HAL
open science

Évaluation des services écosystémiques du Banc d'Arguin, Mauritanie : rapport final

Ewan Trégarot, Thibault Catry, Aurea Pottier, Cindy Cornet, Jean-Philippe Maréchal, Vincent Fayad, Mohamed Ahmed Sidi Cheick, Gilbert David, Abdou Daïm Dia, Assane Deda Fall, et al.

To cite this version:

Ewan Trégarot, Thibault Catry, Aurea Pottier, Cindy Cornet, Jean-Philippe Maréchal, et al.. Évaluation des services écosystémiques du Banc d'Arguin, Mauritanie : rapport final. [Rapport de recherche] University of portsmouth; CEE-M. Centre d'Economie de l'Environnement - Montpellier; IRD. Institut de Recherche pour le Développement; Nova Blue Environnement; IMROP. Institut Mauritanien de Recherches Océanographiques et des Pêches; FFEM. Fonds Français pour l'Environnement Mondial; PNBA. Parc national du Banc d'Arguin; AFD. Agence Française de Développement; BaCoMab. Fonds fiduciaire du Banc d'Arguin et de la biodiversité côtière et marine. 2019. hal-02091352

HAL Id: hal-02091352

https://hal.science/hal-02091352

Submitted on 5 Apr 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PARC NATIONAL DU BANC D'ARGUIN

Évaluation des services écosystémiques du Banc d'Arguin, Mauritanie

Rapport Final

Décembre 2018

L'Université de Portsmouth Higher Education Corporation (UoP) est un opérateur expérimenté en recherche et formation classé dans le top 2% des universités du monde dans le classement « Times Higher Education World University 2015 ». Elle est aussi l'une des meilleures 150 universités du monde de moins de 50 ans. Le UK Research Excellence Framework a classé plus de 60% des recherches de l'UoP comme leader dans le monde et d'excellence internationale.

www.port.ac.uk

Le CEE-M est une unité mixte de recherche qui réunit 40 chercheurs et enseignant-chercheurs et bénéficie de l'appui de 14 ingénieurs, techniciens et administratifs relevant de cinq tutelles : l'Université de Montpellier, le NRS, l'INRA, Montpellier SupAgro et l'Université Paul Valéry Montpellier 3. Il accueille une cinquantaine de doctorants et post-doc et des étudiants issus des quatre mentions de Master en sciences économiques de Montpellier. Il a été évalué A et A+ par l'HCERES lors de la dernière évaluation (2014).

http://www.cee-m.fr

La société Nova Blue Environment propose expertise et conseil en matière de recherche et développement sur les questions liées à l'environnement marin. La Société Nova Blue Environment a été créée par Jean-Philippe Maréchal en 2013 et bénéficie de l'expérience de doctorat, postdoctorat et des recherches menées dans les Petites Antilles par JP Maréchal, dans les domaines de l'environnement marin tropical, de la gestion de la biodiversité et des ressources marines.

www.novablue-environment.org

L'Unité mixte de Recherche Espace pour le Développement (Espace Dev) regroupe des chercheurs et enseignant chercheurs de l'IRD et des universités des Antilles, de Guyane, de Montpellier, de la Réunion. L'UMR Espace-Dev développe des recherches sur les dynamiques spatiales caractérisant les éco-sociosystèmes. Ces recherches interdisciplinaires visent à tirer parti des nouvelles ressources offertes par l'explosion du nombre et de la diversité des missions en observation de la Terre, et à caractériser l'empreinte spatiale des relations entre la société et son environnement.

www.espace-dev.fr

L'Institut Mauritanien de Recherches Océanographiques et des Pêches (IMROP) est un établissement public à caractère administratif qui trouve son origine il y a déjà plus de cinquante ans avec la création du Laboratoire des Pêches devenu Centre National de Recherches Océanographiques et des Pêches plus connu sous le sigle CNROP. L'IMROP a pour mission de mettre à la disposition des autorités et des usagers les connaissances nécessaires à la gestion et l'exploitation durable des ressources et milieux aquatiques et ce, afin de contribuer au développement durable des pêcheries ; et d'améliorer la compréhension du fonctionnement des écosystèmes aquatiques.

Citation du rapport

Trégarot E., Catry T., Pottier A., Cornet C., Maréchal J.-P., Fayad V., Sidi Cheick M.A., David G., Dia A.D., Fall A.D., Sarr O., El Valy Y., Wagne O.H., Meisse B., Kane E.A., Ball A.C., Haidallah M.S., Braham C.B., Dia M., Abdel Hamid M.L., Rey-Valette H., Salles J.-M., Ly D., Cissé C.B. et Failler P. (2018). Évaluation des services écosystémiques du Banc d'Arguin, Mauritanie. *Rapport final pour le Parc National du Banc d'Arguin*, 366 p.

Contributeurs

Université de Portsmouth

Ewan Trégarot

Cindy Cornet

Vincent Fayad

Pierre Failler

Mohamed Ahmed Sidi Cheick

IRD – UMR Espace-DEV

Thibault Catry

Auréa Pottier

Gilbert David

Nova Blue Environment

Jean-Philippe Maréchal

IMROP

Abdou Daïm Dia

Assane Deda Fall

Ousmane Sarr

Yeslim El Valy

Oumar Hamet Wagne

Beyah Meisse

Elimane Abou Kane

Abou Ciré Ball

Mohamed Saleck Haidallah

Cheikh Baye Braham

Mamadou Dia

Université de Montpellier – CEE-M

Mohamed Lemine Abdel Hamid

Hélène Rey-Valette

Jean-Michel Salles

Parc National du Banc d'Arguin

Djibril Ly

Cissé Cheickh Boide

Credits photo

© Pierre Failler (p. 134, 196-bas, 258, 281)

© Ewan Trégarot (page de garde, p. 18, 22, 25, 71, 196-haut, 209)

© Vincent Fayad (p. 86)

© CLS – Collecte Localisation Satellite (p. 31)

Table des Matières

CITATION DU RAPPORT 5

CONTRIBUTEURS 5

CRÉDITS PHOTO 5

LISTE DES ABRÉVIATIONS 16

REMERCIEMENTS 18

RÉSUMÉ EXÉCUTIF 20

INTRODUCTION GÉNÉRALE 27

CONTEXTE GÉNÉRAL DE L'ÉTUDE 27

OBJECTIF DE L'ÉTUDE 28

CADRE DE L'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE 28

STRUCTURE DU RAPPORT 31

PARTIE 1 : CARTOGRAPHIE DU PARC NATIONAL DU BANC D'ARGUIN 32

CHAPITRE 1 : CARTOGRAPHIE DES BIOCÉNOSES MARINES ET DES MILIEUX TERRESTRES DU PARC NATIONAL DU BANC D'ARGUIN (MAURITANIE) PAR IMAGERIE SATELLITAIRE. 33

CHAPITRE 2 : UTILISATION D'UN AÉRONEF POUR L'ÉVALUATION DES ÉTATS DE SANTÉ 63

PARTIE 2 : SERVICES ÉCOLOGIQUES DE SUPPORT ET DE RÉGULATION - VALEURS D'USAGE INDIRECT 72

CHAPITRE 1 : ÉVALUATION DU SERVICE DE PROTECTION CÔTIÈRE RENDUS PAR LES ÉCOSYSTÈMES MARINS DU BANC D'ARGUIN, MAURITANIE 73

CHAPITRE 2 : ÉVALUATION DU SERVICE DE BIOREMÉDIATION DANS LE PARC NATIONAL DU BANC D'ARGUIN, MAURITANIE 91

CHAPITRE 3 : SÉQUESTRATION CARBONE DANS LES ÉCOSYSTÈMES BENTHIQUES DU BANC D'ARGUIN 100

CHAPITRE 4 : ÉVALUATION DU SERVICE DE NURSERIE DU PARC NATIONAL DU BANC D'ARGUIN, MAURITANIE. 122

PARTIE 3 : SERVICES HALIEUTIQUES ET TOURISTIQUES – VALEURS D'USAGE DIRECT 135

CHAPITRE 1 : CONTRIBUTION DU PNBA AUX PÊCHERIES DE LA ZEE MAURITANIENNE (BEYAH MEISSE) 136

CHAPITRE 2 : CARTOGRAPHIE DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DES ESPÈCES AU PNBA DE 2013 À 2016 137

CHAPITRE 3 : ÉVALUATION DES SERVICES ÉCONOMIQUES DE LA PÊCHE ARTISANALE DANS LE PARC NATIONAL DU BANC D'ARGUIN 159

CHAPITRE 4 : L'ACCEPTATION SOCIALE À L'ÉPREUVE DE LA RÉGULATION DES DYNAMIQUES HALIEUTIQUES IMRAGUEN : UNE HISTOIRE DE CONCERTATION. 175

CHAPITRE 5 : ÉVALUATION DE LA VALEUR ÉCONOMIQUE DU TOURISME AU PNBA 198

PARTIE 4 : VALEURS DE NON-USAGE 210

CHAPITRE 1 : ÉVALUATION DE LA VALEUR DE NON-USAGE DU PNBA 211

CHAPITRE 2 : PERCEPTION DE LA VALEUR PATRIMONIALE DES PRINCIPALES PÊCHERIES IMRAGUEN DANS LE PARC NATIONAL DU BANC D'ARGUIN 228

CHAPITRE 3 : DU PROCESSUS DE CONSTRUCTION DE L'ALTÉRITÉ DES IMRAGUEN 244

PARTIE 5 : SERVICES RENDUS PAR LES OISEAUX DU PNBA 259

LES OISEAUX DU PARC NATIONAL DU BANC D'ARGUIN : SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ET POTENTIEL ÉCONOMIQUE 260

CONCLUSION GÉNÉRALE : RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES 278

VALEUR ÉCONOMIQUE DES PRINCIPAUX SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES 278

RECOMMANDATIONS DE POLITIQUES PUBLIQUES ET DE GESTION DU PNBA. 280

ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES – PERSPECTIVES FUTURES 283

BIBLIOGRAPHIE 287

ANNEXE 1 : ALGORITHMES DE CLASSIFICATION 327

ANNEXE 2 : AUTORISATION SPÉCIALE D'UTILISATION D'UN DRONE 329

ANNEXE 3 : LISTE DES ESPÈCES DE POISSONS JUVÉNILES 330

ANNEXE 4 : SYNTHÈSE ANOVA À PLUSIEURS FACTEUR DES ENGINS (FILET MULET, FILET COURBINE ET FILET TOLLO) 331

ANNEXE 5 : QUESTIONNAIRE DESTINÉ À LA POPULATION DE NOUAKCHOTT ET DE TIDJIKJA 332

ANNEXE 6 : GUIDE D'ENTRETIEN POUR ESTIMER LA VALEUR PATRIMONIALE DES PRINCIPALES PÊCHERIES DES IMRAGUEN DU PNBA 342

ANNEXE 7 : DONNÉES COLLECTÉES SUR LES OISEAUX DU PNBA 345

Liste des figures

Figure 1: Décomposition de la valeur économique totale, d'après Point (1998) et adapté par Failler et Pan (2007) 29

Figure 2 : Décomposition de la valeur economique totale des ecosystèmes du PNBA. 30

Figure 3 : Localisation et extension du Parc national du Banc d'Arguin (PNBA) en Mauritanie, sur la côte atlantique, entre les villes de Nouakchott et Nouadhibou. Le zoom montre les limites du PNBA vues par le satellite Sentinel-2 (© ESA, 2018).....34

Figure 4 : Cartographie des herbiers de la zone intertidale du Banc d'Arguin à partir d'une image SPOT-5 (19 février 2003) (Chery et al., 2012 ; PACOBA, 2012). 35

Figure 5 : le cadre du projet PACOBA à partir d'une image SPOT-5 de 2007 à 2,5 m de résolution et d'un échantillonnage de terrain de 2008 et 2010 (Chery et al., 2012).....36

Figure 6 : La bathymétrie de 0 à 15 m sur la zone du PNBA fournie par l'IMROP.....37

Figure 7 : Echantillonnage de terrain réalisé dans le cadre de ce projet sur la partie marine (a) et sur la partie terrestre (b) du PNBA, regroupant un total de plus de 500 points.....39

Figure 8 : Mosaïque des scènes Sentinel-2 (a) et SPOT-6 (b) couvrant l'emprise du PNBA. 41

Figure 9 : Méthodologie employée pour le traitement des images Sentinel-2 et SPOT-6 ayant servies à la classification des écosystèmes du PNBA. 42

Figure 10 : Représentation des 3 masques créés à partir d'un seuillage radiométrique sur Sentinel-2.....45

Figure 11 : Cartographie des biocénoses marines côtières et des milieux terrestres du PNBA par imagerie Sentinel-2.....50

Figure 12 : Cartographie des biocénoses marines côtières et des milieux terrestres de l'île de Tidra dans le PNBA par imagerie Sentinel-2. 51

Figure 13 : Cartographie des biocénoses marines côtières et des milieux terrestres du PNBA par imagerie SPOT- 6.....52

Figure 14 : Cartographie des biocénoses marines côtières et des milieux terrestres de l'île de Tidra dans le PNBA par imagerie SPOT-6. 53

Figure 15 : Distribution spatiale des herbiers : comparaison entre une image SPOT 5 de 2003 et une image Sentinel-2 de 2018. 54

Figure 16 : Cartographie des densités d'herbiers à zostères et à cymodocées. 3 classes pour chaque espèce sont définies : forte densité, densité moyenne et faible densité.....55

Figure 17 : Cartographie des densités d'herbiers à zostères et à cymodocées. 3 classes pour chaque espèce sont définies : forte densité, densité moyenne et faible densité.....56

Figure 18 : Etat des marées et hauteurs d'eau lors des acquisitions SPOT-6 du 24/01/2016 et Sentinel-2 du 22/02/2018 utilisées dans cette étude (https://mareespeche.com/af/mauritania/ile-darguin).....59

Figure 19 : Critères de fragmentation et de mitage pour les herbiers (Hily et Kerninon, 2012) 64

Figure 20 : Plan de vol prévisionnel, coordonnées GPS et calendrier. 65

Figure 21 : Définition de la zone d'échantillonnage et plan de vol du drone. 67

Figure 22 : Pilotage de l'aéronef dans le PNBA.....67

Figure 23 : Mosaïque d'images vasière. 68

Figure 24 : Mosaïque d'images herbiers. 68

Figure 25 : Taux d'atténuation de la hauteur des vagues (%) en fonction de la largeur des vasières (m). 79

Figure 26 : Taux d'atténuation de la hauteur des vagues (%) en fonction de la largeur des herbiers de phanérogames (m). 81

Figure 27 : Taux d'atténuation de la hauteur des vagues (%) en fonction de la largeur des marais salés (m). 82

Figure 28 : Taux d'atténuation de la hauteur des vagues (%) en fonction de la largeur des mangroves (m). 84

Figure 29 : Évolution du trait de côte entre 2003 (rouge) et 2016 (jaune) au niveau des villages d'Arkeiss, Iwik, Ten Alloul et Tessot. 86

Figure 30 : Images satellites de la lagune de Bellaat (Google Earth, 2018) et image aérienne de la lagune en avril 2018 (© Vincent Fayad). 87

Figure 31 : Cycles biogéochimiques de l'azote pour les herbiers de phanérogames. Modifié d'après Capone et al. (2009). 92

Figure 32 : Taux de dénitrification des écosystèmes marins côtiers du PNBA, les valeurs médianes (et l'écart interquartile) en $tN.km^{-2}.an^{-1}$ sont présentées. 96

Figure 33 : Cycle du carbone organique. Valeurs en Gtc (gigatonnes de carbone). D'après Kump, Kasting et Crane, 1999. 101

Figure 34 : Carte de répartition géographique des herbiers de phanérogames du PNBA.....109

Figure 35 : Carte de répartition géographique des marais salés du PNBA. 112

Figure 36 : Carte de répartition géographique des mangroves du PNBA. 114

Figure 37 : Carte de répartition géographique des vasières du PNBA. 116

Figure 38 : Estimation de la surface des flaques intertidales. (A) Capture d'écran sur Plans ; (B) Conversion binaire sous Image J avant l'analyse des particules. 124

Figure 39 : Indices de biodiversité de Shannon par station pour les juvéniles de poissons et de céphalopodes. 127

Figure 40 : Valeur économique maximale par station pour les juvéniles de poissons et de céphalopodes. 128

Figure 41 : Valeurs monétaires de la fonction de nurserie par habitat dans le PNBA pour les poissons et céphalopodes (à gauche) et les crevettes (à droite). Les échelles ne sont pas les mêmes entre les deux graphiques. 130

Figure 42 : AFC pour le filet mulet.....140

Figure 43 : AFC pour le filet courbine.....141

Figure 44 : AFC pour le filet tollo. 142

Figure 45 : Moyennes annuelles des CPUE par métier et par zone. 143

Figure 46 : Saisonnalité des CPUE d'*Arius latiscutatis* par rapport à la température de surface, engin filet mulet (2014-2017). 144

Figure 47 : Saisonnalité des CPUE de *Mugil cephalus* par rapport à la température de surface, engin filet mulet (2014-2017). 145

Figure 48 : Saisonnalité des CPUE de *Rhinoptera marginata* par rapport à la température de surface, engin filet courbine (2014-2017). 147

Figure 49 : Saisonnalité des CPUE de *Rhizoprionodon acutus* par rapport à la température de surface, engin filet courbine (2014-2017). 148

Figure 50 : Saisonnalité des CPUE de *Rhizoprionodon acutus* par rapport à la température de surface, engin filet tollo (2014-2017). 150

Figure 51 : Saisonnalité des CPUE d'*Arius latiscutatis* par rapport à la température de surface, engin filet tollo (2014-2017). 151

Figure 52 : Valeur Économique Totale des lieux de pêche d'après les prix aux débarquements (tout engin et toutes espèces confondus). 152

Figure 53 : Valeur Économique Totale annuelle des principales zones de pêches ayant une contribution supérieure ou égale 1%. 154

Figure 54 : Valeur annuelle par lieu de pêche tout engin et toutes espèces confondues sur la période 2014-2017. 155

Figure 55 : Valeur Économique Moyenne annuelle des captures par lieu de pêche 2014-2017. 156

Figure 56 : Évolution de la valeur économique totale des espèces des espèces structurantes pour l'année 2017 toutes zones confondues. 157

Figure 57 : Part des segments dans l'autoconsommation en (a) kilogramme et (b) valeur pour une année moyenne représentant la période 2006-2017. 163

Figure 58 : Évolution de l'offre de poisson destinée à l'autoconsommation en tonnes et en MRU au PNBA entre 2006 et 2017. 164

Figure 59 : Évolution de la consommation annuelle de poisson par habitant au PNBA entre 2006 et 2017. 164

Figure 60 : Évolution annuelle des captures des lanches au PNBA entre 2006 et 2017 (LESE-IMROP, 2018). 166

Figure 61 : Évolution annuelle du chiffre d'affaires des captures des lanches au PNBA, de 2006 à 2017 (LESE-IMROP, 20018). 168

Figure 62 : Évolution annuelle de la valeur ajoutée des principaux métiers de pêche au PNBA entre 2006 et 2017 (LESE-IMROP, 20018). 170

Figure 63 : Ration d'exploitation des principaux métiers de pêche dans le PNBA pour une année moyenne entre 2006 et 2017. 172

Figure 64 : Ratio de rentabilité économique des principaux métiers de pêche dans le PNBA pour une année moyenne entre 2006 et 2017. 173

Figure 65 : La ronde des acteurs de l'environnement du système pêche du PNBA.....177

Figure 66 : Chronologie des ateliers de concertation et principales phases de négociation des règles de gestion de la pêche. 181

Figure 67 : Historique de la phase de négociation. 184

Figure 68 : Chronologie de la phase de renégociation, révision et validation. 188

Figure 69 : Chronologie des indicateurs comportementaux des représentants Imraguen dans le comité de pêche. 192

Figure 70 : Illustration des services écosystémique du PNBA fournie lors de l'enquête. 218

Figure 71 : Estimation du CIP par pêcherie, exprimé en millions MRU.....239

Figure 72 : Consentement à l'Indemnisation pour la Pêche par village. 240

Figure 73 : Comparaison entre CIP Pêcherie et le CIP par l'achat de filet de 2004. 242

Figure 74 : Nombre de publications par année issu d'une recherche effectuée sur Web of Science de ISI avec le mot-clé "ecosystem services" puis affinée avec les mots-clés "animal" et "bird" le 22/10/2018. 262

Figure 75 : Caractérisation des espèces d'oiseaux associées au PNBA à travers a) leur statut au sein du PNBA, N = 166 observations ; b) le/les domaine(s) au(x)quel(s) ils sont associés, N = 165 observations ; c) leur statut sur la Liste Rouge des Espèces Menacées de l'UICN (2018), avec LC : Préoccupation Mineure, NT : Quasi Menacée, VU : Vulnérable, EN : En Danger, CR : En Danger Critique, N = 168 observations ; et d) la tendance de la dynamique de leurs populations, N = 168 observations. 270

Figure 76 : Usages de consommation des oiseaux du PNBA identifiés dans la base de données BirdLife International (2018), et nombre d'espèces avec un ou plusieurs usages. N = 286 observations sur k = 134 espèces. 272

Figure 77 : Répartition des espèces d'oiseaux du PNBA en fonction des groupes fonctionnels définis par Şekercioğlu et ses collaborateurs (Şekercioğlu et al., 2004 ; Şekercioğlu, 2006), et nombre d'espèces appartenant à un ou plusieurs groupes. N = 226 observations sur k = 168 espèces. 273

Figure 78 : Valeur monétaire annuelle des différents services, hors halieutiques, du Parc National du Banc d'Arguin 279

Figure 79 : Valeur monétaire annuelle du service de pêche artisanale dans le Parc National du Banc d'Arguin. 280

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les bandes spectrales du capteur Sentinel-2 (Delegido et al., 2011). 40

Tableau 2 : Les bandes spectrales du capteur SPOT-6. 41

Tableau 3 : Seuils radiométriques de créations des masques marins, de transition et terrestre pour la classification du PNBA à partir d'une image Sentinel-2. 44

Tableau 4 : Seuils radiométriques de classifications des biocénoses marines du PNBA à partir d'une image Sentinel-2. 46

Tableau 5 : Seuils radiométriques de classifications des biocénoses marines du PNBA à partir d'une image Sentinel-2, dans la zone de transition entre milieux marin et terrestre. 46

Tableau 6 : Seuils radiométriques de classifications des milieux terrestres du PNBA à partir d'une image Sentinel-2. 47

Tableau 7 : seuils radiométriques de classifications des biocénoses marines et des milieux terrestres du PNBA à partir d'une image SPOT-6. 47

Tableau 8 : Extensions des différents écosystèmes calculées à partir des classifications réalisées sur Sentinel-2 et SPOT-6. 53

Tableau 9 : Comparaison entre les capteurs Sentinel-2 et SPOT-6. 61

Tableau 10 : Caractéristiques du drone utilisé au cours de la mission dans le PNBA. 66

Tableau 11 : Caractéristiques techniques des aéronefs recommandés.....70

Tableau 12 : Surfaces et états écologiques des écosystèmes marins du PNBA.....77

Tableau 13 : Modèle linéaire mixte généralisé (GLMM) d'atténuation de la hauteur des vagues en fonction de la distance de vasières (m). 78

Tableau 14 : Traits morphologiques et biomécaniques de Zostera noltii et Cymodocea nodosa. Les valeurs correspondent aux intervalles moyens (La Nafie et al., 2012 ; de los Santos et al., 2012 ; Ondiviela et al., 2014). 80

Tableau 15 : Modèle général linéaire mixte d'atténuation de la hauteur des vagues en fonction de la distance des herbiers (m). 80

Tableau 16 : Modèle linéaire mixte généralisé (GLMM) d'atténuation de la hauteur des vagues en fonction de la distance de marais salés (m). 82

Tableau 17 : Modèle linéaire mixte généralisé (GLMM) d'atténuation de la hauteur des vagues en fonction de la distance de mangroves (m). 83

Tableau 18 : Modes de gestion de l'érosion côtière et applicabilité au PNBA. 88

Tableau 19 : Surfaces des écosystèmes (exprimée en km^2) par niveau de densité dans le PNBA. 95

Tableau 20 : Valeur économique de bioremédiation par écosystème dans le PNBA. 97

Tableau 21 : Valeurs du métabolisme journalier des herbiers en $gC.m^{-2}.j^{-1}$ (Les valeurs négatives correspondent à une séquestration du carbone).....106

Tableau 22 : Valeurs de carbone dans la biomasse hors-sol (AbGr) et souterraine (BeGr) pour les deux types d'herbiers du PNBA. AFDW = Ash-Free Dry Weight (poids sec). H : herbiers hauts intertidaux. L : herbiers bas intertidaux. (D'après van Lent et al. 1991). La masse de carbone représente en moyenne 28,73% du poids AFDW chez Z. noltii et 27,32% chez C. nodosa. 1 tCO_2eq = 277 $USD. (AFDW = mesure de la matière organique des échantillons) 107

Tableau 23 : Valeurs d'enfouissement du carbone pour Zostera noltii et Cymodocea nodosa (Duarte et al. 2013). 108

Tableau 24 : Taux d'enfouissement du carbone dans les sédiments des marais salés. 111

Tableau 25 : Valeurs de carbone dans la biomasse végétale des mangroves, dans les sédiments des mangroves et taux de séquestration. 115

Tableau 26 : Valeurs de séquestration carbone dans les vasières. 117

Tableau 27 : Taux de couverture des flaques intertidales. 126

Tableau 28 : Densités de crevettes ($n.m^{-2}$) par espèce, habitat et valeur commerciale (Sealifebase). Les valeurs de densités à marée basses et hautes ont été regroupées pour obtenir des intervalles. 129

Tableau 29 : Valeur monétaire totale du service de nurserie dans le PNBA. 130

Tableau 30 : Analyse de variance (filet mulet, filet courbine, filet tollo) à plusieurs facteurs appliquée sur ln(CPUE). 139

Tableau 31 : Évolution de la valeur économique totale des espèces des espèces structurantes par lieu de pêche. 158

Tableau 32 : Évolution de la population de l'AMP-PNBA de 2006 à 2017. 162

Tableau 33 : Effort et capture estimé des principaux lanches par type de métiers dans l'AMP du PNBA pour l'année moyenne 2006-2017. 165

Tableau 34 : Part des débarquements de principales espèces correspondant à au moins 1% des captures estimées des lanches dans l'AMP pour une année moyenne entre 2006 et 2017..167

Tableau 35 : Chiffre d'affaires moyen estimé (en MRU) des principaux métiers de lanches et par espèce dans l'AMP du PNBA pour une année moyenne entre 2006 et 2017. 169

Tableau 36 : Répartition des charges variables (en MRU) des principaux segments de lanches par type de métiers dans l'AMP du PNBA pour une année moyenne 2006-2017. 170

Tableau 37 : Répartition de la valeur ajoutée (en MRU) des principaux segments de lanches par type de métiers dans l'AMP du PNBA pour une année moyenne entre 2006 et 2017. 171

Tableau 38 : Circuits touristiques incluant le PNBA proposés par les tours opérateurs français en 2017-2018. 201

Tableau 39 : Visiteurs enregistrés aux postes du PNBA (2005-2013). 204

Tableau 40 : Visiteurs ayant fréquentés les campements du PNBA (2005-2018). 204

Tableau 41 : Nombre de sorties en lanche (2005-2008). 205

Tableau 42 : Focus sur la campagne 2017-2018. 205

Tableau 43 : Estimation des recettes touristiques de la campagne 2017-2018 (MRU). 206

Tableau 44 : Les impacts du tourisme au PNBA. 207

Tableau 45 : Présentation des motifs de contribution à la conservation du PNBA. 216

Tableau 46 : Représentativité socio-démographique de l'échantillon.....219

Tableau 47 : Perception de l'importance accordée aux différents services écosystémiques.221

Tableau 48 : CAP moyens en fonction des types de motif de contribution. 222

Tableau 49 : Modélisation économétrique des CAP. 223

Tableau 50 : Évaluation de la valeur de non-usage du PNBA à l'échelle de Mauritanie. 225

Tableau 51 : Répartition des engins de pêche selon les métiers et les sites de pêche (Wagne et Sarr, 2018). 230

Tableau 52 : Répartition des ménages par village et par sexe. 238

Tableau 53 : Services écosystémiques associés aux oiseaux. Adapté d'après Şekercioğlu et al. (2004) et Şekercioğlu (2006). 264

Tableau 54 : Répartition des espèces d'oiseaux dans les différents habitats au sein du PNBA, et importance relative de ces habitats pour les espèces considérées. N = 516 observations sur k = 129 espèces. 271

Tableau 55 : Synthèse des valeurs des principaux services écosystémiques du PNBA 278

LISTE DES ABREVIATIONS

AABA	Association des Amis du Banc d'Arguin
AFC	Analyse Factorielle de Correspondance
AFDW	Ash Free Dry Weight (Poids sec)
AG	Assemblée Générale
AMP	Aire Marine Protégée
ANOVA	Analyse de la Variance
ASSPCI	Association pour la sauvegarde Sociale et la Promotion de la Culture des Imraguen
CA	Chiffre d'Affaire
CAP	Consentement à Payer
CI	Consommation Intermédiaire
CICES	Common International Classification of Ecosystem Services
CIP	Consentement d'Indemnisation pour la Pêche
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales
CNROP	Centre National des recherches océanographiques et des Pêches
CPUE	Capture Par Unité d'Effort
CVCG	Comité Villageois de Concertation et de Gestion
EBE	Excédent Brut d'Exploitation
ESA	Agence Spatiale Européenne
EUR	Devise Européenne : Euro
FAO	Food and Agriculture Organization
FIBA	Fondation Internationale du Banc d'Arguin
FIDA	Fonds Internationals pour le Développement Agricole
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
IMROP	Institut Mauritanien de Recherches Océanographiques et des Pêches
IPCC	Intergouvernmental Panel on Climate Change
LESE	Laboratoire des Etudes Sociales et Economiques
MEA	Millenium Economic Assessment
MEC	Méthode d'Evaluation Contingente
MPEM	Ministère des Pêches et de l'Economie Maritime
MPB	MicroPhytoBenthos
MRO	La première Ouguiya : devise officielle en vigueur entre 1973 et 2017.
MRU	Ouguiya : devise officielle de la Mauritanie depuis le 1er janvier 2018
NBE	Nova Blue Environment
NDVI	Indice de végétation par différence normalisée
NDWI	Indice d'eau par différence normalisée
UoP	Université de Portsmouth
RIM	République Islamique de Mauritanie
PAC	Pêche Artisanale et Côtière
PAG	Plan d'Aménagement et de Gestion
PIB	Produit Intérieur Brut

PIR	Proche Infra Rouge
PNBA	Parc National du Banc d'Arguin
PNE	Production Nette de l'Ecosystème
PPB	Production Primaire Brute
PV	Procès Verbal
RE	Respiration
RST	Restrictions Spatio-Temporelles
S2	Sentinel 2
SMIC	Salaire Minimum Interprofessionnel de Croissance
SNAP	Sentinel Application Platform
SSPAC	Système de Suivi de la Pêche Artisanale et Côtière
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity
UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
USD	Dollar américain
VA	Valeur Ajoutée
VET	Valeur Économique Totale
VNU	Valeur de Non Usage
VUD	Valeur d'Usage Direct
VUI	Valeur d'Usage Indirect
ZEE	Zone Economique Exclusive

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont tout d'abord à la Direction du Parc National du Banc d'Arguin (PNBA), maître d'ouvrage de cette étude, à son Directeur, Maitre Aly Ould Mohamed Salem, son Directeur Adjoint, M. Ebaye Sidina, mais également au Conseiller Technique de la coopération française, M. Alain Bergé pour leur appui constant au bon déroulement de cette étude.

Les auteurs tiennent également à remercier ici :

- les autorités mauritaniennes, en particulier les représentants du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, M. Oumar Fall pour son vif intérêt pour cette étude et sa forte implication lors de l'atelier organisé en mai 2018 à Nouakchott sur le carbone bleu, ainsi que le Ministère de la Défense pour avoir délivré l'autorisation d'importation et d'utilisation d'un drone pour la mission de terrain.

- l'Université de Portsmouth (UoP), l'Institut de Recherche et Développement (IRD) et le Département de l'Observatoire du Parc National du Banc d'Arguin (PNBA) pour avoir mis à disposition de l'équipe le matériel nécessaire aux investigations de terrain (drop caméra, GPS, etc.).

Ils adressent leurs plus vifs remerciements à tous ceux qui sur le terrain ont facilité les travaux de recherche et d'étude :

- M. Mohamed Ahmed Sidi Cheick, écologue, pour sa précieuse expertise sur les écosystèmes marins côtiers du Banc d'Arguin,

- M. Amadou Kidé, Chef du Département de l'Observatoire, pour avoir partagé ses bases de données cartographiques,

- M. M'Bareck, chef de la base scientifique d'Iwik, et son équipe pour leur accueil au camp de base de la mission,

- M. Eddou Mohamed Abdellahi et M. Moussa Ould Zayed, guides et chauffeurs, pour nous avoir toujours mené à bon port,

- M. Mohamed Salem Ould El Hadi, M. Sidi Ould Ekmache, capitaines, et Mohamed Cheddad, guide Imraguen, pour leur expérience de la navigation dans les eaux du Banc d'Arguin.

Financée par l'Agence Française de Développement (AFD) et le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM), relayée par le Fonds fiduciaire du Banc d'Arguin et de la biodiversité côtière et marine (BACoMaB), cette mission n'aurait enfin pas pu être menée sans l'écoute bienveillante de M. Moussa Beddiyouh, M. Antoine Lury et M. Souleymane Cissé, chargés du suivi de ce dossier pour l'antenne de l'Agence Française du Développement (AFD) à Nouakchott.

RESUME EXECUTIF

Valeur des principaux services écosystémiques du PNBA

La valeur annuelle des principaux servies de régulation et d'approvisionnement est estimée à 8,1 milliards MRU par an soit 198,8 millions €/an. Les deux services les plus important sont celui relatif à la séquestration du carbone fournie par les herbiers (3,3 milliards MRU) et celui lié à la contribution du PNBA aux pêcheries de la ZEE de la Mauritanie (3 milliards MRU). Parmi les autres services de support et de régulation évalués, ceux de nurserie et de bioremédiation affichent des valeurs monétaires respectives de 92 et 49 millions MRU/an. Le service de prélèvement par la flotte de pêche artisanale atteint 52 millions MRU/an. La valeur de non-usage du PNBA se situe à 1,6 milliard MRU d'après la perception de l'importance accordée aux différents services écosystémiques par les Mauritaniens.

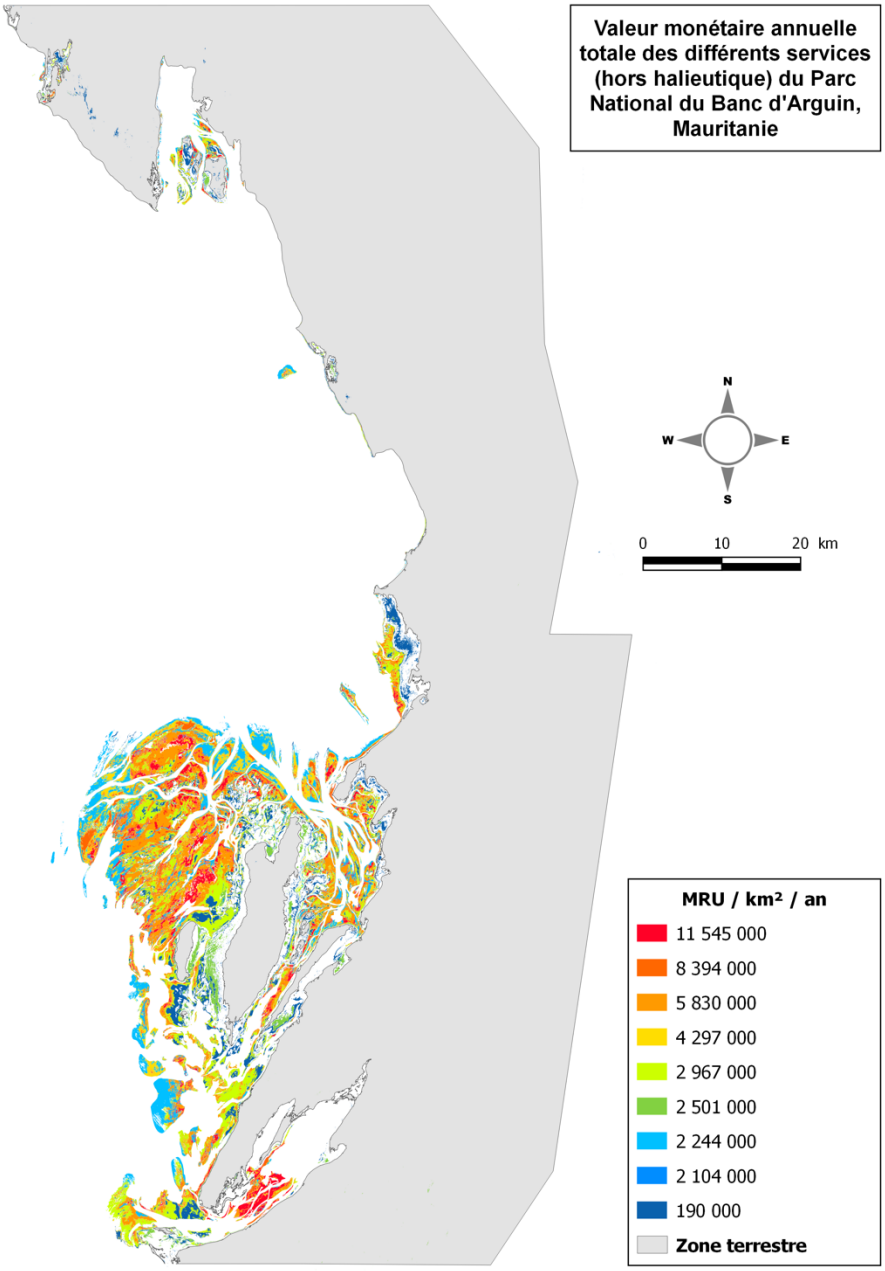
Les services évalués concernent essentiellement la partie maritime du PNBA qui couvre 5400 km^2. Rapportée au km^2, la valeur économique des principaux services atteint 1 499 855 MRU soit 36 820 €/km^2/an. A titre de comparaison, la valeur au km^2 des services écosystémiques principaux rendus par les 5 aires marines protégées en Afrique de l'Ouest (Langue de Barbarie au Sénégal, Rio Cacheu et Urok en Guinée Bissau, Tristao et Alcatras en Guinée et Santa Luzia au Cap Vert) atteint 26 000 €/km^2 pour une valeur totale de 35 millions €/an pour les 5 AMP combinées.

