



**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## Impact de la salinité sur la diversité floristique dans la vallée de Bakhala (Fatick, Sénégal)

Bineta AMAR<sup>1\*</sup>, Mame Samba MBAYE<sup>1</sup>, Alfred Kouly TINE<sup>2</sup>, Ndongo DIOUF<sup>1</sup>, Jules DIOUF<sup>1</sup>, Samba Laha KA<sup>1</sup>, Birane DIENG<sup>1</sup> et Kandioura NOBA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Botanique Biodiversité, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta DIOP, B.P. 5005 Dakar, Sénégal.

<sup>2</sup>Centre National de Recherches Agronomiques de Bambey, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, B.P. 53 Bambey, Diourbel, Sénégal.

\*Auteur correspondant ; E-mail : [fabinetou27@gmail.com](mailto:fabinetou27@gmail.com) ; Tel : +221776654263

Received: 20-05-2021

Accepted: 21-10-2021

Published: 30-04-2022

### RESUME

La salinité fait peser de graves menaces sur l'équilibre des écosystèmes de toutes les zones agroécologiques du Sénégal, principalement dans le bassin arachidier et en Casamance. La déposition de sel dans le sol est un processus naturel, bien que les activités anthropiques et la sécheresse aient accéléré le processus de salinisation des terres. Ainsi, la restauration des terres est devenue un défi majeur pour le bien-être des populations et la durabilité de leurs activités socio-économiques. C'est dans cette optique que cette étude a été menée pour évaluer l'effet des ouvrages de réhabilitation des terres salées sur les paramètres physico-chimiques du sol et la structure de la flore et de la végétation dans la vallée de Bakhala. Ainsi, pour se faire, des échantillons composites de sol ont été prélevés dans la vallée de Bakhala suivant des transects puis acheminés au laboratoire Sols-Eaux-Plantes du CNRA/ISRA de Bambey où ils ont subi une analyse des paramètres physico-chimiques et l'inventaire de la flore et de la végétation selon la méthode de Braun-Blanquet a été réalisé. Les résultats révèlent que les sols de la vallée de Bakhala sont extrêmement acides (pH = 3,88 à 4,84) avec des niveaux de salinité faible en amont de digue 1 (150 à 328,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et très élevé au niveau des autres transects (766 à 6486  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Des textures sableuses, limono-sablo-argileuses et limono-sableuses ont été déterminées. L'étude de flore a permis de recenser 66 espèces appartenant à 55 genres et 20 familles avec une dominance des dicotylédones (71,21%). Les *Fabaceae* et les *Poaceae* regroupent près de la moitié des espèces de cette flore avec une nette dominance des thérophytes. Cette étude montre un effet répressif de la salinité sur la diversité floristique. Ainsi une dissemblance de la diversité floristique en fonction du gradient de salinité est notée. Les espèces telles que *Blumea aurita* et *Enteropogon prierii* sont communes à tous les transects alors que l'espèce *Cyperus longus* a été uniquement rencontrée en aval de la digue intermédiaire. Ainsi cette étude reflète une distribution de la diversité floristique en fonction du gradient de salinité.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clé :** Biodiversité, Digue, Impact, Restauration, Salinité, Sénégal.

## Impact of salinity on flora diversity in the Bakhala valley (Fatick, Senegal)

### ABSTRACT

Salinity poses serious threats to landscapes across all the agro-ecological zones of Senegal mainly in Groundnut Basin and Casamance. Salt deposition in the soil is a natural process; however, anthropogenic

activities and drought have hastened the process of salinization. Thus, land restoration has become a major challenge for the well-being of the people and the sustainability of their economic activities. This study was conducted to contribute to the sustainable management of natural resources in the Bakhala Valley and more specifically it aimed to characterize the soil and determine the structure of the flora and vegetation of the valley in order to evaluate the effect of saline rehabilitation works. Therefore, soil samples are collected and analyzed at the Sols-Eaux-Plantes laboratory of the CNRA Bambey. Floristic surveys were carried out in all rehabilitation dyke and all the species found in survey plot were reported and a cover value assigned for each species according to the Braun-Blanquet scale (1962). The results show that the soils are extremely acidic (3.88 to 4.84) and with low salinity levels (non-saline) in upstream of dike 1 (150 to 328.7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) and very high salinity in other transects (766 to 6486  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). The textures are sandy, silty-sandy-clay and sandy-loamy. Soils in the Bakhala Valley are low in nitrogen (0.027 to 0.11%) and organic matter (0.42 to 1.58%) with very low levels of available phosphorus (1.927 to 6.967 ppm). Floristic survey showed that weed flora consisted of 66 species distributed in 55 genera and 20 families. Dicotyledon was the most important form with 71.21% of flora. *Fabaceae* and *Poaceae* were the most represented botanical families with half of recorded species. This study has shown that floristic diversity varies along the salinity gradient. Thus, the species *Blumea aurita* and *Enteropogon prieurii* were encountered at all transects whereas *Cyperus longus* has only found on downstream of the intermediate dike.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Biodiversity, Dike, Impact, Restoration, salinity, Senegal.

## INTRODUCTION

La salinisation des terres étant un processus naturel d'enrichissement des sols en sel solubles prend de l'ampleur au Sénégal notamment sur le littoral du terroir national. Le sol, une ressource non-renouvelable dont dépend largement la sécurité alimentaire subit de fortes pressions naturelles ou anthropique notamment la déforestation, la surexploitation des ressources biologiques, les mauvaises pratiques culturelles, le surpâturage (Faye et al., 2016). Ce phénomène n'a pas épargné la strate ligneuse et herbacée qui constitue la principale source de fourrage en saison sèche. Ainsi, la restauration des terres est devenue un défi majeur pour le bien-être des populations et la durabilité de leurs activités économiques.

Dès lors, la préservation de la biodiversité qui est importante pour l'environnement et l'agriculture devient une nécessité. Au Sénégal, beaucoup de travaux de recherche ont porté sur les terres salées à savoir ceux de Thiam (2016) dont la plantation de l'espèce *Tamarix aphylla* a été utilisé comme action de récupération des sols salés à Ndiaffat (Kaolack) ; Faye et al. (2016), Diome et Tine (2015) qui se sont intéressés essentiellement sur les composantes physico-chimiques des sols. Hormis les travaux de Megharbie et al. (2016), Malaga (2012) et ceux de Diallo et al.

