

Caractérisation des groupements végétaux des zones humides du site Ramsar 1017 au Bénin

Marius Hugues Mavo. DEGLA^{1*},
Etienne Monsoundé. DOSSOU²,
Laurent Gbenato. HOUESSO³,
Toussaint Olou. LOUGBÉGNON⁴

Résumé

Cette étude a pour objectif global de caractériser les groupements végétaux du site Ramsar 1017 au Bénin et d'analyser leur structuration en relation avec les variables environnementales. Les résultats indiquent que 116 relevés phytosociologiques, réalisés dans des placettes carrées de 30 m × 30 m, ont permis d'identifier neuf groupements végétaux répartis entre zones humides marines et côtières, continentales et artificielles. Les analyses par classification hiérarchique et Analyse Canonique des Correspondances montrent que la capacité d'échange cationique, la teneur en argile et le carbone organique du sol sont les principaux facteurs contrôlant la distribution des communautés végétales. Les résultats indiquent également une forte variabilité de la richesse spécifique et de l'indice de diversité de Shannon selon les groupements. Les zones humides marines et côtières présentent les plus faibles valeurs de diversité ($H' = 0,4$ à $1,9$ bits), traduisant une forte spécialisation écologique, tandis que certains groupements continentaux et artificiels affichent des diversités élevées ($H' > 4$ bits). Ces résultats mettent en évidence la sensibilité différentielle des groupements végétaux aux gradients édaphiques et aux pressions anthropiques, et fournissent des bases scientifiques essentielles pour la conservation et la gestion durable du site Ramsar 1017.

Mots clés : Conservation, Groupements végétaux, Site Ramsar, Variables environnementales.

¹ Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau, Université Nationale d'Agriculture, Bénin

² Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Faculté des Sciences Humaines et Sociales, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

³ Laboratoire d'Écologie de Botanique et de Biologie Végétale, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

⁴ Ecole de Foresterie Tropicale, Université Nationale d'Agriculture, Bénin

*Auteur correspondant : Marius Hugues Mavo DEGLA, hugdegla@gmail.com ;
ORCID : 0009-0003-0050-4102

DOI : <https://doi.org/10.64707/revstsna.v45i1.1794>

Characterization of Plant Communities in the Wetlands of Ramsar Site 1017 in Benin

Abstract

This study aims to characterize plant communities in Ramsar Site 1017 in Benin and to analyze their structural patterns in relation to environmental variables. The results indicate that 116 phytosociological surveys, conducted within square plots of 30 m × 30 m, led to the identification of nine plant communities distributed across marine and coastal, continental, and artificial wetlands. Hierarchical classification and Canonical Correspondence Analysis show that cation exchange capacity, clay content, and soil organic carbon are the main factors controlling the distribution of plant communities. The results also reveal marked variability in species richness and Shannon diversity index among communities. Marine and coastal wetlands exhibit the lowest diversity values ($H' = 0.4\text{--}1.9$ bits), reflecting strong ecological specialization, whereas several continental and artificial communities display high diversity levels ($H' > 4$ bits). These findings highlight the differential sensitivity of plant communities to edaphic gradients and anthropogenic pressures and provide essential scientific evidence to support conservation and sustainable management strategies for Ramsar Site 1017.

Keywords : Conservation, Plant communities, Ramsar site, Environmental variables.

Introduction

Les zones humides sont des écosystèmes riches en biodiversité, essentielles au maintien de l'équilibre écologique mondial (DUFOR, 2019). Présentes de manière permanente ou saisonnière, elles incluent les marécages, marais, rizières, tourbières, mangroves et zones intertidales (REBELO *et al.*, 2018). Leur conservation est cruciale en raison des nombreux services écosystémiques qu'elles fournissent (NDAO, 2012).

Ces milieux naturels agissent comme des régulateurs du cycle de l'eau (GAYET *et al.*, 2023). Ils absorbent les excès d'eau lors de fortes pluies (LYNDA, 2024), stockent temporairement cette eau, réduisant ainsi les risques d'inondation (MARWA et KHADIDJA, 2024), et la relâchent progressivement pendant les périodes sèches, contribuant à prévenir les sécheresses et à garantir l'accès à l'eau potable.

Les zones humides assurent aussi une fonction de purification de l'eau (AMARA RANIA, 2024). Grâce à l'action des plantes aquatiques, des micro-organismes et des sols, elles filtrent les polluants, métaux lourds et nutriments excédentaires (notamment l'azote et le

phosphore), souvent issus de l'agriculture, de l'industrie ou des zones urbaines. Elles participent ainsi à l'amélioration de la qualité de l'eau et à la régulation des écosystèmes aquatiques (KHERMOUS et LABRECHE, 2022).

Elles abritent également une biodiversité exceptionnelle (FEDER *et al.*, 2024), accueillant de nombreuses espèces végétales et animales : oiseaux migrateurs, poissons, amphibiens, reptiles, insectes et plantes menacées par la perte d'habitat. Environ 40 % des espèces animales et végétales mondiales dépendent de ces milieux pour leur survie (AOUED et GUEROUMI, 2022). Leur protection est donc essentielle au maintien des équilibres écologiques (MARTIN, 2021).

Sur le plan climatique, les zones humides jouent un rôle majeur en tant que puits de carbone, stockant du CO₂ dans leurs sols sous forme de matière organique (MAREGA *et al.*, 2024). Leur destruction entraîne la libération de ce carbone, aggravant le réchauffement climatique. Les zones humides côtières comme les mangroves et les marais salants protègent également les littoraux contre l'érosion et les tempêtes (BENMOKHTAR, 2023), de plus en plus fréquentes.

D'un point de vue économique, elles soutiennent la subsistance de millions de personnes grâce à la pêche, l'agriculture, le tourisme et la récolte de ressources naturelles (roseaux, tourbe, plantes aquatiques) (MAREGA *et al.*, 2024). Elles ont aussi une forte valeur culturelle et spirituelle dans de nombreuses régions.

