

# PEJORATION CLIMATIQUE ET DEGRADATION DES FORMATIONS FORESTIERES EN HAUTE-CASAMANCE (SENEGAL)

Amadou Tahirou DIAW<sup>\*</sup>, Tidiane SANÉ<sup>\*</sup>, Pascal SAGNA<sup>\*\*</sup> et Mbaye DIOP<sup>\*</sup>

*Abstract* The objective of this study is to analyze climatic changes and forest degradation in Haute-Casamance, one with the highest biomass productivity of the country. This climatic analysis was performed using rainfall, temperature and evaporation data collected from to the Senegal National Meteorological Agency. Data of potential evapotranspiration (PET) was used to better characterize the evolution of the water balance. The results show changes in climatic conditions through an important rainfall deficit, particularly in the course of 1971-1980 and on 1981-1990 decades and an increase in temperatures. The deterioration of climatic conditions combined with unsustainable land use systems (brush fires, clearance, extension of cultures for private income, overexploitation,) had seriously disturbed the ecosystem and socioeconomic conditions of the Haute-Casamance. The land use mapping of two protected forest formations (Guimara in the north and Kayanga in the south), deduced from the interpretation aerial photographs, shows that forest degradation is more accentuated in the north in accordance with a north-south gradient of the rain gauge stations distribution in the study zone.

**Key words:** rainfall deficit, temperature increase, land use mapping, degradation, protected forest

*Résumé* L'objectif de ce travail est d'analyser la péjoration climatique et la dégradation des formations forestières en Haute-Casamance, une des zones les plus riches en ressources végétales du pays. Cette analyse climatique est faite à partir des données pluviométriques, de température et d'évaporation recueillies auprès de la Direction de la Météorologie Nationale du Sénégal. Les données d'évapotranspiration potentielle (ETP) sont utilisées afin de mieux caractériser l'évolution de bilans de l'eau. Ce travail montre une péjoration des conditions climatiques qui se manifeste par d'importants déficits pluviométriques, particulièrement au cours des décennies 1971-1980 et 1981-1990 et une hausse des températures. La dégradation des conditions climatiques combinée à une gestion anthropique déplorable (feux de brousse, défrichage, extension des cultures de rente, exploitation

---

\* Laboratoire d'Enseignement et de Recherche en Géomatique, Université Cheikh Anta Diop de Dakar

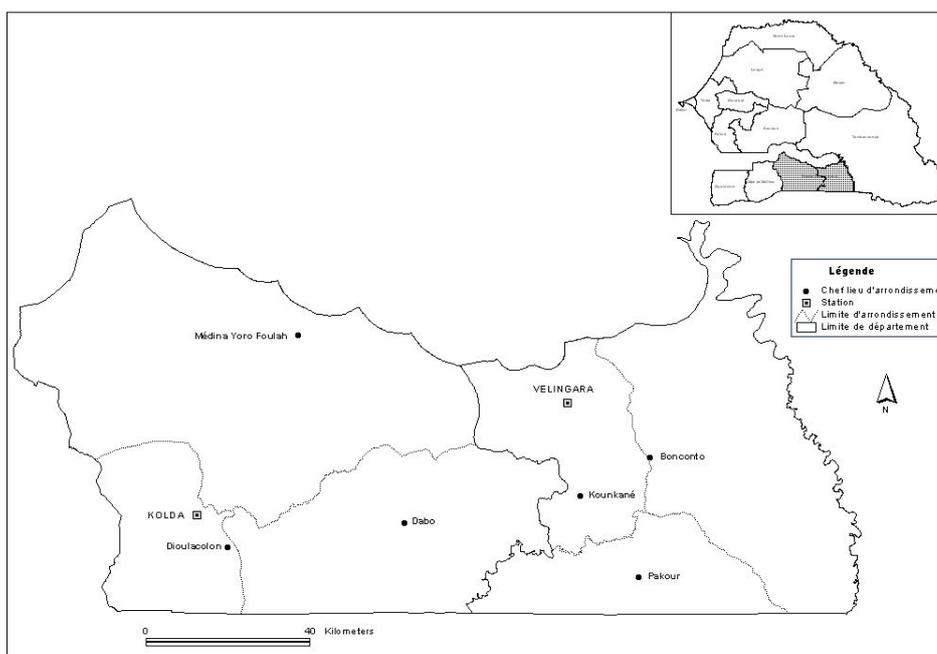
\*\* Laboratoire de Climatologie et d'Environnement, Département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar

