

Dépot de Thèse  
le 23/10/2025

NANTES UNIVERSITÉ  
La Société  
Humanité  
POLE HUMANITÉS

## THÈSE DE DOCTORAT EN COTUTELLE

NANTES UNIVERSITÉ

ÉCOLE DOCTORALE N°604 : SOCIÉTÉS, TEMPS, TERRITOIRES

Spécialité : « Environnement »

UNIVERSITÉ MOHAMED PREMIER, OUJDA

FACULTÉ PLURIDISCIPLINAIRE, NADOR

CENTRE D'ÉTUDES DOCTORALES – SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Spécialité : « Écologie Marine, Biodiversité et Environnement »

Par M. Zakariaa SADDIKI

**Les écosystèmes méditerranéens marocains face  
aux changements environnementaux globaux :  
biodiversité, structuration, fonctionnement et  
conservation.**

Thèse présentée et soutenue à Nador, le 27 Décembre 2025

### Rapporteurs avant soutenance

Mme. Aicha HAMID –HDR, Professeur associée., Université Mohammed V – Rabat

Mme. Céline ARZEL – Docent-IIDR, Université de Turku, Finlande

### Composition du Jury

Mme. Bouchra OUJIDI, PhD – Faculté Pluridisciplinaire de Nador

M. Nicolas ROLLO – Maître de conférences, Nantes Université

M. Mostafa LAYACHI, PhD – Directeur de recherche, Institut National de Recherche Halieutique,  
Nador

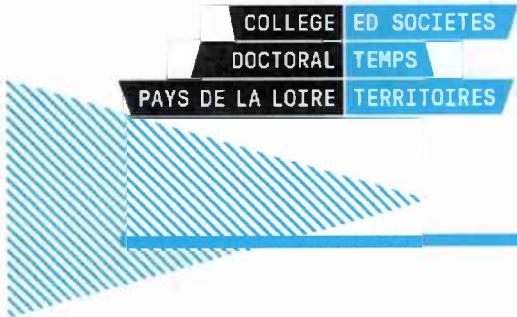
M. Mourad BAGHOUR – Professeur, Faculté Pluridisciplinaire de Nador

### La direction

Co-encadrant : M. Mustapha AKODAD, Professeur, Faculté Pluridisciplinaire de Nador

Co-directeur de thèse : M. Ali SKALLI, Professeur, Faculté Pluridisciplinaire de Nador

Directeur de thèse : M. Mohamed MAANAN, Professeur, Nantes Université



## Résumé

Les écosystèmes lagunaires méditerranéens du Maroc, tels que la lagune de Marchica, représentent des milieux particulièrement productifs mais vulnérables face aux pressions environnementales globales, notamment les variations saisonnières et les impacts anthropiques. Cette étude combine une approche fonctionnelle et structurale pour analyser l'influence de la dynamique saisonnière, des caractéristiques sédimentaires et des pressions anthropiques sur la biodiversité, la structuration et le fonctionnement des habitats lagunaires.

Les herbiers à phanérogames marines, dominés par *Zostera noltei* et *Cymodocea nodosa*, ont été comparés aux zones non végétalisées. En hiver, l'accumulation de matière organique résultant de la sénescence végétale et de la réduction de l'hydrodynamisme met en évidence le rôle des herbiers comme puits naturels de carbone. En été, l'augmentation de l'énergie hydrodynamique entraîne une diminution des fractions fines (limons et argiles). L'analyse morphométrique révèle que la densité foliaire est un trait déterminant entre les deux espèces, *C. nodosa* présentant une biomasse plus élevée, reflétant une stratégie de croissance pérenne. Ces herbiers jouent également un rôle clé dans la structuration spatiale des communautés benthiques à travers l'interaction entre traits foliaires et caractéristiques sédimentaires.