La Convention de Ramsar (1971), adoptée en Iran, vise à protéger les zones humides d'importance internationale. Les sites Ramsar, désignés par les États signataires, bénéficient de mesures spécifiques de conservation. Ces engagements impliquent la mise en œuvre de politiques durables, la surveillance de leur état écologique et la limitation des menaces (pollution, urbanisation, agriculture intensive).

Dans ce contexte, la présente étude vise à identifier et caractériser les groupements végétaux du site Ramsar 1017 et à évaluer leur diversité en relation avec les variables environnementales. Nous posons comme hypothèse que la diversité et la composition floristique varient selon le type de zone humide (naturelle ou artificielle) et les gradients environnementaux, et que les facteurs édaphiques (capacité d'échange cationique, texture et matière organique du sol) constituent les principaux déterminants de la structuration des communautés végétales. L'étude cherche ainsi à fournir des données scientifiques

utiles pour orienter la conservation et la gestion durable de ce site, en particulier pour les zones les plus sensibles aux perturbations humaines.

I. Matériel et méthodes

I.1. Milieu d'étude

Cette étude a été conduite dans le site Ramsar 1017, ou complexe Basse Vallée du Couffo–Lac Ahémé, couvrant 524 289 ha au sud-ouest du Bénin (6°11'–7°35' N, 1°27'–2°21' E) et s'étendant sur 20 communes des départements du Mono, Couffo, Atlantique et Zou (Figure 1). Limitée par l'océan Atlantique, le Togo, le site Ramsar 1018 et le département du Zou, cette zone subéquatoriale alterne quatre saisons et présente des sols variés associés à une mosaïque d'écosystèmes : plaines côtières, plateaux de terre de barre et dépressions argileuses (ADAM et BOKO, 1993 ; VOLKOFF et WILLAIME, 1976). La végétation comprend des mangroves littorales (*Rhizophora racemosa*, *Avicennia germinans*, *Acrostichum aureum*), des prairies et herbiers aquatiques, des zones humides continentales arborées ou arbustives et des zones humides artificielles (rizières, étangs, retenues), fortement modulées par les activités humaines. Le site se distingue par sa biodiversité élevée, ses fonctions écosystémiques majeures (régulation hydrologique, séquestration du carbone, habitat faunique), et la coexistence d'espèces adaptées à des gradients hydrologiques et édaphiques variés, bien que certaines zones restent vulnérables aux pressions anthropiques et au changement climatique.

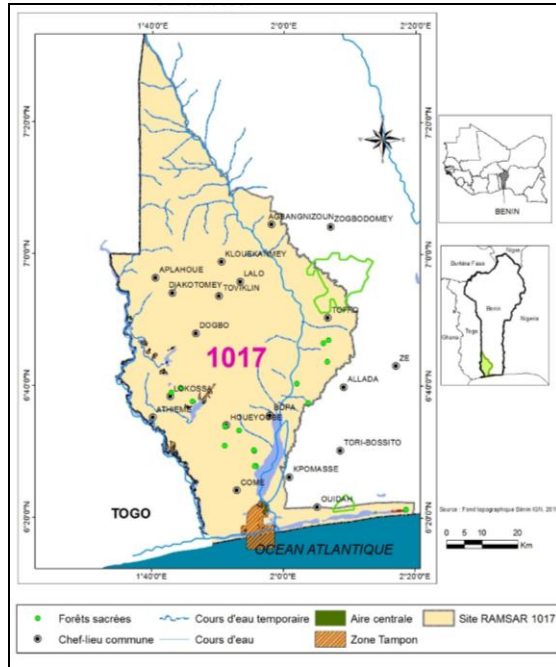


Figure 1 : Situation géographique du site Ramsar 1017

I.2. Collecte des données

I.2.1. Collecte des données floristique

La végétation des zones humides du site Ramsar 1017 a été étudiée à l'aide de la méthode phytosociologique de Braun-Blanquet, permettant une évaluation précise de la composition floristique et de la structure des communautés végétales. Un total de 116 relevés phytosociologiques, réalisés dans des placettes carrées de 30 m × 30 m, a été effectué (DOSSOU *et al.*, 2012 ; ADOMOU *et al.*, 2011 ; AKOEGNINOUS *et al.*, 2006). Chaque placette a fait l'objet d'un inventaire exhaustif des espèces végétales présentes, accompagné d'une estimation de leur abondance-dominance, exprimée en pourcentage de recouvrement (Tableau I).

Tableau I : Coefficient d'abondance-dominance des espèces

5	individus en nombre variable, recouvrement ≥ 75 %
4	individus en nombre variable, recouvrement entre 50 et 75 %
3	individus en nombre variable, recouvrement entre 25 et 50 %
2	individus en nombre variable, recouvrement entre 5 et 25%
1	individus peu abondants à abondants, recouvrement $<5\%$
+	individus très peu abondants, recouvrement $<5\%$
r	individus rares ou très rares, recouvrement $<5\%$;
i	un seul individu présent, recouvrement $<5\%$

I.2.2. Variables environnementales

La relation entre variables environnementales et groupements végétaux éclaire l'influence des facteurs abiotiques sur la végétation (BITTEBIERE, 2024). Les variables édaphiques (ISRIC : <https://www.isric.org/>) et les données climatiques et topographiques (WorldClim : <https://www.worldclim.org/>) ont été utilisées pour caractériser chaque placette (Tableau II).

Tableau II : liste des variables environnementales

Variables environnementales	Source
CEC : Capacité d'échange cationique (cmol(+) \cdot kg ⁻¹)	<i>World Soil Information</i> (https://www.isric.org/)
CLAY : Teneur en argile (%)	
OC : Carbone organique (%)	
PH : pH du sol	
SAND : Teneur en sable (%)	
SILT : Teneur en limon (%)	
TMA : Température moyenne annuelle (°C)	<i>WorldClim</i> (https://www.worldclim.org/)
PMA : Pluviométrie moyenne annuelle (mm)	
PET : Evapotranspiration potentielle (mm)	
ALT : Altitude (m)	

I.3. Analyse et traitement des données

I.3.1. Typologie des groupements végétaux

La végétation a été classée en groupements par classification hiérarchique ascendante (méthode de Ward, R 4.2.2), affinée par un tableau synoptique basé sur les espèces dominantes à $p < 0,05$. L'analyse canonique des correspondances (CCA) a permis de relier ces communautés à des variables environnementales (altitude, pente, pH, CEC, carbone organique). Les relations linéaires entre les variables ont été examinées à l'aide du coefficient de corrélation de Pearson, tandis que le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a permis d'évaluer les différences significatives entre les communautés végétales en fonction des propriétés du sol.