(2009), peu d'auteurs se sont intéressés sur l'analyse de l'effet de la salinisation des terres sur la diversité floristique encore moins sur les stratégies des récupérations des sols salés avec l'implantation d'espèces halophytes capables d'extraire l'excès de sel. Ainsi, la dégradation des terres ayant pris des proportions catastrophiques et les populations locales sollicitant les pouvoirs publics, une politique de sauvegarde et de réhabilitation est devenue indispensable.

Ce travail a pour objectif d'évaluer l'impact de la salinité sur la diversité floristique dans la vallée de Bakhala.

## MATERIEL ET METHODES

### Site d'étude

La vallée de Bakhala est localisée dans le village de Djilor Djidiack situé dans l'arrondissement de Fimela, région de Fatick (Sénégal), elle appartient au domaine des tannes du bassin arachidier. L'arrondissement de Fimela couvre une superficie de 348,531  $\text{Km}^2$  avec une population estimée à 16875 habitants et 1909 ménages soit une densité de 48,41 hbts/ $\text{km}^2$ . Le village de Fimela est peuplé de 2162 habitants pour 245 ménages soit 12,81% de la population de l'arrondissement (ANDS, 2013). Il est ceinturé par les localités de Diofior, Yayeme, Soumbel, Djilor et Simal

(Figure 1). Le climat est de type soudano-sahélien avec une pluviométrie variant entre 400 et 600 mm. Les sols sont de type dior, ferrugineux tropicaux non lessivés, sablonneux et profonds, les sols Deck des dépressions inter-dunaires hydromorphes, les sols Deck-Dior ferrugineux tropicaux lessivés et sablo-argileuse et les sols ferralitiques peu lessivés (Banabessey, 2011 cité par Mbaye, 2013). Dans cette partie du Sénégal, la végétation présente une grande diversité floristique en fonction de la pluviométrie, de la nature des sols et de l'action anthropique (Mbaye, 2013). Les principales activités des habitants du village de Fimela sont l'agriculture et la pêche.

#### **Caractérisation de la salinité et du pH des sols**

Pour évaluer la salinité (Conductivité Electrique : CE) et le degré d'acidité (pH) des sols, des échantillons composites de sol ont été prélevés dans des placettes 25m x 25m de surface à une profondeur 0 à 20cm à l'aide d'une tarière. La caractérisation de ces paramètres (CE, pH) a été faite au laboratoire Sol-Eau-Plante de Bambey. Pour le pH, la suspension 1/2,5 a été utilisé alors que pour la CE la suspension 1/5 a été déroulée.

Pour l'étude de la flore et de la végétation, l'inventaire itinérant consistant à répertorier l'ensemble des espèces présentes dans la zone d'étude a été faite. Pour l'inventaire phytosociologique, des placettes carrées de 10 x 10 m<sup>2</sup> soit 100 m<sup>2</sup> de surface ont été délimitées suivant des transects. Dans ces placettes, un code d'Abondance-Dominance (AD) a été attribué à toutes les espèces recensées selon la méthode de Braun-Blanquet (1962), dont l'Abondance-Dominance Moyen (Adm) a été calculé. Ainsi, les codes semi-quantitatifs d'abondance-dominance (AD) de l'échelle de Braun-Blanquet ont été rendus quantitatifs (AD num.) à l'aide d'une table de correspondance (Gillet, 2000) (Tableau 1).

Les résultats d'analyse des échantillons composites ont été interprétés par rapport aux normes de fertilité des sols afin d'établir l'état

de dégradation des sols en fonction des facteurs de dégradation selon Badiane et Dième (2000), Batjes (2008), Mathieu et al. (2003). Des analyses statistiques ont été aussi appliquées aux résultats des paramètres des échantillons composites de sol considérés.

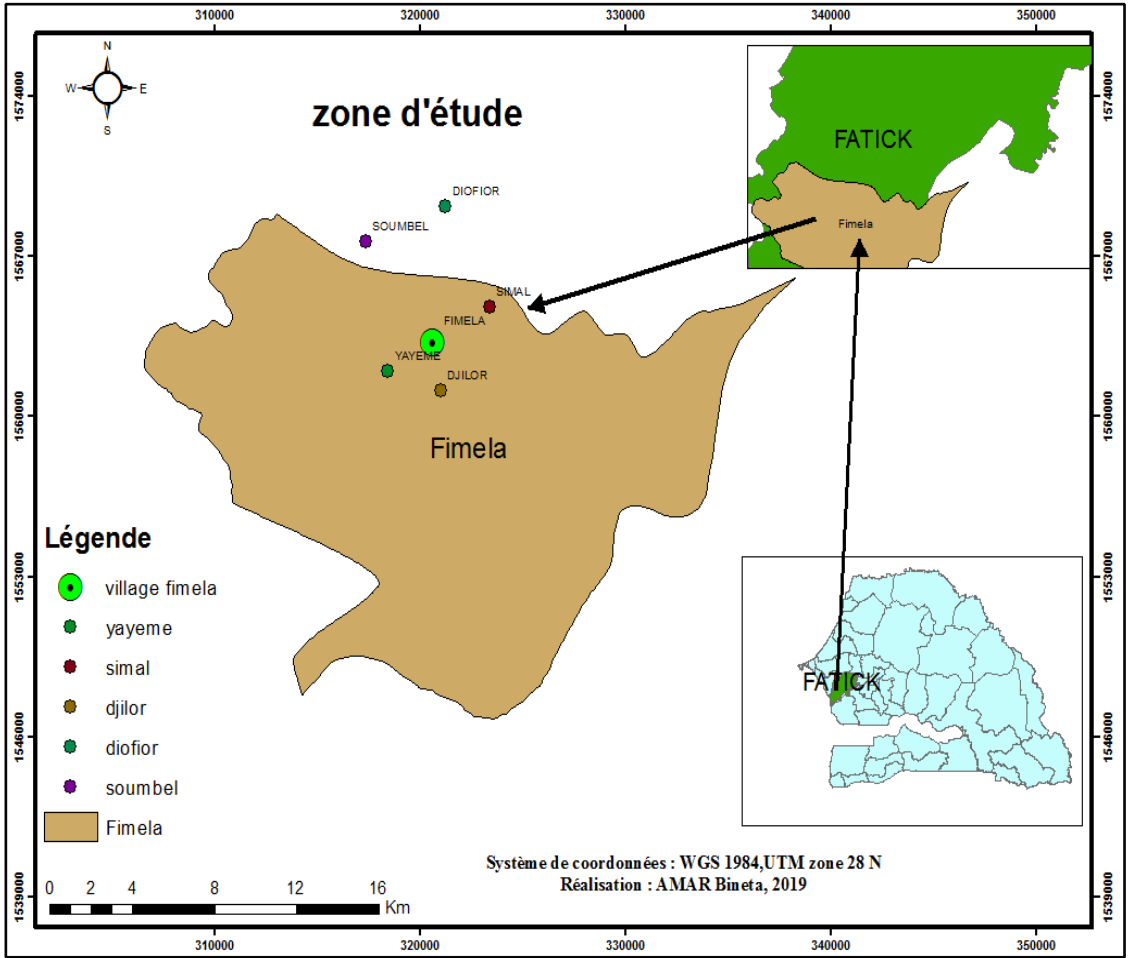
L'identification et la réactualisation des espèces recensées ont été déterminées à partir de la flore de Berhaut (1967), de la base de données de la ville de Genève mais également les échantillons de l'herbier Dakar du Département de Biologie Végétale de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Pour le traitement des données floristiques, les spectres taxonomiques, biologiques et chorologique ont été déterminés. Pour les types biologiques et la répartition phytogéographique, les informations ont été obtenues à travers les travaux de Thiombiano et al. (2012). Le pourcentage des espèces appartenant au même type biologique permet de déterminer les spectres biologiques. Pour l'étude comparative de la diversité floristique en fonction du gradient de salinité, le degré de ressemblance a été évalué à travers l'indice de similitude (IS) de Sorensen (1948). Il est obtenu par la formule suivante :

