

Ecologie et dynamique des écosystèmes : mise en application des critères de la Liste Rouge des Écosystèmes de l’UICN pour l’évaluation de la mangrove de la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (RBDS), Sénégal

El Hadji SOW^{1,2}, Bineta FAYE³ et Taibou Ba¹

¹Centre de Suivi Écologique (CSE), Rue Léon Gontran Damas, BP 15532, Fann Résidence-Dakar, Sénégal ;

²Laboratoire Leïdi «dynamiques des territoires et développement», Université Gaston Berger, SaintLouis, Sénégal.

³Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Département de Géographie, Laboratoire de Climatologie et Environnement (LCE), B.P. 5005 Dakar-Fann (Sénégal).

RESUME

L'écosystème mangrove constitue l'une des principales sources de revenus des populations de la RBDS. Cet écosystème héberge de multiples intérêts sur le plan écologiques et socio-économique. Cependant, il ne cesse de subir une dégradation continue, affectant ses potentialités. C'est dans ce cadre qu'il s'avère important d'évaluer la mangrove de la RBDS pour connaître son statut suivant les critères d'évaluation de l'UICN pour la liste rouge des écosystèmes. Ce qui permettra de comprendre les risques d'effondrement qu'il encoure et aider à orienter les stratégies de gestion et d'utilisation durable. La méthodologie adoptée repose sur les 05 critères d'évaluation de l'UICN : la réduction de la distribution spatiale, l'étendue géographique restreinte, la dégradation d'un élément de l'environnement abiotique réduisant la qualité de l'habitat, la perturbation des interactions responsables de l'équilibre biotique de l'écosystème et l'estimation du risque de disparition par analyse quantitative. Les résultats révèlent que l'écosystème mangrove de la RBDS est actuellement en Danger. Cela est lié, entre autres, à la pression humaine en sus des phénomènes naturels tels que l'érosion côtière, la baisse de la pluviométrie et la hausse de la salinité.

Mots clés: mangrove, évaluation, classification, delta du Saloum, en danger.

ABSTRACT

The mangrove ecosystem is one of the main sources of income for the populations of the RBDS. This ecosystem is home to multiple ecological and socio-economic interests. However, it continues to undergo continuous degradation, affecting its potentialities. It is in this context that it is important to evaluate the mangrove of the RBDS to know its status according to the IUCN Red List of Ecosystems criteria. This will help to understand the risks of collapse it faces and help guide management and sustainable use strategies. The methodology adopted is based on the 05 IUCN assessment criteria: reduction in spatial distribution, restricted geographic extent, degradation of an abiotic environmental component reducing habitat quality, disruption of interactions responsible for the biotic balance of the ecosystem and estimation of the risk of extinction by quantitative analysis. The results reveal that the mangrove ecosystem of the RBDS is currently in Danger. This is linked, among others, to human pressure in addition to natural phenomena such as coastal erosion, declining rainfall and increasing salinity.

Keywords: mangrove, assessment, classification, Saloum delta, endangered.

Date of Submission: 16-10-2020

Date of Acceptance: 31-10-2020

I. INTRODUCTION

La mangrove est un écosystème complexe, composée de végétaux, principalement ligneux ; elle est répandue dans les zones intercotidales qui s'étendent le long des côtes et en bordure de cours d'eau (Cormier-Salem, 1994).

Les mangroves jouent un rôle très important car elles fournissent nourriture et abri et refuge à la faune sauvage, aux poissons, aux crustacées et aux mollusques. Les mangroves protègent les côtes de l'érosion et sont susceptibles de fournir des défenses naturelles contre les phénomènes météorologiques extrêmes (jadot, 2017) comme les inondations. Les mangroves servent de barrière entre la mer et les zones habitées. Elles freinent l'eau lors des grandes marées et permettent ainsi d'éviter des inondations dans les espaces habités (villages), ADG (2016). Les écosystèmes à palétuviers ont de grandes capacités à séquestrer les gaz à effet de serre (Jadot, 2017). La mangrove, comme n'importe quelle forêt, séquestre du dioxyde de carbone (CO₂) en stocke une partie et rejette de l'oxygène (ADG, 2016). Elles sont une fonction d'épuration des eaux. Elles piègent les polluants chimiques et organiques contenues dans l'eau (Jadot, 2017). Elle dissimule une importante quantité de produits ligneux et non ligneux utiles pour la pharmacopée traditionnelle. Les feuilles de l'espèce *Avicennia* sont utilisées pour la fabrication de médicaments (médecine traditionnelle), en décoction et comme huile de massage (ADG, 2016).

Malgré les services écosystèmes fournis, les mangroves sont confrontées aux processus de dégradation très avancés. Au Sénégal, entre 1980 et 2005, les mangroves ont perdu 14 % de leur superficie, passant de 169 000 à 115 000 hectares (ADG, 2016). Les facteurs de dégradations sont principalement le changement climatique qui se manifeste par un déficit pluviométrique qui a commencé à la fin des années 1960 et au début des années 1970 en Afrique de l'Ouest (Ndiaye et Sané, 2010); l'augmentation de la salinité de l'eau et des terres, la rupture de la flèche de Sangomar, les techniques d'exploitation des produits halieutiques et les coupes abusives des bois de mangroves.

Cette contribution porte sur l'évaluation de l'état de l'écosystème mangrove de la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (RBDS) selon la méthode d'évaluation de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) : évaluer le degré de menace de l'écosystème identifié sur la base d'une analyse cartographique. L'objectif final de cet article est de guider les stratégies de conservation dans l'utilisation des mangroves et dans la prise de décisions en matière de gestion et conservation des écosystèmes complexes.

La réserve de biosphère du delta du Saloum (RBDS) est située au Centre-ouest du Sénégal dans la région naturelle du Sine Saloum, entre 13°35' et 14°15' de latitude Nord et entre 16°03' et 16°50' de longitude Ouest. La RBDS, vaste de 234 000 hectares, est une zone humide estuarienne, marine et côtière. Elle est composée de vasières, des bancs de sable, des terres salées intertidales, des mangroves, des îlots sableux, des herbiers marins. Les mangroves représentent 40 % de la superficie totale de la RBDS (Sarr, 2009). Ces Mangroves (photo 1) selon le schéma de la classification des Habitats de l'UCN, est composée principalement de 7 espèces: *Acrostichum aureum*, *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora harrisonii*, *Rhizophora mangle* et *Rhizophora racemosa*.