Tableau 1 : Synthèse des valeurs des principaux services écosystémiques du PNBA

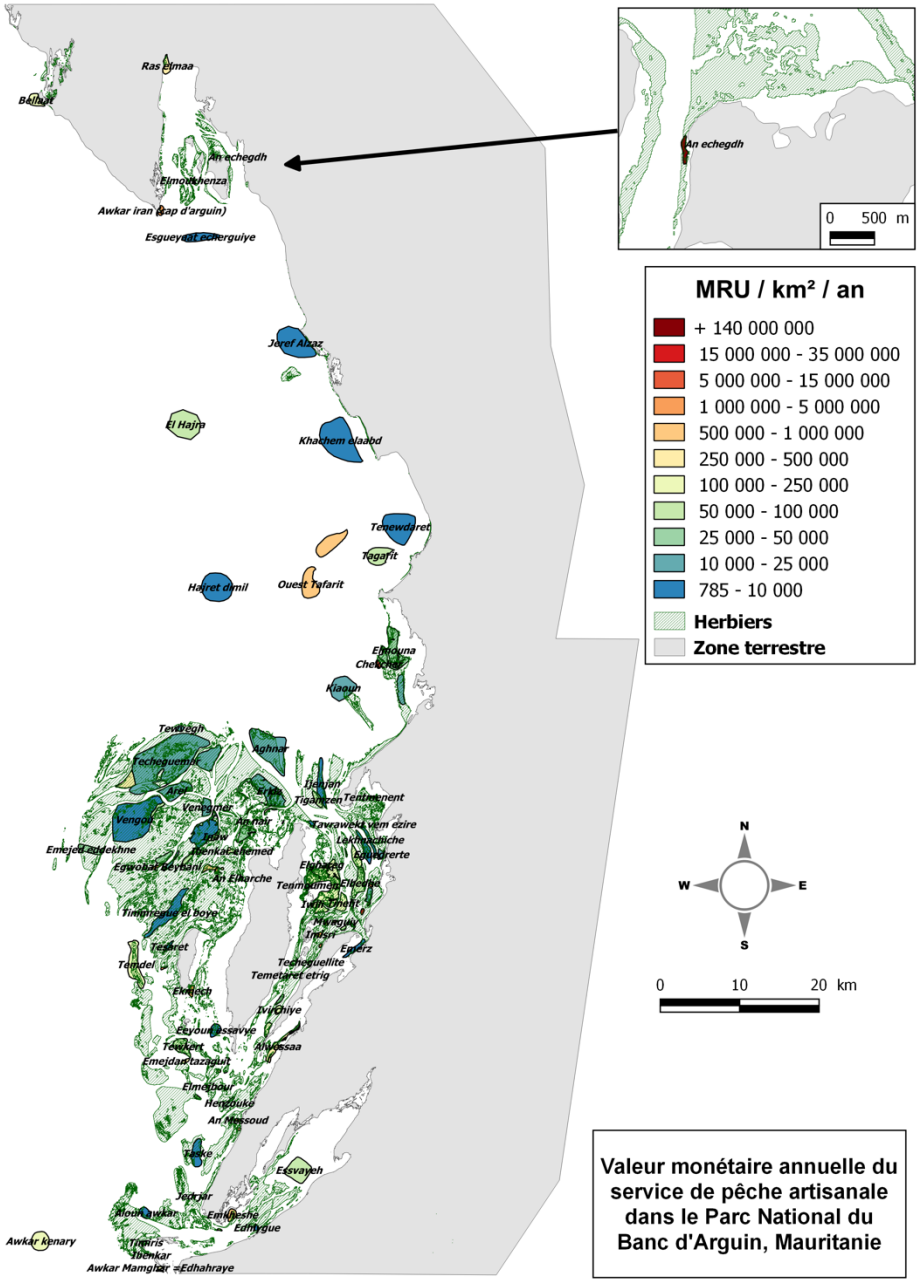
Usages	Service	Valeur totale (MRU/an)	% VET	Surface	MRU/km^2	€/km^2
Usage Direct	Pêche artisanale	52 000 000	0.6%	325	160 000	3 920
	Tourisme	800 000	0.0%	5 400	144	3.528
	Pêche ZEE Mauritanie	3 000 000 000	37.0%	5 400	555 556	13 611
Usage Indirect	Bioremédiation	48 700 784	0.6%	821,8	59 261	1 452
	Séquestration carbone	3 268 063 597	40.4%	700,8	4 663 333	114 252
	Nurserie	92 157 205	1.1%	795	115 921	2 840
Non-Usage	VNU	1 620 000 000	20.0%	5 400	300 000	7350
	Patrimoine halieutique	17 500 000	0.2%	5 400	3 241	79.4045
Total		**8 099 221 586**	100.0%	5 400	1 499 855	36 820

La valeur des oiseaux, hormis pour le tourisme ornithologique, n'a pas pu être prise en compte car ceux-ci assurent également une valeur de fonction (de régulation et de support interne au système) que le cadre standard d'évaluation ne prend pas en compte, seuls sont comptabilisés les flux entrants (carbone, par exemple) et sortants (poissons, par exemple). Dans le même

registre, la valeur liée au service de protection côtière n'a pas été évalué du fait de l'hypothèse implicite, dans le cadre d'évaluation, d'un littoral anthropisé, ce qui n'est pas le cas au PNBA. Qui plus est, la lagune de Bellaat, met en avant le paradoxe de l'évaluation : à savoir que la rupture du cordon dunaire et donc du service de protection côtière engendre une création de valeur. La valeur du service de stockage de carbone dans la biomasse et les sédiments, très importante (82 % de la séquestration), n'a pas été prise en compte du fait du doublon avec celle de séquestration. En sus d'approfondissement divers, des travaux supplémentaires doivent dès lors porter en premier lieu sur l'appréhension de la valeur des oiseaux dans le PNBA, qui constituent la valeur fondatrice de l'existence du Parc.



Carte 1 : Valeur monétaire annuelle des différents services, hors halieutiques, du Parc National du Banc d'Arguin



Carte 2 : Valeur monétaire annuelle du service de pêche artisanale dans le Parc National du Banc d'Arguin

L'importance de préserver les écosystèmes du PNBA pour les services rendus et les engagements internationaux du pays pour l'environnement et le développement durable

L'étude met en avant le rôle fondamental du PNBA pour la pêche opérant dans la ZEE de la Mauritanie, pour la séquestration du carbone atmosphérique et dissous, pour les populations d'oiseaux et les services qu'ils apportent et pour l'identité Imraguen. Outre la valeur économique des principaux services rendus par les écosystèmes du Banc d'Arguin, la

préservation des milieux naturels et de la faune associée au PNBA est favorable à l'atteinte des objectifs des différentes conventions et traités internationaux dont la Mauritanie est signataire[1]. En dehors de la Convention de la Convention sur la Diversité Biologique dont la Mauritanie vient de convenir d'un nouveau plan d'action et des Objectifs du Développement durable dont le pays s'engage à les atteindre au mieux pour 2030, celui de l'accord de Paris revêt un caractère particulier puisque le PNBA a une contribution directe non encore prise en compte dans la CDN[2]. Du fait de son développement industriel limité et de la faible densité de la population, la Mauritanie a des taux d'émissions de gaz à effet de serre (GES) assez faibles, estimés à 6,6 Mt CO_2 en 2010[3]. **La part de CO_2 séquestré annuellement par les écosystèmes marins du Parc National du Banc d'Arguin atteint 732 057 tCO_2eq soit 11 % des émissions de GES du pays.**

La Mauritanie s'est engagée à réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 22,3 % entre 2020 et 2030. Pour atteindre son objectif, le cumul des émissions évitées selon les mesures d'atténuation proposées est d'environ 33,56Mt eq CO_2. **La part de CO_2 séquestré sur la période 2020-2030 par les écosystèmes marins du PNBA atteindrait 7,3 Mt eq CO_2 soit 22 % du cumul des émissions de GES évités visé dans l'Accord de Paris. Le PNBA joue donc un rôle fondamental dans le processus de mise en œuvre de l'Accord de Paris.**

---

[1] Parmi les plus importants, on peut citer :

- La Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements climatiques (CCNUCC), le Protocole de Kyoto et l'Accord de Paris visant à réduire l'émission des gaz à effet de serre.

- La Convention sur la Diversité Biologique (CDB) (Protocoles de Cartagena, de Nagoya) dont les objectifs principaux sont la conservation de la diversité biologique, l'utilisation durable des la diversité biologique et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'utilisation des ressources génétiques.

- La Convention de RAMSAR relative aux Zones humides d'importance Internationale, pour la conservation et l'utilisation durable des zones humides, vise à enrayer leur dégradation ou disparition, aujourd'hui et demain, en reconnaissant leurs fonctions écologiques ainsi que leur valeur économique, culturelle, scientifique et récréative.

- La Convention de Bonn sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage)

- La Convention d'Abidjan relative à la coopération en matière de protection et de mise en valeur du milieu marin et des zones côtières de la région de l'Afrique de l'Ouest et du Centre a notamment pour objectif de lutter contre les pollutions marines.

- La Convention de Minamata sur le mercure a été adoptée par la Mauritanie en 2015 et un texte est en préparation pour réglementer les activités artisanales d'orpaillage fortement consommatrices de cette substance dangereuse.

[2] Les contributions déterminées au niveau national (CDN) sont au cœur de l'Accord de Paris et de la réalisation de ces objectifs à long terme. Les CDN incarnent les efforts déployés par chaque pays pour réduire les émissions nationales et s'adapter aux impacts du changement climatique. L'Accord de Paris (article 4, paragraphe 2) exige que chaque partie prépare, communique et maintienne les contributions successives déterminées au niveau national (CDN) qu'elle entend réaliser. Les Parties appliquent des mesures d'atténuation nationales dans le but d'atteindre les objectifs de ces contributions.

[3] Correspondant à 0,015 % des émissions globales.

Recommandations de politiques publiques et de gestion du PNBA

En matière de politique publique, des efforts doivent, tout d'abord, être faits afin d'intégrer les écosystèmes qui présentent une forte valeur monétaire unitaire dans les priorités de protection. Des mesures adéquates doivent être entreprises pour maintenir, voire améliorer la capacité des écosystèmes à fournir les services de support et de régulation. Pour maintenir ce potentiel écologique et économique, les écosystèmes protégés doivent être en bon état écologique pour assurer le même niveau de service. En effet, pour le service de séquestration carbone, si l'évaluation se base uniquement sur la surface des écosystèmes, la valeur atteint 7,1 milliards MRU/an, en tenant compte de l'état écologique des écosystèmes du PNBA, la valeur est de 3,3 milliards/an.

En conséquence, un suivi de l'état écologique des écosystèmes doit être mis en place, de manière plus approfondie avec, par exemple, l'utilisation d'un drone lourd et d'un protocole d'échantillonnage suffisant pour détecter des changements. En complément, l'utilisation des données Sentinel-2, permet la mise à jour cartographique de l'ensemble du Parc avec une résolution spatiale de 10m, libre d'accès, et une répétitivité temporelle de 12 jours. Pour des analyses ponctuelles sur des zones restreintes : l'utilisation d'images SPOT-6 (résolution spatiale de 1,5 m) peut s'avérer utile, tout en sachant que les images ne sont pas libre d'accès, que l'acquisition se fait sur demande, et que le volume et le temps de calcul sont importants.

Outre la protection des écosystèmes, l'instauration des programmes de conservation des espèces emblématiques (oiseaux, tortues, requins et raies, mammifères marins, etc.) est requise puisqu'ils axent leurs efforts sur des espèces situées en haut de la chaine trophique et peuvent ainsi donner des indications sur l'état de santé du milieu. Malgré le statut de protection du PNBA et le faible niveau de population humaine sur la côte, les populations d'oiseaux et de sélaciens diminuent, les routes de migration des poissons changent, ce qui traduit une certaine pression sur l'environnement. Si les indicateurs classiques d'abondance des populations ou de richesse spécifique sont couramment utilisés, ils ne renseignent que trop tard des dégradations et atteintes à l'environnement. D'autres indicateurs de biodiversité, basés sur les traits fonctionnels des espèces, sont plus sensibles aux perturbations (Mouillot et al., 2013 ; Loiseau et Gaertner, 2015).

Les programmes de protection des espèces emblématiques doivent, dès lors, être complétés par des programmes plus larges et de long-terme destinés à la préservation des habitats côtiers et marins. D'ailleurs, le présent travail sur les oiseaux a également donné des pistes pour une exploitation raisonnée du potentiel des oiseaux du PNBA permettant de renforcer encore la conservation de ces espèces dans un cercle vertueux, celle du développement d'un éco-tourisme inclusif des populations locales dans le PNBA. En effet, le développement de ce type d'éco-tourisme au sein du PNBA permettrait aux populations Imraguen de diversifier leurs activités et de s'adapter à l'évolution de leur activité principale, la pêche. Dans le contexte actuel de surpêche dans la ZEE Mauritanienne (et dans le PNBA), diversifier les activités des populations Imraguen permettrait de relâcher la pression sur les stocks de poisson et favoriser leur résilience.

Comme le Plan d'Aménagement et de Gestion du PNBA 2015-2019 le souligne (PNBA, 2014), le PNBA subit, depuis une trentaine d'années, l'augmentation exponentielle des pressions anthropiques : surcapacité de pêche, surpêche, pêche illégale, projets industriels dans la zone Nord, pastoralisme/surpâturage, flux de transit reliant Nouakchott et Nouadhibou,

développement urbain à la périphérie du Parc (Chami) et exploitation de la mine d'or, etc. Il subit de plus, et de manière de plus en plus importante la pollution par les débrutis et déchets plastiques qui jonchent le littoral et les îles et encore plus aux abords des villages. Ces macro-déchets plastiques et micro-plastiques qui ne se voient pas à l'œil nu posent un problème de fond pour l'environnement car ils modifient les fonctions écologiques et la capacité des organismes à se nourrir et se reproduire. Au regard de la forte valeur monétaire des services rendus par le PNBA, il est impératif de contenir et faire disparaître les pressions qui sont maitrisables sur le territoire même du PNBA. Il est par ailleurs important de structurer l'approche de gestion autour de la compréhension du fonctionnement de l'écosystème et le socio-système particulièrement complexe du PNBA.

INTRODUCTION GENERALE

CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

Le Parc National du Banc d'Arguin (PNBA) est une réserve naturelle de Mauritanie, fondé en 1976 par décision du président de la toute jeune République Islamique de Mauritanie, Mokhtar Ould Daddah, en concertation avec le naturaliste français Théodore Monod. Couvrant un tiers du littoral mauritanien, il s'étend de la pointe Minou au nord (au-delà du cap d'Arguin) jusqu'à la ville de Mamghar au sud (située au-delà du cap Timiris), et comprend également les îles d'Arguin et de Tidra. Sa surface atteint 12 000 km^2 partagés entre partie maritime (l'océan Atlantique) et partie continentale (le désert du Sahara). Le PNBA est donc un des plus grands parcs d'Afrique de l'Ouest, devenu site Ramsar en 1982 et site du Patrimoine mondial de l'Unesco en 1989. Le Parc joue un rôle capital pour le maintien de la biodiversité marine et la protection de l'écosystème du Golfe d'Arguin, pièce maîtresse du renouvellement des ressources halieutiques à l'échelle de la ZEE Mauritanienne et, sans doute, plus largement à une échelle sous-régionale. Conservation de l'environnement naturel et développement durable des populations sont les objectifs principaux du PNBA.

Les écosystèmes côtiers situés sur le littoral mauritanien se caractérisent par une grande vulnérabilité : sensibilité aux pollutions, menaces multiples liées aux activités humaines le long du cordon dunaire bordant la côte. Principal bassin de vie, le littoral est en effet confronté à de nombreux enjeux affectant directement un capital naturel pourtant vital pour le développement économique et humain du pays. Au sein d'un littoral ouest-africain où l'upwelling favorise une forte productivité biologique, les hauts fonds, vasières et herbiers du Banc d'Arguin forment une zone à valeur écologique unique, essentielle pour la biodiversité à l'échelle régionale (de nombreuses espèces de poissons et crustacés s'y reproduisent) et mondiale (oiseaux migrateurs). D'autres aires littorales et marines présentent également un fort intérêt écologique : Baie du lévrier, bancs de maërl, récifs coralliens d'eau froide, bas delta du fleuve Sénégal, etc.

La protection durable du Golfe d'Arguin, du delta du fleuve Sénégal et de l'ensemble des sites sensibles de la Zone Économique Exclusive (ZEE) mauritanienne vis-à-vis des risques de pollution et de surexploitation constitue, au-delà du caractère patrimonial, est un impératif en matière de gestion des ressources halieutiques. En effet, en Mauritanie, les services économiques fournis par l'écosystème marin sont exceptionnellement élevés. La pêche sous forme industrielle et artisanale contribue à plus de 10% du PIB, représente 20% des recettes en devises de l'État et génère plus du tiers des emplois (c'est le principal employeur). La valeur socioéconomique de la pêche et la sensibilité écologique des littoraux mauritaniens créent un contexte exceptionnellement exigeant pour toutes les entreprises exploitant le milieu marin, ainsi que pour leurs partenaires locaux et mondiaux.

Dans ce contexte, et afin d'ajuster au mieux la gestion de sa ZEE, et de valider les actions de conservation et la bonne gestion du Parc National du Banc d'Arguin et des autres zones d'importance écologique sur la côte de Mauritanie, une étude scientifique de la valeur économique et sociale du Banc d'Arguin a été menée. En outre, alors que le PNBA fête ses 40 ans en 2016, l'étude impulsera un renouvellement de l'investissement de l'État Mauritanie et de ses partenaires dans cette infrastructure écologique essentielle au développement économique du pays.

OBJECTIF DE L'ETUDE

L'objectif de la présente étude est de conduire une évaluation de la valeur économique des principaux services écosystémiques rendus par les différents écosystèmes du PNBA en prenant plus particulièrement en compte la contribution du Parc aux pêcheries opérant dans la ZEE nationale ainsi que la capacité des écosystèmes (herbiers et vasières surtout) du PNBA à absorber et stocker le carbone. Elle va, dans le même temps, contribuer à apporter de nouvelles informations et données (notamment sur les biocénoses) et améliorer les connaissances existantes.

Les résultats de ce travail doivent renforcer l'argumentaire quant au rôle conséquent du PNBA en tant qu'aire protégée notamment dans le contexte du changement climatique et de la politique nationale d'adaptation. A ce titre, dans le cadre du programme national de la Mauritanie vis-à-vis du changement climatique (*Intended National Determined Contribution*), et des possibilités que cela offre pour l'accès aux Fonds Climat pour l'atténuation des effets du changement climatique et l'adaptation à ceux-ci, l'étude de la fonction d'absorption et de séquestration carbone par les écosystèmes marins du PNBA a été particulièrement détaillée.

CADRE DE L'EVALUATION ECONOMIQUE

La valeur monétaire d'un service procuré est souvent définie comme la disposition d'une personne à payer pour ce bien ou ce service diminuée de son coût de production. Aussi, lorsqu'un écosystème nous fournit gratuitement des biens et services, c'est la disposition à payer des individus qui est seule susceptible de traduire la valeur du service fourni, qu'il y ait paiement réel ou non (Noël, 2006). En d'autres termes, la valeur économique des écosystèmes du PNBA peut être évaluée d'une part par l'estimation de leur contribution aux activités marchandes (qui enregistrent des coûts et des bénéfices) et d'autre part aux activités non marchandes pour lesquelles une méthode d'estimation supplémentaire doit être élaborée. Cette méthode permettra de dériver la valeur économique de chaque service rendu et pour chaque unité de surface des écosystèmes considérés.

Le concept de Valeur Economique Totale (VET) offre un cadre conceptuel à même de prendre en compte toutes les valeurs précédemment décrites et qui peuvent être attribuées aux écosystèmes considérés. L'avantage d'un tel cadre est tout d'abord qu'il permet une évaluation monétaire de la majorité des services rendus par les écosystèmes du PNBA. D'autre part, du fait de son utilisation abondante depuis la fin des années 1980, il se prête largement aux comparaisons, qui seront nécessaires dans cette étude où l'AMP évaluée présente des biotopes différents. Par exemple, les différentes revues des évaluations des biens et services rendus par les écosystèmes d'herbiers (Blanquet, 2008 ; Failler et al., 2015) montrent bien la profusion des études dans ce domaine et l'intérêt d'adopter le cadre de travail de la VET. Cela ne signifie pas pour autant que l'étude va s'enquérir de la valeur monétaire de tous les usages possibles, entre autres, indiqués dans la figure ci-dessous : elle va se concentrer sur un certain nombre d'entre eux présentés à la figure de la page suivante et qui représentent au mieux les services rendus par les écosystèmes du PNBA (Figure 1 et 2).

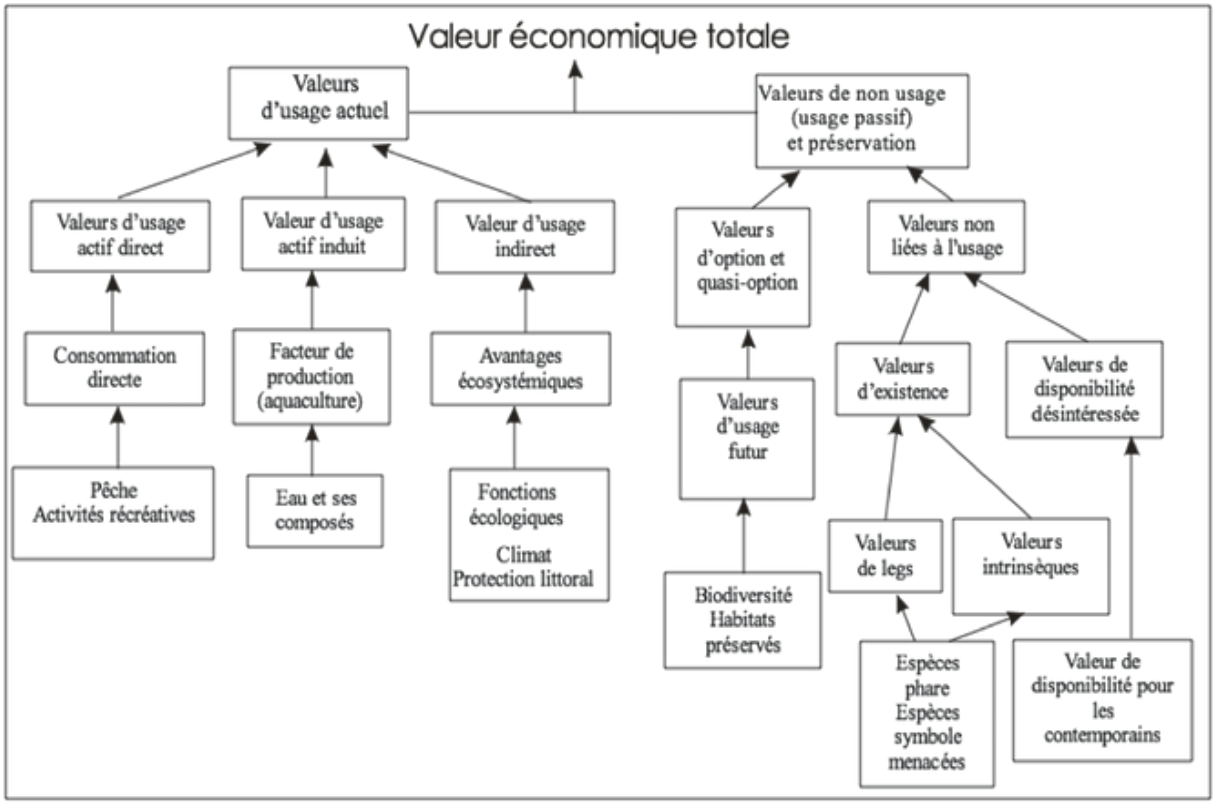


Figure 1: Décomposition de la valeur économique totale, d'après Point (1998) et adapté par Failler et Pan (2007)

Ensemble des valeurs des services rendus par les écosystèmes du PNBA						
Valeurs d'usage				Valeurs de non-usage		
Usage direct	Usage indirect	Usage induit	Valeur d'option	Valeur de quasi-option	Valeur de leg	Valeur d'existence
Services (biens) qui peuvent être consommés ou appréciés directement	Fonctions et services fournissant des bénéfices indirects sur place et hors-site	Services en tant que facteurs de production pour des activités commerciales	Valeur de l'option du maintien de l'usage futur de :	Valeur de l'information future rendue disponible grâce à la préservation de :	Valeur, définie par la bonne volonté à payer, pour assurer que la progéniture ou les générations futures hériteront de :	Valeur de savoir qu'une espèce particulière, un habitat ou un écosystème vie et continuera d'exister, indépendamment de l'usage qui peut en être fait

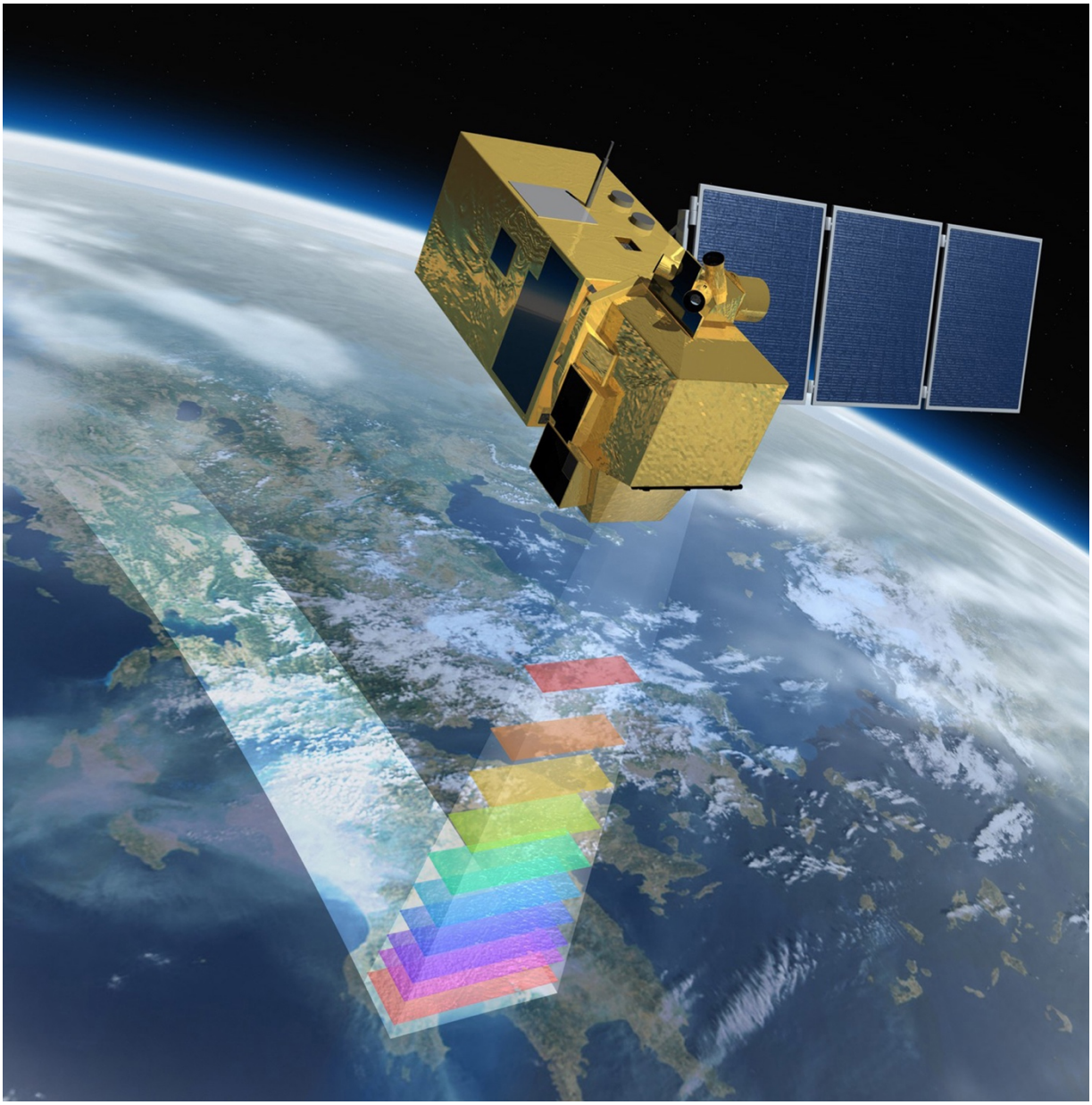
Écosystèmes du PNBA				
Usage extractif : - pêche embarquée et non-embarquée de poissons et de mollusques - Extraction de composés pour la pharmacie (à définir lors de la mission terrain) -Autres (à définir) Usage non-extractif : - Tourisme et activités récréatives (observation des oiseaux paysages, flore et faune marins, baignade, etc) - recherche - éducation - gestion	- Cycle des nutriments et traitement des eaux - Zone de fraie et support biologique aux espèces de poissons - Protection physique de la côte et des autres écosystèmes côtiers - Support à la vie en général notamment par ses fonctions de puits de carbone	-aucun de recensé pour le PNBA	- non prise en compte pour le moment.	- Habitats marins - Espèces marines et ornithologiques - Biodiversité marine - Valeurs sociales, culturelles (incl. spirituelles et religieuses) - Mode de vie façonné par l'usage traditionnel des engins et lanches de pêche

Figure 2 : Décomposition de la valeur economique totale des ecosystèmes du PNBA.

STRUCTURE DU RAPPORT

Le rapport est structuré en six parties. La première partie est consacrée à la cartographie des biocénoses marines et terrestres à partir d'images satellites, et à l'utilisation d'un drone pour caractériser l'état écologique des biocénoses. Cette phase constitue le socle sur lequel repose l'estimation des valeurs d'Usage Indirect, présentée dans la deuxième partie. Ainsi les services de régulation et de support tels que la protection côtière, la bioremédiation, la séquestration carbone et la fonction de nurserie ont fait l'objet d'une évaluation écologique et/ou monétaire. La troisième partie est consacrée aux valeurs d'Usage Direct. Les services de prélèvement halieutiques ont fait l'objet d'une attention particulière, qu'il s'agisse de la pêche artisanale côtière ou de la contribution du PNBA aux pêcheries commerciales de la ZEE de Mauritanie, tout en soulignant le contexte social des populations de pêcheurs Imraguen face aux régulations de pêche. Un autre volet concerne l'écotourisme au PNBA, ses retombées économiques mais surtout les bénéfices qu'une telle activité peut avoir pour le Parc d'une part, et les écosystèmes et espèces emblématiques d'autre part. La quatrième partie traite des valeurs de Non-Usage, attribuées à la seule existence d'un bien ou d'un service par un agent qui n'en fera pas usage. La valeur de non-usage recouvre deux composantes : la valeur d'existence et la valeur pour autrui. Un volet sur l'identité Imraguen permet de retracer l'histoire de cette population et la perception des Imraguens vue de l'extérieur. Une cinquième partie aborde l'éventail de services rendus par les populations d'oiseaux dans le PNBA, qui couvrent à la fois des services d'usage direct, indirect et de non-usage. En dernière partie, une conclusion reprend les valeurs monétaires des principaux services écosystémiques du PNBA et sa représentation cartographique, avant de souligner les différentes recommandations de politiques publiques et de gestion du PNBA, pour finir sur les études complémentaires à réaliser et les perspectives futures.

Partie 1 : Cartographie du Parc National du Banc d'Arguin



© CLS

CHAPITRE 1 : CARTOGRAPHIE DES BIOCENOSES MARINES ET DES MILIEUX TERRESTRES DU PARC NATIONAL DU BANC D'ARGUIN (MAURITANIE) PAR IMAGERIE SATELLITAIRE.

Auréa Pottier, Thibault Catry
Ewan Trégarot, Jean-Philippe Maréchal, Cindy Cornet, Vincent Fayad, Pierre Failler

1. INTRODUCTION

La cartographie de la distribution des écosystèmes marins et terrestres du Parc National du Banc d'Arguin (PNBA, Mauritanie) est un préalable nécessaire à l'évaluation des services écosystémiques qui leur sont associés. L'estimation des Valeurs d'Usages Indirects nécessite la disponibilité des données écologiques et environnementales associées aux fonctions de production et à chaque service écosystémique qui en résulte. Face à l'étendue du PNBA, et à la diversité des milieux observés, la télédétection est un outil approprié pour réaliser des cartographies de ces écosystèmes. Le projet PACOBA (2012) a déjà produit des informations spatialisées sur la répartition des biocénoses marines dans la zone centrale du PNBA à partir d'images satellite SPOT-5 de 2003 et 2007. Cependant, les connaissances cartographiques sont anciennes, limitées sur les zones nord et sud du parc (notamment pour la partie terrestre), et les informations sur les méthodes et la précision des résultats obtenus sont insuffisantes. Il est donc nécessaire de réaliser une mise à jour de la cartographie des écosystèmes du PNBA pour l'évaluation des services écosystémiques.

Dans cette étude, nous proposons une approche se basant sur la combinaison de capteurs optiques à différentes résolutions. En effet, la complexité du milieu à cartographier, à l'interface entre milieu marin et milieu terrestre, dans un environnement fortement dynamique sous l'influence des marées nécessite de recourir à des données présentant des spécificités techniques différentes. Ainsi, les données Sentinel-2 à haute résolution seront associées à des données SPOT-6 à très haute résolution spatiale.

L'objectif est de mettre en place une méthodologie de traitement de ces données pour la production d'une cartographie des biocénoses marines et des milieux terrestres du PNBA, en privilégiant la reproductibilité de cette méthode pour de futures mises à jour des cartes.

2. LES TRAVAUX PRECEDENTS DE CARTOGRAPHIE DU PNBA

2.1. La zone d'étude : le PNBA

Le parc national du banc d'Arguin (PNBA) est une réserve naturelle de Mauritanie, fondé en 1976 par décision du président de la toute jeune République Islamique de Mauritanie, Mokhtar Ould Daddah, en concertation avec le naturaliste français Théodore Monod (Ould Cheikh, 2002a). Couvrant un tiers du littoral mauritanien, il s'étend de la pointe Minou au nord (au-delà du cap d'Arguin) jusqu'à la ville de Mamghar au sud (située au-delà du cap Timiris), et

comprend également les îles d'Arguin et de Tidra. Sa surface atteint 12 000 km^2 partagés entre la partie maritime : l'océan Atlantique, et la partie continentale : le désert du Sahara (Figure 3). Le PNBA est donc un des plus grands parcs d'Afrique de l'Ouest, devenu site Ramsar en 1982 et site classé au Patrimoine mondial de l'Unesco en 1989. Le Parc joue un rôle capital pour le maintien de la biodiversité marine et la protection de l'écosystème du Golfe d'Arguin, pièce maîtresse du renouvellement des ressources halieutiques à l'échelle de la ZEE (Zone Economique Exclusive) Mauritanienne et, sans doute, plus largement à une échelle sous-régionale. Conservation de l'environnement naturel et développement durable des populations sont les objectifs principaux du PNBA.

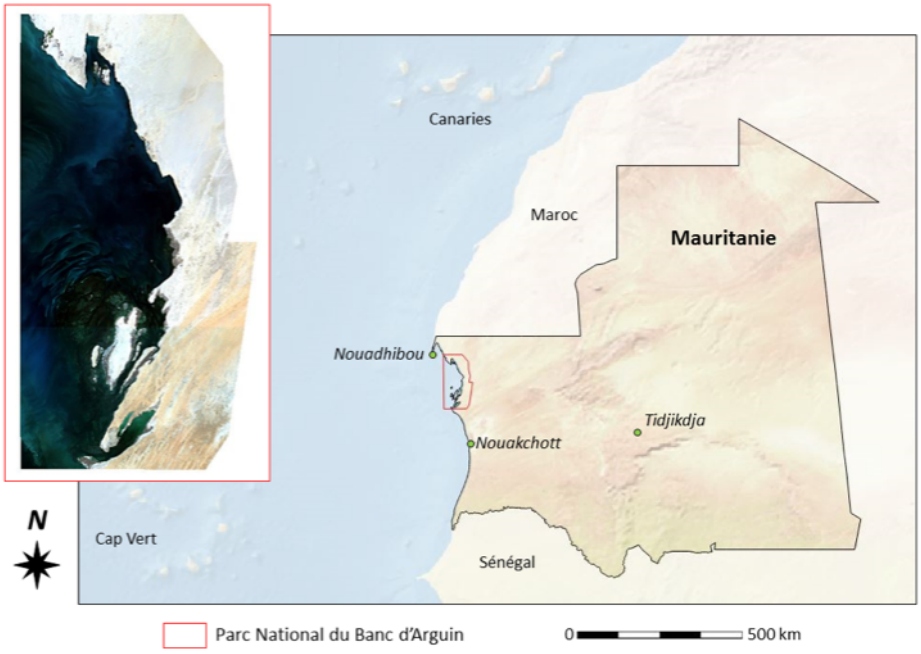


Figure 3 : Localisation et extension du Parc national du Banc d'Arguin (PNBA) en Mauritanie, sur la côte atlantique, entre les villes de Nouakchott et Nouadhibou. Le zoom montre les limites du PNBA vues par le satellite Sentinel-2 (© ESA, 2018).

Le PNBA possède un écosystème marin très riche alimenté à la fois par les eaux côtières enrichies par l'upwelling de Mauritanie et, dans sa partie orientale, par les apports éoliens venus du Sahara, chargés en acides aminés (Demarcq et Faure, 2000). Cet écosystème est marqué par de fortes abondances intraspécifiques (mulets jaunes et courbines notamment) et une faible diversité spécifique (Ould Cheikh, 2002b). Les zones intertidales couvrent de vastes étendues dans la partie méridionale du PNBA. Elles se composent de vasières peu profondes, parcourues de chenaux et sont couvertes en grande partie d'herbiers de phanérogames marines (zostères : *Zostera noltii* et cymodocées : *Cymodocea nodosa*). Les marais maritimes sont remarquables dans le sens où ils abritent les formations de mangrove (*Avicennia germinans*) les plus septentrionales de l'Afrique de l'Ouest et les prairies de Spartines (*Spartina maritima*) les plus méridionales (Lebigre, 1991). Les herbiers marins constituent le fondement de la chaine trophique. Ils forment l'habitat de prédilection des mulets, l'espèce cible "traditionnelle" des pêcheurs Imraguen et jouent un rôle essentiel de protection du trait de

côte contre l'érosion à travers le piégeage des sédiments qui réduit l'énergie des vagues et des courants de marée (Chen et al., 2007). Ils constituent également un important puits de carbone dans une zone par ailleurs très peu végétalisée. Étant donné l'importance que revêt cet écosystème complexe, l'état de conservation des herbiers est considéré comme un indicateur efficace reflétant la santé globale des écosystèmes marins et côtiers. La partie septentrionale du PNBA se compose de zones trop profondes pour être cartographiées par télédétection satellitaire. Elles constituent l'habitat des courbines et des sélaciens (requins et raies), particulièrement abondants dans les eaux du PNBA (Sevrin Reyssac et Richer de Forges, 1985 ; Révillion et al., 2010 et 2011).

