

## Listes des sigles et acronymes

**AFC** : Analyse Factorielle de Correspondance

**BP** : Before Present

**CDH** : Centre de Développement Horticole de Dakar

**CE** : Conductivité électrique

**CEC** : Capacité d'Echange Cationique

**DMP** : Direction Nationale de la Météorologie

**FIT** : Front intertropical

**IC** : intervalle de confiance

**MEPN** : Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature

**SIGMA** : Station Internationale de Géobotanique Méditerranéenne et Alpine

**UCAD** : Université Cheikh Anta DIOP (Dakar, Sénégal)

## Listes des Figures

❖ <b>Figure 1.</b> Situation de la zone des "Niayes" .....	3
❖ <b>Figure 2.</b> Les isohyètes.....	5
❖ <b>Figure 3.</b> Variabilité de la pluviosité à Dakar (1995-2004) a.) quantité de pluies ; b.) Nombres de jours de pluies.....	6
❖ <b>Figure 4.</b> Géomorphologie de la zone littorale. ....	8
❖ <b>Figure 5.</b> Typologie des sols. ....	10
❖ <b>Figure 6.</b> Ressources en eau : niveau de fluctuation de la nappe suivant les saisons.....	12
❖ <b>Figure 7.</b> Méthode de détermination de l'aire minimale.....	19
❖ <b>Figure 8.</b> Courbe aire-espèces.....	20
❖ <b>Figure 9.</b> AFC : diagramme des relevés x espèces herbacées de Malika dans le plan des axes $F_1$ (horizontal) et $F_2$ (vertical).....	27
❖ <b>Figure 10.</b> AFC : diagramme des relevés x espèces herbacées de Tanma dans le plan des axes $F_1$ (horizontal) et $F_2$ (vertical).....	29
❖ <b>Figure 11.</b> AFC : diagramme des relevés x espèces herbacées de Petit MBao dans le plan des axes $F_1$ (horizontal) et $F_2$ (vertical). ....	32
❖ <b>Figure 12.</b> AFC : diagramme des relevés x espèces herbacées du CDH de Cambérène dans le plan des axes $F_1$ (horizontal) et $F_2$ (vertical). ....	34
❖ <b>Figure 13.</b> AFC : diagramme des relevés x espèces herbacées de Lac Rose dans le plan des axes $F_1$ (horizontal) et $F_2$ (vertical).....	37

## Listes des tableaux

- ❖ **Tableau I.** Valeur propre et variance (%) des premiers axes de l'AFC appliquée aux relevés/espèces herbacées de Malika ..... 26
- ❖ **Tableau II.** Valeur propre et variance (%) des premiers axes de l'AFC appliquée aux relevés/espèces herbacées de Tanma ..... 29
- ❖ **Tableau III.** Valeur propre et variance (%) des premiers axes de l'AFC appliquée aux relevés/espèces herbacées de Petit MBao. .... 31
- ❖ **Tableau IV.** Valeur propre et variance (%) des premiers axes de l'AFC appliquée aux relevés/espèces herbacées du CDH de Cambérène. .... 34
- ❖ **Tableau V.** Valeur propre et variance (%) des premiers axes de l'AFC appliquée aux relevés/espèces herbacées de Lac Rose ..... 36

## Liste des annexes

<b>ANNEXE 1</b> : Résultats d'analyse des sols .....	64
<b>ANNEXE 2</b> : Liste des espèces affectées de leur code .....	65
<b>ANNEXE 3</b> : Liste des familles : effectif et importance relative des genres et des espèces.....	72
<b>ANNEXE 4</b> : Provenance des sols.....	76

## Résumé

Ce travail se propose d'étudier la phytosociologie de la zone des "Niayes" en suivant les fluctuations spatiales de la strate herbacée à partir d'une série d'observations floristiques réalisée en 2005.

Les résultats qui ressortent des méthodes d'analyses multivariées faites à partir d'une AFC, mettent en évidence une forte variabilité de la composition floristique qui est en relation avec l'hétérogénéité de la végétation et les fluctuations des facteurs écologiques.

Ces variations permettent de caractériser sur le plan spatial un certain nombre de groupements végétaux (onze groupements) fortement tributaires des facteurs édaphiques et dont certains constituent des vestiges d'un ancien tapis végétal.

En suivant la dynamique de cette végétation comparativement aux résultats de Trochain (1940) et de Raynal (1963), on constate que la zone de "Niayes" a connu une très nette évolution montrant l'impact des sécheresses, de l'augmentation de la salinité des sols et de l'action directe ou indirecte croissante de l'homme sur l'appauvrissement de la flore de cette zone et la disparition d'un grand nombre d'espèces.

Les facteurs climatiques, anthropiques et surtout édaphiques ont donné à la végétation herbacée une structure actuelle due aux modifications de la composition floristique et à la présence d'espèces des zones arides dotées d'une grande capacité de dissémination.

**Mots-clés** : Phytosociologie, groupements végétaux, facteurs édaphiques, variabilité spatiale, dynamique.

# TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Description de la zone d'étude .....</b>	<b>3</b>
I.1. Contexte géographique .....	3
I.2. Les facteurs climatiques .....	3
I.2.1. Les précipitations .....	4
I.2.1.1. Origine des pluies .....	4
I.2.1.2. Les précipitations mensuelles et annuelles.....	4
I.2.2. Températures .....	6
I.2.3. L'humidité relative .....	6
I.2.4. L'insolation et l'évaporation .....	7
I.2.5. Les vents .....	7
I.3. La géomorphologie.....	7
I.4. La pédologie .....	10
I.5. Hydrologie et ressources hydrogéologiques.....	12
<b>Chapitre II: Matériel et méthodes .....</b>	<b>13</b>
II.1. Choix de la zone d'étude .....	13
II.2. Matériel.....	14
II.2.1. Matériel pédologique .....	14
II.2.2. Matériel végétal.....	14
II.3. Méthodes.....	14
II.3.1. Méthodes d'analyse des sols .....	14
II.3.1.1. Méthode d'analyse physique.....	14
II.3.1.2. Méthodes d'analyse chimique.....	15
II.3.2. Méthodes d'analyse de la végétation .....	17
II.3.2.1. Généralités sur la phytosociologie .....	17
II.3.2.2. Etape analytique .....	19
a. Représentativité : choix des surfaces .....	19
b. La réalisation du relevé .....	21
II.3.2.3. Etape synthétique .....	23
<b>Chapitre III : Résultats .....</b>	<b>25</b>
III.1. Résultats des analyses de sols .....	25

III.2. Composition floristique .....	25
III.3. Variabilité spatiale de la végétation .....	25
III.3.1. Station de Malika.....	26
III.3.2. Station du lac Tanma .....	29
III.3.3. Station de Petit Mbao .....	31
III.3.4. Station du Centre de Développement Horticole de Cambérène (CDH).....	33
III.3.5 Station du lac Rose .....	36
<b>Chapitre IV : Discussion .....</b>	<b>39</b>
IV.1. Caractérisation des groupements végétaux .....	39
IV.2. Dynamique de la végétation.....	47
<b>CONCLUSION &amp; PERSPECTIVES .....</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>56</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>64</b>





## INTRODUCTION

Les pays sahéliens sont confrontés à une dégradation accélérée de leurs écosystèmes. Ce phénomène est souvent mis en rapport avec les changements climatiques tels que le réchauffement de la planète et la désertification. Cette péjoration climatique est aggravée par une activité anthropique à travers des pratiques agricoles inappropriées, des déforestations abusives, des surcharges pastorales, des feux de brousses... Cette dégradation progressive du couvert végétal et de son substrat est accentuée par l'expansion démographique et l'urbanisation.

Le Sénégal, à l'instar des autres pays sahéliens a connu une série de sécheresses persistantes qui a eu comme conséquence la destruction du couvert végétal avec ses effets néfastes sur la protection des sols, la détérioration des systèmes traditionnels de production, et enfin l'appauvrissement des populations rurales. Cette situation est fortement ressentie dans le nord-ouest du pays largement représenté par la région des "Niayes". Cette zone a fait l'objet de nombreux travaux dont ceux de Trochain (1940) et Raynal (1963).

Du point de vue floristique, physionomique et écologique, la région des "Niayes" est constituée de boqueteaux de palmiers à huiles qui entourent les étangs littoraux, plus ou moins colmatés (Trochain, 1940). Certains botanistes (Trochain, 1940 ; Adam, 1958 ; Raynal, 1963 et Naegle, 1971) ont noté que la végétation et les sols hydromorphes riches en humus qui l'accompagnent sont en étroite relation avec les réserves d'eaux superficielles. Ces circonstances ont conduit à mettre l'accent sur la fragilité de ces îlots (Trochain, 1969) et à supposer qu'ils étaient les restes d'un état ancien du tapis végétal (Adam, 1953 in Medius, 1979). Ce milieu constitue un contraste dans les paysages soudano - sahéliens par sa luxuriance (Adam, 1958). De nos jours, il est le siège d'intenses activités maraîchères et pastorales entraînant une surexploitation des terres avec comme conséquence une forte dégradation des sols. Ces effets, combinés à la salinisation et l'acidification des sols, ont provoqué la disparition de nombreuses espèces végétales.

Pour favoriser la reconstitution de ces écosystèmes naturels, le reboisement a été retenu comme stratégie pendant plusieurs décennies. Cependant, les résultats

obtenus sont mitigés si l'on tient compte de l'importance des moyens mis en œuvre pour les opérations de reboisement (M.E.P.N., 1998). La mise en défens est considérée par certains chercheurs comme une des actions les plus efficaces pour la reconstitution des écosystèmes naturels. Il n'en reste pas moins que leur caractérisation écologique et leur dynamique qui sont des éléments fondamentaux pour leur reconstitution restent encore insuffisantes. C'est dans ce cadre, que nous envisageons d'étudier afin d'apporter des informations qui pourraient aider à une meilleure connaissance de la végétation des "Niayes" et une meilleure compréhension du rôle de certains facteurs écologiques dans la différenciation des groupements végétaux pour une gestion durable des ressources naturelles.

Ce travail se propose d'étudier la phytosociologie de la zone des "Niayes" en suivant les variations spatiales du peuplement herbacé à partir d'une série d'observations réalisée sur cette végétation en 2005, d'analyser sa structure actuelle et de voir l'impact dû aux facteurs édaphiques.

Ce document est scindé en quatre parties. En premier lieu, nous présenterons la zone d'étude ; l'approche méthodologique et le matériel étudié sont présentés dans la seconde partie ; la troisième partie montrera les résultats obtenus ; ces derniers seront discutés dans la quatrième partie avant de tirer une conclusion et de dégager des perspectives.

## Chapitre I : Description de la zone d'étude

### I.1. Contexte géographique

La région des "Niayes" se situe administrativement dans les quatre régions bordant la frange maritime du nord du pays : Dakar, Thiès, Louga et Saint-Louis (figure 1). Elle s'étire sur une longueur de 180 Km, et sa largeur varie de 5 à 30 Km à l'intérieur des terres, et est généralement limitée dans sa partie intérieure par la route nationale Dakar Saint-Louis (Fall et *al.*, 2000). Elle constitue un milieu assez original caractérisé par des dunes et des dépressions souvent inondées par l'affleurement de la nappe phréatique et par un climat influencé par la proximité de la mer. Cette particularité a donné à la région sa vocation agronomique ce qui est à la base d'une forte migration de travailleurs saisonniers.

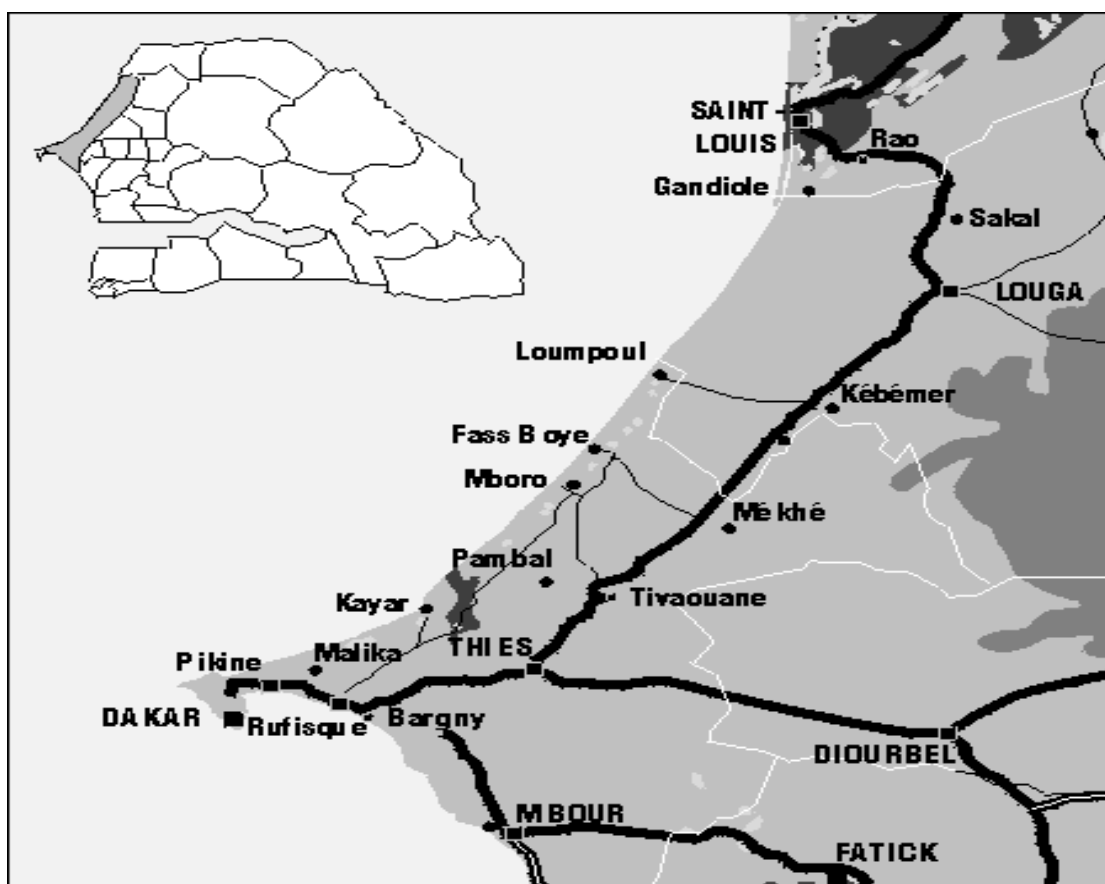


Figure 1. Situation de la zone des "Niayes" (Fall et *al.*, 2000)

### I.2. Les facteurs climatiques

Situées dans la moitié sud de la zone sahélienne, les "Niayes" sont caractérisées par un climat de type sahélien défini par Aubreville (1949) comme

étant marqué par l'alternance de deux saisons annuelles : une saison humide concentrée sur trois mois (juillet, août et septembre) et une saison sèche qui s'étale sur les autres neuf mois.

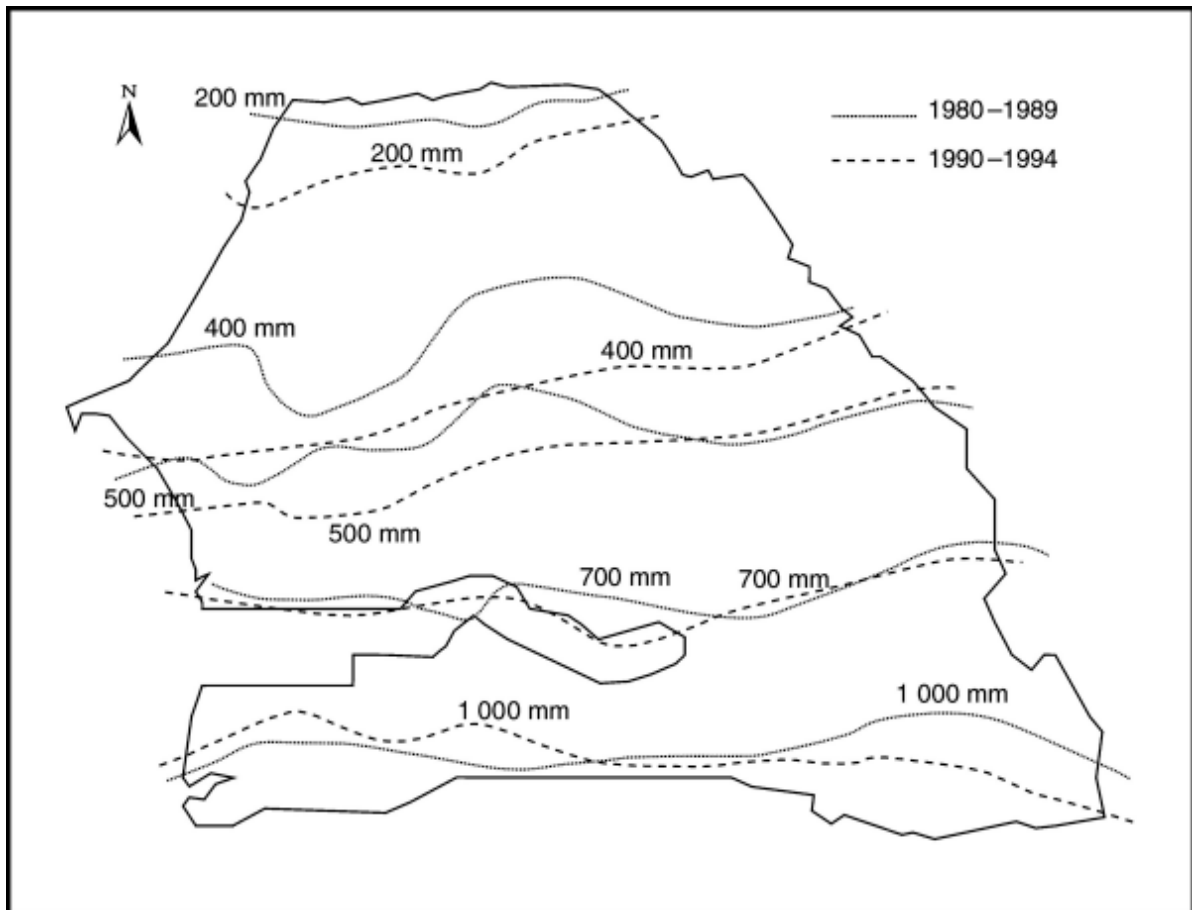
### **I.2.1. Les précipitations**

#### **I.2.1.1. Origine des pluies**

Les précipitations sont dictées par la présence de la mousson en provenance du sud issue de l'anticyclone de Sainte-Hélène durant l'hivernage. Elles sont peu abondantes et dépassent rarement 500 mm par an dans la région de Dakar et 350 mm par an dans la partie nord des Niayes (Fall et *al.*, 2000). Des précipitations qualifiées d'occultes et appelées "heug", ou pluies des mangues, surviennent souvent en saison sèche, notamment durant la période froide (décembre, janvier et février). Ces précipitations issues d'intrusion de masses d'air polaire, irrégulières et peu abondantes, sont cependant d'une grande importance pour la pratique des cultures de contre-saison dans ce milieu (Pereira Barreto, 1962). La remontée prolongée du FIT entraîne des précipitations excédentaires tandis qu'une translation en latitude prive le Sénégal d'une grande partie de ces pluies. C'est la seconde modalité qui prévaut actuellement, au Sénégal, comme dans toute la zone sahélienne (Leroux, 1973).

#### **I.2.1.2. Les précipitations mensuelles et annuelles**

La détérioration climatique consécutive au changement global du climat a entraîné une irrégularité interannuelle des précipitations, mais aussi une diminution des volumes précipités qui s'est traduite par un glissement remarquable des isohyètes vers le sud (figure 2).



**Figure 2.** Les isohyètes (Fall et al., 2000)

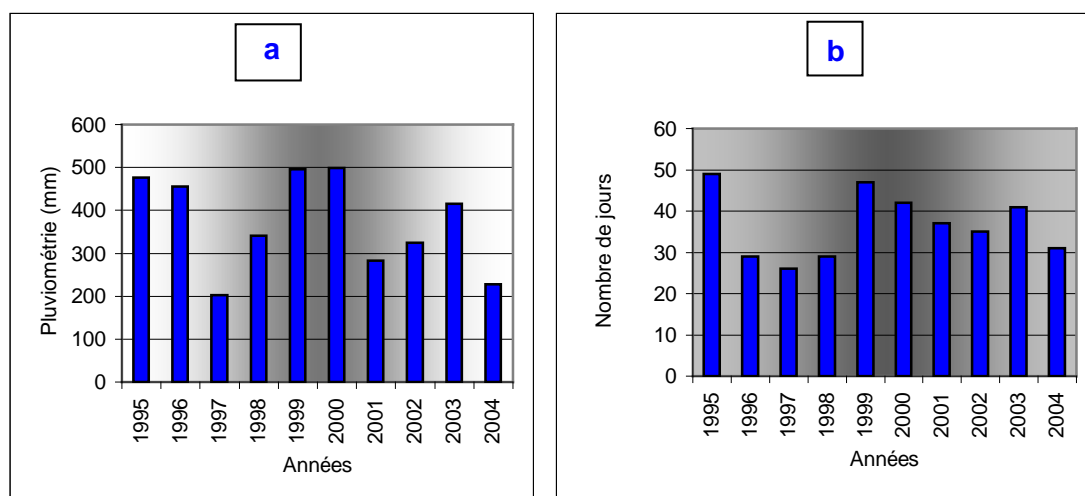
Les données recueillies entre 1995 et 2004 dans la région de Dakar indiquent une forte variabilité interannuelle des précipitations et du nombre de jours de pluies (Figures.3a et 3b). Le coefficient de variation est d'environ 30 % pour la hauteur et de 22 % pour le nombre de jours de pluie. La quantité de pluie tombée en 2000 (498.6mm) est 2 fois plus importante que celle de 1997 (202 mm). La moyenne des précipitations annuelles réparties sur 27 à 31 jours ( $29 \pm 2$  jours) est de  $372.01 \pm 69.04$  mm. Par la méthode de Dubreuil (1974), Akpo et al. (1993) montrent qu'une année est humide lorsque la pluviométrie enregistrée  $P > P_{mm} + IC$  ; elle est sèche lorsque  $P < P_{mm} - IC$  ; ( $P_{mm}$ ,  $IC$  étant respectivement la moyenne interannuelle et l'intervalle de confiance pour  $p = 0.05$ ).

La relation  $P_{mm} \pm IC$  permet de distinguer trois groupes d'années de pluies.

Groupe 1 : Années humides ( $P_{mm} \geq 372.01 + 69.04$  mm) : 1995, 1996, 1999, 2000 ;

Groupe 2 : Années moyennement humides ( $302.97 < P_{mm} < 441.05$ ) : 1998, 2002, 2003 ;

Groupe 3 : Années sèches ( $P \text{ mm} \leq 372.01 - 69.04$ ) : 1997, 2001, 2004.



**Figure 3.** Variabilité de la pluviosité à Dakar (1995-2004) a) quantité de pluies ; b) nombres de jours de pluies (source D.M.N.)

Ces données semblent montrer que la tendance à la sécheresse ne s'est pas inversée et que la situation devient de plus en plus critique et alarmante.

### I.2.2. Températures

La région des "Niayes" bénéficie d'un microclimat assez particulier par rapport aux autres parties du pays qui s'intègrent dans les mêmes domaines climatiques qu'elle. Elle est caractérisée par des températures modérées influencées par la circulation des alizés maritimes soufflés par les courants froids des Açores. La température mensuelle moyenne la plus chaude oscille autour de 27,5°C à Dakar et de 28,1°C à Saint-Louis et survient en juillet et août. De novembre à février, la température maximale est inférieure à 28°C alors que la température minimale est inférieure à 18°C sur la quasi-totalité de la grande côte.

Cependant, la présence de l'harmattan, faiblement ressentie dans cette partie du pays, élève la température à un maximum de 31°C en mai et juin.

### I.2.3. L'humidité relative

La proximité de l'océan favorise le fort taux d'humidité relative qu'on peut noter dans ce milieu. Ainsi, l'humidité relative minimale est de 15 % dans les

zones les plus éloignées de la mer ; dans les zones les plus proches, le taux d'humidité peut remonter jusqu'à 90 % à partir du mois d'avril (Fall et *al.*, 2000).

#### **I.2.4. L'insolation et l'évaporation**

Pour la région de Dakar, les résultats obtenus montrent que le maximum d'insolation se situe en avril avec une moyenne de 9 h 22 mn pour ces dix dernières années. Le minimum se situe en septembre avec 6 h 54 mn.

Pour l'évaporation, on constate que les mois les plus secs connaissent les taux les plus élevés et elle connaît une baisse significative pendant l'hivernage. Ce phénomène semble être directement lié à l'insolation qui décroît également pendant la saison pluvieuse.

#### **I.2.5. Les vents**

Cette zone est caractérisée par une alternance de vents continentaux secs et de vents maritimes humides. Les vents du nord qui soufflent pendant la saison sèche proviennent de l'anticyclone des Açores après un parcours océanique. Ce sont des alizés maritimes chargés d'humidité, frais et de direction nord-est. Ils sont légèrement plus violents que les vents qui soufflent pendant la saison humide. En débordant plus à l'intérieur du continent, ce flux perd sa fraîcheur et son humidité. Il revient donc vers les côtes moins frais et plus sec. Ce courant intéresse surtout les régions côtières.