forestière abusive) déséquilibrent très fortement l'écosystème de la Haute-Casamance et les conditions socio-économiques des populations. La cartographie d'occupation du sol de deux formations forestières classées (Guimara au nord et Kayanga au sud), se fondant sur l'interprétation des photographies aériennes, montre une dégradation plus importante au nord qu'au sud conformément aux différentes situations pluviométriques de la zone d'étude.

**Mots clés:** Déficit pluviométrique, Hausse de température, Cartographie, Occupation des sols, Dégradation, Forêts classées

## 1. Introduction

Située au sud du Sénégal, dans la région administrative de Kolda (Fig. 1), la Haute-Casamance couvre une superficie d'environ 13,718 km<sup>2</sup>. Sa pluviométrie relativement bonne explique son appartenance au domaine climatique sud-soudanien d'où l'existence d'importantes ressources forestières. Ces dernières sont fortement entamées suite à la péjoration climatique qui prévaut dans la zone depuis le début des années 1970. En effet, la baisse de la pluviométrie, couplée au réchauffement thermique, à l'élévation de l'évaporation et à l'action anthropique, induit une dégradation des systèmes écologiques en Haute-Casamance. Nous procéderons dans cette analyse à une mise en relation entre péjoration climatique et dégradation des formations forestières classifiées. La cartographie de l'occupation du sol des forêts classées de Guimara et de Kayanga, représentatives du gradient pluviométrique nord-sud de la zone, à partir des photographies aériennes, constitue un moyen privilégié d'évaluation des différents faciès forestiers des domaines considérés.



**Fig. 1** Situation de la Haute Casamance.

## 2. Données et méthodes

Les données climatiques de deux stations représentatives de la Haute-Casamance (Kolda et Vélingara) ont été utilisées dans cette étude. Il s'agit des données annuelles de précipitation, de température et d'évaporation auxquelles sont associées celles d'évapotranspiration potentielle (ETP) calculées avec la formule de Penman afin de mieux caractériser l'évolution des ressources hydriques. Le choix de ces stations repose sur le fait qu'elles sont les seules, en Haute-Casamance, à disposer d'une série pluviométrique suffisamment longue (1951–2000).

Nous avons utilisé la méthode des anomalies standardisées pour montrer l'évolution de la pluviométrie et des températures. Celle-ci a l'avantage de supprimer la variabilité propre à chaque station. Elle est obtenue par la formule suivante :

$$A_s = \frac{P - \overline{X}}{\sigma}$$

Où :

- P = précipitations de l'année considérée ;
- X = moyenne pluviométrique de la série ;
- $\sigma$  correspond à l'écart-type.

Les photographies aériennes (mission 1999 du PROGEDE<sup>1</sup>) ont été utilisées pour la cartographie de l'occupation du sol des formations forestières classifiées retenues dans cette étude. Cette cartographie se fonde sur les méthodes classiques de photo-interprétation et d'analyse de données numériques. L'analyse numérique des résultats a permis, à partir d'un SIG, de faire la hiérarchisation des faciès forestiers et la traduction de leur état cartographique. L'observation directe sur le terrain a permis de crédibiliser les analyses, notamment celles relatives aux impacts d'ordre anthropique.