2.2. Les résultats du projet PACOBA (2012)

Dans le cadre du projet PACOBA (Projet d'Approfondissement des COnnaissances scientifiques des écosystèmes du Golfe du Banc d'Arguin, Chery et al., 2012), une classification de la zone d'estran (intertidale), découverte par les marées, ainsi que de la zone subtidale, a été réalisée. L'utilisation des images SPOT-5 a permis de cartographier les herbiers marins intertidaux en distinguant trois grandes classes : les vases, les sables et les herbiers (Figure 4).

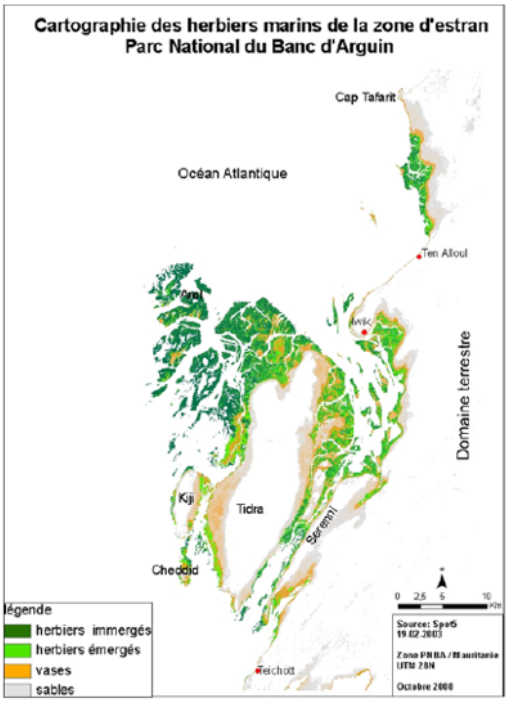


Figure 4 : Cartographie des herbiers de la zone intertidale du Banc d'Arguin à partir d'une image SPOT-5 (19 février 2003) (Chery et al., 2012 ; PACOBA, 2012).

La classe des herbiers est détaillée selon la présence ou l'absence d'eau. Ainsi, deux sous-classes ont été différenciées : herbiers immergés et herbiers émergés. La surface totale des herbiers cartographiés est de l'ordre de 200 km^2. Toutefois, quelques espèces végétales halophytes sont présentes dans la zone. C'est le cas des mangroves observées au nord de l'île de Tidra.

Une cartographie plus fine a également été réalisée dans le cadre de ce projet (Figure 5) par le bureau d'étude TBM (Chauvaud, 2012 ; Chery et al., 2012), sur la base d'un échantillonnage de terrain réalisé en 2008 et 2010, et d'une image SPOT-5 de 2007 à 2,5 m de résolution spatiale. Peu d'informations sont cependant disponibles sur la méthodologie employée pour réaliser cette cartographie ainsi que sur la validité des résultats.

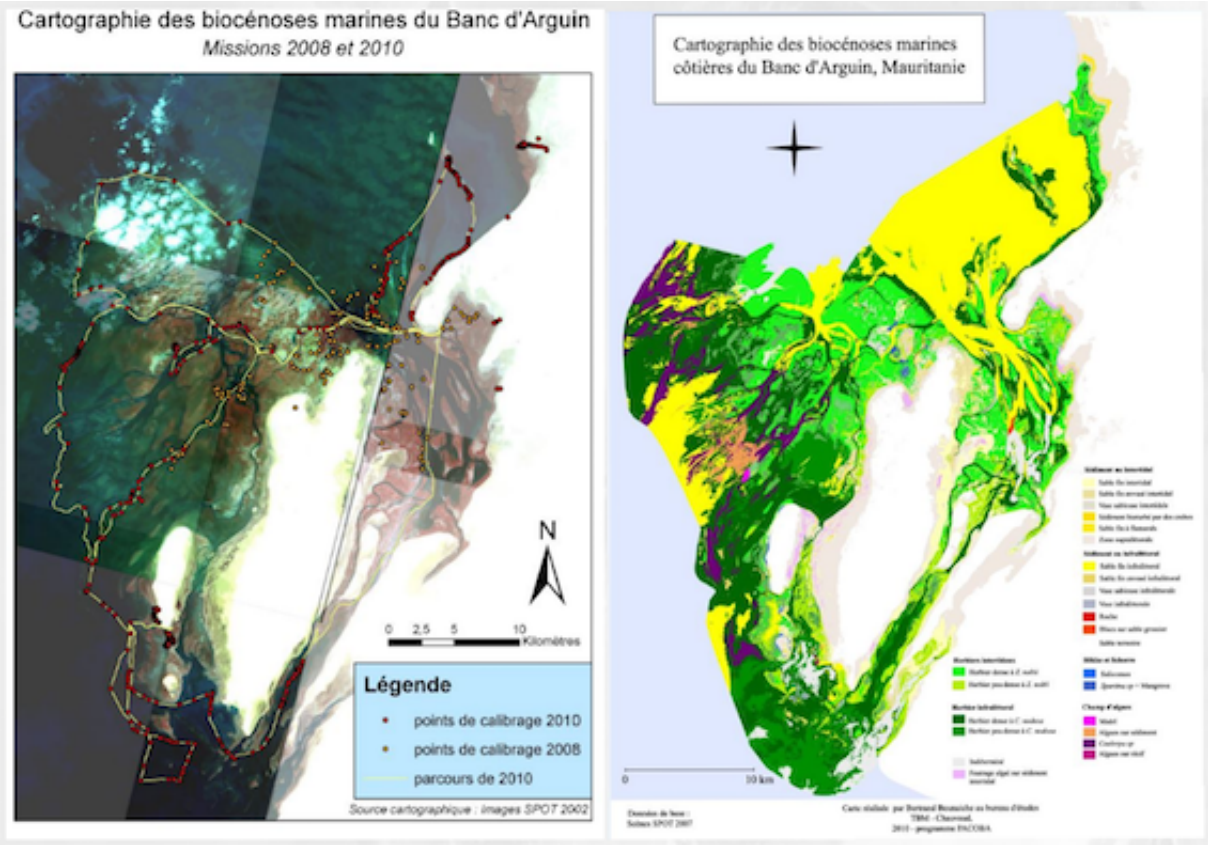


Figure 5 : le cadre du projet PACOBA à partir d'une image SPOT-5 de 2007 à 2,5 m de résolution et d'un échantillonnage de terrain de 2008 et 2010 (Chery et al., 2012).

Comme indiqué par les figures 4 et 5, les connaissances cartographiques sur le PNBA sont parcellaires, et concernent principalement les zones centrales et Sud autour de Tidra. Certains aspects méthodologiques sont peu précis et des éléments de validité des cartes produites manquent pour pouvoir les utiliser comme travaux de référence. D'autre part, certaines espèces ne sont pas cartographiées ou mal cartographiées (confusion herbiers/mangroves). Une mise à jour des connaissances cartographiques est donc nécessaire.

3. LES DONNEES UTILISEES DANS CETTE ETUDE.

3.1. Les données de référence

3.1.1. Données de l'observatoire du PNBA

L'observatoire du PNBA a mis à disposition du projet de nombreuses données cartographiques et vectorielles qui ont permis d'affiner/valider les classifications réalisées à partir des images

satellitaires. Parmi ces données, on trouve des données géographiques, des données socio-économiques, des données écologiques (faune et flore) et des données environnementales pour la plupart spatialisées.

3.1.2. Bathymétrie

Une couche bathymétrique a été mise à disposition par l'IMROP (Figure 6). Initialement, nous souhaitions réaliser une correction de la colonne d'eau sur les images satellitaires à partir de cette couche car il est nécessaire d'en tenir compte pour la cartographie des herbiers subtidaux. Cette correction peut s'effectuer via une approche de modélisation reliant la luminance mesurée aux paramètres de la cible (herbiers ou/et substrat) d'une part, et aux paramètres de l'eau qui s'intercale entre le capteur et la cible, d'autre part. Cette approche physique repose sur la combinaison :

- d'un modèle de la profondeur de fond (liée à la bathymétrie et aux marées) ;
- d'un modèle d'atténuation de l'éclairement et du signal réfléchi en fonction de la turbidité et de la hauteur de la colonne d'eau (liée à la bathymétrie et aux marées).

Cependant, ces données ne sont pas d'une finesse suffisante pour être exploitées efficacement pour la cartographie en utilisant des images satellites d'une résolution inférieure à 10 m. D'autre part, dans la mesure du possible, et afin de limiter la complexité de la méthodologie développée, nous avons privilégié des acquisitions satellitaires à marée basse et si possible avec des coefficients importants afin de faciliter la cartographie des herbiers subtidaux.

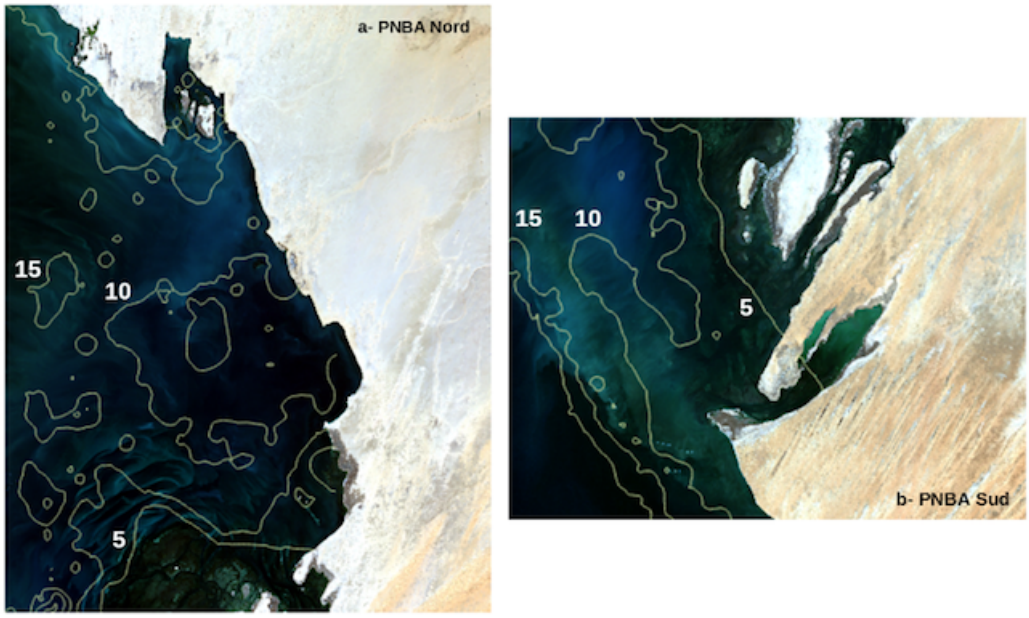


Figure 6 : La bathymétrie de 0 à 15 m sur la zone du PNBA fournie par l'IMROP.

Les informations bathymétriques ont cependant été mises à profit pour réaliser un masque sur la zone d'étude : toutes les zones situées à une profondeur supérieure à 10 m ont été masquées dans la mesure où les conditions de luminosité ne sont pas compatibles avec la

présence d'herbiers marins. Cela nous a permis de réduire la zone à classifier et donc de réduire les temps de calcul et la taille des produits issus de la classification, afin d'en optimiser l'exploitation par les partenaires.

3.1.3. Turbidité

Idéalement, une correction de l'effet de la turbidité aurait dû être incluse dans les pré-traitements de la donnée satellitaire (modèle d'atténuation de l'éclairement et du signal réfléchi). Cependant, nous n'avons pas réalisé de mesure de turbidité sur le terrain et les produits globaux existants (MODIS notamment) sont à des résolutions pluri-kilométriques incompatibles avec les résolutions d'images que nous avons utilisées pour la cartographie (inférieures à 10 m). D'autre part, la turbidité de l'eau dans le domaine maritime du PNBA présente une forte variation spatiotemporelle liée au cycle saisonnier de croissance du phytoplancton (blooms phytoplanctoniques), au phénomène d'upwelling et à la présence de courants importants engendrés par le remplissage et le vidage de la baie du banc d'Arguin au cours du cycle des marées. La turbidité de l'eau est donc un paramètre difficile à évaluer en raison de la multiplicité des phénomènes impliqués. Cependant, les images ayant étant prises à marée basses (et coefficients élevées), l'impact de cette absence de correction a été considéré comme limité.

3.1.4. Données de terrain

Un échantillonnage des différentes biocénoses marines et des milieux terrestres a été réalisé lors d'une mission sur le terrain du 8 au 25 avril 2018. Plus de 500 points ont été collectés sur l'ensemble du parc afin de valider les observations cartographiques issues des images satellites. Dans la mesure du possible, chaque écosystème a été échantillonné (Figure 7).

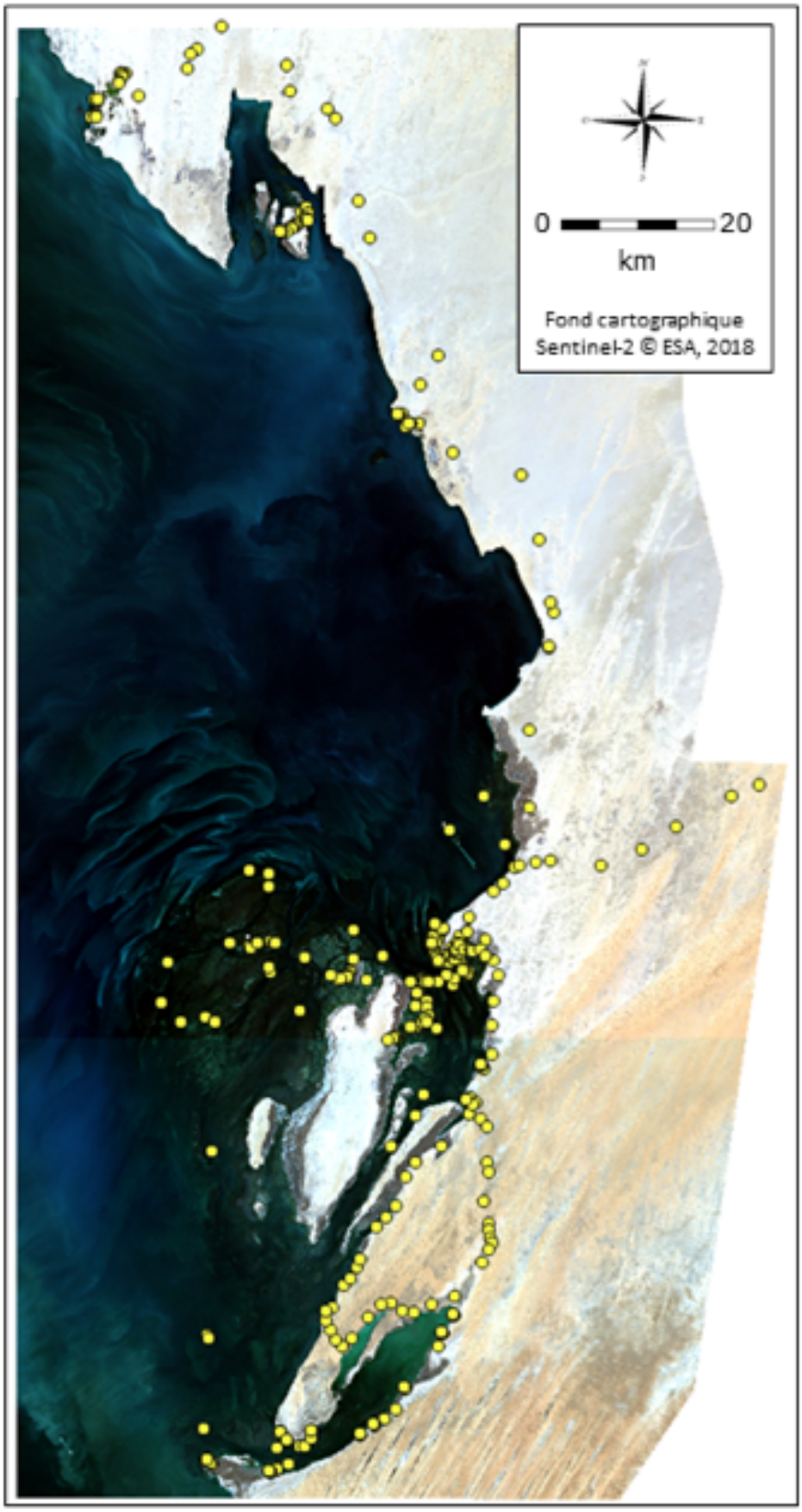


Figure 7 : Echantillonnage de terrain réalisé dans le cadre de ce projet sur la partie marine (a) et sur la partie terrestre (b) du PNBA, regroupant un total de plus de 500 points.

3.2. Les images satellites

Les images satellitaires ont été acquises à marée basse, autant que possible pendant une marée à fort coefficient (« grande marée »), et ce, pour deux raisons :

- une partie importante des herbiers, localisée sur les platiers, est découverte,
- sur les herbiers encore recouverts d'eau la lame d'eau est moindre, ce qui minimise l'effet de la colonne et donc facilite leur détection.

3.2.1. Sentinel-2

Une image Sentinel-2 (S2, libre de droits, fournie par l'ESA : Agence Spatiale Européenne) du 22/02/2018 (à marée basse, résolution spatiale de 10 m, Figure 8a) a été utilisée pour identifier les écosystèmes marins et terrestres, notamment les herbiers et vasières intertidaux, ainsi que la mangrove. Étant donnée la taille du PNBA, l'ensemble du parc se réparti sur 2 tuiles S2. Bien que moins bien résolues spatialement que l'image SPOT-5 de 2007 utilisée dans le programme PACOBA, avec une résolution de 10 à 60 m en fonction des bandes spectrales (Tableau 1), les images Sentinel-2 ont l'avantage d'être facilement accessibles pour les partenaires du projet avec une répétitivité temporelle de 12 jours sur la Mauritanie, donnant accès à des conditions d'ennuagement et de marées optimales pour une mise à jour régulière des cartographies produites dans le cadre de ce projet.

Tableau 1 : Les bandes spectrales du capteur Sentinel-2 (Delegido et al., 2011).

Bande spectrale	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B8a	B9	B10	B11	B12
λ Centre (nm)	443	490	560	665	705	740	783	842	865	945	1375	1610	2190
Δλ Largeur (nm)	20	65	35	30	15	15	20	115	20	20	30	90	180
Résolution spatiale (m)	60	10	10	10	20	20	20	10	20	60	60	20	20

3.2.2. SPOT-6

Les données SPOT-6, à 4 bandes spectrales (Tableau 2), datant du 24/01/2016 ont été fournies par l'EQUIPEX-GEOSUD de Montpellier (Maison de la Télédétection, http://ids.equipex-geosud.fr/), ortho-rectifiées et fusionnées à une résolution spatiale de 1,5 m (Figure 8b). L'emprise du PNBA se répartit sur 72 tuiles SPOT-6 pour un volume total de données d'environ 100 Go. Ce volume de données a entraîné des contraintes importantes en termes de stockage et de temps de calcul nécessaires à la production de la cartographie des écosystèmes marins et terrestres du PNBA.

Tableau 2 : Les bandes spectrales du capteur SPOT-6.

Bande	Longueur d'onde (nm)
Bleu	455-525
Vert	530-590
Rouge	625-695
Proche infra rouge	760-890

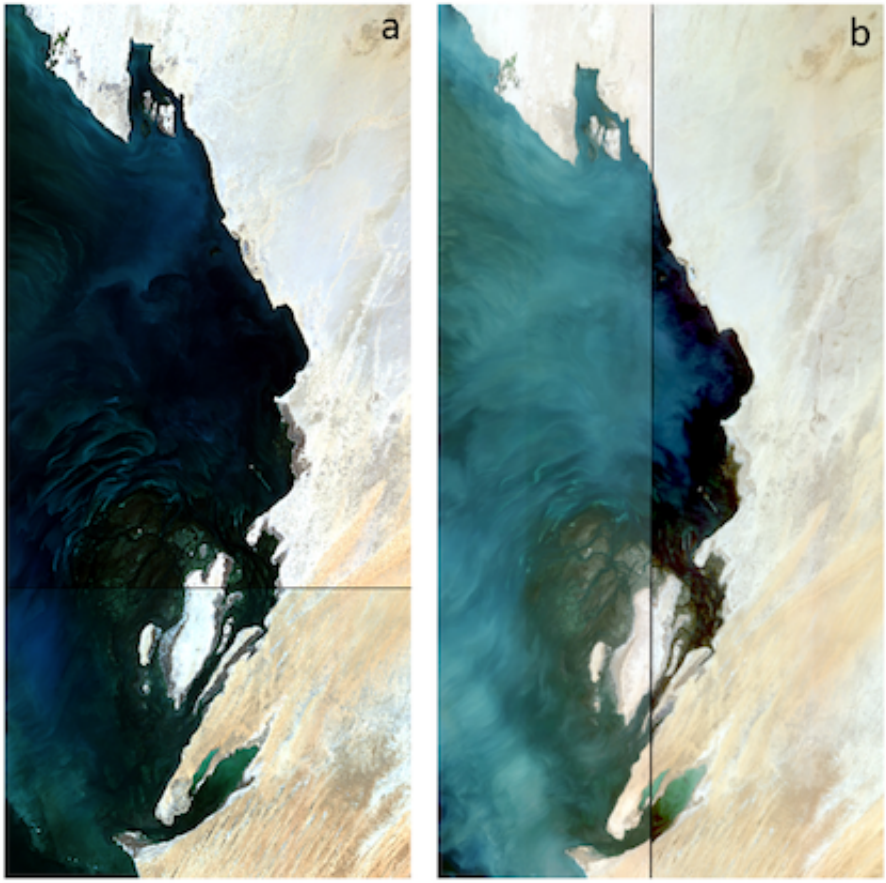


Figure 8 : Mosaïque des scènes Sentinel-2 (a) et SPOT-6 (b) couvrant l'emprise du PNBA.

4. METHODOLOGIE

D'un point de vue méthodologique, les données de références existant sur le PNBA ont été utilisées pour réaliser la classification des écosystèmes via deux approches :

- à l'échelle du PNBA, une image Sentinel-2 (libre de droits, fournie par l'ESA) du 22/02/2018 (à marée basse, résolution spatiale de 10 m) a été utilisée pour identifier les écosystèmes marins et terrestres, notamment les herbiers et vasières intertidaux, ainsi que la mangrove.
- à une échelle locale, des images SPOT-6 d'archive (2016, résolution spatiale de 1,5 m) ont été utilisées pour cartographier finement les biocénoses marines (herbiers et vasières principalement) et établir des indicateurs de leur état de santé (densité,

fragmentation). Une partie des données de terrain a servi à la validation de ces cartographies.

Pour chaque type de donnée, une classification a été réalisée et une nomenclature définie de sorte à refléter la nature des écosystèmes présents dans la zone. Il s'agit notamment d'identifier et de caractériser les zones humides comme l'eau libre, les vasières et les herbiers qui sont les trois ensembles principaux qui nous intéressent ici. Un intérêt particulier a aussi été porté sur la répartition de la mangrove dans la zone d'étude.

L'ensemble des pré-traitements et des traitements réalisés sur les images Sentinel-2 et SPOT-6 se sont basés sur des logiciels libres, à savoir R, la Sentinel Application Platform (SNAP) et QGIS. La figure 9 résume l'ensemble des étapes suivies pour la production des résultats présentés dans la section suivante.

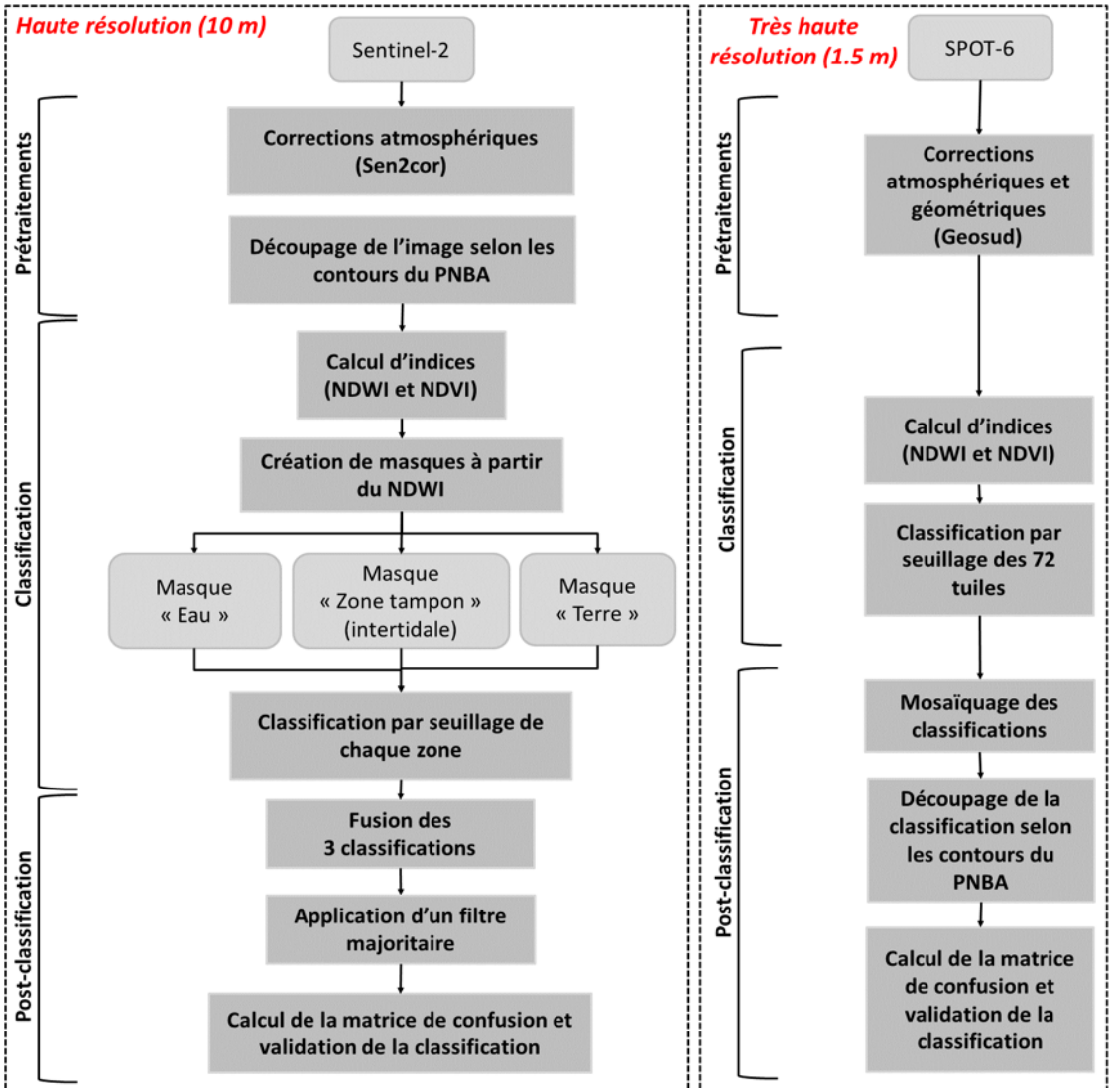


Figure 9 : Méthodologie employée pour le traitement des images Sentinel-2 et SPOT-6 ayant servies à la classification des écosystèmes du PNBA.

L'algorithme R ayant servi à réaliser les classifications est fourni en Annexe 1 de ce rapport : pour Sentinel-2, un algorithme pour chacun des 3 masques crées, et un algorithme unique pour SPOT-6.

4.1. Pré-traitements des données satellites

4.1.1. Sentinel-2

Les données Sentinel-2 sont téléchargées au niveau de traitement 1C sur la plateforme PEPS du CNES (peps.cnes.fr). Des corrections atmosphériques permettant d'obtenir un produit de niveau 2A sont réalisées à l'aide du module Sen2cor mis à disposition dans SNAP. Il est indispensable de travailler sur des produits de niveaux 2A pour pouvoir comparer des images à des dates différentes (si l'on souhaite réaliser une mise à jour des produits cartographiques par exemple). Ces prétraitements sont réalisés sur les 2 scènes Sentinel-2 couvrant le PNBA. Pour diminuer les temps de calcul, les scènes Sentinel-2 sont ensuite découpées selon l'emprise du PNBA.

4.1.2. SPOT-6

Les données SPOT-6 ont été mises à disposition par l'EQUIPEX-GEOSUD. Elles ont été fournies prétraitées, déjà corrigées géométriquement et atmosphériquement. En raison du poids des données, il a été impossible de produire une mosaïque SPOT-6 de l'ensemble du PNBA, les 72 tuiles produisant un raster non-géré par les outils de traitement.

4.2. Classification

Cette étape a été appliquée aux deux types de données.

4.2.1. Calcul d'indices NDVI et NDWI

Deux indices, le NDVI (Indice de végétation par différence normalisée, Carlson et al., 1997) et le NDWI (Indice d'eau par différence normalisée, McFeeters et al., 1996) ont été calculés à l'aide du logiciel R.

$$NDVI = \frac{PIR-R}{PIR+R} \qquad \text{et} \qquad NDWI = \frac{V-PIR}{V+PIR}$$

où PIR représente le Proche Infra-rouge (Bande 8 de Sentinel-2, à 10 m de résolution et bande 4 de SPOT-6 à 1,5 m de résolution) et R représente le Rouge (Bande 2 de Sentinel-2 à 10 m de résolution et bande 3 de SPOT-6 à 1,5 m de résolution, Tableaux 1 et 2) et V représente le Vert (Bande 3 de Sentinel-2 à 10 m de résolution et bande 2 de SPOT-6 à 1,5 m de résolution), voir les tableaux 1 et 2.

Le NDVI est un indice radiométrique permettant de caractériser l'état photosynthétique de la végétation à partir des bandes spectrales du rouge et du proche infrarouge. Avec cet indice compris entre -1 et 1, il est possible de discriminer la végétation des autres types d'occupation du sol. Le NDWI, compris entre -1 et 1, est lui utilisé pour caractériser radiométriquement les corps en eau. Ici, il nous permet donc de discriminer milieu marin de milieu terrestre.

4.2.2. Classification par seuillage radiométrique

Dans une première étape de seuillage, l'indice NDWI est seuillé pour discriminer les 3 masques, en combinant avec l'information spectrale contenue dans la bande 8 (proche infra-rouge) selon les seuils suivant (Tableau 3) :

Tableau 3 : Seuils radiométriques de créations des masques marins, de transition et terrestre pour la classification du PNBA à partir d'une image Sentinel-2.

Masque	Seuils radiométriques
Maritime	NDWI > 0,15
Zone de transition	NDWI ≤ 0,15 et B8 ≤ 0,35
Terrestre	NDWI ≤ 0,15 et B8 > 0,35

Ces deux indices sont utilisés pour créer 3 masques (Figure 10) : un masque d'eau (contenant la partie marine du parc incluant les herbiers), un masque de « terre » sur lequel une classification sera appliquée, et enfin un masque de transition correspondant à la zone tampon entre les parties maritimes et terrestres du parc (incluant les mangroves et la sebkha).

L'objectif de cette « segmentation » de l'image en 3 ensembles est de diminuer les temps de calcul et de diminuer les confusions entre des écosystèmes n'appartenant pas au même milieu.

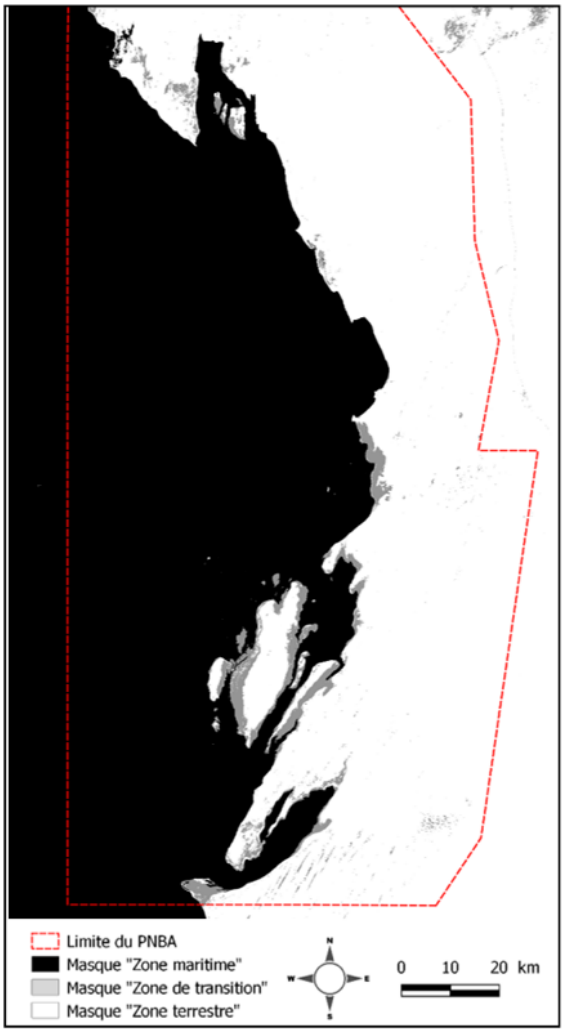


Figure 10 : Représentation des 3 masques créés à partir d'un seuillage radiométrique sur Sentinel-2.

Dans un second temps, pour chacun de ces 3 masques, les pixels ont été répartis dans un certain nombre de classes via classification par seuillage radiométrique. Pour chaque classe définie, la moitié des points échantillonnés sur le terrain a été utilisée pour définir les seuils radiométriques associés à chaque classe. Pour une classe donnée, chaque pixel sur l'image satellite est caractérisé par une valeur radiométrique (la réflectance). Sur un pixel de 10 m de côté (100 m^2) sur une image Sentinel-2 à 10 m de résolution, la valeur de réflectance correspond à une moyenne de l'ensemble des signaux réfléchis par les objets présents sur ces 100 m^2 (on parle de pixels mixtes). Ainsi, chaque classe correspond à une gamme de valeurs radiométriques définie par l'ensemble des configurations d'occupation du sol rencontré sur les pixels de 100 m^2. Le même raisonnement s'applique pour une image SPOT-6 à 1,5 m de résolution (2,25 m^2). Ici, la diversité des objets par unité de surface est moins grande (il y a moins de pixels mixtes), mais la gamme de variation des signaux reste forte dans la mesure où, à cette résolution, un même écosystème peut avoir de nombreuses valeurs de réflectance.

La tableau 4 présente les seuils radiométriques utilisés pour classifier les biocénoses marines sur l'image Sentinel-2 à partir du masque marin. Ces seuils combinent des informations spectrales extraites de différentes bandes du capteur Sentinel-2.

Tableau 4 : Seuils radiométriques de classifications des biocénoses marines du PNBA à partir d'une image Sentinel-2.

Sentinel-2 (Masque "Eau")		
Classe	**Valeurs**	**Seuils radiométriques**
H. à cymodocées denses	0,5	B2 < 0.015 & B3 < 0.020 & B4 ≤ 0.020
H. à cymodocées moyennement denses	1	B2 < 0.05 & B3 < 0.1 & B4 ≥ 0.0001
H. à cymodocées peu denses	1,5	B2 < 0.035 & B3 < 0.045 & B4 ≤ 0.015
H. à zostères peu denses	2	B2 < 0.05 & B3 < 0.1 & B4 ≥ 0.0001
H. à zostères moyennement denses	3	B2 < 0.03 & (B3 < 0.055 & B3 > 0.035) & B4 ≥ 0.01
H. à zostères denses	4	B2 < 0.02 & (B3 < 0.045 & B3 > 0.025) & B4 ≥ 0.009
Vasière	5	B2 > 0.03 & B3 > 0.08 & B4 > 0.001
Sédiments nus intertidaux	6	B2 < 0.05 & B3 > 0.030 & B4 < 0.023
Algues	9	B2 < 0.03 & B3 > 0.055 & B4 ≥ 0.0001

La tableau 5 présente les seuils radiométriques utilisés pour classifier les biocénoses marines sur l'image Sentinel-2 à partir du masque de transition entre milieu marin et terrestre. Ces seuils combinent des informations spectrales extraites de différentes bandes du capteur Sentinel-2 ainsi que des indices NDVI et NDWI calculés précédemment.

Tableau 5 : Seuils radiométriques de classifications des biocénoses marines du PNBA à partir d'une image Sentinel-2, dans la zone de transition entre milieux marin et terrestre.

Sentinel-2 (Masque "Zone tampon")		
Classe	**Valeurs**	**Seuils radiométriques**
H. à zostères peu denses	2	B3 ≤ 0.09 & B4 < 0.10 & B8 < 0.12
Vasière	5	(B4 < 0.24 & B4 > 0.10) & B8 < 0.30 & NDVI < 0.15 & (NDWI2 < -0.15 & NDWI2 > -0.25)
Sédiments nus intertidaux	6	B4 > 0.20 & B8 > 0.25 & NDVI ≤ 0.15 & NDWI2 > -0.27
Sebkha	7	B4 > 0.10 & B8 > 0.10 & NDVI ≤ 0.15
Mangroves	10	B2 < 0.10 & B4 < 0.15 & B8 > 0.10 & NDVI > 0.30
Marais salés	11	B4 < 0.25 & B3 < 0.20 & B8 > 0.10 & NDVI ≥ 0.15

Le tableau 6 présente les seuils radiométriques utilisés pour classifier les milieux terrestres sur l'image Sentinel-2 à partir du masque terrestre. Ces seuils combinent des informations spectrales extraites de différentes bandes du capteur Sentinel-2.

Tableau 6 : Seuils radiométriques de classifications des milieux terrestres du PNBA à partir d'une image Sentinel-2.

Sentinel-2 (Masque "Terre")		
Classe	**Valeurs**	**Seuils radiométriques**
Sable nu	12	B2 > 0.10 & B3 > 0.25 & B4 > 0.40 & B8 > 0.50
Sable rocheux	13	B2 > 0.05 & B3 > 0.15 & B4 > 0.30 & B8 < 0.70
Sol sableux à végétation plus ou moins dense	14	B2 > 0.20 & B3 > 0.30 & B4 > 0.40 & B8 > 0.50

La tableau 7 présente les seuils radiométriques utilisés pour la classification de l'image SPOT-6.

Tableau 7 : seuils radiométriques de classifications des biocénoses marines et des milieux terrestres du PNBA à partir d'une image SPOT-6.