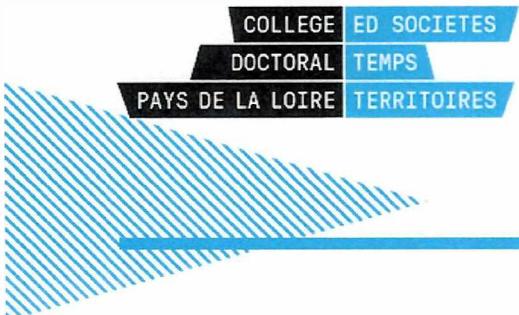
Par ailleurs, l'évaluation écologique globale de la lagune, basée sur la diversité taxonomique, les guildes trophiques et plusieurs indices biotiques (AMBI, BENTIX, H', MAMBI, ITI), a révélé la présence de 184 espèces réparties en six groupes taxonomiques, témoignant d'une biodiversité fonctionnelle significative. Les mouvements hydrologiques (courants, apports fluviaux) et les variations de température, turbidité et nature des sédiments influencent fortement la distribution des espèces, expliquant jusqu'à 66% des variations observées. Les stations proches des sources de pollution montrent une dominance des sédiments fins et une oxygénation réduite, contrastant avec les zones plus éloignées, caractérisées par une meilleure qualité de l'eau et une diversité sédimentaire accrue. Si la majorité des stations présentent une qualité écologique bonne à élevée, certaines zones continentales demeurent classées comme modérées, indiquant la persistance de pressions anthropiques malgré les efforts de

---

restauration (nouvelle passe maritime, stations d'épuration).

En agissant comme réservoirs de biodiversité, stabilisateurs d'habitats et amortisseurs face aux variations environnementales, les herbiers de phanérogames marines renforcent la résilience de la lagune face aux changements globaux. Les résultats soulignent ainsi l'importance d'une gestion adaptive, intégrant les dynamiques saisonnières, la conservation fonctionnelle des habitats et la réduction des pressions anthropiques, pour préserver durablement les écosystèmes méditerranéens marocains.

**Mots-clés :** Écosystèmes lagunaires ; Phanérogames marines ; *Zostera noltei* ; *Cymodocea nodosa* ; Biodiversité fonctionnelle ; Pressions anthropiques ; Sédiments ; Indices biotiques ; Résilience écologique ; Conservation.



## Abstract

Mediterranean lagoon ecosystems in Morocco, such as the Marchica Lagoon, are highly productive but vulnerable to global environmental pressures, particularly seasonal variations and anthropogenic impacts. This study combines structural and functional approaches to assess the influence of seasonal dynamics, sediment characteristics, and human pressures on biodiversity, habitat structuring, and ecosystem functioning.

Seagrass meadows, dominated by *Zostera noltei* and *Cymodocea nodosa*, were compared to unvegetated areas. In winter, organic matter accumulation due to plant senescence and reduced hydrodynamics highlights the role of seagrass meadows as natural carbon sinks. In summer, increased hydrodynamic energy reduces fine sediment fractions (silt and clay). Morphometric analysis shows that leaf density is a key trait distinguishing the two species, with *C. nodosa* exhibiting higher biomass and a perennial growth strategy. These meadows also structure benthic communities through interactions between leaf traits and sediment characteristics.

Ecological assessment based on taxonomic diversity, trophic guilds, and biotic indices (AMBI, BENTIX, H', MAMBI, ITI) recorded 184 species in six taxonomic groups, reflecting significant functional biodiversity. Hydrological movements and variations in temperature, turbidity, and sediment type strongly influence species distribution, explaining up to 66% of observed variations. Sites near pollution sources show finer sediments and lower oxygenation, while more distant sites have better water quality and sediment diversity. Most sites exhibit good to high ecological quality, but some continental-edge stations remain moderate, indicating persistent anthropogenic pressures despite restoration efforts.

Seagrass meadows, as biodiversity reservoirs and habitat stabilizers, enhance the resilience of Mediterranean lagoons. These findings underscore the need for adaptive management that preserves habitats and reduces human pressures to sustain Moroccan Mediterranean ecosystems.

**Keywords :** Lagoon ecosystems ; Seagrass meadows ; *Zostera noltei* ; *Cymodocea nodosa* ; Functional biodiversity ; Anthropogenic pressures ; Sediments ; Biotic indices ; Ecological resilience ; Conservation.