## 3. Analyse et résultats

### Les causes climatiques de la dégradation des formations forestières en Haute-Casamance

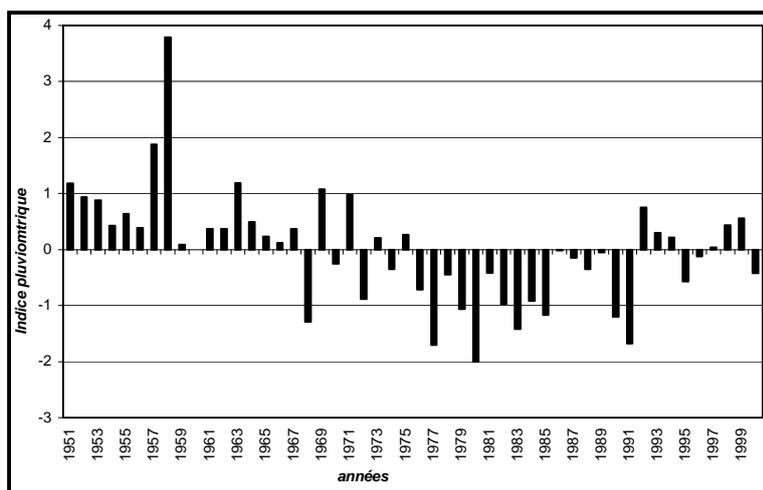
Plusieurs auteurs, Courel (1985) et, Chamard et Courel (1999), mentionnent que la distribution géographique des formations végétales et leur comportement saisonnier sont largement influencés par le climat. En effet, l'appartenance de la Haute-Casamance au domaine climatique soudanien explique l'importance relative de la couverture végétale. Celle-ci, très diversifiée selon que l'on est au nord ou au sud de la zone, est durement éprouvée ces dernières décennies par une longue période de déficit pluviométrique couplée avec une nette hausse thermique.

### Les précipitations

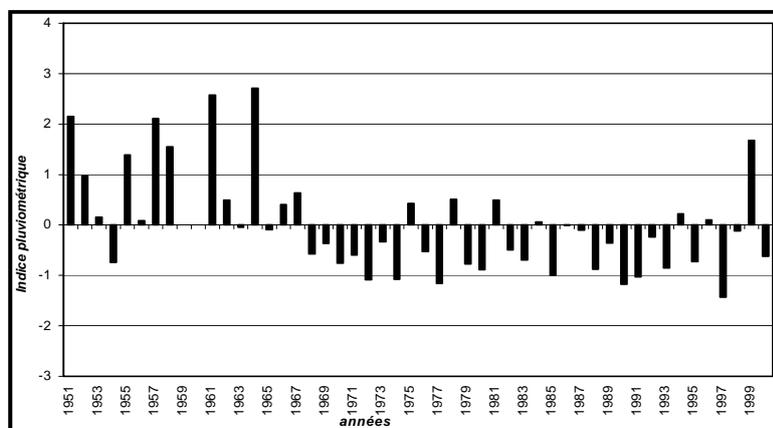
L'analyse de l'évolution des pluies en Haute-Casamance montre une forte variabilité spatio-temporelle. A la station de Kolda (Fig. 2), située au sud de la zone d'étude, tout comme à Vélingara

(Fig. 3), d'importants totaux annuels sont enregistrés globalement au cours de la période 1951-1970. Par contre, des déficits très accusés sont survenus entre 1971 et 1990. Ce phénomène est vivement ressenti durant la période 1975 à 1985 avec des déficits très profonds et très sévères. Une situation pluviométrique relativement normale est observée au cours de la décennie 1991-2000 avec une année particulièrement pluvieuse, 1999.

Cette baisse pluviométrique généralisée et très accusée au cours de ces trois dernières décennies en Haute-Casamance, comme partout ailleurs au Sénégal (Ndong 1996), peut être qualifié de "crise climatique" dans la mesure où elle s'accompagne d'une réduction de la durée de la saison pluvieuse (Diop 1996) et une hausse des épisodes secs (Sané 2003). Cette crise s'est traduite, en particulier, par la nette dégradation du bilan de l'eau des sols, l'affaissement, voire le tarissement de certaines nappes superficielles et le dysfonctionnement hydrologique des cours d'eau, des mares et des lacs. La végétation souffre énormément de ce déficit pluviométrique très accusé qui correspond, en réalité, à des changements très visibles dans l'aspect, la composition et la biologie des formations forestières qui font