Cette riche population de mangrove, sources de nombreuses ressources naturelles (bois de chauffe et de services, huîtres, arches, etc.) mais également lieu important de reproduction de nombreuses espèces halieutiques, jouent un rôle socioéconomique majeur pour la région naturelle du Sine Saloum et de protection contre l'érosion côtière. La RBDS présente une importante diversité spécifique et entretient un riche patrimoine biologique et historique. Il est marqué par un climat Nord soudanien-côtier (pluviométrie annuelle variant de 500 à 1000 mm) avec deux principales saisons : une saison des pluies et une longue saison sèche. L'importance des ressources naturelles a fait de ce secteur un espace de vie favorable au développement de l'avifaune et de la faune aquatique, lui conférant la 3^e place d'importance ornithologique en Afrique de l'Ouest après le Banc d'Arguin (Mauritanie) et le Djoudj (Sénégal).



Photo 1 : L'espèce *Rhizophora* aux environs de Ngadior (île du Saloum)

1. DONNEES ET METHODES

Pour procéder à la classification de l'écosystème mangrove de la RBDS afin de comprendre les risques d'effondrement et aider à orienter les stratégies de gestion et d'utilisation durable, la méthode d'évaluation définie par l'UICN a été appliquée. Elle repose sur 05 critères d'évaluation (Rodríguez et al, 2015):

- la réduction de la distribution spatiale ;
- l'étendue géographique restreinte ;
- la dégradation d'un élément de l'environnement abiotique réduisant la qualité de l'habitat ;
- la perturbation des interactions responsables de l'équilibre biotique de l'écosystème ;
- l'estimation du risque de disparition par analyse quantitative.

Cette classification s'applique sur la base des critères susmentionnés et fait appel à certains termes dont la définition améliore la compréhension du texte.

1.1. DEFINITION DES TERMES

Les définitions de ces termes sont puisées dans le guide pratique de l'UICN.¹

La **localité** est définie comme un espace particulier du point de vue écologique et géographique dans laquelle un seul phénomène menaçant peut affecter rapidement l'ensemble de l'écosystème présent. L'étendue de la localité dépend de la superficie couverte par le phénomène menaçant et peut inclure tout ou partie de l'écosystème. Lorsqu'un écosystème est affecté par plusieurs phénomènes menaçants, la localité est définie en tenant compte de la menace plausible la plus grave.

La **Zone d'occurrence** (EOO, *Extend Of Occurrence*) est la superficie en km² du plus petit polygone convexe (dont aucun angle ne dépasse 180°) pouvant renfermer tous les sites connus ou suspectés de l'écosystème, au moment de son évaluation (figure 2). Cette mesure peut exclure certains sites présentant une discontinuité ou disjonction dans la répartition globale.

La **Zone d'occupation** (AOO, *Area Of Occupancy*) est la surface occupée par un écosystème, au sein de son aire d'occurrence (figure 3). Cette mesure montre qu'un écosystème n'occupe généralement pas l'ensemble de son aire d'occurrence, qui peut être en grande partie inoccupée. Cette aire d'occupation est estimée en comptabilisant le nombre de mailles de 10x10 km où est présent l'écosystème, à l'exception de celles dont le recouvrement par l'écosystème est inférieur à 1 % (i.e. 1 km²).

La **Sévérité relative** intègre les critères C et D. Elle correspond au ratio entre les changements observés sur le biotope par la modification d'un facteur environnemental ou d'une perturbation des interactions biotiques et le maximum de ces changements que pourrait tolérer l'écosystème, au-delà duquel il disparaîtrait. Elle s'exprime en %, et est mise en relation avec l'étendue concernée par ces changements pour l'attribution d'une catégorie.

¹Guide pratique pour la mise en application des critères de la Liste Rouge des Écosystème, 2014.

Le cas d'**Effondrement (CO) ou disparition**, à la différence des espèces, les écosystèmes ne disparaissent pas; ils se transforment plutôt en de nouveaux écosystèmes avec un biote caractéristique et des mécanismes d'organisation différents (Hobbs et al., 2006; Keith et al., 2013; Keith et al., 2015).

Un écosystème est effondré lorsqu'il est quasiment certain que ses traits biotiques et abiotiques caractéristiques ont disparu dans toutes les occurrences et que le biote indigène caractéristique ne peut plus perdurer. L'effondrement peut survenir lorsque la plupart des composants caractéristiques du biote indigène disparaissent du système ou lorsque les composants fonctionnels (le biote qui joue un rôle fondamental dans l'organisation de l'écosystème) sont considérablement réduits et perdent leur capacité à recruter.

Le cas **En Danger Critique (CR)** traduit un écosystème est « en danger critique » où les meilleures preuves disponibles indiquent que l'écosystème satisfait un des critères A-E pour la catégorie « En Danger Critique ». Ces écosystèmes présentent un risque d'effondrement extrêmement élevé.

Un écosystème est **En Danger (EN)** lorsque les meilleures preuves disponibles indiquent que l'écosystème satisfait un des critères A-E pour la catégorie « En Danger ». Ces écosystèmes présentent un risque d'effondrement très élevé.

Un écosystème est **Vulnérable (VU)** lorsque la meilleure évidence disponible indique que l'écosystème satisfait un des critères A-E pour la catégorie « Vulnérable ». Ces écosystèmes présentent un risque d'effondrement élevé.

Un écosystème est **Quasi menacé (NT)** lorsqu'il est évalué en fonction des critères sans atteindre les statuts « En Danger Critique », « En Danger » ou « Vulnérable » au moment de l'évaluation, mais dont les valeurs restent proches des seuils requis. Il est probable qu'il appartienne à ces catégories sur le court terme.

Un écosystème est en situation de **Préoccupation mineure (LC)** lorsqu'il est évalué en fonction des critères sans atteindre les statuts « En Danger Critique », « En Danger », « Vulnérable » ou « Quasi Menacé ». Les écosystèmes largement répandus ou peu dégradés appartiennent à cette catégorie.