I.3.2. Analyse de la diversité des groupements végétaux

La diversité floristique a été caractérisée à l'aide de la richesse spécifique (S), de l'indice de diversité de Shannon (H') et de l'équitabilité de Pielou (E). L'indice de Shannon a été calculé selon l'expression : $H' = - \sum p_i \cdot \log_2(p_i)$, où $p_i = r_i / r$, r_i représentant le recouvrement de l'espèce i dans le relevé considéré et r la somme totale des recouvrements de l'ensemble des espèces du relevé. Des valeurs de H' supérieures à 3,5 traduisent une forte diversité floristique, tandis que des valeurs inférieures à 2,6 indiquent une spécialisation marquée des communautés. L'équitabilité de Pielou a été estimée par la relation $E = H' / H'_{\max}$, avec $H'_{\max} = \log_2(S)$, où S correspond au nombre total d'espèces recensées. L'indice E varie entre 0 et 1 ; il tend vers 0 lorsque la quasi-totalité du recouvrement est concentrée sur une seule espèce, et atteint 1 lorsque toutes les espèces présentent des recouvrements identiques.

II. Résultats

II.1. Discrimination des relevés

La classification hiérarchique de 116 relevés floristiques du site Ramsar 1017 (Bénin) a révélé trois groupes : 20 relevés en zones humides marines et côtières (ZHMC), influencées par l'hydromorphie et la salinité ; 64 relevés en zones humides continentales (ZHC), dominées par des formations hygrophiles liées à l'eau douce et aux inondations périodiques ; et 32 relevés en zones humides artificielles (ZHA), correspondant à des milieux créés ou fortement modifiés par l'action humaine au sens de la classification Ramsar (plans d'eau,

retenues, bas-fonds aménagés, rizières et zones de drainage), dont la structure et la composition de la végétation sont principalement déterminées par les activités anthropiques (Figure 2).

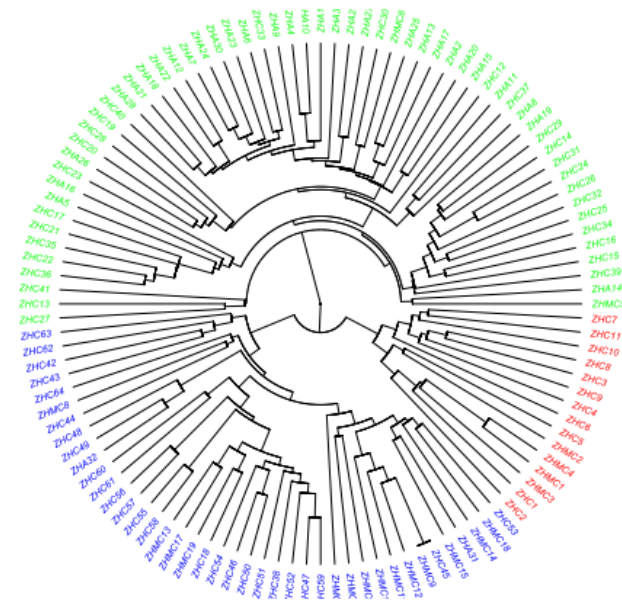


Figure 2 : Dendrogramme de la classification hiérarchique basée sur les 116 relevés floristiques effectués dans le site Ramsar 1017

II.2. Partition des groupes de relevés en communautés végétales

Groupe des relevés des zones humides marines et côtières

Le dendrogramme issu de la classification ascendante hiérarchique des 20 relevés floristiques effectués dans les zones humides marines et côtières (ZHMC) montre deux groupements végétaux (Figure 3). Il s’agit du :

- **groupement végétal G1** à *Remirea maritima* et *Cocos nucifera* constitué des 7 relevés effectués sur le rivage de sable fin. Ce groupement végétal se retrouve le long littoral sableux depuis Avloh (Grand Popo) à Togbin (Abomey-Calavi) mais très fragmenté.
- **groupement végétal G2** à *Acrostichum aureum* et *Rhizophora racemosa* constitué des relevés réalisés dans les zones humides boisées intertidales dominées par les écosystèmes de mangrove qui colonisent la lagune côtière ou les stations périodiquement inondées

du domaine margino-littoral depuis Grand Popo, Comè, Bopa, Kpomassè à Ouidah.

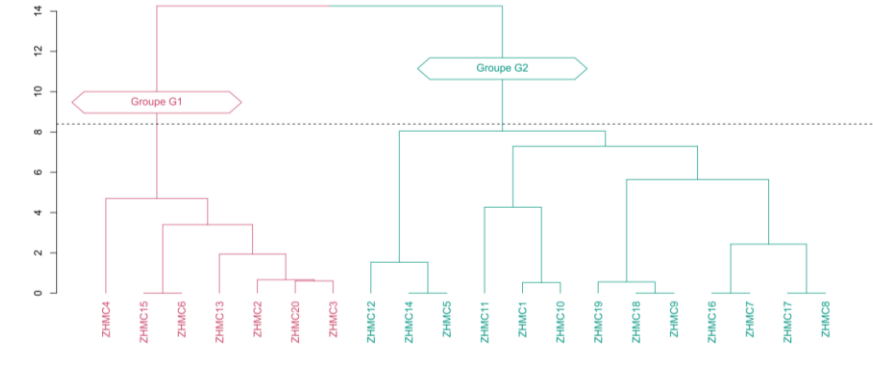


Figure 3 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des relevés floristiques des zones humides marines et côtières

Groupe des relevés des zones humides continentales

Le dendrogramme résultant de la classification hiérarchique des relevés effectués dans les zones humides continentales révèle l'existence de quatre groupements végétaux (Figure 4) à savoir :