$$IS = \frac{2C}{A+B} \times 100$$

A = nombre d'espèces du site A ; B = nombre d'espèces du site B ; C = nombre d'espèces communes aux deux sites. On estime que deux listes floristiques sont semblables dès que IS atteint des valeurs de l'ordre de 60% (Kazi Tani et al., 2010).

Une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été réalisée à partir d'un tableau croisé et de quatre (4) variables qualitatives constituées par les trois transects situés en amont et en aval des ouvrages de réhabilitations des terres salées mais aussi du transect témoin caractérisé par une zone non-aménagée. Ces analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R édition 3.5.0 (Library Agricolae, FactoMineR).



**Figure 1** : Carte de localisation de la zone d'étude.

**Tableau 1**: Correspondance entre le code d'abondance-dominance (AD code), l'indice quantitatif d'abondance-dominance (AD num.) et le recouvrement moyen, minimum et maximum (Gillet, 2000).

AD code	AD num	Rec. Moy	Rec. Min	Rec. Max
R	0,1	0,03	0	0,1
+	0,5	0,3	0,1	1
1	1	3	1	5
2	2	14	5	25
3	3	32	25	50
4	4	57	50	75
5	5	90	75	100

## RESULTATS

### Etat de la salinité des sols de la vallée de Bakhala

Une hétérogénéité des gammes de salinité est observée dans toute la vallée de Bakhala où les valeurs de CE varient de 6486 à 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les sols de l'aval de la digue intermédiaire sont extrêmement salins à très salins (CE = 3744 – 6486  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) contrairement aux sols non-salins de la partie amont de la digue 1 avec des valeurs de CE comprises entre 150 et 328,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ces résultats mettent en exergue l'existence, d'amont en aval, un gradient de salinité qui est une résultante du fonctionnement des ouvrages qui contribue au processus de dessalement. Globalement les sols sont extrêmement acides à très acides avec des valeurs de pH compris entre 3 et 5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les analyses de variance effectuées sur les paramètres physico-chimiques des sols (pH et CE) révèlent qu'il n'existe pas de différences significatives sauf pour la conductivité électrique (CE) avec une probabilité (P) égale à 0,007 (Tableau 2).

### Analyse de la flore

#### Structure globale de la flore

Cette étude a permis de recenser 66 espèces appartenant à 55 genres regroupés dans 20 familles. Sur l'ensemble de la flore, les dicotylédones dominent largement avec 71,21% des espèces recensées (Tableau 3). Dans la vallée de Bakhala, deux (2) familles sont dominantes: les *Fabaceae* (24,24%) et les *Poaceae* (16,67%), constituant l'essentiel des espèces de la flore et couvrent près de 40,91% de l'ensemble des espèces répertoriées (Tableau 4). La famille des *Cyperaceae*, des *Malvaceae* et des *Rubiaceae* sont relativement bien représentées avec des pourcentages variant entre 7 à 9% de la flore. Cette répartition des espèces en fonction du gradient de salinité révèle l'effet répressif de la salinité sur la diversité biologique. Ainsi au niveau de l'aval de la digue où la teneur en sel est importante, on note une diminution de la diversité. Par contre, une grande diversité est obtenue dans la partie amont où la salinité est faible.

### Spectre biologique

La répartition des espèces en fonction des types biologiques dans la vallée de Bakhala est consignée dans la Figure 2. Les résultats montrent que six types biologiques sont représentés et il s'agit principalement des thérophytes, des phanérophytes, des géophytes, des hémicryptophytes, des chaméphytes et des épiphytes. Les thérophytes et les phanérophytes sont les plus représentés avec respectivement 56,06% et 30,30% de l'ensemble des espèces recensées. Les autres types biologiques sont faiblement représentés avec au plus 6% de la flore.

### Spectre chorologique

Selon la répartition chorologique, les espèces africaines sont dominantes avec 54,55%, suivi des espèces pantropicales avec 16,67% (Figure 3) tandis-que les espèces Afro-américaines, Afro-asiatiques ainsi que Australiennes étaient très faiblement représentées dans cette flore avec moins de 10%.

### Effet de la salinité sur la répartition des espèces

#### Richesse spécifique en fonction des gammes de salinité

La salinité a un effet répressif sur la richesse spécifique. En effet, sur l'ensemble des relevés phytosociologiques, le nombre d'espèce varie entre 9 et 38 espèces. Le plus important nombre d'espèce a été recensé dans les zones non aménagées et dans les zones de culture où le niveau de salinisation est faible avec respectivement 38 et 31 espèces. Cependant l'aval de la digue intermédiaire qui constitue la zone la plus salée regorge le nombre d'espèce le plus faible (9 espèces).

#### Ressemblance floristique entre les relevés

Sur l'ensemble des transect, les coefficients de similitude en termes de composition floristique ne couvrent pas 60% (Tableau 5). Donc une hétérogénéité de la composition floristique est notée. Néanmoins, la liste des espèces obtenues en aval de la digue 1 et celle en aval de la digue intermédiaire, présente des similitudes avec un coefficient de 59,29%. Ces deux transects ont des niveaux de salinité presque égale du seuil de similitude

d'où la probabilité de trouver les mêmes espèces au sein de ces deux zones. Il en est de même avec la liste des espèces répertoriées en amont de la digue 1 et celle au niveau du transect témoins avec un coefficient de similitude de 52,17%. Cependant, en aval de la digue intermédiaire, la composition floristique est différente de celle en amont de la digue 1 avec un coefficient de similitude très faible (15%).