Un écosystème appartient à la catégorie **Données insuffisantes (DD)** lorsque l'information disponible ne permet pas d'évaluer de façon directe ou indirecte le risque d'effondrement que présente l'écosystème en fonction du déclin de sa distribution, des perturbations de ses fonctions écologiques et de la dégradation de son environnement physique. Il ne s'agit pas d'une catégorie de menace et cela n'implique aucun niveau de risque d'effondrement. L'appartenance à cette catégorie indique que la situation de ces écosystèmes a été considérée, mais qu'il faut plus d'information pour pouvoir déterminer leur statut de risque. Un écosystème appartient à la catégorie **Non Évalué (NE)** lorsqu'il n'a pas encore été évalué en fonction des critères.

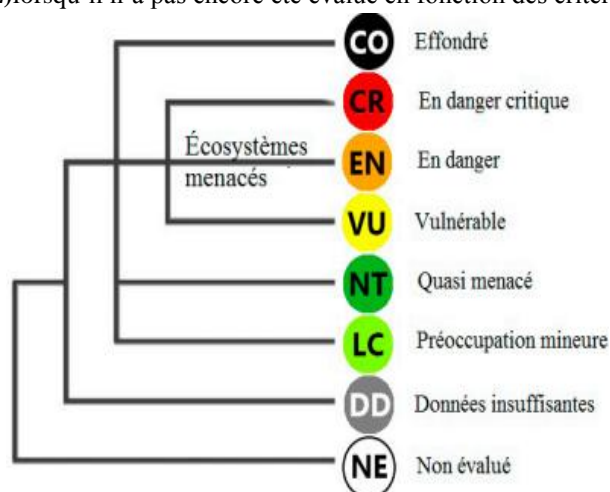


Figure 1 : hiérarchisation des catégories d'écosystème selon l'UICN

La catégorie assignée à l'écosystème mangrove de la RBDS (parmi les 08 catégories) est fonction des résultats issus de l'application des critères d'évaluation susmentionnés.

1.2. METHODE D'EVALUATION DE L'ECOSYSTEME MANGROVE DE LA RBDS

Remarquez que tous les critères (A, B, C, D et E.) sont calculés, projetés ou déduits, à partir des données réelles.

1.2.1. CRITERE A : REDUCTION DE LA DISTRIBUTION SPATIALE

Un écosystème peut être classifié conformément au critère A s'il est conforme aux seuils d'un des quatre sous-critères (A1, A2a, A2b, A3), quantifiés en tant que déclin de la distribution spatiale sur les périodes d'évaluation convoquées dans le tableau 1.

Tableau 1 : sous critères et seuils du critère A

Sous critères	Période de temps	CR	EN	VU
A1	Passé (sur les 50 dernières années)	≥80 %	≥50 %	≥30 %
A2a	Futur (sur les 50 prochaines années)	≥80 %	≥50 %	≥30 %
A2b	Toute période de 50 ans comprenant le passé le présent et le futur	≥80 %	≥50 %	≥30 %
A3	Historique : depuis 1750	≥90 %	≥70 %	≥50 %

Source: Keith et al 2013 in Ba, 2018

L'application de ce critère est basée sur les données relatives à la cartographie des écosystèmes en 1965 et en 2017. L'évaluation s'est faite selon le modèle statistique basé sur le taux absolu de déclin (*ARD*) et le taux proportionnel de déclin (*PRD*), calculés respectivement à partir du taux absolu de déclin par an (*TAD*) et du taux proportionnel de déclin par an (*TPD*), selon les formules suivantes (Keith et al., 2013, in Bâ, 2018):

- **TAD** = - ((S2-S1) / (S2-S1))/S1*100 (8);
- **TPD** = 100*[1-EXP ((LN (S2-S1) / (T2-T1)))] (9).

S1 = Superficie (km²) des écosystèmes en 1965 et S2 = Superficie (km²) des écosystèmes en 2017

T1 = année 1965 et T2 = année 2017

1.2.2. CRITERE B : DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE RESTREINTE

Le critère B permet d'identifier les écosystèmes dont la distribution est tellement limitée qu'ils risquent de s'effondrer à cause de la convergence d'évènements ou des processus menaçants (Rodriguez et al., 2015). Un écosystème peut être inscrit dans une catégorie de menace conformément au critère B s'il satisfait les seuils pour au moins un des trois sous-critères (B1, B2 et B3) qui portent sur diverses formes de déclin de la distribution géographique selon les spécifications annoncées dans le tableau 2.

Tableau 2: sous critères et seuils du critère B

Sous-critères Mesure de la distribution géographique	CR	EN	VU
B1 : L'étendue du plus petit polygone convexe (km ²) englobant toutes les occurrences (zone d'occurrence, EOO) : ET au moins un des cas de figure suivants (a-c) : (a) Un déclin continu observé ou déduit SOIT dans : i. une mesure de l'étendue spatiale adaptée à l'écosystème ; OÙ ii. une mesure de la qualité environnementale adaptée au biote caractéristique de l'écosystème ; OÙ iii. une mesure de la perturbation des interactions biotiques adaptée au biote caractéristique de l'écosystème. (b) Des processus menaçants observés ou qui risquent d'entraîner des déclins continus dans la distribution géographique, dans la qualité environnementale ou dans les interactions biotiques sur les 20 prochaines années. (c) Les écosystèmes existent sur :	≤2 000 1 localité	≤20 000 ≤ 5 localités	≤50 000 ≤10 localités
B2 : Le nombre de mailles de 10 x 10 km occupées (zone d'occupation, AOO) : ET au moins un des cas de figure a-c mentionnés ci-dessus (même sous-critère que pour B1) ;	≤ 2	≤ 20	≤ 50
B3 : Un nombre très limité de localités (en général moins de 5) ET exposés aux impacts des activités humaines ou à des événements stochastiques sur une période très courte et dans un			VU

avenir incertain, étant ainsi susceptibles de s’effondrer ou de se trouver bientôt en Danger critique. (B3 ne peut mener qu’à la catégorie «Vulnérable», VU).	
---	--

Source:Keith et al 2013 in Ba, 2018

La distribution géographique d’un écosystème est évaluée conformément au critère B au moyen de deux indicateurs standardisés : la zone d’occurrence (EOO) et la zone d’occupation (Keith et al, 2013). De plus, l’évaluation en fonction du critère B requiert une évaluation qualitative afin de déterminer si des déclin continus de l’étendue spatiale, de la qualité de l’environnement ou des perturbations croissantes des interactions biotiques sont en train de se produire ou se produiront probablement en raison des menaces. Enfin, l’évaluation requiert une estimation du nombre de localités où l’écosystème subsiste.