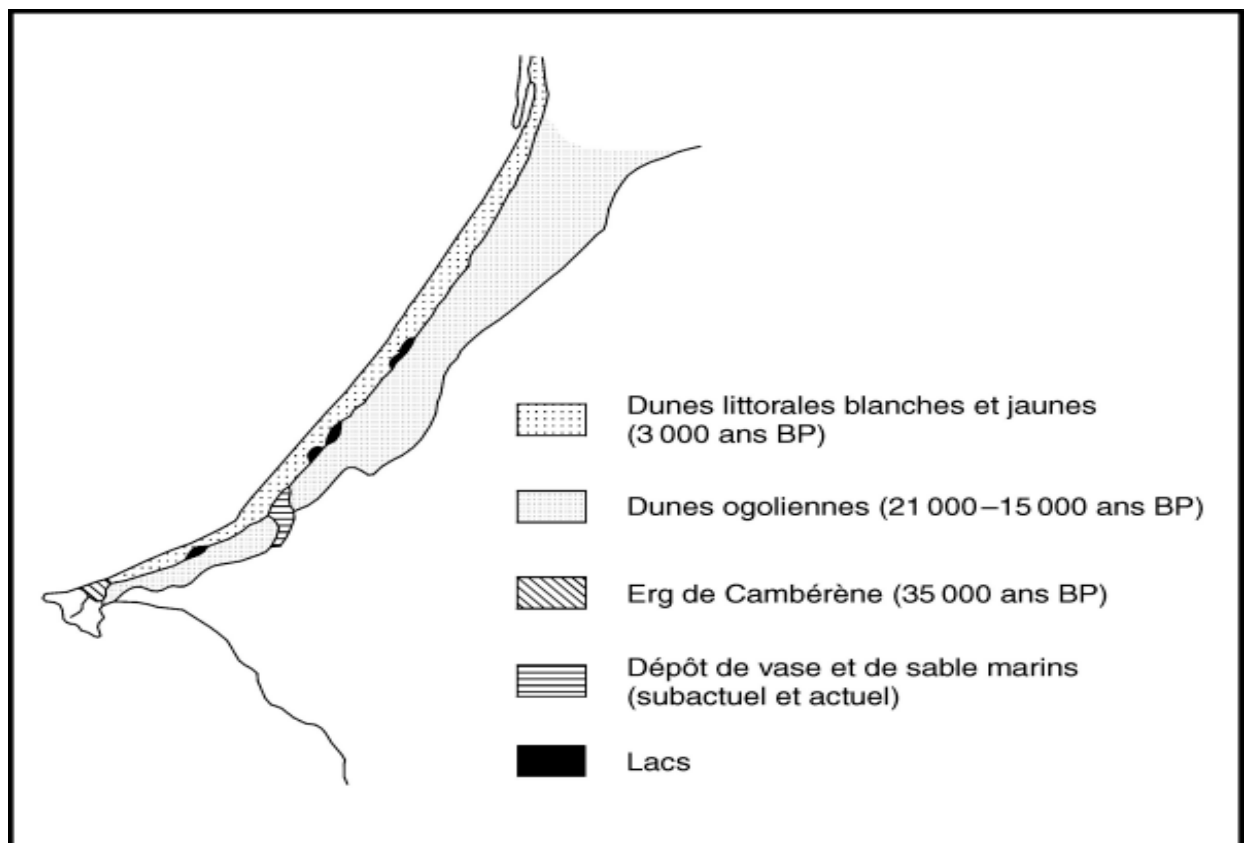
L'harmattan est un courant continental chaud et sec venant de l'anticyclone saharien à la rencontre de celui des Açores. Il est absent sur les côtes parce que sa progression est ralentie par les alizés maritimes.

Pendant la saison humide, il souffle un vent chaud et humide. C'est la mousson qui est généralement associée à des précipitations abondantes. Ce vent est de direction WNW dans la région de Dakar.

### **I.3. La géomorphologie**

D'après Fall et *al.* (2000), la région des "Niayes" est caractérisée par des formations sédimentaires du quaternaire qui reposent sur des formations plus anciennes : les formations antéquatérnaires sont, pour l'essentiel, celles du secondaire et du tertiaire (maestrichien, paléocène inférieur, éocène inférieur,

lutétien inférieur et supérieur) tandis que les formations du quaternaire sont constituées d'un matériel sableux qui couvre la majeure partie du territoire sénégalais. Sur le littoral nord, ces formations se caractérisent par une succession de dunes d'âges, de textures et de couleurs différentes depuis la côte jusqu'à l'intérieur des terres. Trois systèmes dunaires prédominent (figure 4) :



**Figure 4.** Géomorphologie de la zone littorale (Fall et *al.*, 2000)

Les dunes littorales, appelées également dunes blanches ou dunes vives à cause de leur mobilité, sont le résultat de la recrudescence de la déflation éolienne (Fall et *al.*, 2000). Ces dunes, caractérisées par des plages de sable coquillier constamment repris par le vent, remontent du subactuel à l'actuel (2 000 à 1 800 ans avant l'Actuel [BP]). Elles portent des sols sableux, sols bruts de matériel provenant d'un mélange de grains de quartz et de tests calcaires ” (Staljanssens, 1986) et présentent une couverture végétale faible essentiellement composée d'essences halophiles à cause de la présence de l'embrun marin.



Les dunes jaunes ou dunes semi-fixées, occupent l'arrière-plan des dunes vives. D'après Michel (1973), les dunes jaunes, quelque peu fixées, par la végétation, ont été mises en place durant la période Nouakchottienne (6800-4000 ans BP). Par endroits, elles sont interrompues par des lacs, surtout dans la région de Dakar (Retba, Mbeubeuss, Youi, Malika, etc.) et de nombreuses mares temporaires dans la région de Thiès.

Au lac Tanma, deux types de dépôts quaternaires ont été relevés (Raynal, 1963) :

- un important dépôt de coquilles sur les rives : des coquilles *d'Arca senilis*, *Tympanotomis fuscatus*, *Semifusus moris* et localement *Ostrea ghazar* en banc.
- des vases argileuses de couleur grise au centre.

Pendant la saison sèche, le sol devient noirâtre, compact, craquelant et présente vers les bordures un aspect poudreux.

D'après certains auteurs, tels que S. Barreto-Pereira (in Raynal, 1963) le lac serait un ancien estuaire qui s'est fermé. Cette hypothèse se base sur la présence des débris de racines-échasses de *Rhizophora* trouvées dans les sédiments. Les sédiments accumulés au centre se seraient déposés après la fermeture de l'estuaire.

Sur les rives du lac Rose, il y a une épaisse couche d'amas de coquilles sur laquelle pousse une végétation halophile assez pauvre en espèces.

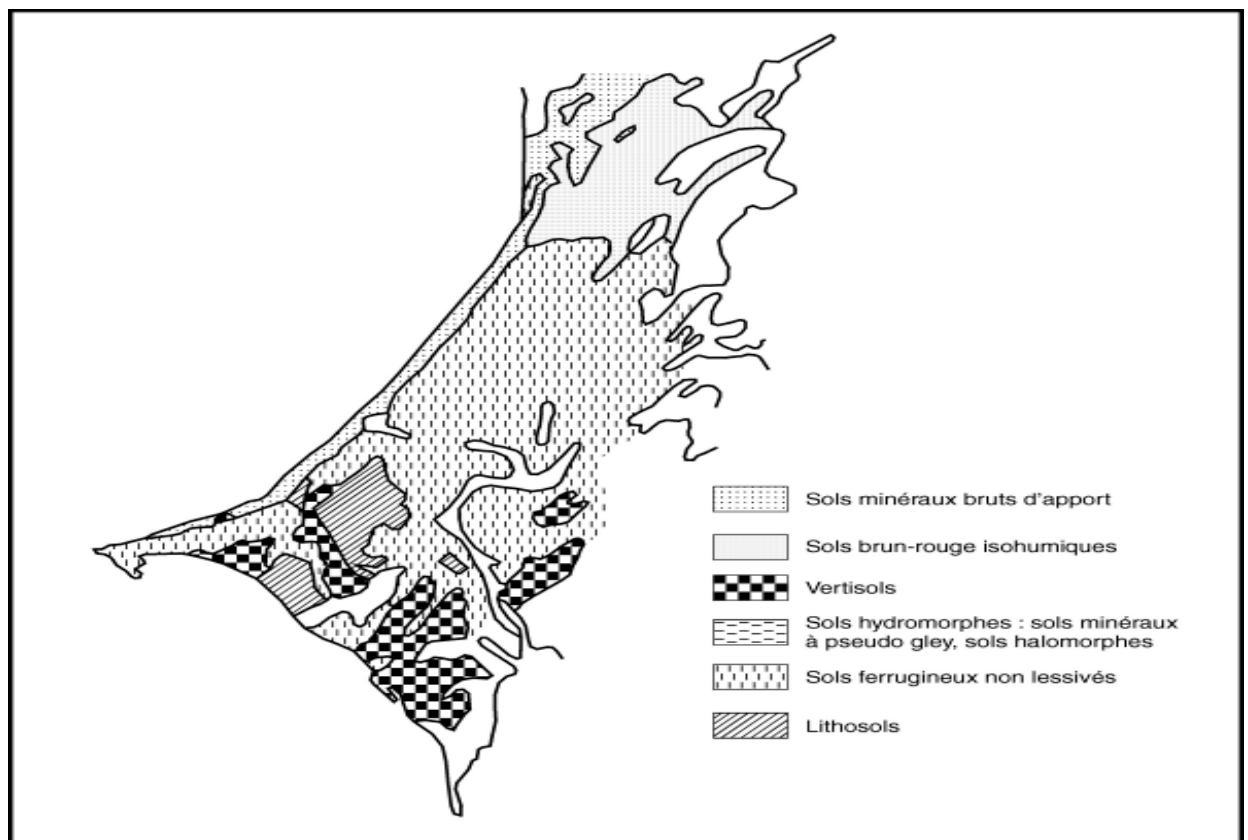
Les dunes rouges continentales, ou dunes intérieures, forment un important erg depuis le sud-ouest de la Mauritanie jusqu'à l'ouest du Sénégal (Fall et *al.*, 2000). Selon la même source, ces dunes, constituées de sols rouges appelés communément sols "diors" dans la terminologie locale, dateraient de l'ogolien ( 15 000 à 20 000 ans BP ), ce qui leur vaut l'appellation de dunes ogoliennes. La couverture végétale y est assez importante, formant même par endroits des savanes boisées.

La morphologie de la région des Niayes est complexe à micro-échelle : elle laisse apparaître plusieurs formes de reliefs allant des sommets dunaires, qui culminent entre 15 et 20 m, aux dépressions et couloirs interdunaires où affleure la nappe phréatique. Ces couloirs, vestiges d'anciennes vallées, sont en grande partie recouverts de nos jours par les systèmes dunaires. Les dépressions et couloirs appelés les "Niayes" ont conféré leur nom à la région naturelle de la grande côte. Elles sont constituées d'anciennes vallées enserrées entre les

systèmes dunaires. Les Niayes sont caractérisées par leur hydromorphie ; leur origine remonte aux périodes pluvieuses du quaternaire récent (pluvial tchadien, 9 000 ans BP et nouakchottien, 5 500 ans BP), période humide caractérisée par une stabilité climatique et une pédogenèse très poussée.

#### I.4. La pédologie

La pédologie est assez diverse du nord au sud. On distingue ainsi six types de sols dans la zone (figure 5) :



**Figure 5.** Typologie des sols (Fall et *al.*, 2000)

- les sols minéraux bruts qui caractérisent les dunes vives et se particularisent par leur pauvreté ou l'inexistence d'horizons humifères ;
- les sols ferrugineux tropicaux non lessivés occupent la majeure partie de la région des Niayes. Ce sont des sols " Dior " installés sur les dunes rouges continentales pré-ouliennes. Ces sols sont caractéristiques de la zone tropicale à saison sèche marquée. Ils sont pauvres en matières organiques et

sensibles à l'érosion éolienne. Selon Soltner (1991) ces sols comportent trois horizons principaux :

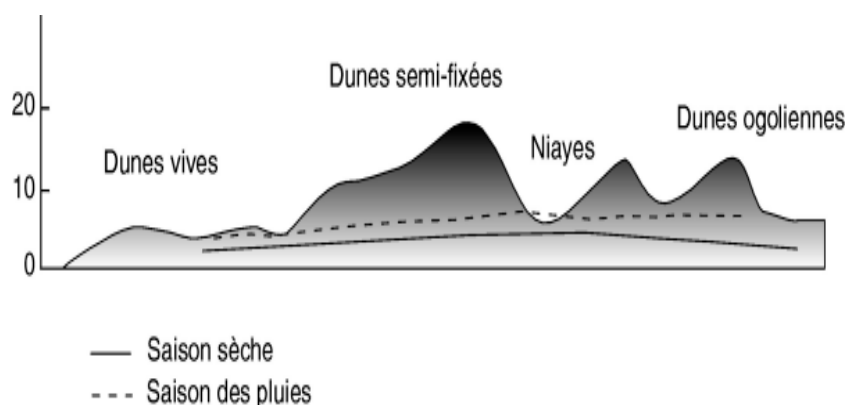
- A1: 15-20 cm, brun foncé, humifère, à structure grumeleuse, d'autant plus épais et foncé que le climat est sec.
  - A2: 60-80 cm, brun-jaune, souvent appauvri par lessivage latéral ou érosion et peu structuré.
  - Bt: 80 cm à 2 m, brun vif, enrichi en argile et présente des taches ou des concrétions rouilles dans les milieux mal drainés. Ces sols sont pauvres en matière organique et sont sujets à l'érosion éolienne et aux eaux de ruissellement. Ils servent à la fois de terres de cultures vivrières, notamment mil et arachide, et de parcours pastoraux ;
- les sols brun-rouge dans la partie nord-ouest de Louga et sud-est de Saint-Louis ;
  - les vertisols, situés dans la zone de Sébikotane (plateau de Bargny) et l'axe Somone-lac Tanma ;
  - les sols halomorphes, se situant souvent aux environs des lagunes côtières barrées par les cordons dunaires dans la partie sud des "Niayes" (région de Dakar et Thiès) et au niveau du delta du fleuve Sénégal ;
  - les sols minéraux à pseudo gley très déterminant dans les dépressions que constituent les Niayes. Ce sont des sols saturés de façon temporaire ou permanente par un excès d'eau et donc privés plus ou moins longtemps d'oxygène (Soltner, 1991). Ils sont riches en matière organique et présentent un profil sablo-humifère en surface et argilo-humifère en profondeur (Nongonierma, 1977) et, tout comme les vertisols, ils sont d'un grand intérêt dans la production agricole, particulièrement maraîchère.

Dans la zone des Niayes, la dégradation des sols est à la fois liée à la dégradation des conditions pluviométriques et à la pratique de l'agriculture, particulièrement sur les sols « diors » (Cissé et Fall, 2000). Le développement du maraîchage, sur pratiquement tous les types de sols de la zone des Niayes, contribue en outre à l'appauvrissement des sols, à leur dégradation par l'érosion hydrique et éolienne et au comblement des dépressions jouxtant les systèmes dunaires. A cela s'ajoute la surexploitation des dépressions qui, avec le déficit pluviométrique de la région, a entraîné par endroits une salinisation des sols.

### I.5. Hydrologie et ressources hydrogéologiques

La zone des "Niayes" ne présente pas actuellement de véritables écoulements fluviaux. Cependant, sa morphologie laisse entrevoir l'existence d'anciennes vallées fluviales exoréiques perpendiculaires à la côte. On peut constater, néanmoins, la présence de nombreux lacs comme Mbawan et Tanma, notamment dans la région du Cap-Vert, qui furent occupés par la mer durant la transgression du nouakchottien (Fall et *al.*, 2000). De nos jours, bon nombre de ces lacs ont perdu de leur envergure et de leur importance. Vers le nord, notamment dans la région des "Niayes" centrales et septentrionales, n'existent actuellement que des mares dont la durée dans le temps et dans l'espace reste largement tributaire de la pluviométrie.

La dégradation persistante des conditions climatiques fait que les écoulements de surface deviennent de plus en plus rares. De nos jours, les ressources en eau dans les Niayes proviennent essentiellement de la nappe phréatique des sables quaternaires qui caractérisent ce milieu (figure 6). La nappe des sables quaternaires est d'une importance capitale par ces multiples usages. En effet, elle est utilisée pour l'alimentation en eau de la population riveraine, particulièrement pour la ville de Dakar, l'alimentation des animaux et, enfin, pour les besoins agricoles qui confèrent à la région toute son importance.



**Figure 6.** Ressources en eau : niveau de fluctuation de la nappe suivant les saisons  
(Fall et *al.*, 2000)

## **Chapitre II: Matériel et méthodes**

### **II.1. Choix de la zone d'étude**

La région des "Niayes" produit plus de 80 % des cultures maraîchères du pays, renferme 1 % du cheptel bovin, 3 % des petits ruminants et une part très importante de l'aviculture industrielle (Ministère de l'Elevage, 1998 in Cissé et *al.*, 2000).

Cette bande partagée entre habitat et agriculture, traduit toute une stratégie d'intensification des systèmes agricoles aussi bien au niveau des petits que des grands producteurs.

La zone des "Niayes", se caractérise aussi, par sa vulnérabilité notamment, dans sa géologie, ses ressources végétales et plus particulièrement, ses ressources en eau. Cette dernière, se localisant à de très faibles profondeurs, parfois même affleurante est à la fois utilisée pour l'agriculture et, comme eau de boisson. Le caractère poreux du substrat qui la recouvre (sables quaternaires), traduit toute sa vulnérabilité vis-à-vis des formes de pollution d'origine agricole ou domestique de la nappe phréatique.

Le rôle vital que jouent les "Niayes" dans le vécu quotidien des populations lui confère une position particulièrement intéressante pour l'étude et nous avons porté le choix des sites sur les régions de Dakar et Thiès du fait qu'elles reflètent le mieux cette situation. Dans notre étude, nous avons travaillé sur cinq (5) sites :

- le lac Tanma situé à l'est de Kayar à cheval sur le département de Thiès et celui de Tivaouane est un vaste terrain plat, complètement desséché pendant la saison sèche. Plus à l'ouest du lac, au pied des dunes vives littorales, on trouve une végétation verdoyante constituée de palmiers. Ce "rideau" végétal protège une vaste zone de culture maraîchère florissante ;
- le lac Rose (lac Retba) limité au nord par l'Océan Atlantique, au sud par une ligne passant par Kounoun, Ndiékhirate et Diacksaw, à l'ouest par une ligne Niaga, Médina Thioub, Ngalap et à l'est par Kaniak, Gorom I et Mbeute. Le bassin versant du Lac Rose s'étend sur une superficie d'environ 155 km<sup>2</sup> où se développe une très forte activité humaine (tourisme et exploitation du sel) qui empêche l'épanouissement de la végétation. Nous nous sommes limités à la bande herbacée qui l'entoure ;

- la forêt classée de Mbao située à une vingtaine de kilomètres de Dakar de part et d'autre de la route nationale reliant Dakar au reste du pays. Cette forêt a fait l'objet d'un reboisement massif de 1954 à 1959 fait de Casuarina, d'Eucalyptus et d'Anacardium (Roy-Noël J., 1982). Cette forêt comprend deux ensembles reboisés : le reboisement du lac Youi et le reboisement du lac Mbeubeusse, séparés par une bande de sable de 500 à 600 m de large recouverte d'une steppe assez pauvre ( Roy-Noël J. et Wane C, 1977).
- le Centre de Développement Horticole de Dakar (CDH)
- la forêt classée de Malika, située sur le cordon littoral à une dizaine de kilomètres au nord de la forêt de Mbao.

## **II.2. Matériel**

### **II.2.1. Matériel pédologique**

Les échantillons de sols sont prélevés après avoir dégagé tous les débris qui recouvrent la surface puis mis dans des sachets en plastique et numérotés. Les échantillons sont remis au laboratoire du Bureau Pédologie du Sénégal pour analyse.

### **II.2.2. Le matériel végétal**

Nous avons travaillé sur la végétation particulièrement sur le tapis herbacé.

## **II.3. Méthodes**

### **II.3.1. Méthodes d'analyse des sols**

Les échantillons de sols sont mis à sécher dans des salles de séchage à l'abri de toute poussière.

#### **II.3.1.1. Méthode d'analyse physique**

Les propriétés physiques du sol, les plus importantes, sont la texture et la porosité. Pour leur détermination, le sol est broyé puis tamisé à travers des tamis dont les mailles sont de dimensions variables. La terre fine obtenue est conservée dans des sachets en plastique sur lesquels les références des échantillons sont mentionnées. A partir de cette terre fine, les paramètres suivants : le pH, la conductivité électrique, les bases échangeables, les capacités d'échange, le phosphore assimilable, le bilan ionique et la granulométrie seront déterminés.

- Détermination de la granulométrie : méthode par pipette de Robinson

Les sols salés sont siphonnés et lavés jusqu'à la disparition des ions chlorures. Une prise de terre est placée dans un erlenmeyer avec quelques millimètres d'eau distillée. Avec un pinceau, les matières organiques qui flottent sont enlevées puis nous ajoutons de l'eau oxygénée à 30 volumes et laissons en contact toute une nuit. Nous portons à ébullition pour enlever les matières organiques restantes. Après avoir laisser refroidir, nous transvasons dans les allonges d'un litre de volume. Ajouter un dispersant et compléter à un litre. En fonction de la température, on procède au premier prélèvement à une profondeur de 10 cm. Ce premier prélèvement correspond à la concentration de limons et d'argiles en suspension. Le second prélèvement s'effectuera au bout de 6 heures ou 7 heures ou 8 heures. Ce prélèvement correspond à la concentration de l'argile. Les sables sont séparés par tamisage.

#### **II.3.1.2. Méthodes d'analyse chimique**

- Mesure de pH.

La mesure de pH se fait sur une suspension de sols (rapport sol / eau = 1/2.5), d'abord dans de l'eau distillée rebouillie puis dans une solution KCl 1N. Le pH de ces suspensions est déterminé par la méthode électrométrique "électrode de verre".

- Mesure de la conductivité électrique.

La mesure de la CE se fait sur une suspension de sol (rapport sol / eau = 1/5). La mesure de la CE est faite à l'aide d'un conductimètre. L'unité de mesure est soit en  $\mu S / cm$  soit en  $mS / cm$ .

- Dosage de carbone : méthode ANNE.

La matière organique est oxydée par un mélange de bichromate de potassium et d'acide sulfurique concentré. L'excès de bichromate de potassium est titré par le sel de Mohr.

- Détermination de l'azote total : méthode Kjeldahl.

Le sol est attaqué par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur (mélange de sulfate de sodium, sulfate de cuivre et de sélénium). Il est attaqué sous hotte d'abord doucement puis bouilli. L'attaque se poursuit jusqu'à décoloration complète de la solution (légèrement verdâtre).

- Dosage du phosphore assimilable : méthode Bray 1.

Le phosphore assimilable est extrait par une solution d'extraction composée de :

Fluorure d'ammonium 1N

Acide chlorhydrique 0.5N

En présence d'acide ascorbique et du réactif sulfomolybdique, la solution est dosée au spectrophotomètre.

-Détermination du bilan ionique.

Le bilan ionique n'est déterminé que lorsque le sol est salé. Il nous permet de connaître l'origine de la salure et sa composition ionique. Le rapport sol / eau est 1/5 et parfois 1/10.

Une fois l'extrait obtenu, nous faisons les déterminations suivantes  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{--}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ . Le sodium et le potassium sont déterminés au spectrophotomètre à flamme par comparaison avec les courbes d'étalonnage préalablement tracées, le calcium et le magnésium sont dosés par titrimétrie à l'acide sulfurique 0.05N en présence de réactifs spécifiques de chaque élément. Les chlorures sont déterminés par titrimétrie au nitrate d'argent ; quant aux sulfates, on les détermine par gravimétrie au chlorure de baryum.

-Détermination des bases échangeables.

Deux méthodes sont utilisées pour déterminer les bases échangeables :

Pour les sols n'ayant pas de carbonates libres (pH inférieur à 7) : les cations échangeables sont déplacés par percolation avec une solution normale d'acétate d'ammonium à pH 7.

Pour des sols ayant des carbonates libres (pH>7.6) c'est la méthode à l'acétate de sodium pH 8.2 qui est utilisée.

Pour les sols ayant un pH supérieur à 7.6, l'acétate d'ammonium à pH 7.0 peut dissoudre de grandes quantités de carbonates de calcium et de carbonates de magnésium, c'est pourquoi nous avons utilisé une solution extractive au sodium à pH 8.2 qui dissout moins les carbonates de calcium et les carbonates de magnésium.

Les dosages et les calculs par titrimétrie des bases échangeables sont identiques à ceux du bilan ionique.



- Détermination de la capacité d'échange cationique (C.E.C.).

Pour déterminer la C.E.C, nous avons utilisé la méthode saturation au  $\text{NH}_4$  : le complexe colloïdal est saturé à l'acétate d'ammonium à pH7.00. On enlève l'excès de sel avec l'éthanol, ensuite l'ion  $\text{NH}_4^+$  est remplacé par l'ion  $\text{K}^+$  en traitant l'échantillon avec du KCl 10% à pH 2.5. Finalement, le  $\text{NH}_4$  de la solution de déplacement est dosé par distillation et par titrage.