SPOT-6		
Classe	**Valeurs**	**Seuils radiométriques**
H. à cymodocées denses	0,5	(B4 < 400 & B4 > 225) & (B3 < 425 & B3 > 325) & (B2 < 450 & B2 > 300) & (B8 < 550 & B8 > 125) & (NDWI < 0.3 & NDWI > 0.1)
H. à cymodocées moyennement denses	1	B4 > 200 & B3 ≥ 355 & B2 > 385 & B8 > 100 & NDWI > 0.52
H. à zostères peu denses	2	B4 > 470 & B3 > 500 & B2 > 450 & B8 > 600 & NDVI > 0
H. à zostères moyennement denses	3	B4 ≥ 415 & B3 ≥ 475 & B2 > 400 & B8 > 300
H. à zostères denses	4	B4 ≥ 200 & B3 ≥ 375 & B2 > 350 & B8 > 200
Vasière	5	B4 > 350 & B3 ≥ 500 & B2 > 475 & B8 > 200 & NDWI > 0.045
Sédiments nus intertidaux	6	B4 > 350 & B3 ≥ 570 & B2 > 475 & B8 > 170 & NDWI > 0.35
Sebkha	7	B4 > 600 & B3 ≥ 500 & B2 > 400 & B8 > 700
Mangroves	10	Reclassification des pixels selon le masque Sentinel-2*
Marais salés	11	B4 > 600 & B3 ≥ 600 & B2 > 500 & B8 > 800 & NDVI ≥ 0.1
Sable nu	12	B4 > 1200 & B3 ≥ 900 & (B2 < 750 & B2 > 500) & B8 > 1400
Sable rocheux	13	B4 > 875 & B3 ≥ 800 & B2 > 500 & B8 > 1100
Sol sableux à végétation plus ou moins dense	14	Reclassification des pixels selon le masque Sentinel-2*

* se reporter à la section 4.3

A ce niveau du processus s'ajoute une étape importante qui est la création d'une zone tampon le long des littoraux et des chenaux de marées, permettant de caractériser la présence d'herbiers à cymodocées. L'objectif était de limiter la surdétection des cymodocées qui se confond avec l'eau à une certaine distance des côtes, à cause de la profondeur, de la turbidité et des courants notamment. Cette étape primordiale a posé de nombreux problèmes dans la mesure où les cymodocées ne sont pas réparties sur des bandes de largeurs homogènes le long des littoraux et chenaux, et que la profondeur d'extension maximale de cette espèce, dans le PNBA, est inconnue. Ainsi, l'automatisation de la création de cette zone tampon était très peu satisfaisante (il était impossible de définir un « buffer » de largeur constante correspondant à l'extension des cymodocées sur l'ensemble de la zone d'étude) et un travail fastidieux de validation manuelle s'est avéré indispensable.

En ce qui concerne les 72 tuiles SPOT 6, le volume du jeu de données nous a contraints à modifier légèrement la méthodologie pour pouvoir produire les cartes. Une même méthode de seuillage a été appliquée à partir des indices NDVI et NDWI, sans créer de masques cette fois ci (trop coûteux en stockage et en temps de calcul sur 72 tuiles). Seul le masque de détection des cymodocées a été reproduit. Les 72 tuiles n'ont pas été mosaïquées dès le départ mais chaque tuile a été seuillée et classifiée, puis une mosaïque du résultat a été produite et découpée selon l'emprise du PNBA. Les seuils de classification ont été adaptés pour SPOT-6, la réflectance étant différente de celle de Sentinel-2.

4.3. Post-classification

Une fois ces 3 classifications réalisées, elles ont été fusionnées pour produire une classification unique à 15 classes (Figures 11 à 14) : herbiers à cymodocées (3 classes en fonction de la densité), herbiers à zostères (3 classes en fonction de la densité), mangroves, algues, marais salés, vasières, sédiments intertidaux, sebkha, sable nu, sol sableux à végétation plus ou moins dense, sable rocheux. Cette classification a été nettoyée en appliquant un filtre majoritaire qui a permis d'éliminer de nombreux pixels isolés et un certain nombre de confusions, en appliquent une règle du plus proche voisin (moyennage de la valeur d'un pixel isolé à partir de la valeur de ses voisins).

4.3.1. Reclassification SPOT-6

Certains pixels n'étaient pas clairement discriminés sur la simple base de la réflectance. C'était notamment le cas des pixels de mangrove. Nous avons donc utilisé le masque de transition défini à partir de Sentinel-2, afin d'attribuer ces pixels SPOT-6 à leur classe d'appartenance à partir de Sentinel-2 (reclassification).

4.3.2. Densité des herbiers

Cette classification a également permis de produire une classification des herbiers en fonction de la densité de leur couverture. Ici, des densités de couvert d'herbier ont été mesurées sur le terrain. Pour chaque point terrain, la signature spectrale (réflectance) du pixel associé a été identifiée. Ensuite, nous avons testé une approche d'extrapolation de la relation entre

signature spectrale et densité mesurée sur le terrain à l'ensemble de l'image pour produire une échelle de densité des herbiers à 3 niveaux.

4.3.3. Validation de la classification

Enfin, la qualité de la classification a été estimée en réalisant une matrice de confusion permettant d'obtenir un pourcentage global de précision. Pour les classes herbiers et mangroves, la moitié de l'échantillon de terrain (non-utilisée pour définir les seuils dans l'algorithme de classification) a servi à la validation des résultats de classification. Ainsi, la nature de chaque point mesuré sur le terrain a été comparée à la classe à laquelle il est rattaché sur l'image. Cela permet d'établir quels points sont correctement classés (même nature que celle observée sur le terrain) et d'obtenir une précision par classe des résultats.

5. RESULTATS

5.1. Classifications et surfaces des écosystèmes

5.1.1. Sentinel-2

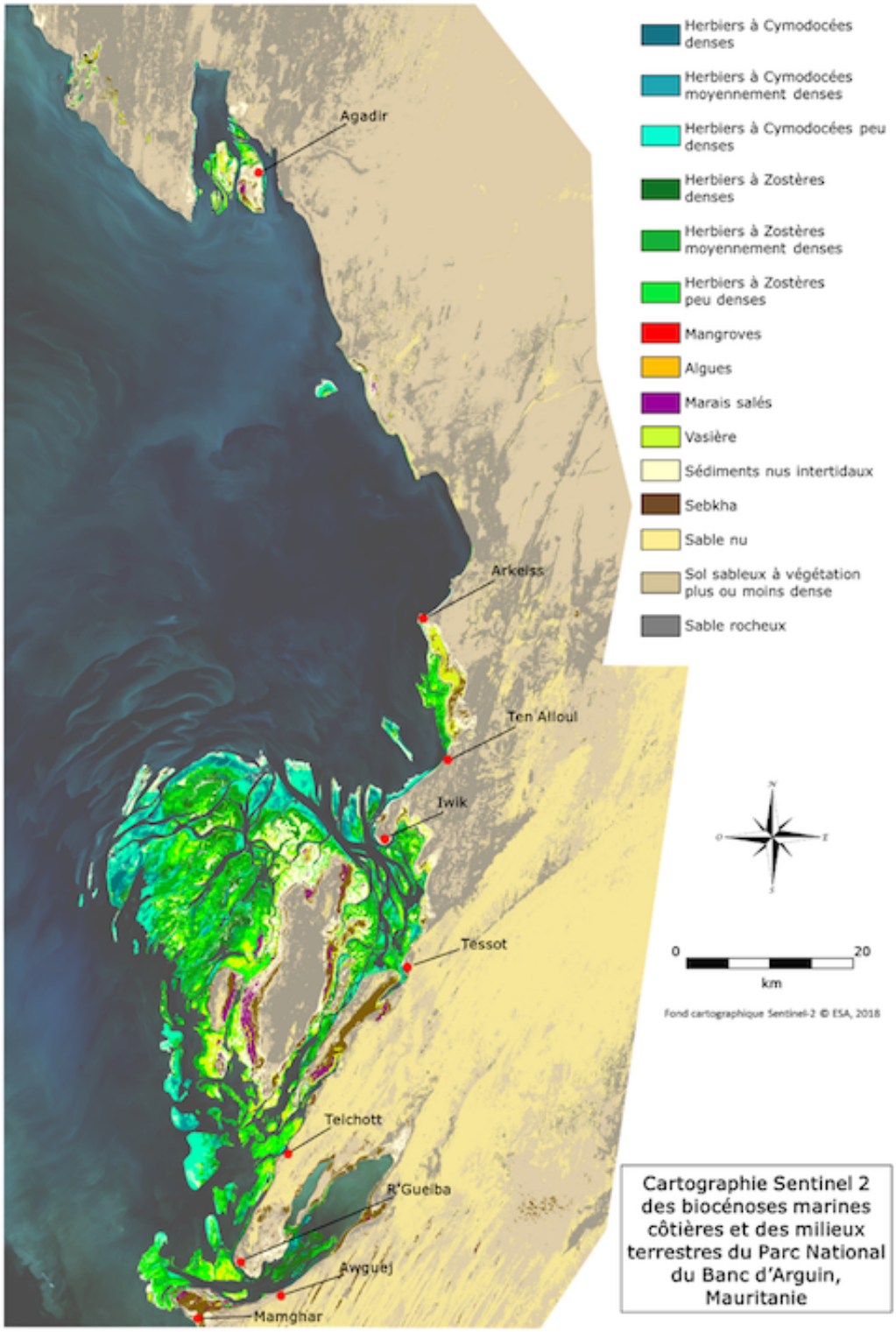


Figure 11 : Cartographie des biocénoses marines côtières et des milieux terrestres du PNBA par imagerie Sentinel-2.

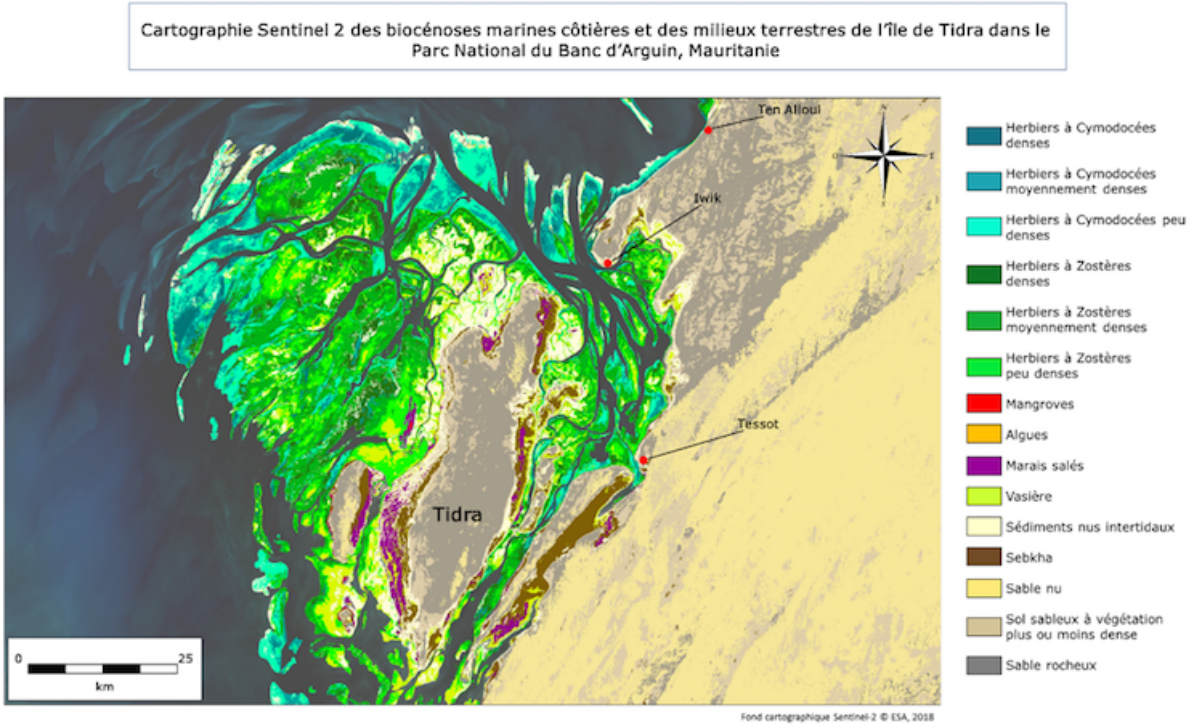


Figure 12 : Cartographie des biocénoses marines côtières et des milieux terrestres de l'île de Tidra dans le PNBA par imagerie Sentinel-2.

5.1.2. SPOT-6

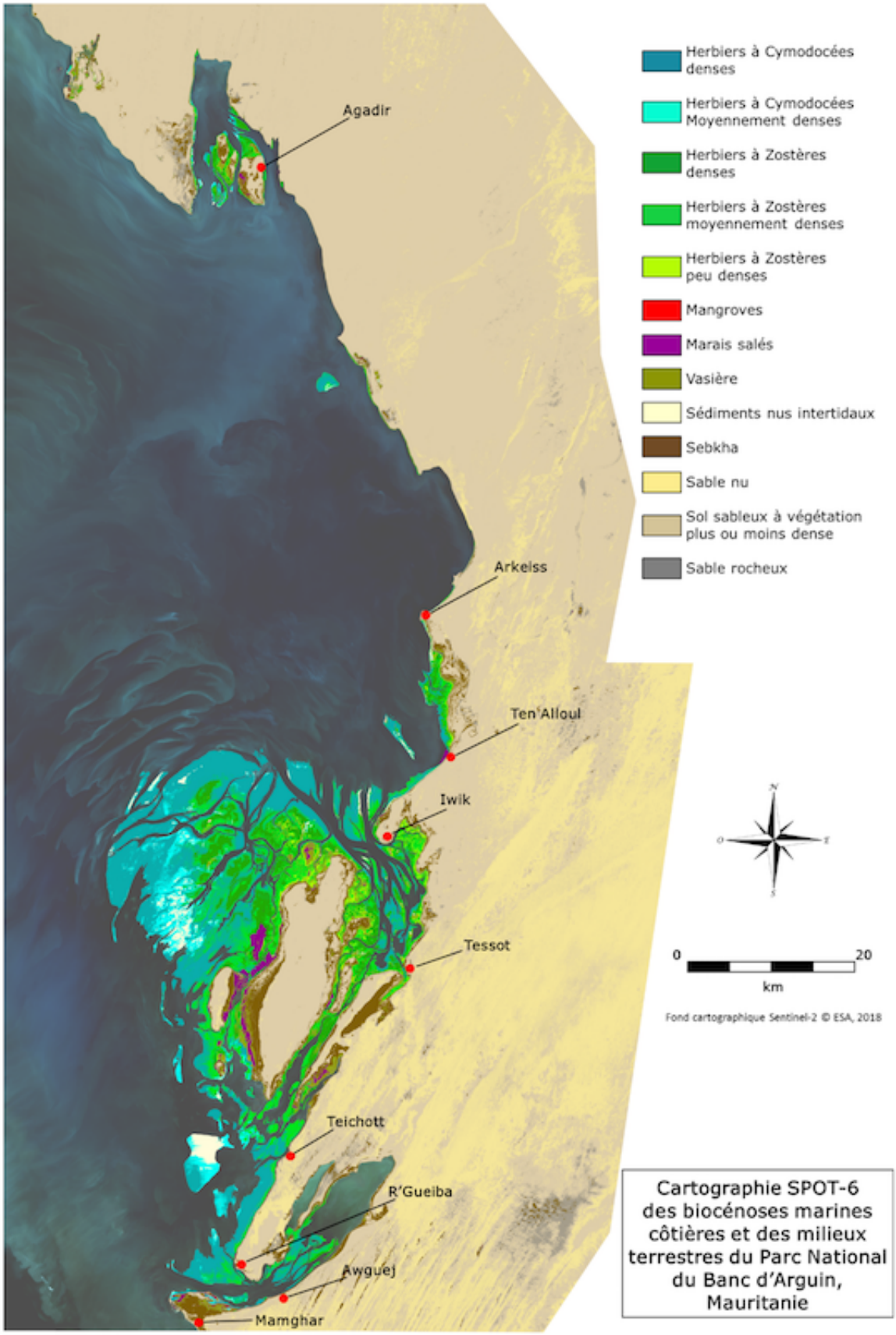


Figure 13 : Cartographie des biocénoses marines côtières et des milieux terrestres du PNBA par imagerie SPOT- 6.

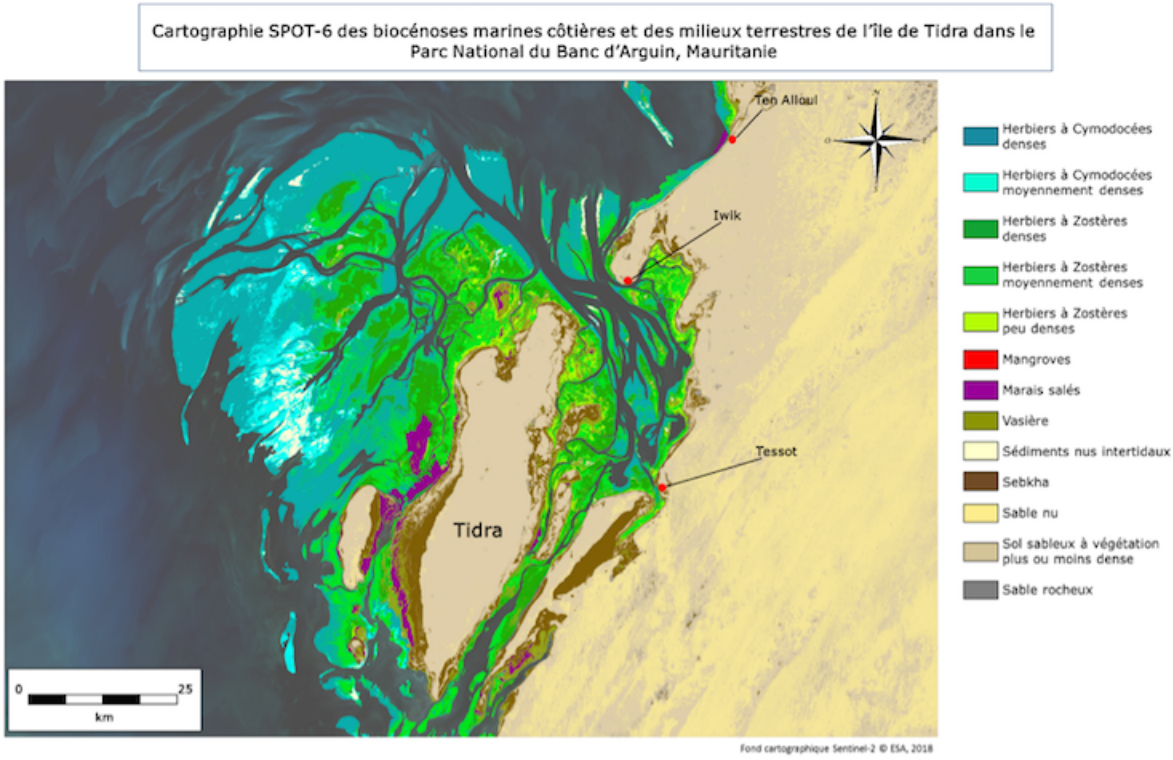


Figure 14 : Cartographie des biocénoses marines côtières et des milieux terrestres de l'île de Tidra dans le PNBA par imagerie SPOT-6.

Ces cartographies ont permis de réaliser des estimations des extensions de chaque écosystème. Les valeurs de référence sur le PNBA étaient les suivantes : 450 km^2 d'herbiers à zostères, 374 km^2 d'herbiers à cymodocées et 5 km^2 de mangroves (Clavier et al., 2014). Dans cette étude, les extensions calculées sont présentées dans le tableau 8.

Tableau 8 : Extensions des différents écosystèmes calculées à partir des classifications réalisées sur Sentinel-2 et SPOT-6.

Classe	Surface de référence (km²)	Sentinel-2 (km²)	SPOT-6 (km²)
H. cymodocées denses		22	370
H. cymodocées moyennement denses		55	60
H. cymodocées peu denses		145	
Total H. cymodocées	**374**	**222**	**430**
H. zostères denses		70	123
H. zostères moyennement denses		219	205
H. zostères peu denses		163	23
Total H. zostères	**450**	**452**	**351**
Mangroves	**5**	**0,8**	**0,2**
Marais salés	25	26	31
Vasières	88	121	68

La cartographie réalisée sur Sentinel-2 a permis de mettre en évidence : 452 km² d'herbiers à zostères, 222 km² d'herbiers à cymodocées (total de 674 km² d'herbiers) et 0,8 km² de mangrove. Avec SPOT-6, ont été cartographiés 430 km² de cymodocées, 351 km² de zostères (total de 781 km² d'herbiers) et 0,2 km² de mangrove.

5.2. Variabilité spatiale de la distribution des herbiers

Une comparaison des images SPOT-5 de 2003 avec les images Sentinel-2 de 2018 permet de mettre en évidence la grande variabilité spatiale de la distribution des herbiers, notamment dans la zone de Tidra (Figure 15).

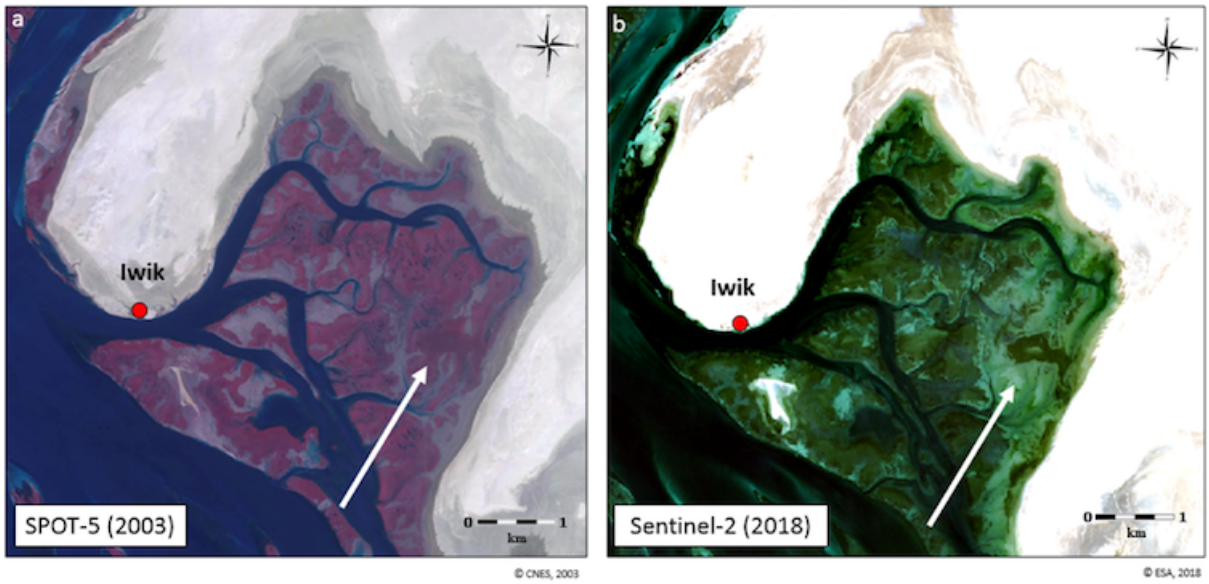


Figure 15 : Distribution spatiale des herbiers : comparaison entre une image SPOT 5 de 2003 et une image Sentinel-2 de 2018.

5.3. Densité des herbiers

5.3.1. Sentinel-2

Une cartographie de la densité des herbiers a été produite à partir de quelques mesures ponctuelles sur le terrain, pour lesquelles une corrélation a été établie avec la signature spectrale du pixel correspondant sur l'image, puis généralisée à l'échelle de l'image (Figures 16 et 17). Pour chaque espèce de phanérogames, 3 classes ont été définies suivant un gradient de densité, de forte densité à faible densité.

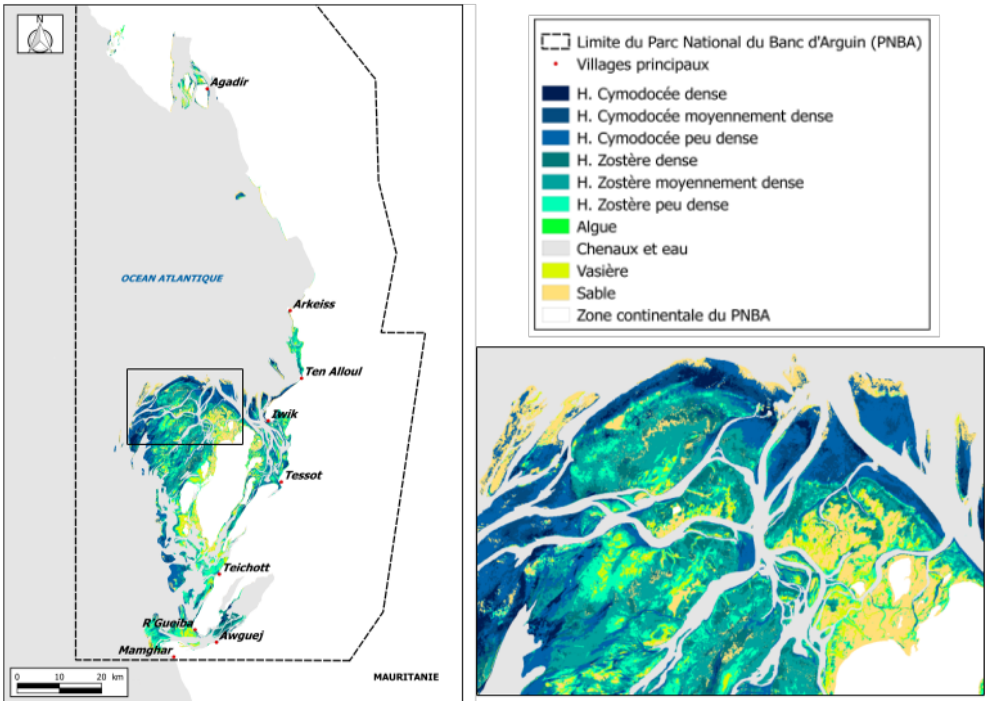


Figure 16 : Cartographie des densités d'herbiers à zostères et à cymodocées. 3 classes pour chaque espèce sont définies : forte densité, densité moyenne et faible densité.

Les estimations de couverture (densité) des herbiers à partir de Sentinel-2 montrent que pour les zostères et les cymodocées, on trouve principalement des zones peu denses à moyennement denses (Tableau 8).

5.3.2. SPOT-6

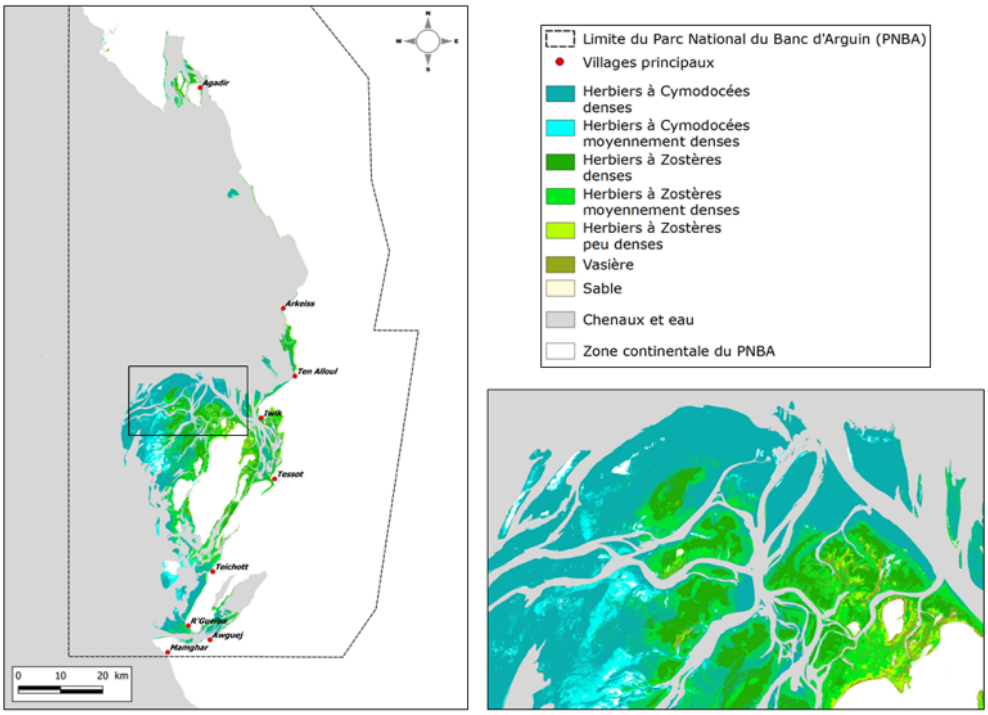


Figure 17 : Cartographie des densités d'herbiers à zostères et à cymodocées. 3 classes pour chaque espèce sont définies : forte densité, densité moyenne et faible densité.

Ici, seules deux classes de densité ont pu être détectées pour les cymodocées : une classe à forte densité et une classe à densité moyenne, avec une grande majorité d'herbiers à forte densité. Pour les zostères, on trouve les 3 classes de densité avec principalement des herbiers denses (Figure 17).

6. Discussion

6.1. Surfaces des écosystèmes

En ce qui concerne Sentinel-2, nous avons détecté 452 km^2 d'herbiers à zostères ce qui est en accord avec la valeur de référence établie à partir de l'image de 2003. Cela montre une très forte stabilité générale de cet écosystème malgré la grande variabilité spatiale de sa distribution au cours du temps (Figure 15). Au total, 222 km^2 d'herbiers à cymodocées ont été détectés contre 374 km^2 pour la valeur de référence. Cette différence s'explique probablement par le fait que l'image Sentinel-2 de 2018 a été prise à un coefficient de marée basse plus faible qu'en 2003, laissant apparaître une moins grande quantité de cymodocées. Ainsi, la surface totale des herbiers (674 km²) est légèrement inférieure à la référence (774 km²), avec une surface en zostères supérieure à la surface en cymodocées. Cependant, malgré la présence d'eau, la bande bleue de Sentinel-2 permet une pénétration minimale de la colonne d'eau et l'extraction d'information à minima sur la présence d'herbiers. Pour la mangrove, 0.8 km^2 ont été détectés, contre 5 km^2 en 2003. Ici la différence s'explique probablement par la différence de résolution des images (2,5 m pour SPOT-5 contre 10 m pour Sentinel-2). Les patchs de

mangrove étant de très petite taille il est tout à fait possible qu'une grande partie n'ait pas été détectée en utilisant Sentinel-2.

En ce qui concerne SPOT-6, nous avons globalement détecté autant d'herbiers que la référence (environ 781 km^2 contre 774 km^2) et 15 % de plus qu'avec Sentinel-2. Cependant les surfaces de zostères et de cymodocées sont inversées par rapport à Sentinel-2 avec une surface en cymodocées supérieure à la surface en zostères. Cela traduit la confusion intra-classe qu'il existe entre les deux espèces d'herbiers, que ce soit sur Sentinel-2 ou sur SPOT-6. Pour la mangrove, la faible détection (0,2 km^2) est liée au bruit dans l'image qui rend difficile la caractérisation de cet écosystème qui tend à se confondre avec les pixels voisins. La détection est cependant du même ordre de grandeur pour les deux capteurs.

6.2. Qualité des classifications

Des matrices de confusion ont été réalisées pour les deux classifications, en se concentrant sur les herbiers à zostères, les herbiers à cymodocées, les mangroves et les marais salés. Ces matrices ont permis d'estimer la précision de classification de ces écosystèmes.

6.2.1. Sentinel-2

Si l'on s'intéresse à la classification de la classe herbiers dans son ensemble par imagerie Sentinel-2, la précision globale obtenue pour cette classe est de 81 %. Cette valeur a été établie à partir d'un échantillon de validation constitué de 100 points relevés lors de la campagne de terrain d'avril 2018. Étant donnée la résolution des images Sentinel-2, la complexité des écosystèmes d'herbiers (grande fragmentation et distribution spatiale disparate) et la taille très variable des patchs observés sur le terrain, la précision globale de 81% obtenue pour la classe herbier est satisfaisant.

Si l'on s'intéresse à la précision intra-classe des herbiers, les résultats sont cependant moins fiables avec de nombreuses confusions entre les herbiers et d'autres classes, notamment les sédiments nus intertidaux. En effet, une précision de 60 % est observée pour les Zostères et une précision de 45 % pour les cymodocées. Plusieurs facteurs expliquent ces résultats : à une résolution de 10 m les herbiers peu denses sont entourés de zones sableuses dont le signal est prépondérant sur un pixel moyenné qui se retrouve attribué à la classe sédiments nus intertidaux alors qu'il s'agit en réalité d'un pixel mixte contenant des herbiers. D'autre part, il a souvent été difficile de faire la distinction entre les espèces d'herbiers au niveau radiométrique sur l'image, ce qui explique la bonne précision globale, mais le résultat médiocre au niveau intra-classe.

D'autre part, le fait qu'une partie de la zone soit recouverte par la marée induit un biais sur le signal observé dans certaines zones et entraine des confusions de classifications. Afin d'améliorer les résultats, il est nécessaire de corriger la composante du signal en fonction de la hauteur d'eau. Comme indiqué plus haut, ces corrections font appel à des données de bathymétrie, de turbidité et de marée dont la disponibilité et/ou la qualité sont actuellement insuffisantes pour pallier à ce problème.

L'analyse des classes mangroves et marais salés nous conduit à regrouper ces deux classes pour l'étude de la précision. Au PNBA, ces deux écosystèmes sont souvent associés, avec une distribution très éparse et sur des surfaces qui sont à la limite de la résolution des images Sentinel-2. Une précision globale de 79 % a été calculée pour ces classes, à partir d'un échantillon de terrain de 20 points.

6.2.2. SPOT-6

Alors que l'on pouvait s'attendre à une amélioration de la précision grâce à l'utilisation de la très haute résolution spatiale fournie par SPOT-6, cette augmentation de la résolution s'est traduite par la présence de bruit sur l'image caractérisé par une très grande variabilité spectrale des pixels au sein d'une même classe. Ainsi, la précision globale de la classe herbiers est très similaire à celle obtenue avec Sentinel-2, avec une valeur de 80 %, et le même problème de confusion intra-classe. Cette fois-ci cependant, les cymodocées sont mieux détectées que les zostères avec un taux de 77 % contre 45 % (avec le même échantillon de terrain pour la validation).

Il est important de noter que l'état de marée est similaire entre les deux acquisitions, mais les prises de vue ont été réalisées à des horaires correspondant à des hauteurs d'eau différentes (0,5 m pour Sentinel-2 contre 1,5 m pour SPOT-6, figure 18), ce qui entraîne des différences dans la détection des herbiers. Les images sont également séparées de deux années, d'où une variabilité dans la distribution des écosystèmes observés et donc des différences dans les classifications.

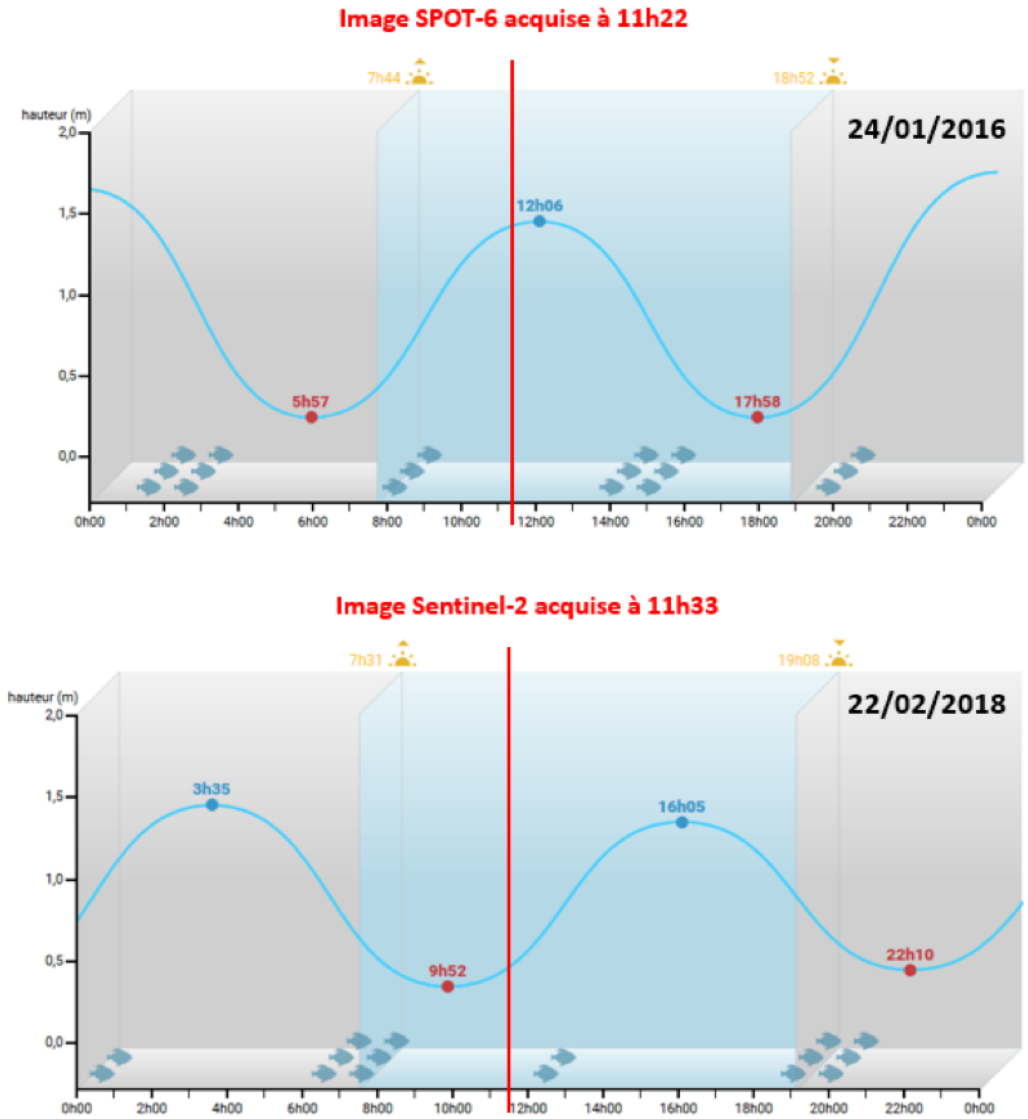


Figure 18 : Etat des marées et hauteurs d'eau lors des acquisitions SPOT-6 du 24/01/2016 et Sentinel-2 du 22/02/2018 utilisées dans cette étude (https://mareespeche.com/af/mauritania/ile-darguin).

La classe mangroves / marais salés quant à elle plafonne à environ 60 % de précision, le bruit et la très grande quantité de pixels mixtes compliquant grandement une détection fine. Pour les deux capteurs, il est important de prendre également en compte la précision des mesures GPS effectuées sur le terrain qui peut être source de discordance entre une observation sur le terrain et une classification sur l'image.