1.2.3. CRITERE C : DEGRADATION D’UN ELEMENT DE L’ENVIRONNEMENT ABIOTIQUE REDUISANT LA QUALITE DE L’HABITAT

Le modèle de risque de la LRE définit deux critères pour évaluer les déclin de la fonction et des processus des écosystèmes. Deux critères sont requis pour évaluer la dégradation abiotique (environnementale) et biotique, étant donné que les causes, effets et mécanismes du déclin fonctionnel diffèrent essentiellement l’un de l’autre (Keith et al., 2013 in Ba, 2017). La dégradation abiotique consiste en la détérioration des caractéristiques physiques et non vivantes qui jouent un rôle essentiel dans les processus écologiques ou dans la distribution du type d’écosystème. La dégradation abiotique réduit la capacité d’un écosystème à maintenir son biote caractéristique.

L’évaluation du critère C se fait par la prise en compte du plus important phénomène de dégradation de l’environnement abiotique, compromettant sa capacité à maintenir ses caractéristiques biotiques d’origine et changeant la répartition des niches écologiques spécifiques pour chaque espèce ou groupe d’espèces présentes. Elle exclut donc tout mécanisme de dégradation biotique. Cette dégradation s’exprime selon deux variables : l’étendue concernée de l’écosystème et la sévérité relative du phénomène.

Un écosystème peut être inscrit dans une catégorie de menace d’après le critère C s’il satisfait au minimum les seuils d’un des quatre sous-critères (C1, C2a, C2b ou C3) qui expriment des niveaux différents de dégradation environnementale sur des phases d’évaluation définies (tableau 3). Le concept clé pour évaluer les déclin fonctionnels dans les variables biotiques ou abiotiques est la sévérité relative. La sévérité relative est essentielle pour comparer les risques encourus par des écosystèmes qui subissent différents types de dégradation. La sévérité relative décrit le changement proportionnel observé dans une variable environnementale graduée entre deux valeurs : le premier décrivant l’état initial de l’écosystème (0 %), le deuxième décrivant l’état d’effondrement (100 %). Si un type d’écosystème subit une dégradation dont la sévérité relative est de 50 % sur la phase d’évaluation, cela veut dire que l’écosystème s’est transformé et se trouve à mi-chemin vers l’état d’effondrement. Les informations sur la sévérité relative peuvent être combinées avec des informations sur la proportion de l’écosystème affecté (étendue) afin de déterminer la catégorie de risque correspondante d’après le critère C.

Tableau 3 : sous critères et seuils du critère C

Sous critères	Période de temps	Gravité relative			
		Etendue (%)	≥80	≥50	≥30
C1	Les 50 dernières années en fonction des changements dans une variable abiotique, qui affectent, à gravité relative, une fraction de l’étendue de l’écosystème, tel que l’indique le tableau suivant :	≥80	CR	EN	VU
		≥50			
		≥30			
C2	C2a. Les 50 prochaines années, fonction des changements dans une variable abiotique qui	Etendue (%)	≥80	≥50	≥30

	affectent, à gravité relative, une fraction de l'étendue de l'écosystème, tel que l'indique le tableau suivant : OU C2b. n'importe quelle période de 50 ans, y compris le passé, le présent et l'avenir, fonction des changements dans une variable abiotique qui affectent, à gravité relative, une fraction de l'étendue de l'écosystème, tel que l'indique le tableau suivant :	≥80	CR	EN	CR
		≥50	EN	VU	
		≥30	VU		
C3	Depuis 1750, en fonction des changements dans une variable abiotique qui affectent, à gravité relative, une fraction de l'étendue de l'écosystème, tel que l'indique le tableau suivant :	Etendue (%)	≥90	≥70	≥50
		≥90	CR	EN	CR
		≥70	EN	VU	
		≥50	VU		

Source :Keith et al 2013 in Ba, 2018

Les écosystèmes sont inscrits dans la catégorie CR lorsque le changement environnemental est à la fois extrêmement sévère (plus de 80 % de sévérité relative) et très extensif (plus de 80 % de la distribution). Les écosystèmes sont admissibles à des catégories de menace inférieures s'ils subissent des dégradations très sévères mais localisées ou des dégradations moins sévères mais extensives. Les écosystèmes qui ne parviennent pas à satisfaire les seuils pour la catégorie « Vulnérable » peuvent être classifiés dans la catégorie « Quasi Menacé ». Par exemple, un écosystème qui subit un déclin de plus de 80 % dans sa qualité environnementale sur 20-30 % de sa distribution, ou un déclin de plus de 30 % sur 70-80 % de sa distribution peut être admissible à la catégorie « Quasi Menacé ».

1.2.4. CRITERE D : PERTURBATION DES INTERACTIONS RESPONSABLES DE L'EQUILIBRE BIOTIQUE DE L'ECOSYSTEME

La subsistance du biote à l'intérieur d'un écosystème dépend de multiples processus et interactions, y compris les processus concurrentiels, prédateurs, facilitateurs, mutualistes, trophiques et pathogènes, les liens mobiles (par exemple, les migrations saisonnières) et l'invasion d'espèces.

Les interactions qui sont ici prises en compte sont les relations basiques telles que la compétition trophique, la relation proie-prédateur, l'effet de mutualisation ou de facilitation ou encore de la diffusion de pathogènes dans l'écosystème. Cela inclut aussi les interactions entre les organismes et leur environnement physique, la fragmentation des habitats, les migrations, invasions et exploitation par l'homme. Ces interactions doivent être essentielles pour la résilience des écosystèmes et leur capacité à s'adapter à des changements environnementaux tout en maintenant leur fonctionnement biotique initial (Sepanso, 2003 in Ba, 2018).