**Fig. 2** Anomalies standardisées de la pluviométrie à Kolda (1951 – 2000).



**Fig. 3** Anomalies standardisées de la pluviométrie à Vélingara (1951 – 2000).

ressortir un net rapport de causalité. Cette baisse de la quantité des précipitations et leur mauvaise répartition ont entraîné le raccourcissement du cycle végétatif, une diminution de la taille des plantes et de la productivité totale. Ce déficit hydrique profond et prolongé amplifie les effets de l'évaporation, aggrave le déficit de la vapeur d'eau dans l'atmosphère et accroît la transpiration des végétaux surtout en saison sèche. Cette situation est en partie à l'origine de la réduction de la floraison, de la feuillaison et de la fructification. Par ailleurs, les observations sur le terrain montrent que les organismes végétaux développent également différentes stratégies de résistance ou d'adaptation face à l'instabilité et à la sévérité climatique caractéristique du domaine d'étude. C'est le cas des herbacées dont les graines développent une grande capacité de dormance dans des conditions climatiques difficiles dans la mesure où la durée de vie des semences de certaines espèces, qui s'étend sur plusieurs années permet de surmonter les conditions exceptionnelles de sécheresse (Grouzis 1992; Ndiaye 1995).

### Les températures

L'analyse des températures moyennes à la station de Kolda (Fig. 4) montre qu'elles sont restées globalement normales de 1951 à 1982. C'est à partir de 1983 qu'elles ont connu une nette hausse. Cette hausse s'est amplifiée au cours de la décennie 1991-2000, période au cours de laquelle le réchauffement thermique a atteint des proportions très importantes dans la zone. L'élévation de la température en Haute-Casamance au cours de ces dernières années est en phase avec le réchauffement global de la planète. Le réchauffement thermique observé en Haute-Casamance et les déficits pluviométriques accumulés pendant plusieurs décennies compromettent sérieusement le développement de la végétation en induisant un important accroissement du stress hydrique des peuplements forestiers.