6.3. Extraction du signal de densité des herbiers à partir des images satellites

Que ce soit pour Sentinel-2 ou SPOT-6, l'utilisation de relevé terrains de densité d'herbiers, corrélés à une information spectrale puis extrapolés à l'ensemble de l'image se révèle assez peu satisfaisante. En effet sur Sentinel-2, environ 20 % des mesures de densité effectuées sur le terrain concordent avec l'observation sur l'image. Ce phénomène s'explique principalement

par le fait que la mesure de densité est une mesure ponctuelle (qui a une précision liée à la précision de la position du GPS) que l'on extrapole à des unités de surface de 100 m^2. Il est donc délicat d'extraire ce type d'information. Une solution serait de mesurer une densité d'herbier (ou taux de couverture) sur des parcelles de 100 m², représentant la surface d'un pixel, réparties sur l'ensemble de la zone d'étude.

La présence de bruit dans le signal n'a pas permis de distinguer 3 classes de densité des herbiers sur SPOT-6. Seuls des herbiers denses ou moyennement denses sont détectés. Cette observation liée à la très haute résolution spatiale a déjà été faite sur la carte de Chauvaud à 2,5 m de résolution (figure 3) où seules deux classes de densité étaient répertoriées. Sur SPOT-6 cependant, la résolution permet tout de même d'améliorer les résultats avec 33 % de concordance entre les données mesurées sur le terrain et les observations satellite.

La comparaison entre les deux capteurs met en évidence une majorité d'herbiers peu ou moyennement denses sur Sentinel-2 et au contraire une majorité d'herbiers denses sur SPOT-6. Cette différence résulte notamment de la différence de surface sur un pixel : le pixel de 100m² sur Sentinel-2 est plus fortement moyenné par les classes autres qu'herbiers, contrairement à un pixel de 2,25 m². La densité apparaît donc plus forte sur SPOT-6.

Ces résultats restent insatisfaisants, la méthode employée n'est pas adéquate pour caractériser la densité des herbiers à l'échelle du PNBA.

Pour les cymodocées, seules deux classes ont été identifiées sur SPOT-6. Cela s'explique par la grande confusion produite lorsque que l'on essaye de classer les cymodocées selon 3 classes de densité à une résolution de 1,5 m.

6.4. Recommandations pour la production d'une cartographie du PNBA

Les résultats de cette étude ont montré que pour les deux capteurs utilisés, malgré des résolutions spatiales différentes, les précisions globales obtenues pour les classes principales impliquées dans la séquestration du carbone sont similaires, à environ 80 %. Cependant, plusieurs critères nous amènent à recommander l'utilisation des données Sentinel-2, bien que moins bien résolues spatialement :

- Leur disponibilité libre tous les 12 jours sur l'emprise du PNBA.
- L'accès aux données SPOT-6 est limité, avec des prises de vue qui ne sont pas systématiques et qui constituent un volume (72 tuiles) peu compatible avec les contraintes de programmation et les politiques de diffusion des données des services comme GEOSUD.
- Le fait que seules deux tuiles soient nécessaires pour couvrir l'ensemble de la zone.
- Le volume des données SPOT-6 et les temps de calcul très importants nécessaires à la classification. Des moyens matériels importants ont été mobilisés pour produire ces cartes et de nombreuses contraintes techniques ont été rencontrées.

Cependant, l'utilisation des données SPOT-6 s'est avérée intéressante pour la discrimination entre les espèces d'herbiers, en atteignant une précision plus grande sur les cymodocées que

Sentinel-2. Ainsi, Sentinel-2 semble plus adapté à la détection des herbiers au sens large et SPOT-6 à la détection intra-classe.

Enfin, l'automatisation de la classification s'est avérée extrêmement complexe étant donnée la complexité des milieux à caractériser. Il a notamment été nécessaire de valider manuellement un masque des chenaux de marée permettant de caractériser la présence de cymodocées en bordures de chenaux. Cette opération n'a pas été possible en définissant une zone tampon automatique, en partie à cause de la configuration spatiale de la zone et également à cause du manque de connaissance sur la répartition spatiale et bathymétrique des cymodocées. D'autre part, les réflectances étant très variables d'un capteur à l'autre les seuils choisis pour Sentinel-2 ne sont pas transposables directement à SPOT-6 et une adaptation est nécessaire. Cependant, les images étant calibrées radiométriquement, les seuils Sentinel-2 pour une date sont transposables à une autre date pour une mise à jour de la carte (moyennant des corrections atmosphériques et des conditions de marée similaires).

Tableau 9 : Comparaison entre les capteurs Sentinel-2 et SPOT-6.

	Sentinel-2	**SPOT-6**
Résolution spatiale (m)	10	1.5
Coût d'acquisition	libre	non-libre
Répétitivité temporelle	12 jours	Indéterminée, sur commande
Taille du jeu de données	2 Go	100 Go
Temps de calcul	Quelques heures	1 jour
Estimation des surfaces d'herbiers	✓	
Discrimination des espèces d'herbiers		✓
Estimation des densités d'herbiers	~	~
Détection de la mangrove	✓	
Reproductibilité des classifications	✓	

6.5. Intégration d'autres sources d'imagerie satellite

Initialement, nous souhaitions utiliser les données Pléiades à 50 cm de résolution pour cartographier le PNBA. Cependant seules des données d'archives de 2015 ne couvrant que la zone centrale (autour de Tidra) n'étaient disponibles. Cette zone étant bien connue, elle ne constituait pas la zone d'intérêt principale de cette étude contrairement au Nord et au Sud du PNBA. Ainsi, nous avons privilégié, les données SPOT-6, certes légèrement moins résolue, mais couvrant l'ensemble du Parc.

Tout autre type de données (satellitaires ou non) peuvent être considérées pour la mise en place d'un suivi de l'évolution des écosystèmes du PNBA. Les applications de la très haute résolution spatiale (satellite ou drone) seraient cependant à privilégier pour des applications locales alors que la haute résolution spatiale est plus adaptée à une couverture globale du Parc.

7. Conclusion

Cette étude a permis la mise à jour des connaissances cartographiques des biocénoses marines et des milieux terrestres du PNBA. Deux sources d'imagerie satellite ont été testées pour réaliser des classifications à partir d'un échantillonnage de terrain conséquent. Bien que les résultats en termes de précision de classification soient proches, les deux capteurs Sentinel-2 et SPOT-6 ont montré une complémentarité dans la production cartographique, ainsi que des différences. Ces deux aspects ont été résumés par une série de recommandations à destination des acteurs de la gestion et de la conservation du PNBA. Malgré tout, l'accent est à mettre sur les données Sentinel-2, qui sont libres, exploitables avec des logiciels libres (demandant des ressources techniques moindres) et dont les constellations sont programmées au moins jusqu'en 2030 dans le cadre des programmes Copernicus, garantissant la mise à disposition de données d'observation de la terre sur la zone du PNBA. Cet aspect est important dans l'optique d'une mise à jour régulière et à long terme de la cartographie pour un suivi efficace des écosystèmes du PNBA et de leur évolution.

CHAPITRE 2 : UTILISATION D'UN AERONEF POUR L'EVALUATION DES ETATS DE SANTE

Vincent Fayad, Ewan Trégarot, Jean-Philippe Maréchal, Pierre Failler

1. INTRODUCTION

L'interprétation de photos à partir d'images aériennes et satellitaires est devenue l'un des outils les plus populaires pour cartographier de vastes surfaces, permettant d'extraire des mesures, des dénombrements et de cartographier les habitats qui sont essentiels dans le cadre de recherches en écologie, et le suivi des écosystèmes et l'affectation des terres (Kalmar, 2012). Cependant, les techniques d'imagerie satellitaire et aéroportée présentent certains inconvénients. Par exemple la disponibilité des avions avec pilote, les conditions météorologiques, l'altitude et la vitesse de vol sont autant de paramètres pouvant affecter la collecte de donnée (Kalmar, 2012). En outre, les données de résolution spatiale les plus élevées, disponibles pour les satellites et les aéronefs pilotés, sont généralement comprises entre 30 et 50 cm / pixel. En effet, pour faire face à ces limitations de résolution, de nouveaux capteurs satellites (Quickbird, Pleiades-1A, IKONOS, GeoEye-1, WorldView-3) sont devenus opérationnels au cours de la dernière décennie, offrant des données à une résolution spatiale inférieure à 10 m. Ces données peuvent être utilisées pour des études écologiques, mais le coût élevé par scène, la couverture temporelle et la perturbation des images par les nuages demeurent et représente un obstacle à leur utilisation dans les pays en développement pour des raisons financières (Anderson et Gaston, 2013). Aussi, la résolution temporelle des images satellites est parfois limitée par la disponibilité des plates-formes et des caractéristiques orbitales (Koh, 2012). En effet, pour des zones influencées par la marée, il est parfois intéressant d'avoir des images satellites lors des marées d'équinoxe (basse et haute), ce qui n'est pas le cas pour le Banc d'Arguin en Mauritanie.

Au cours des dix dernières années, l'utilisation d'aéronefs téléguidés (ou drones), a pris une importance croissante dans divers domaines, en tant que nouveaux outils de télédétection. Ainsi ils sont couramment utilisés pour cartographier de vastes superficies (Laliberte et al., 2009 ; Getzin et al., 2012 ; Salamí et al., 2014), des zones isolées ou inaccessibles (Obanawa et al., 2014 ; Dauwalter et al., 2015), des terres agricoles (Honkavaara et al., 2013 ; Peña et al., 2013), des discontinuités géologiques (Vollgger et Cruden, 2016), pour surveiller la faune (Jones et al., 2006, Koh et Wich, 2012 ; Linchant et al., 2015), et les écosystèmes marins peu profonds (Ventura et al., 2017, 2018).

1.1. Évaluation de l'état de santé des biocénoses du PNBA

La cartographie des biocénoses et l'évaluation de leurs états écologiques sont des étapes primordiales dans l'évaluation des services écosystémiques. La cartographie des biocénoses du Parc National du Banc d'Arguin en Mauritanie, s'est faite à partir des images satellites, dont la résolution est de 10 m avec Sentinel 2 (cf. Partie 1, Chapitre 1). Nous avons souhaité compléter les images satellites par des images acquises par drone afin d'évaluer l'état de santé à échelle réduite, sur des secteurs cibles (haute résolution : < 20cm – surface : 5-10 ha/vol - 20/30 min). En effet, l'utilisation de drone permet d'acquérir un complément d'images

aériennes en fonction des besoins, sur des zones prédéfinies, et sans les problèmes de couverture nuageuse. La haute définition sur des secteurs d'eau relativement claire et peu profonde permettrait de préciser les états de santé des zones d'herbiers sur la base des informations de fragmentation et de mitage (Figure 19), complétées par les sorties de vérification terrain (Ventura et al., 2017 ; Baldwin, 2016).

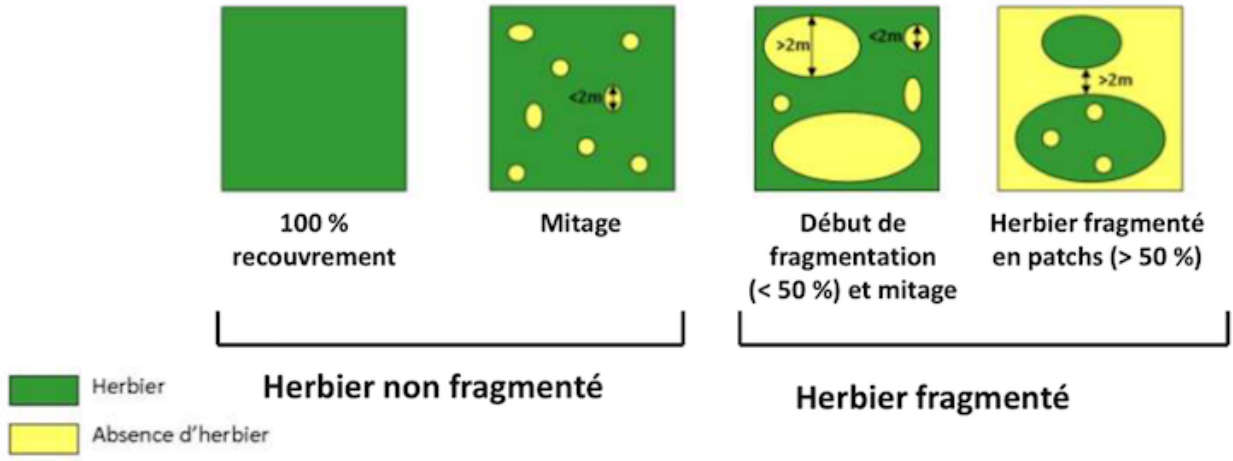


Figure 19 : Critères de fragmentation et de mitage pour les herbiers (Hily et Kerninon, 2012)

1.2. Objectif de la mission

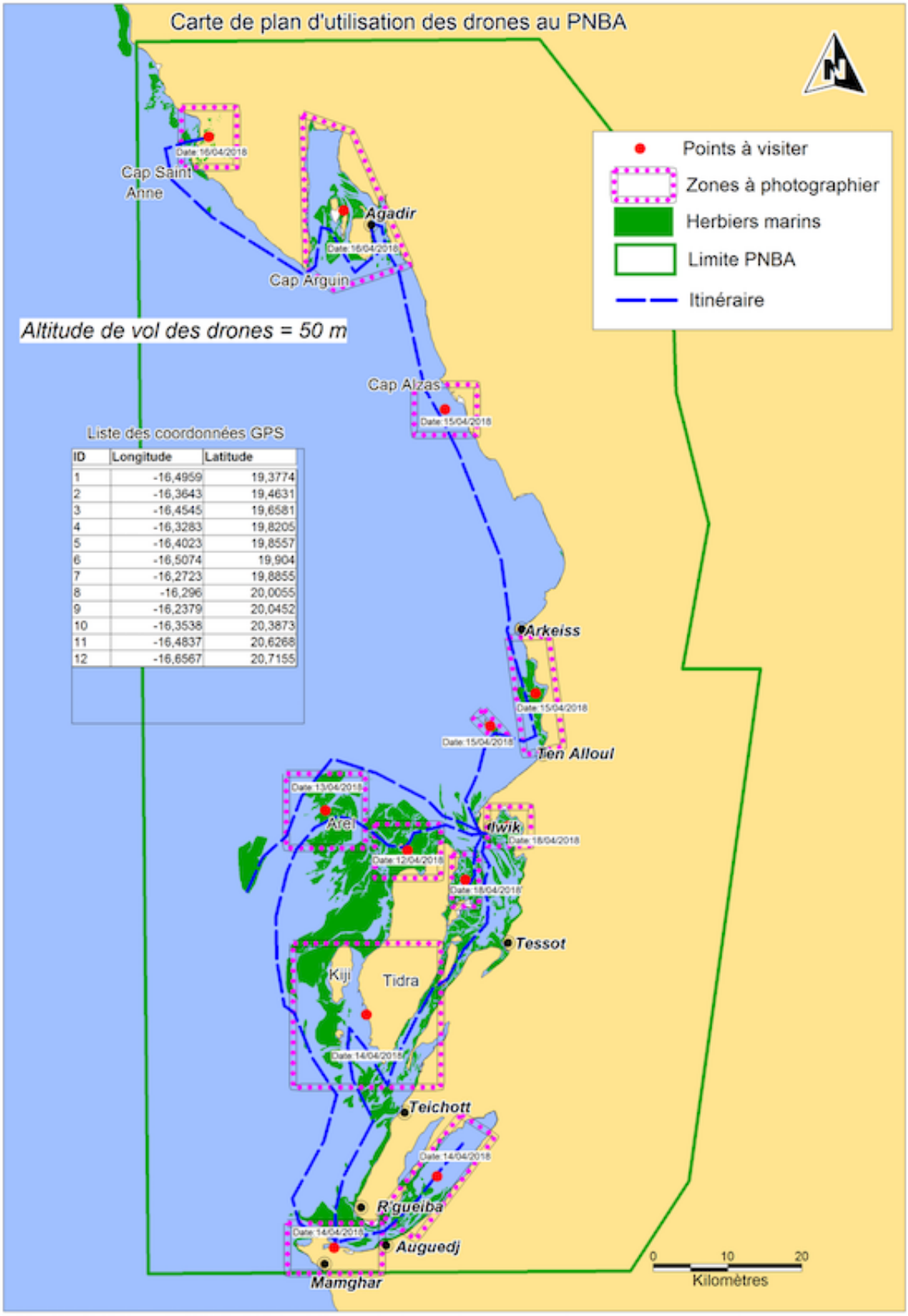
L'objectif était de cartographier les écosystèmes marins et côtiers (habitat, espèces) à l'aide d'orthophotographies réalisées par le drone, en complément des images satellites. En effet, les vérités terrains à travers le drone servent à vérifier l'exactitude des informations obtenues à partir des images satellites (Sentinel 2).

La mission s'inscrit dans le cadre de l'étude commandée par le Parc National du Banc d'Arguin relative aux services rendus par les écosystèmes marins et côtiers.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Site d'étude et plan d'échantillonnage

Le site d'étude et le plan d'échantillonnage prévu au départ est indiqué dans la figure 20.



ID	Longitude	Latitude
1	-16,4959	19,3774
2	-16,3643	19,4631
3	-16,4545	19,6581
4	-16,3283	19,8205
5	-16,4023	19,8557
6	-16,5074	19,904
7	-16,2723	19,8855
8	-16,296	20,0055
9	-16,2379	20,0452
10	-16,3538	20,3873
11	-16,4837	20,6268
12	-16,6567	20,7155

Figure 20 : Plan de vol prévisionnel, coordonnées GPS et calendrier.

2.2. Aéronef utilisé

Le drone utilisé au cours de la mission en avril 2018 était le DJI Inspire 2 dont les caractéristiques principales sont détaillées dans le tableau 10.

Tableau 10 : Caractéristiques du drone utilisé au cours de la mission dans le PNBA.

Modèle	Inspire 2
Marque	DJI
Illustration	
Envergure (cm)	60,5 (sans les helices)
Poids (kg)	3,290 avec 2 batteries (nacelle et camera exclues)
Distance de détection max	7 km
Temps de vol max	25 min
Vitesse	94 km/h
Caméra	ZenMuse X5S

2.3. Méthode d'échantillonnage

La zone d'échantillonnage est pré-sélectionnée à partir du fond de carte du logiciel de pilotage (© DigitalGlobe). Une fois sélectionnée, le drone peut survoler la zone en prenant des photos aériennes avec un taux de recoupement défini (Figure 21).

Figure 21 : Définition de la zone d'échantillonnage et plan de vol du drone.

3. RESULTATS

3.1. Utilisation de l'aéronef (drone) dans le PNBA

L'autorisation d'utilisation du drone a été obtenue deux semaines après que l'équipe soit arrivée sur place (Annexe 2). Cela a fortement compromis cette phase de la mission. Néanmoins, le drone a pu être testé pendant quelques jours (Figure 22) et a servi d'exemple dans l'évaluation de la fragmentation des habitats marins côtiers du PNBA. Le secteur d'Iwik a été privilégié comme zone test, en raison de sa proximité au camp de base, de la possibilité de recharger les batteries en parallèle à la station et de l'étendue des zones de vasières et d'herbiers (Figures 23, 24).

Figure 22 : Pilotage de l'aéronef dans le PNBA.

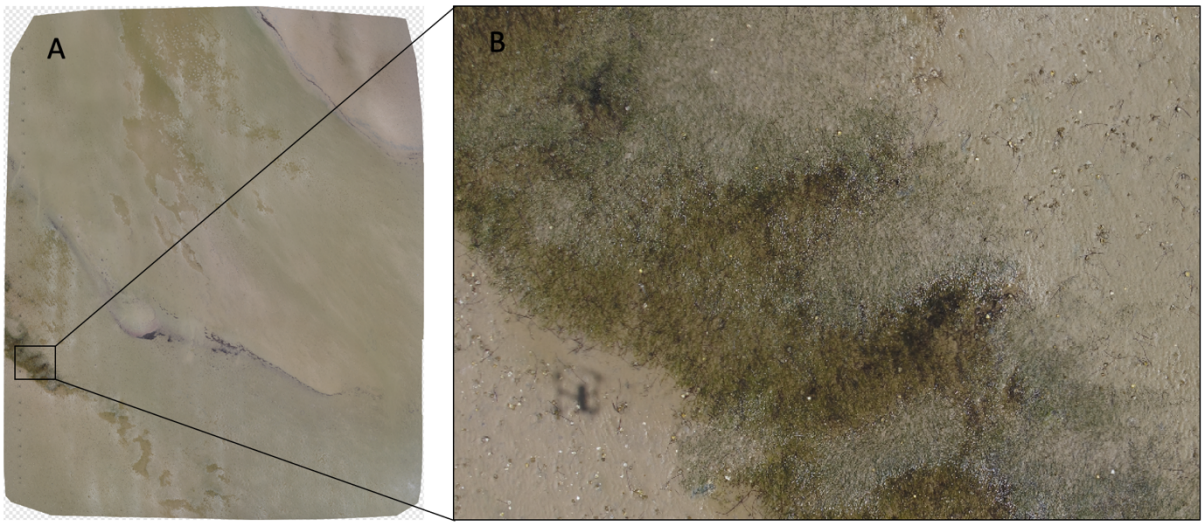


Figure 23 : Mosaïque d'images vasière.

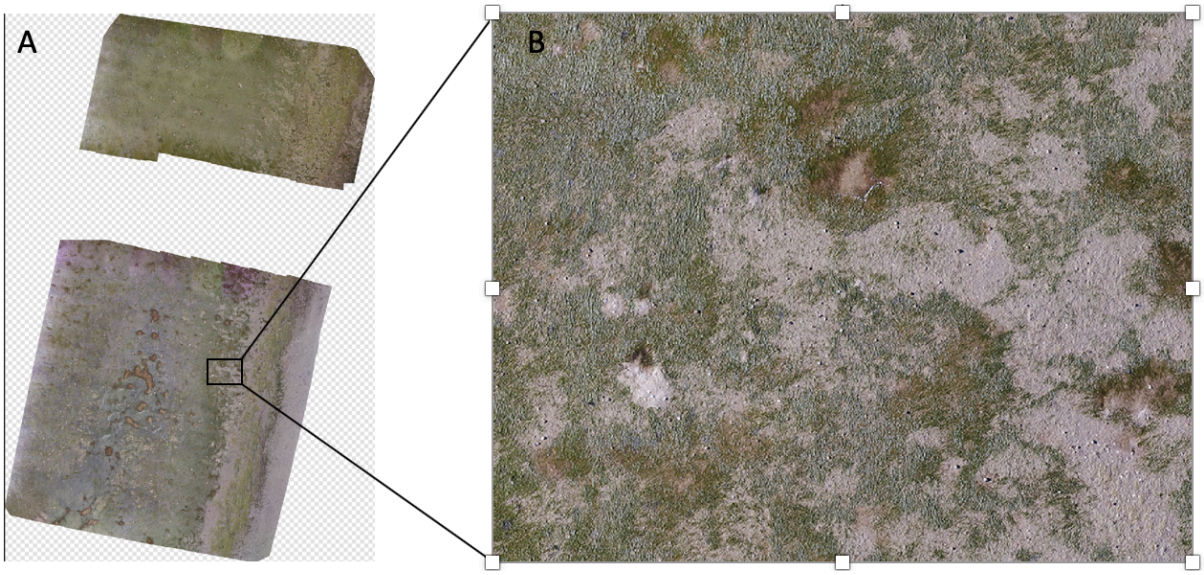


Figure 24 : Mosaïque d'images herbiers.

3.2. Difficultés rencontrées

Lors de l'échantillonnage par drone, nous avons dû faire face à certaines difficultés

- **Le vent :** avec un vent fort en permanence, le drone est contraint de forcer en permanence sur les moteurs afin de stabiliser l'engin sur des coordonnées GPS données. De ce fait, les batteries sont plus sollicitées qu'en conditions (environ 15min de vol).

- **Le sable :** la Mauritanie étant un vaste désert de sable, le matériel électronique est vite endommagé. En effet, lors de nos échantillonnages, des grains de sable avaient tendance à se loger dans les moteurs, la caméra ainsi que dans le système de

navigation. Il faut donc en permanence un entretien du matériel avec des outils minutieux pour ne pas abimer les composants ou rayer les lentilles des objectifs de camera lors du nettoyage.

- **La connexion internet data :** certains logiciels de navigation et de traitement de la cartographie nécessitent une connexion data (wifi ou mobile) fiable. Ce n'est pas le cas dans la zone du PNBA. Il faut donc une solution technique pour pouvoir en bénéficier. Dans le cas contraire une carte détaillée du Parc est nécessaire.

4. Discussion

4.1. L'intérêt du drone

Le drone permet d'obtenir des photos aériennes haute définition. Ces photos sont enregistrées avec des métadatas permettant de disposer des informations suivantes :

- Lieu et date de prise de vue.
- Information sur le matériel utilisé (drone, appareil photo, objectif, focale, etc.).
- Longitude, latitude, altitude (coordonnées GPS).
- Information sur la photo (résolution, colorimétrie, etc.)

Le drone assure une rapidité d'exécution inégalée pour un budget relativement faible, afin d'acquérir des données de terrain de validation. Il est possible de programmer des plans de vol directement d'une base. Décollage, collecte de données et atterrissage se font de manière automatique. Le pilote doit cependant toujours surveiller la mission, du décollage à l'atterrissage. Une connaissance technique est recommandée en cas de difficultés rencontrées lors de la mission.

4.2. Réalité du terrain

Les conditions de vents quasi permanentes au Banc d'Arguin, de force 4 à 6 sur l'échelle de Beaufort (Ould Dedah, 1993), parfois associées à des tempêtes de sable, font qu'il est très difficile de déployer un aéronef de type drone. Le DJI Inspire 2, est pourtant un drone de haute qualité, suffisamment lourd et puissant pour résister aux conditions de vents, mais l'énergie déployée pour compenser le vent a pour conséquence une forte diminution de l'autonomie des batteries, et donc des surfaces pouvant être échantillonnées lors d'un vol. Les difficultés techniques pour recharger les batteries au camp de base d'Iwik ont fortement compromis les temps de vol du drone. Une révision des batteries et des panneaux solaires, ou l'utilisation de groupe électrogène, permettrait de s'affranchir de ces contraintes techniques. L'autonomie réduite du drone DJI Inspire 2 face aux conditions de vent, couplé à l'étendue très vaste du PNBA n'a pas permis de suivre le plan d'échantillonnage prévisionnel. En conséquence, des solutions d'aéronefs industriels doivent être envisagées.

4.3. Aéronefs industriels

Deux modèles pourraient répondre aux objectifs initiaux de la mission (Tableau 11).

Tableau 11 : Caractéristiques techniques des aéronefs recommandés.

Modèle	DT-18AG	eBee X
Marque	Delair tech	senseFly
Illustration		
Envergure (cm)	180	116
Poids avec camera et batterie (kg)	2,0	1,1 – 1,4
Distance de détection max	20 km	8 km
Temps de vol max	120 min	90 min
Vitesse	61 km/h	40 – 110 km/h
Couverture max	~ 1370 ha @ 700 m alt.	~ 4000 ha @ 2000 m alt.
Résolution	~ 5 cm @ 70 m alt.	~2,5 cm @ 122 m alt.
Résistance au vent	50 km/h	46 km/h
Caméras	MicaSense RedEdge Multispectral Camera	senseFly S.O.D.A. 3D, senseFly Aeria X, senseFly Duet T, Parrot Sequoia+, senseFly S.O.D.A., senseFly Corridor
Coût estimatif*	99 000 € HT	45 000 € HT

*Formation drone et logiciel (PIX4D) compris

Bien que les aéronefs téléguidés ne puissent pas rivaliser avec l'imagerie satellitaire en termes de couverture spatiale, ils offrent des résolutions spatiales plus fines que les satellites et des temps de vols assez longs, adaptés à des missions de surveillance du littoral (Manfreda et al., 2018).

4.4. Utilisation d'aéronefs industriels dans le PNBA

Les surfaces de biocénoses pouvant varier selon la résolution des images sources (cf. Chapitre 1, Partie 1), l'utilisation d'aéronefs comme le DT-18AG ou le eBee X, permettrait d'affiner les valeurs de surfaces. L'évaluation des services écosystémiques, en particulier les valeurs d'usages indirects, dépend notamment des données cartographiques et de l'état écologique des biocénoses, deux paramètres qui pourrait être précisément collectés à partir d'aéronefs industriels.

La liberté de déployer ce type d'aéronefs au moment voulu du cycle de la marée permettrait de prospecter, à marée basse, l'étendue des flaques intertidales (van der Laan et Wolff, 2006), d'évaluer la couverture du microphytobenthos sur les vasières nues à l'aide de caméras hyperspectrales embarquées (Launeau et al., 2018) ou encore d'évaluer l'état écologique des herbiers à zostère. Enfin, l'utilisation des images satellite a montré ses limites liées à la résolution de 10 m, en particulier pour les mangroves, dont les jeunes palétuviers localisés au milieu des marais salés ne sont pas repérés. Les mangroves et les marais salés à Spartina maritima se trouvent à leurs limites de distribution géographique dans le PNBA (Otero et al., 2016 ; Araujo et Campredon, 2016). Face au changement climatique et la montée du niveau de la mer, un suivi régulier de ces habitats devient possible grâce aux aéronefs industriels.

L'utilisation de ce type d'aéronefs, à haute altitude, peut également être un outil adéquat pour la surveillance et le dénombrement des populations d'oiseaux ou de mammifères dans le PNBA, en limitant au maximum le dérangement. La surveillance des populations d'oiseaux permet notamment d'identifier les zones d'alimentation prioritaires ou les zones de nidifications. Il est également envisageable d'utiliser ces équipements pour le suivi de la population de gazelle dorcas (*Gazella dorcas*) sur l'île de Tidra dans le PNBA, qui est la seule population sauvage de Mauritanie (Lafontaine et al., 2006 ; Araujo et Campredon, 2016).

5. Conclusion

Les drones commerciaux sont peu adaptés aux conditions extrêmes telles que celles rencontrées dans le PNBA. L'option drone doit faire appel à des équipements plus sophistiqués, comme les drones industriels. Malgré un coût d'achat élevé, des équipements comme le modèle DT-18AG (autonomie, facilité d'utilisation) semblent plus adaptés. Ils permettent de couvrir de grandes distances et une surveillance aérienne adaptée, permettant d'analyser l'évolution des changements environnementaux au cours du temps. La haute résolution, peut modifier significativement les surfaces de biocénoses et en conséquence la valeur économique des services écosystémiques associée. En complément des vérifications terrains, l'utilisation du drone, avec une caméra hyperspectrale, permettrait de recouper les informations obtenues à partir des images satellites.

Enfin, si le drone DJI Inspire 2 n'a pas pu être utilisé pour remplir la mission scientifique, cela a permis de constituer une banque d'images du PNBA, montées dans une vidéo disponible sur le lien suivant : https://vimeo.com/292957307

PARTIE 2 : SERVICES ECOLOGIQUES DE SUPPORT ET DE REGULATION - VALEURS D'USAGE INDIRECT

CHAPITRE 1 : ÉVALUATION DU SERVICE DE PROTECTION COTIERE RENDUS PAR LES ECOSYSTEMES MARINS DU BANC D'ARGUIN, MAURITANIE

Ewan Trégarot, Thibault Catry, Cindy Cornet, Auréa Pottier,

Jean-Philippe Maréchal, Pierre Failler

1. INTRODUCTION

La structure physique du littoral est étroitement liée à la présence d'écosystèmes côtiers fournissant des services essentiels à la population en réduisant les impacts physiques de l'érosion, des dommages dus aux tempêtes et aux inondations. Ces écosystèmes assurent trois processus importants : l'atténuation des vagues, la réduction des marées de tempête et le maintien d'une faible profondeur. En effet, les canopées des végétations marines côtières (herbiers, marais salés, mangroves) réduisent la force du courant et atténuent l'agitation de la mer (Ackerman et Okubo, 1993 ; Koch et al., 2009), augmentent la contrainte de cisaillement et dissipent l'énergie des vagues (Mendez et Losada, 2004 ; Bouma et al., 2005). Leurs taux d'accrétion sédimentaire maintiennent l'élévation des habitats peu profonds. Ces caractéristiques physiques atténuent l'élévation du niveau de la mer et l'action des vagues associées au changement climatique (Duarte et al., 2013). A raison de 3 mm par an (Church et White, 2011 ; Thompson et al., 2017), l'élévation du niveau de la mer rend les populations des zones côtières vulnérables à l'érosion côtière et aux inondations (GIEC, 2007 ; McGranahan et al., 2007 ; FitzGerald et al., 2008), d'autant que le changement global augmentera la fréquence et l'ampleur de nombreux risques naturels tels que les tempêtes, les ouragans et les tsunamis (Shepard et al., 2011). La productivité élevée des herbiers, des marais salés et des mangroves, et leur capacité à accumuler les sédiments, leur permet de séquestrer le carbone et de maintenir un niveau d'élévation des habitats marins atténuant ainsi les conséquences du changement global (Duarte et al., 2013).

En Mauritanie, l'évolution climatique des trente dernières années se manifeste par un accroissement de l'aridité climatique (MEDD, 2010) ; une alternance brusque d'années sèches et humides (Somé, 2010) ; l'arrivée tardive des précipitations et la grande intensité des pluies (Nouaceur, 2009) ; des évènements météorologiques extrêmes avec des tempêtes marines entrainant l'érosion et l'amincissement du cordon littoral de la plaine côtière (en 1987, 1992, 2004, 2006 et 2013). En 2013, la tempête, considérée catastrophe naturelle liée au climat, qui a provoqué une rupture de brèche provoquant l'inondation des bas quartiers de Nouakchott. Située sous le niveau de la mer, Nouakchott est très vulnérable aux inondations à la moindre brèche du cordon dunaire. Ces catastrophes naturelles liées aux grandes inondations marines dans les zones basses ou fragilisées du littoral risquent d'augmenter avec l'accroissement de la fréquence des vents forts et le renforcement de la fréquence des ondes de tempête de l'Atlantique. Plus au nord, le Parc National du Banc d'Arguin (PNBA) semble beaucoup moins vulnérable en raison de 1) la faible population humaine, environ 1 300 habitants (Fall, 2014) et très peu d'infrastructures le long de la côte et de 2) la succession d'habitats marins peu profonds tels que les herbiers de phanérogames, les vastes étendues de vasières intertidales, les marais salés et les mangroves capables d'atténuer l'énergie des vagues et des courants. Pourtant, le littoral du PNBA subit des conditions hydrodynamiques fortes et le transport éolien de sable depuis le désert du Sahara. Concernant l'hydrodynamisme côtier, d'après Thomas et

Senhoury (2007), les hauteurs de houle au large de la Mauritanie varient de 1,7 m (mai-juin) à 2,7 m (décembre-janvier). Les courants dans la région sont très complexes (Michel et al., 2009), mais le courant principal entre dans le golfe d'Arguin par le nord, au Cap Blanc, et traverse tout le banc vers le sud en 30 jours (Hannebuth et Lantzsch, 2008 ; Sevrin-Reyssac, 1993 ; Michel et al., 2009). Les courants de marées et de vents se surajoutent aux courants océaniques (Peters, 1976). Le marnage peut atteindre jusqu'à 2,5 m pendant les marées d'équinoxe (Wijnsma et al., 1999), avec des courants de surface atteignant la vitesse de 2-3 $m.sec^{-1}$ (Wolff et al., 1993 ; Klicpera et al., 2015). Les vents venant généralement du nord, sont la plupart du temps de force 4 à 6 sur l'échelle de Beaufort (Ould Dedah, 1993). Côté terrestre, l'apport éolien de sable est déterminant dans la cinématique du trait de côte. Le long du PNBA, les apports éoliens se font par avancées dunaires dans le Nord, et sont d'origine lithométéoriques dans la partie centrale et se font par érosion de champs dunaires au sud (Barusseau, 1985 ; Faye, 2010). Par conséquent, l'équilibre du trait de côte est particulièrement sensible aux changements climatiques qui pourraient affecter le régime des vents, des courants, le niveau de la mer, ainsi que l'intégrité les écosystèmes marins côtiers.

Dans le PNBA, l'étagement de la végétation marine dépend du temps d'immersion et/ou d'émersion des plantes. La protection du littoral résulte des caractéristiques biotiques et abiotiques de chaque écosystème (Barbier et al., 2008 ; Feagin, 2008). En effet, bien que les structures biotiques semblent amortir la plus grande partie de l'énergie des vagues, celle-ci est également affectée par la géomorphologie et la bathymétrie locales (Komar, 1998 ; Spalding et al., 2014). La diversité des plantes marines, présentes à des profondeurs différentes, complexifie l'évaluation du service de protection côtière (Quartel et al., 2007), car chaque communauté biotique présente un coefficient de traînée et donc d'atténuation des vagues entrantes spécifique. Les vagues approchant la zone côtière du PNBA sont d'abord atténuée lorsqu'elles entrent en contact avec la bordure du banc, en raison d'un changement important de la profondeur (Hanebuth et al., 2013 ; Klicpera et al., 2015). Les vagues se propagent ensuite à travers les herbiers marins, et sont plus ou moins atténuées selon la fraction de la colonne d'eau occupée par la végétation (Fonseca et Cahalan, 1992 ; Koch et al., 2006). Une onde moins énergétique fini par atteindre les mangroves et/ou les marais salés dans la partie haute de l'estran qui, par la combinaison de la rigidité plus importante des espèces (plus ligneuses) et de la plus faible hauteur d'eau, sont souvent plus efficaces pour atténuer les vagues (Bouma et al., 2005).

Cette étude a pour objectifs de cartographier les écosystèmes marins du PNBA et d'identifier le taux d'atténuation des vagues de chaque écosystème en fonction de la distance parcourue par une vague entrante. Une attention particulière a été portée à la qualité de l'habitat, comme la densité de la végétation, qui est un aspect très important, mais souvent peu étudié, de la non-linéarité des services écosystémiques, telle que la protection côtière (Koch et al., 2009 ; Bouma et al., 2014). La monétarisation du service de protection côtière pour le Parc National du Banc d'Arguin est également abordée.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Site d'étude

Le Banc d'Arguin se situe en Afrique de l'Ouest, et est une zone de vasières et d'eaux côtières peu profondes bordant le désert du Sahara. Localisé entre les latitudes 19°20' N et 20°30' N le long de la côte mauritanienne, il est délimité au nord par le Cap Blanc et par le Cap Timiris au sud (Figure 3). Depuis 1976, environ 12 000 km^2 ont été inclus dans le Parc National du Banc d'Arguin, partagé entre le domaine maritime et désertique. La partie sud-est du Banc d'Arguin comprend une vaste étendue de vasières intertidales essentiellement recouvertes d'herbiers de phanérogames marines et de micro-algues benthiques, le microphytobenthos (Wolff et Smit, 1990 ; Honkoop et al., 2008). Les vasières intertidales supportent des densités extrêmement élevées d'oiseaux limicoles, migrant le long l'Atlantique Est pour rejoindre le PNBA en hiver (Altenburg et al., 1982 ; Smit et Piersma, 1989 ; van der Geest, 2013). Dans les années 1970, des études de courantologie indiquaient un courant dominant vers le sud, avec le Banc d'Arguin agissant comme une pompe à eau en raison des actions combinées de la marée et des vents dominants (Peters, 1976). L'hydrologie et la bathymétrie est particulièrement complexe dans les zones intertidales (Sevrin-Reyssac, 1993 ; Aleman et al., 2014) et à notre connaissance, aucun modèle hydrodynamique réaliste n'a été proposé.