### **II.3.2. Méthodes d'analyse de la végétation**

L'inventaire de la flore a été effectué entre 1996 et 2005. Les échantillons des espèces ont été collectés, identifiés et déposés dans l'herbier général du département de biologie végétale de l'Université C.A. DIOP de Dakar. Les binômes (genre et espèces) ont été nommés d'après les flores de Berhaut (1967 ; 1971-1979) et actualisés d'après l'Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale (Lebrun et Stork, 1991 ; 1992 ; 1995 ; 1997). On trouvera en annexe la correspondance des codes des espèces (annexe 2).

L'étude des groupements végétaux se fait essentiellement par la méthode des relevés phytosociologiques.

#### **II.3.2.1. Généralités sur la phytosociologie**

La phytosociologie est la branche de l'écologie dont l'objet est la description des phytocénoses. Elle est définie comme étant l'étude des communautés végétales du point de vue floristique, écologique, dynamique, chorologique et historique ; l'expression communauté végétale étant prise, ici, comme synonyme de groupement végétal (Guinochet, 1973). La phytosociologie analyse les groupements végétaux à partir desquels sont définies les associations végétales ainsi que l'évolution dans le temps des communautés végétales. Elle repose sur un inventaire floristique préalable à partir duquel peuvent être mis en évidence des groupements végétaux ; on décrit et recherche à comprendre les liens fonctionnels entre les communautés d'espèces et le milieu naturel.

A l'heure actuelle, il existe plusieurs approches de la phytosociologie. La plus ancienne dite sigmatiste, est relative à l'école S.I.G.M.A. (Station Internationale de Géobotanique Méditerranéenne et Alpine), dont les bases ont été établies en 1901 par Flahault, et qui a été mise au point en 1915 à partir de fructueux

échanges entre le zurichois Josias Braun-blanquet (1884-1980) et le montpelliérain Pavillard (1868-1961), d'où le qualificatif de zuricho-montpelliérain affecté à cette méthode qui définit les communautés végétales (syntaxons) d'une part et leur écologie (synécologie). A partir de ce niveau de base de nouveaux concepts et de nouvelles orientations sont apparus. C'est ainsi que Gehu (1988) et Gehu et Rivas-Martinez (1981) définissent deux autres niveaux supérieurs dans l'analyse phytosociologique du tapis végétal :

- la symphytosociologie ou phytosociologie sériale, qui étudie spatialement les ensembles des groupements végétaux liés dynamiquement à l'intérieur de séries de végétation (sigmetum ou synassociation).

- la géosymphytosociologie ou phytosociologie caténale ou phytosociologie paysagère à proprement parler, qui s'attache au troisième niveau (et au-delà) à analyser les phénomènes caténaux et géographiques des relations entre groupement ou entre réseaux dynamiques au sein d'unités phytosociologiques du paysage (géoserie ou géosigmetum) ou de leur complexe

Une autre approche est la phytosociologie synusiale née dans les années quatre-vingt à partir des travaux de Bruno de Foucault, François Gillet et Phillipe Julve ; elle repose sur la définition des synusies végétales.

La méthode d'investigation des groupements végétaux qui sera présentée ici est basée sur le principe de la méthode sigmatiste pour laquelle une association végétale est un groupement végétal plus ou moins stable et en équilibre avec le milieu ambiant, caractérisé par une composition floristique déterminée dans laquelle certains éléments révèlent par leur présence une écologie particulière et autonome (Braun-Blanquet, 1913 et 1928; Guinochet, 1967 et 1973).

La mise en évidence des associations végétales s'appuyant essentiellement sur leur composition floristique, la première démarche du phytosociologiste est l'exécution des listes d'espèces sur le terrain (Guinochet, 1973). Ces relevés, pour pouvoir être utilisés statistiquement, doivent être homogènes floristiquement et représentatifs de l'association qu'ils décrivent. On choisit donc des emplacements aussi typiques que possible et on note les conditions de milieu, la liste des espèces pour définir la place et le rôle qu'elles tiennent dans l'association (Ozenda, 1964).

L'homogénéité floristique se dégage par la reconnaissance d'individu d'association dans l'espace par une prospection préliminaire. Un individu d'association est une surface de végétation représentative d'une association végétale (Allorge, 1922). On reconnaît les zones où les groupements sont apparemment les mieux développés et les plus homogènes et on réalise autant de relevés qu'il y a d'individus d'association différents (Ozenda, 1964). Entre les individus d'association, il y a des zones de transition marquées par des changements floristiques : ce sont des zones hétérogènes où on trouve les espèces des deux individus d'association en contact donc on n'y fait pas de relevés. On déduit de la structure de cette zone de contact des informations tirées des deux individus d'association.

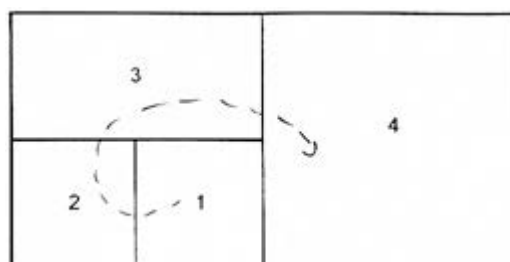
Cette homogénéité de l'individu d'association concerne la structure, l'environnement et la composition floristique du tapis végétal, mais aussi la régularité topographique, la persistance d'un même substrat, la géologie, les modes d'exploitation présents et passés par l'homme (Lacoste et Salanon, 1969 et Ozenda, 1964).

La méthode de BRAUN-BLANQUETISTE procède par deux étapes : une analytique et une autre synthétique.

### **II.3.2.2. Etape analytique**

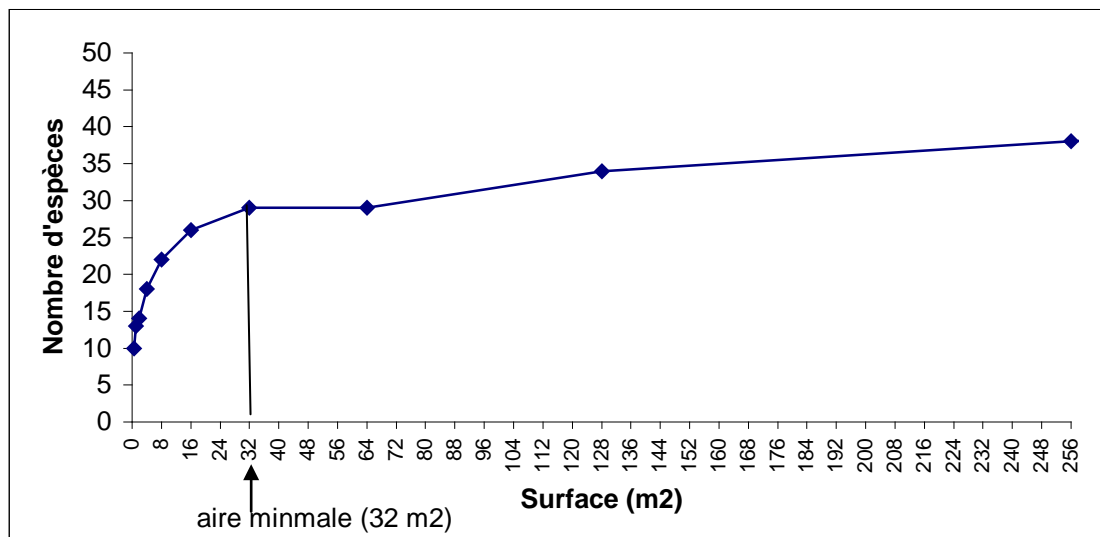
#### **a. Représentativité : choix des surfaces**

Par la courbe aire-espèce, on détermine l'aire minimale qu'il faudra échantillonner pour avoir une représentativité optimale. Sur le terrain, à l'aide de mètres et de cordes, on compte le nombre d'espèces dans une surface de 0,5 m<sup>2</sup>. Ensuite, étape par étape, la surface est multipliée par 2 et on recherche à chaque fois le nombre d'espèces nouvelles (figure 7).



**Figure 7.** Méthode de détermination de l'aire minimale

On peut alors construire un graphique, dit courbe aire-espèces (figure 8), ayant les surfaces pour abscisses et les nombres d'espèces correspondants pour ordonnées. L'abscisse du point de courbure maximale correspond à l'aire minimale nécessaire pour contenir, aux fluctuations aléatoires inévitables près, la quasi-totalité des espèces présentes sur la surface de végétation floristiquement homogène. Par surface de végétation floristiquement homogène, on entend une surface n'offrant pas d'écarts de composition floristique appréciables entre ces différentes parties (Guinochet, 1973). Pour qu'un relevé soit suffisamment représentatif de cette surface, il faut qu'il porte sur une surface de dimensions au moins égales celle de l'aire minimale (Gounot, 1969).



**Figure 8.** Courbe aire-espèces

Dans notre exemple on voit que la courbe, après une croissance plus ou moins rapide, accuse une courbure plus ou moins forte pour se continuer presque parallèlement à l'axe des abscisses. L'abscisse du point de courbure maximale (32 m²) correspond à l'aire minimale. La courbe remonte brusquement à partir de 64 m² : cela indique que l'on est sorti des limites de la phytocénose ou de l'individu d'association considéré (Guinochet, 1973). On est en présence d'un milieu hétérogène.

Cette méthode permet d'échantillonner un individu d'association complet sans en aborder un voisin.

## b. La réalisation du relevé

Les travaux de Du Rietz cité par Ozenda (1964) et ceux de Pavillard et Braun-Blanquet (1928) en France ont progressivement codifié la démarche à suivre. Le relevé se fait à l'aide d'une fiche normalisée qui permet de recueillir les données écologiques du site. Sur cette fiche, on note :

- les caractères généraux de la station étudiée (localisation géographique, géologie, pédologie, hydrologie, topographie) ;
- la liste des espèces : elle est l'élément capital du relevé phytosociologique ; un inventaire exhaustif des espèces présentes doit être fait en tenant compte des végétaux vasculaires ;
- les caractères floristiques qui concernent la physionomie de la végétation ; la structure de la communauté végétale (la structure horizontale, la stratification) et le recouvrement. La structure horizontale s'exprime principalement par l'abondance-dominance, par la sociabilité et par la mosaïque.

**+ Abondance-dominance** : C'est une expression de l'espace relatif occupé par l'ensemble des individus de chaque espèce, qui est déterminé à la fois par leur nombre et par leurs dimensions. Cette notion est fondée sur le fait que deux espèces peuvent occuper autant de place, l'une par de nombreux individus de faibles dimensions, l'autre au moyen d'un petit nombre de gros individus (Guinochet, 1973).

L'échelle la plus couramment utilisée est celle de Braun-Blanquet :

+	Simplement présent (recouvrement et abondance faibles).
1	Abondant et recouvrement faible ou assez peu abondant avec un plus grand recouvrement.
2	Très abondant ou recouvrement supérieur à 5 %.
3	Recouvrement de 25 à 50 %, abondance quelconque.
4	Recouvrement de 50 à 75 %, abondance quelconque.
5	Recouvrement supérieur à 75 %, abondance quelconque.

L'échelle d'abondance/dominance de Lecoq (1844), citée par Molinier et Vignes (1971) et reprise par Lacoste et Salanon (1969), peut également être utilisée :

5	espèces recouvrant plus des 3/4 de la surface du relevé
4	espèces recouvrant de la 1/2 au 3/4 de la surface du relevé
3	espèces recouvrant du 1/4 à la 1/2 de la surface du relevé
2	espèces recouvrant au moins 1/20 du relevé
1	espèces ayant une couverture faible
+	espèces ayant une couverture très faible

#### **+ Sociabilité**

Elle tient compte du mode d'organisation et de regroupement ou non des individus au sein de la communauté et dépend beaucoup plus du mode de propagation propre à l'espèce que des conditions du milieu. La sociabilité est décrite à l'aide d'une échelle proposée par Braun-Blanquet (in Guinochet, 1973) :

1	Isolément.
2	En groupe.
3	En troupes.
4	En petites colonies.
5	En peuplements.

#### **+ Vitalité et état de développement de la plante**

Certaines espèces peuvent présenter une réduction de leur croissance ou de leur floraison, due au fait que les conditions écologiques sont mauvaises pour elles ; ce coefficient dépend beaucoup de la période d'échantillonnage les espèces chétives ou qui ne se multiplient pas sont soit accidentelles, soit relictuelles d'un groupement antérieur ou édifcatrices d'un groupement futur (Lacoste et Salanon, 1969).

### **II.3.2.3. Etape synthétique**

Le but est de préciser les ressemblances ou les différences entre relevés afin de réunir les relevés en groupe de relevés à forte affinité ou syntaxons élémentaires. Plusieurs méthodes existent ; la plus utilisée est celle tableau relevé/espèce et se déroule en plusieurs phases selon les auteurs ; six selon Ellenberg (1956) parmi lesquels on peut citer le tableau brut, le tableau de présence, le tableau élaboré.

#### **❖ Le tableau brut :**

Il réunit les relevés et les espèces sans aucun ordre autre que celui dans lequel ils se présentent au cours des opérations sur le terrain. Tous les relevés ne se retrouvent pas forcément dans ce tableau ; on peut y mettre que les relevés présentant déjà un certain degré de ressemblances entre eux : ce tableau regroupe des relevés issus d'une même formation végétale et les espèces sont affectées de leurs indices d'abondance/dominance et de sociabilité.

#### **❖ Le tableau de présence/absence :**

Le tableau brut est transformé en tableau de présence où les espèces présentes sont affectées du nombre 1 et celles absentes du nombre 0. Le traitement des données se fera à partir de ce tableau.

#### **❖ Le traitement des données :**

La nécessité d'étudier simultanément un volume important de données nous a conduit à employer les méthodes d'analyse multidimensionnelles. Cette technique descriptive crée de nouveaux critères synthétiques ou facteurs correspondant à des combinaisons des variables initiales. Ces nouvelles variables, indépendantes entre elles, optimisent la variabilité en utilisant les corrélations entre les variables initiales. L'information majeure contenue dans le tableau de données multivariées peut alors s'exprimer et se présente par le biais d'un nombre réduit de ces nouveaux critères prenant en compte l'ensemble des critères initiaux (Benzecri, 1973).

Nous avons utilisé l'analyse factorielle de correspondance (AFC) avec le logiciel XLSTAT. L'AFC est une technique classiquement utilisée en écologie et pour les tableaux d'effectifs ou d'inventaires, relevés-espèces par exemple. Cette méthode permet de résumer l'information du tableau des données en donnant une écriture simplifiée sous forme graphique. Les diagrammes obtenus sont de deux

ordres : diagramme des relevés (dendrogramme) et diagramme des espèces (coenogramme).

Les diagrammes des espèces sont étudiés de la même façon et sont superposés aux dendrogrammes d'un même système d'axes. Ainsi un ensemble de relevés peut être caractérisé pour un ensemble d'espèces, car l'AFC permet d'analyser simultanément les proximités au niveau des profils-lignes (espèces) d'une part et des profils-colonnes (relevés) d'autre part. On obtient un tableau de contingence, représentant la matrice de données, dans lequel les variables ou espèces en lignes sont combinées aux observations ou relevés en colonnes affectées de leur indice de présence/absence.

L'interprétation des résultats repose sur la valeur propre, les contributions des variables (espèces) et des observations (relevés) et sur la qualité de la représentation (Dervin, 1990). On appelle souvent valeur propre l'inertie d'un axe ou d'un facteur ; elle mesure la longueur de l'axe factoriel et exprime la part expliquée de la variance. L'inertie est l'équivalent de la variance. L'inertie totale est la somme pondérée des distances des individus (ou variables) au centre de gravité, elle équivaut à la somme des valeurs propres. Plus une valeur propre est élevée plus l'axe introduit une différenciation. La contribution absolue de l'individu (ou variable) dans la dispersion de l'axe est mesurée par le rapport entre le carré de la coordonnée pondérée par la masse de la ligne associée et la valeur propre. Deux individus peuvent avoir la même coordonnée mais pas la même contribution dans la mesure où la masse relative intervient. La qualité de représentation ou contribution relative est exprimée par l'angle formé par l'individu et l'axe.

La représentation graphique se fait deux à deux entre les facteurs en commençant par les plus importants en se limitant aux principaux facteurs combinés deux à deux appelés plans factoriels. Elle permet de situer les variables et les observations dans l'espace des facteurs ce qui facilite la typologie, la cartographie et l'interprétation des résultats en fonction du lien avec les différents axes. Le graphique qui combine les deux premiers facteurs est appelé plan factoriel principal dans la mesure où il résume le maximum de variance (Benzecri, 1973) ; c'est ce qui justifie le choix porté sur ces deux axes factoriels pour l'interprétation des résultats.



## Chapitre III : RESULTATS

### III.1. Résultats des analyses de sols

Les résultats sont regroupés dans l'annexe 1.

Pour les interprétations des sols nous nous sommes inspirés du momento de l'agronome, des techniques d'interprétation de Durant (1983) et de Landon (1984) in Bocoum (1994) et de Duchaufour (1960, 1991).

### III.2. Composition floristique

La flore inventoriée est riche de 335 espèces (Annexe 2) ; les espèces sont réparties en 166 genres dont 2 non identifiés (\* = Asteraceae et Moluginaceae) et 49 familles (Annexe 3).

Les genres les mieux représentés sont : *Indigofera* (4,5 %), *Crotalaria* et *Ipomoea* (3,6 %), *Eragrostis* (2,7%), *Tephrosia* (2,4 %), *Euphorbia*, les *Sida* (2,1 %), *Corchorus*, *Sesbania*, *Spermacoce* (1,8 %) et *Amaranthus* (1,5 %).

Quant aux familles, nous avons dénombré 59 espèces (17,7 %) pour les *Poaceae*, 51 espèces (15,3 %) pour les *Fabaceae*, 21 espèces (6,3 %) pour les *Cyperaceae*, 18 espèces (5,4 %) pour les *Asteraceae*, 17 espèces (5,1 %) pour les *Convolvulaceae*, 16 espèces (4,8 %) pour les *Euphorbiaceae*, 15 espèces (4,5 %) pour les *Amaranthaceae*, 13 espèces (3,9 %) pour les *Malvaceae*, 11 espèces (3,3 %) pour les *Cucurbitaceae*, 10 espèces (3 %) pour les *Rubiaceae*, 8 espèces (2,4 %) pour les *Caesalpiniaceae*, 7 espèces (2,1 %) pour les *Tiliaceae*, 6 espèces (1,8 %) chacune pour les *Acanthaceae* et les *Aizoaceae*, 4 espèces (1,2 %) chacune pour les *Asclepiadaceae*, les *Capparidaceae*, les *Commelinaceae*, les *Nyctaginaceae*, les *Pedaliaceae*, les *Scrophylariaceae*, les *Solanaceae* et les *Verbenaceae* ; 3 espèces (0,9 %) pour les *Boraginaceae*, les *Chenopodiaceae*, les *Lythraceae*, les *Papilionaceae*, les *Portulacaceae* et les *Mimosaceae* ; 2 espèces (0,6 %) pour les *Cactaceae*, les *Caryophyllaceae*, les *Menispermaceae*, les *Onagraceae* et les *Sterculiaceae*. Les autres familles ne présentent chacune qu'une seule espèce soit 0,3 % de l'effectif total.

### III.3. Variabilité spatiale de la végétation

La variabilité spatiale de la végétation est liée à de nombreux facteurs qui interagissent aussi bien à l'échelle spatiale qu'à l'échelle temporelle. Les facteurs

pédologiques jouent un rôle prépondérant dans la diversification de la végétation. La connaissance de la variabilité spatiale d'un écosystème permet de mieux comprendre et de prédire son évolution.

### III.3.1. Station de Malika

La variance, qui permet de quantifier la part d'information contenue par chaque axe, est portée sur le tableau I. La variance permet de mesurer la dispersion autour de la moyenne ; elle est égale à la somme des carrés des écarts à la moyenne, divisé par le nombre d'observations moins 1. Son unité est le carré de l'unité de la variable.

**Tableau I.** Valeur propre et variance (%) des premiers axes de l'AFC appliquée aux relevés/espèces herbacées de Malika.

Axes	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	0,964	0,901	0,678	0,596
% variance	24,925	23,314	17,544	15,407
% cumulé	24,925	48,239	65,783	81,190

Le tableau I montre que les deux premiers axes expliquent 48,24% de la variation du nuage des points, dont 24,92 % pour le premier axe  $F_1$  et 23,31% pour l'axe  $F_2$ . Le troisième axe et le quatrième axe donnent respectivement 17,54% et 15,41% de l'inertie totale. Le plan factoriel principal  $F_1 \times F_2$  permet une représentation simple et en deux dimensions de la structure majeure de la station (figure 9). Ce plan factoriel principal est le graphique qui combine les deux premiers axes de facteurs. L'expérience montre, le plus souvent, que l'essentiel de l'information est fourni par ces deux premiers axes  $F_1$  et  $F_2$  (Dervin, 1990) d'où le choix porté sur eux pour effectuer l'analyse de la variabilité spatiale.



L'axe  $F_2$ , quant à lui, oppose le relevé  $R_{22}$  (57,68%) situé du côté positif des ordonnées et effectué au niveau du plateau dans la zone non boisée au relevé  $R_{17}$  (20,10%) situé du côté négatif des ordonnées et réalisé au niveau du plateau à côté des plantations de Filao sur sol riche en litière. L'axe  $F_2$  représente le facteur couvert.

La moyenne des contributions des espèces est de 6,66. L'axe  $F_1$  permet de mettre en évidence pour les abscisses positives *Heliotropium ramosissimum* ( $E_{11}$  ; 16,96%), *Dactyloctenium aegyptium* ( $E_2$  ; 11,13%), *Indigofera diphylla* ( $E_{58}$  ; 7,12%), *Indigofera sessiflora* ( $E_{201}$  ; 7,12%) associées au relevé  $R_{17}$  et formant le groupement G2. Pour les abscisses négatives, on observe *Ipomoea pes-caprae* ( $E_{204}$  ; 22,12%), *Alternanthera littoralis var maritima* ( $E_{263}$  ; 15,84%) et *Scaevola plumieri* ( $E_{205}$  ; 12,41%) associées aux relevés  $R_{44}$ ,  $R_{10}$ ,  $R_{43}$  et  $R_{45}$  et se trouvent dans le groupement G1.

Pour l'axe  $F_2$ , on peut distinguer d'une part les espèces qui présentent de fortes affinités avec le relevé  $R_{22}$  et situées en ordonnées positives *Cenchrus biflorus* ( $E_3$ ), *Leptadenia hastata* ( $E_{13}$ ), *Tephrosia purpurea* ( $E_{17}$ ), *Cyperus sp.* ( $E_{36}$ ), *Chrozophora senegalensis* ( $E_{91}$ ) ayant toutes 12,84% de contribution et d'autre part les espèces fortement associées au relevé  $R_{17}$  en ordonnées négatives *Heliotropium ramosissimum* ( $E_{11}$  ; 11,03%), *Indigofera diphylla* ( $E_{58}$  ; 7,43%), *Indigofera sessiflora* ( $E_{201}$  ; 7,43%).

La figure montre l'existence de deux groupement végétaux : ce sont le groupement G1 dans lequel les espèces *Ipomoea pes-caprae*, *Alternanthera littoralis var maritima* et *Scaevola plumieri* par leur contribution mais aussi par leur coefficient d'abondance-dominance (4 et 5) sont les plus représentatives de ce groupement ; le groupement G2 dans lequel on rencontre les espèces *Heliotropium ramosissimum*, *Tephrosia purpurea*, *Chrozophora senegalensis*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Indigofera diphylla*, *Indigofera sessiflora*. À partir du groupement G2 s'individualise deux sous-groupements végétaux : il s'agit du sous-groupement G2-1 formé par *Heliotropium ramosissimum*, *Indigofera diphylla*, *Indigofera sessiflora* ; du sous-groupement G2-2 où on rencontre *Tephrosia purpurea*, *Chrozophora senegalensis*, *Leptadenia hastata*.