#### **Analyse factorielle des correspondances**

La Figure 4 montre que l'essentiel de l'information est porté par l'axe 1 et l'axe 2 dont l'inertie totale est de 82,55%. L'axe 1 portant 53,49% de l'information permet de distinguer deux (2) groupes d'espèces en fonction du niveau de salinité des sols.

Le groupe 1 est constitué par des espèces situées en aval de la digue intermédiaire et celles en aval de la digue 1 où le niveau de salinité est plus élevé. Ce groupe se subdivise en deux sous-groupes (SG1 I et SG2 I) : le sous-groupe 1 (SG1 I) est constitué par les espèces telles que *Sporobolus pyramidalis*, *Echinochloa colona* et *Eleocharis geniculata*. Ces espèces sont caractéristiques des sols en aval de la digue intermédiaire où le niveau de salinité est extrêmement élevé.

Le sous-groupe 2 (SG2 I) est caractérisé par une faible diversité et est constitué par des espèces qui se développent préférentiellement dans les sols avec un niveau de salinité moyen. Les espèces comme *Blutaparon vermiculare*, *Paspalum scrobiculatum*, *Echinochloa colona* et *Eragrostis turgida* sont rencontrées dans ce sous-groupe.

Le deuxième groupe est caractéristique des zones ayant un niveau de salinité moins élevé voir non-salin. Le transect situé dans la zone non-aménagée (témoin) et celui en amont de la digue 1 s'écartent du côté positif de l'axe et se subdivise en deux sous-groupes (SG1 II et SG2 II). Dans ces parties de la vallée, les sols ont un niveau de salinité faible voir neutre.

Le sous-groupe 1 (SG1 II) est constitué par la majorité des espèces répertoriées au

niveau de la zone non aménagée et est formé par des espèces qui se développent préférentiellement dans la zone à faible niveau de salinité. *Striga aspera*, *Diodia scandens*, *Schoenefeldia gracilis*, *Scoparia dulcis* et *Aeschynomene uniflora* appartiennent à ce sous-groupe.

Le sous-groupe 2 (SG2 II) est caractérisé par les espèces qui sont inféodées aux zones de culture. Il s'agissait de *Leptadenia lanceolata*, *Combretum apiculatum*, *Eragrostis tremula*, *Detarium senegalensis*, *Dactyloctenium aegyptium* et *Neocaria macrophyla*. Ces derniers s'adaptent plus dans des milieux à faible niveau de salinité des sols.

#### **Analyse quantitative de la végétation de Bakhala**

Les espèces ont divers comportements en termes de recouvrement et de fréquence au niveau de chaque transect. Deux espèces sont présentes à tous les niveaux avec des recouvrements assez importants et des fréquences assez représentatives variant entre 25 et 66,67% suivant le gradient de salinité. Il s'agit de *Blumea aurita* et *Enteropogon prierii*. L'espèce *Cyperus longus* a été uniquement rencontrée en aval de la digue intermédiaire où le niveau de salinité est beaucoup plus élevé avec un recouvrement très important et une fréquence de 100% (Tableau 6). Les espèces *Ipomoea asarifolia* et *Leptadenia lanceolata* sont présentes seulement au niveau de la zone non aménagée et au niveau de la zone de culture où le niveau de salinité des sols est faible. Par ailleurs, l'espèce *Leptadenia lanceolata* est recouvrante avec une fréquence de 100% au niveau des zones de culture. Les espèces telles que *Hibiscus cannabinus* et *Hibiscus calycosus* sont présentes uniquement dans les zones de culture (Tableau 6). L'espèce *H. cannabinus* caractérise les sols non-salins à légèrement salins.

**Tableau 2** : Variations du pH et la conductivité électrique des sols en fonction des transects.

	<b>CE (1/5)</b>	<b>pH (1/2,5)</b>
TTM	2345 ± 1149,20	4,15 ± 0,277
TAVDI	4991 ± 1387,72	4,38 ± 0,413
TAVD1	2367,66 ± 1431,42	4,07 ± 0,269
TAMD1	212,36 ± 100,83	4,19 ± 0,264
Probabilité	0,007	0,142

**Tableau 3**: Structure de la flore dans la vallée de Bakhala.

Classe	Familie		Genre		Espèce	
	Nombre	Proportion (%)	Nombre	Proportion (%)	Nombre	Proportion (%)
Monocotylédones	3	15,00	15	27,27	19	28,79
Dicotylédones	17	85,00	40	72,73	47	71,21
Total	20	100,00	55	100,00	66	100,00

**Tableau 4** : Richesse par famille.

Famille	Nombre d'espèce	Proportion (%)
<i>Fabaceae</i> (D)	16	24,24
<i>Poaceae</i> (M)	11	16,67
<i>Cyperaceae</i> (M)	6	9,09
<i>Malvaceae</i> (D)	6	9,09
<i>Rubiaceae</i> (D)	5	7,58
<i>Acanthaceae</i> (D)	3	4,55
<i>Asteraceae</i> (D)	3	4,55
<i>Apocynaceae</i> (D)	2	3,03
<i>Arecaceae</i> (M)	2	3,03
<i>Orobanchaceae</i> (D)	2	3,03
<i>Amaranthaceae</i> (D)	1	1,52
<i>Celastraceae</i> (D)	1	1,52
<i>Chrysobalanaceae</i> (D)	1	1,52
<i>Combretaceae</i> (D)	1	1,52
<i>Convolvulaceae</i> (D)	1	1,52
<i>Cucurbitaceae</i> (D)	1	1,52
<i>Loranthaceae</i> (D)	1	1,52
<i>Meliaceae</i> (D)	1	1,52
<i>Polygalaceae</i> (D)	1	1,52
<i>Tamaricaceae</i> (D)	1	1,52