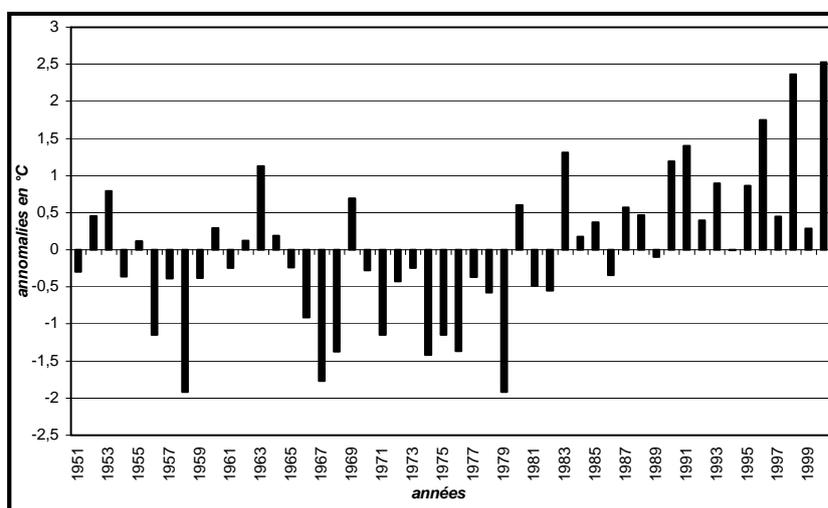


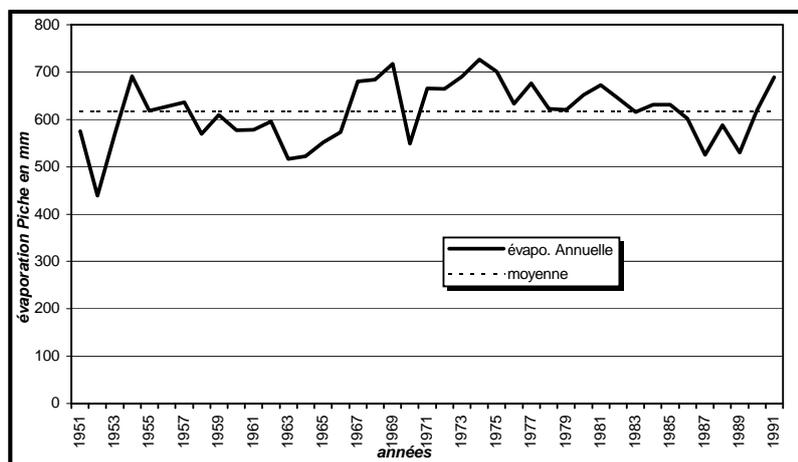
Fig. 4 Anomalies standardisées des températures moyennes à Kolda (1951 – 2000).

### L'évaporation et l'évapotranspiration

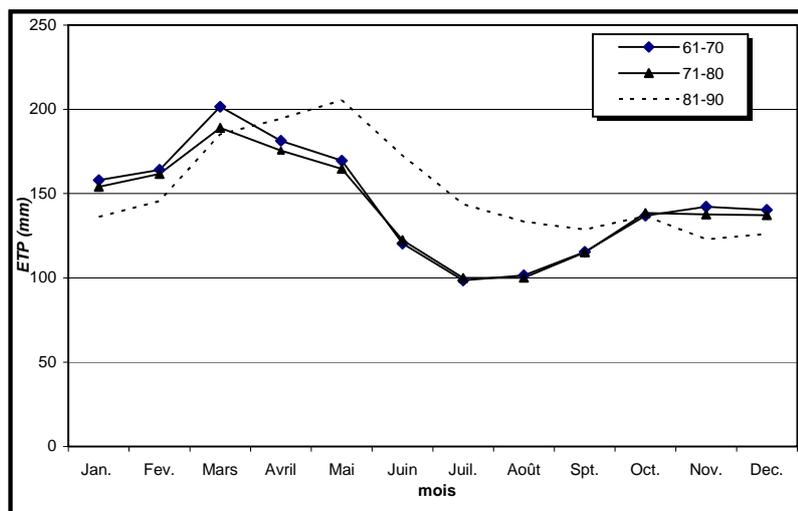
La demande évaporative reste élevée en Haute-Casamance. En effet, l'augmentation thermique observée dans la zone accroît à son tour l'évaporation dont les effets sur l'évolution de la couverture

végétale restent significatifs. De 1967 à 1985, période qui coïncide globalement avec le déficit pluviométrique, l'évaporation annuelle est restée largement au-dessus de la moyenne (Fig. 5). C'est surtout au cours des mois de février à mai que l'on observe les valeurs les plus fortes de l'évaporation.

Aussi, l'examen de l'évolution moyenne mensuelle décennale de l'évapotranspiration montre que la saison sèche reste la période durant laquelle celle-ci est la plus élevée (Fig. 6). En plus, la décennie 1981-1990, la plus déficitaire en pluies, correspond à la période qui a connu la plus forte demande évaporative confirmant ainsi l'intensité de la péjoration climatique durant cette phase. Cette importante demande évaporative, notamment en saison sèche, accroît considérablement la transpiration des organismes végétaux avec comme conséquence la multiplication des risques du stress hydrique sur les peuplements forestiers de la zone. Les facteurs climatiques ont une réelle emprise sur le développement des formations forestières mais ils ne sont pas les seuls responsables de la dégradation de la couverture végétale en Haute-Casamance. Les actions anthropiques ont aussi une large part de responsabilité.



**Fig. 5** Evolution interannuelle de l'évaporation à Kolda (1951 – 1991).



**Fig. 6** Evolution moyenne décennale de l'évapotranspiration à Kolda.

### **Les causes d'origine anthropique**

Parmi les activités humaines qui jouent négativement sur le développement des peuplements forestiers, les feux de brousse constituent un élément de taille dans la destruction de la couverture végétale en Haute-Casamance. C'est un phénomène endémique dans la zone car chaque année, des milliers d'hectares sont brûlés par des feux d'origines différentes (Sané 2003). La saison sèche reste une période très favorable, pour des raisons climatiques, au développement des incendies.