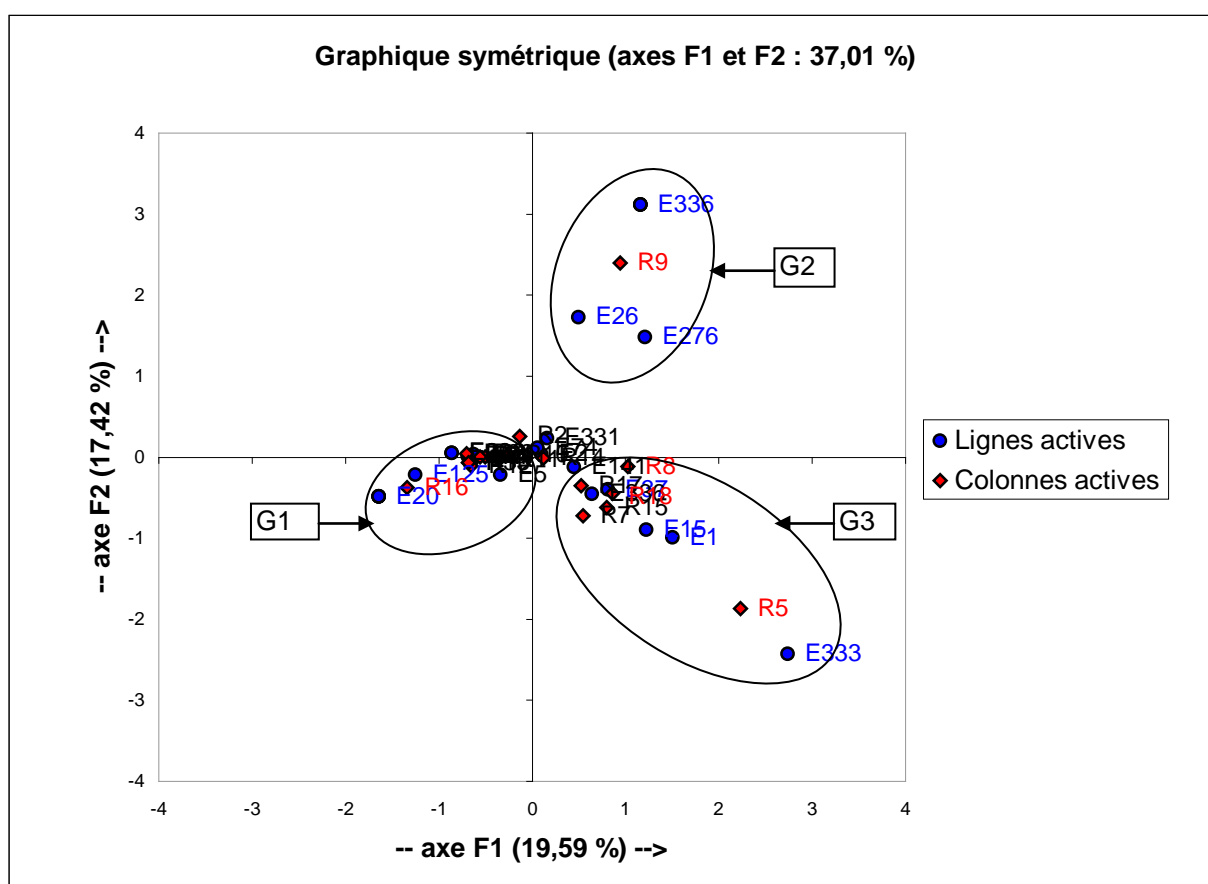
### III.3.2. Station du lac Tanma

La variance et les valeurs propres sont portées sur le tableau II.

**Tableau II.** Valeur propre et variance (%) des premiers axes de l'AFC appliquée aux relevés/espèces herbacées de Tanma.

Axes	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	0,666	0,592	0,547	0,358
% variance	19,591	17,423	16,087	10,547
% cumulé	19,591	37,013	53,100	63,647

Les résultats de l'AFC sur Tanma concernent la matrice 18 relevés x 26 espèces végétales. Le tableau montre que les deux premiers axes  $F_1$  et  $F_2$  expliquent 37,01% de la variation du nuage des points, dont 19,59% pour le premier axe et 17,42% pour le second (tableau II). C'est sur le plan formé par les axes  $F_1$  et  $F_2$  que nous établirons l'essentiel de l'analyse.



**Figure 10.** AFC : diagramme des relevés x espèces herbacées de Tanma dans le plan des axes  $F_1$  (horizontal) et  $F_2$  (vertical).

La représentation des 18 relevés est fournie par la figure 10. Elle montre que l'axe horizontal (axe  $F_1$ ) oppose les relevés  $R_5$  (23,18%),  $R_8$  (9,73%),  $R_9$  (9,7%),  $R_{18}$  (6,87%) réalisés au niveau de la cuvette (lit du lac) sur des sols argileux secs et craquelés au relevé  $R_{16}$  (22,18%) réalisé sur les bordures (zone de pente) du lac sur sol argilo-limoneux sec riche en litière. Le facteur principal de variation semble être lié à la topographie en relation certainement avec la granulométrie.

Les espèces associées à l'axe  $F_1$  sont pour les abscisses positives les espèces formant le groupement G3 *Enteropogon prieurii* ( $E_1$  ; 14,06%), *Salicornia europaea* ( $E_{15}$  ; 13,88%), *Sporobolus microprotus* ( $E_{333}$  ; 11,61%), *Dinebra retroflexa* ( $E_{37}$  ; 5,15%), *Cyperus esculentus* ( $E_{276}$  ; 4,51%) et les espèces du groupement G1 *Cressa cretica* ( $E_4$  ; 6,99%), *Blutaparon vermiculare* ( $E_{24}$  ; 5,3%), *Amaranthus hybridus subsp. cruentus* ( $E_{125}$  ; 4,25%), *Hibiscus asper* ( $E_{40}$  ; 4,17 %), *Peristrophe paniculata* ( $E_{64}$  ; 4,17 %), *Setaria verticillata* ( $E_{240}$  ; 4,17%) et dans une moindre mesure *Paspalum vaginatum* ( $E_{63}$  ; 3,05 %), *Diplachne fusca* ( $E_{63}$  ; 2,11 %) pour les abscisses négatives.

L'axe  $F_2$ , quant à lui, oppose le relevé  $R_5$  (18,22 %) en ordonnées négatives et effectué au niveau de la cuvette sur sol argileux à limono-sableux crevassé riche en sels au relevé  $R_9$  (70 %) en ordonnées positives réalisé toujours au niveau de la cuvette sur un sol sablo-limoneux riche en litière et moins salé. L'axe  $F_2$  semble être lié à la salinité.

A cet axe sont associées d'une part les espèces *Microchloa indica* ( $E_{336}$  ; 16,9 %), *Polygala sp.* ( $E_{335}$  ; 16,9 %), *Abutilon pannosum* ( $E_{66}$  ; 16,9%), *Schoenefeldia gracilis* ( $E_{26}$  ; 10,36%), *Cyperus esculentus* ( $E_{276}$  ; 7,66%) formant le groupement G2 pour les ordonnées positives et, d'autre part pour les ordonnées négatives *Sporobolus microprotus* ( $E_{333}$  ; 10,26%), *Salicornia europaea* ( $E_{15}$  ; 8,32%), *Enteropogon prieurii* ( $E_1$  ; 6,83%).

Au lac Tanma, trois groupements végétaux ressortent de l'analyse de la variabilité spatiale. Il s'agit du groupement G1 où on rencontre les espèces *Diplachne fusca*, *Cressa cretica*, *Paspalum vaginatum*, *Amaranthus hybridus subsp. cruentus*, *Hibiscus asper*, *Peristrophe paniculata*, *Setaria verticillata* et dans une moindre mesure *Diplachne fusca*; du groupement G2 formé des espèces *Microchloa indica*, *Polygala sp.*, *Abutilon pannosum*, *Schoenefeldia gracilis*, *Cyperus esculentus* et du groupement G3 où on rencontre les espèces

*Enteropogon prierii*, *Salicornia europaea*, *Sporobolus microprotus*, *Dinebra retroflexa*.

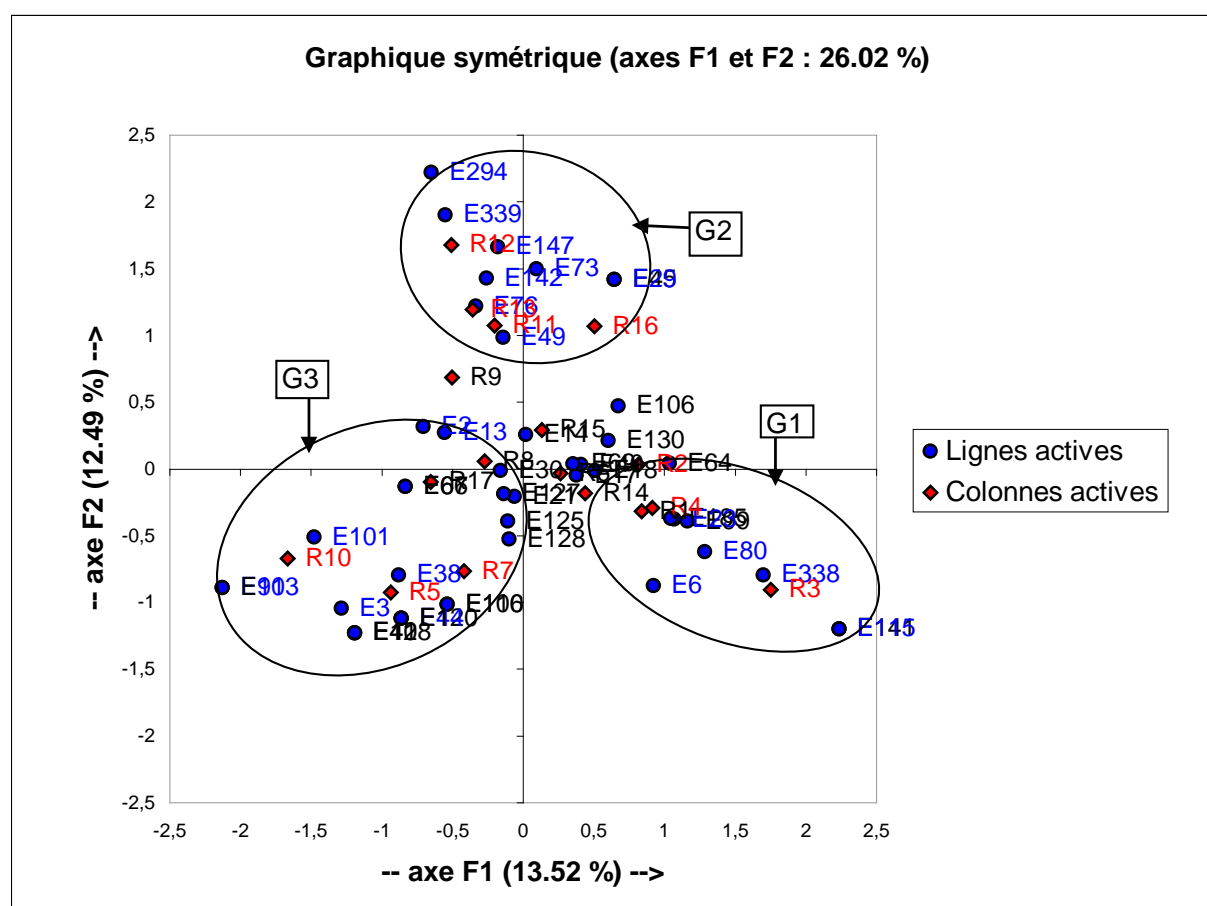
### III.3.3. Station de Petit MBao

La variance et les valeurs propres sont portées sur le tableau III.

**Tableau III.** Valeur propre et variance (%) des premiers axes de l'AFC appliquée aux relevés/espèces herbacées de Petit MBao.

Axes	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	0,615	0,568	0,512	0,449
% variance	13,525	12,492	11,264	9,877
% cumulé	13,525	26,017	37,281	47,158

La variance totale du tableau de données, exprimée en inertie, est de 4,5 dont 13,53 % sont portées par premier axe factoriel  $F_1$ , 12,49 % par le second, 11,26 % par le troisième et 9,88 % par le quatrième axe. Le plan factoriel principal  $F_1 \times F_2$  explique 26,02 % de la variabilité spatiale. On établira l'essentiel de l'analyse de la variabilité sur ce plan factoriel principal (figure 11).



**Figure 11.** AFC : diagramme des relevés x espèces herbacées de Petit MBao dans le plan des axes  $F_1$  (horizontal) et  $F_2$  (vertical).

La moyenne des contributions des relevés est de 5,88 et celle des espèces est de 2,13. Les relevés qui contribuent fortement à l'axe horizontal  $F_1$  sont  $R_3$  (28,95 %),  $R_2$  (7,01 %),  $R_4$  (5,89) pour abscisses positives et réalisés dans la zone boisée au niveau d'une dépression et  $R_{10}$  (22,95 %),  $R_5$  (12,35 %) pour les abscisses négatives et effectués sur le plateau situé toujours dans zone boisée. L'axe  $F_1$  pourrait représenter le gradient topographique.

À cet axe sont associées les espèces suivantes : *Jacquemontia tamnifolia* ( $E_{23}$  ; 8,04 %), *Stachytarpheta indica* ( $E_{338}$  ; 6,80 %), *Setaria barbata* ( $E_{185}$  ; 6,46 %), *Hibiscus physaloides* ( $E_{115}$  ; 5,88 %), *Brachiaria sp.* ( $E_{141}$  ; 5,88 %), *Achyranthes aspera* ( $E_{18}$  ; 3,34 %), *Alysicarpus ovalifolius* ( $E_6$  ; 3,01 %) en abscisses positives ; espèces formant le groupement G1 et les espèces du groupement G3 *Cenchrus biflorus* ( $E_3$  ; 5,83 %), *Chrozophora senegalensis* ( $E_{91}$  ; 5,33%), *Abildgaardia hispidula* ( $E_{103}$  ; 5,33 %), *Dactyloctenium aegyptium* ( $E_2$  ; 5,28 %), *Mitracarpus villosus* ( $E_{101}$  ; 5,16 %), *Blainvillea gayana* ( $E_{80}$  ; 3,89 %),



*Eragrostis tremula* (E<sub>38</sub> ; 3,64 %), *Leptadenia hastata* (E<sub>13</sub> ; 2,56 %) en abscisses négatives.

L'axe vertical F<sub>2</sub> oppose le groupe de relevés R<sub>12</sub> (21,48 %), R<sub>13</sub> (16,36 %), R<sub>16</sub> (11,64 %), R<sub>11</sub> (8,85 %) situé sur le côté positif des ordonnées et réalisé sur un plateau au niveau de la zone non boisée au groupe de relevés R<sub>5</sub> (13,09 %), R<sub>7</sub> (11,17 %), R<sub>3</sub> (8,32 %) effectué au niveau de la zone boisée sur un plateau et situé sur le côté négatives des ordonnées. Cet axe serait lié au facteur couvert.

Les espèces qui sont déterminantes pour l'axe F<sub>2</sub> sont : *Andropogon gayanus* (E<sub>147</sub> ; 14,10 %), *Pergularia daemia* (E<sub>76</sub> ; 9,48 %), *Momardica charantia* (E<sub>294</sub> ; 6,30 %), *Cissampelos mucronata* (E<sub>73</sub> ; 5,74 %), *Commelina sp.* (E<sub>142</sub> ; 2,60 %), *Aristida adscensionis* (E<sub>29</sub> ; 2,56 %), *Merremia tridentata* (E<sub>45</sub> ; 2,56 %), *Waltheria indica* (E<sub>49</sub> ; 2,48 %) formant le groupement G2 pour les ordonnées positives et les espèces du groupement G3 *Cenchrus biflorus* (E<sub>3</sub> ; 4,17 %), *Eragrostis tremula* (E<sub>38</sub> ; 3,21 %), *Enteropogon prieurii* (E<sub>1</sub> ; 3,20 %), *Digitaria horizontalis* (E<sub>120</sub> ; 3,20 %), *Ipomoea coptica* (E<sub>44</sub> ; 3,20 %), *Alysicarpus ovalifolius* (E<sub>6</sub> ; 2,94 %) pour les ordonnées négatives.

Il se dégage de l'analyse de la variabilité spatiale trois groupements végétaux dans la station de Petit MBao : le groupement G1 formé des espèces *Jacquemontia tamnifolia*, *Stachytarpheta indica*, *Setaria barbata*, *Hibiscus physaloides*, *Brachiaria sp.*, *Achyranthes aspera*, *Alysicarpus ovalifolius* ; le groupement G2 dans lequel on rencontre *Andropogon gayanus*, *Pergularia daemia*, *Momardica charantia*, *Cissampelos mucronata*, *Commelina sp.*, *Aristida adscensionis*, *Merremia tridentata*, *Waltheria indica* et le groupement G3 déterminé par les espèces *Chrozophora senegalensis*, *Abildgaardia hispidula*, *Cenchrus biflorus*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Mitracarpus villosus*, *Blainvillea gayana*, *Eragrostis tremula*, *Enteropogon prieurii*, *Digitaria horizontalis*, *Ipomoea coptica*, *Alysicarpus ovalifolius*.

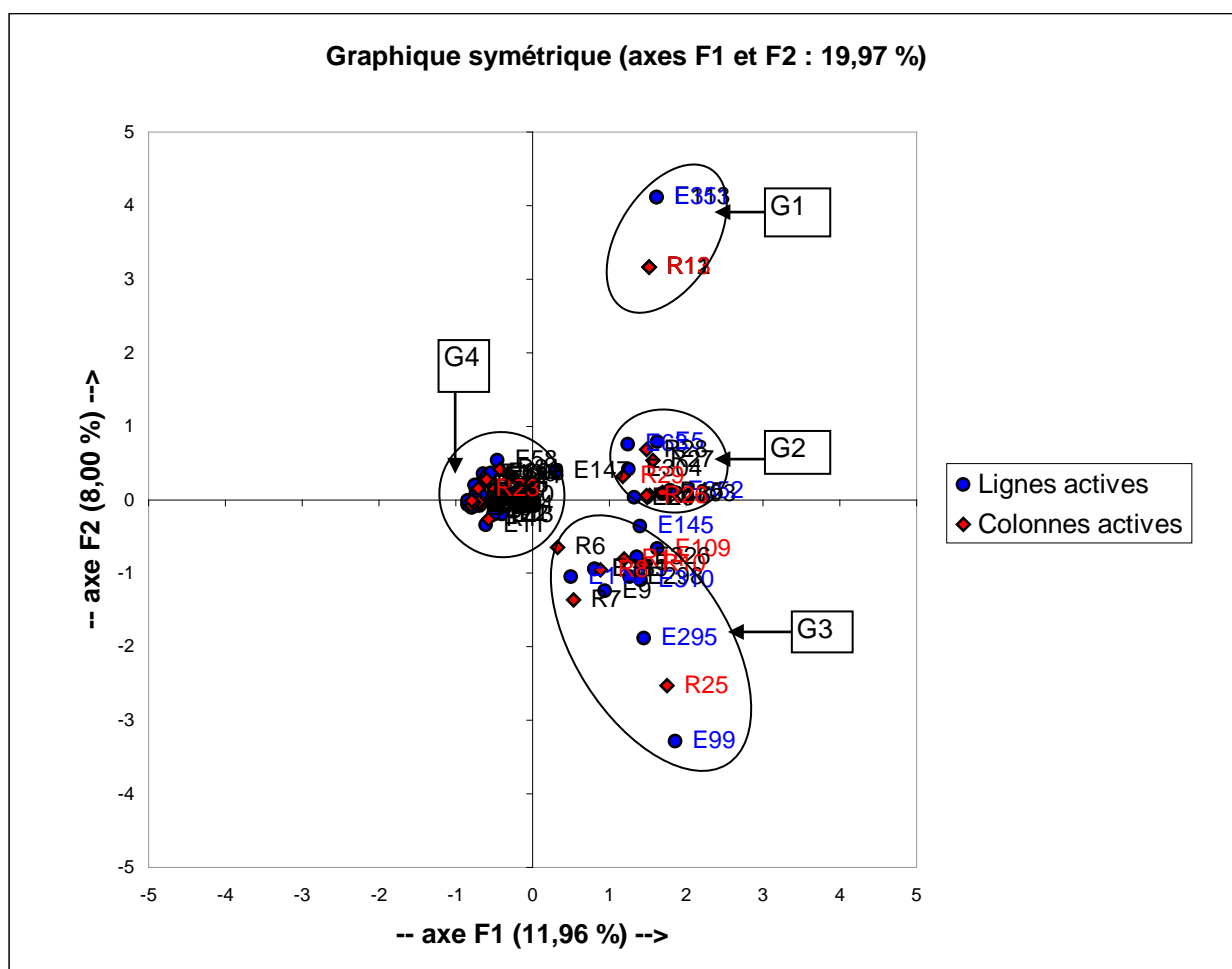
### **III.3.4 Station du Centre de Développement Horticole de Cambérène (CDH)**

La variance et les valeurs propres sont portées sur le tableau IV.

**Tableau IV.** Valeur propre et variance (%) des premiers axes de l'AFC appliquée aux relevés/espèces herbacées du CDH de Cambérène.

Axes	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	0,885	0,592	0,581	0,504
% variance	11,963	8,003	7,854	6,815
% cumulé	11,963	19,966	27,820	34,636

Les résultats de l'AFC pour le CDH de Cambérène concernent la matrice 29 relevés x 51 espèces végétales. La variance expliquée par les quatre premiers axes factoriels est de 34.64 % (tableau XV). Elle est de 11,96 % pour le premier axe factoriel  $F_1$ , 8 % pour le deuxième axe ; un troisième et un quatrième axe expliquant respectivement 7,85 et 6,82 % de l'information. Nous établirons notre analyse sur le plan factoriel principal  $F_1$  et  $F_2$  (figure 12).



**Figure 12.** AFC : diagramme des relevés x espèces herbacées du CDH de Cambérène dans le plan des axes  $F_1$  (horizontal) et  $F_2$  (vertical).

La moyenne des contributions de relevés est de 3,44 et celle des espèces est de 1,96. Nous pourrions retenir pour les abscisses positives les relevés R<sub>14</sub>, R<sub>15</sub> (7,28 %), R<sub>10</sub> (6,79 %), R<sub>25</sub> (5,84 %), R<sub>9</sub> (5,69 %), R<sub>29</sub> (4,39 %), R<sub>26</sub> et R<sub>28</sub> (4,22 %) d'une part et, pour les abscisses négatives R<sub>18</sub> (3,83 %), R<sub>23</sub> (3,82 %), R<sub>3</sub> (3,48 %) d'autre part sur l'axe F<sub>1</sub>.

L'axe horizontal (ou axe F<sub>1</sub>) oppose ainsi les relevés de zone humide à ceux de zone sèche. L'axe F1 représente donc le gradient d'humidité.

À ces deux groupes de relevés sont associées des espèces. Dans la zone humide, *Paspalum vaginatum* (E<sub>63</sub> ; 14,79 %), *Phragmites australis* (E<sub>109</sub> ; 10,09 %), *Blutaparon vermiculare* (E<sub>24</sub> ; 7,83 %), *Paspalidium geminatum* (E<sub>295</sub> ; 4,02 %), *Sesbania sericea* (E<sub>303</sub> ; 3,65 %), *Pycnus polystachyos* (E<sub>326</sub> ; 3,53 %), *Diplachne fusca* (E<sub>5</sub> ; 3,36 %), *Typha domingensis* (E<sub>113</sub> ; 3,33 %) et dans une moindre mesure *Passiflora foetida* (E<sub>310</sub> ; 2,54 %), *Blumea viscosa* (E<sub>145</sub> ; 2,50 %), *Cynodon dactylon* (E<sub>99</sub> ; 2,20 %), *Fimbristylis ferruginea* (E<sub>352</sub> ; 2,06 %) présentent des contributions supérieures à la moyenne. Dans la zone sèche, ce sont les espèces du groupement G4 *Merremia tridentata* (E<sub>45</sub> ; 3,74 %), *Tephrosia purpurea* (E<sub>17</sub> ; 2,69 %), *Waltheria indica* (E<sub>49</sub> ; 2,16 %), *Mitracarpus villosus* (E<sub>101</sub> ; 1,99 %), *Leptadenia hastata* (E<sub>13</sub> ; 1,99 %) qui sont déterminantes. *Diplachne fusca*, *Sesbania sericea* et *Pycnus polystachyos* se retrouvent dans le groupement G2.

L'axe vertical (ou axe F<sub>2</sub>) distingue nettement deux groupes de relevés dans les relevés de la zone humide. Le premier groupe est constitué, dans les ordonnées positives, des relevés de la zone de cuvette inondée (dépression) R<sub>11</sub>, R<sub>12</sub>, R<sub>13</sub> (19,13 %) tandis que le second, dans les ordonnées négatives, représente l'ensemble des relevés de pente et de plateau R<sub>25</sub> (18,33 %), R<sub>8</sub> (5,20 %), R<sub>14</sub> (4,95 %) et R<sub>10</sub> (3,65 %). Cette séparation met en évidence certainement l'abondance plus ou moins variable de l'argile. Cet axe pourrait représenter le gradient topographique en relation avec la granulométrie.

Les espèces associées à ces groupes de relevés sont les espèces formant le groupement G1 *Typha domingensis* (E<sub>113</sub> ; 32,33 %), *Eleocharis dulcis* (E<sub>351</sub> ; 16,16 %), *Paspalum vaginatum* (E<sub>63</sub> ; 8,19 %) pour les ordonnées positives ; *Paspalidium geminatum* (E<sub>295</sub> ; 10,20 %), *Cynodon dactylon* (E<sub>99</sub> ; 10,20 %), *Launaea intybacea* (E<sub>110</sub> ; 5,25 %), *Phragmites australis* (E<sub>109</sub> ; 2,52 %), *Passiflora*

*foetida* (E<sub>310</sub> ; 2,27 %) pour les ordonnées négatives et se retrouvant dans le groupement G3.