2.2. Cartographie des écosystèmes

Les habitats côtiers marins ont été échantillonnés du Cap Sainte-Anne au Cap Timiris en avril 2018. Plus de 250 stations marines ont été échantillonnées et approchées par bateau, en naviguant le long des principaux chenaux des zones intertidales. Pour chaque station, l'état écologique des herbiers a été déterminé visuellement en utilisant un système vidéo sous-marin de SeaViewer®. La longueur des feuilles et la densité ont été classées en trois catégories : faible, moyen, élevé. Les vérités terrains ont permis d'estimer la qualité de la classification des images satellite Sentinel 2 et SPOT-6 (cf. Partie 1, Chapitre1).

2.3. Taux d'atténuation des écosystèmes marins

Le service de protection côtière fourni par les écosystèmes marins dans le PNBA a été évalué en fonction de leurs capacités à atténuer la hauteur des vagues. La méthode classique utilisée pour évaluer l'atténuation des vagues sur le terrain consiste à mesurer à l'aide de capteurs répartis le long d'un transect perpendiculaire à la côte, la hauteur des vagues entrantes (Shepard et al., 2011) tel que :

$$\%A = 100 \times \left(1 - \frac{H_2}{H_1}\right)$$

Où *%A* correspond au taux d'atténuation, H_1 est la hauteur de la vague entrante et H_2 est la hauteur de la vague à la station d'enregistrement.

Quelle que soit la nature du fond, une vague finit toujours par se briser lorsqu'elle atteint le littoral. Cependant, la quantité d'énergie atteignant le rivage dépend d'une part de l'énergie de la vague entrante et d'autre part de la quantité des forces de traînée le long du fond avant d'atteindre la côte. Plus l'énergie de la vague est importante, plus son impact sur le littoral sera important et destructeur pour les habitations et les infrastructures, en particulier en cas de fortes tempêtes. Le service de protection côtière fait référence à un service fourni par les écosystèmes pour la population humaine, ce qui le différencie des processus écosystémiques de protection côtière, faisant références aux capacités biophysiques des écosystèmes à atténuer l'énergie des vagues ou des courants (Costanza et al., 2017). Le service fourni n'est pas nécessairement linéaire avec la surface d'un écosystème (Barbier et al., 2008 ; Koch et al., 2009), il convient donc de prendre en compte, si possible, la variabilité temporelle et spatiale (Koch et al., 2009). La variabilité temporelle peut être observée à des échelles plus ou moins courtes, allant de quelques heures à plusieurs décennies. En effet, l'atténuation des vagues varie en fonction de la hauteur d'eau au-dessus de l'écosystème et de la biomasse des plantes de chaque écosystème. Par conséquent, la marée influence le service de protection côtière sur une base horaire tandis que la biomasse végétale peut varier sur une base saisonnière, souvent plus élevée en été au stade de la reproduction (Chen et al., 2007), et annuelle. D'autre part, la variabilité spatiale peut être observée le long d'un habitat, par exemple, l'atténuation de l'onde entrante est généralement plus forte à la bordure de l'écosystème (Massel et al., 1999 ; Moller, 2006). Aussi, le taux d'atténuation dépend fortement de la qualité de l'habitat, comme la densité des plants, la longueur des feuilles et des tiges pour les herbires, mangroves et marais salés (Massel et al., 1999 ; Dadouh-Guebas et al., 2005).

Dans le cas d'environnements mésotidaux avec une pente très douce (cas du PNBA), le point de déferlement des vagues entre la marée basse et la marée haute peut varier de plusieurs centaines de mètres. Plus la marée est haute, plus le risque d'inondation est élevé. Dans cette étude, nous avons considéré l'atténuation d'énergie des vagues à marée haute car c'est à ce moment que le risque d'érosion côtière et d'inondation est le plus important. De plus, tous les habitats, subtidaux et intertidaux, sont concernés par l'atténuation de l'énergie des vagues. De cette façon, nous évitons la variabilité temporelle dans l'atténuation des vagues liée aux marées. L'évaluation des taux d'atténuation fournis par chaque écosystème identifié dans le Banc d'Arguin s'est faite sur la base d'une revue bibliographique. La compilation des données brutes sur l'atténuation des vagues a permis d'obtenir un taux d'atténuation de la hauteur des vagues en fonction de la largeur de chaque écosystème.

De nombreux paramètres abiotiques et biotiques peuvent influencer la fonction de la protection côtière. Dans cet article, nous avons pris en compte la plupart des facteurs biotiques identifié par Spalding et al. (2014), tels que la largeur de l'habitat, la densité des plantes, les espèces dominantes, la hauteur et la rigidité du couvert. Nous avons utilisé le module d'élasticité de Young[4] pour la tension (ET, $N.mm^{-2}$) pour définir la rigidité biomécanique de la plante, qui correspond à la résistance à la déformation (Niklas, 1992). Pour tenir compte de la

[4] Thomas Young (1773 – 1823) était un physician britannique. Il avait remarqué que le rapport entre la contrainte de traction appliquée à un matériau et la déformation qui en résulte (un allongement relatif) est constant, tant que cette déformation reste petite et que la limite d'élasticité du matériau n'est pas atteinte.

variabilité naturelle et de la plupart des variables abiotiques pouvant interférer avec l'atténuation de la hauteur des vagues, nous avons sélectionné dans la littérature les expériences de terrain et mis de côté les expérimentations en laboratoire et les modélisations. Lorsque les données étaient présentées graphiquement, celles-ci ont été extraites à l'aide du logiciel WebPlotDigitizer v4.1 (http://arohatgi.info/WebPlotDigitizer/).

2.4. Analyses statistiques

La modélisation des taux d'atténuation des vagues en fonction de la largeur des écosystèmes a été réalisée avec le logiciel R, version 3.4.1 (R Development Core Team 2017). Les conditions de normalité des données et d'homogénéité des variances ont été vérifiées respectivement suivant les tests de Shapiro-Wilk et de Bartlett. Les modèles ont été validées d'après la distribution des résidus et la significativité des coefficients, atteinte pour une valeur de $p < 0,05$.

3. RESULTATS

3.1. Cartographie et états écologiques des écosystèmes

Les écosystèmes marins côtiers du PNBA se composent majoritairement d'herbiers de phanérogames et de vasières (Figure 11). Au sein des herbiers, deux espèces majoritaires apparaissent, l'une subtidale est immergée en *permanence Cymodocea nodosa* et couvre une surface de 221,8 km^2. L'autre espèce*, Zostera noltii*, est intertidale et émerge au rythme des marées sur une surface de 452,4 km^2. Au total, les herbiers couvrent une surface de 674,2 km^2. Une part importante des zones intertidales est occupée par des vasières nues (121,2 km^2). Un peu plus haut sur le littoral, les marais salés et les mangroves occupent respectivement 26,1 km^2 et 0,8 km^2 (cf. Partie 1, Chapitre 1).

La densité des plantes pour un écosystème modifie le signal transmis aux satellites. A l'échelle du PNBA, ce paramètre a été utilisé pour définir l'état écologique des communautés. Les surfaces de chaque communauté et leurs états écologiques respectifs sont détaillés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Surfaces et états écologiques des écosystèmes marins du PNBA.

Écosystèmes	Densité des plants	Surface (km^2)
Herbiers à *Cymodocea nodosa*	Dense	21,6
	Moyen	55,4
	Peu dense	144,7
Herbiers à *Zostera noltii*	Dense	70,4
	Moyen	218,7
	Peu dense	163,4
Mangroves	Dense	0,1
	Moyen	0,2
	Peu dense	0,6
Marais salés	Moyen	14,7
	Peu dense	11,4

3.2. Taux d'atténuation des vagues des écosystèmes marins du PNBA

Les zones humides constituent des habitats de choix, à l'origine d'une productivité primaire importante et peuvent limiter les processus d'érosion du littoral en atténuant l'énergie des vagues. Ce service de protection côtière est affecté par la destruction des habitats comme les marais salés, les herbiers et mangroves liée aux processus d'érosion, à l'augmentation du niveau de la mer, et aux politiques d'aménagement du territoire. Les variations spatio-temporelles du service de protection côtière découlent du type de végétation, de la densité et la hauteur des plants, et du niveau d'eau qui varie en fonction des marées. Lorsqu'il n'y a pas de végétation, comme c'est le cas sur les vasières intertidales nues, l'atténuation des vagues dépend de la bathymétrie, de la pente, et des propriétés physiques des sédiments (Le Hir et al., 2000).

3.2.1. Vasières intertidales

L'atténuation des vagues par les vasières dépends de la pente et des caractéristiques physiques des sédiments (Le Hir et al., 2000). Au sein du PNBA, les vasières intertidales nues couvrent 121,2 km^2 et sont constituées de sédiments grossiers (152,4 ± 16.10 µm), contenant moins de vase et d'argile que les vasières recouvertes d'herbiers (Honkoop et al., 2008). En l'état actuel des connaissances, nous ne sommes pas en mesure d'ajuster le taux d'atténuation des vasières par la granulométrie des sédiments. De plus, les vasières, contenant beaucoup de débris coquillés, présentent certainement un coefficient de trainée plus important que le sédiment nu.

La modélisation des taux d'atténuation de la hauteur des vagues en fonction de la distance souligne une relation linéaire (Tableau 13).

Tableau 13 : Modèle linéaire mixte généralisé (GLMM) d'atténuation de la hauteur des vagues en fonction de la distance de vasières (m).

Y = a X + b	Estimation	Écart-type	t-value	p-value
Origine à l'ordonnée (b)	15,62	4,80	3,25	1,14e-03
Coefficient (a)	0,013	0,0029	4,65	3,24e-06

Les données brutes issues de la littérature ont permis de modéliser les taux d'atténuation pour des distances très importantes, jusqu'à 3 700 m (Figure 25).

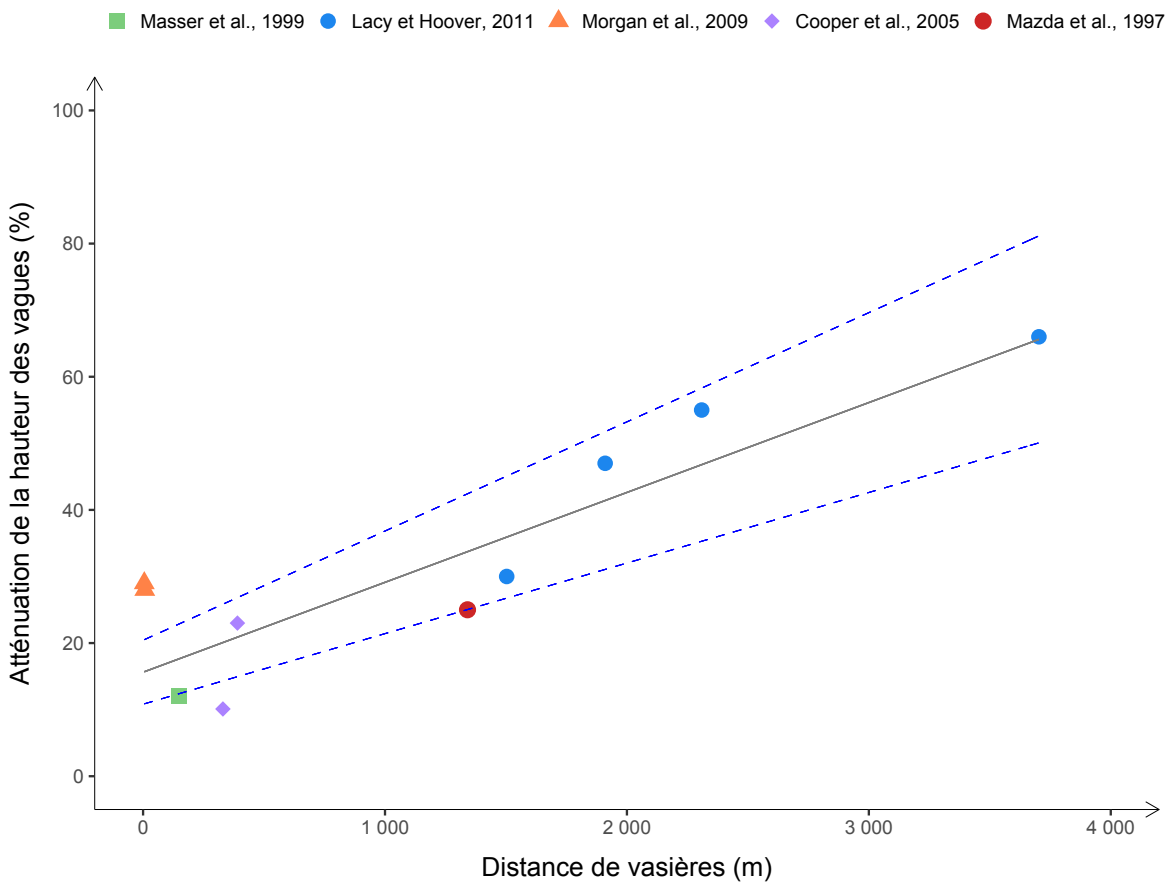


Figure 25 : Taux d'atténuation de la hauteur des vagues (%) en fonction de la largeur des vasières (m).

3.2.2. Herbiers de phanérogames

Le PNBA est couvert par 674,2 km^2 d'herbiers, dont 221,8 km^2 par l'espèce subtidale *Cymodocea nodosa*, et 452,4 km^2 par l'espèce intertidale *Zostera noltii*. Leurs capacités à atténuer l'énergie des vagues et des courants dépend de la hauteur d'eau : plus la proportion de colonne d'eau est occupée par la végétation, meilleure est l'atténuation des vagues (Fonseca et Callahan, 1992 ; Koch et al., 2006 ; Ward et al., 1984). En conséquence, les herbiers ne rendent pas le même service au cours d'un cycle de marée. De plus, la rigidité, la densité, la longueur des feuilles et leur morphologie sont autant de propriétés biologiques pouvant influencer l'atténuation des vagues. La rigidité des feuilles détermine la force de traînée exercée par les plantes et la capacité des feuilles à se courber et laisser les fluides pénétrer au sein de la canopée. L'atténuation des vagues et des courants dépend également de la biomasse des herbiers (hors système racinaire), étroitement lié à la densité des plants et la taille des feuilles. L'espèce *Z. noltii* fait partie des espèces ayant les plus faibles densités, largeurs et longueur de feuilles, bien que de très fortes densités puissent parfois être observées (9 025 plants/m^2 - Vermaat et al., 1993). Toutefois, avec son système racinaire, *Z. noltii* apporte une contribution non négligeable de protection côtière dans la mesure où cette espèce stabilise et accumule les sédiments, et maintient ainsi des habitats peu profonds (Fonseca, 1989 ; Hemminga et Duarte, 2000 ; Gacia et al., 2003 ; Wilkie et al., 2012). Dans le PNBA, les herbiers de cymodocées et de zostères atteignent globalement des densités importantes et occupent une proportion importante de la colonne d'eau, combinant ainsi deux propriétés importantes

dans la protection côtière (Ondiviela et al., 2014). Les traits morphologiques et biomécanique des espèces d'herbiers présentes dans le PNBA sont indiqués dans le tableau 14.

Tableau 14 : Traits morphologiques et biomécaniques de Zostera noltii et Cymodocea nodosa. Les valeurs correspondent aux intervalles moyens (La Nafie et al., 2012 ; de los Santos et al., 2012 ; Ondiviela et al., 2014).

Traits	*Zostera noltii*	*Cymodocea nodosa*
Longueur des feuilles (cm)	5 – 25	10 – 45
Largeur des feuilles (mm)	0.5 – 2	2 – 4
Épaisseur du rhizome (mm)	0.5 – 2	3
Rigidité (ET, $N.mm^{-2}$)	119,6 – 166,9	58,7 – 91,8

Les longueurs et largeur des feuilles et l'épaisseur du rhizome de *C. nodosa* sont plus importantes que *Z. noltii*, en revanche les valeurs de module d'élasticité indiquent que *Z. noltii* est plus rigide que *C. nodosa*.

La modélisation des taux d'atténuation de la hauteur des vagues en fonction de la distance souligne une relation linéaire (Tableau 15).

Tableau 15 : Modèle général linéaire mixte d'atténuation de la hauteur des vagues en fonction de la distance des herbiers (m).

Y = a X + b	Estimation	Écart-type	t-value	p-value
Origine à l'ordonnée (b)	2,66	4,43	0,60	0,55
Coefficient (a)	0,19	0,03	5,88	4,04e-09

Ici, l'origine à l'ordonnée (b) n'est pas significativement différente de 0 (p=0,55). Ainsi l'équation du modèle peut se simplifier de la sorte : Y = 0,19X.

La modélisation est illustrée dans la figure 26 ci-dessous. Le nombre de valeurs d'atténuation des vagues par les herbiers est encore faible (N=10). La relation est linéaire jusqu'à 250 m.

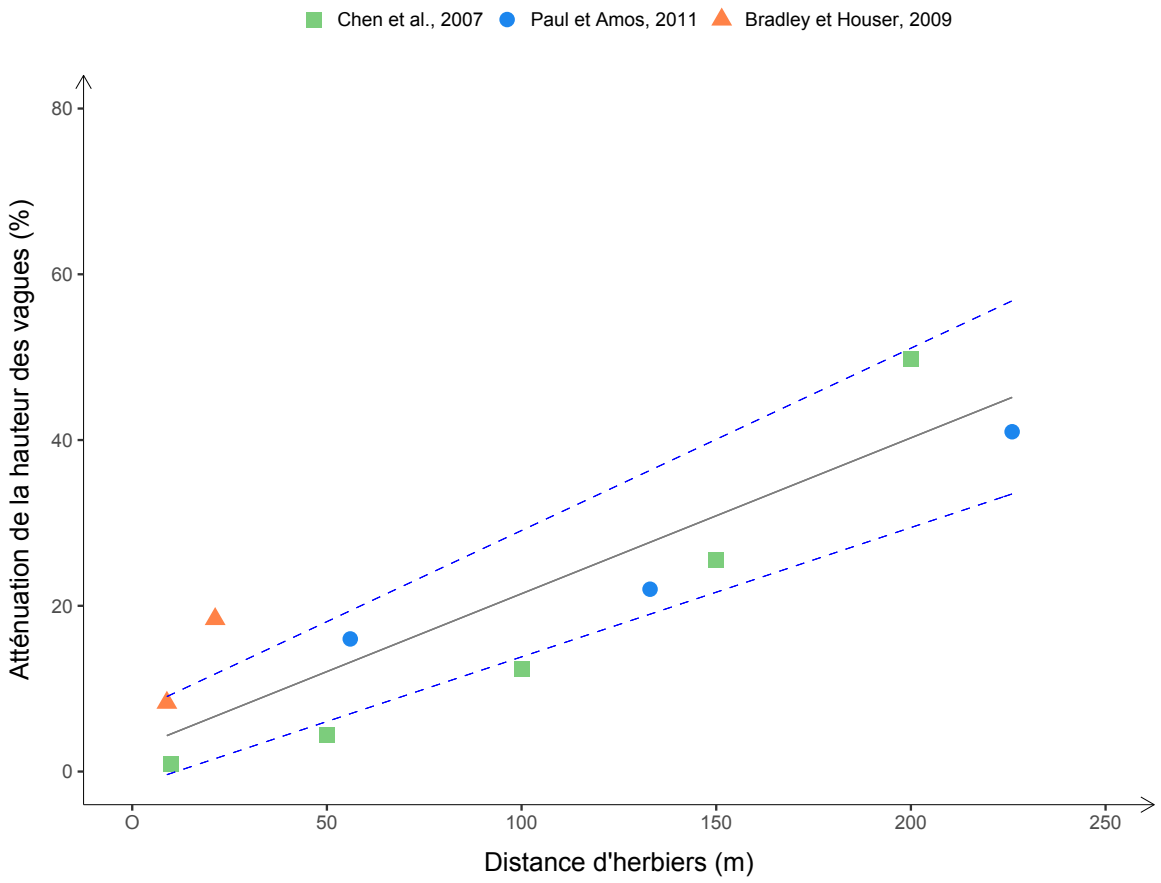


Figure 26 : Taux d'atténuation de la hauteur des vagues (%) en fonction de la largeur des herbiers de phanérogames (m).

3.2.3. Marais salés

Les marais salés sont des zones humides situés dans la partie supérieure de l'estran. Ils sont inondés uniquement à marée haute. Dans le PNBA, les plants de l'espèce *Spartina maritima* peuvent atteindre 50 cm de hauteur, les tiges et les feuilles étant relativement rigides et contribuant fortement à la protection côtière. Une étude menée par Yang (1998) sur l'atténuation des vagues par une autre espèce halophile (*Scirpus mariqueter*) a montré que l'énergie des vagues pouvait être entièrement dissipée sur 50 m de marais salé. Mol (2003) a également mesuré que la hauteur des vagues au-dessus des marais salés était en moyenne 43 % plus faible que sur une vasière nue adjacente. Möller et al. (2001) confirme dans ses travaux que l'atténuation des vagues n'évolue pas linéairement avec la distance à travers un marais salé et que la majorité de l'énergie des vagues se dissipe sur les premiers 10 à 50 m de végétation.

D'autres espèces de végétation halophiles sont présentes dans le PNBA, comme *Arthrocnemum macrostachyum* ou *Sesuvium portulacastrum* qui sont des espèces pérennes qui se développent sur des sols sablonneux. La taille et la rigidité de ces espèces sont différents de *Spartina maritima* mais contribuent également à la stabilisation du littoral et à l'atténuation des vagues. Il existe très peu de références bibliographiques sur ces espèces, encore moins sur leurs propriétés biomécaniques et leur service de protection côtière.

L'analyse des données brutes d'atténuation de la hauteur des vagues en fonction de la distance parcourue sur les marais salés a permis de modéliser la relation, qui n'est pas linéaire, mais s'apparente à une relation logarithmique de base 2 (Tableau 16).

Tableau 16 : Modèle linéaire mixte généralisé (GLMM) d'atténuation de la hauteur des vagues en fonction de la distance de marais salés (m).

Y = a x ln(X) + b	Estimation	Écart-type	t-value	p-value
Origine à l'ordonnée (b)	30,48	5,47	5,57	2,58e-08
Coefficient (a)	8,27	1,23	6,75	1,47e-11

L'atténuation des vagues par les marais salés est très importante dans les 50 premiers mètres, puis se stabilise vers des taux compris entre 80 % et 100 % (Figure 27).

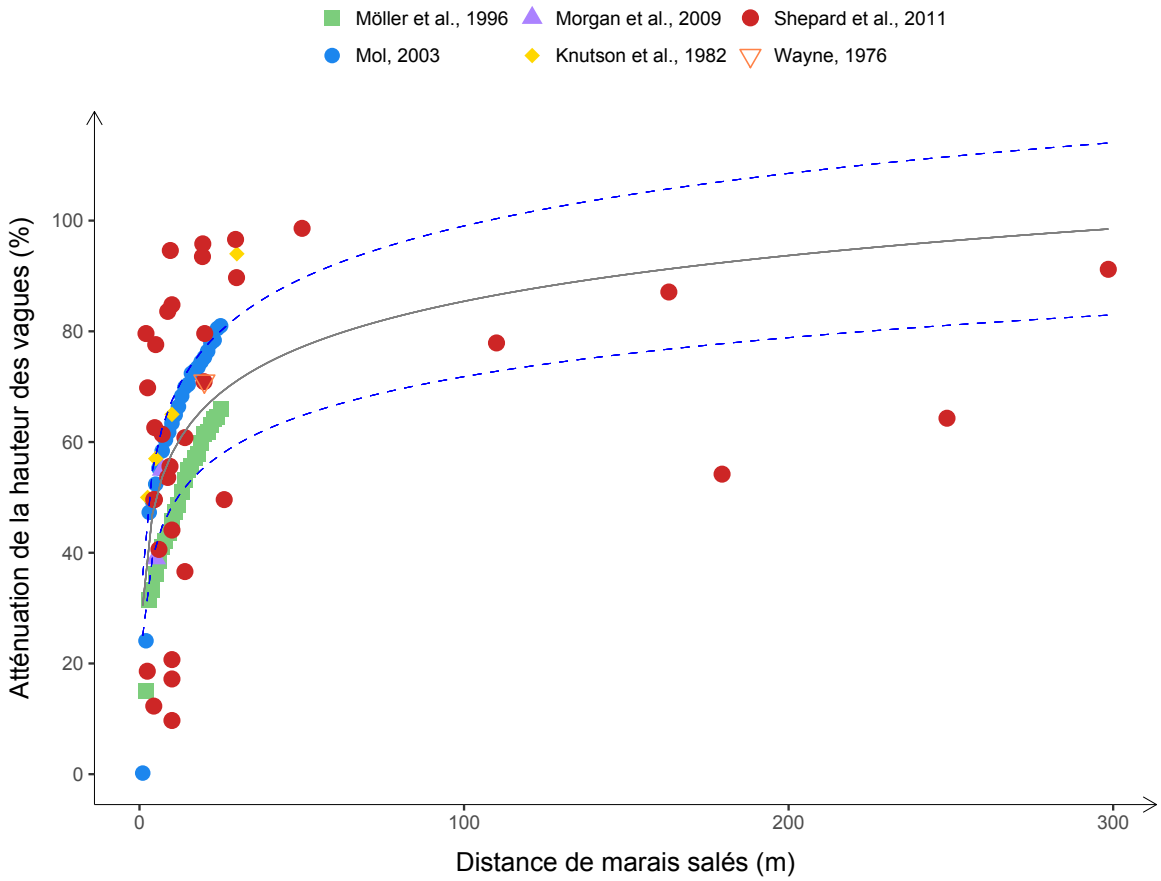


Figure 27 : Taux d'atténuation de la hauteur des vagues (%) en fonction de la largeur des marais salés (m).

3.2.4. Mangroves

Les mangroves forment une barrière physique importante contre l'agression des vagues, des tempêtes et des cyclones en réduisant leur énergie (FAO, 2007) et en atténuant significativement la hauteur des vagues sur de très courtes distances (Jeanson, 2009). D'après Wells et Ravilious (2006), les mangroves sont capables de réduire l'énergie des vagues de 75 % sur une distance de 200 m, grâce à la résistance exercée par les systèmes racinaires et les troncs. Les palétuviers du genre *Sonneratia sp.*, ont la capacité d'absorber 50 % de l'énergie des vagues sur une distance de 100 m (Mazda et al., 2006) lorsque les mangroves sont en bon état écologique.

A ce titre, la biomasse au-dessus du sol de la mangrove a tendance à diminuer entre les latitudes basses (0° N) et moyennes (40° N) (Twilley et al., 1992 ; Komiyama et al., 2008). En conséquence, le plus fort taux d'atténuation se trouve près de l'équateur. Les mangroves de l'Afrique de l'Ouest atteignent leur plus extrême distribution septentrionale dans le Parc National du Banc d'Arguin en Mauritanie (Dahdouh-Guebas et Koedam, 2001 ; Blasco, 2010). Dans le PNBA, les mangroves ont une distribution discontinue, sont uniquement composées de l'espèce *Avicennia germinans* (Dahdouh-Guebas et Koedam, 2001). Leurs biomasses sont très faibles (Fatoyinbo et Simard, 2013). Malgré les conditions environnementales difficiles, des étendues importantes présentent de nombreux jeunes plants de palétuviers, indétectables par imagerie satellite. La difficulté à détecter les jeunes palétuviers s'explique aussi par leur présence au milieu des marais salés constitué de l'espèce *Arthrocnemum macrostachyum* (Otero et al., 2016). Tout comme les autres écosystèmes, la hauteur d'eau influence les capacités d'atténuation des vagues, plus importantes à mi-marée qu'à marée haute. Au nord de l'île de Tidra, les palétuviers sont complètement immergés à marée haute, même lorsque les coefficients de marées sont moyens (50), avec une hauteur d'eau de 1,80 m (observation personnelle, avril 2018). Le niveau d'eau varie également en fonction de la topographie et de la bathymétrie. D'autres facteurs peuvent affecter l'atténuation de la hauteur des vagues comme la hauteur de la vague entrante et tous les aspects morphologiques et biomécaniques d'*Avicennia germinans*, qui dépendent aussi de l'âge, de la taille et de la densité des arbres (McIvor et al., 2012).

L'analyse des données brutes d'atténuation de la hauteur des vagues en fonction de la distance parcourue sur les mangroves a permis de modéliser la relation, qui n'est pas linéaire, mais de type logarithmique de base 2 (Tableau 17).

Tableau 17 : Modèle linéaire mixte généralisé (GLMM) d'atténuation de la hauteur des vagues en fonction de la distance de mangroves (m).

Y = a x ln(X) + b	Estimation	Écart-type	t-value	p-value
Origine à l'ordonnée (b)	-55,39	7,63	-7,26	3,84e-13
Coefficient (a)	8,27	1,23	6,75	0,0e+0

Les données d'atténuation des vagues par les mangroves sont manquantes dans les vingt premiers mètres, ce qui induit en erreur l'origine à l'ordonnée négative (Figure 28).

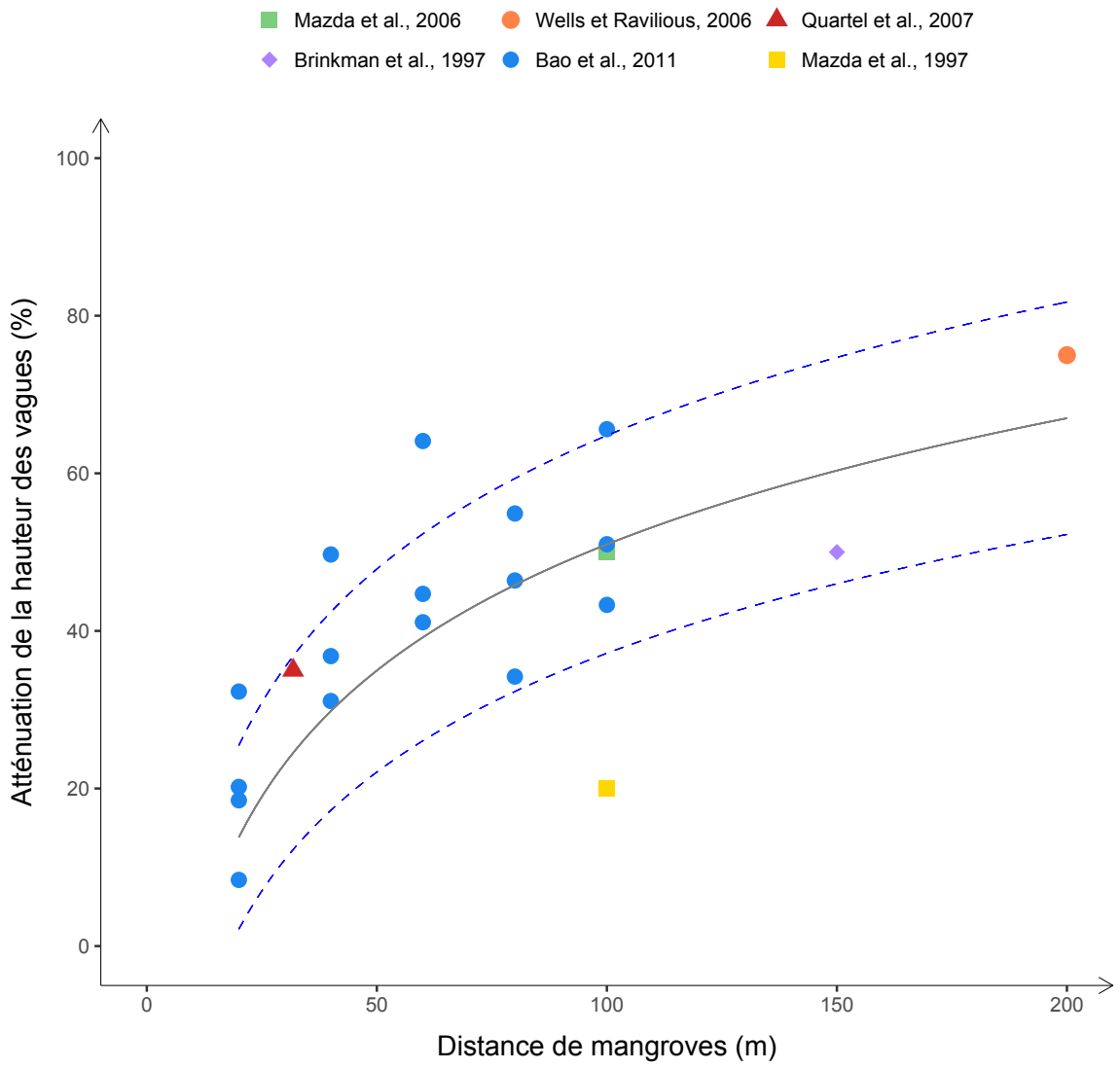


Figure 28 : Taux d'atténuation de la hauteur des vagues (%) en fonction de la largeur des mangroves (m).

3.3. Enjeux de protection côtière au PNBA

Les images Landsat de 2003 et 2016 (Google Earth – Figure 29), ont permis d'identifier l'évolution du trait de côte au niveau des villages du PNBA (Tableau 9).

Tableau 1 : Exposition des villages du PNBA à l'érosion côtière. Exposition offshore (S : Sud ; N : Nord ; E : Est ; O : Ouest ; ie. SSE-OSO : Sud Sud-Est – Ouest Sud-Ouest) ; Proximité à la côte correspond à la distance qui sépare les habitations et les infrastructures à la côte (exprimée en m) ; Linéaire côtier correspond à l'étendue des habitations le long de la côte (exprimée en m) ; Erosion/Accrétion correspond au déplacement du trait de côte le long du linéaire côtier concerné par village entre 2003 et 2016 ; Protection naturelle rassemble les éléments naturels assurant une fonction de protection côtière (H : herbiers, MS : Marais salés ; V : Vasières ; M : Mangroves ; Cap ; Iles).

Villages	Exposition offshore	Proximité à la côte (m)	Linéaire côtier	Érosion / Accrétion	Protection naturelle	Risque
Agadir	–	17 – 128	408	[0 ; +10]	H + Iles	Faible
Arkeiss	SSE–OSO	70 – 400	270	[-71 ; -2]	Cap + H	Modéré
Ten Alloul	NNO–N	25 – 200	245	[-5 ; 0]	H + Iles	Faible
Iwik	OSO–ONO	5 – 120	415	[-48 ; 0]	H+MS+V	Fort
Tessot	–	25 – 471	360	[-20, -4]	H + Iles	Faible
Teichott	OSO–NNO	10 – 173	468	[-14 ; -5]	H+MS+M+V	Modéré
R'Gueiba	OSO–NO	15 – 180	670	[-14 ; + 12]	H+V	Modéré
Awguej*	O–ONO	_	_	_	_	_
Mamghar	SSE–ONO	84 – 475	853	[+8 ; +20]	Cap+ H+MS+M+V	Faible

* village déserté (Fall et al., 2017)

La longueur totale de linéaire côtier présentant des enjeux de protection est de 3 689 m, dont 1 823 m avec un risque d'inondation modéré à fort dans les prochaines années.

D'importantes régressions côtières, jusqu'à 71 m, ont été observés au niveau des villages d'Arkeiss et d'Iwik. En revanche, le trait de côte semble beaucoup plus stable au court du temps à Ten Alloul et à Tessot où il a régressé de quelques mètres seulement entre 2003 et 2016 (Figure 29). D'autres villages présentent à l'inverse des zones d'accrétion, c'est le cas à Mamghar, R'Gueiba et Agadir (Tableau 9).

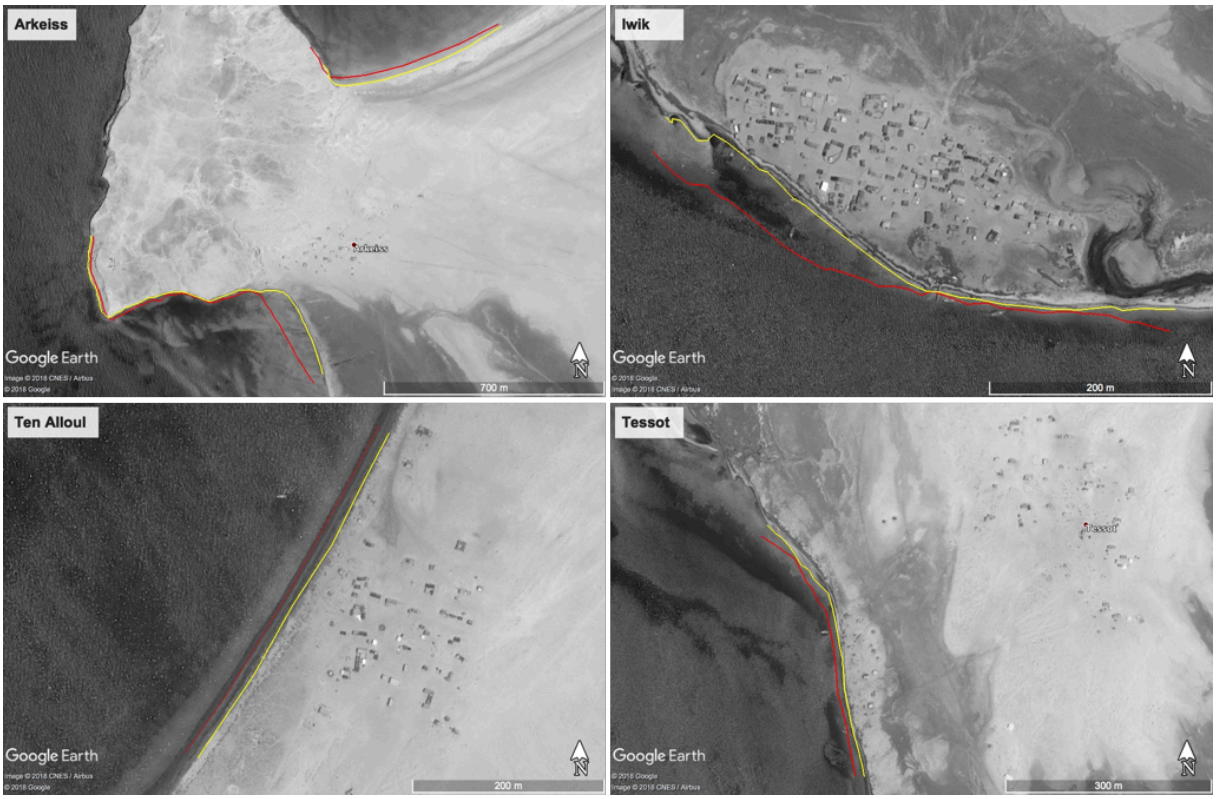


Figure 29 : Évolution du trait de côte entre 2003 (rouge) et 2016 (jaune) au niveau des villages d'Arkeiss, Iwik, Ten Alloul et Tessot.