A cela, s'ajoutent d'importants défrichements, consécutifs aux contraintes climatiques, pédologiques et au développement des cultures commerciales (arachide et coton principalement) actuellement opérés en Haute-Casamance. Ces défrichements résultent, en effet, de l'installation des colons agricoles dans l'arrondissement de Médina Yoro Foulah, notamment dans la forêt classée de Pata et de la destruction des surfaces boisées par la Société de Développement Agricole (SODAGRI) dans la zone du bassin de l'Anambé pour les aménagements hydro-agricoles. Cette situation a entraîné la destruction du capital forestier en convertissant les terres occupées par les forêts en terres utilisées à des fins agricoles. Il en résulte également le rétrécissement des zones de parcours qui entraîne une surcharge du bétail dans certaines forêts, la Haute-Casamance étant une zone d'élevage par excellence.

L'exploitation forestière, qu'elle soit formelle ou clandestine, participe, elle aussi, significativement à la dégradation des formations forestières en Haute-Casamance. En effet, cette région, en plus du Sénégal-Oriental, fait partie des zones ouvertes à l'exploitation. Celle-ci est exacerbée par une demande élevée en produits forestiers, notamment dans les centres urbains. La baisse de la pluviométrie, combinée au réchauffement thermique, à l'élévation de l'évaporation et à l'action anthropique, induit une dégradation des écosystèmes écologiques en Haute-Casamance. Nous ferons, dans la section suivante, une évaluation des différents faciès de ces écosystèmes à partir de l'exemple des forêts classées de Guimara et de la Kayanga et ceci, dans le but de mieux apprécier leur dégradation.

### **L'état cartographique des forêts de Guimara et de Kayanga**

L'imagerie aérienne offre beaucoup de possibilités pour l'étude des ressources naturelles en général et des formations végétales en particulier. L'analyse de données d'imagerie aérienne nous a permis de réaliser la cartographie de l'occupation du sol des forêts classées retenues dans cette étude. Au préalable, cinq types de formations végétales ou sous-associations ont été définis, sur la base de la classification de Yangambi<sup>2</sup>. Il s'agit de la forêt claire, la forêt galerie, la savane boisée, la savane arborée et la savane arbustive. Ces formations sont souvent associées à leurs variantes (exemple : forêt claire dense et forêt galerie dense ou dégradée). La cartographie prend également en compte les autres types d'occupation du sol dans ces écosystèmes.

#### **La forêt classée de Guimara**

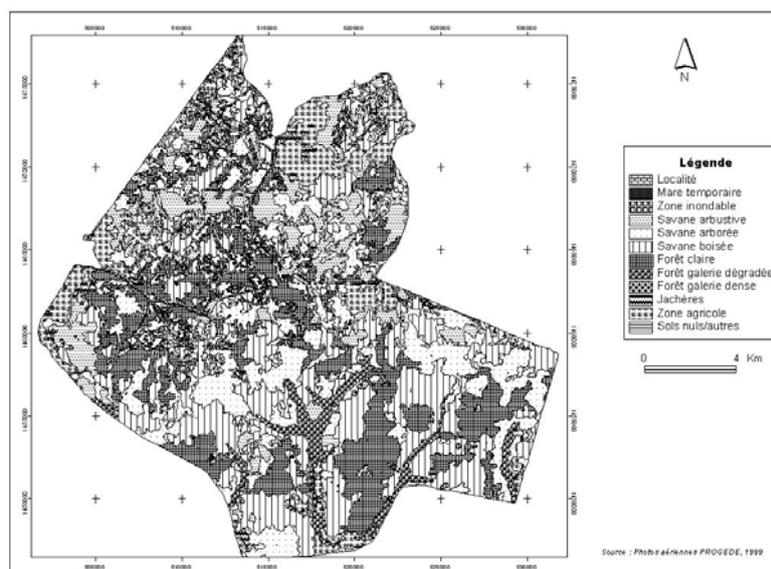
L'analyse des données numériques issues de la cartographie de la forêt de Guimara montre que le phénomène de dégradation prend de plus en plus d'ampleur dans la zone. On remarque que la forêt claire, naguère la plus importante, laisse peu à peu la place aux savanes qui résultent de la dégradation de l'écosystème. Elle représente seulement 21% de la superficie totale de la forêt (Fig. 7). Quant aux