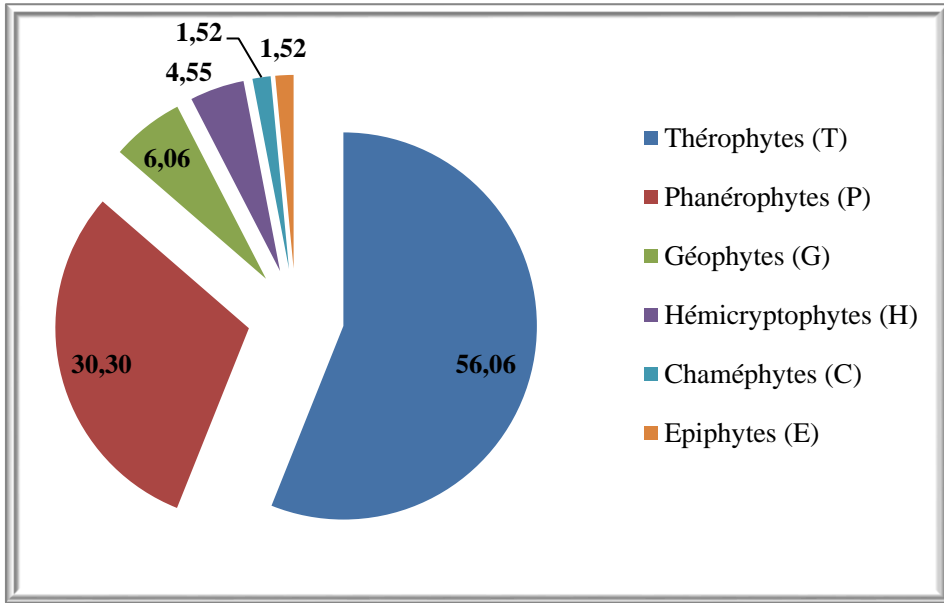


Figure 2 : Spectre biologique des espèces de la flore de Bakhala.

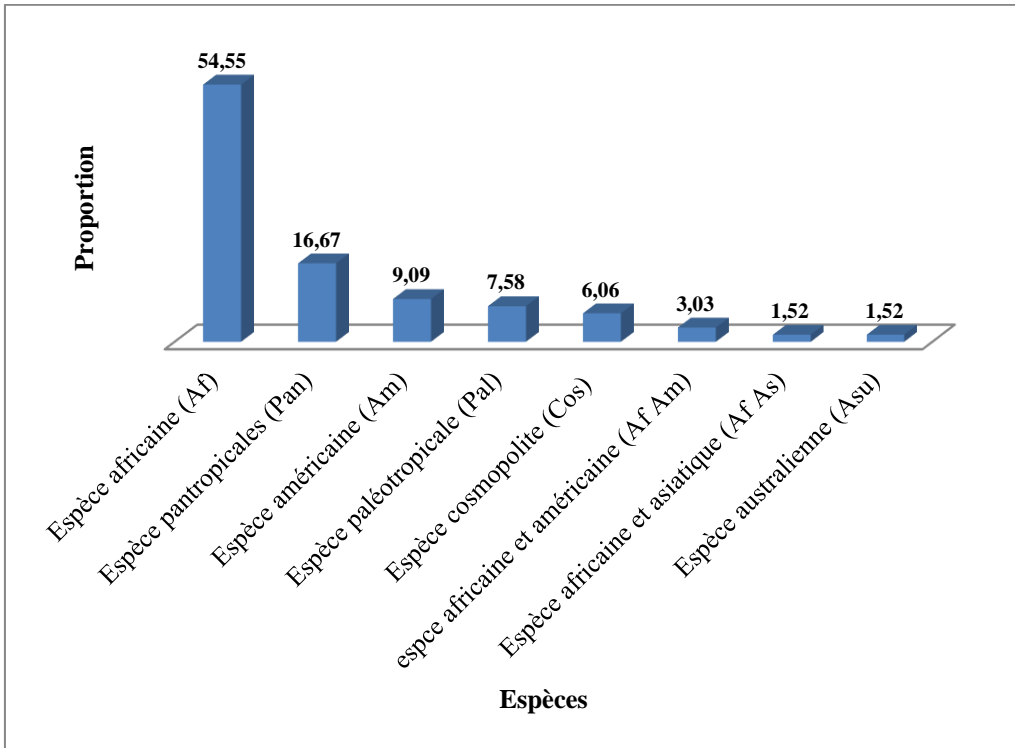
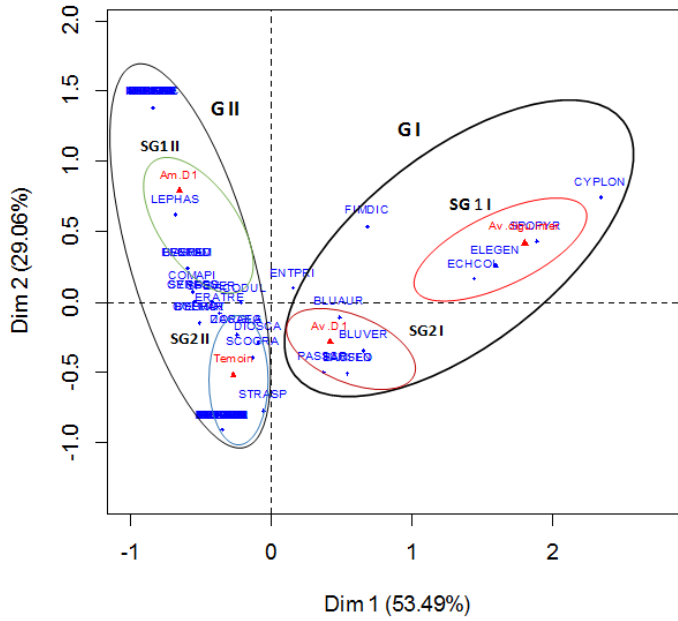


Figure 3 : Répartition phytogéographique des espèces recensées.



**Tableau 5** : Coefficient de similitude de la végétation de Bakhala.

	Témoin	aval digue inter	aval digue 1	Amont digue 1
Témoin	100			
aval digue inter	25,53	100		
aval digue 1	50	59,26	100	
Amont digue 1	52,17	15	40,82	100



**Figure 4** : Analyse factorielle des correspondances.

**Tableau 6** : Recouvrement des espèces associé à la fréquence en fonction des transects.

Espèces	Recouvrement				Fréquence			
	Tm	Av DI	Av D1	Am D1	Tm	Av DI	Av D1	Am D1
<i>Abrus precatorius</i>	-	-	-	0,25	-	-	-	25
<i>Aeschynomene uniflora</i>	0,1	-	-	-	20	-	-	-
<i>Bacopa floribunda</i>	-	-	0,03	-	-	-	33,33	-
<i>Blainvillea gayana</i>	-	-	-	0,13	-	-	-	25
<i>Blepharis maderaspatensis</i>	0,02	-	-	0,02	20	-	-	25
<i>Blumea aurita</i>	0,7	0,75	0,07	0,25	60	50	66,67	25
<i>Blutaparon vermiculare</i>	0,8	0,75	1,33	-	60	50	100	-
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	0,22	-	-	0,13	40	-	-	25
<i>Cassia mimmosoides</i>	0,02	-	-	0,25	20	-	-	25
<i>Combretum apiculatum</i>	1,12	-	-	1	80	-	-	75
<i>Cyperus esculentus</i>	0,32	-	-	0,28	60	-	-	50
<i>Cyperus longus</i>	0	4	-	-	-	100	-	-