En dehors des villages, des phénomènes d'érosion intenses sont visibles notamment au Cap Saint-Anne, avec la rupture du cordon dunaire et la formation d'une lagune (Figure 30). En août 2013, les fortes précipitations ayant entrainé la rupture du cordon dunaire et des inondations importantes dans la ville de Nouakchott au sud de la Mauritanie, ont également provoqué la rupture du cordon dunaire au Cap Sainte-Anne au nord, à l'origine de la lagune de Bellaat qui couvre plus de 12 km^2 en 2018. Sur le littoral de Mauritanie, ce type de brèche peut se créer en hiver mais se referment après quelques mois. Dans le passé, plusieurs brèches sont apparues au Cap Sainte-Anne, mais la brèche de 2013 ne s'est toujours pas refermée, et la lagune de Bellaat est inondée à chaque marée haute (En Haut !, 2016). La sebkha autrefois présente en 2012, est devenue une lagune permanente avec un développement d'algues et d'herbiers attirant une faune diverse de mollusques, de poissons, d'élasmobranches (raie guitare – observation personnelle) et d'oiseaux. Cette situation exceptionnelle accroit la difficulté à évaluer le service de protection côtière en Mauritanie dans la mesure où la rupture du cordon dunaire peut également être à l'origine d'une nouvelle lagune, écologiquement et économiquement importante.

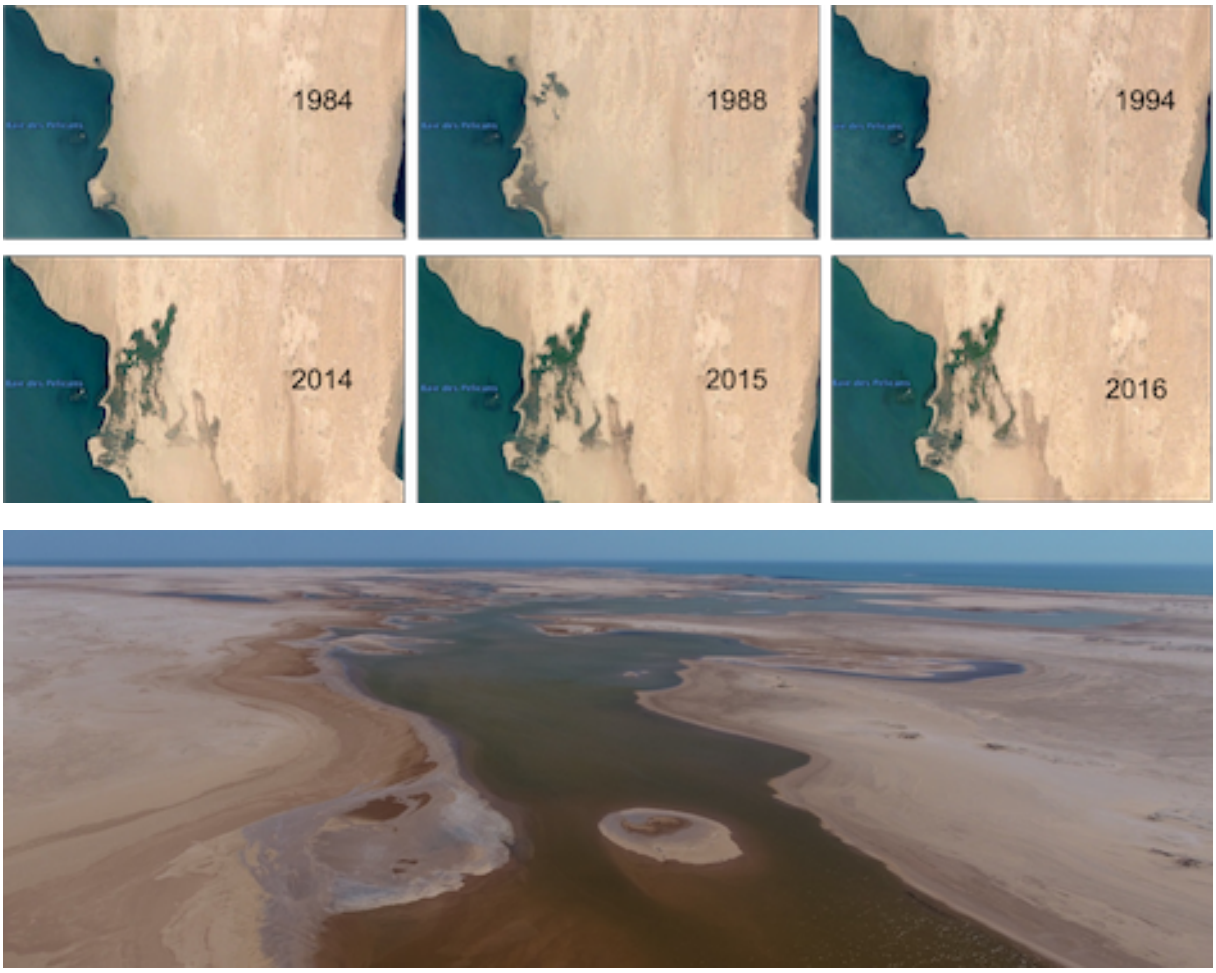


Figure 30 : Images satellites de la lagune de Bellaat (Google Earth, 2018) et image aérienne de la lagune en avril 2018 (© Vincent Fayad).

3.4. Modes de gestion de l'érosion et applicabilité au PNBA

Le risque d'érosion nait de la confrontation entre un aléa naturel et des enjeux. En l'absence d'enjeux, il n'y a pas lieu de vouloir remédier à l'érosion (De la Torre et al., 2014). Lorsque des enjeux (humains, économiques, patrimoniaux, écologiques) sont menacés, deux stratégies principales sont à considérer (Tableau 18) :

- La réduction de l'aléa, c'est-à-dire la protection vis-à-vis du phénomène naturel soit par des moyens lourds (murs, enrochement, épis, jetées, brise-lames etc.), soit par une intervention plus limitée, appelées solutions douces (rechargement artificiel en sédiment, drainage, by-passing, ouvrage en géotextile, gestion de la dune etc.).
- La réduction des enjeux, soit en en redonnant au littoral l'espace nécessaire à son évolution naturelle (recul stratégique), soit en adoptant un aménagement adapté du bord de mer (constructions sur pilotis, etc.).

Tableau 18 : Modes de gestion de l'érosion côtière et applicabilité au PNBA.

Stratégie	Solution	Applicabilité	Justification
Réduction de l'aléa	Ouvrages lourds	Faible	Perturbations écologiques et paysagères trop importantes pour un Parc National. Coût trop élevé par rapport aux enjeux.
	Solutions douces	Modéré	Analyse coût-bénéfice par rapport à la relocalisation des habitations
Réduction des enjeux	Relocalisation des habitations	Forte	Solution progressive avec l'évolution du littoral. Pas de perturbation écologique. Pas de détérioration paysagère. Proximité des Imraguen à la mer préservée.
	Aménagement adapté du bord de mer	Faible	Les fonds sablo-vaseux du bord de mer. La mise sur pilotis est plus contraignante que de relocaliser les habitations. L'élévation du niveau de la mer

4. Discussion

Les taux d'atténuation exacts des vagues ne peuvent être évalués avec précision sans un déploiement annuel (ou pluriannuel) de capteurs sur l'ensemble du PNBA. Compte tenu des difficultés pratiques de mise en œuvre de telles études dans le PNBA, l'utilisation de valeurs de références issues de la littérature est le seul moyen d'apporter des éléments à la quantification de ce service. Cette étude a permis de mettre en évidence les capacités de chaque écosystème à absorber l'énergie des vagues. Les modèles et coefficients obtenus permettent d'estimer un taux d'atténuation par surface d'écosystème (longueur, largeur), que l'on peut pondérer ensuite en fonction de l'état écologique des habitats, voire de la rigidité des plantes. Bien que la majorité des variables biotiques puissent être prises en compte dans cette étude (Spalding et al., 2014), de nombreuses variables abiotiques doivent être incluses, en particulier la profondeur de l'eau (Koch et al., 2009 ; Christianen et al., 2013). Le réseau complexe de vasières intertidales entrecoupées de chenaux dans le PNBA complique la quantification du service de protection côtière pour une zone définie. La succession d'habitats, l'orientation de la houle et des vents, la courantologie, la bathymétrie, mais aussi la propagation des vagues (réflexion, réfraction, diffraction) dont la modélisation est extrêmement complexe (Jeschke et Wojtan, 2015), sont autant de paramètres influençant le service de protection côtière rendu par les écosystèmes marins. De plus, dans cette étude, nous avons considéré la qualité de la végétation hors sédiment, capable d'atténuer la vitesse du courant et la hauteur des vagues (Bouma et al., 2005 ; Gambi et al., 1990). Cependant, d'autres processus interviennent dans la protection côtière comme la capacité du système racinaire à stabiliser et piéger les sédiments (Bos et al., 2007 ; Christianen et al., 2013). Ainsi, il réduit l'érodabilité et permet de suivre l'élévation du niveau de la mer en maintenant un profil bathymétrique faible.

En l'état actuel des connaissances, la quantification du service de protection côtière ne peut pas être évaluée de manière satisfaisante pour la région du Banc d'Arguin. En considérant que les écosystèmes marins du PNBA assurent le même niveau de protection que des ouvrages lourds, un calcul très simple permet de multiplier le linéaire côtier présentant des enjeux

humains (3 700 m, dont 415 m présentant un risque fort et 1 408 m présentant un risque modéré) par le coût unitaire de construction et de maintenance d'un ouvrage lourd ou d'ouvrages plus raisonnés en Mauritanie. A titre d'information, le coût unitaire de conteneurs géotextile est d'environ 2000 € par mètre linéaire (m.l.) en France (BCEOM, 2004). En appliquant le transfert de valeur en fonction des PIB de la France en 2004 (33 874 USD/hab.) et de la Mauritanie en 2016 (1 077 USD/hab), la valeur unitaire est de 2 628 MRU/m.l. Extrapolé à l'ensemble des villages présentant un risque modéré à fort (1 823 m), la valeur totale atteindrait 4 790 844 MRU. Si l'on se réfère à un exemple de construction de digue en Mauritanie pour protéger 71 km d'axes hydrauliques dans la vallée du fleuve Sénégal, l'enveloppe budgétaire atteint 31,2 million MRU, soit 439,4 MRU/m.l (NEPAD et FAO, 2006). D'après cette valeur unitaire, la valeur totale de protection des villages à risque fort et modéré atteint 801 026 MRU soit 6 fois moins.

Compte tenu de la faible utilisation des terres près du littoral dans le PNBA, les enjeux sont très faibles. Iwik est le village qui, par le taux d'érosion observés depuis 2003 et la proximité des habitations à la côte, présente le plus fort risque d'inondation. Sa position géographique à la pointe d'un cap le rend plus vulnérable aux mouvements sédimentaires importants accentué par le chenal qui longe la côte. Les stratégies de gestion de l'érosion côtière dépendent du contexte naturel et anthropique. La majeure partie du littoral du PNBA n'est pas urbanisée. Il apparait nécessaire d'une part, de préserver l'espace nécessaire à l'évolution naturelle du littoral et d'autre part, de préserver les conditions environnementales favorables au développement des écosystèmes marins assurant un service de protection côtière. En cas d'occupation humaine dans les villages du PNBA, la relocalisation des activités et des biens serait la solution initiale à envisager en s'appuyant sur une analyse coût-bénéfice. En effet, la relocalisation est relativement aisée en l'absence d'infrastructures souterraines pour l'acheminement d'eau ou le rejet d'eaux usées. Certains villages ont déjà été relocalisés dans le passé (comm. pers. Sidi Cheikh). En cas de relocalisation si les inondations se font trop menaçantes pour les habitations, les Imraguens feraient parti de ces millions de gens à travers le monde amenés à être déplacés suite à l'élévation du niveau de la mer (GIEC, 2007 ; UNDP, 2008). La dépendance des Imraguens envers la mer (Le Cœur, 2011) implique de toujours garder une certaine proximité avec le littoral.

Si la relocalisation des biens n'est pas possible, les protections lourdes ou douces pourraient être considérées. Or, pour un site classé Parc National, site RAMSAR et appartenant au patrimoine mondial de l'UNESCO, les solutions dures ne sont pas envisageables. Parmi les solutions douces applicables dans le PNBA, nous pouvons citer la restauration ou la réhabilitation des habitats perdus ou endommagés (Spurgeon, 1998). Des expériences de restauration pour des herbiers à *Zostera marina* ont déjà eu lieu à grande échelles, et ont montré un fort taux de succès (Marion et Orth, 2010).

5. Conclusion

La lutte contre l'érosion du littoral est une préoccupation majeure à l'échelle du globe, et s'accentue face aux effets du changement climatique, dont l'élévation du niveau de la mer et l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes. Dans le cas du PNBA, les enjeux humains et économiques face à l'érosion des côtes et les risques d'inondations sont faibles.

Toutefois, plusieurs options sont à envisager dans un futur proche, à savoir la conservation des conditions environnementales existantes, qui nécessite une bonne compréhension et une surveillance accrue des habitats ; la restauration ou la réhabilitation de l'habitat perdu ou endommagé, qui nécessitent d'identifier et de réduire les sources de la dégradation en amont ; et si nécessaire la réinstallation des villages à risque plus loin des rives. Enfin, l'évaluation des services écosystémiques doit, dans la mesure du possible, se baser sur des évaluations directes, et éviter au maximum les transferts de valeurs pour des environnements aussi complexes que le Banc d'Arguin. A ce titre, la monétarisation du service de protection côtière pour le Parc National du Banc d'Arguin, ou d'autres régions isolées du monde est discutable. Sommes-nous soucieux de l'intégrité du trait de côte, en constante évolution, même en l'absence d'infrastructures humaines ? L'évaluation du service peut-elle se baser uniquement sur les coûts de dommages évités ? Afin d'y répondre de manière pragmatique, il convient de passer en revue les enjeux, les différents modes de gestion de l'érosion possibles et leurs applicabilités.

Chapitre 2 : Évaluation du service de bioremediation dans le Parc National du Banc d'Arguin, Mauritanie

Ewan Trégarot, Thibault Catry, Cindy Cornet, Auréa Pottier, Jean-Philippe Maréchal, Pierre Failler

1. Introduction

Dans les milieux marins côtiers, l'excès d'azote a des effets délétères sur l'environnement. À fortes concentrations, les nutriments azotés favorisent la prolifération d'algues, qui lors de leur dégradation, entraînent des phases d'anoxie et une forte mortalité des communautés de poissons (Boesch, 2002). La présence de végétation marine régule la concentration d'azote dans l'environnement en le conservant sous forme de biomasse végétale et en modifiant les conditions sédimentaires (sources de matière organique et d'oxygène) favorables aux processus biogéochimiques de dénitrification microbienne (McGlathery et al., 2007).

Le service écosystémique de traitement des eaux peut être défini comme la capacité d'un écosystème à absorber les nutriments. Ce service est généralement attribué au traitement des eaux de ruissellement ou des rejets d'eaux usées du bassin versant, pour lesquels le niveau d'épuration est insuffisant pour préserver l'environnement marin. Par conséquent, nous évaluons la valeur économique d'un écosystème par sa capacité à fournir un service que les humains ne fournissent pas ou ne peuvent se permettre de fournir. Lorsque les rejets d'origine terrestre sont quasi-inexistant, la notion de traitement des eaux devient plus subtile.

Dans le cas du Parc National du Banc d'Arguin, en Mauritanie, "préserver l'environnement marin" signifie préserver l'équilibre entre les herbiers, les vasières, et autres écosystèmes pour maintenir la faune benthique, les crustacés, les oiseaux marins et limicoles, les poissons, les mammifères marins, les tortues, les requins, etc. Les herbiers marins offrent un habitat, une aire d'alimentation et une zone de nurserie pour de nombreux invertébrés et poissons. Mais plus important encore, ils contribuent de manière importante aux cycles biogéochimiques, notamment celui de l'azote. L'assimilation des composés azotés par les végétaux est essentielle dans le contrôle de la production primaire et le bien-être des écosystèmes (Gruber et Galloway, 2008). L'azote est présent dans l'environnement sous une grande variété de formes chimiques, à la fois organiques (ammonium, nitrite, nitrate) pouvant être assimilées par les plantes dans les écosystèmes marins, et inorganiques (azote gazeux N_2, acides aminés et peptides). Les processus du cycle de l'azote transforment l'azote d'une forme à une autre (Figure 31). La plupart de ces processus sont réalisés par fixation biologique microbienne (Fowler et al., 2015 ; Sandoval-Gil et al., 2016).

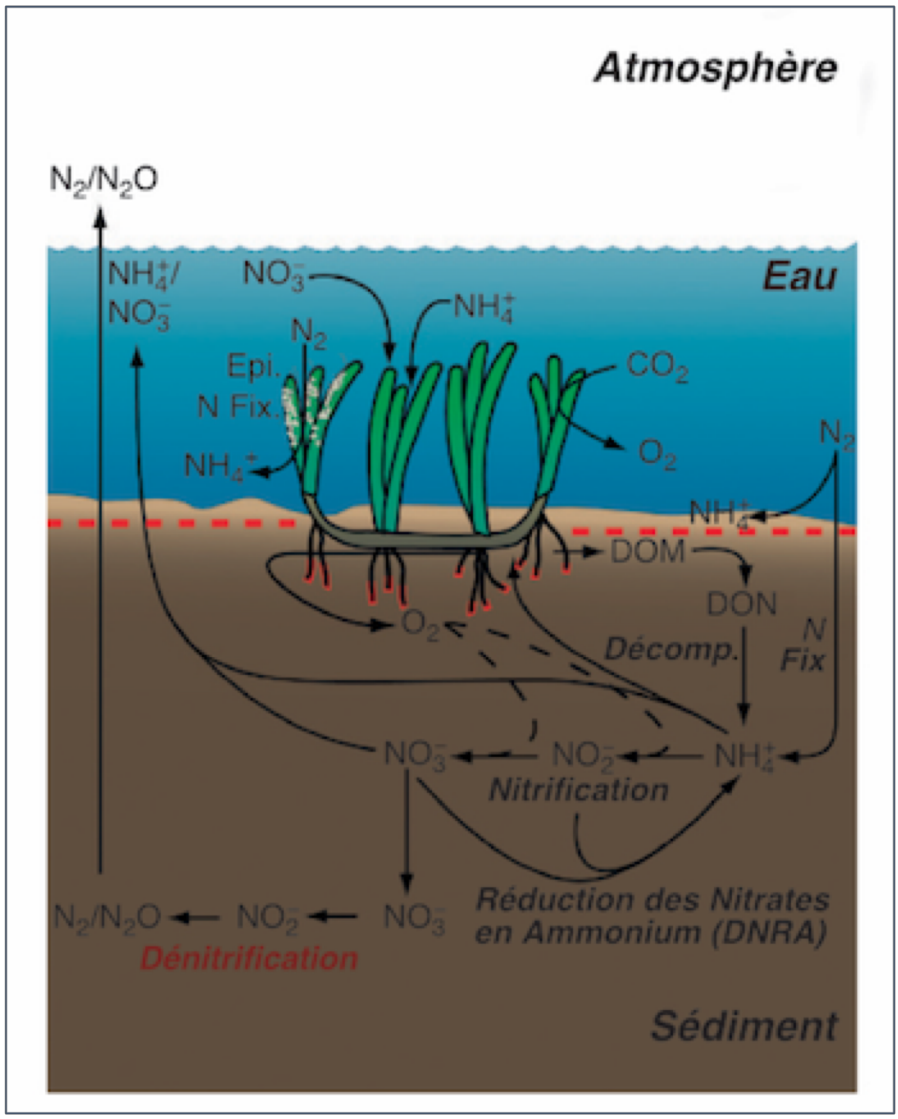


Figure 31 : Cycles biogéochimiques de l'azote pour les herbiers de phanérogames. Modifié d'après Capone et al. (2009).

Au sein du PNBA, la place des oiseaux dans le cycle des nutriments est très importante. En effet, des grandes populations d'oiseaux limicoles migrent le long de la façade Atlantique est pour rejoindre les milieux intertidaux du Banc d'Arguin en hiver (Altenburg et al., 1982 ; Smit et Piersma, 1989 ; van der Geest, 2013). Leur présence peut avoir une influence majeure sur la chimie du sol, le cycle de l'azote et d'autres éléments (Ligeza et Smal, 2003 ; Green et Elmberg, 2014). Les zones intertidales du PNBA sont en grande partie recouverte d'herbiers (Clavier et al., 2014) qui contribuent activement au traitement de l'eau contre une pollution qui, dans le cas du Banc d'Arguin, correspond essentiellement à l'apport naturel en nutriments provenant des déjections d'oiseaux. En absorbant les minéraux et les nutriments dissous pour leur propre croissance, cet apport en nutriments est favorable à la végétation marine du PNBA.

Il est important de différencier les processus et fonctions écosystémiques des services écosystémiques. Les processus et fonctions écosystémiques décrivent les relations biophysiques qui existent au sein d'un écosystème, peu importe s'ils bénéficient ou non aux

populations humaines. En revanche, les services écosystémiques sont les processus et les fonctions qui profitent aux populations, consciemment ou inconsciemment, directement ou indirectement. Ils n'existent que s'ils contribuent au bien-être humain et ne peuvent être définis de manière indépendante (Braat, 2014). Les liens entre les processus et fonctions écosystémiques et le bien-être humain sont complexes et les différentes voies ne sont toujours pas bien comprises. Une approche pluraliste et prudente doit être privilégiée pour évaluer ces liens et évaluer les avantages (Costanza et al., 2017). Le service d'épuration des eaux serait négligeable si nous prenions uniquement en compte les rejets "d'eaux usées" ou le ruissellement du bassin versant. Toutefois, si nous considérons l'apport en nutriment rejetés par les populations d'oiseaux (~ 2 millions), de la faune benthique et des poissons, la présence d'herbiers prend alors un tout autre sens. Ces processus biogéochimiques assurent le bon fonctionnement des écosystèmes et maintient indirectement les services écosystémiques bénéfiques aux populations humaines. L'objet de notre étude est d'évaluer les capacités de bioremédiation des écosystèmes marins du PNBA et d'estimer leurs valeurs économiques.

2. Materiels et Methodes

2.1. Site d'étude

L'étude a été réalisée en avril 2018 dans le Parc National du Banc d'Arguin, en Mauritanie. Le domaine maritime du parc est relativement peu profond (inférieur à 20 m) et est recouvert de vastes étendues d'herbiers et de vasières. Les échanges et la circulation de l'eau proviennent essentiellement des courants de marées et de vent (Peters, 1976). Du côté terrestre, les conditions arides prévalent pendant la majeure partie de l'année, les apports en eau et en nutriments par ruissellement sont, en conséquence, quasi-inexistants dans les milieux côtiers du PNBA.

2.2. Service de bioremédiation

La valeur du traitement de l'eau (TE) est obtenue à partir de la capacité de dénitrification de l'écosystème et du coût d'élimination d'un kilogramme d'azote par des artefacts technologiques (Trégarot et al., 2017) tels que :

$$TE = \sum_i S_i \times D_i \times E_i \times C_{N-élimination}$$

où i est l'écosystème assurant un service de traitement des eaux, S est la surface de l'écosystème en km^2, D est le taux de dénitrification en tN/km^2, E est l'état écologique de l'écosystème, et $C_{N\text{-élimination}}$ est le coût de traitement d'une tonne d'azote pour une station d'épuration en Mauritanie, exprimé en Ouiguiyas Mauritanien (MRU).

2.2.1. Cartographie des écosystèmes

Les habitats marins côtiers ont été échantillonnés du Cap Sainte-Anne au nord jusqu'au Cap Timiris au sud en avril 2018. Plus de 250 stations ont été échantillonnées, approchées par bateau en naviguant le long des principaux chenaux intertidaux (Figure 7). Les vérités terrain ont permis d'exploiter les images satellites de Sentinel 2 (résolution 10 m - gratuite), Spot 6 (résolution 1,5 m) ont été analysées pour cartographier les écosystèmes côtiers marins (cf Partie 1, Chapitre 1). L'état écologique a été caractérisé pour les herbiers de phanérogames marines et évalué visuellement d'après la longueur des feuilles et la densité des plants.

2.2.2. Taux de dénitrification

Peu de mécanismes existent par lesquels l'azote peut être éliminé de l'environnement. La dénitrification transforme l'azote biologiquement disponible et le libère dans l'atmosphère sous forme d'azote gazeux, que ce soit sous la forme de diazote (N_2) ou de protoxyde d'azote (N_2O) (Capone et al., 2008). La dénitrification a été identifié comme un mécanisme important d'élimination de l'azote des eaux côtières (Seitzinger et al., 2006).

Une revue de la littérature sur les taux de dénitrification des écosystèmes identifiés dans le PNBA a été réalisée. Lorsque les données brutes n'étaient pas mentionnées dans le texte, le logiciel en ligne WebPlotDigitizer v4.1 (http://arohatgi.info/WebPlotDigitizer/) était utilisé pour extraire les données graphiques. Les valeurs médianes et les seuils inférieurs et supérieurs de dénitrification pour chaque écosystème ont été calculés.

2.2.3. Pondération des fonctions de production

La pondération des fonctions de production dépend essentiellement de l'état écologique des écosystèmes. La notion d'écosystème dégradé nécessite des analyses temporelles en référence à un état initial. En fonction de l'évolution des communautés qui composent l'écosystème, des classes d'état écologique peuvent être attribuées, auxquelles sont adossés des facteurs de pondération. Dans le cadre du présent rapport, la pondération est relative à la densité des peuplements : dense, moyennement dense et peu dense. Il en résulte une pondération simple du service de bioremédiation de 100%, 50% et 25% selon le niveau de densité attribué à l'écosystème.

2.2.4. Coût de traitement de l'azote

Afin d'évaluer le coût de l'élimination de l'azote, une combinaison du coût d'investissement et des coûts d'exploitation et de maintenance ont été utilisés pour calculer le coût d'élimination d'un kilogramme d'azote en Mauritanie. Ces coûts se basent sur la construction d'une station d'épuration par lagunage aérée prévue lors de la première phase de réalisation du projet d'assainissement de la ville de Nouakchott, pour l'horizon 2020, avec pour objectif de raccorder 316 000 personnes au réseau (CID et SCET RIM, 2007). Un amortissement sur 10 ans a été pris en compte pour ne pas surévaluer la valeur de traitement des déchets azotés (JJ. Environmental, 2015).

3. RESULTATS

3.1. Cartographie des écosystèmes marins du PNBA et état écologique.

Les écosystèmes marins côtiers du PNBA se composent majoritairement d'herbiers de phanérogames, de vasières, de marais salés et de mangroves (Figure 11). Au sein des herbiers, deux espèces majoritaires apparaissent, l'une subtidale (*Cymodocea nodosa*) est immergée en permanence et couvre une surface de 221,8 km^2. L'autre espèce est intertidale (*Zostera noltii*), elle émerge donc au rythme des marées et couvre une surface de 452,4 km^2. Au total, les herbiers couvrent une surface de 674,2 km^2. Une part importante des zones intertidales est occupée par des vasières nues, qui occupent au total 121,2 km^2. Un peu plus haut sur le littoral, les marais salés et les mangroves occupent respectivement 26,1 km^2 et 0,8 km^2 (cf. Partie 1, Chapitre 1). Les surfaces de chaque écosystème par niveau de densité est détaillé dans le tableau 19.

Tableau 19 : Surfaces des écosystèmes (exprimée en km^2) par niveau de densité dans le PNBA.

Écosystèmes	Peu dense	Moyennement dense	Dense
Cymodocea nodosa	145	55	22
Zostera noltii	163	219	70
Mangroves	0,6	0,2	0,1
Marais salés	11,4	-	14,7

3.2. Taux de dénitrification

Les taux de dénitrifications mesurés sont très variables pour un même écosystème. Les données sont issues des travaux de Abd Aziz et Nedwell (1986), Alongi et al. (2002), Anderson et al. (1997), Blackburn et al. (1994), Caffrey et Kemp (1990), Corredor et Morell (1994, 1999), Davis et al. (2004), DeLaune et al. (1989), Ericksson et al. (2003), Eyre et Ferguson (2002), Fernandes et al. (2010), Haines et al. (1977), Hamersley et Howes (2003, 2005), Iizumi (1986), Iizumi et al. (1980), Joye et Paerl (1994), Kaplan et al. (1979), Kasper (1983), Kemp et Cornwell (2001), Koch et al. (1992), Miyajima et al. (2001), Nowicki et al. (1999), Ottosen et al. (1999), Risgaard-Petersen et Ottosen (2000), Risgaard-Petersen et al. (1998), Rivera-Monroy et al. (1995, 1996), Rysgaard et al. (1996), Smith et al. (1985), Thompson et al. (1995), Tobias et al. (2003), Welsh et al. (2000), White et Howes (1994). Les différences observées entre les écosystèmes ne sont pas significatives (Figure 32).

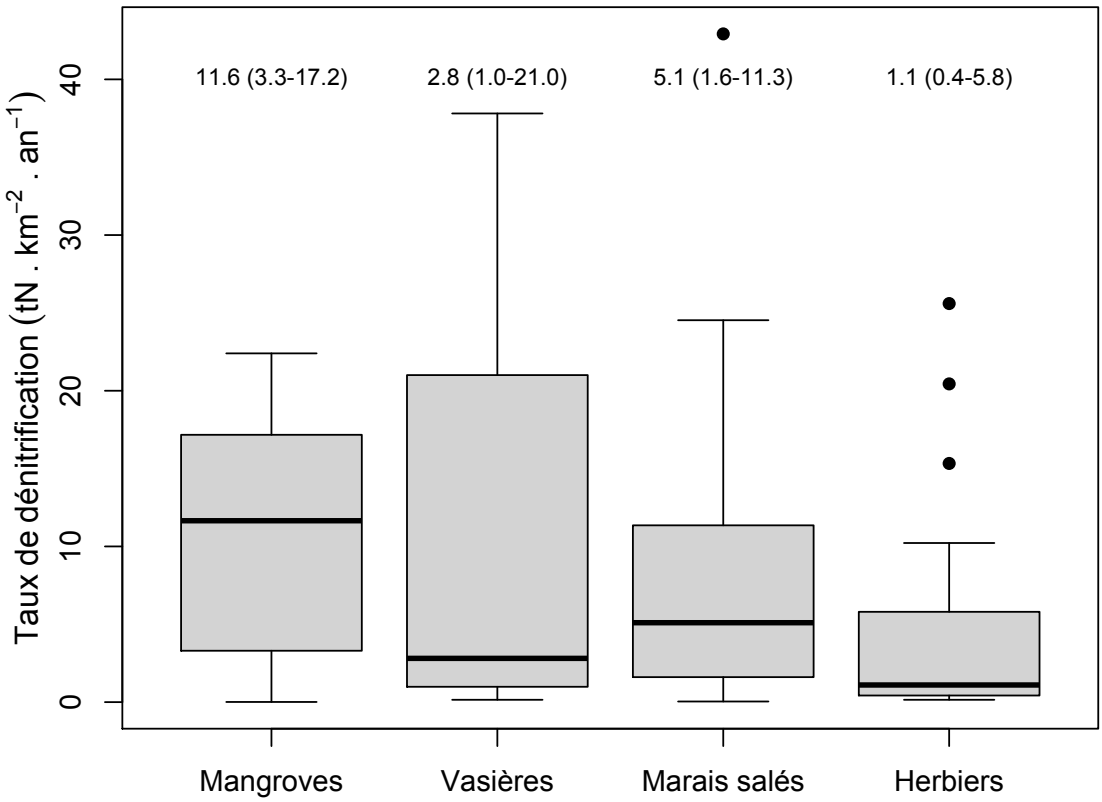


Figure 32 : Taux de dénitrification des écosystèmes marins côtiers du PNBA, les valeurs médianes (et l'écart interquartile) en tN.km^{-2}.an^{-1} sont présentées.

D'après les données de la littérature, les mangroves ont la plus forte valeur médiane de dénitrification (11,6 tN/km^2/an), environ deux fois supérieure à celle des marais salés (5,1 tN/km^2/an). Les vasières enregistrent des taux de dénitrification supérieurs à ceux des herbiers avec respectivement 2,8 et 1,1 tN/km^2/an.

3.3. Coût de traitement de l'azote

Le coût de l'élimination de l'azote a été déduit du plan directeur d'assainissement de l'eau de la ville de Nouakchott à l'horizon 2020 (CID et SCET RIM, 2007). Au cours de la première phase du projet, 316 000 habitants seront raccordés au réseau de traitement des eaux et une station d'épuration des eaux à lagunage aéré (d'une valeur de 273 millions de MRU HT) sera installée, recevant une charge polluante domestique quotidienne de 6 570 kg de DBO5 (Demande Biologique en Oxygène) soit 1 642 kg d'azote (IFREMER Environnement, 2018). Nous avons pris en compte la taxe de 14 % en Mauritanie, et un coût d'exploitation annuelle (personnel et maintenance) équivalent à 2,2 % du coût d'investissement (AERM, 2007). Considérant une période d'amortissement de 10 ans (JJ. Environmental, 2015), le coût annuel de la station d'épuration est de 37 968 840 MRU et 599 512 kg d'azote seront traités annuellement. En conséquence, le coût de traitement d'un kilogramme d'azote est de 63,3 MRU ou 1,52 EUR.

3.4. Évaluation économique du service de bioremédiation

D'après les surfaces de chaque écosystème, leur état écologique, les taux de dénitrifications et la valeur de traitement d'une tonne d'azote (63 332,9 MRU), la valeur totale du service de bioremédiation pour les écosystèmes marins du PNBA atteint 46 326 750 MRU/an (Tableau 20). Les herbiers et les vasières assurent respectivement 46 % du service de bioremédiation. La valeur de traitement des eaux des marais salés atteint 3 294 577 MRU/an contre 257 132 MRU/an pour les mangroves.

Tableau 20 : Valeur économique de bioremédiation par écosystème dans le PNBA.

Écosystème	Surface S_i (km^2)	Dénitrification D_i (tN/km^2/an)	Valeur totale médiane (MRU)	Valeur totale basse (MRU)	Valeur totale haute (MRU)
Mangroves	0,8	11,6 (3,3-17,2)	257 132	73 149	381 264
Vasières	121,0	2,8 (1,0-21,0)	21 457 187	7 663 281	160 928 899
Marais salés	26,1	5,1 (1,6-11,3)	3 294 577	1 033 593	7 299 750
Herbiers	673,8	1,1 (0,4-5,8)	21 317 854	7 751 947	112 403 231
			46 326 750	16 521 970	281 013 144

4. Discussion

4.1. La pollution au PNBA

Les rejets d'eaux usées sont quasi-inexistants au sein même du Parc National du Banc d'Arguin, étant donnée la très faible population d'Imraguen, environ 1 300 habitants (Fall, 2014), pour une surface maritime de 5 400 km^2. Toutefois, des pollutions peuvent provenir de l'extérieur du parc, notamment de Nouadhibou. En effet, toutes les eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Nouadhibou (132 246 habitants - 2017) sont évacuées sans traitement dans la baie du Lévrier. Par exemple, l'industrie de transformation du poisson rejette de grandes quantités d'eaux usées ayant une forte demande biologique en oxygène. A ce titre, la mise en place d'un réseau de collecte des eaux usées de la Zone Franche de Nouadhibou est prévue à l'horizon 2035 (www.ppp.gov.mr/). Les navires qui empruntent les routes de Nouadhibou sont également une source majeure de pollution. On estime que chaque année, plus de 8 000 tonnes de pétrole sont perdues ou délibérément déversées dans la baie du Lévrier. Ces mêmes navires relarguent aussi de grandes quantités de déchets solides. Enfin, nous pouvons aussi évoquer l'installation d'un chargement de minerai de fer à Cansado conduit à des dépôts de poussières dans la baie du Lévrier. En raison des vents et des courants dominants, ces poussières et des déchets flottants dérivent en direction du sud vers le PNBA (Dedah, 1993). Cette zone du PNBA rassemble la majorité des écosystèmes marins côtiers ayant des capacités de bioremédiation : herbiers (674 km^2) et vasières (121 km^2), marais salés (26 km^2) et mangroves (0,8 km^2). Ce rapport présente la capacité d'absorption des nutriments azotés, mais d'autres polluants (ex. métaux lourds), sont aussi absorbés et accumulés par les herbiers (Smith, 2018), les marais salés (Negrin et al., 2018) et les mangroves (Kannan et al., 2016).

4.2. Valeur économique du service de bioremédiation au PNBA

La valeur économique du service de bioremédiation rendu par les écosystèmes marins du PNBA atteint 46,3 millions MRU/an. Les herbiers et les vasières comptent chacun pour 46% du montant total, les marais salés représentent 7% de la valeur, et les mangroves assurent moins d'1% du service de bioremédiation rendu par l'ensemble des écosystèmes du PNBA. En prenant en compte la variabilité du taux de dénitrification dans l'évaluation monétaire, la valeur totale est comprise entre 16,5 millions MRU/an à 281,0 millions MRU/an, soit un facteur 17. Cette grande différence entre les estimations basses et hautes des taux de dénitrification s'explique notamment par la variabilité des méthodes de mesures. En effet, selon Reis et al. (2017), sur 13 études ayant portées sur le cycle de l'azote dans les mangroves, 8 méthodes différentes ont été utilisées.

De nombreuses études ont estimé les taux de dénitrification dans les sédiments recouverts d'herbiers et une large gamme de valeurs ont été rapportées (Capone et al., 2008). La variation semble être liée à la disponibilité de l'azote dans les sédiments, ainsi qu'aux caractéristiques propres à l'espèce. Des études sur la variabilité journalière et saisonnière de l'activité de dénitrification dans les herbiers tempérés et tropicaux/subtropicaux suggèrent que les variations de nitrification/dénitrification sont en parties liées aux variations de libération d'oxygène par les racines et d'absorption d'ammonium (NH_4) par les plantes (Blackburn et al., 1994 ; Risgaard-Petersen et Ottosen, 2000 ; Risgaard-Petersen et al., 1998 ; Welsh et al. 2000).