- **Le groupement végétal G3** à *Paspalum vaginatum* et *Typha domingensis*. Il est constitué des relevés effectués dans la formation végétale de prairie située le long de la lagune côtière (depuis à Ouidah). La présence permanente de l'eau saumâtre au niveau de ces prairies est la caractéristique essentielle de cette formation avec une absence quasi-totale de la strate ligneuse.
- **Le groupement végétal G4** à *Leersia hexandra* et *Echinochloa pyramidalis* constitué des relevés effectués dans la formation végétale des marais d'eau douce permanente. La présence permanente d'eau douce au niveau de ces prairies est la caractéristique essentielle de cette formation avec une absence quasi-totale de la strate ligneuse. Il se localise à la lisière des mares et marais d'eau douce de Tannou, Dogbo et Adjamé.
- **Groupement végétal G5** à *Mitragyna inermis* et *Andropogon gayanus*. Ce groupement est constitué des relevés effectués dans les savanes marécageuses périodiquement inondées des zones humides d'eau douce dominées par des arbres. Ce type groupement végétal est identifié à la lisière du Lac Toho, de la forêt riveraine d'Adjamé, d'Akpali et de Colli et Ague.

- **Groupe végétal G6** à *Paullinia pinnata* et *Pterocarpus santalinoides*. Ce groupement est constitué des relevés effectués dans les forêts marécageuses (Naglanou, Dévé, Togbadji, etc.) des zones humides d'eau douce dominées par des arbres.

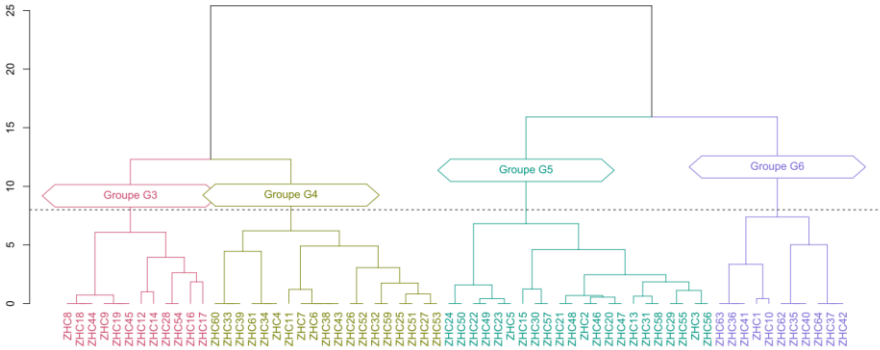


Figure 4 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des relevés floristiques des zones humides continentales

Groupe des relevés des zones humides artificielles

Le groupe des 32 relevés effectués dans les zones humides artificielles a été soumis à une classification hiérarchique afin de mieux individualiser les groupements végétaux de ce type de milieu (Figure 5). Trois groupements végétaux ont été identifiés dans ce type de milieu. Il s'agit :

- **Groupe végétal G7** à *Imperata cylindrica* et *Lonchocarpus sericeus*. Ce groupement se retrouve dans les zones de culture et jachère saisonnièrement inondées. Elles sont faites des champs de canne à sucre, des cultures sous palmier à huile et cocoteraies saisonnièrement inondées. On le retrouve dans les champs de riz de Gbéhoué, de Houndjo-Houndji, etc et les champs de canne à sucre de Athiémé, Grand Popo, Dogbo, etc.

- **Groupe végétal G8** à *Acrostichum aureum* et *Machaerium lunatum*. Ce groupement se retrouve sur les sites d'exploitation du sel. Il se localise le long de la lagune côtière au niveau marais salants de Togbin-Adounko, Avlékété, Djègbadji, Houakpè-Daho et Avloh.

- **Groupe végétal G9** à *Andropogon tectorum* et *Tectona grandis* des excavations (gravières, sablières). Ce sont les relevés effectués dans les carrières abandonnées rencontrées dans le site Ramsar 1017. Il s'agit des carrières de graviers, des carrières de sable continental (Aplahoué, Ouidah, Comè, Houéyogbé, etc) et des carrières de graviers (Lokossa, Dogbo, Aplahoué, Houéyogbé, Toffo, etc.) et des sites d'exploitation d'argile de Sè à Houéyogbé.

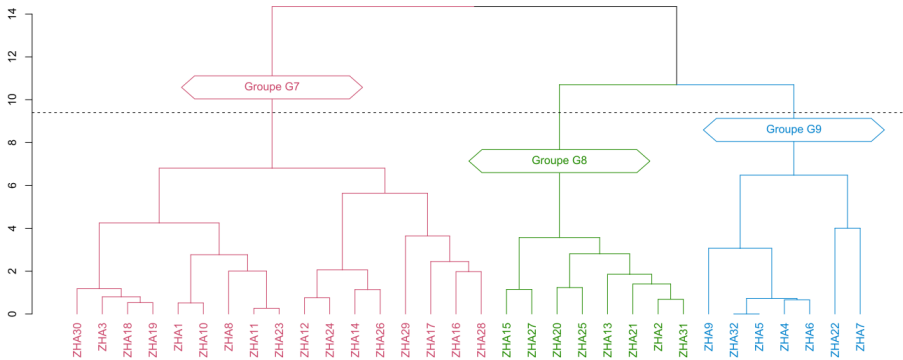


Figure 5 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des relevés floristiques des zones humides artificielles

II.3. Identification des facteurs environnementaux influençant la répartition des groupements végétaux des zones humides du site Ramsar 1017

L'analyse canonique des correspondances (CCA) a montré que la capacité d'échange cationique, la teneur en argile et le taux de carbone organique sont les variables environnementales qui influencent significativement la composition des groupements végétaux des zones humides du site Ramsar 1017 (Tableau III).