Espèces	Recouvrement				Fréquence			
	Tm	Av DI	Av D1	Am D1	Tm	Av DI	Av D1	Am D1
<i>Cyperus rotundus</i>	0,12	-	-	0,03	40	-	-	25
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	1,4	-	0,67	0,28	80	-	66,67	50
<i>Desmodium hirtum</i>	0,04	-	-	0,13	40	-	-	25
<i>Desmodium triflorum</i>	0,1	-	-	-	20	-	-	-
<i>Dichrostachys cinerea</i>	-	-	-	0,5	-	-	-	25
<i>Diodia scandens</i>	0,42	-	0,07	0,03	40	-	66,67	25
<i>Echinochloa colona</i>	0,1	0,4	0,13	-	20	75	33,33	-
<i>Eleocharis geniculata</i>	0,8	2,5	1,67	-	20	100	33,33	-
<i>Enteropogon prieurii</i>	0,5	0,025	0,7	0,38	40	25	66,67	50
<i>Eragrostis tenella</i>	0,1	-	-	-	20	-	-	-
<i>Eragrostis tremula</i>	1,2	-	1	0,5	60	-	33,33	50
<i>Eragrostis turgida</i>	0,8	-	-	-	40	-	-	-
<i>Fimbristylis dichotoma</i>	-	0,5	0,33	0,03	-	25	33,33	25
<i>Hibiscus canabunus</i>	-	-	-	0,025	-	-	-	25
<i>Hibiscus calycosus</i>	-	-	-	0,25	-	-	-	25
<i>Hygrophila auriculata</i>	0,02	-	-	-	20	-	-	-
<i>Hygrophila senegalensis</i>	0,02	-	-	-	20	-	-	-
<i>Indigofera nummularifolia</i>	0,2	-	-	-	40	-	-	-
<i>Ipomoea asarifolia</i>	-	-	-	1,13	-	-	-	50
<i>Leptadenia lanceolata</i>	0,12	-	-	0,86	40	-	-	100
<i>Maytenus senegalensis</i>	-	-	-	0,5	-	-	-	25
<i>Melochia corchorifolia</i>	0,2	-	-	-	20	-	-	-
<i>Mitracarpus hirtus</i>	0,02	-	-	-	20	-	-	-
<i>Neocaria macrophylla</i>	-	-	-	1	-	-	-	25
<i>Oplismenus burmannii</i>	-	-	-	1,25	-	-	-	25
<i>Paspalum scrobiculatum</i>	0,42	0,13	0,33	-	60	25	33,33	-
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	0,2	-	-	0,13	20	-	-	25
<i>Polygola arenaria</i>	0,02	-	-	-	20	-	-	-
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	0,8	-	0,3	0,5	60	-	66,67	25
<i>Scoparia dulcis</i>	0,02	-	0,67	0,03	20	-	33,33	25
<i>Senna obtusifolia</i>	0,52	-	-	0,05	60	-	-	50
<i>Sida acuta</i>	0,62	-	-	-	40	-	-	-
<i>Spermacoce verticillata</i>	1,7	-	4	2	80	-	33,33	75
<i>Spermacoce chaetocephala</i>	0,1	-	-	-	20	-	-	-
<i>Spermacoce hispida</i>	0,2	-	-	-	20	-	-	-
<i>Sporobolus pyramidalis</i>	-	1,4	0,17	-	-	75	33,33	-
<i>Striga aspera</i>	0,12	-	0,03	-	40	-	33,33	-
<i>Strophanthus sarmentosus</i>	-	-	-	0,03	-	-	-	25
<i>Stylosanthes fruticosa</i>	0,02	-	-	-	20	-	-	-
<i>Tamarix senegalensis</i>	-	-	1	-	-	-	33,33	-
<i>Triumfetta pentandra</i>	-	-	-	0,63	-	-	-	50
<i>Zornia glochidiata</i>	1,4	-	1	0,25	40	-	33,33	25

## DISCUSSION

### Etat de la salinité et de l'acidité des sols

Cette étude a été menée pour évaluer l'effet de la salinité sur la diversité floristique dans la vallée de Bakhala. Les résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques montrent l'existence, d'amont en aval, d'un gradient de salinité qui est une résultante du fonctionnement des ouvrages qui contribuent au processus de dessalement. Ce processus a été mis en évidence par les travaux de Diome et Tine (2015) où la conductivité électrique montre un gradient de salinité qui se développe à partir des zones d'activités agricoles vers les zones de production de sel qui correspond dans cette étude à l'aval de la digue intermédiaire en passant par les zones de petites taches végétalisées qui correspond à l'aval de la digue 1.

### Au plan de la structure floristique

Les résultats obtenus de l'inventaire floristique montrent que la flore de la vallée de Bakhala est peu diversifiée comparée aux travaux de Thiam (2012) sur la flore vasculaire dans le Delta du fleuve Sénégal et le lac de Guiers où 151 espèces ont été recensées, réparties en 102 genres et 47 familles. Mais également ceux de Hammada (2007) sur l'étude de flore au Maroc dont 605 espèces ont été répertoriées. Cette étude dans le bassin arachidier du Sénégal révèle que 66 espèces ont été répertoriées et regroupées dans 55 genres et 20 familles. Cette faible diversité serait associée aux conditions climatiques notamment la salinité défavorables au développement de certaines espèces (Megharbie et al., 2016). Sur l'ensemble des espèces de cette flore, les dicotylédones dominent largement avec 71,21%. Ces résultats sont similaires avec ceux de Ka et al. (2019) trouvés dans les parcelles de sorgho en Haute Casamance. Ceci a été observé dans les autres zones agroécologiques du Sénégal et plus globalement dans l'ensemble des zones soudano-sahéliennes qui sont caractérisées par une dominance des dicotylédones sur les monocotylédones (Noba, 2002 ; Bassene et al., 2014). Cette dominance des Dicotylédones a aussi été constatée en France dans les cultures

annuelles de la côte d'Or (Dessaint et al., 2001). Dans la vallée de Bakhala, deux (2) familles à savoir les *Fabaceae* (24,24%) et les *Poaceae* (16,67%) constituent l'essentiel de la flore et couvrent près de 40,91% de l'ensemble des espèces recensées. Cette tendance a été observée en Algérie par Kazi Tani et al. (2010). Les familles des *Cyperaceae*, des *Malvaceae* et des *Rubiaceae* sont assez représentées et constituent plus de 7 à 9% de la flore. Les autres familles (15) sont moins diversifiées avec moins de 5% de la totalité des espèces. La dominance des *Fabaceae* s'expliquerait par l'utilisation de la classification APGIII qui y réunit trois (3) sous familles que sont : les *Faboideae*, les *Mimoisoideae* et les *Caesalpinioideae* selon Bassene et al. (2014) mais également, cette famille regroupe des espèces dont la longévité des semences est très importante. En ce qui concerne les *Poaceae*, leur importance s'expliquerait par la dispersion des espèces surtout herbacées dans la vallée. Ces familles citées représentent les plus diversifiées en Afrique et dans le monde.