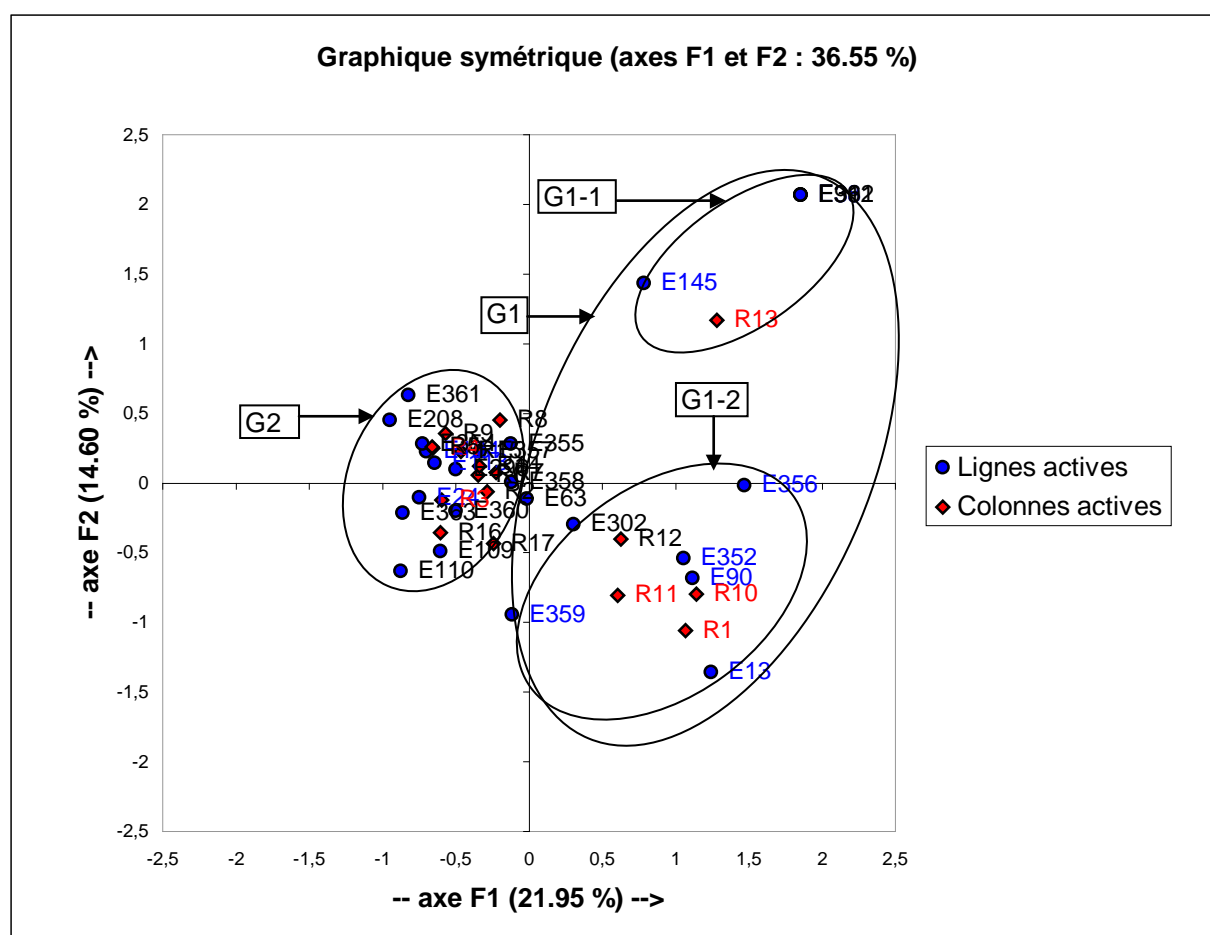
### III.3.5 Station du lac Rose :

La variance et les valeurs propres sont portées sur le tableau V.

**Tableau V.** Valeur propre et variance (%) des premiers axes de l'AFC appliquée aux relevés/espèces herbacées de lac Rose.

Axes	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	0,479	0,319	0,288	0,271
% variance	21,952	14,603	13,199	12,405
% cumulé	21,952	36,555	49,754	62,158

Les résultats de l'AFC pour Lac Rose 2005 concernent la matrice 17 relevés x 26 espèces végétales. La variance totale du tableau de données, mesurée en inertie, est de 2,18 dont 21,95 % sont portées par le premier axe factoriel F<sub>1</sub>, 14,60 % par le second, 13,20 % par le troisième et 12,41 % par le quatrième (tableau V). Le plan factoriel principal (axes F<sub>1</sub> et F<sub>2</sub>) apporte ainsi 36,56 % de l'information. C'est sur ce plan principal que nous établirons l'analyse de la variabilité spatiale (figure 13).



**Figure 13.** AFC : diagramme des relevés x espèces herbacées de lac Rose dans le plan des axes  $F_1$  (horizontal) et  $F_2$  (vertical).

L'axe horizontal  $F_1$  permet de retenir pour les abscisses positives le groupe de relevés  $R_{13}$  (35,16 %),  $R_{10}$  (12,86 %),  $R_1$  (9,38 %) réalisé aux abords du lac dans une zone plus ou moins humide et le groupe de relevés  $R_5$  (5,75 %),  $R_4$  (5,67 %),  $R_3$  (5,29 %) pour les abscisses négatives et effectué dans une zone inondée riche en concrétions calcaires. Cet axe pourrait représenter le facteur humidité en relation avec la présence du calcaire.

À cet axe sont associées les espèces suivantes : *Fimbristylis ferruginea* ( $E_{352}$  ; 10,95 %), *Ambrosia maritima* ( $E_{356}$  ; 10,65 %), *Ipomoea asarifolia* ( $E_{90}$  ; 10,19 %), *Leptadenia hastata* ( $E_{13}$  ; 10,15 %), *Fimbristylis cymosa* ( $E_{311}$  ; 5,64 %), *Eragrostis tremula* ( $E_{38}$  ; 5,64 %), *Striga sp.* ( $E_{360}$  ; 5,64 %), *Cynodon dactylon* ( $E_{99}$  ; 5,64 %) pour les abscisses positives et se retrouvant dans les groupements G1 ; *Typha domingensis* ( $E_{113}$  ; 7,49 %), *Blutaparon vermiculare* ( $E_{24}$  ; 5,52 %), *Phyllanthus*

*pentandrus* (E<sub>124</sub> ; 4,85 %) et constituant le groupement G2 pour les abscisses négatives.

L'axe vertical F<sub>2</sub> oppose le relevé R<sub>13</sub> (43,84 %) en ordonnées positives et réalisé sur un plateau situé aux bordures du lac sur un sol sablo- argileux aux relevés R<sub>1</sub> (13,82 %), R<sub>11</sub> (12,82 %), R<sub>10</sub> (9,40 %) en ordonnées négatives et effectués entre la cuvette (dépression) et les bordures du lac (pente) sur un sol argileux. Cet axe représente le gradient topographique en relation avec la granulométrie.

Les espèces déterminantes pour l'axe F<sub>2</sub> sont : *Fimbristylis cymosa* (E<sub>311</sub> ; 10,15 %), *Striga sp* (E<sub>360</sub> ; 10,58 %), *Eragrostis tremula* (E<sub>38</sub> ; 10,58 %), *Cynodon dactylon* (E<sub>99</sub> ; 10,58 %), *Blumea viscosa* (E<sub>145</sub> ; 10,15 %) formant le sous groupement G1-1 pour les ordonnées négatives et les espèces se retrouvant dans le sous groupement G1-2 *Leptadenia hastata* (E<sub>13</sub> ; 18,13 %), *Lemna sp.* (E<sub>359</sub> ; 6,57 %), *Ipomoea asarifolia* (E<sub>90</sub> ; 5,74 %), *Fimbristylis ferruginea* (E<sub>352</sub> ; 4,35 %) pour les ordonnées négatives.

## Chapitre IV : DISCUSSION

### IV.1. Caractérisation des groupements végétaux

Le degré fidélité des espèces est un caractère important dans l'étude des groupements végétaux. Les espèces fidèles marquent une préférence à un milieu par une plus grande abondance ou vitalité. L'étude de la variabilité spatiale a permis de distinguer onze (11) groupements différents :

- Le groupement à *Scaevola plumieri* et *Ipomoea pes-caprae* :

Ce groupement est localisé sur les dunes de sables du cordon littoral de Malika. *Scaevola plumieri* constitue un buisson dense de 70cm de hauteur. Elle est presque monospécifique sur des buttes de 2 à 3 m de hauteur au pied desquelles viennent mourir les vagues. Cette Godéniacée, avec ses tiges souterraines d'où naissent des rameaux aériens, est une bonne fixatrice des sables et forme un rideau protecteur par rapport à l'avancée de la mer. Dans ce buisson formé par *Scaevola plumieri*, on trouve quelques tiges rampantes d'*Ipomoea pes-caprae* et de *Paspalum vaginatum* qui s'y incrustent. *Scaevola Plumieri* et *Ipomoea pes-caprae* sont des espèces côtières tropicales signalées par Guy ROBART (1984) sur les côtes haïtiennes. RAYNAL (1963) qui a étudié la végétation des environs de Kayar n'avait pas noté la présence de *Scaevola Plumieri*. Par contre, Trochain (1940) l'a rencontré dans quatre stations de la côte sénégalaise (Gandiole, Mboro, lac Retba et Dakar).

Dans ce groupement on retrouve les espèces telles que *Alternanthera littoralis* var. *maritima*, *Sporobolus spicatus*, *Centaurea perrottetii* et *Euphorbia glaucophylla*. Ces espèces pionnières participent également à la fixation des dunes de sables. *Alternanthera littoralis* var. *maritima* couronne des buttes hautes 1 à 2 m, à flancs abrupts. *Sporobolus spicatus* est une graminée stolonifère, panafricaine, capable de résister à l'ensablement par élongation de ces rhizomes, et qui, par la suite provoque la formation de monticules de sable. Les tiges traçantes d'*Ipomoea pes-caprae* participent au nivellement du relief. *Euphorbia glaucophylla* se trouve par pieds isolés sur la plage morte. Nous avons noté la disparition progressive de *Emilia sonchifolia*, espèce qui était très répandue dans cette zone.

Les résultats des analyses des sols prélevés au niveau de la dune portant *Scaevola Plumieri* (sol 1) et des interdunes où se trouvent *Alternanthera littoralis*

*var. maritima* et *Ipomoea pes-caprae* (sol 2) nous ont montré que les sols sont pratiquement les mêmes. Le sol (sol 1 et 2) est sableux de couleur blanchâtre et pauvre en matière organique. Le rapport C/N (>11) montre que l'humus est plus ou moins doux et est du type Moder ; l'activité microbienne est ralentie. Le Ca<sup>++</sup> échangeable est en quantité moyenne tandis que les teneurs en K<sup>+</sup> et Na<sup>+</sup> échangeables sont basses. Le sol est non sodique, non salin mais très alcalin.

- Le groupement à *Diplachne fusca* et *Cressa cretica* localisé au lac Tanma, occupe une partie du lit du lac actuellement asséché. *Diplachne fusca* est une espèce rencontrée également au CDH de Cambérène sur un milieu assez proche du lac Tanma où elle est en association avec *Sesuvium portulacastrum*, *Sesbania sericea* et *Pycnus polystachyos*. Dans ce groupement, *Diplachne fusca* qui est une graminée pouvant atteindre 1m de haut montre une physionomie homogène qui à première vue donne l'impression d'une formation monospécifique, mais reste associée aux espèces comme *Salicornia europaea*, *Blutaparon vermiculare*, *Paspalum vaginatum* et *Eragrostis tenella*. *Diplachne fusca* occupe le centre du lac et devient de moins en moins haute lorsqu'on s'en éloigne. *Cressa cretica* est une espèce vivace colonisant le plus souvent les mares temporaires saumâtres à salées (Grillas et Battedou, 1998). *Sesuvium portulacastrum*, retrouvée au CDH, est une plante herbacée vivace atteignant 30 cm de haut, à tiges épaisses s'enracinant aux nœuds et pousse sur les rivages maritimes au niveau de la marée haute, sur les dunes salines du littoral, dans les marécages, les lagons et les milieux perturbés des zones côtières (Jansen, 2004). Il tolère très bien le sel et c'est une plante pionnière qui colonise le sable et pousse en haut des plages et sur les pentes orientées vers la mer des premières dunes ou crêtes de plage. Il emprisonne et retient le sable apporté par le vent et a tendance à former de petits monticules ou crêtes. Il ne survit pas lorsqu'il est totalement enterré sous le sable apporté par le vent. Il pousse également bien dans des endroits plus protégés du littoral et on devrait pouvoir l'inclure dans des programmes de reboisement des dunes.

Le groupement à *Diplachne fusca* et *Cressa cretica* est caractérisé par un sol limoneux (sol 8), très fin et riche en matière organique incomplètement minéralisée. Ce sol est très pauvre en azote (0,18%), le rapport C/N (= 11,6) montre un sol asphyxiant et une faible activité microbienne. Le phosphore



assimilable est en quantité moyenne. La teneur en  $\text{Ca}^{++}$  échangeable (27,54 méq/100g) est très élevée indiquant un sol calcaire, en effet il s'est formé un immense amas de coquilles autour du lac. La teneur en  $\text{Mg}^{++}$  est importante et celle du  $\text{K}^+$  est moyenne. Ce sol est donc non sodique (%  $\text{Na}^+$  échangeable = 0,95 méq/100g), alcalin et très salin.

- Le groupement à *Salicornia europaea* localisé aussi à Tanma occupe la zone comprise entre le centre du lac et la rive. Dans ce groupement on retrouve souvent *Dinebra retroflexa*, *Sporobolus microprotus*. *Salicornia europaea* et *Dinebra retroflexa* sont des espèces herbacées crassuléscentes de 20 à 40cm qui poussent en touffes disséminées dans la végétation et caractérisent les milieux humides et salés. Au-delà de cette zone, des graminées indifférentes et à large répartition géographique telles que *Enteropogon prierii* et *Dactyloctenium aegyptium* commencent à proliférer.

Le sol (sol 9) où se trouve *Salicornia europaea* montre des différences par rapport au sol portant *Diplachne fusca* et *Cressa cretica*. Ce sol est limono-sableux, il est non sodique, légèrement alcalin et salin. Il est riche en matière organique (2,17 %) et le rapport C/N (12,6), élevé, montre une très faible teneur en azote (0,1 %). Ces différences ont une signification dans l'évolution du lac.

Au lac tanma, on a la coexistence de deux types de strates contrastées dans le temps et dans l'espace : l'une constituée d'herbes hautes, annuelles et denses ; l'autre constituée d'herbes rases, éparses et vivaces.

Trochain en 1940 n'a pas signalé la présence de *Diplachne fusca* autour du lac Tanma mais il l'a rencontrée dans la partie moyenne du lac de Guiers, tandis que Raynal en 1963 remarquait qu'elle était rare et occupait seulement les bords du lac Tanma. Selon plusieurs auteurs, cette espèce a tendance à coloniser les stations inondées après le retrait de l'eau traduisant ainsi un exemple de conquête progressive du lac au fur et à mesure que le lac s'assèche.

- Le groupement à *Schoenfeldia gracilis* localisé sur les rives du lac Tanma où on retrouve des espèces comme *Microchloa indica*, *Cyperus esculentus*, *Polygala sp*, *Abutilon pannosum*. Ce groupement présente des affinités avec le groupement à *Diplachne fusca* et *Cressa cretica* car en observant la répartition globale de la flore du lac Tanma, il y'a une succession d'auréoles de végétations qui s'organisent en fonction des facteurs édaphiques. Le groupement à *Salicornia europaea*

présente un faciès de transition entre le groupement à *Diplachne fusca* et *Cressa cretica* au centre du lac et le groupement à *Schoenfeldia gracilis* sur les bordures du lac. Le groupement à *Schoenfeldia gracilis* est plus éphémère car étant moins vigoureux et très sensible au piétinement et au surpatûrage. Selon certains auteurs dont Valenza (1984), les espèces telles que *Schoenfeldia gracilis*, ainsi que le genre *Enteropogon* sont très appréciés par le bétail. Quand la pression animale est très forte, on assiste à une régression de ces Graminées et la flore est réduite à des éphémérophytes. Ce phénomène s'observe au lac Tanma où certaines espèces rudérales telles que *Heliotropium ramosissimum*, *Boerhavia erecta*, *Abutilon pannosum* et autres post-culturelles prennent une part importante dans ce groupement.

Trochain (1940) a largement expliqué le processus qui a abouti à la mise en place du groupement à *Schoenfeldia gracilis*. Selon lui, les buttes sableuses sur lesquelles s'installent *Salicornia europaea* s'éboulent sous l'action de la pluie préparant l'installation du groupement à *Schoenfeldia gracilis*. L'analyse chimique des buttes formées par *Salicornia europaea* montre que le sol est limono-sableux alors que tout autour le sol est limoneux fin.

Le sol sous *Schoenfeldia gracilis* (sol 10) est sablo-limoneux, très riche en matière organique (2,8 %) mais pauvre en carbone organique et en azote. Le rapport C/N (11,6) montre une vie microbienne ralentie. La haute teneur en  $\text{Ca}^{++}$  échangeable (20,4 méq/100g) montre que le sol du lac est calcaire. Le taux de  $\text{Mg}^{++}$  échangeable est élevé alors que les teneurs en  $\text{K}^{+}$  échangeable et phosphore assimilable sont moyennes. La faible teneur en  $\text{Na}^{+}$  (0,17 méq/100g) montre que le sol est non sodique. Ce sol est non salin et très basique.

- Le groupement à *Typha domingensis* est rencontré au CDH de Cambérène et au lac Rose. Dans ce groupement *Typha domingensis*, qui donne une physionomie particulière à la végétation, est associé à *Eleocharis dulcis* et *Paspalum vaginatum*. *Typha domingensis* est l'un des macrophytes le plus abondant au CDH, il est observé aussi bien en milieu exondé qu'en milieu inondé à des profondeurs se situant entre 0.25 et 1 m. Les espèces de *Typha* sont modérément tolérantes au sel (Sarr et al., 2001). En effet, la croissance de la plante baisserait significativement à des taux de salinité en dessous de 3-5 ppt ("part per thousand") et la mortalité survient entre 10-25 ppt (Glenn et al. 1995). *Typha* a été

observé dans des zones avec des efflorescences de sels en surface (Sarr et al. 2001).

Le sol sous *Typha* (sol 4) prélevé à Cambérène est sableux de couleur noirâtre, très riche en matière organique avec une importante quantité d'humus doux ou Mull. Il est pauvre en carbone organique et en azote. Le rapport C/N (10) montre un sol biologiquement actif. Les teneurs en  $\text{Ca}^{++}$  et en  $\text{K}^+$  échangeables sont moyennes mais au lac Rose les ions  $\text{Ca}^{++}$  sont à un taux très élevé. Le taux de  $\text{Mg}^{++}$  échangeable est élevé tandis que pour le  $\text{Na}^+$  échangeable, il est bas. C'est un sol non sodique, non salin et modérément acide. Au lac Rose ce sol est légèrement salin.

- Le groupement à *Paspalidium geminatum* est rencontré également au CDH se développe à la limite du groupement à *Typha domingensis* vers l'eau profonde. C'est un macrophyte émergent qui est adapté à la flottaison (Raynal A, 1980). Il a été surtout rencontré en zone inondée à des profondeurs supérieures à 0.5 m et apparaît en arrière des peuplements à *Typha* du côté de la terre ferme. La plante pourrait se développer dans des eaux stagnantes, faiblement à fortement saumâtres, dans lesquelles elle peut former de vastes roselières (Vanden Berghen 1988). Dans ce groupement, on retrouve les espèces telles que *Phragmites australis*, *Cynodon dactylon*, *Launaea intybacea* et *Passiflora foetida*. Il existe une relation évidente entre *Typha domingensis* et *Phragmites australis*. Lorsque ces deux espèces coexistent, *Typha* occupe le fond de la dépression où le niveau de l'eau est le plus élevé tandis que *Phragmites australis* forme une auréole externe.

Le sol sous *Paspalidium geminatum* (sol 7) est limono-sablo-argileux, de couleur noirâtre et riche en matière organique (6,6 %) mais pauvre en azote (0,29 %). Le rapport C/N très élevé (13,2) montre que la vitesse de minéralisation de la matière organique est faible. Les cations échangeables  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  et  $\text{K}^+$  sont en quantités élevées, par contre la teneur en  $\text{Na}^+$  est plus faible, ce qui correspond à un sol non sodique, salin et acide. L'argile est de type chlorite renfermant des réserves en Magnésium.

- Le groupement à *Paspalum vaginatum* est localisé dans tous les tans qui parsèment la région des Niayes. Selon les variations locales édaphiques et hydriques régnant dans ces zones, tout un cortège d'espèces se trouve associé à

*Paspalum vaginatum*. *Blutaparon vermiculare* est largement représentée dans ce groupement. Cette Amanranthaceae existe sur le littoral atlantique de toutes les régions tropicales tandis que *Paspalum vaginatum*, probablement d'origine américaine, est devenue pantropicale et même cosmopolite (Trochain, 1940). Pour Raynal (1963), c'est le groupement à *Paspalum* et *Blutaparon* correspondant aux "stades à *Blutaparon*", que Trochain distinguait à l'intérieur de son unique groupement à *Paspalum vaginatum*. *Paspalum vaginatum* peut se retrouver dans d'autres groupements comme celui à *Scaevola plumieri* et *Ipomoea pes-caprae*, elle peut se développer dans des milieux à hydromorphie très variable ou encore en peuplements purs sur des vases plus ou moins salées, c'est une espèce éminemment sociale (Trochain, 1940). Parmi les espèces de ce groupement, nous avons celles qui montrent une adaptation au milieu salé ou sursalé telles que *Blumea viscosa*, *Launaea intybacea*, *Sesuvium portulacastrum*. Les feuilles de ces plantes sont capables d'excréter le sel qui s'accumule dans les tissus (Marche- Marchard, 1965) et ces plantes prennent une forme prostrée lorsque le déficit hydrique du sol atteint certains seuils critiques. Dans ce groupement, on retrouve également *Phragmites australis* poussant sur divers milieux à condition qu'ils soient inondables ou en permanence humides.

Le sol sous *Paspalum vaginatum* (sol 3) est sableux et très riche en matière organique sous forme d'humus. La teneur en carbone est moyenne et le rapport C/N (12) montre une faible teneur en azote (0,23 %). Les ions  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  échangeables sont présents à des taux excessifs. Le taux très élevé de  $\text{Na}^+$  (4,6 méq/100g) indique un sol sodique. Ce sol est extrêmement salin et acide

- Le groupement à *Jacquemontia tamnifolia* localisé dans la station de Petit MBao. *Jacquemontia tamnifolia* est présente dans toute l'Afrique, y compris Madagascar et d'autres îles de l'océan indien ; on le rencontre également en Amérique tropicale.

Plante herbacée annuelle avec plusieurs tiges partant de la base, habituellement grimpante ou rampante, parfois érigée, à poils soyeux couchés, *Jacquemontia tamnifolia* est présente dans les zones relativement humides de la savane boisée, de la savane herbeuse et des bords de fourrés, ainsi que comme adventice dans les champs cultivés, du niveau de la mer jusqu'à 1100 m d'altitude (Jansen, 2004). Dans ce groupement on retrouve des espèces comme *Achyranthes aspera*,

*Alysicarpus ovalifolius*, *Amaranthus spinosus* et *Stachytarpheta indica*. *Achyranthes aspera* est une plante pérenne thermophile, de 60 à 80 cm de haut avec des feuilles et des branches appétées à l'état jeune tout au long de l'année, poussant en terrain sableux surtout à l'ombre (Dougall et *al.*, 1958 ; Bartha, 1970). La plupart des espèces de ce groupement s'adaptent à différentes conditions climatiques et édaphiques mais se développent mieux dans les zones boisées sur sol riche en matière organique.

- Le groupement à *Tephrosia purpurea* et *Chrozophora senegalensis* très répandu dans toutes les zones dégradées de la région des Niayes avec des espèces moins exigeantes en eau. Les espèces rencontrées dans ce groupement sont entre autres *Dactyloctenium aegyptium*, *Zornia glochidiata*, *Mitracarpus villosus*, *Abildgaardia hispidula*, *Cenchrus biflorus*, *Enteropogon prierii*. Originaire d'Asie tropicale, *Tephrosia purpurea* une herbe annuelle de 40 à 80 cm de haut, parfois touffue ; elle se développe dans les domaines herbeux, le long des bords de route, préfère les sols secs, caillouteux ou rocheux et tolère les sols salins ou sodiques (Aguilar, 1997). *Dactyloctenium aegyptium* est une plante annuelle atteignant 75 cm de haut, à feuilles tendres, légèrement succulentes. Elle pousse sur les sols dénudés en régions semi-arides ou comme adventice sur les terres cultivées. Elle est réputée contenir des glucosides cyanogénétiques et donc constituer un danger pour le bétail à certaines époques (Sen, 1938). C'est l'une des meilleures graminées fourragères des régions semi-arides, mais elle se dessèche dès l'arrêt des pluies.

Le sol de Cambérène (sol 12) sous ce groupement est sableux, très pauvre en carbone organique et en azote total. Le rapport C/N (10,8) montre un sol biologiquement actif. Il est riche en phosphore assimilable et en cations échangeables ( $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$ ). La teneur en  $\text{K}^+$  est moyenne tandis que celle du  $\text{Na}^+$  est basse. C'est un sol non sodique, non salin et légèrement acide.

