de projection (1,2) a conduit à fusionner les régions dont les projections étaient confondues. Des opérations itératives de fusions régionales par observation graphique ont abouti à ne conserver que 3 grandes régions désignées F, G, H dont les contours géographiques sont schématisés sur la figure 3.

F correspond au Nord-Est du Mali, G à l'ouest et H au Sud.

La figure 5 montre dans le plan (1,2) la disposition des nuages régionaux. Elle montre en plus la disposition des épis supplémentaires FAO. A part deux épis originaires de H, les 62 épis FAO se distribuent correctement dans les régions F, G, H.

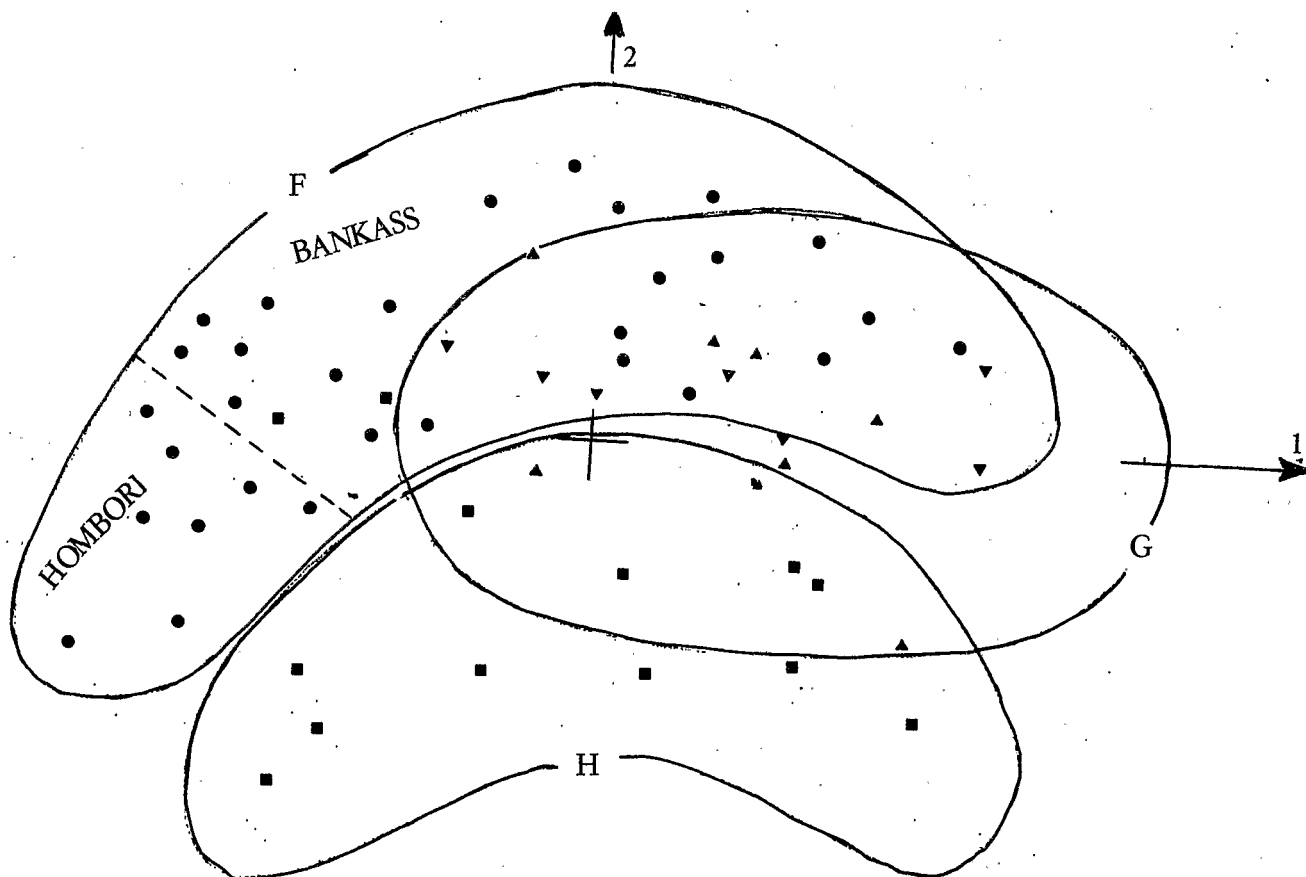


Figure 5 : Projection des 3 régions maliennes F, G, H sur le plan (1,2). Les éléments supplémentaires FAO sont projetés avec les signes ●, ▲, ■ correspondants aux régions F, G, H dont ils sont originaires.