Tableau III : Facteurs déterminant la répartition des groupements végétaux

Variabiles environnementales	D f	ChiSquar e	F	Pr(>F)
CEC : Capacité d'échange cationique (cmol(+).kg ⁻¹)	1	0,143	1,61 4	0,015*
CLAY : Teneur en argile (%)	1	0,2633	2,97 4	0,001** *
OC : Carbone organique (%)	1	0,1663	1,87 6	0,035*
PH : pH du sol	1	0,085	0,95 9	0,591
SAND : Teneur en sable (%)	1	0,0836	0,94 3	0,597
SILT : Teneur en limon (%)	1	0,0646	0,72 9	0,944
TMA : Température moyenne annuelle (°C)	1	0,0817	0,92 2	0,601
PMA : Pluviométrie moyenne annuelle (mm)	1	0,0793	0,89 5	0,712
PET : Evapotranspiration potentielle (mm)	1	0,1193	1,34 6	0,112
ALT : Altitude (m)	1	0,0862	0,97 2	0,558

(* p < 0,05 ; ** p < 0,01 ; *** p < 0,001). Df correspond aux degrés de liberté, F à la statistique de Fisher et Pr(>F) à la probabilité associée au test de Fisher.

La capacité d'échange cationique, la teneur en argile et le taux de carbone organique varient d'un groupement végétal à un autre (Figure 6 à 8). La capacité d'échange cationique est plus élevée au niveau du groupement végétal G4 (19,16±1,02) et plus faible pour le groupement végétal G9 (14,8±1,5). Ces valeurs varient significativement d'un groupement à un autre (H = 20,47 DF = 8 P = 0,009). La teneur en argile et le taux de carbone organique est très faible dans le groupement végétal G1 respectivement 23,43±0,54 % et 4,14±0,26%. Ces deux variables (la teneur en argile et le taux de carbone organique) varient aussi significativement d'un groupement végétal à l'autre (H = 46,57, DF = 8, P = 0,0001 pour la teneur en argile et H = 62,30 DF = 8 P = 0,0001 pour le taux de carbone organique).

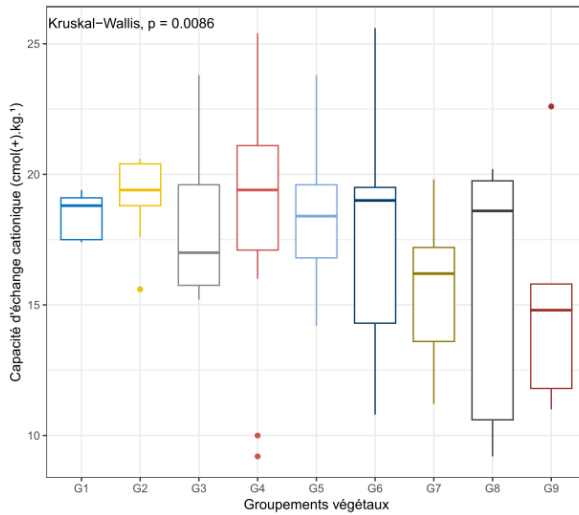


Figure 6 : Variation de la Capacité d'échange cationique (la police) des groupements végétaux

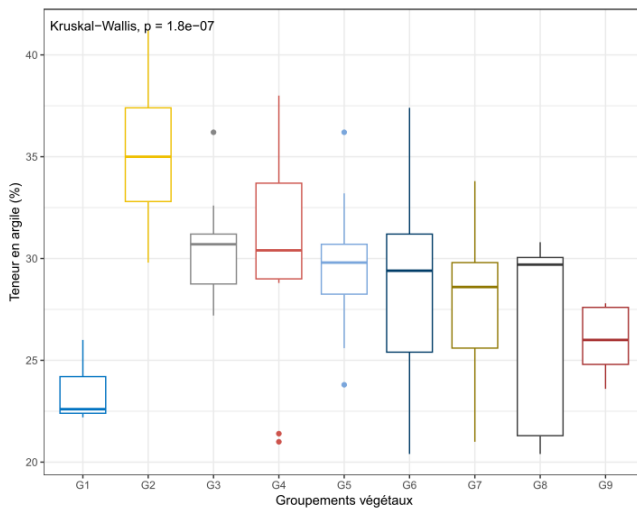


Figure 7 : Variation de la teneur en argile des groupements végétaux

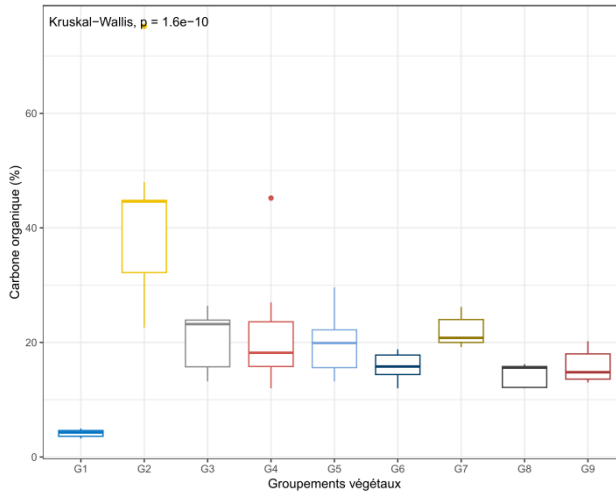


Figure 8 : Variation de la teneur en matière organique des groupements végétaux

La carte factorielle de l'analyse canonique des correspondances (CCA) montre que la communauté d'espèces varie en fonction de deux principaux gradients environnementaux (Figure 9). L'axe CCA1 traduit un gradient de la teneur en argile. Cet axe oppose les relevés effectués sur sol pauvre en argiles dominés par des espèces psammophiles à ceux effectués sur sol argileux avec de forte capacité d'échange cationique (CEC). L'axe CCA2 est l'axe d'acidité du sol, il oppose les relevés sur sol à acidité faible à ceux sur sol à acidité élevée.