- Le groupement à *Andropogon gayanus* retrouvé à Petit MBao au niveau de la zone non boisée et où on rencontre les espèces *Pergularia daemia*, *Blainvillea gayana*, *Waltheria indica*, *Aristida adscensionis*, *Momardica charantia* et *Merremia tridentata*. *Andropogon gayanus* est une Graminée pérenne, taille haute, poussant en touffes rigoureuses, atteignant jusqu'à 2 m, sur des sols très divers. Elle tolère la faible fertilité du sol mais non son engorgement, ni le surpâturage. Le passage

répété du feu est néfaste à cette espèce, qui se voit alors remplacée par d'autres de moindre valeur. Elle peut se maintenir longtemps à l'état vert en saison sèche. C'est l'une des espèces les plus productrices en Afrique de l'ouest (Blair, 1963 ; Sen et al., 1965). Les espèces comme *Pergularia daemia*, *Blainvillea gayana*, *Waltheria indica* colonisent les zones semi-arides souvent dégradées (Hutchinson et Dalziel, 1963 ; Wagner et al., 1999), les bords de routes, et les terrains vagues (Smith, 1981).

Le sol (sol 11) est sableux de couleur grisâtre très pauvre en carbone organique et en azote mais riche en matière organique sous forme d'humus non dégradé. Le rapport C/N est de 11,6. Les teneurs en  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  échangeables sont élevées tandis que le taux de  $\text{K}^+$  est bas et celui de  $\text{Na}^+$  est très faible. Le sol est non sodique, non salin et neutre.

- Le groupement à *Fimbristylis ferruginea* localisé au lac Rose. Trochain a rencontré *Fimbristylis ferruginea* dans son groupement à *Paspalum vaginatum* et dans les zones de "tans" parsemant les mangroves en compagnie d'espèces comme *Sporobolus robustus* et *Eragrostis linearis*. Dans ce groupement on distingue deux sous groupements : le sous-groupement à *Ambrosia maritima* et le sous-groupement à *Fimbristylis cymosa*.

Dans le sous-groupement à *Ambrosia maritima* on retrouve les espèces comme *Lemna sp* et *Ipomoea asarifolia*. Ces espèces ne sont rencontrées qu'au lac Rose et se développent dans une zone complètement inondée. *Leptadenia hastata* est très répandue dans cette zone, il en de même des espèces telles que *Cyperus laevigatus* et *Nesaea radicans*. *Nesaea radicans* se trouve sous forme de touffes éparses dans le tapis gazonnant formé par *Cyperus laevigatus*. L'espèce *Pluchea ovalis* est retrouvée dans cette zone, elle est également présente au CDH de Cambérène.

Le sous-groupement à *Fimbristylis cymosa* se développe à la périphérie du sous groupement à *Ambrosia*. On retrouve dans ce sous groupement des espèces telles que *Eragrostis tremula*, *Cynodon dactylon*, *Blumea viscosa*... La plupart de ces espèces sont des halophytes et des psamophytes capables de survivre dans des conditions édaphiques et climatiques difficiles.

Le sol de ce groupement (sols 5 et 6) est formé d'une mince couche sableuse couvrant d'immenses amas de coquilles et riche en matière organique sous forme

d'humus. Le sol sous *Ambrosia* (sol 6) est noir, moyennement riche en carbone organique, sa teneur en  $\text{Ca}^{++}$  est excessive. Par contre le sol sous *Fimbristylis cymosa* (sol 5) est de couleur gris claire, il est pauvre en carbone organique et en azote et présente des teneurs moyennes en  $\text{Ca}^+$  échangeable et en phosphore assimilable ; il montre une teneur élevée en  $\text{Mg}^{++}$  échangeable et un taux de  $\text{K}^+$  échangeable faible. Le sol sous *Ambrosia* est non salin mais très alcalin. Les teneurs basses en  $\text{Na}^+$  échangeable montrent que le sol sous *Fimbristylis cymosa* est non sodique ; ce sol légèrement salin et alcalin. Le rapport C/N (11,5) indique que la matière organique du sol sous *Ambrosia* est moins azotée, alors que le sol sous *Fimbristylis cymosa* avec un rapport C/N bas (7,9) montre une augmentation de la vitesse de minéralisation de la matière organique et une richesse du sol en azote.

#### **IV.2. Dynamique de la végétation**

La végétation des "Niayes" montre une grande diversité et se caractérise par une forte hétérogénéité. Les facteurs déterminant cette hétérogénéité relèvent d'une part, de facteurs abiotiques, essentiellement liés à la nature du substrat et d'autre part, de facteurs liés surtout à l'action anthropique et à la pression du bétail. Le facteur hydrique, lié principalement à nature du sol et à la topographie qui régit la redistribution de l'eau météorique dans le paysage et aggrave ou compense les effets de l'aridité climatique (Cornet, 1981 ; Koechlin, 1989), dépend grandement des précipitations. La répartition de l'eau détermine les communautés spécifiques (Akpo et al., 1995).

Nos résultats montrent une végétation déséquilibrée dans sa répartition ; floristiquement pauvre à proximité des zones de cuvette mais à recouvrement très important par opposition à des sites plus éloignés des points d'eau caractérisés par une grande richesse floristique mais à production faible.

La région des "Niayes" a beaucoup évolué et présente aujourd'hui une physionomie différente de celle qui existait il y a des dizaines et des dizaines d'années. Si certains groupements subsistent toujours, ils ont vu la plus grande partie de leurs espèces constitutives ou caractéristiques disparaître au fil des années remplacées par d'autres d'intérêt fourrager plus faible.

Les études de la végétation des "Niayes" menées par quelques auteurs depuis 1940 nous ont apportés beaucoup d'éléments sur la dynamique mais aussi sur la reconnaissance de certains groupements qui sont en réalité des reliques d'un ancien tapis végétal. Le groupement à *Scaevola plumieri* et *Ipomoea pes-caprae* correspond à quelques nuances près au groupement à *Ipomoea pes-caprae* et *Sporobolus spicatus* décrit par Trochain en 1940. La différence majeure vient du fait que certaines espèces du groupement décrit par Trochain comme *Emilia sonchifolia* et *Sonchus brunneri* ont pratiquement disparu de la zone de Malika. On a constaté que leur indice d'abondance-dominance n'a cessé de baisser. Raynal avait noté de nombreux lambeaux de ce groupement aux environs de Kayar mais elle n'a pas rencontré *Scaevola plumieri* qui actuellement est une espèce assez commune des sables littoraux du Sénégal. Quant à *Paspalum vaginatum*, Coker (In Trochain, 1940) l'a mis dans l'association à *Ipomoea pes-caprae* des îles Bahamas. Selon Trochain (1940) le groupement à *Ipomoea pes-caprae* est plus xérophile que halophile. Il colonise les sables marins secs en surfaces, mobiles non atteints par les marées qui constituent le cordon littoral ou avant dunes. Le groupement à *Scaevola plumieri* et *Ipomoea pes-caprae* est rencontré sur les dunes vives, semi-fixées de la zone littorale de Malika. L'analyse du sol nous a confirmé que ce groupement est moins halophile car le sol est non salé et très alcalin.

Quant au groupement à *Diplachne fusca* et *Cressa cretica*, il correspondrait au groupement à *Diplachne fusca* que Trochain (1940) a décrit dans la partie moyenne du lac de Guiers mais il n'a pas mentionné la présence de *Diplachne fusca* au lac Tanma. Pour Raynal (1963), l'espèce était rare sur les rives du lac Tanma. Avec le tarissement du lac du fait de la sécheresse, l'espèce a envahi l'ancien lit du lac qui reste marécageux pendant l'hivernage. Les macrophytes ont progressivement disparu du lac et laissé à la place des espèces méso-xérophiles ou xérophiles. *Diplachne fusca* qui recherche une certaine hygrométrie s'est retrouvée dans le lit du lac formant une véritable prairie continue sur des sols vaseux. Pendant la saison sèche, le lac s'assèche complètement laissant apparaître des colonies isolées. Le lac Tanma est dans un état de dégradation très avancée du fait de la pression des troupeaux qui par le piétinement entraînent une mortalité importante chez les espèces les plus sensibles. Selon Trochain



(1940), le groupement à *Diplachne fusca* se développe sur un sol argilo-sableux ; par contre le sol sur lequel il s'est installé au lac Tanma est limoneux très fin et très salin et alcalin.

Le groupement à *Schoenfeldia gracilis* n'a pas été mentionné dans les travaux de Raynal (1963). Cette espèce sahélienne ne s'installe que lorsque le sol s'enrichit en sable fin entraînant la diminution de la proportion des sables grossiers (Trochain, 1940). La sécheresse persistante a entraîné des modifications progressives de la composition physico-chimique du sol, permettant l'installation de cette végétation se rapprochant petit à petit des rives du lac devenues plus sèches et plus sableuses. Les analyses du sol sous ce groupement montrent un sol sablo-limoneux, non salin et très alcalin.

Entre le groupement à *Diplachne fusca* et *Cressa cretica* et celui à *Schoenfeldia gracilis* existe une zone de transition constituée des restes de l'ancienne végétation élective du lac. Cette végétation est constituée des espèces adaptées aux milieux salés comme *Salicornia europaea* et *Dinebra retroflexa*.

Le groupement à *Paspalum vaginatum* est constitué d'espèces électives des "tans" parsemant la zone des "Niayes". Selon Trochain (1940), l'unique groupement à *Paspalum* évolue naturellement vers des stades à *Blutaparon vermiculare* et ensuite vers des groupements antropozoogènes à *Imperata cylindrica* ou *Cynodon dactylon*. *Paspalum vaginatum* et *Blutaparon vermiculare* se retrouvent dans divers milieux avec des conditions édaphiques très variées. On les retrouve sur des sols très salés et acides en compagnie d'espèces indicatrices de ces types de milieux tels que *Sesuvium portulacastrum*, *Launaea intybacea*, *Blumea viscosa* au CDH et *Salicornia europaea* au lac Tanma. Elles sont présentes dans le groupement à *Typha domingensis* toujours au CDH sur un milieu non salin et modérément acide ou riche en coquilles calcaires au lac Rose. Ce sont des espèces à large répartition géographique qui supportent de grandes variations de pH et de salinité.

Selon Trochain, l'évolution du groupement à *Paspalum*, passant par des stades à *Blutaparon*, aboutit à la mise en place d'un groupement à *Imperata cylindrica*. Cette dernière est considérée par Trochain comme une espèce antropozoogène et certains auteurs l'ont classée parmi les post-culturelles. On a rencontré *Imperata cylindrica* au CDH dans une zone très dégradée.

Le groupement à *Typha* colonise les dépressions inondées en permanence ou temporairement. Trochain (1940) le considère comme un groupement autonome qu'on trouve dans le milieu lorsque celui-ci est en général voisin de la neutralité. On trouve dans ce groupement des espèces comme *Eleocharis dulcis*, *Phragmites australis* et *Paspalidium geminatum*. Le groupement à *Paspalidium geminatum* se développe à la périphérie du groupement à *Typha* et forme des auréoles autour de ce dernier, il correspondrait au groupement à *Panicum longijubatum* que Trochain a décrit à Mboro.

Les groupements d'espèces rudérales et éphémérophytes prennent une importance de plus en plus croissante et occupent une grande partie de la zone des "Niayes" et témoignent de l'intensité de sécheresses de ces dernières décennies. Dans des zones boisées comme Petit MBao et Malika, nous avons noté une grande influence du couvert ligneux qui a un impact considérable sur la richesse floristique et la répartition de la végétation. La présence de l'arbre dans l'écosystème se traduit par une modification de la composition spécifique, de la distribution spatiale et de la production des herbages. Cet effet de l'arbre est lié au rôle tampon du couvert sur la variabilité des conditions du milieu, qui accentue l'hétérogénéité du milieu, et ainsi sur la distribution de la végétation (Akpo et *al.*, 2001).

À grande échelle, la végétation des "Niayes" apparaît comme un ensemble de communautés complexes très variables dans l'espace et dans le temps mais montrant des affinités les unes par rapport aux autres. Cette végétation peut être regrouper en quatre grands ensembles :

- l'ensemble formant la végétation des dépressions interdunaires constitué par le groupement à *Typha domingensis*, le groupement à *Paspalum vaginatum*, et le groupement à *Paspalidium geminatum*.
- l'ensemble formant la végétation des sables littoraux secs où on retrouve le groupement à *Scaevola plumieri* et *Ipomoea pes-caprae*.
- l'ensemble formant la végétation du lac Tanma et du lac Rose où on retrouve le groupement à *Diplachne fusca* et *Cressa cretica*, le groupement à *Schoenfeldia gracilis*, le groupement à *Salicornia europaea* et le groupement à *Fimbristylis ferruginea*.

- l'ensemble formant la végétation des terrasses ou steppes herbeuses et constitué par le groupement à *Tephrosia purpurea* et *Chrozophora senegalensis*, le groupement à *Andropogon gayanus* et le groupement à *Jacquemontia tamnifolia*.

Dans les dépressions interdunaires, les fluctuations des teneurs en sel du sol sont à l'origine de la différenciation de deux types de végétation dont l'un est lié au substrat salé et l'autre à nappe d'eau douce. Lors d'une rupture de l'équilibre entre l'eau douce et l'eau salée dans le sous-sol ou par suite d'une intrusion marine, il peut se produire une salinisation des sols et des nappes. Dans ces milieux salés, les espèces telles que *Blutaparon vermiculare*, *Paspalum vaginatum*, *Blumea viscosa* sont les espèces pionnières. Inversement, il peut se produire une rupture de liaison entre la mer et une dépression qui n'est alimentée que périodiquement par les eaux pluviales. Il en résulte une dessalure du milieu à l'origine de la disparition des halophytes et un comblement ou ensablement des terres des bas-fonds entraînant la disparition des macrophytes. Lorsque les conditions du milieu deviennent défavorables cette végétation évolue vers une végétation moins exigeante en eau et en sel conduisant à la mise en place des terrophytes plus ou moins indifférentes. Dans les dépressions profondes inondées en permanence se développe une végétation hygrophile ou meso-hygrophile constituée par *Typha domingensis*, *phragmites australis* et *Paspalidium geminatum*.

Les sables littoraux secs sont constitués de dunes vives et présentent un couvert végétal peu fourni constitué de quelques fragments du groupement à *Ipomoea pes-caprae* et *Sporobolus spicatus* décrit par Trochain. Les conditions édaphiques de ces dunes ne sont pas favorables au développement d'une végétation spontanée. La végétation est formée par des espèces telles que *Scaevola plumieri*, *Ipomoea pes-caprae*, *Sporobolus spicatus*, *Centaurea perrottettii* qui sont des espèces pionnières fixatrices de dunes vives ou semi-fixées. Cette végétation se trouve dans un état de dégradation très avancée du fait de l'urbanisation croissante de la zone littorale.

Durant ces dernières années, le lac Tanma a connu d'importants changements aussi bien dans sa composition floristique que dans la nature de son substrat qu'est le sol. Les longues sécheresses ont contribué au tarissement du lac et indirectement accentué le processus de transformation édaphique. Si nous

suivons l'évolution du sol du centre du lac vers les rives en passant par les buttes à salicornes, le sol est progressivement limoneux très fin, puis limono-sableux et enfin sablo-limoneux ; ce qui montre un enrichissement en matériel sableux. Donc avec la sécheresse, les salicornes qui constituaient dans le temps le peuplement dense des rives du lac ont commencé à disparaître. Parallèlement, *Diplachne fusca* prend de l'ampleur et envahit le centre du lac après le retrait de l'eau et la végétation de la savane qui était un peu plus éloignée des rives s'en rapproche progressivement. Raynal (1963) a programmé une évolution progressive de la végétation du lac à partir du groupement à *Salicornia europaea*. Il a imaginé une évolution possible dans deux directions différentes selon que l'apport d'eau douce est suffisant ou insuffisant. La sécheresse a fait que la bifurcation s'est faite dans le sens d'un apport insuffisant d'eau douce. Dans ce cas, selon Raynal le passage devrait se faire vers les groupements à *Sporobolus* puis à *Imperata* et enfin vers la savane péniclimacique. Mais nous n'avons rencontré ni *Sporobolus* ni *Imperata* dans les relevés faits au lac.

Dans le système côtier de la grande côte, le lac Rose se distingue des autres formations lacustres comme le lac Tanma par certaines particularités tant naturelles que socio-économiques, marquées par la coloration de ses eaux (rose), une forte expansion touristique, de fortes activités d'extraction et de commercialisation du sel, une imposante couverture arboriculaire ainsi que des problèmes liés à l'intensification de l'élevage. Ce lac et son bassin versant concentrent de nombreuses ressources et opportunités mais restent aussi particulièrement exposés aux nuisances et aux dégradations résultant de l'activité humaine (forte pression sur les ressources, implantation anarchique et incontrôlée, démantèlement des terrasses et amas coquilliers, défrichements, etc.). Par suite de la fermeture de la lagune originelle, le lac fonctionne comme un bassin évaporatoire avec une concentration de ses eaux et la réduction de sa surface. La régression des rives du lac avec le développement des formes vives éoliennes, la pression foncière et l'abaissement des nappes phréatiques sont à l'origine des modifications du couvert végétal réduit à des espèces telles que *Nesaea radicans*, *Fimbristylis ferruginea*, *Cyperus laevigatus*, *Typha domingensis*. Ces modifications qui vont dans le sens d'une dégradation et d'une transformation accélérée des paysages antérieurs, procèdent des conditions environnementales,

d'aménagement et d'exploitation de la région. A cet égard, le déclenchement de la phase sèche de la décennie 1970 a contribué à amplifier le processus de dégradation, largement enclenché par la mise en valeur agricole généralisée des "Niayes".

La végétation des steppes herbeuses constitue les pâturages ou parcours naturels du bétail. Ces parcours, qui comprennent la végétation spontanée mais aussi les aires de fanes et de plantes post-culturelles, représentent quasiment la seule possibilité d'affouragement du cheptel. Les espèces les plus communes (composées principalement de graminées annuelles) sont *Andropogon gayanus*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Jacquemontia tamnifolia*, *Tephrosia purpurea*, *Chrozophora senegalensis*, *Abildgaardia hispidula*, *Waltheria indica*, *Cenchrus biflorus*, *Aristida stipoides*, *Pennisetum violaceum*, *Leptadenia hastata*, *Borreria verticillata*, *Waltheria indica*, *Zornia glochidiata*, *Indigofera astragalina*. Ce type de végétation présente une grande capacité de dissémination, ce qui peut expliquer leur large répartition dans la zone. Elle subit d'importantes modifications dues à l'action des troupeaux qui participent activement à la dispersion de certaines espèces telles que *Cenchrus biflorus*, *Zornia glochidiata* possédant des dispositifs leur permettant aux semences d'être véhiculées par les animaux.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les travaux menés dans cette étude ont permis d'établir la phytosociologie de la zone des "Niayes" à partir de l'étude de la variabilité spatiale de la strate herbacée. Cette végétation se caractérise par sa grande diversité et par une forte hétérogénéité. Riche d'environ 335 espèces réparties dans 49 familles, elle présente un certain nombre de groupements dont d'aucuns ont été mis en évidence. Ces groupements végétaux sont fortement liés aux variations des conditions du milieu.

En comparant nos résultats avec ceux de Trochain et Raynal, on se rend compte que la zone des "Niayes" a connu une très nette évolution aussi bien dans sa composition floristique que dans la nature de son substrat et son climat. Les conséquences de la sécheresse sur cette végétation sont considérables :

- avec l'insuffisance de pluies, les nappes ne sont plus suffisamment alimentées et on assiste à un tarissement d'une grande partie des mares et des lacs accentué par un comblement par ensablement des terres des bas-fonds;
- menaces de l'avancée des dunes vives et remise en mouvement des dunes anciennes dans le littoral, ce qui est à l'origine de la disparition de certaines espèces végétales ;
- salinisation des sols et des nappes par suite d'une rupture de l'équilibre entre l'eau douce et l'eau salée à la faveur de l'eau salée ou d'une intrusion marine.

C'est ainsi que dans les dépressions interdunaires la végétation évolue en fonction du degré de salinité de la nappe phréatique et de sa profondeur. Lorsqu'elle est très salée et affleurante, les espèces comme *Paspalum vaginatum*, *Blutaparon vermiculare* et *Blumea viscosa* sont très bien représentées. Lorsque le milieu devient de moins en moins salé et humide on assiste à la mise en place des espèces comme *Imperata cylindrica* et d'autres espèces moins exigeantes en eau. Par contre dans les bas-fonds où la nappe d'eau douce domine, ce sont des macrophytes comme *Typha domingensis*, *Phragmites vulgaris* et *Paspalidium geminatum* qui s'installent.

Dans les dépressions interdunaires bien que la majorité des espèces caractéristiques subsistent toujours, le nombre d'individus ne cesse de diminuer et avec l'urbanisation croissante de cette zone très prisée par les touristes cette

végétation est entrain de disparaître. Certaines Graminées telles *Dactyloctenium aegyptium*, *Enteropogon prieurii*, *Cenchrus biflorus* ne cessent de gagner du terrain.

Au lac Tanma on assiste à la conquête de son lit par *Diplachne fusca*. En partie responsables des modifications texturales du sol, les salicornes ont perdu du terrain face à l'arrivée de *Schoenfeldia gracilis*. Le surpâturage est en partie à l'origine de la prolifération d'adventices et d'espèces rudérales qui entrent en compétition avec la flore primaire.

La végétation des "Niayes" est en relation étroite avec les gradients climatique et édaphique. Il faut cependant signaler l'importance de l'action anthropique sur cette végétation rendant pratiquement impossible la reconstitution de la végétation climacique.

Pour mieux comprendre la dynamique de cette végétation, il serait intéressant d'étendre l'étude dans d'autres parties de la zone, précisément vers le nord (Mboro et Gandiole), et suivre sa variabilité temporelle.

## BIBLIOGRAPHIE

- Adam J.G., 1953.** – Note sur la végétation des Niayes de la préqu'île du Cap-Vert. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, p. 153-158
- Adam J.C., 1958.** – Flore et végétation de la réserve botanique de Noflaye (environs de Dakar, Sénégal). *Bull. IFAN*, 20, série A (3) : p. 809-868.
- Aguilar N.O., 1997.** – *Thephrosia purpurea* (L.) Pers. In Faridah Hanum, I. & Van Der Maesen L.J.G. (Eds.): Plant Ressources of South East Asia N° 11. Auxiliary Plants. Prosea Foundation, Bogor, Indonesia. Pp. 246-248.
- Akpo, L. E., 1993.** – Influence du couvert sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien. ORSTOM (TDM), Paris, 174p.
- Akpo, L.E., Gaston, A. & Grouzis, M., 1995.** – Structure spécifique d'une végétation sahélienne. Cas de Wiidu Thiengoli (Ferlo, Sénégal). *Bull. Mus. natl. Hist. nat.*, Paris, 4<sup>e</sup> ser., 17, 1995.
- Akpo, L.E., Diouf, M., Bada, F., Diatta, M., Grouzis, M., 2001.** – Relations herbe/arbre dans une savane arbustive : influence du couvert sur la diversité et la production des herbages soudano-sahéliens. *Webbia* 56(1) : 181-199.
- Allorge P., 1922.** – Les associations végétales du Vexin français. *Rev. gén. Bot.*, 33 et 34.
- Aubreville A., 1949.** – Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Paris: *Soc. Ed. Geogr. marit. colon.* 351 p.
- Bartha, R. 1970.** – Fodder plants in the Sahel Zone of Africa, München, Weltforum. Verlag.



**Benzecri J.P., 1973.** – L'analyse des données : Vol. 2, L'analyse des correspondances. *Dunod éd. , Paris*. 619 p.

**Berhaut, J., 1967.** – Flore du Sénégal. Clairafrique Ed., Dakar, 485p.

**Berhaut, J., 1971-1979.** – Flore illustrée du Sénégal, (Tome I, 626p.), (Tome II, 695p.), (Tome III, 634p.), (Tome IV, 625p.), (Tome V, 658p.), (Tome VI, 636p). Gouvernement du Sénégal, Ministère du Développement rural, Direction des Eaux et Forêts, Dakar.

**Blair Ralns, A. 1963.** – Misc. pap., Samaru (Nigeria), No. 1.

**Bocoum M., 1994.** – Méthodes d'analyses des sols et interprétations pédologiques. Bureau Pédologie du Sénégal. Min. de l'agriculture 54 p.

**Braun-Blanquet J., 1913.** – Die Vegetationsverhältniss der Schneestufe in den Rätisch Lepontischen Alpen. *N. Denkschr. d. Schweiz. Nat. Ges*, 48, 1-347.

**Braun-Blanquet J., 1928.** – *Pflanzensoziologie*, (1<sup>e</sup> éd.), Springer, Berlin. 330 p.

**Braun-Blanquet J. et Pavillard J., 1928.** – *Vocabulaire de sociologie végétale*. 3<sup>e</sup> éd., Montpellier.

**Cisse I. et Fall S. T., 2000.** - « Impact du système de production horticole sur l'environnement des Niayes », CITES HORTICOLES EN SURSIS ? *L'agriculture urbaine dans les grandes Niayes au Sénégal* : IDRC 2001, 120p. Chapitre. V.