Ce dernier résultat signifie que les deux dossiers BONO et FAO sont concordants et peuvent être fusionnés pour l'analyse de l'ensemble Sénégal + Mali. Il signifie aussi que la diversité malienne est restée globalement stable ces dix dernières années.

A l'intérieur de la région F, Hombori forme un petit nuage disjoint de l'ensemble Bankass (plaine du Seno) qui occupe le reste de F. Cette discontinuité traduit bien l'effet de la falaise dogon.

La diversité interne régionale l'emporte sur la différenciation entre régions dans la mesure où la régionalisation est plus accentuée sur l'axe 2 que sur l'axe 1. Toutefois la régionalisation est plus forte qu'au Sénégal dans la mesure où elle apparaît sur le plan (1,2) au lieu du plan (2,3). De plus au Mali les régions F et H forment deux ensembles disjoints.

Les moyennes régionales des caractères apparaissent dans le tableau III.

Le gradient sénégalais Ouest-Est exprimé par l'axe 2 de la figure 4 correspond au gradient malien exprimé par l'axe 1 de la figure 5 : ils traduisent l'évolution de mils à épis longs, minces avec pédicelle d'involucre court vers des mils à épis plus trapus à pédicelle plus long. Le changement soudain du sens d'évolution localisé dans l'ouest malien est difficilement explicable par des facteurs physiques.

Le gradient Nord-Sud du Mali, porté par l'axe 2 de la figure 5 montre surtout une évolution pour le nombre d'épillets par involucre et la grosseur du rachis. Le gradient Nord-Sud au Sénégal est surtout lisible en comparant les moyennes de caractères de Bignona (Casamance) et des régions du Nord. L'axe 3 de la figure oppose en effet le Sud (Casamance) aussi bien à l'Est qu'au Nord et ne peut servir à décrire la nature du gradient Nord-Sud.

D'après les moyennes, le Sud Sénégalais se distingue du Nord par des épis courts, aristés, à grain mince, et pédicelle d'involucre plus long. Pour l'essentiel les gradients (N - S) maliens et sénégalais sont donc de nature différente.

Cependant, les caractères essentiels du gradient N - S sénégalais se retrouvent avec une contribution moindre mais de même sens dans le gradient malien. De même la grosseur du rachis qui contribue fortement au gradient malien contribue légèrement et dans le même sens au gradient sénégalais.

Au total, dans les deux pays les mils du Sud semblent caractérisés par des épis plus courts, à rachis plus mince et pédicelle d'involucre plus long que ceux du Nord.

Il s'agirait peut-être d'un effet léger du climat, caché en partie par d'autres facteurs plus puissants.

## LA DIFFERENCIATION ENTRE SENEGAL ET MALI

L'analyse de cette différenciation a utilisé un dossier comportant des échantillons sénégalais et maliens de tailles semblables. Ce dossier a été construit avec 347 épis :

- les 149 épis du Sénégal répartis en 24 épis A, 37 épis B, 31 épis C, 15 épis D et 42 épis E.
- 153 épis maliens répartis en 53 épis F, 50 épis G et 50 épis H, tirés au sort dans chaque région.
- les épis témoins mauritaniens, ivoiriens et Tiotandé placés en éléments supplémentaires dans l'analyse factorielle des correspondances.

Cette analyse factorielle comme les précédentes a été appliquée après transformation des caractères d'origine (qualitatifs ou quantitatifs) en variables nominales (ROUX et ROUX, 1975).

Les variables d'origine à intervalle sont découpées en classes d'effectifs approximativement égaux par un choix judicieux des bornes.

Au total, l'ensemble des modalités des 10 caractères constitue 37 variables nominales.

Les deux premiers facteurs portent respectivement 11 % et 7,5 % de la variabilité totale, valeurs à comparer à 2,7 %, pourcentage moyen d'un facteur.

La différenciation recherchée apparaît essentiellement sur le premier axe de l'analyse factorielle, les axes suivants portant surtout les régionalisations internes à chaque pays, déjà vues.

Le tableau V montre la contribution des différents caractères à la variabilité du premier axe.

Cet axe inclut la variabilité du gradient Est-Ouest déjà décrite dans les analyses intra-pays renforcée par d'autres caractères, dont la contribution à ce gradient était faible dans chaque pays : la vitrosité et les dimensions du grain, le nombre d'épillets par involucre.

En effet les mils maliens considérés ensemble portent des épis plus courts, plus larges, à pédicelle d'involucre plus long, à nombre d'épillets plus faible, à grain plus gros et moins vitreux, à soies plus ornées que les mils du Sénégal.