### Sur le spectre biologique

La flore de la vallée de Bakhala est caractérisée par l'existence de six (6) types biologiques. Il s'agit des thérophytes, des phanérophytes, des géophytes, des hémicryptophytes, des chaméphytes et des épiphytes. Les thérophytes sont dominantes dans la flore de la vallée de Bakhala avec 56,06%, suivi des phanérophytes (30,30%). Les géophytes et les hémicryptophytes sont assez abondantes contrairement aux chaméphytes et épiphytes (espèces parasites) qui demeurent faibles dans cette flore. Les travaux portant sur les adventices dans le bassin arachidier de (Diouf, 2015), dans les zones péri-urbaines de Dakar (Ka, 2015) Sénégal Oriental et en Haute Casamance (Diouf et al., 2019) montrent tous une dominance des thérophytes. Dès lors cette dominance de ces thérophytes observée dans cette étude n'est pas forcément liée à la salinisation des terres mais plutôt à leur grande capacité adaptation aux conditions bioclimatiques du Sénégal.

### Sur le spectre Chorologique

Il ressort de l'étude de la répartition chorologique, que les espèces Africaines sont dominantes ; suivi par les espèces Pantropicales tandis-que les espèces Afro-américaines, Afro-asiatiques ainsi que Australiennes sont très faiblement représentées dans cette flore. L'importance des espèces pantropicales et Africaines de la flore de Bakhala (71,22%) pourrait être liée aux positions continentale et océanique de la zone d'étude (Noba, 2002).

### Impact de la salinité sur la répartition des espèces

#### *Richesse spécifique en fonction des gammes de salinité*

Cette richesse spécifique de chacun transects situés en amont et en aval des digues fait ressortir le gradient de salinité témoignant l'adaptation des espèces aux différentes gammes de salinité obtenues et l'effet répressif de la salinité sur la diversité floristique. Cette hétérogénéité de la composition floristique en fonction des gammes de salinité est témoinnée par les travaux de Malaga (2012) sur la « Diversité floristique d'un lac du Bas-Sahara » et ceux de Megharbie et al. (2016) sur la « Diversité floristique en relation avec les gradients abiotiques dans les zones humides de la Macta » en Algérie qui relatent une distribution hétérogène des espèces en fonction des paramètres physico-chimiques des sols notamment la salinité. Les travaux de Faye et al. (2016) sur les méthodes de récupération des terres salées au Sénégal ont pu montrer une variabilité de la diversité en fonction du degré de salinité. De la même manière, ceux de Sawtschuk et Bioret (2012) sur l'analyse diachronique de la dynamique spatiale de la végétation en fonction des niveaux de salinité ont permis d'établir les gammes des salinités des sols compatibles avec chaque groupement végétal.

#### *Caractérisation de la végétation de Bakhala*

L'hétérogénéité de la composition floristique appréciée à travers l'indice de Sorensen peut s'expliquer par la variabilité de la salinité observée de l'amont vers aval des digues anti-sels. Ainsi, les espèces ont divers

comportements en termes de recouvrement et de fréquence en termes de gamme de salinité observée. Les espèces *Blumea aurita* et *Enteropogon prieurii* sont caractéristiques des zones salées. Selon Diallo et al. (2009), ces espèces ont un large spectre écologique et sont très répandues dans les zones salées. L'espèce *Cyperus longus* a été uniquement rencontrée en aval de la digue intermédiaire où le niveau de salinité est beaucoup plus élevé avec un recouvrement très important. Donc cette espèce est capable de se développer sur des sols salés. L'espèce *Echinochloa colona* est absente uniquement au niveau de la zone de culture où le degré de salinité est très faible avec un recouvrement beaucoup plus important en aval de la digue intermédiaire avec une fréquence de 75% d'où la tolérance de l'espèce à des sols de salinité élevé. Les travaux de Thiam (2016) à Ndiabatt ont mis en évidence que l'espèce *Leptadenia lanceolata* est adaptée aux sols non-salins voir neutre avec une texture sableuse alors que dans cette étude, elle est recouvrante (0,86) avec une fréquence de 100% au niveau des zones de culture caractérisées par des sols non salins à texture sableuse. L'espèce *Spermacoce verticillata* a un important recouvrement (4) en aval de la digue 1 avec une fréquence de 33,33%. Elle peut être considérée comme une espèce adaptée à la salinité des sols. Ces résultats corroborent ceux de Faye et al. (2016) qui stipulent que cette espèce fait partie des plus tolérantes au degré de salinisation élevés. Les espèces telles-que *Spermacoce chaetocephala* et *Stylosanthes fruticosa* peuvent être considérées comme des espèces accidentelles car, elles ont été rencontrées uniquement au niveau de la zone non aménagée avec des recouvrements et des fréquences faibles. Les espèces telles-que *Hibiscus canabunis* et *Hibiscus calycosus* sont présentes uniquement dans les zones de culture. Par ailleurs, l'espèce *H. cannabunis* caractérise les sols non-salins à légèrement salins. Ce résultat est témoinné d'une part par ceux de Thiam (2016) au nord du fleuve Saloum et d'autre part par ceux de Thiam et al. (2015) sur « La variabilité de la végétation en milieux salés et acides au Sénégal » où cette espèce indique des milieux

sableux avec des caractères non-salins à légèrement salins.