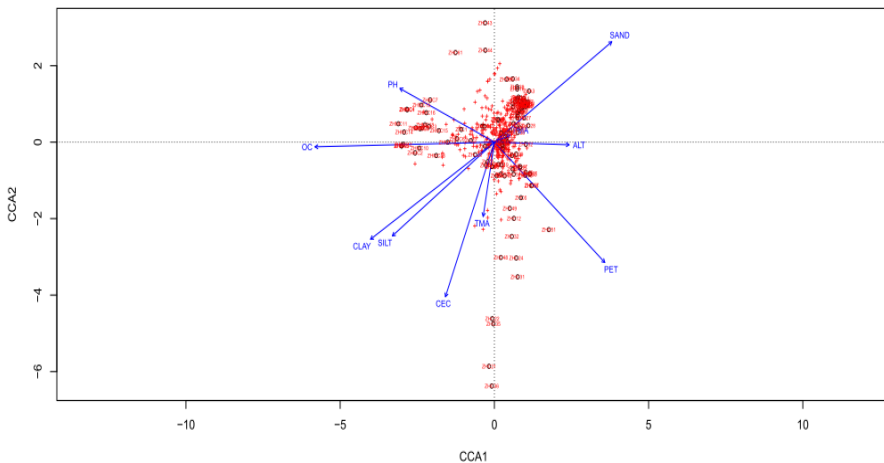


Figure 9 : Carte factorielle de l'analyse canonique des correspondances (CCA)

II.4. Caractérisation des groupements végétaux du site Ramsar 1017

Diversité spécifique des communautés végétales

Les tableaux IV présentent les caractéristiques écologiques des différents groupements végétaux identifiés dans le milieu d'étude.

La richesse spécifique en espèces végétales (S) varie fortement d'un groupement végétal à un autre. La plus forte valeur (165 espèces) est obtenue pour le groupement végétal à *Acrostichum aureum* et *Machaerium lunatum* tandis que la plus faible (8 espèces) est obtenue pour le groupement végétal à *Acrostichum aureum* et *Rhizophora racemosa* (Mangroves).

L'indice de Shannon (H') varie aussi d'un groupement végétal à un autre. Il est très faible (entre 0,54 à 1,9 bits) pour les groupements végétaux à *Remirea maritima* et *Cocos nucifera* ($H'=0,54$ bits), à *Acrostichum aureum* et *Rhizophora racemosa* ($H'=1,9$ bits) avec des valeurs d'équitabilité de Pielou (E) faibles dans l'ensemble (E entre 0,21 et 0,36). Les faibles valeurs de H' et de E obtenues pour ces groupements témoignent des conditions environnementales défavorables au bon développement de beaucoup d'espèces, favorisant ainsi un petit nombre d'espèces au détriment des autres. Par contre, les groupements végétaux des zones humides artificielles (Groupement végétal à *Mitragyna inermis* et *Andropogon gayanus*

à *Imperata cylindrica* et *Lonchocarpus sericeus*) ont des indices de diversité de Shannon (H') plus élevés variant de 3,2 à 5 bits avec l'équitabilité de Pielou (E) aussi élevé dans l'ensemble (E entre 0,6 et 0,8). Ces valeurs de H' et de E montrent une équirépartition des espèces dans ces groupements végétaux.

Tableau IV : Caractéristiques écologiques des groupements végétaux du milieu d'étude

Groupements végétaux	Paramètres écologiques			Nombre de famille	Familles plus représentées
	S	H'	E		
Groupement végétal G1 à <i>Remirea maritima</i> et <i>Cocos nucifera</i>	16	0,54	0,36	11	Cyperaceae (29,41 % des espèces), Convolvulaceae (11,76 % des espèces) et Poaceae (11,76 % des espèces)
Groupement végétal G2 à <i>Acrostichum aureum</i> et <i>Rhizophora racemosa</i>	8	1,9	0,21	5	Acanthaceae (16,67 % des espèces), Combretaceae (33,33 % des espèces) et Rhizophoraceae (16,67 % des espèces)
Groupement végétal G3 à <i>Paspalum vaginatum</i> et <i>Typha domingensis</i>	39	3,2	0,6	17	Asteraceae (13,16 % des espèces), Cyperaceae (13,16 % des espèces), Poaceae (13,16 % des espèces)
Groupement végétal G4 à <i>Leersia hexandra</i> et <i>Echinochloa pyramidalis</i>	42	1,72	0,33	20	Poaceae (10 % des espèces), Asteraceae 12,5 % des espèces) et Fabaceae (17,5 % des espèces)

Groupements	Paramètres écologiques			Nombre de	
Groupement végétal G5 à <i>Mitragyna</i> <i>inermis</i> et <i>Andropogon gayanus</i>	65	4,3	0,7	33	Rubiaceae (6,15 % des espèces), Malvaceae (9,23 % des espèces), Fabaceae (13,85 % des espèces)
Groupement végétal G6 à <i>Paullinia</i> <i>pinnata</i> et <i>Pterocarpus</i> <i>santalinoides</i>	25	3,22	0,71	17	Sapindaceae (8,69 % des espèces), Fabaceae (13,04 % des espèces) et Sterculiaceae 13,04 % des espèces)
Groupement végétal G7 à <i>Imperata</i> <i>cylindrica</i> et <i>Lonchocarpus</i> <i>sericeus</i>	88	5,01	0,8	30	Rubiaceae (6,90 % des espèces), Asteraceae, (10,34 % des espèces), Fabaceae (18,39 % des espèces)
Groupement végétal G8 à <i>Acrostichum</i> <i>aureum</i> et <i>Machaerium lunatum</i>	165	4,18	0,66	54	Cyperaceae (9,68 des espèces), Poaceae (12,90 des espèces) et Fabaceae (17,42 des espèces)
Groupement végétal G9 à <i>Andropogon</i> <i>tectorum</i> et <i>Tectona</i> <i>grandis</i>	63	4,42	0,17	40	Rubiaceae (4,40 % des espèces), Asteraceae, (11,34 % des espèces), Fabaceae (20,39 % des espèces)

III. Discussion

III.1. Organisation des groupements végétaux des zones humides : convergence avec les modèles récents de l'écologie des milieux humides

Les groupements littoraux dominés par *Rhizophora racemosa*, *Acrostichum aureum* et *Remirea maritima* correspondent à des communautés hautement spécialisées, caractéristiques des environnements soumis à une salinité élevée, à une dynamique tidale marquée et à des sols pauvres en nutriments. Des études récentes menées sur les mangroves d'Afrique de l'Ouest et d'Asie du Sud-Est montrent que ces systèmes présentent une diversité floristique intrinsèquement faible, mais une forte spécialisation fonctionnelle, liée à des contraintes écophysiologiques sévères (ALONGI, 2018 ; FRIESS *et al.*, 2019 ; WORTHINGTON *et al.*, 2020). Les résultats obtenus dans le site Ramsar 1017 confirment ces tendances globales.