- Cisse I, Fall S.T., Akinbamijo O.O., Diop Y.Mb., Adediran S.A., 2000.** — « Agriculture urbaine intensive et santé publique : l'utilisation des pesticides et leurs incidences sur la contamination des nappes phréatiques et les risques sur la santé des populations dans la zone des Niayes au Sénégal ». *Agriculture urbaine dans les villes ouest africaines: impacts des systèmes intègres de production intensive. Séminaire Atelier*. ISRA- ITC-CRDI Août 2001, 19 p.
- Cornet, A., 1981.** — Le bilan hydrique et son rôle dans la production de la strate herbacée de quelques phytocénoses sahéliennes au Sénégal. Thèse Ing., USTL, Montpellier, 353 p.
- Dervin C., 1990.** — « Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances ? » - I.N.R.A. — I.N.A. — P.G. Mathématiques — Informatique — Biométrie, 75 p
- Dougall H. W., et Bogdan A.V., 1958.** E. Afr. Agric. J., 23 (4): 236.
- Dubreuil P., 1974.** — *Initiation à l'analyse hydrologique*. Masson, ORSTOM, Paris, 216p.
- Grillas P., et Battedou G., 1998.** — Effects of flooding date on the biomass, species composition and seed production in submerged macrophyte beds in temporary marshes in the Camargue (S. France). In: Wetlands for the future. McCOMB A.J. & DAVIS J.A.. Gleneagles Publishing Adelaide (AUS) p 207-218.
- Duchaufour Ph., 1960.** — Précis de pédologie. M. et C<sup>ie</sup>. 435 p.
- Duchaufour Ph., 1991.** — Pédologie : sol, végétation, environnement. 3<sup>e</sup> éd. Masson. 289 p.

- Ellenberg L., 1956** – Aufgaben und Methoden der vegetationskunde. Ulmer, Stuttgart, 136 p *in méthode d'étude quantitative de la végétation* (GOUNOT).
- Fall, A. S., S. T. Fall, I. Cisse, A. N. Badiane, M. B. Diao et C.A. Fall, 2000.** — « Caractéristiques de la zone des Niayes », CITES HORTICOLES EN SURSIS ? *L'agriculture urbaine dans les grandes Niayes au Sénégal* : IDRC 2001, 120p. Chapitre. I.
- Gehu J. M., 1988.** – L'analyse symphytosociologique et géosymphytosociologique de l'espace. Théorie et méthodologie. *Coll. Phytosoc.* Versailles.
- Gehu J. M. et Rivas-Marinez S., 1981.** – Notions fondamentales de phytosociologie. Ber. Intern. Symposium Syntaxonomie in Rinteln.
- Glenn E., 1995.** – Effects of salinity on growth and evapotranspiration of *Typha domingensis* Pers. *Aquatic Botany* 52: 75-91.
- Gounot M., 1969.** – Méthode d'étude quantitative de la végétation. , M. e. C<sup>ie</sup>, Paris : 314 p.
- Guinochet M., 1967.** – L'écologie végétale : quelques remarques sur ses fondements et ses objectifs. *Mises à jour scient.*, **1**, p. 387-402.
- Guinochet M., 1973.** – Phytosociologie. *Coll. d'Ecol.*, M. e. C<sup>ie</sup>, Paris: 227 p.
- Hutchinson, J. and J.M. Daziel. 1963.** – Flora of West Tropical Africa, vol. II. Crown Agents, London. P. 237.
- Jansen, P.C.M., 2004.** *Jacquemontia tamnifolia* (L.) Griseb. [Internet] Fiche de Protabase. Grubben, G.J.H. & Denton, O.A. (Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas. <<http://database.prota.org/recherche.htm>>.

**Jansen, P.C.M., 2004.** *Sesuvium portulacastrum* (L.) L. [Internet] Fiche de Protabase. Grubben, G.J.H. & Denton, O.A. (Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas. < <http://database.prota.org/recherche.htm>>.

**Koechlin, J., 1989.** – Adaptation des systèmes agropastoraux aux milieux, au Niger et dans la Paraïba, pp. 317-321 in B. Bret, *Les hommes face aux sécheresses*. EST IHEAL.

**Lacoste A. et Salanon R. 1969.** – *Éléments de biogéographie et d'écologie*. Paris, Nathan, coll. fac. Géographie, 189 p.

**Lebrun, J.P., & Stork, A.L., 1991-1997.** – *Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale*. Editions des Conservatoire et Jardin botaniques, Genève (Vol. I : Généralités et Annonaceae à Pandaceae, 249 p. ; Vol. II : Chrysobalanaceae à Apiaceae, 257 p. ; Vol. III : Monocotylédones : Limnocharitaceae à Poaceae, 341p. Vol. IV : Gamopétales : Clethraceae à Lamiaceae, 712 p.).

**Leroux M., 1973.** – *La dynamique des précipitations au Sénégal*. Bull. Notes Africaines N° 142 ; IFAN ; p. 105-108.

**Marche-Marchad J., 1965.** – *Le monde végétal en Afrique intertropicale*. Edition de l'école, Paris, 477 p.

**Medius J., 1979.** – *Analyses pollinique d'un sol tourbeux de Niayes de Dakar*, Bull. IFAN., Tome 41, série A, N°3, p 443-482, 3 figures.

**M.E.P.N., 1998.** – *Programme d'Action Nationale de Lutte contre la Désertification*, rapport. 166 p.

**Naegle, A.F.G., 1971.** – *Etude et amélioration de la zone pastorale du Nord du Sénégal*. FAO, Rome, 163 p.

- Michel P. (1973).** – Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. ORSTOM, Paris
- Molinier R. et Vignes P., 1971.** – Ecologie et biocénotique. Delachaux & Niestlé, Neuchâtel et Paris, 457 pages.
- Nongonierma A., 1977.** – Contribution à l'étude biosystématique du genre *Acacia* en Afrique occidentale. III- Edaphologie. *Bull. IFAN*, Tome 39, Série A, N°1, p 23-72, 1 tableau.
- Ozenda P., 1964.** – Biogéographie végétale, Doin, Paris, 374 pp.
- Pereira Bareto, S., 1962.** – *Étude pédologique des « Niayes » méridionales (entre Cayar et Mboro)*, rapport général CRP, Hann, Dakar (Sénégal), MERC, p. 9.
- Raynal-Roques A., 1963.** – Flore et végétation des environs de Kayar (Sénégal) de la côte du lac Tanma. Mem. DES. Botanique, Dakar, Faculté des Sciences, 213 p.
- Raynal-Roques A., 1980.** – Les plantes aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne. In : Flore et Faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne par Durand J. R. et Lévêque C. Tome 1. *Init - et Doc. Tech.*, Orstom, n°44, Paris : 63-152.
- Robart G., 1984.** – Végétation de la République de Haiti, Thèse d'état, Grenoble, Univ. Sc. Bio. Et Med., 149 p.
- Roy-Noël J. et Wane C., 1977.** – L'attaque des arbres par les termites dans la Presqu'île du Cap-Vert (Sénégal). I - Cas du reboisement sur les dunes vives de Malika. *Bull. IFAN*, Tome 39, série A, N°1, p. 124-141, 4 figures

- Roy-Noël J., 1982.** – L'attaque des arbres par les termites dans la Presqu'île du Cap-Vert (Sénégal). II - Cas du reboisement sur dunes fixées de Mbao. *Bull. IFAN*, Tome 44, série A, N°1 et 2, p. 115-145, 3 figures.
- Sarr A., Thiam A., Ba A.T., 2001.** – Macrophytes et groupements Végétaux aquatiques et amphibies de la basse vallée du Ferlo (Sénégal). *AJST*, Vol. 2, n° 1: June, 2001.
- Sen K.C., 1938.** – Indian Council of Agricultural Research. *Bulletin* No. 25.
- Sen K.M., et Macey G.L., 1965.** – 9<sup>th</sup> Int. Grassld Congr., p. 763.
- Smith, A. C. 1981.** – Flora Vitiensis nova: A new flora of Fiji. Lawai, Kauai, Hawaii. National Tropical Botanical Garden. 2:394-395.
- Soltner D., 1992.** – Les bases de la production végétale. Tome II : le climat. 6<sup>e</sup> édition, 312 p.
- Staljanssens M., 1986.** – Cartographie et télédétection des ressources de la République du Sénégal. Etude de la géologie, de l'hydrologie, des sols, de la végétation et des potentiels d'utilisation des sols. DAT, Sénégal
- Trochain J. L., 1940.** – Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal. *Mem IFAN*, N°2, Vol. 1 433 p.
- Trochain J.L., 1969.** – Les territoires phytogéographiques de l'Afrique francophone d'après la trilogie climat, flore, végétation. Soc. Biogéogr., Fr., 402 p.
- Valenza J., 1984.** – Surveillance continue des pâturages naturels sahétiens sénégalais, résultats de 10 années d'observation. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays trop.*, 53 p.

**Vandhen Berghen C., 1988.** – Flore illustrée du Sénégal. Gouvernement du Sénégal, Ministère du Développement rural, Direction des Eaux et Forêts, Dakar, tome IX, 522p.

**Wagner, W.L., D.R. Herbst and S.H. Sohmer, 1999.** – Manual of the flowering plants of Hawai'i. Revised edition. University of Hawai'i Press, Honolulu. p.1280.

## ANNEXES

### Annexe 1: Résultats d'analyse des sols

N° sol		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Argile	%	0	0.5	0	7.5	2.5	4.1	33	11.8	3.3	6.5	6.3	1.8
limon fin	%	0.2	1.2	0	0.2	6.4	6.4	16	76.7	24.9	10.5	10.5	3.9
limon grossier	%	0.2	1	0.3	0.9	1	0.4	1.5	0.8	1.6	1.2	1.6	10
LIMON TOTAL	%	0.3	2.2	0.3	1.2	7.4	6.7	17.5	77.5	26.4	11.7	12.1	4.9
sable très fin	%												
sable fin	%	13.6	35.2	49.7	35.1	24.4	24.8	23.2	3.3	19.9	41.9	43	33.4
sable moyen	%	86	62.1	49.4	56	64.1	46.6	52.2	3.5	49.2	36.7	38.3	59.7
sable grossier	%	0.1	0	0.4	0.2	1.5	5.2	0.3	0.3	0.3	1.2	0.3	0.3
sable très gros.	%	0											
SABLE TOTAL	%	99.7	97.3	99.5	91.3	90.1	76.6	75.7	7.2	69.3	79.8	81.6	93.4
classe texturale													
Carbone organique	%	0.4	4.43	2.77	1.32	0.77	7.29	3.84	2.09	1.126	1.63	1.63	0.65
matière organique	%	0.69	0.74	4.76	2.27	1.32	12.54	6.6	3.59	2.17	2.8	2.8	1.12
azote total	%	0.034	0.036	0.23	0.12	0.067	0.92	0.29	0.18	0.1	0.14	0.14	0.06
rapport C/N		11.8	11.9	12	10	11.5	7.9	13.2	11.6	12.6	11.6	11.6	10.8
P assimilable	ppm	13	16	10	34	25	25	30	34	40	27	95	70
CEC/100g sol	méq/100g	13.5	12.5	14.5	23.5	19.2	42.7	27.2	11.6	21.5	15	12.5	15
Ca++ échangeable	méq/100g	13.4	5.78	132.6	4.34	7.82	30.6	12.9	27.54	20.4	20.4	24	4.34
Mg++	méq/100g	0.68	0.34	15.3	1.86	1.36	0.68	4.08	14.96	2.72	1.7	2.1	1.24
K+ échangeable.	méq/100g	0.04	0.08	0.23	0.26	0.17	0.26	0.08	0.76	0.45	0.41	0.49	0.3
Na+ échangeable.	méq/100g	0.15	0.71	4.6	0.42	0.22	0.26	0.58	0.95	0.27	0.17	0.27	0.04
somme bases	méq/100g	4.27	6.91	152.73	6.9	9.57	31.8	17.6	44.21	23.84	22.68	26.86	5.92
taux saturation	%	31.6	55.3	1053.3	29.4	49.8	74.5	65	350.9	110.9	151.2	214.9	39.5
%Na+ échangeable	%	1.1	5.7	31.7	1.8	1.1	0.6	2.1	7.5	1.3	1.1	2.2	0.3
CEC/100g argile	méq/100g		2156		242.9	644.8	330.2	35.9	36.1	506.5	130.5	95.7	708.6
COND-ELECT	mmho/cm	0.054	0.295	26.6	0.24	0.156	0.742	1.27	2.05	0.9	0.116	0.12	0.064
pH eau (1/2.5)		9	8.7	3.2	5.7	8.6	7.9	5.6	8	7.9	8.9	6.8	6.4
pH Kcl (1/2.5)		8.8	8.6	3.1	5.6	8.4	7.7	5.4	7.9	8	8.7	6.5	6.3
Autres analyses													
Calcium soluble	méq/100g			49.5			6.46	3.4	6.8	8.84			
Magnésium	méq/100g			91.5			0.68	1.36	4.08	1.36			
Sodium soluble	méq/100g			61.42			0.04	9.5	6.13	0.52			
Potassium soluble	méq/100g			0.45			0.57	0.72	0.47	0.4			
Chlorures solubles	méq/100g			1.38			3	7	8	4.4			
Bicarbonates	méq/100g			0			3.5	0.5	1	1.5			
Sulfates solubles	méq/100g			33.28			1.3	6.42	7.85	5.13			



## Annexe 2 : Liste des espèces affectées de leur code

<i>Enteropogon prieurii</i> (Kunth) Clayton	Poaceae	E1
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	Poaceae	E2
<i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.	Poaceae	E3
<i>Cressa cretica</i> L.	Crassulaceae	E4
<i>Diplachne fusca</i> L.	Poaceae	E5
<i>Alysicarpus ovalifolius</i> S.et Th.	Papilionaceae	E6
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Amaranthaceae	E7
<i>Amaranthus viridis</i> L.	Amaranthaceae	E8
<i>Crotalaria retusa</i> L.	Fabaceae	E9
<i>Eragrostis pilosa</i> (L.) P. Beauv.	Poaceae	E10
<i>Heliotropium ramosissimum</i> Lehm.	Boraginaceae	E11
<i>Ipomoea kotschyana</i> Hochst.ex Choisy	Convolvulaceae	E12
<i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne.	Asclepiadaceae	E13
<i>Pennisetum violaceum</i> (Lam.) Rich.	Poaceae	E14
<i>Salicornia europaea</i> L.	Chenopodiaceae	E15
<i>Sesbania sesban</i> (L.) Merrill.	Fabaceae	E16
<i>Tephrosia purpurea</i> (L.) Pers.	Fabaceae	E17
<i>Achyranthes aspera</i> L.	Amaranthaceae	E18
<i>Boerhavia erecta</i> L.	Nyctaginaceae	E19
<i>Corchorus olithorius</i> L.	Tiliaceae	E20
<i>Corchorus tridens</i> L.	Tiliaceae	E21
<i>Digitaria velutina</i> (Forssk.) P. Beauv.	Poaceae	E22
<i>Jacquemontia tamnifolia</i> (L.) Griseb.	Convolvulaceae	E23
<i>Blutaparon vermiculare</i> (L.) Mears	Amaranthaceae	E24
<i>Salsola baryosma</i> (Roem. & Schutt.) Dandy	Chenopodiaceae	E25
<i>Schoenefeldia gracilis</i> Kunth	Poaceae	E26
<i>Sida alba</i> L.	Malvaceae	E27
<i>Achyranthes aspera</i> var. <i>argentea</i> (Lam.) Boiss.	Amaranthaceae	E28
<i>Aristida adscensionis</i> L.	Poaceae	E29
<i>Aristida stipoides</i> Lam.	Poaceae	E30
<i>Boerhavia</i> sp A.	Nyctaginaceae	E31
<i>Boerhavia repens</i> L.	Nyctaginaceae	E32
<i>Brachiaria lata</i> (Schumach.) Hubb.	Poaceae	E33
<i>Cleome viscosa</i> L.	Caparidaceae	E34
<i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad.	Cucurbitaceae	E35
<i>Cyperus</i> sp	Cyperaceae	E36
<i>Dinebra retroflexa</i> (Vahl) Panzer	Poaceae	E37
<i>Eragrostis tremula</i> Steud.	Poaceae	E38
<i>Heliotropium ovalifolium</i> Forssk.	Boraginaceae	E39
<i>Hibiscus asper</i> Hook.f.	Malvaceae	E40
<i>Indigofera aspera</i> Perr. ex DC	Fabaceae	E41
<i>Indigofera pilosa</i> Poir.	Fabaceae	E42
<i>Indigofera</i> sp	Fabaceae	E43
<i>Ipomoea coptica</i> L.	Convolvulaceae	E44
<i>Merremia tridentata</i> (L.) Hall.f.	Convolvulaceae	E45
<i>Pupalia lappacea</i> (L.) A. Juss.	Amaranthaceae	E46
<i>Sesbania pubescens</i> DC.	Fabaceae	E47
<i>Corchorus trilocularis</i> L.	Tiliaceae	E48
<i>Waltheria indica</i> L.	Sterculiaceae	E49
<i>Strophanthus sarmentosus</i> DC.	Apocynaceae	E50
<i>Croton labatus</i> L.	Eupobiaceae	E51
<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	Fabaceae	E52
<i>Crotalaria perrottetii</i> DC.	Fabaceae	E53
<i>Brachiaria villosa</i> (Lam.) A. Camus	Poaceae	E54

<i>Rhynchosia minima</i> (L.) DC.	Fabaceae	E55
<i>Cyperus haspan</i> L.	Cyperaceae	E56
<i>Boerhavia diffusa</i> L.	Nyctaginaceae	E57
<i>Indigofera diphylla</i> Vent.	Fabaceae	E58
<i>Mitracarpus villosus</i> (Sw.) DC.	Rubiaceae	E59
<i>Commiphora africana</i> (A.Rich.) Engl.	Burseraceae	E60
<i>Eragostis ciliaris</i> (L.) R.Br.	Poaceae	E61
<i>Sesamum indicum</i> L.	Pedaliaceae	E62
<i>Paspalum vaginatum</i> Sw.	Poaceae	E63
<i>Peristrophe paniculata</i> (Forssk.) Brummitt	Acanthaceae	E64
<i>Corchorus aestuans</i> L.	Tiliaceae	E65
<i>Abutilon pannosum</i> (Forst.f.) Schlechtend.	Malvaceae	E66
<i>Indigofera tinctoria</i> L.	Fabaceae	E67
<i>Euphorbia</i> sp	Euphorbiaceae	E68
<i>Sesbania pachycarpa</i> DC.emeud.Guill.& Perr.	Fabaceae	E69
<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T.Anders.	Acanthaceae	E70
<i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae	E71
<i>Dichrostachys cinerea</i> L. subsp. <i>cinerea</i>	Mimosaceae	E72
<i>Cissampelos mucronata</i> A.Rich.	Menispermaceae	E73
<i>Sesbania leptocarpa</i> DC.	Fabaceae	E74
<i>Coccinia grandis</i> (L.) Voigt	Cucurbitaceae	E75
<i>Pergularia daemia</i> (Forssk) Chiov.	Asclepiadaceae	E76
<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	Portulacaceae	E77
<i>Cyperus crassipes</i> Vahl	Cyperaceae	E78
<i>Eragrostis</i> sp	Poaceae	E79
<i>Blainvillea gayana</i> Cass.	Asteraceae	E80
<i>Momordica balsamina</i> L.	Cucurbitaceae	E81
<i>Blepharis linariifolia</i> Pers.	Acanthaceae	E82
<i>Echinochloa</i> sp	Poaceae	E83
<i>Leonotis nepetifolia</i> var. <i>africana</i> (P.Beauv.) Morton	Lamiaceae	E84
<i>Tragus racemosus</i> (L.) All.	Poaceae	E85
<i>Cyperus dives</i> Del.	Cyperaceae	E86
<i>Cassia obtusifolia</i> L.	Caesalpiniaceae	E87
<i>Setaria verticillata</i> (L.) P.Beauv.	Poaceae	E88
<i>Commelina forskolaiei</i> Vahl	Commelinaceae	E89
<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem.& Schult.	Convolvulaceae	E90
<i>Chrozophora senegalensis</i> (Lam.) A.Juss. Ex Spreng.	Euphorbiaceae	E91
<i>Striga hermonthica</i> (Del.) Benth.	Scrophulariaceae	E92
<i>Merremia pinnata</i> (Choisy) Hall.f.	Convolvulaceae	E93
<i>Euphorbia hirta</i> L.	Euphorbiaceae	E94
<i>Vetiveria nigrifolia</i> (Benth.) Stapf	Poaceae	E96
<i>Amaranthus</i> sp	Amaranthaceae	E97
<i>Stylosanthes</i> sp	Fabaceae	E98
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	E99
<i>Eragostis tenella</i> (L.) Roem. & Schult.	Poaceae	E100
<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	Malvaceae	E102
<i>Abildgaardia hispidula</i> (Vahl) Lye	Cyperaceae	E103
<i>Crotalaria senegalensis</i> (Pers.) Bacle ex DC.	Fabaceae	E104
<i>Cassia occidentalis</i> L.	Caesalpiniaceae	E105
<i>Spermacoce stachydea</i> DC.	Rubiaceae	E106
<i>Crotalaria sphaerocarpa</i> Perr. ex DC.	Fabaceae	E107
<i>Zornia glochydiata</i> Reichb. ex DC.	Fabaceae	E108
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.	Poaceae	E109
<i>Launaea intybacea</i> (Jacq.) Beauverd.	Asteraceae	E110
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Raeuschil	Poaceae	E111
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) De Wit	Mimosaceae	E112

<i>Typha domingensis</i> Pers.	Typhaceae	E113
<i>Pandiaka involucrata</i> (Moq.) B.D. Jackson	Amaranthaceae	E114
<i>Hibiscus physaloides</i> Guill. & Perr.	Malvaceae	E115
<i>Eragrostis ciliaris</i> var. <i>laxa</i> (L.) R. Br.	Poaceae	E116
<i>Tephrosia</i> sp	Fabaceae	E117
<i>Spermacoce verticillata</i> L.	Rubiaceae	E118
<i>Ceratotheca sasamoides</i> Endl.	Pedaliaceae	E119
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	Poaceae	E120
<i>Triumfetta pentandra</i> A. Rich.	Tiliaceae	E121
<i>Sida cordifolia</i> L.	Malvaceae	E122
<i>Cassia absus</i> L.	Caesalpinaceae	E123
<i>Phyllanthus pentandrus</i> Schum. & Thonn.	Eupobiaceae	E124
<i>Amaranthus hybridus</i> subsp. <i>cruentus</i> (L.) Thell.	Amaranthaceae	E125
<i>Polycarpaea linearifolia</i> (DC.) DC.	Caryophyllaceae	E126
<i>Hyptis suaveolens</i> Poit.	Lamiaceae	E127
<i>Indigofera astragalina</i> DC.	Fabaceae	E128
<i>Tridax procumbens</i> L.	Asteraceae	E129
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	E130
<i>Datura fastuosa</i> L.	Solanaceae	E131
<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae	E132
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Poaceae	E133
<i>Blumea viscosa</i> (Mill.) Badillo	Asteraceae	E134
<i>Pycnus</i> sp	Cyperaceae	E135
<i>Corchorus</i> sp	Tiliaceae	E136
<i>Tephrosia linearis</i> (Willd.) Pers.	Fabaceae	E137
<i>Euphorbia balsamifera</i> Ait.	Eupobiaceae	E138
<i>Annona glauca</i> Schum. & Thonn.	Annonaceae	E139
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Poaceae	E140
<i>Brachiaria</i> sp	Poaceae	E141
<i>Commelina</i> sp	Commelinaceae	E142
<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight ex Arn	Mimosaceae	E143
<i>Mariscus ligularis</i> (L.) Urb.	Cyperaceae	E144
<i>Achyranthes</i> sp	Amaranthaceae	E146
<i>Andropogon gayanus</i> Kunth	Poaceae	E147
<i>Cyperus involucratus</i> Rottb.	Cyperaceae	E148
<i>Sida</i> sp	Malvaceae	E149
<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urban	Convolvulaceae	E150
<i>Tephrosia lupinifolia</i> DC.	Fabaceae	E151
<i>Indigofera bracteolata</i> DC.	Fabaceae	E152
<i>Spermacoce chaetocephala</i> DC.	Rubiaceae	E155
<i>Pentstemon nivalis</i> (J.F. Gmel.) Field & Wood	Asclepiadaceae	E157
<i>Pennisetum polystachion</i> (L.) Schult.	Poaceae	E158
<i>Cassia obtusifolia</i> L.	Caesalpinaceae	E159
<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	Asteraceae	E160
<i>Chloris pilosa</i> Schumach.	Poaceae	E161
<i>Ipomoea heterotrichia</i> F. Didr.	Convolvulaceae	E162
<i>Ipomoea eriocarpa</i> R. Br.	Convolvulaceae	E163
<i>Commelina bengalensis</i> L.	Commelinaceae	E164
<i>Blepharis maderaspatensis</i> (L.) Heyne ex Roth	Acanthaceae	E165
<i>Justicia ladanoides</i> Lam.	Acanthaceae	E166
<i>Cassia mimosoides</i> L.	Caesalpinaceae	E167
<i>Panicum laetum</i> Kunth	Poaceae	E169
<i>Mukia maderaspatensis</i> (L.) M. J. Roem.	Cucurbitaceae	E171
<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.	Poaceae	E172
<i>Indigofera berhautiana</i> Gillett	Fabaceae	E173
<i>Crotalaria astrorubens</i> Hochst.ex Benth.	Fabaceae	E174
<i>Indigofera secundiflora</i> Poir.	Fabaceae	E175