Un écosystème peut être inscrit d'après le critère D s'il satisfait les seuils pour au moins un des quatre sous-critères (D1, D2, D2b ou D3), qui expriment différents degrés de perturbation biotique sur les périodes d'évaluation suivantes (tableau 4) :

Tableau 4 : sous critères et seuils du critère D

Sous critères	Période de temps	Gravité relative			
		Etendue (%)	≥80	≥50	≥30
D1	Les 50 dernières années en fonction des changements, dans une variable <u>biotique</u> , qui affectent, à gravité relative, une fraction de l'étendue de l'écosystème, tel que l'indique le tableau suivant :	≥80	CR	EN	VU
		≥50	EN	VU	
		≥30	VU		
D2	D2a. Les 50 prochaines années, en fonction des changements, dans une variable <u>biotique</u> ,	Etendue (%)	≥80	≥50	≥30

	qui affectent, à gravité relative, une fraction de l'étendue de l'écosystème, tel que l'indique le tableau suivant : OÙ D2b. n'importe quelle période de 50 ans, y compris le passé, le présent et l'avenir, en fonction des changements dans une variable <u>biotique</u> qui affectent, à gravité relative, une fraction de l'étendue de l'écosystème, tel que l'indique le tableau suivant :	≥80	CR	EN	CR
		≥50	EN	VU	
		≥30	VU		
D3	Des perturbations dans les processus ou interactions biotiques depuis 1750 en fonction des changements dans une variable <u>biotique</u> qui affectent, à gravité relative, une fraction de l'étendue de l'écosystème, tel que l'indique le tableau suivant :	Etendue (%)	≥90	≥70	≥50
		≥90	CR	EN	CR
		≥70	EN	VU	
		≥50	VU		

Source :Keith et al 2013 in BA, 2018

1.2.5. CRITERE E : ESTIMATION DU RISQUE DE DISPARITION PAR ANALYSE QUANTITATIVE (MODELISATION)

Les modèles de simulation des dynamiques des écosystèmes peuvent permettre d'établir directement la probabilité d'effondrement de celui-ci, sur un pas de temps de 50 ans, comme les autres critères. Le critère E spécifie le niveau de risque qui correspond à chaque catégorie de menace en définissant la probabilité d'effondrement et la période d'évaluation pour les types d'écosystème «En Danger Critique (CR)», «En Danger (EN)» et «Vulnérable (VU)».

Un écosystème peut être inscrit d'après le critère E s'il satisfait les seuils correspondants, c'est-à-dire une analyse quantitative qui estime que la probabilité d'effondrement est :

≥ 50 % dans les 50 prochaines années : CR

≥ 20 % dans les 50 prochaines années :EN

≥ 10 % dans les 100 prochaines années : VU

Après avoir appliqué tous ces critères, l'écosystème mangrove de la RDBS est classé parmi les 08 catégories de la LRE² de l'UICN susmentionnées.

II. PRESENTATION DES RESULTATS

Pour tester cette classification dans la RBDS, cette recherche a ciblé la mangrove qui montre une évolution régressive de 1965 à 2017. Ainsi, il faut noter qu'au début de toute évaluation, tous les types d'écosystème sont considérés comme Non Evalués (NE) pour tous les critères. Ensuite, il importe de voir s'il existe ou non des données adaptées à l'application des critères, ce qui requiert des recherches de données dans la littérature scientifique, les rapports inédits, l'opinion des experts, les comptes rendus historiques, les cartes passées et présentes, les images satellites ou n'importe quelle autre source de données pertinente. Ce qui a permis de classer l'écosystème mangrove dans l'une des catégories susmentionnées en appliquant les critères qui suivent.

2.1. CRITERE A : REDUCTION DE LA DISTRIBUTION SPATIALE

A1 : La cartographie diachronique de l'occupation du sol sur un intervalle de 52 ans montre une évolution régressive de l'écosystème mangrove qui passe de 558,31 km² en 1965 à 536,09 km² en 2017, soit une perte annuelle linéaire de 0,44km² et un taux proportionnel de déclin annuel de 0,1 %. Sur cette séquence temporelle de 52 ans, le taux de déclin absolu (TDA) égal ici au taux de déclin proportionnel, est de 4 % selon le modèle de Keith et al, 2013. L'écosystème est donc catégorisé NT (Quasi Menacé) selon le sous critère A1.

² Liste Rouge des Ecosystèmes.

A2 : Partant toujours de cette cartographie diachronique, traduisant cette évolution régressive de l'écosystème mangrove de l'ordre de 0,44 km² par an, la projection sur une séquence temporelle de 50 ans à partir de 2017 selon le modèle de Keith et *al*, 2013 a abouti à un taux de déclin absolu de 69 % et un taux proportionnel de déclin de 75 %. L'écosystème est alors classé dans la catégorie "En Danger" (**EN**).

A3 : Fautes de données datant des années 1750, le statut de l'écosystème est donc **DD** (Données insuffisantes) selon le sous critère A3.

2.2. CRITERE B : DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE RESTREINTE

B1: La cartographie de l'occupation du sol de la RBDS en 2017 montre que la mangrove occupe une superficie de 536,09 km² ; l'aire du plus petit polygone convexe (zone d'occurrence) l'englobant est estimée à 1472 km² (figure2) donc inférieure à 2 000 km². Cela, combiné au processus de dégradation continue de l'écosystème constatée, notamment la baisse de son étendue entre 1965 et 2017 (Critère A1), confère à cet écosystème le statut "En Danger" (**EN**) selon les sous critères B1a mais aussi du B1c qui montrent que l'écosystème se trouve en moins de 05 localités (figure 2).