À l'inverse, les zones humides continentales et artificielles présentent des groupements végétaux plus diversifiés, traduisant une plus grande hétérogénéité environnementale. Des travaux récents sur les plaines inondables tropicales montrent que l'alternance des phases d'inondation et d'assèchement favorise la coexistence d'espèces aux stratégies écologiques contrastées, augmentant ainsi la richesse et la diversité spécifiques (JUNK *et al.*, 2018 ; TOCKNER *et al.*, 2021).

III.2. Facteurs édaphiques structurants : confirmation par la littérature récente

L'analyse canonique des correspondances identifie la capacité d'échange cationique (CEC), la teneur en argile et le carbone organique comme les principaux déterminants de la répartition des groupements végétaux. Ces résultats sont en accord avec les synthèses récentes qui soulignent que les propriétés physicochimiques des sols constituent des facteurs majeurs de structuration de la végétation des zones humides (REDDY *et al.*, 2017 ; MITSCH *et al.*, 2021).

La CEC est aujourd'hui reconnue comme un indicateur clé de la fertilité des sols hydromorphes et de leur capacité à soutenir une diversité végétale élevée. Des études menées dans les zones humides tropicales d'Afrique et d'Asie montrent que les communautés végétales les plus complexes se développent préférentiellement sur des sols à CEC élevée, capables de retenir les nutriments malgré le lessivage lié à l'inondation prolongée (ZHANG *et al.*, 2017 ;

NAHLIK & FENNESSY, 2016). Les valeurs élevées observées dans certains groupements continentaux du site Ramsar 1017 expliquent ainsi la dominance d'espèces hygrophiles à forte biomasse et la présence de formations arborées marécageuses.

La teneur en argile constitue le principal gradient structurant l'axe CCA1, traduisant son rôle fondamental dans la rétention de l'eau et la durée d'engorgement des sols. Des travaux récents montrent que la texture du sol conditionne fortement la tolérance des espèces à l'hypoxie racinaire et influence directement la composition floristique des zones humides (KEDDY *et al.*, 2018 ; MORENO-DE LAS HERAS *et al.*, 2019). Les groupements associés aux sols sableux pauvres en argile hébergent ainsi une flore spécialisée, tandis que les sols argileux favorisent des communautés plus diversifiées et plus stables.

Le carbone organique apparaît également comme un facteur déterminant. Les recherches récentes soulignent que les zones humides riches en matière organique présentent une productivité végétale élevée et une plus grande stabilité fonctionnelle, tout en jouant un rôle majeur dans la séquestration du carbone à l'échelle globale (NAHLIK & FENNESSY, 2016 ; MITSCH *et al.*, 2018 ; KAYRANLI *et al.*, 2020). Les faibles teneurs en carbone organique observées dans les groupements littoraux sableux du site Ramsar 1017 expliquent la faible diversité floristique et la dominance d'un nombre restreint d'espèces tolérantes aux conditions oligotrophes.

III.3. Diversité floristique et indices de Shannon : mise en perspective avec les études récentes

Les valeurs de l'indice de Shannon obtenues dans cette étude sont cohérentes avec celles rapportées au cours de la dernière décennie pour les zones humides tropicales. Les indices très faibles observés dans les groupements marins et côtiers ($H' < 2$ bits) sont comparables à ceux rapportés dans les mangroves d'Asie et d'Afrique, où la diversité floristique est structurellement limitée par la salinité et les contraintes hydrodynamiques (ALONGI, 2018 ; FRIESS *et al.*, 2019).

À l'opposé, les indices élevés enregistrés dans certains groupements continentaux et artificiels ($H' > 4$ bits) rejoignent les observations faites dans les zones humides d'eau douce soumises à des perturbations intermédiaires. Des études récentes montrent que ces milieux peuvent présenter une diversité temporairement élevée en

raison de la coexistence d'espèces compétitives, tolérantes et opportunistes (ZEDLER & KERCHER, 2016 ; JUNK *et al.*, 2018). Toutefois, la littérature souligne que cette diversité élevée dans les zones humides anthropisées est souvent instable et dominée par des espèces généralistes, ce qui peut masquer une érosion progressive des fonctions écologiques (DAVIDSON *et al.*, 2018 ; DARRAH *et al.*, 2019).

Conclusion

Cette étude met en évidence neuf groupements végétaux distincts au sein du site Ramsar 1017 et révèle l'influence déterminante de trois variables édaphiques majeures : la capacité d'échange cationique, la teneur en argile et le taux de carbone organique. Les variations de richesse spécifique et d'indice de Shannon, particulièrement faibles dans les zones humides marines et côtières, illustrent la fragilité de certains habitats soumis à des pressions croissantes. Ces résultats soulignent l'importance cruciale de préserver les groupements végétaux afin de maintenir les services écosystémiques essentiels : biodiversité, régulation hydrologique, atténuation du changement climatique. Ils fournissent ainsi une base scientifique solide pour renforcer les stratégies de gestion durable du site Ramsar 1017 et concilier conservation et activités humaines.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des structures, autorités locales, communautés riveraines pour leur appui précieux, ainsi que les relecteurs pour leurs contributions. Leur engagement a été déterminant pour la réussite de cette étude et pour la valorisation des zones humides du site Ramsar 1017.

Conflit d'intérêt

Les auteurs déclarent qu'ils ne présentent aucun conflit d'intérêts concernant la réalisation de cette étude, l'analyse des données ou la rédaction du présent manuscrit. Aucun intérêt financier, personnel ou institutionnel n'a influencé les résultats ou les conclusions présentées.

Contribution des auteurs

Tous les auteurs ont contribué de manière significative au présent travail. Chaque auteur a lu, révisé et approuvé la version finale du document.

Références bibliographiques

ADAM K. S. et BOKO M., 1993, In « Le Bénin », Edition Flamboyant, Cotonou, 97 p.