### Conclusion

Cette étude sur la caractérisation pédologique et la structure de flore et de la végétation dans la vallée de Bakhala a permis de montrer l'impact de salinité sur la diversité biologique dans la vallée de Bakhala. Ainsi le pH et la conductivité électrique (CE) révèlent que les sols sont extrêmement acides avec des gammes de salinité faisant ressortir un gradient de l'amont vers l'aval des digues anti-sels. L'inventaire floristique a permis de recenser 66 espèces. La vallée de Bakhala présente une diversité assez importante avec 55 genres et 20 familles. Les 71,21% des espèces sont constitués par les dicotylédones contre 28,79% de monocotylédones. Deux familles : les *Poaceae* et les *Fabaceae* représentent 40,91% des espèces de cette flore. Les types biologiques dominants dans la vallée de Bakhala sont les thérophytes (56,06%). Sur le plan chorologique, les espèces Africaines sont majoritaires (54,55%). L'analyse de la végétation fait ressortir une distribution hétérogène des espèces en fonction du gradient de salinité.

### CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

### CONTRIBUTION DES AUTEURS

BA, MSM et AKT ont participé à la conception et à l'élaboration de la méthodologie expérimentale. BA, AKT et JD ont participé à la collecte des données. BA, MSM, AKT, ND et SLK ont participé à l'analyse et à l'interprétation des données. BA, MSM, AKT, ND, JD, SLK et BD ont participé à la rédaction du manuscrit. Tous les auteurs ont lu et approuvé la version finale du manuscrit.

### REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les autorités de l'Université de Dakar et du Département de Biologie Végétale, sans qui ce travail n'aurait pu être mené à son terme, ainsi que le

laboratoire de Botanique Biodiversité et le CNRA de Bambey (ISRA) pour la mise en œuvre des moyens matériels et financiers qui ont permis l'aboutissement de ce travail.

### REFERENCES

- Aminata NB, Dième I. 2000. Les types de sol au Sénégal : Caractérisation et utilisation. Dakar, Sénégal. 6 p. Chapitre de livre
- Batjes NH. 2008. ISRIC-WISE Harmonized Global Soil Profile Dataset. *ISRIC-World Soil Information*, Wageningen, **60**: 91-98.
- Dessaint F, Chadoeuf R, Barralis G. 2001. Diversité des communautés de mauvaises herbes des cultures annuelles de Côte-d'Or. 9 p (France).
- Diallo A, Guissé A, Ngom FM, Sapadoum G. 2009. Variabilité floristique de la végétation herbacée de la Niaye de Pikine au Sénégal. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, **64**: 123-133.
- Diome F, Tine AK. 2015. Impact of salinity on the physical soil properties in the groundnut basin of Senegal: case study of Ndiaffat. *International Journal of Chemistry*, **7**(2): 198-206. DOI: 10.5539/ijc.v7n2p198
- Diouf N. 201. Flore adventice des cultures de Mil (*Pennisetum glaucum*) et d'arachide (*Arachis hypogaea*L.) dans la zone de Diobass. Mémoire de master UCAD/BV Dakar Sénégal. 55p.
- Diouf N, Mbaye MS, Gueye M, Dieng B, Bassene C, Noba K. 2019. La flore adventice des cultures cotonnières dans le Sénégal Oriental et en Haute Casamance. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **13**(3): 1720-1736. DOI: 10.4314/ijbcs.v13i3.41
- Faye E, Tamba A, Diatta M. 2016. Lutte contre la salinisation et valorisation des terres salées au Sénégal. Etat des connaissances et perspectives. Livre. Dakar, Sénégal.
- Gillet F. 2000. La phytosociologie synusiale intégrée: guide méthodologique. Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie de l'Université de Neuchatel, Inst. Bot. 69 p
- Hammada S. 2007. Etudes sur la végétation des zones humides du Maroc: Catalogue et analyse de la biodiversité floristique et

- identification es principaux groupement végétaux. Thèse doctorat d'Etat, Faculté des sciences de l'université de Rabat (Maroc). 199 p.
- Ka SL. 2015. Les adventices de la tomate (*Lycopersicum esculentum* L.) dans les zones péri-urbaines de Dakar, Sénégal. Mémoire de master UCAD/BV. 37 p.
- Ka SL, Mbaye MS, Gueye M, Camara AA, Dieng B, Noba K. 2019. Flore adventice du sorgho (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) en Haute Casamance, zone soudanienne du Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **13**(1): 411–425. DOI: 10.4314/ijbcs.v13i1.32
- Kazi Tani C, Le Bourgeois T, Munoz F. 2010. Contribution à l'étude des communautés d'adventices des cultures du secteur phytogéographique Oranais (nord-ouest algérien): aspects botanique, agronomique et phyto-écologique. *Flora Mediterranea*, **19**: 29-46.
- Malaga 2012. Diversité floristique d'un lac du Bas-Sahara Algérien. 44p.
- Marius C. 1985. Mangroves du Sénégal et de la Gambie: écologie, pédologie, géochimie, mise en valeur et aménagement.
- Mathieu C, Pieltain F, Jeanroy E. 2003. Analyse chimique des sols: Méthodes choisies.
- Mbaye MS. 2013. Association mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] et niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] : Arrangement spatiotemporel des cultures, structure, dynamique et concurrence de la flore adventice et proposition d'un itinéraire technique. Thèse d'Etat Unique UCAD/BV. 236 p.
- Megharbie A, Fatiha A, Belgherbi B. 2016. Diversité floristique en relation avec les gradients abiotiques dans la zone humide de la Macta (Ouest Algérie). 142 – 155 p.
- Montoroi JP. 1996. Mise en valeur des bas-fonds en Basse-Casamance (Sénégal). *Agriculture et développement*, 61–73 p.
- Noba K. 2002. La flore adventice dans le sud du bassin arachidier (Sénégal): structure, dynamique et impact sur la production du mil et de l'arachide.
- Sawtschuk J, Bioret F. 2012. Analyse diachronique de la dynamique spatiale de la végétation de l'estuaire de la Loire. *Photo Interprétation*, **48**: 15–28.
- Thiam A. 2012. Etude de la flore vasculaire, de la végétation et des macrophytes aquatiques proliférant dans le Delta du fleuve Sénégal et le lac de Guiers (Sénégal). Thèse de doctorat d'État en Sciences Naturelles, Université Cheikh Anta Diop de Dakar.
- Thiam A. 2016. Structure et fonctionnement des tannes du Sine Saloum (Sénégal), dans une perspective de mise en valeur pour un développement durable. Thèse d'Etat Unique UCAD/BV. 235 p.
- Thiam A, Samba SAN, Noba K, Ndiaye JP, Diatta M, Wade M. 2015. Etude de la variation de la végétation en milieux salé et acide au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9**(1): 155–175. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i1.15>
- Thiombiano A, Schmidt M, Dressler S, Ouédraogo A, Hahn K. 2012. Catalogue des plantes vasculaires du Burkina Faso. Boissiera: mémoires des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève. 1–391 pp.