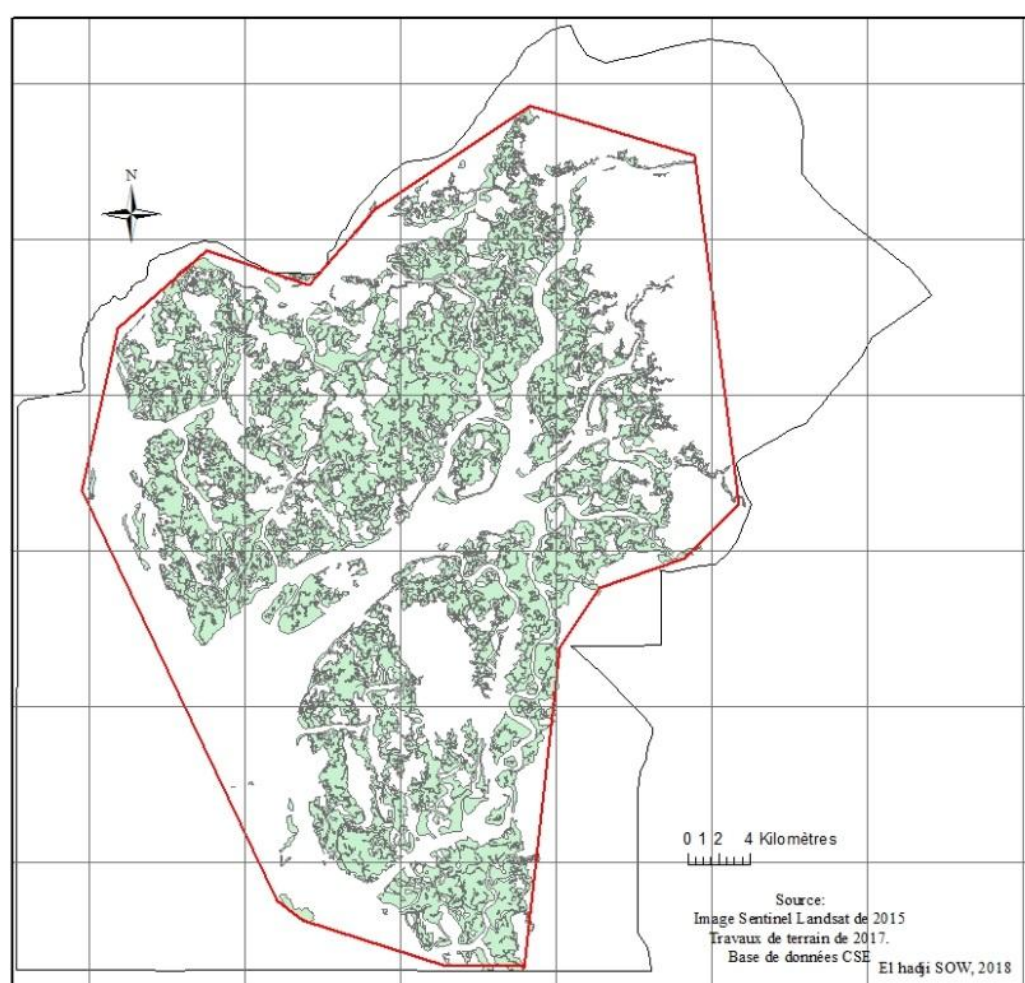


Figure 2 : zone d'occurrence (rouge) et zone d'occupation (vert)

B2: Si on superpose une maille (grille) de 10X10 km sur la mangrove (figure 2), on découvre la présence de cet écosystème dans 18 grilles sur les 32 de l'espace étudié, donc inférieur à 20. Cette AOO classe l'écosystème dans la catégorie de menace "En Danger" (**EN**) conformément à B2.

B3: la mangrove se trouve dans la réserve de biosphère du delta du Saloum où elle est presque en formation continue, donc dans moins de cinq (5) localités. Aussi, du fait de la pression anthropique relative à la coupe de bois (photo 3) pour usage divers et à l'exploitation des produits non ligneux, à l'installation des barrages anti sel

(photo 2) et des routes, et à la forte salinité du substrat (photo 4) cette formation subie une pression et une dégradation continue. Elle est ainsi classée dans la "catégorie vulnérable" (VU), d'après le sous critère B3.



Photo 2 : Fragmentation de la mangrove par un barrage anti sel



Photo 3 : Perches de mangrove



Photo 4: Effervescences saline sur le substrat de la mangrove

2.3. CRITERE C : DEGRADATION DE L'ENVIRONNEMENT

Le pourcentage de sévérité peut se calculer à partir des données climatiques, notamment la valeur de la pluviométrie pendant ces 50 dernières années. La combinaison de ce pourcentage de sévérité et la valeur de l'étendue de l'écosystème a permis d'évaluer la mangrove par l'application du sous critère C2b.

Le climat joue un rôle important dans la dynamique des écosystèmes de mangrove. Elles sont particulièrement réactives aux variations du climat et, en particulier, son impact sur la salinité des eaux (Andrieu et Mering, 2009). Donc, pour évaluer le critère C, les hauteurs moyennes annuelles de la pluviométrie sont considérées comme l'indicateur de la dégradation environnementale. Andrieu et Mering (2008) et Dièye et *al.* (2013) ont constaté que les mangroves ont connu une régression pendant la période de fort déficit pluviométrique (1970-1980) puis une progression à partir des années 1990-2000 où une reprise de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest est notée. Cependant, d'autres études comme celles de Sow (2019) montrent une régression de la mangrove malgré les politiques de restauration entreprises depuis plus de deux décennies.

A partir de ces constats, le seuil d'effondrement a été défini comme étant la moyenne pluviométrique de la période de fort déficit (1967-1998) qui est de 566 mm, compris entre 500 et 600 mm. Pour calculer la sévérité relative du déclin pluviométrique, la série temporelle (1951-2014) a été divisée en deux périodes : la

période de référence (1951-1967) et la période actuelle (1968-2014). Étant donné que le seuil d'effondrement est un intervalle compris entre 500 et 600 mm (figure 3), la sévérité relative a été estimée pour 500 et 600 mm.

Pour le seuil de déclin de 566 mm, la sévérité relative est :

$$\begin{aligned} & (\text{Déclin observé}) / (\text{Déclin maximal}) \times 100 ; \\ & = (850,2 - 612) / (850,2 - 566) \times 100 = 83,6 \%. \end{aligned}$$

Pour le seuil de déclin de 600 mm, la sévérité relative est :

$$\begin{aligned} & (\text{Déclin observé} / \text{Déclin maximal}) \times 100 ; \\ & = (850,2 - 612) / (850,2 - 600) \times 100 = 95,2 \%. \end{aligned}$$

La sévérité relative de la dégradation de l'environnement est comprise entre 83,6 à 95,2 %, l'écosystème est En Danger (EN) selon le sous critère C.1.