ADOMOU, A. C., AKOËGNINOU, A., SINSIN, B., DE FOUCAULT, B., & VAN DER MAESEN, L. J. G., 2007. Biogeographical analysis of the vegetation in Benin. *Acta Botanica Gallica*, 154(2), 221–233.
<https://doi.org/10.1080/12538078.2007.10516053>

ADOMOU, A. C., SINSIN, B., & VAN DER MAESEN, L. J. G., 2006. Phytosociological and chorological approaches to phytogeography: A meso-scale study in Benin. *Systematics and Geography of Plants*, 76, 155–178.

AKOËGNINOU, A., VAN DER BURG, W. J., & VAN DER MAESEN, L. J. G., 2006. In « Flore analytique du Bénin ». Akoègninou, A., Van Der Burg, W. J., & Van Der Maesen, L. J. G., Backhuys Publishers, Pays Bas, 1034 p.

AMARA RANIA B. A., 2024. L'effet de la densité végétale sur l'élimination de la matière organique des eaux usées par les zones humides artificielles verticales : Étude de cas *Phragmites australis*. Master en Sciences de la Nature et de la Vie, option Agronomie, spécialité Aménagement hydroagricole, Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A, Algérie. 56 p.

AOUED S. et GUEROUMI M., 2022. Inventaire et écologies des oiseaux migrateurs hivernants dans les zones humides de la région de Tiaret et Tissemsilt. Master en Sciences de la Nature et de la Vie, filière Sciences biologiques, spécialité Ecologie Fondamentale et appliqué, Université Ibn Khaldoun-Tiaret, Algérie. 93 p.

BENMOKHTAR S., 2023. Caractérisation actuelle et rétrospective des herbiers de *lostera noitei* sur la côte atlantique du Maroc : approche multi-proxy. Thèse de doctorat en Science agricoles, spécialité écologie marine et télédétection, Faculté des Sciences, Nantes Université ; Université Mohammed V-Agdal de Rabat, Maroc. 151 p.

DOSSOU, M. E., LOUGBÉGNON, O. T., HOUËSSOU, G. L., TEKA, S. O., & TENTE, A. H. B. (2012). Caractérisation phytoécologique et structurale des groupements végétaux de la forêt

marécageuse d'Agonvè et de ses milieux connexes au Sud-Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 53, 3821–3830.

DUFOUR F., 2019. Opportunités et obstacles pour la viabilité environnementale : une analyse socioéconomique et politique. Fritz Dufour.

FEDER F., VIRY D., GAYET G., PORTENEUVE M., 2024. Identification et délimitation des zones humides dans les DROM. Rapport technique, PatriNat (OFB–MNHN–CNRS–IRD). 241 p.

GAYET G., FOSSEY M., BAPTISTE F., BIAUNIER J., CAESSTEKER P., CLEMENT J-C., GAUCHERAND S., ISSELIN-NONDEDEU F., LEMOT A., MESLEARD F., PELEGRIN O., 2023. Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides - Fondements théoriques, scientifiques et techniques - Version 2.0. Rapport technique, OFB MNHN CNRS IRD. 410 p.

KHERMOUS W. et LABRECHE R., 2022. Caractérisation physicochimique de l'eau du lac vert à Yakouren et identification de *Lemna minor* L. Master, filière Écologie et Environnement, spécialité Biodiversité et Ecologie Végétale, Faculté des sciences Biologiques et Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri, Algérie. 80 p.

LYNDA B. L. D., 2024. Étude expérimentale d'une zone humide artificielle pour le traitement des eaux usées municipales. Master, spécialité Génie des procédés de l'environnement, Faculté des sciences et de la technologie, Université de Mohamed Elbachir Elibrahimi - Bordj Bou Arréridj, Algérie. 79 p.

MAREGA O., LE CALVEZ C., SAJALOLI B. DIOP A. M., FAYE A. KANE C., MBENGUE M. S. Entre potentialités et dégradation : les défis de la valorisation verte et bleue des zones humides de Diourbel (Sénégal). *NAAJ – Revue africaine sur les changements climatiques et les énergies renouvelables*, 3(1) : 33-73.

MARTIN G., 2021. Les obligations réelles environnementales au service d'une protection des zones humides. *Les Cahiers de droit*, 62(4) : 1091-1132.

MARWA B. et KHADIDJA B., 2024. Importance des zones humides artificielles de la région de Mila pour l'hivernage des oiseaux d'eau. Master en Science de la Nature et de la Vie, filière écologie et

environnement, spécialité Protection des Ecosystèmes, University Centre of Abdelhafid Boussouf-Mila, Algérie. 127 p.

NDAO M., 2012. Dynamiques et gestions environnementales de 1970 à 2010 des zones humides au Sénégal : étude de l'occupation du sol par télédétection des Niayes. Thèse de doctorat en Géographie, Aménagement, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II ; Université de Saint-Louis, Sénégal. 372 p.

REBELO L. M., FINLAYSON C. M., STRAUCH A., 2018. Earth observation for wetland inventory and assessment. Ramsar Technical Report, 10 : 1–72.

DAVIDSON N. C., DARRAH S. E., FINLAYSON C. M., 2019. Global extent and distribution of wetlands. *Marine and Freshwater Research*, 70(5) : 620–634.

JUNK W. J., AN S., FINLAYSON C. M., 2018. Current state of knowledge regarding the world's wetlands. *Aquatic Sciences*, 80(1) : 1–56.

KAYRANLI B., SCHOLZ M., MUSTAFA A., HEDMARK Å., 2020. Carbon storage and fluxes within freshwater wetlands. *Wetlands*, 40(2) : 381–395.

KEDDY P. A., FRASER L. H., SOLLERS J. J., 2018. Wetland ecology: principles and conservation. Cambridge University Press, Cambridge.

MITSCH W. J., BERNAL B., HERNANDEZ M. E., 2018. Ecosystem services of wetlands. *International Journal of Biodiversity Science*, 14(2) : 1–19.

ZEDLER J. B., KERCHER S., 2016. Wetland resources: status, trends, ecosystem services. *Annual Review of Environment and Resources*, 41 : 39–66.