savanes, toutes tendances confondues, elles occupent 67%. La savane boisée (29%), faciès le plus proche de la forêt claire est beaucoup plus représentée au sud de ce domaine forestier (Fig. 8). Le nord et la partie centrale restent dominés par la présence des savanes arborée (24%) et arbustive (14%). La forêt galerie, induite par la présence des cours d'eau, ne représente que 4% de la superficie de la forêt de Guimara (Table 1). Cette disposition des différents faciès au sein de Guimara obéit plus ou moins à la disposition du gradient pluviométrique dans la mesure où la ressource eau est un élément déterminant dans le développement des écosystèmes naturels. La présence massive des savanes corrobore la thèse de la "savanisation" progressive de l'Afrique tropicale (Aubreville 1949). Cette savanisation est causée à la fois par la dégradation des facteurs naturels et par les activités anthropiques.

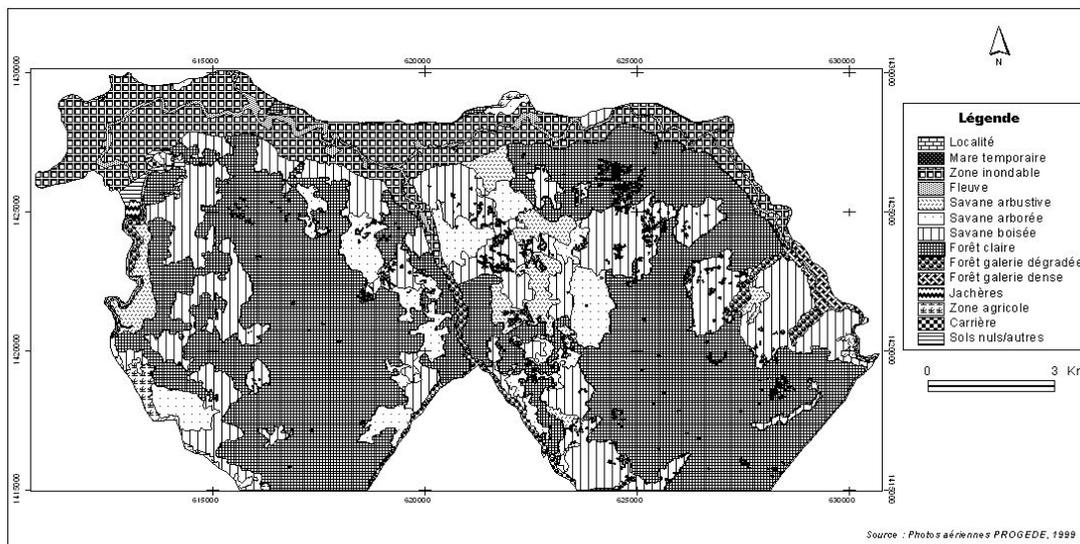
### La forêt de la Kayanga

Elle porte le nom du fleuve Kayanga qui lui sert de limite dans toute sa partie septentrionale. Sa situation dans la zone méridionale de la Haute-Casamance lui confère un climat plus humide avec une végétation plus luxuriante. En effet, près de la moitié (48%) de cette forêt est occupée par la forêt claire, composante forestière la plus importante dans la zone. La savane boisée, faciès qui suit la forêt claire dans l'ordre d'importance, est également bien représentée puisqu'elle occupe environ 22% de la superficie de la forêt (Table 1). Les autres strates de savanes (arborée et arbustive) existent en lambeaux au sein de cette formation forestière.

A l'inverse de Guimara, la forêt de Kayanga présente un schéma relativement contraire. En effet, la forêt de Kayanga, du fait de la présence d'un climat plus favorable que dans la zone septentrionale, possède une végétation plus dense, plus luxuriante et moins dégradée. Elle est donc mieux pourvue en ressources forestières avec une importante présence de la forêt claire. La faible représentativité des savanes dans cet écosystème constitue une illustration du bon maintien de la forêt contrairement à la situation observée dans la forêt Guimara au nord de la Haute-Casamance.