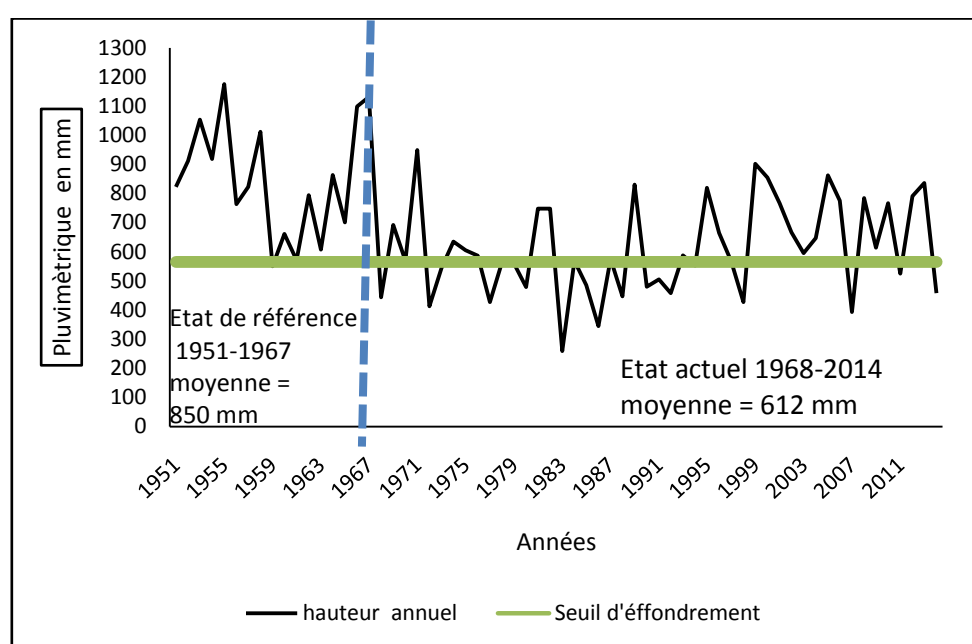


Figure 3 : L'évolution des cumuls annuels de la pluviométrie et le seuil d'effondrement de la mangrove

Les données sur les scénarii climatiques concernant les 50 prochaines années ne suffisent pas également pour évaluer l'écosystème mangrove selon le sous critère C2 d'où le statut de "Données Insuffisantes" (DD) pour ce sous critère. Enfin, faute de données datant des années 1750, le statut de l'écosystème est également "Données insuffisantes" (DD) selon le sous critère C3.

2.4. CRITERE D : PERTURBATION DES PROCESSUS ET INTERACTIONS BIOTIQUES

La faune subit les contrecoups de la dégradation de l'environnement. La raréfaction des ressources naturelles est observée durant ces dernières décennies. Les poissons et les mollusques voient disparaître leur zone de frayère à cause de la dégradation de la densité de la mangrove qui est due à la salinisation induit par le déficit pluviométrique (Villeneuve, 2010). La pérennité des ressources conchylicoles semble notamment menacée. Une diminution des stocks et de la taille des individus collectés est observée. Cependant, les quantités exploitées des ressources halieutiques des mangroves, surtout des mollusques sont mal connues. Par conséquent, le critère D est évalué Données Insuffisantes (DD).

2.5. CRITERE E : ANALYSE DE RISQUE QUANTITATIF

Aucune analyse quantitative n'a été réalisée pour évaluer le risque d'effondrement de l'écosystème mangrove de la réserve de biosphère du delta du Saloum. Son statut est donc "Données Insuffisantes" (DD) selon le critère E.

2.6. SYNTHESE DES RESULTATS DE L'APPLICATION DES CRITERES

L'application des critères d'évaluation révèle que l'écosystème mangrove de la RBDS est actuellement en Danger (tableau 5). Cela est lié, entre autres, à la pression humaine *en sus* des phénomènes naturels tels que l'érosion côtière, la baisse de la pluviométrie et la hausse de la salinité. Ces phénomènes se sont accentués ces dernières années avec le changement climatique d'où la nécessité de renforcer et de multiplier les mesures de restauration entreprises depuis ces dernières années.

Tableau 5 : récapitulatif d'évaluation de l'écosystème mangrove de la RBDS selon la liste rouge des écosystèmes

Écosystème	A			B			C			D			E	CUMUL
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E	
Mangrove	NT	EN	DD	EN	EN	VU	EN	DD	DD	DD	DD	DD	DD	EN

III. DISCUSSION

Les résultats de l'évaluation de l'écosystème mangrove sur la base des critères d'évaluation des écosystèmes de l'UICN montrent qu'il est en danger au regard des critères A, B et C. Les critères D et E n'étant pas appliqués faute de données. Ces derniers critères nécessitent non seulement l'obtention de données anciennes qui couvrent tout l'espace d'étude, mais aussi et surtout d'avoir des compétences pratiques sur les modèles climatiques et hydrologiques. Cependant, cela n'affecte en rien les résultats étant donné que le résultat final de l'évaluation d'un écosystème s'obtient en faisant le cumul des différentes catégories. A cet effet, cet essai de classification constitue le premier à être appliqué sur la mangrove du delta du Saloum. Les résultats viennent compléter ceux de Keith et *al*, (2013) sur l'écosystème des forêts de gonakières de la vallée du Sénégal avec des résultats pour les critères A et B, et D. Ils complètent aussi ceux de Ba (2018) sur les écosystèmes du bassin versant du Ferlo et précisément les écosystèmes qui affichent une évolution régressive : la forêt galerie, la savane boisée, la savane arborée, la savane arbustive à arborée. Les résultats n'ont porté que sur les critères A et B. Les critères C, D et E n'ont pas été utilisés par l'auteur faute de données et d'informations.