La figure 6 donnant les positions des régions sur le plan (1,2) montre que les régions A, B, C, D, sont complètement séparées des régions maliennes mais que le Sénégal oriental E occupe une position intermédiaire.

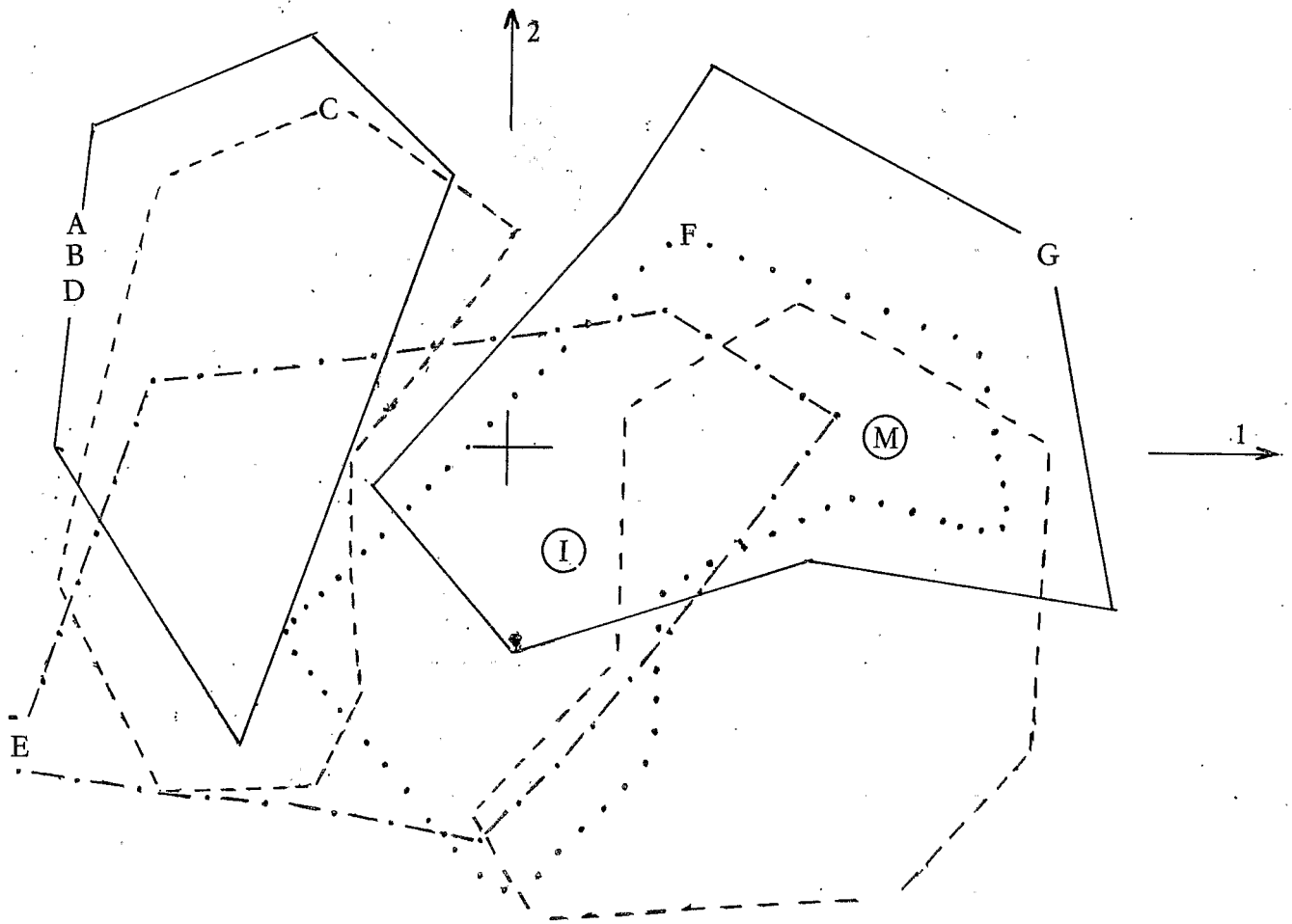


Figure 6 : Projection des régions sénégalaises et maliennes sur le plan (1,2) de l'analyse conjointe Sénégal + Mali. les échantillons mauritaniens et ivoiriens sont représentés par leurs moyennes M et I.

Cette figure confirme l'inversion du gradient Est-Ouest notée dans les analyses précédentes : la région F de l'Est malien occupe une position intermédiaire entre l'ouest sénégalais et l'ouest malien.

Enfin les échantillons mauritaniens ici observés de même que les épis Tiotandé apparaissent très proches des mils G de l'ouest malien. Par contre les mils ivoiriens de cette étude sont comme les mils F proches des mils sénégalais.