**Fig. 7** Occupation du sol de la Forêt classée de Guimara.



**Fig. 8** Occupation du sol de la forêt classée de Kayanga.

**Table 1** Statistiques sur l'occupation du sol dans les forêts classées de Guimara et de Kayanga

Facès	Guimara	Kayanga
Savane arbustive	14.0 %	3.0 %
Savane arborée	23.9 %	7.0 %
Savane boisée	28.8 %	22.0 %
Forêt claire	21.0 %	48.0 %
Forêt galerie	4.0 %	2.0 %
Zones agricoles	8.0 %	1.0 %
Autres	0.3 %	17.0 %

#### 4. Conclusion

La péjoration actuelle des conditions climatiques en Haute-Casamance a pour effet, la fragilisation quasi générale de la couverture végétale. Cette fragilisation est perceptible à travers le stress hydrique des plantes, l'augmentation de la mortalité, l'installation difficile de la régénération, la destruction progressive du tapis herbacé et l'augmentation de la pression sur les arbres sur pied. Les facteurs climatiques ont donc une réelle emprise sur le développement des formations forestières mais ils ne sont pas les seuls responsables de la dégradation de la couverture végétale en Haute-Casamance. Les actions anthropiques ont aussi un impact certain. La cartographie de l'occupation du sol des formations forestières de Guimara et de la Kayanga montre que la partie nord de la zone étudiée durement éprouvée par la péjoration des conditions climatiques, est moins pourvues en forêt claire que la zone méridionale où le climat est malgré tout plus favorable. L'analyse de données numériques issues de la cartographie le démontre amplement.

En perspective, il y a nécessité de procéder à une analyse diachronique pour une évaluation de l'ampleur de la dégradation qui semble plus importante dans la forêt de Guimara, avec un fort

pourcentage de zones savanicoles.

### Remerciements

Les auteurs dédient ce papier au Professeur Hori Nobuyuki à l'occasion de la célébration de sa retraite au Département de Géographie de Tokyo Metropolitan University en témoignage de son engagement au service des sciences géographiques.

### Note

- 1 Programme de Gestion Durable et Participative des Energies Traditionnelles et de Substitution
- 2 Nomenclature des types africains de végétation retenue en 1956 à Yangambi (localité de l'actuelle République Démocratique du Congo, RDC)

### Références bibliographiques

- Aubreville, A. 1949. Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Soc. ed. *Géog. Mar. et Col.*, Paris.
- Chamard, P. C. et Courel, M. F. 1999. La forêt sahélienne menacée. *Cahiers Sécheresse* **10(1)**: 11-18.
- Courel, M. F. 1985. *Étude de l'évolution récente des milieux sahéliens à partir des mesures fournies par les satellites*. Thèse de Doctorat d'Etat ès-Lettres et Sciences Humaines, Université Paris I.
- Diop, M. 1996. A propos de la durée de la saison des pluies au Sénégal. *Cahiers Sécheresse* **7 (1)**: 7-15.
- Grouzis, M. 1992. Germination et établissement des plantes annuelles sahéliennes. In *l'Aridité, Une Contrainte au Développement*, ed. Caractérisation, Réponses Biologiques et Stratégies des Sociétés, 267-282. ORSTOM.
- Ndiaye, P. 1995. Le potentiel de reconstitution de la végétation herbacée au Sahel : réflexions sur le rôle des graines. *Revue de Géographie de Lyon* **70**: 261-266.
- Ndong, J. B. 1996. *L'évolution du climat au Sénégal et les conséquences de la sécheresse récente sur l'environnement*. Thèse de Doctorat, Université Lyon 3 Jean Moulin.
- Sané, T. 2003. La variabilité climatique et ses conséquences sur l'environnement et les activités humaines en Haute-Casamance (Sud Sénégal). *Thèse de Doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle de Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar*.