<i>Kohautia senegalensis</i> Cham. & Schlecht.	Rubiaceae	E176
<i>Cucumis melo</i> L.	Cucurbitaceae	E177
<i>Crotalaria arenaria</i> Benth.	Fabaceae	E179
<i>Tephrosia lathyroides</i> (Guilld.) Pers.	Fabaceae	E180
<i>Rhynchosia minima</i> var. <i>memnonia</i> (Del.) Cooke	Fabaceae	E181
<i>Schizakirium exile</i> (Hochst.) Pilger	Poaceae	E182
<i>Phyllanthus maderaspatensis</i> L.	Euphorbiaceae	E183
<i>Ctenium elegans</i> Kunth	Poaceae	E184
<i>Setaria barbata</i> (Lam.) Kunth	Poaceae	E185
<i>Botriochloa bladhii</i> (Retz.) S.T. Blake	Poaceae	E186
<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) Clayton	Poaceae	E187
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Euphorbiaceae	E188
<i>Kedrostis foetidissima</i> (Jacq.) Cogn.	Cucurbitaceae	E189
<i>Crotalaria glaucoidea</i> Bak.f.	Fabaceae	E190
<i>Corallocarpus epigaeus</i> (Rottl.) C.B.CL.	Cucurbitaceae	E191
<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	Sapindaceae	E192
<i>Micrococca mercurialis</i> (L.) Benth.	Euphorbiaceae	E193
<i>Alternanthera repens</i> (L.) Link.	Amaranthaceae	E194
<i>Aristida sieberiana</i> Trin.	Poaceae	E195
<i>Centaurea perrottetii</i> DC.	Asteraceae	E196
<i>Launaea brunneri</i> (Webb) Amin ex Boulos	Asteraceae	E198
<i>Striga gesnerioides</i> (Willd.) Vatke	Scrophulariaceae	E199
<i>Digitaria</i> sp	Poaceae	E200
<i>Indigofera sessiflora</i> DC.	Fabaceae	E201
<i>Sporobolus spicatus</i> (Vahl) Kunth	Poaceae	E202
<i>Euphorbia glaucophylla</i> Poir.	Euphorbiaceae	E203
<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) R.Br.	Convolvulaceae	E204
<i>Scaevola plumieri</i> (L.) Vahl	Lobeliaceae	E205
<i>Ammania senegalensis</i> Lam.	Lythraceae	E206
<i>Ludwigia abyssinica</i> A.Rich.	Onagraceae	E207
<i>Alternanthera sessilis</i> (L.) DC.	Amaranthaceae	E208
<i>Digitaria exilis</i> (Kippist) Stapf	Poaceae	E209
<i>Eleocharis mutata</i> (L.) Roem. & Schult	Cyperaceae	E210
<i>Ipomoea obscura</i> var. <i>obscura</i> (L.) Ker-Gawl.	Convolvulaceae	E211
<i>Aeschynomene</i> sp	Fabaceae	E212
<i>Melochia corchorifolia</i> L.	Sterculiaceae	E213
<i>Marsilea diffusa</i> Lepr.	Marsileaceae	E214
<i>Crotalaria</i> sp	Fabaceae	E215
<i>Sphaeranthus senegalensis</i> DC. excl.	Asteraceae	E216
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	Poaceae	E217
<i>Heliotropium indicum</i> L.	Boraginaceae	E218
<i>Ipomoea pes-tigridis</i> L.	Convolvulaceae	E219
<i>Aspilia kotschyi</i> (Sch.Bip. ex Hochst.) Oliv.	Asteraceae	E220
<i>Celosia trigyna</i> L.	Amaranthaceae	E221
<i>Pandiaka angustifolia</i> (Vahl) Hepper, kew Bull.	Amaranthaceae	E222
<i>Dalechampia scandens</i> L.	Euphorbiaceae	E223
<i>Indigofera hirsuta</i> L.	Fabaceae	E224
<i>Clitoria ternatea</i> L.	Papilionaceae	E225
<i>Indigofera parviflora</i> Heyne ex Wight & Arn.	Fabaceae	E226
<i>Cassia nigricans</i> Vahl	Caesalpinaceae	E227
<i>Crotalaria</i> sp	Fabaceae	E228
<i>Indigofera colutea</i> (Burm.f.) Merrill	Fabaceae	E229
<i>Murdannia nudiflora</i> (L.) Brenan	Commelinaceae	E230
<i>Sida rhombifolia</i> L.	Malvaceae	E231
<i>Spermacoe</i> sp	Rubiaceae	E232
<i>Vigna</i> sp	Fabaceae	E233
<i>Sporobolus pyramidalis</i> P.Beauv.	Poaceae	E234

<i>Diodia sarmentosa</i> Sw.	Rubiaceae	E235
<i>Cadaba farinosa</i> Forsk.	Capparidaceae	E236
<i>Ipomoea vagans</i> Bak.	Convolvulaceae	E237
<i>Cucumis melo</i> L. var. <i>agrestis</i> Naud.	Cucurbitaceae	E238
<i>Oldenlandia corymbosa</i> L.	Rubiaceae	E239
<i>Setaria verticillata</i> (L.) P.Beauv.	Poaceae	E240
<i>Ipomoea</i> sp	Convolvulaceae	E241
<i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) F.T. Hubb.	Poaceae	E242
<i>Sida urens</i> L.	Malvaceae	E243
<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L.	Convolvulaceae	E244
<i>Stylosanthes erecta</i> P.Beauv.	Fabaceae	E245
<i>Panicum</i> sp	Poaceae	E246
<i>Monechma ciliatum</i> (Jacq.) Milne-Redh.	Acanthaceae	E247
<i>Acalypha ciliata</i> Forsk.	Euphobiaceae	E248
<i>Limeum diffusum</i> (Gay) Schinz	Aizoaceae	E249
<i>Scoparia dulcis</i> L.	Scrophulariaceae	E250
<i>Ammania</i> sp	Lythraceae	E251
<i>Crotalaria goreensis</i> Guill. & Perr.	Fabaceae	E252
<i>Tinospora bakis</i> (A.Rich.) Miers.	Menispermaceae	E253
<i>Alysicarpus rugosus</i> (Willd.) DC.	Papilionaceae	E254
<i>Tephrosia bracteolata</i> Guill. & Perr.	Fabaceae	E255
<i>Crotalaria podocarpa</i> DC.	Fabaceae	E256
<i>Sida linifolia</i> Juss. ex Cav.	Malvaceae	E257
<i>Eragrostis domingensis</i> (Pers.) Steud.	Poaceae	E258
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. ex Wight	Asteraceae	E259
<i>Amaranthus graecizans</i> L.	Amaranthaceae	E260
<i>Elionurus royleanus</i> Nees ex A.Rich.	Poaceae	E261
<i>Bothriochloa</i> sp	Poaceae	E262
<i>Alternanthera littoralis</i> var. <i>maritima</i> (Mars.) Pedersen	Amaranthaceae	E263
<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla Cyp.	Cyperaceae	E264
<i>Spermacoce hepperana</i> Verdc.	Rubiaceae	E265
<i>Sida acuta</i> subsp. <i>carpinifolia</i> (L.f.) Borss	Malvaceae	E266
<i>Mollugo verticillata</i> L.	Aizoaceae	E267
<i>Glinus</i> sp	Aizoaceae	E268
<i>Tephrosia nana</i> Schweinf.	Fabaceae	E269
<i>Euphorbia forskalii</i> J.Gay	Euphobiaceae	E270
<i>Gisekia pharnacioides</i> L.	Aizoaceae	E271
<i>Mollugo cerviana</i> (L.) Seringe	Aizoaceae	E272
<i>Ipomoea coscinosperma</i> Hchst.ex Choisy	Convolvulaceae	E273
<i>Corchorus</i> sp	Tiliaceae	E274
<i>Suaeda vermiculata</i> Forst.ex J.F.Gmel.	Amaranthaceae	E275
<i>Cyperus esculentus</i> L.	Cyperaceae	E276
<i>Tephrosia uniflora</i> Pers.	Fabaceae	E277
<i>Plumbago zeylanica</i> L.	Plumbaginaceae	E278
<i>Indigofera oblongifolia</i> Forssk.	Fabaceae	E279
<i>Phyllanthus</i> sp	Euphorbiaceae	E281
<i>Mariscus</i> sp	Cyperaceae	E282
<i>Ceratotheca</i> sp	Pedaliaceae	E283
<i>Eragrostis lingulata</i> Clayton	Poaceae	E284
<i>Indigofera</i> sp	Fabaceae	E286
<i>Pennisetum</i> sp	Poaceae	E287
<i>Cassia</i> sp	Caesalpiniaceae	E288
<i>Tamarix senegalensis</i> DC.	Tamaricaceae	E289
<i>Leptadenia pyrotechnica</i> (Forsk.) Decne.	Asclepiadaceae	E290
<i>Blumea</i> sp	Asteraceae	E291
<i>Momardica charantia</i> L.	Cucurbitaceae	E294
<i>Paspalidium geminatum</i> (Forssk.) Stapf	Poaceae	E295

<i>Trianthema sp</i>	Portulacaceae	E296
<i>Sesamum alatum</i> Thonn.	Pedaliaceae	E297
<i>Cassytha filiformis</i> L.	Lauraceae	E298
<i>Phyllanthus fraternus</i> Webster subsp. <i>togoensis</i> Brunel & Roux	Euphorbiaceae	E299
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Asteraceae	E300
<i>Sesbania sp</i>	Fabaceae	E301
<i>Phyla nodiflora</i> (L.) Greene	Verbenaceae	E302
<i>Sesbania sericea</i> (Willd.) Link.	Fabaceae	E303
<i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.) L.	Aizoaceae	E304
<i>Indigofera senegalensis</i> Lam.	Fabaceae	E305
<i>Cleome gynandra</i> L.	Capparidaceae	E306
<i>Cyanopsis senegalensis</i> G. et Perr.	Fabaceae	E308
<i>Passiflora foetida</i> L.	Cucurbitaceae	E310
<i>Fimbristylis cymosa</i> R.Br.	Cyperaceae	E311
<i>Citrullus sp</i>	Cucurbitaceae	E312
<i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam.ex Poir.	Capparidaceae	E313
<i>Physalis sp</i>	Solanaceae	E316
<i>Zornia apiculata</i> Milne-Redh.	Fabaceae	E318
<i>Brachiaria ramosa</i> (L.) Stapf	Poaceae	E319
<i>Vernonia nigriflora</i> Oliv. & Hiern.	Asteraceae	E320
<i>Asparagus flagellaris</i> (Kunth) Bak.	Asparagaceae	E321
<i>Ipomoea imperati</i> (Vahl) Griseb.	Convolvulaceae	E322
<i>Spermacoce verticillata</i> L.	Rubiaceae	E323
<i>Flaveria bidentis</i> (L.) Kuntze	Asteraceae	E325
<i>Pycnus polystachyos</i> (Rottb.) P.Beauv.	Cyperaceae	E326
<i>Sansevieria sp</i>	Dracaenaceae	E327
<i>Trianthema pentandra</i> L.	Portulacaceae	E328
<i>Urena lobata</i> L.	Malvaceae	E330
<i>Asteraceae sp</i>	Asteraceae	E331
<i>Arthrocnemum indicum</i> (Willd.) Moq.	Chenopodiaceae	E332
<i>Sporobolus microprotus</i> Stapf	Poaceae	E333
<i>Polygala sp</i>	Polygalaceae	E335
<i>Microchloa indica</i> (L.f.) P.Beauv.	Poaceae	E336
<i>Physalis angulata</i> L.	Solanaceae	E337
<i>Stachytarpheta indica</i> (L.) Vahl	Verbenaceae	E338
<i>Opuntia tuna</i> (L.) Miller	Cactaceae	E339
<i>Fabaceae sp</i>	Fabaceae	E340
<i>Opuntia linguiformis</i> D. Griff.	Cactaceae	E341
<i>Crotalaria sp</i>	Fabaceae	E342
<i>Schizakyrrium pulchellum</i> (Don ex Benth.) Stpf	Poaceae	E343
<i>Euphorbia forskalii</i> J. Gay	Euphorbiaceae	E344
<i>Fimbristylis sp</i>	Cyperaceae	E345
<i>Pedaliaceae sp</i>	Pedaliaceae	E346
<i>Polycarpaea sp</i>	Caryophyllaceae	E347
<i>Sclerocarpus africanus</i> Jacq.ex Murr.	Asteraceae	E348
<i>Clerodendrum capitatum</i> (Willd.) Schum.& Thonn.	Verbenaceae	E349
<i>Andropogon sp</i>	Poaceae	E350
<i>Eleocharis dulcis</i> (Burm.f.) Henschel	Cyperaceae	E351
<i>Fimbristylis ferruginea</i> (L.) Vahl	Cyperaceae	E352
<i>Abutilon sp</i>	Malvaceae	E353
<i>Pluchea ovalis</i> (Pers.) DC.	Asteraceae	E354
<i>Nesaea radicans</i> Guill. & Perr.	Lythraceae	E355
<i>Ambrosia maritima</i> L.	Asteraceae	E356
<i>Eleocharis sp</i>	Cyperaceae	E357
<i>Cyperus laevigatus</i> L.	Cyperaceae	E358
<i>Lemna sp</i>	Lemnaceae	E359

<i>Striga</i> sp	Scrophulariaceae	E360
<i>Ludwigia stolonifera</i> (Guill. & Pers.) Raven	Onagraceae	E361
<i>Cyperus compressus</i> L.	Cyperaceae	E362
<i>Cassia bicapsularis</i> L.	Caesalpiniaceae	E363
<i>Moluginaceae</i> sp	Moluginaceae	E364
<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	Asteraceae	E365

**Annexe 3** : Liste des familles : effectif et importance relative des genres et des espèces.

Familles	Effectif		Importance relative (%)		
	Genres		Espèces		
<i>Acanthaceae</i>	<i>Asystasia</i>	5	1	0,3	1,8
	<i>Blepharis</i>		2	0,6	
	<i>Justicia</i>		1	0,3	
	<i>Monechma</i>		1	0,3	
	<i>Peristrophe</i>		1	0,3	
<i>Aizoaceae</i>	<i>Gisekia</i>	5	1	0,3	1,8
	<i>Glinus</i>		1	0,3	
	<i>Limeum</i>		1	0,3	
	<i>Mollugo</i>		2	0,6	
	<i>Sesuvium</i>		1	0,3	
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Achyranthes</i>	6	3	0,9	4,5
	<i>Alternanthera</i>		3	0,9	
	<i>Amaranthus</i>		5	1,5	
	<i>Blutaparon</i>		1	0,3	
	<i>Pandiaka</i>		2	0,6	
	<i>Pupalia</i>		1	0,3	
<i>Annonaceae</i>	<i>Annona</i>	1	1	0,3	0,3
<i>Apocynaceae</i>	<i>Strophanthus</i>	1	1	0,3	0,3
<i>Asclepiadaceae</i>	<i>Leptadenia</i>	3	2	0,6	1,2
	<i>Pentatropis</i>		1	0,3	
	<i>Pergularia</i>		1	0,3	
<i>Asteraceae</i>	<i>Acanthospermum</i>	16	1	0,3	5,4
	<i>Ageratum</i>		1	0,3	
	<i>Ambrosia</i>		1	0,3	
	<i>Aspilia</i>		1	0,3	
	*		1	0,3	
	<i>Blainvillea</i>		1	0,3	
	<i>Blumea</i>		2	0,6	
	<i>Centaurea</i>		1	0,3	
	<i>Eclipta</i>		1	0,3	
	<i>Emilia</i>		1	0,3	
	<i>Flaveria</i>		1	0,3	
	<i>Launaea</i>		2	0,6	
	<i>Pluchea</i>		1	0,3	
	<i>Sclerocarpus</i>		1	0,3	
	<i>Sphaeranthus</i>		1	0,3	
	<i>Tridax</i>		1	0,3	
<i>Boraginaceae</i>	<i>Heliotropium</i>	1	3	0,9	0,9
<i>Burseraceae</i>	<i>Commiphora</i>	1	1	0,3	0,3
<i>Cactaceae</i>	<i>Opuntia</i>	1	2	0,6	0,6
<i>Caesalpinaceae</i>	<i>Cassia</i>	1	8	2,4	2,4
<i>Capparidaceae</i>	<i>Boscia</i>	3	1	0,3	1,2
	<i>Cadaba</i>		1	0,3	
	<i>Cleome</i>		2	0,6	
<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Polycarpea</i>	1	2	0,6	0,6
<i>Chenopodiaceae</i>	<i>Arthrocnemum</i>	3	1	0,3	0,9
	<i>Salicornia</i>		1	0,3	



	<i>Salsola</i>		1	0,3	
<i>Commelinaceae</i>	<i>Commelina</i>	1	3	0,9	1,2
	<i>Murdannia</i>	1	1	0,3	
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Evolvulus</i>	4	1	0,3	5,1
	<i>Ipomoea</i>		12	3,6	
	<i>Jacquemontia</i>		1	0,3	
	<i>Merremia</i>		3	0,9	
<i>Crassulaceae</i>	<i>Cressa</i>	1	1	0,3	0,3
<i>Cucurbitaceae</i>	<i>Coccinia</i>	8	1	0,3	3,3
	<i>Citrullus</i>		2	0,6	
	<i>Corallocarpus</i>		1	0,3	
	<i>Cucumis</i>		2	0,6	
	<i>Kedrostis</i>		1	0,3	
	<i>Momardica</i>		2	0,6	
	<i>Mukia</i>		1	0,3	
	<i>Passiflora</i>		1	0,3	
<i>Cyperaceae</i>	<i>Abildgaardia</i>	7	1	0,3	6,3
	<i>Bolboschoenus</i>		1	0,3	
	<i>Cyperus</i>		9	2,7	
	<i>Eleocharis</i>		3	0,9	
	<i>Fimbristylis</i>		3	0,9	
	<i>Mariscus</i>		2	0,6	
	<i>Pycnus</i>		2	0,6	
<i>Dracaenaceae</i>	<i>Sansevieria</i>	1	1	0,3	0,3
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Acalypha</i>	7	1	0,3	4,8
	<i>Chrozophora</i>		1	0,3	
	<i>Croton</i>		1	0,3	
	<i>Delachampia</i>		1	0,3	
	<i>Euphorbia</i>		7	2,1	
	<i>Micrococca</i>		1	0,3	
	<i>Phyllanthus</i>		4	1,2	
<i>Fabaceae</i>	<i>Aeschynomene</i>	10	1	0,3	15,3
	<i>Crotalaria</i>		12	3,6	
	<i>Cyanopsis</i>		1	0,3	
	<i>Indigofera</i>		15	4,5	
	<i>Rhynchosia</i>		2	0,6	
	<i>Sesbania</i>		6	1,8	
	<i>Stylosanthes</i>		2	0,6	
	<i>Tephrosia</i>		8	2,4	
	<i>Vigna</i>		2	0,6	
	<i>Zornia</i>		2	0,6	
<i>Lamiaceae</i>	<i>Hyptis</i>	2	1	0,3	0,3
	<i>Leonotis</i>		1	0,3	0,3
<i>Lauraceae</i>	<i>Cassytha</i>	1	1	0,3	0,3
<i>Lemnaceae</i>	<i>Lemna</i>	1	1	0,3	0,3
<i>Lobeliaceae</i>	<i>Scaevola</i>	1	1	0,3	0,3
<i>Lythraceae</i>	<i>Ammania</i>	2	2	0,6	0,9
	<i>Nesaea</i>		1	0,3	
<i>Malvaceae</i>	<i>Abutilon</i>	4	2	0,6	3,9
	<i>Hibiscus</i>		3	0,9	
	<i>Sida</i>		7	2,1	
	<i>Urena</i>		1	0,3	
<i>Marsileaceae</i>	<i>Marsilea</i>	1	1	0,3	0,3

Menispermaceae	<i>Cissampelos</i>	2	1	0,3	0,6
	<i>Tinospora</i>		1	0,3	
Mimosaceae	<i>Dichrostachys</i>	2	2	0,6	0,9
	<i>Leucaena</i>		1	0,3	
Moluginaceae	*	1	1	0,3	0,3
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia</i>	1	4	1,2	1,2
Onagraceae	<i>Ludwigia</i>	1	2	0,6	0,6
Papilionaceae	<i>Alysicarpus</i>	2	2	0,6	0,9
	<i>Clitoria</i>		1	0,3	
Pedaliaceae	<i>Ceratotheca</i>	2	2	0,6	1,2
	<i>Sesamum</i>		2	0,6	
Poaceae	<i>Andropogon</i>	31	2	0,6	17,7
	<i>Aristida</i>		3	0,9	
	<i>Botriochloa</i>		2	0,6	
	<i>Brachiaria</i>		4	1,2	
	<i>Cenchrus</i>		2	0,6	
	<i>Chloris</i>		1	0,3	
	<i>Ctenium</i>		1	0,3	
	<i>Cynodon</i>		1	0,3	
	<i>Dactyloctenium</i>		1	0,3	
	<i>Digitaria</i>		4	1,2	
	<i>Dinebra</i>		1	0,3	
	<i>Diplachne</i>		1	0,3	
	<i>Echinochloa</i>		1	0,3	
	<i>Eleusine</i>		1	0,3	
	<i>Elionurus</i>		1	0,3	
	<i>Enteropogon</i>		1	0,3	
	<i>Eragrostis</i>		9	2,7	
	<i>Imperata</i>		1	0,3	
	<i>Microchloa</i>		1	0,3	
	<i>Panicum</i>		2	0,6	
	<i>Paspalidium</i>		1	0,3	
	<i>Paspalum</i>		1	0,3	
	<i>Pennisetum</i>		4	1,2	
	<i>Phragmites</i>		1	0,3	
	<i>Rottboellia</i>		1	0,3	
	<i>Setaria</i>		3	0,9	
	<i>Schizachyrium</i>		2	0,6	
	<i>Schoenfeldia</i>		1	0,3	
	<i>Sporobolus</i>		3	0,9	
	<i>Tragus</i>		1	0,3	
	<i>Vetiveria</i>		1	0,3	
Polygalaceae	<i>Polygala</i>	1	1	0,3	0,3
Portulacaceae	<i>Trianthema</i>	1	3	0,9	0,9
Plumbaginaceae	<i>Plumbago</i>	1	1	0,3	0,3
Rubiaceae	<i>Diodia</i>	5	1	0,3	3
	<i>Kohautia</i>		1	0,3	
	<i>Mitracarpus</i>		1	0,3	
	<i>Oldenlandia</i>		1	0,3	
	<i>Spermacoce</i>		6	1,8	
Sapindaceae	<i>Cardiospermum</i>	1	1	0,3	0,3
Scrophulariaceae	<i>Scoparia</i>	2	1	0,3	1,2
	<i>Striga</i>		3	0,9	

<i>Solanaceae</i>	<i>Datura</i>	3	1	0,3	1,2
	<i>Physalis</i>		2	0,6	
	<i>Solanum</i>		1	0,3	
<i>Sterculiaceae</i>	<i>Melochia</i>	2	1	0,3	0,6
	<i>Waltheria</i>		1	0,3	
<i>Tamaricaceae</i>	<i>Tamarix</i>	1	1	0,3	
<i>Tiliaceae</i>	<i>Corchorus</i>	2	6	1,8	2,1
	<i>Triumfetta</i>		1	0,3	
<i>Typhaceae</i>	<i>Typha</i>	1	1	0,3	0,3
<i>Verbenaceae</i>	<i>Clerodendrum</i>	4	1	0,3	1,2
	<i>Lantana</i>		1	0,3	
	<i>Phyla</i>		1	0,3	
	<i>Stachytarpheta</i>		1	0,3	

#### **Annexes 4 : Provenance des sols**

SOL 1 provient de la dune portant *Scaevola plumieri* (Malika),

SOL 2 provient des arrières dunes portant *Alternanthera littoralis var. maritima* et  
*Ipomoea pes-caprae* (Malika),

SOL 3 provient d'un « tan » à *Paspalum vaginatum* (Cambérène).

SOL 4 provient d'une zone à *Typha australis* (Cambérène).

SOL 5 provient d'une zone à *Fimbristylis cymosa* (lac Rose).

SOL 6 provient d'une zone à *Ambrosia maritima* (lac Rose).

SOL 7 provient d'une zone à *Paspalidium geminatum* (Cambérène).

SOL 8 provient d'une zone à *Diplachne fusca* et *Cressa cretica* (lac Tanma)

SOL 9 provient d'une zone à *Salicornia europeae* (lac Tanma)

SOL 10 provient d'une zone à *Schoenefeldia gracilis* (lac Tanma)

SOL 11 provient d'une zone à *Andropogon gayanus* (Petit MBao)

SOL 12 provient d'une zone à *Tephrosia purpurea* et *Chrozophora senegalensis*  
(Cambérène).