Le premier axe de l'analyse factorielle conduit ainsi à distinguer deux pôles (A B C D) et (G H M) entre lesquels se situent les régions F, I, E.

Pour vérifier que cette image restait conservée en tenant compte de tous les axes de variation simultanément, une classification ascendante hiérarchique a été appliquée aux 347 épis, en utilisant la distance du CHI2 et une agrégation par maximisation du moment centré d'ordre 2 d'une partition.

L'arbre d'agrégation des épis porté sur la figure 7 montre qu'effectivement les épis A B C D se rassemblent à un pôle et les épis G H M à un autre pôle. Les autres épis sont attirés par les 2 pôles, E étant plus attiré par le pôle A B C D et F par le pôle G H M.



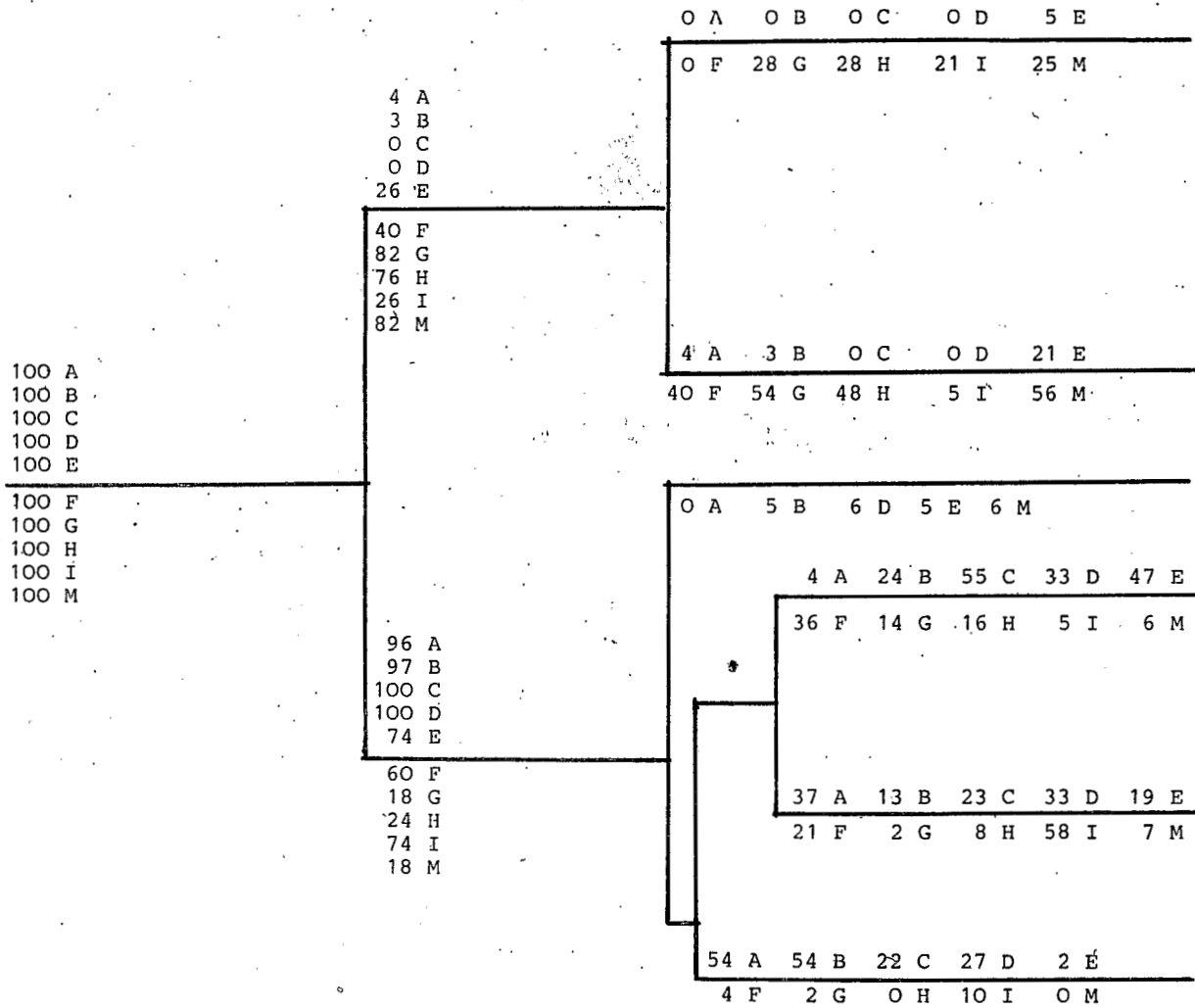


Figure 7 : Structure de l'arbre produit par la classification ascendante hiérarchique. Chacune des 10 régions est représentée par 100 individus.