Notons ainsi que les résultats d'essai de classification sur la mangrove seraient plus robustes si on était parvenu à appliquer tous ces critères mais, il faut noter qu'avec le principe de précaution, le statut global de l'écosystème est la catégorie la plus élevée obtenue sous n'importe quel critère.

IV. CONCLUSION

Le phénomène de dégradation de la mangrove du delta du Saloum est devenu préoccupante et à la limite, inquiétante. Les facteurs de vulnérabilité en cours sont l'augmentation de la salinité de l'eau et des sols, la variabilité climatique, les coupes abusives et les techniques de cueillette des huîtres. Les processus de dégradation ont nécessité l'évaluation de l'écosystème afin de mieux cerner son état sur la base des critères de classification des écosystèmes de l'UICN. L'application des 03 critères sur 5 a permis de classer la mangrove de la RBDS dans la catégorie des écosystèmes en danger. Cela prouve donc l'ampleur de la question et l'intérêt de tous les acteurs de renforcer et de réorienter les mesures gestion et de restauration entreprises depuis ces dernières années.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. ADG, 2016. *La mangrove, un écosystème à protéger...* Guide pratique à l'usage des Communautés Rurales du Delta du Saloum, Sénégal, 92 pages.
- [2]. Andrieu J. et Mering C. 2009. Cartographie par télédétection des changements de la couverture végétale sur la bande littorale ouest-africaine: Exemple des rivières du sud du delta du Saloum (Sénégal) au Rio Geba (Guinée Bissau). *Revue Télédétection*, vol. 8, n° 2, 93-118.
- [3]. BA, T, 2018. *Dynamique spatio-temporelle des écosystèmes du bassin versant du Ferlo (nord-senegal)*, Thèse de Doctorat unique, UCAD, école doctorale : sciences de la vie, de la santé et de l'environnement (ed-sev) formation doctorale : écologie et agroforesterie 151 pages.

- [4]. Bodian A., "Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest) ", *Physio-Géo*[En ligne], Volume 8 | 2014, 17 p. URL : <http://physio-geo.revues.org/4243> ; DOI : 10.4000/physio-geo.4243
- [5]. Cormier-Salem M. C., 1994. *Dynamique et usages de la mangrove dans les pays des rivières du Sud*. IRD, *ORSTOM Editions, collection colloques et séminaires*, Paris, 357p.
- [6]. Dieye E.H.B, Diaw A., Sané T et Ndour N., 2013 : Dynamique de la mangrove de l'estuaire du Saloum (Sénégal) entre 1972 et 2010, *Cybergeo : European Journal of Geography* Environnement, Nature, Paysage, pp 1-27.
- [7]. Keith D. A., Rodríguez, J. P., Rodríguez-Clark, K. M., Nicholson E., Aapala, K., Alonso, A., Asmussen, M., Bachman, S, Basset, A., Barrow, E. G., Benson, J. S., Bishop, M. J., Bonifacio, R., Brooks, T. M., Burgman, M. A., Comer, P., Comín, F. A., Essl, F., Don Faber-Langendoen, D., Fairweather, P. G., Holdaway, R. J., Jennings, M., Kingsford, R. T., Lester, R. E., Mac Nally, R., McCarthy, M. A., Moat, J., Oliveira-Miranda, M. A., Pisanu P., Poulin, B., Regan, T. J., Riecken U, Spalding, M. D., ZambranoMartínez, S, 2013. "Scientific foundations for an IUCN Red List of Ecosystems. PLoS ONE" 8(5), e62111.
- [8]. Keith, D.A., Rodríguez, J.P., Brooks, T.M., Burgman, M.A., Barrow, E.G., Bland, L., Comer, P.J., Franklin, J., Link, J., McCarthy, M.A., Miller, R.M., Murray, N.J., Nel, J., Nicholson, E., Oliveira-Miranda, M.A., Regan, T.J., Rodríguez-Clark, K.M., Rouget, M. and Spalding, M.D, 2015. "The IUCN Red List of Ecosystems: Motivations, Challenges, and Applications". *Conservation Letters* 8:214–226.
- [9]. NDIAYE A. et SANE T. 2010. Variabilité climatique, adaptation et paupérisation dans le pays sérère. Actes du 23^e colloque de l'AIC, Rennes (France), 439-445.
- [10]. Rodriguez J.P; Kate David; Kathryn M. R-Clark; Murray. Nicholas J; Nicholson. E; Tracey J.R; Miller R.M.; Barrow E.G; Bland Lucie. M; Boe B.K; Brooks T. M.; Miranda M. A. O; Spalding M; Wit P, 2015 "A practical guide to the application of the IUCN Red List of Ecosystems criteria". *Phil. Trans. R. Soc. B* 370: 20140003.
- [11]. Rodriguez J.P; Kate David; Kathryn M. R-Clark; Murray. Nicholas J; Nicholson. E; Tracey J.R; Miller R.M.; Barrow E.G; Bland Lucie. M; Boe B.K; Brooks T. M.; Miranda M. A. O; Spalding M; Wit P, 2015. *Guide pratique pour la mise en application des critères de la Liste Rouge des Écosystème*, 12 pages.
- [12]. Sarr M. (2009), Étude de la contribution de l'écosystème mangrove à l'orientation des revenus des ménages de Palmarin. Mémoire d'Ingénieur, Université polytechnique de Thiès, 60 pages.
- [13]. Sow E. 2019. *Dynamique de l'écosystème mangrove de la réserve de biosphère du delta du Saloum (RBDS), Sénégal, de 1965 à 2017 et analyse des politiques de restauration*, thèse de Doctorat unique, université Gaston Berger de Saint-Louis, UFR de lettres et sciences humaines, section de géographie, Laboratoire Leïdi, 245 pages.
- [14]. Villeneuve, D, 2010. La gestion participative des ressources naturelles : une alternative à l'exode des jeunes du delta du Saloum (Sénégal). Mémoire de maîtrise. Université du Québec à Chicoutimi. 134 pages.

El Hadji SOW, et. al. "Ecologie et dynamique des écosystèmes : mise en application des critères de la Liste Rouge des Écosystèmes de l'UICN pour l'évaluation de la mangrove de la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (RBDS), Sénégal." *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*, 9(10), (2020): pp. 39-51.