Enfin l'application de la procédure Nei permet une représentation graphique très claire des distances entre centres des régions représentées par des fréquences de modalités pour les différents caractères.

L'image de la figure 8 confirme les images précédentes. Elle correspond à la projection sur le plan (1,2) d'une analyse en composantes principales non normée appliquée aux fréquences régionales  $f_{ak, j}$ . Ces deux axes portent 62 % de la variabilité totale.

Le calcul des distances et des diversités régionales (tableau VI) permet de comparer les ressources génétiques de l'ensemble.

Quand on considère successivement le Sénégal sans la partie orientale, le Mali, le Sénégal + le Mali on voit augmenter la diversité régionale, la diversité totale et le taux de différenciation.

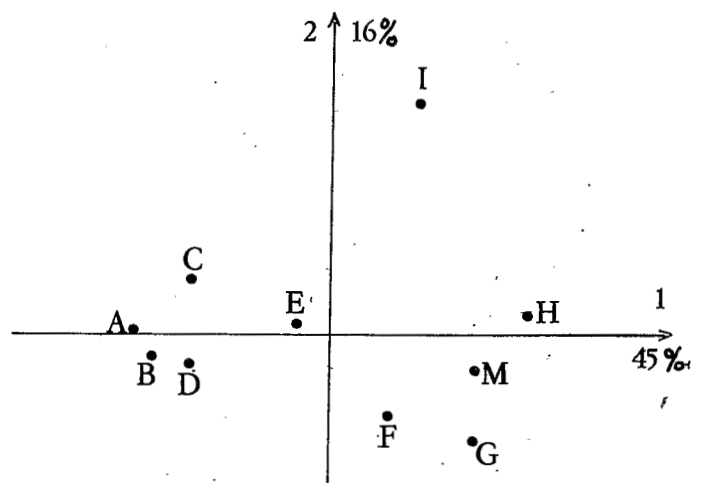


Figure 8 : Projection des moyennes régionales sur le plan (1,2) de l'analyse en composantes principales appliquée aux fréquences des caractères découpés en classes.

Le Sénégal oriental peu peuplé, où les cultures de mil sont dispersées est plus riche génétiquement que le bassin arachidier où la culture du mil est continue sur une vaste surface.

Il en est de même au Mali : la région Ouest G peu peuplée à culture dispersée est plus riche que les régions F (est) et H (sud) plus peuplées.

### CONCLUSION

L'analyse de la diversité phénotypique des mils maliens et sénégalais aboutit au constat suivant :

Les mils maliens et sénégalais constituent deux ensembles très différents. L'ensemble malien exerce une influence sur la partie orientale du Sénégal suffisamment forte pour créer dans ce pays un début de régionalisation suivant un gradient Est-Ouest.

Par contre il existe au Mali une régionalisation accentuée suivant un axe Nord-Sud et une régionalisation moins forte suivant un axe Est-Ouest dont ni l'orientation ni la nature ne correspondent à la régionalisation Est-Ouest du Sénégal ou à la légère régionalisation Nord-Sud sénégalaise.

Ainsi, les régionalisations sénégalaise et malienne existent, sont différentes et ne semblent pas explicables par des facteurs physiques et climatiques.

La disposition des différentes régions sénégalaises et maliennes ne s'accorde pas du tout avec les distances géographiques.

Les mils de l'ouest malien et de Mauritanie semblent constituer un pôle de singularité au milieu d'un vaste

ensemble de mils comprenant le Sénégal, la Côte d'Ivoire et l'ouest nigérien (BONO, 1973).

Les mils maliens considérés globalement montrent un plus grand polymorphisme que les mils du Sénégal considéré sans la partie orientale colonisée par des populations venues du Mali.

Il sera nécessaire de vérifier la portée génétique de cette diversité phénotypique en étudiant les croisements entre ces diverses formes en particulier pour la fertilité, les effets cytoplasmiques et l'hétérosis.

Enfin, il reste à trouver la cause de la distribution singulière de la diversité du mil, dans ces deux pays.

La réponse à cette question éclairera peut-être la pré-histoire de cette région d'Afrique.

### Bibliographie

- BENZECRI J.P., et al., 1973 — L'analyse des données. Tome I La Taxonomie Tome II; l'analyse des correspondances. Dunod, Paris.
- BONO Marius - 1973 — Contribution à la morphosystématique des *Pennisetum* annuels cultivés pour leur grain en Afrique Occidentale francophone. L'Agronomie Tropicale 28 - 3 : 229-356.
- CLEMENT J., 1977 — Rapport de Prospection au Sénégal - ORSTOM-PARIS.
- JAMBU M., 1976 — Programme général de construction de classifications ascendantes hiérarchiques (C.A.H.) - Laboratoire de statistique mathématique. Université de Paris, multigr., 57 p.
- MARCHAIS L., 1975 — La variabilité naturelle connue chez des mils pénicillaires cultivés et sauvages : Inventaire en vue d'une prospection en Afrique de l'Ouest. ORSTOM, multigr., 41 p.
- NEI M., 1975 — Molecular population genetics and evolution - North - Holland : Amsterdam - Oxford, 288 p.
- ROUX C., ROUX M., 1975 — Notice d'utilisation du programme Steak. Laboratoire de biométrie du CNRS. Laboratoire de statistique. Université de Paris VI, multigr. 36 p.

Tableau I  
MOYENNES DES CARACTÈRES DANS LE PREMIER DOSSIER SÉNÉGALAIS  
Les écarts-types sont entre parenthèses

Région	LC	DC	PC	LG	DG	LI	AR	CY
A Saint-Louis .....	51 (12,0)	23 (5,9)	60 (30,1)	33 (4,4)	20 (3,6)	28 (11,0)	0,05 (0,2)	92 (11,1)
LINGUERE .....	49 (19,8)	21 (3,1)	45 (35,0)	31 (4,5)	21 (2,8)	28 ( 7,8)	0,14 (0,3)	85 (16,2)
THIES .....	53 ( 7,6)	24 (3,7)	67 (26,2)	35 (5,6)	20 (2,7)	28 (11,0)	0,32 (0,4)	90 (19,0)
DIOURBEL .....	46 (10,6)	24 (5,5)	62 (26,0)	34 (4,1)	21 (3,4)	30 (16,2)	0,34 (0,5)	99 (24,3)
B KAOLACK .....	55 ( 7,7)	24 (3,2)	69 (22,5)	33 (4,3)	20 (2,1)	27 (13,1)	0,34 (0,5)	98 (23,8)
KOUNGHEUL .....	44 ( 7,1)	21 (4,1)	53 (35,1)	34 (6,4)	19 (3,2)	29 ( 9,7)	0,44 (0,5)	98 (20,0)
C VELINGARA .....	44 ( 7,2)	24 (3,7)	72 (22,4)	35 (4,8)	19 (3,0)	32 (12,9)	0,25 (0,4)	117 (21,0)
KOLDA .....	41 (12,1)	23 (4,8)	58 (26,3)	34 (4,6)	19 (2,6)	29 (11,5)	0,38 (0,5)	122 (15,5)
BIGNONA .....	34 ( 9,5)	23 (3,9)	44 (21,4)	33 (4,7)	19 (2,6)	34 (10,7)	0,79 (0,4)	132 (15,9)
D MATAM .....	43 (12,9)	21 (4,7)	53 (36,0)	32 (6,6)	18 (3,2)	22 (14,5)	0,03 (0,1)	89 (13,4)
BAKEL .....	48 (10,9)	22 (3,2)	67 (23,0)	35 (5,0)	20 (1,5)	28 (12,0)	0,19 (0,4)	125 (18,3)
TAMBACOUNDA .....	43 (12,0)	21 (4,4)	56 (39,1)	32 (3,8)	20 (2,5)	29 (12,7)	0,30 (0,4)	133 ( 9,0)
E KEDOUGOU .....	33 ( 7,0)	24 (5,0)	57 (16,3)	39 (5,8)	19 (2,8)	42 (23,7)	0,25 (0,4)	130 (10,0)

Tableau II  
COORDONNÉES (COORD) ET CONTRIBUTIONS (CTR) EN POUR MILLE DES CARACTÈRES DÉCOUPÉS  
EN CLASSES SUR LES 3 PREMIERS FACTEURS DE L'ANALYSE DES CORRESPONDANCES  
DES ÉPIS SÉNÉGALAIS DU DEUXIÈME DOSSIER

Caractère	Facteur 1		Facteur 2		Facteur 3	
	COORD	CTR	COORD	CTR	COORD	CTR
1 LCO1	498	14	- 696	33	1386	148
2 LCO2	197	2	- 1155	99	- 209	4
3 LCO3	358	14	48	0	- 452	30
4 LCO4	- 465	37	621	79	- 99	2
5 DCO1	906	87	499	31	- 296	13
6 DCO2	95	1	374	23	246	11
7 DCO3	- 473	23	- 383	18	626	55
8 DCO4	- 1102	66	- 1154	87	- 1225	111
9 DRO1	758	36	- 654	32	- 375	12
10 DRO2	1024	68	- 521	21	509	23
11 DRO3	167	4	389	24	- 84	1
12 DRO4	- 990	134	159	4	12	0
13 NEO1	0	0	0	0	0	0
14 NEO2	694	78	- 266	14	- 153	5
15 NEO3	- 542	65	121	4	+ 153	7
16 NEO4	573	4	1274	25	- 697	9
17 LIO1	513	48	576	73	- 106	3
18 LIO2	- 76	1	- 6	0	482	33
19 LIO3	- 829	62	- 819	73	194	5
20 LIO4	- 612	7	- 1716	64	- 2720	182
21 VIO1	855	9	- 2794	121	433	3
22 VIO2	764	17	98	0	- 234	2
23 VIO3	- 360	26	- 15	0	+ 133	5
24 VIO4	256	10	234	10	- 167	6
25 DGO1	413	34	- 253	15	356	35
26 DGO2	- 268	8	285	11	- 378	22
27 DGO3	- 579	24	443	17	- 208	4
28 DGO4	- 896	10	- 987	15	- 1141	23
29 LGO1	104	2	252	11	61	1
30 LGO2	- 54	0	301	12	- 324	16
31 LGO3	- 283	8	- 174	3	278	10
32 LGO4	370	7	- 1069	67	15	0
33 OSO1	25	0	- 9	0	688	98
34 OSO2	- 83	1	90	2	- 339	32
35 OSO3	346	5	- 448	9	- 902	43
36 ARO1	- 299	25	- 14	0	- 188	14
37 ARO2	- 748	64	35	0	470	34
		1000		1000		1000

Tableau III  
MOYENNE DES CARACTERES POUR LES GRANDES REGIONS SENEGALAISE, MALIENNE,  
MAURITANIENNE ET IVOIRIENNE DANS LE DEUXIEME DOSSIER

Région	LC	DC	DR	NE	LI	VI	DG	LG	OS	AR
SENEGAL										
A .....	64,8	25,8	9,3	3,0	3,7	2,3	22,4	36,1	0,6	0,33
B .....	58,1	25,9	9,0	2,8	3,7	2,5	22,0	35,1	0,8	0,38
C .....	38,7	24,6	7,4	2,6	3,6	2,5	19,6	36,4	0,4	0,42
D .....	56,9	23,9	7,8	2,5	2,8	2,2	22,0	35,5	1,1	0,00
E .....	43,8	25,2	6,5	2,3	4,1	1,9	20,3	36,9	0,8	0,21
MALI										
F .....	41,8	25,1	7,5	1,2	3,7	1,2	25,2	39,5	1,2	0,07
G .....	37,0	29,2	7,4	1,6	5,4	0,1	26,3	41,6	1,2	0,34
H .....	37,0	26,6	5,7	2,3	5,2	0,8	26,6	40,0	1,1	0,03
ECHANTILLONS										
Mauritaniens .....	38,5	27,7	6,9	2,1	5,1	1,1	24,8	39,2	1,3	0,00
Ivoiriens .....	32,1	22,9	5,4	2,8	3,9	1,3	23,5	36,8	0,8	0,00
Tiotandé .....	24,5	38,7	8,8	3,5	10,5	0,0	26,0	45,0	2,0	1,00

Tableau IV  
COORDONNÉES (COORD) ET CONTRIBUTIONS (CTR) EN POUR MILLE DES CARACTÈRES DÉCOUPÉS  
EN CLASSES SUR LES 2 PREMIERS FACTEURS DE L'ANALYSE DES CORRESPONDANCES  
DES ÉPIS MALIENS

Caractère	Facteur 1		Facteur 2	
	COORD	CTR	COORD	CTR
1 LCO1 .....	38	0	112	2
2 LCO2 .....	545	31	104	2
3 LCO3 .....	14	0	192	6
4 LCO4 .....	1222	62	380	9
5 DCO1 .....	1191	117	156	3
6 DCO2 .....	598	25	155	3
7 DCO3 .....	338	11	200	5
8 DCO4 .....	818	90	40	0
9 DRO1 .....	693	0	0	94
10 DRO2 .....	127	2	84	1
11 DRO3 .....	68	0	73	1
12 DRO4 .....	267	5	1374	191
13 NEO1 .....	61	1	737	136
14 NEO2 .....	345	15	523	51
15 NEO3 .....	606	32	671	59
16 NEO4 .....	0	0	0	0
17 LIO1 .....	1231	170	182	5
18 LIO2 .....	76	0	93	1
19 LIO3 .....	428	25	299	18
20 LIO4 .....	915	69	793	77
21 VIO1 .....	47	0	644	45
22 VIO2 .....	272	16	233	18
23 VIO3 .....	719	45	46	0
24 VIO4 .....	0	0	0	0
25 DGO1 .....	1207	110	44	0
26 DGO2 .....	433	10	40	0
27 DGO3 .....	184	3	486	29
28 DGO4 .....	604	60	277	19
29 LGO1 .....	507	24	879	109
30 LGO2 .....	197	3	129	2
31 LGO3 .....	369	13	388	21
32 LGO4 .....	218	6	311	17
33 OSO1 .....	1080	29	600	13
34 OSO2 .....	77	1	24	0
35 OSO3 .....	71	1	142	4
36 ARO1 .....	113	4	147	10
37 ARO2 .....	538	19	701	48
		1000		1000

Tableau V  
COORDONNÉES (COORD) ET CONTRIBUTIONS (CTR) EN POUR MILLE DES CARACTÈRES  
SUR LES DEUX PREMIERS FACTEURS DE L'ANALYSE CONJOINTE SENEGAL + MALI

Caractère	Facteur 1		Facteur 2	
	COORD	CTR	COORD	CTR
1 LCO1 .....	398	13	- 270	9
2 LCO2 .....	701	35	- 109	1
3 LCO3 .....	- 77	1	- 144	3
4 LCO4 .....	- 853	65	480	31
5 DCO1 .....	- 543	24	- 1135	156
6 DCO2 .....	- 594	31	74	1
7 DCO3 .....	+ 81	1	597	45
8 DCO4 .....	+ 1086	96	428	22
9 DRO1 .....	+ 392	13	- 617	48
10 DRO2 .....	201	3	- 537	31
11 DRO3 .....	- 330	10	- 44	0
12 DRO4 .....	- 195	3	1078	151
13 NEO1 .....	- 819	50	- 152	3
14 NEO2 .....	- 134	2	- 534	52
15 NEO3 .....	- 278	10	+ 608	73
16 NEO4 .....	- 1463	11	- 553	2
17 LIO1 .....	- 684	59	- 635	76
18 LIO2 .....	- 442	13	520	27
19 LIO3 .....	620	37	365	20
20 LIO4 .....	1233	67	228	3
21 VIO1 .....	721	19	- 415	10
22 VIO2 .....	798	69	- 130	3
23 VIO3 .....	- 447	24	275	14
24 VIO4 .....	- 914	54	- 62	0
25 LGO1 .....	- 534	33	- 441	34
26 LGO2 .....	- 434	13	279	8
27 LGO3 .....	- 7	0	413	17
28 LGO4 .....	1196	112	56	0
29 HGO1 .....	- 406	17	- 170	4
30 HGO2 .....	- 233	4	- 79	1
31 HGO3 .....	148	2	402	20
32 HGO4 .....	630	29	- 131	2
33 OSO1 .....	- 820	50	232	6
34 OSO2 .....	70	1	91	2
35 OSO3 .....	621	30	- 436	22
36 ARO1 .....	44	1	- 249	24
37 ARO2 .....	- 149	2	838	80
		1000		1000

Tableau VI  
DIVERSITÉS RÉGIONALES ET DISTANCES DE NEI ENTRE RÉGIONS  
F = Mali Est; G = Mali Ouest; H = Mali Sud; A, B, C, D, E; régions sénégalaises.  
I = Côte d'Ivoire; M = Mauritanie.

	F	G	H	A	B	C	D	E	I	M
Diversité	5,8	6,2	5,7	5,0	5,7	5,8	5,2	6,2	4,6	5,8
Distances										
F	0	0,75	0,93	1,52	1,29	1,25	0,82	0,81	1,35	0,68
G	0,75	0	0,61	1,93	1,53	1,48	1,77	0,98	1,51	0,36
H	0,93	0,61	0	2,24	1,93	1,76	1,73	1,01	0,95	0,36
A	1,52	1,93	2,24	0	0,27	0,92	0,82	1,30	1,86	1,57
B	1,29	1,53	1,93	0,27	0	0,65	0,51	0,88	1,77	1,33
C	1,25	1,48	1,76	0,92	0,65	0	0,84	0,49	1,47	1,59
D	0,82	1,77	1,73	0,82	0,51	0,84	0	0,67	1,71	1,40
E	0,81	0,98	1,01	1,30	0,88	0,49	0,67	0	1,22	1,01
I	1,35	1,51	0,95	1,86	1,77	1,47	1,71	1,22	0	0,97
M	0,68	0,36	0,36	1,57	1,33	1,59	1,40	1,01	0,97	0