Outre les différences dans les taux de dénitrification, le coût de référence de traitement d'un kilogramme d'azote est très variable. Dans le cadre de notre étude, la valeur de référence obtenue pour le traitement d'un kilo d'azote est de 63,3 MRU/kg (1,77 USD), en accord avec les récentes études. En effet, J.J. Environmental (2015) a évalué le coût incrémental d'élimination d'un kilo d'azote entre 1,12 et 11,22 USD/kg en suivant des solutions peu coûteuses pour moderniser et rendre plus efficace 20 stations d'épurations aux États-Unis. Des solutions peu coûteuses ont vu le jour récemment, comme le système de désammonification latérale ANITA™ Mox (Lemaire et al., 2014) mis au point par Veolia pour l'élimination de l'ammoniac et de l'azote total. Les estimations montrent que ANITA™ Mox coûte 2,09 USD/kgN, tandis que la solution BNR (Biological Nutrient Removal) classique la plus rentable est estimée à 5,86 USD/kgN (Thomson, 2016). En prenant en compte la valeur de 1,77 USD/kgN obtenue dans notre étude, et la valeur médiane de dénitrification des herbiers à 1,1 tN/km^2/an soit 11 kg/ha/an, la valeur du service atteint 19,47 USD/ha/an. Cette valeur est quasiment 1000 fois plus faible que les 19 002 USD/ha/an avancée par Costanza et al. (1997), ou environ 60 fois plus faible à celle de Piehler et Smyth (2011) qui estiment la valeur économique du service d'élimination de l'azote par les herbiers à 1 200 USD/ha/an. Les valeurs de références varient aussi au sein d'un même secteur géographique. Piehler et Smyth (2011) se sont basés sur une valeur de référence de 13 USD/kgN contre 28,23 USD/kgN pour Grabowski et al. (2012), pour des études en Caroline du Nord aux États-Unis. Il convient donc de bien définir et justifier la valeur de référence pour une évaluation économique qui soit en accord avec la région d'étude.

4.3. Absorption de nitrates vs. Émissions de N_2O

L'absorption des nutriments azotés par les écosystèmes marins est un processus écologique indispensable au bon fonctionnement des écosystèmes, et à la productivité primaire. Toutefois, le cycle de l'azote est bien plus complexe (Capone et al., 2008). Certains processus

comme l'enfouissement de l'azote dans le sédiment, le broutage des plantes par les herbivores et l'exportation de la litière en décomposition (sur les plages par exemple) seraient idéalement à prendre en compte dans le cycle global de l'azote dans les écosystèmes du PNBA. Un autre aspect du cycle de l'azote est la part de protoxyde d'azote (N_2O) libéré dans l'atmosphère suite au processus de nitrification/dénitrification, qui augmente avec un enrichissement en matière azotée (Kreuzwieser et al., 2003 ; Fernandes et al., 2010). Le protoxyde d'azote est un puissant gaz à effet de serre avec un potentiel de réchauffement de la planète environ 298 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone : CO_2, et environ 12 fois celui du méthane : CH_4 (Forster et al., 2007). Ces émissions constituent la principale source de dégradation de la couche d'ozone (Ravishankara et al., 2009). Définir si le PNBA est hautement enrichi en nutriments par la présence des oiseaux et des fortes concentrations de mollusques, renseignerait dans un premier temps sur les émissions potentielles de protoxyde d'azote. En effet, le niveau d'enrichissement du milieu modifie le bilan net d'émissions de N_2O par exemple dans les marais salés (Rhougan et al., 2018). Dans certains cas, les mangroves à fortes teneurs en carbone dans les sédiments, assimileraient le N_2O pour assurer les processus de dénitrification (Erler et al., 2015). La dynamique du N_2O est encore peu étudiée dans de nombreux habitats marins côtiers, notamment les herbiers (Murray et al., 2015), et mériterait une plus grande attention afin d'évaluer le budget global de N_2O, et de réduire l'incertitude entourant les prévisions d'émissions de protoxyde d'azote par les écosystèmes marins. Si tel était le cas dans le PNBA, il faudrait contrebalancer les bénéfices d'absorption et de stockage du carbone, par les émissions de protoxyde d'azote (Rhougan et al., 2018), et dans la même logique, intégrer les émissions de méthane. En effet, les zones humides sont considérées comme l'un des plus gros contributeurs (environ 30%) des rejets mondiaux de méthane (IPCC, 2013).

5. Conclusion

Les transferts de valeurs et l'extrapolation des taux d'absorption et de stockage des éléments nutritifs à l'ensemble du PNBA sont risqués. Toutefois, cette étude tient compte de la variabilité inter- et intra- spécifique pour chaque écosystème, et le service a été pondéré d'après l'état écologique des herbiers. L'évaluation économique du service de bioremédiation repose sur les taux de dénitrification de chaque écosystème marin et du coût d'élimination d'un kilogramme d'azote en Mauritanie. La valeur totale du service de bioremédiation atteint 46,3 millions MRU/an, avec une valeur basse de 16,5 millions MRU/an et une valeur haute de 281 millions MRU/an. Des mesures locales des taux de dénitrification pour chaque écosystème permettrait d'affiner sensiblement la fourchette monétaire du service rendu. Aussi, cette étude soulève un grand besoin de développer des programmes de recherche coordonnés au niveau mondial, avec des méthodologies standardisées, à des échelles spatiales et temporelles plus grandes.

CHAPITRE 3 : SEQUESTRATION CARBONE DANS LES ECOSYSTEMES BENTHIQUES DU BANC D'ARGUIN

Jean-Philippe Maréchal, Ewan Trégarot, Auréa Pottier, Thibault Catry, Pierre Failler

1. LE "CARBONE BLEU" DES ECOSYSTEMES MARINS

Les écosystèmes marins côtiers sont essentiels aux populations humaines. Ils hébergent une biodiversité très diversifiée sur laquelle repose le fonctionnement et l'équilibre écologique. Les herbiers, mangroves et marais salés procurent des services écosystémiques qui assurent la survie des populations, et permettent également d'absorber une partie des effets des changements climatiques. Parmi l'ensemble de ces services, les services d'usages indirects englobent la capacité des écosystèmes à mitiger les répercussions des changements climatiques, les effets des pollutions, mais également à fournir des ressources exploitables à travers la production de biomasse (Chmura et al., 2003, Duarte et al., 2004 ; Bouillon et al., 2008 ; Kennedy et al., 2010 ; Ray et al., 2011 ; Sikamaki et al., 2012 ; Sousa et al., 2012 ; Duarte et al., 2013 ; Macreadie et al., 2017).

Dans le contexte du réchauffement climatique, ces écosystèmes sont en mesure d'atténuer les effets liés au excès de CO_2 en séquestrant et en stockant des quantités de carbone très importantes à l'échelle mondiale. Ce stock de carbone est généralement appelé carbone bleu (Chmura et al., 2003 ; Duarte et al., 2005 ; Bouillon et al., 2008 ; Lo Iacono et al., 2008 ; Duarte et al., 2010 ; Kennedy et al., 2010 ; Donato et al., 2011 ; Mcleod et al., 2011 ; Fourqurean et al., 2012 ; Pendleton et al., 2012).

La plupart des écosystèmes marins côtiers endurent de multiples agressions et leur intégrité écologique est remise en question sur de nombreux littoraux. L'ensemble de ces atteintes a été évalué à 340 000 - 980 000 ha détruits chaque année (Murray et al., 2011). Il est estimé que 67% des mangroves, 35% des marais salants et 29% des herbiers ont été détruits à l'échelle globale. Selon Pendleton et al. (2012), le rythme actuel de dégradation des écosystèmes marins côtiers conduirait à la perte de 30 à 40% des marais et des herbiers non protégés et quasiment toutes les mangroves non protégées, au cours des cent prochaines années.

Les nombreuses références citées plus haut pointent l'intérêt croissant pour l'évaluation des capacités de séquestration du carbone atmosphérique par les écosystèmes marins côtiers (puits de carbone) et leur risque d'émission de carbone avec leur dégradation (source de carbone). Les évaluations de plus en plus nombreuses ont permis d'inclure ces écosystèmes dans les mécanismes internationaux et nationaux de politique environnementale et de financement. Cette possibilité d'incorporer le carbone bleu dans les politiques internationales pourrait améliorer la conservation des écosystèmes côtiers (protection et restauration), favorisant leur capacité à fournir des services écosystémiques.

Le carbone bleu est le carbone stocké dans les mangroves, les marais salés, les herbiers et vasières, à la fois dans la biomasse vivante hors-sol (feuilles, branches, tiges), la biomasse vivante souterraine (racines, rhizome), et non vivante (ex. litière et bois mort) (Mcleod et al., 2011). Ce carbone est séquestré dans la biomasse des plantes vivantes pendant des périodes courtes (années à décennies), comme dans les écosystèmes terrestres. Cependant, le temps

de résidence du carbone organique sédimentaire dans les fonds marins est beaucoup plus long (siècles), représentant des stocks de carbone conséquents (Duarte et al., 2005 ; Lo Iacono et al., 2008). Cette différence est essentiellement due aux conditions anoxiques des fonds marins gorgés d'eau, limitant fortement l'activité bactérienne. Cette dynamique contribue à l'accumulation continue du carbone dans le temps (Chmura et al., 2003).

Deux sources sont distinguées : le carbone d'origine autochtone, et celui provenant de sources extérieures à l'écosystème (allochtone) (Middelburg et al., 1997, Kennedy et al., 2010). Le carbone autochtone est produit et stocké au sein même de l'écosystème. Les plantes prélèvent le dioxyde de carbone (CO_2) de l'atmosphère et/ou de l'océan par la photosynthèse (production primaire) et le convertissent pour produire de la matière organique végétale au cours de leur croissance (feuilles, tiges, racines, rhizomes). La biomasse végétale produite dans les racines se décompose très lentement dans des conditions anaérobies des sédiments, stockant une part importante du carbone dans les sols. Le carbone allochtone est produit à un endroit et déposé à un autre.

Les écosystèmes marins qui stockent le carbone sont localisés dans des environnements à fort hydrodynamisme (vagues, courants, marées). Les sédiments et débris organiques sont transportés vers d'autres compartiments. Ils peuvent provenir du large ou bien être d'origine terrestre. Les plantes des mangroves, herbiers et marais salés ont des structures racinaires complexes qui leur permettent de retenir efficacement les sédiments, augmentant le stock de carbone local.

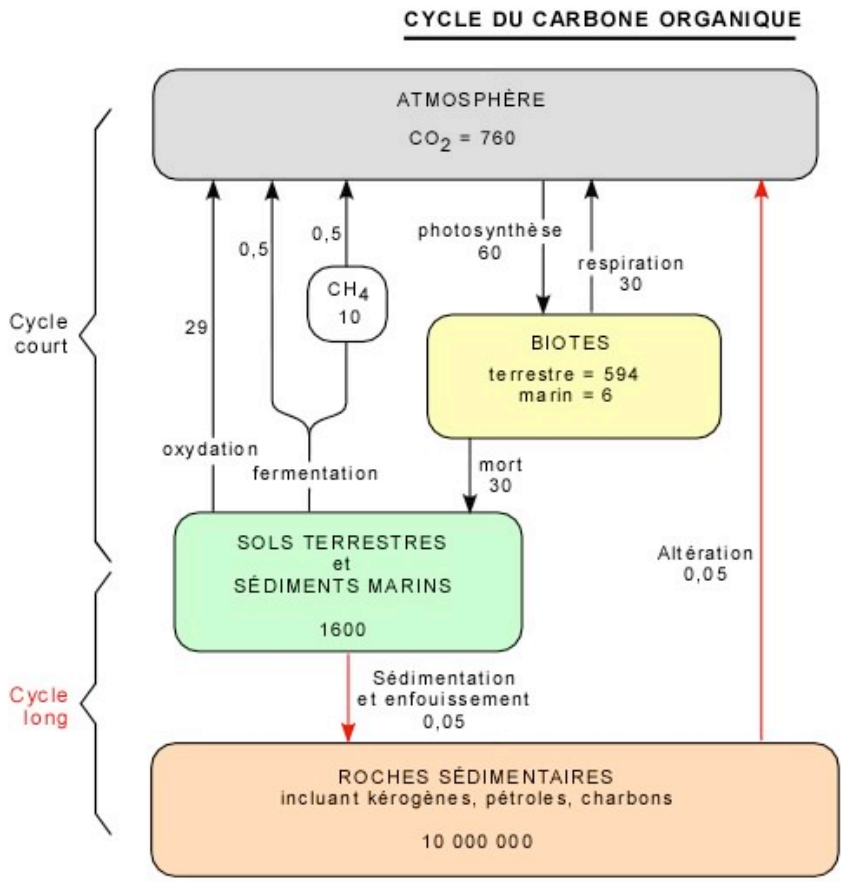


Figure 33 : Cycle du carbone organique. Valeurs en Gtc (gigatonnes de carbone). D'après Kump, Kasting et Crane, 1999.

2. METHODOLOGIE

La méthodologie générale utilisée pour estimer les valeurs d'usage indirect prévoit cinq étapes :

> Étape 1 : identification des différentes valeurs d'usage indirect
> Étape 2 : cartographie des écosystèmes et caractérisation de leur état de santé
> Étape 3 : calcul de la fonction de production
> Étape 4 : application d'un coefficient de pondération
> Étape 5 : détermination de la valeur (monétaire) d'usage indirect

Service	Méthode d'évaluation	Données nécessaires
Stockage du carbone	Méthode d'estimation de la fonction de production	• Surface des écosystèmes • Taux d'absorption moyen du carbone par l'écosystème/espèces • Taux de stockage du carbone dans la biomasse/espèces • Taux de stockage du carbone dans les sols/espèces • Taux de production de biomasse végétale/espèces

La méthode d'évaluation de la fonction séquestration/stockage carbone se décline par écosystème, et si possible par espèce, avec comme données entrantes la surface (ha), l'état écologique de l'écosystème (densité, hauteur de la canopée), la production primaire brute (-tC/ha/an), la respiration de la communauté (+tC/ha/an), le taux d'enfouissement carbone (-tC/ha/an) et la valeur monétaire de la tonne de carbone.

La pondération des fonctions de production dépend essentiellement de l'état écologique des écosystèmes. La notion d'écosystème dégradé nécessite des analyses temporelles en référence à un état initial. En fonction de l'évolution des communautés qui composent l'écosystème, des classes d'état écologique peuvent être attribuées, auxquelles sont adossés des facteurs de pondération. Dans le cadre du présent rapport, la pondération est relative à la densité des peuplements : dense, moyennement dense et peu dense. Il en résulte une pondération simple du service de séquestration carbone de 100%, 50% et 25% selon le niveau de densité attribué à l'écosystème.

La fonction de séquestration/stockage de carbone peut être évaluée à partir de plusieurs valeurs comme la valeur en bourse, le coût d'investissement, le coût incrémental du produit, le coût de CO_2 évité ou encore le coût de CO_2 capturé ou retiré. A ce jour, il n'y a aucune initiative nationale ou régionale de tarification du carbone en Afrique (à l'exception de l'Afrique du Sud). Dans le cadre de l'Accord Climat Paris, la Mauritanie s'est engagée à réduire les

émissions de gaz à effet de serre (GES) de 22,3% d'ici 2030, soit 33,56 Mt CO_2eq. Pour atteindre ses ambitions d'atténuation des GES en 2030, la Mauritanie aura besoin d'une enveloppe financière globale de 9,3 milliards de dollars américains, ce qui correspond au coût de CO_2 évité. Il en découle une valeur théorique de la tonne de CO_2 en Mauritanie de 277 USD (224 EUR ou 9 930 MRU).

3. RESULTATS

3.1. Le carbone dans les herbiers de phanérogames

Les herbiers stockent environ 10 à 15% du carbone organique océanique (Duarte et al., 2004, Kennedy et Björk, 2009), ce qui représenterait le taux d'accumulation de carbone bleu le plus élevé à l'échelle mondiale (Kennedy et al., 2011). Cette fonction puits de carbone des herbiers dépend de l'approvisionnement en carbone. Elle est liée à des processus multiples et complexes (Duarte et Cebrian, 1996 ; Cebrian, 1999). Les herbiers sont généralement considérés comme des communautés autotrophiques se comportant comme des puits de carbone.

La plupart des herbiers sont des systèmes autotrophes nets (la production primaire brute dépasse la respiration, Duarte et al., 2010), dans lesquels l'activité photosynthétique favorise une production primaire nette élevée et une séquestration efficace du carbone dans la biomasse. Cette biomasse est très importante, mais constitue cependant une composante mineure dans le stockage du carbone en comparaison du substrat sédimentaire, très riche en matière organique (Duarte et al., 2013). La biomasse favorise quand même le stockage du carbone organique sédimentaire (C_{org}), en raison notamment de la production des racines et de leur taux de renouvellement rapide (Duarte et Chiscano, 1999 ; Duarte et al., 2013). Outre la source métabolique de C_{org} sédimentaire provenant de l'activité photosynthétique des phanérogames, la canopée piège également des matières organiques en suspension, les retenant dans les sédiments sous forme de matière organique accumulée (Hendriks et al., 2008). L'efficacité avec laquelle les sédiments emmagasinent le C_{org} est influencée par leur densité, porosité et granulométrie (Avnimelech et al., 2001 ; Dahl et al., 2016). La séquestration du carbone et la capacité de stockage sont donc déterminées en partie par des processus influençant la quantité de carbone allochtone dérivé (terrestre et océanique) dans les sédiments des herbiers (Agawin et Duarte, 2002) et en partie par la composition des sédiments.

Les herbiers marins ont une capacité métabolique élevée et fonctionnent comme des puits de carbone, avec la capacité d'agréger d'importantes quantités de carbone dans les sédiments sur plusieurs millénaires. Les temps de résidence du C_{org} sédimentaire dans les herbiers sont remarquables et en font des écosystèmes parmi les plus riches en carbone.

L'évaluation de la capacité de séquestration carbone passe par la compréhension des bilans carbone des écosystèmes. En effet, le bilan carbone global d'un écosystème est défini par la quantité de carbone stocké et altéré par la libération de carbone de ce stock. Cette dynamique constitue un flux carbone (Macreadie et al., 2014 ; Macreadie et al., 2017). L'estimation simplifiée du stock de carbone n'est alors pas suffisante pour évaluer si ce stock est stable,

augmente ou diminue. Cette dynamique est fortement corrélée à l'état écologique des écosystèmes. Les herbiers peuvent se comporter comme des puits de carbone en séquestrant le carbone et en l'enfouissant dans les sédiments. Mais ils peuvent aussi devenir des sources de carbone en libérant du carbone dans l'eau puis dans l'atmosphère, lorsqu'ils sont dégradés.

La production nette de l'écosystème (PNE) est alors calculée en soustrayant la respiration de l'écosystème (RE - production de CO_2 par les plantes et les activités de décomposition de la matière organique par les communautés bactériennes) à la production primaire brute (PPB - activité photosynthétique de capture du CO_2). On obtient ainsi PNE = PPB – RE.

Il s'ensuit que dans un herbier séquestrant activement du carbone, la production de carbone est supérieure à celle issue de la respiration de l'écosystème (PPB > RE). Un herbier stable aura un taux de production de carbone égal à la respiration de l'écosystème (PPB = RE). Enfin, un herbier dégradé produira plus de carbone par la respiration qu'il n'en absorbera par photosynthèse (PPB < RE). Ce schéma très simpliste de la séquestration de carbone par les herbiers ne tient pas compte de deux facteurs supplémentaires : l'importation (I) (importation de carbone allochtone - Kennedy et al., 2010) et l'exportation (E) de carbone (ex. consommation par les brouteurs - Valentine et Heck, 1999). Par conséquent, la quantité de carbone stockée équivaut à (S) = PPB + I - RE - E.

Le carbone est stocké dans les plantes, à la fois dans les feuilles, les racines et le rhizome, et dans le sédiment sous une forme organique (bactéries, microalgues, macroalgues et déchets) et inorganique (carbonates). Le CO_2 est assimilé par les phanérogames (et les algues) par photosynthèse. Dans le rhizome, le carbone est stocké sous la forme de sucres (glucides) utilisés par la plante, où libéré dans le sédiment où il est intégré dans les boucles microbiennes de la production secondaire. Le carbone est utilisé par la plante pour élaborer des tissus de structure comme les feuilles, et décomposé par les bactéries et recyclé sous forme dissoute dans l'eau (seulement 20% de la biomasse des herbiers produite est consommée par des herbivores). Dans ces deux cas, le carbone est stocké sur le court terme et ne peut être considéré comme une part du stock de carbone. Les racines et le rhizome, qui se développent dans les conditions anoxiques dans le sédiment, ont une très faible valeur nutritionnelle pour les bactéries (concentrations faibles en nitrates et phosphates) et se décomposent de fait très lentement. L'accumulation du carbone dans les sédiments correspond alors à un stockage à long terme, sur plusieurs siècles (Mateo et al., 1997 ; Serrano et al., 2012) et constitue ainsi la forme de stockage la plus importante. Le turn-over des herbiers prend, lui, plusieurs décennies (Hemminga et Duarte, 2000). Les épiphytes photosynthétiques qui se développent sur les feuilles de phanérogames participent aussi à la fixation d'une grande part du carbone dissout. Cependant, leur turn-over rapide (broutage) limite l'enfouissement de cette source de carbone. En revanche, le carbone assimilé par les communautés de microalgues benthiques présentes dans les herbiers et à la surface du sédiment pourrait être accumulé dans les sédiments et contribuer au stock de C_{org} sédimentaire.

Les taux de C_{org} stocké dans les sédiments des herbiers peuvent varier considérablement selon les habitats et les saisons. Cette capacité d'enfouissement dépend de nombreux paramètres biogéochimiques et physiques, impliqués à différentes échelles spatiales (complexité structurelle, apports en nutriments, hydrodynamisme, profondeur, hétérogénéité des herbiers, surface et densité). Il a été montré que des herbiers à Posidonies pouvaient être source de carbone en hiver et puits de carbone le reste de l'année, mais le manque de

connaissances sur le devenir du carbone libéré dans ces processus limite l'utilisation des ratios PPB:RE comme critère de classification des herbiers comme sources ou puits de carbone (Macreadie et al. 2014). Le carbone libéré par les herbiers se retrouve dans l'eau de mer, mais la part rejoignant l'atmosphère est inconnue. Si le C_{org} sédimentaire est reminéralisé en CO_2 et rejoint la colonne d'eau, deux processus sont possibles : (1) le CO_2 rejoint l'atmosphère ou (2) le CO_2 reste dans la colonne d'eau, où il peut être transformé en acide carbonique (H_2CO_3), en bicarbonates (HCO_3^-) ou en carbonates (CO_3^{2-}). Dans ce cas, le carbone serait recyclé, pouvant à nouveau être séquestré par les herbiers sous forme de C_{org} sédimentaire. Toutefois, à l'échelle annuelle, les herbiers sont considérés comme autotrophiques et se comportent comme des puits à carbone, l'excès de C_{org} produit étant soit exporté, soit enfoui.

Le concept de puits de carbone pour les herbiers provient de leur capacité à accumuler le C_{org} dans les sédiments. Toutefois, Gullström et al. (2018), soulignent l'importance du carbone inorganique sédimentaire (carbonate - C_{carb}) dans cette fonction de puits de carbone. Ils accentuent notamment le fait que les processus de calcification qui s'opèrent dans les herbiers précipitent le $CaCO_3$, réduisant ainsi le pH environnant et renvoyant le CO_2 dissous vers l'atmosphère (Frankignoulle et Gattuso, 1993). La quantité de carbone extrait de l'eau de mer sous forme de CO_2 en proportion de la quantité de carbone précipité sous forme de $CaCO_3$ dépend de la capacité tampon de l'eau et est très variable dans les systèmes de plantes marines. Il a été montré que les taux de C_{carb} sédimentaire sont corrélés aux taux de C_{org}.

En prenant en compte la relation générale entre fixation et la libération de CO_2 dans les processus de calcification, il a été estimé que pour chaque mole de $CaCO_3$ formée, le pH décroit, résultant dans la libération d'approximativement 0,6 mol de CO_2 dans l'atmosphère (Ware et al., 1992). Les quantités importantes de $CaCO_3$ dans les herbiers tropicaux constituent une forme conséquente de stockage de carbone, mais une partie de ce stock pourrait être considérée comme source de CO_2. Pour bien comprendre les taux de séquestration carbone dans les herbiers, la productivité primaire (importance et variabilité) ainsi que les processus de calcification dans les herbiers devraient être pris en compte. Les herbiers peuvent alors stocker et libérer du CO_2 simultanément, et de forts taux de production de carbonate pourraient convertir le statut des herbiers de puits de carbone en sources de carbone.

➢ Herbiers du PNBA

Le bilan carbone des principaux herbiers du Banc d'Arguin a été évalué en lien avec l'irradiance et le rythme des marées (Diagne, 2010). Les herbiers à *Zostera noltii* (intertidal) et à *Cymodocea nodosa* (subtidal) (cf. Figure 34) ont fait l'objet de mesures précises du métabolisme photosynthétique et respiratoire des phanérogames. Les flux de carbone ont été mesurés et des activités physiologiques différentes ont été mises en évidence selon les périodes d'émersion (*Z. noltii*) et d'ensoleillement. Le bilan carbone quotidien est excédentaire chez *Z. noltii* et *C. nodosa*. Ces deux espèces fixent respectivement 0,856 $gC.m^{-2}.j^{-1}$ et 0,612 $gC.m^{-2}.j^{-1}$ (Tableau 21). Les communautés d'herbier autotrophes exportent de l'énergie vers les écosystèmes alentours. Ces valeurs sont proches de celles obtenues pour *Z. noltii* dans le bassin d'Arcachon par Ribaudo et al. (2016), soit 362,9 ± 88,1 $gC.m^{-2}.an^{-1}$ (environ 0,99 $gC.m^{-2}.j^{-1}$).

Tableau 21 : Valeurs du métabolisme journalier des herbiers en $gC.m^{-2}.j^{-1}$ (Les valeurs négatives correspondent à une séquestration du carbone).

	Production brute	Production nette	Respiration
Cymodocea nodosa	-2,916 (± 1,042)	-0,612 (± 1,042)	2,304 (± 0,999)
Zostera noltii	-1,554 (± 0,385)	-0,856 (± 0,385)	0,698 (± 0,385)

	Zn dense	Zn moy dense	Zn peu dense	Cn dense	Cn moy dense	Cn peu dense
$gC/m^2/j$		0,86			0,61	
$tCO_2eq/ha/an$		11,46			8,19	
Surfaces	7035,1	21869,3	16337,7	2159,5	5544,0	14476,6
$tCO_2eq/an/$ type d'herbier	80603,10	250562,67	187185,59	17689,37	45413,23	118583,90
Valeurs pondérées	80603,10	125284,34	46796,40	17689,37	22706,60	29645,98
Total	193 910 487 USD ou 6 951 690 516 MRU					
Total pondéré	89 394 214 USD ou 3 204 782 368 MRU					

Le carbone contenu dans la biomasse aérienne et souterraine est obtenu d'après van Lent et al. (1991) qui répartissent les valeurs de carbone par type d'herbier et selon la biomasse au-dessus du fond et la biomasse souterraine. Une distinction est faite également pour les herbiers à *Z. noltii* hauts intertidaux et bas intertidaux (Tableau 22).

Tableau 22 : Valeurs de carbone dans la biomasse hors-sol (AbGr) et souterraine (BeGr) pour les deux types d'herbiers du PNBA. AFDW = Ash-Free Dry Weight (poids sec). H : herbiers hauts intertidaux. L : herbiers bas intertidaux. (D'après van Lent et al. 1991). La masse de carbone représente en moyenne 28,73% du poids AFDW chez Z. noltii et 27,32% chez C. nodosa. 1 tCO_2eq = 277 $USD. (AFDW = mesure de la matière organique des échantillons)

	Zostera noltii		*Cymodocea nodosa*	
	g AFDW/m²		g AFDW/m²	
	B AbGr	B BeGr	B AbGr	B BeGr
H	71,6	141,35	71,14	147,27
H	65,2	95,43	68,14	90,89
H	59,53	198	41,35	47,09
H	62,69	215,76	47,82	101,77
Moyenne	64,755	162,635	57,1125	96,755
gC/m²	18,60	46,73	15,60	26,43
gCO_2eq/m^2	68,22	171,34	57,22	96,93
tCO_2eq/ha	0,68	1,71	0,57	0,97
L	118,65	138,26		
L	110,98	160,26		
L	112,46	178,2		
L	76,63	120,63		
Moyenne	104,68	149,338		
gC/m²	30,07	42,90		
gCO_2eq/m^2	110,28	157,33		
tCO_2eq/ha	1,10	1,57		
Total tCO_2eq/ha	1,78	3,28	0,57	0,97
Total Herbiers Zn tCO_2eq/ha	5,07			
Total Herbiers Cn tCO_2eq/ha	1,54			
Total Herbiers tCO_2eq/ha	6,61			

	Zn dense	Zn moy dense	Zn peu dense	Cn dense	Cn moy dense	Cn peu dense
Surfaces	7035,1	21869,3	16337,7	2159,5	5544,0	14476,6
Total tCO_2eq/ type d'herbier	35667,96	110877,35	82832,14	3325,63	8537,76	22293,96
Total tCO_2eq herbiers	263534,80					

Des valeurs d'enfouissement du carbone sont données par Duarte et al. (2013) pour les deux espèces de phanérogames rencontrées dans le PNBA, à savoir *Z. noltii* (2,9 $gC.m^{-2}.an^{-1}$) et *C. nodosa* (4,4 $gC.m^{-2}.an^{-1}$) (Tableau 23).

Tableau 23 : Valeurs d'enfouissement du carbone pour Zostera noltii et Cymodocea nodosa (Duarte et al. 2013).

	Zostera noltii			*Cymodocea nodosa*		
$gC.m^{-2}.an^{-1}$	2,9			4,4		
$tCO_2eq/Ha/an$	0,11			0,16		
	Zn dense	Zn moy dense	Zn peu dense	Cn dense	Cn moy dense	Cn peu dense
Surfaces	7035,1	21869,3	16337,7	2159,5	5544,0	14476,6
Total $tCO_2eq/an/type$ d'herbier	773,86	2405,62	1797,15	345,52	887,04	2316,26
Valeurs pondérées	773,86	1202,81	449,29	345,52	443,52	579,06
Total	2 361 548 USD ou 84 661 490 MRU					
Total pondéré	1 050 955 USD ou 37 676 734 MRU					

La méthode d'évaluation de la fonction de régulation carbone par les herbiers consiste à prendre en compte l'absorption du carbone par les plantes, mais aussi la quantité retenue dans le sédiment sous les herbiers, faisant de ces écosystèmes des hot-spots de la séquestration carbone (Duarte et al., 2004 ; Orth et al., 2006). Des travaux récents montrent que cette capacité des herbiers dépend de nombreux facteurs dont les espèces de phanérogames, les types de sédiments, l'organisation et les liens avec les écosystèmes adjacents (Gullström et al., 2018). Par ailleurs, les mêmes auteurs montrent que la dynamique des carbonates pourrait interférer avec le stockage du C_{org}. Les résultats suggèrent que des évaluations précises de la fonction "puits de carbone" soient réalisées pour une meilleure compréhension des processus plante-sédiment et une meilleure connaissance de la dynamique du carbone sédimentaire en lien avec les types d'habitats, dans un contexte d'organisation des écosystèmes à différentes échelles spatiales.

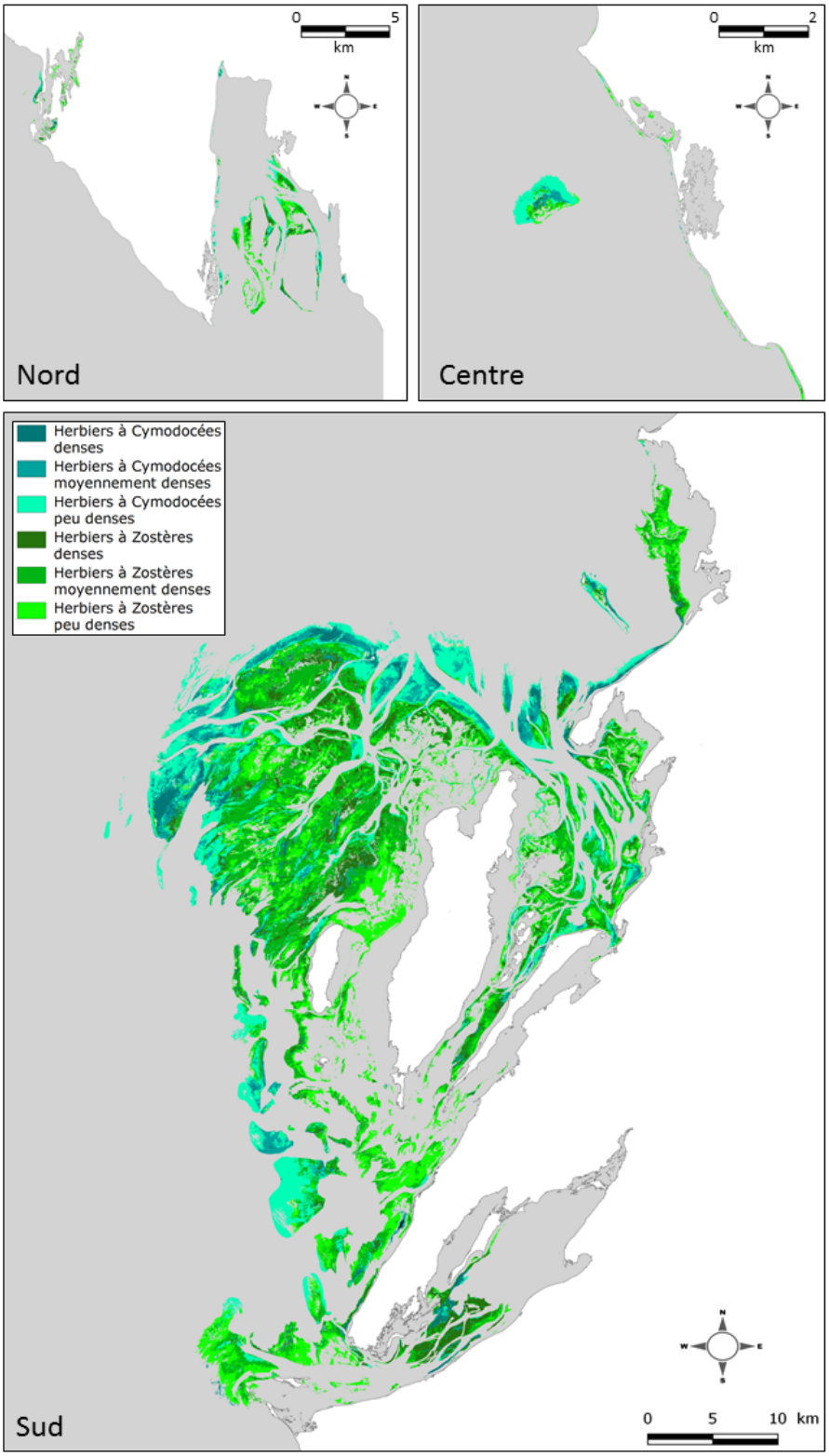


Figure 34 : Carte de répartition géographique des herbiers de phanérogames du PNBA.

3.2. Marais salés

Le stock global de carbone accumulé dans le sol des marais salés, à l'échelle mondiale, est estimé entre 0,4 et 6,5 Pg C, soit une variabilité de 16 points (Duarte et al., 2013). Le taux moyen d'accumulation du carbone dans ces écosystèmes est de 244,7 ± 26,1 $gC.m^{-2}.an^{-1}$ (Ouyang et Lee, 2014), mais ce chiffre est calculé sur une base de données très hétérogène (Chastain et al., 2018). L'Europe et l'est de l'Amérique du nord contribuent fortement à cette valeur alors que d'autres continents, comme l'Afrique, l'Asie de l'Est et l'Australie ont très peu ou pas de données. La très grande variabilité spatiale et temporelle des taux d'accumulation de carbone d'un site à l'autre se traduit par des valeurs mondiales variant de 0,9 à 31,4 $TgC.an^{-1}$ (Ouyang et Lee, 2014), soit un écart de 35 points et une variabilité 7 fois plus importante que pour les mangroves (Ouyang et Lee, 2014 ; Donato et al., 2011).

Les concentrations en carbone organique sédimentaire des marais salés sont très importantes (Chmura et al., 2003). Les processus de séquestration de carbone y sont très comparables à ceux des herbiers. À l'échelle mondiale, il est reconnu que les fonds sédimentaires contiennent la plus grande quantité de carbone et qu'environ deux tiers de ce carbone sont présents sous forme de matière organique (Batjes, 1996). De même, le plus gros stock de carbone des marais salés est le carbone organique sédimentaire (Murray et al., 2011), influencé par le taux d'accumulation du carbone.

Les quantités élevées de carbone qui s'accumulent dans cet écosystème proviennent à la fois des plantes, mais aussi beaucoup des dépôts sédimentaires (McKee et al., 2007 ; McKee, 2011). Les sources de carbone dérivant des plantes sont essentiellement issues de la dégradation lente des systèmes racinaires (Middleton et McKee, 2001). Les rapports racines-pousses des plantes des marais salés varient de 1,4 à 50, une grande partie de la production primaire se trouvant dans la biomasse souterraine, pouvant aller jusqu'à 8 m de profondeur (Choi et Wang, 2004). La production primaire nette peut être très élevée, de 1 000 à 4 000 $gC.m^{-2}.an^{-1}$ (Choi et Wang, 2004). Les quantités de carbone accumulées selon la profondeur sont aussi variables et dépendent de la localisation des marais salés (Choi et Wang, 2004). En considérant les marais bas et moyens, les mesures effectués sur des carottes de sédiment donnent une valeur moyenne de 517,5 ± 55,9 $gC.m^{-2}.cm^{-1}$ dans les 30 premiers centimètres de profondeur, valeur qui décroit plus en profondeur (Choi et Wang, 2004).

La dégradation par les bactéries est limitée par les conditions anoxiques du milieu sédimentaire, favorisant la séquestration du carbone (Mcleod et al., 2011). Une part du carbone organique sédimentaire provient également d'autres sources, notamment les zones d'herbiers adjacentes et les macroalgues (Middelburg et al., 1997 ; Bouillon et al., 2003 ; Adame et al., 2012).

La plupart des études montrent que la séquestration du carbone dans les marais salés varie selon les types de communautés végétales, les caractéristiques des sédiments et les taux d'accrétion des sédiments dans le temps. Les espèces du genre *Spartina* (*Spartina anglica*, Gribsholt et Kristensen 2003 - *Spartina patens*, Wang et al., 2007) sont une source importante de carbone organique par reminéralisation dans les zones côtières, mais fonctionnent également comme des puits de carbone pour le CO_2 atmosphérique, et contribuent ainsi significativement au cycle du carbone. La production primaire brute dans les marais salés absorbe une partie importante du CO_2, transformé en matière organique par la photosynthèse. Selon McLusky et Elliot (2004), Les marais salés peuvent produire 100 à 1000 $gC.m^{-2}.an^{-1}$ (1000

à 4000 $gC.m^{-2}.an^{-1}$ pour Choi et Wang [2004]). La littérature donne une fourchette de 100 à 4000 $gC.m^{-2}.an^{-1}$ de production de carbone dans les marais salés et un taux moyen d'accumulation du carbone de 244,7 ± 26,1 $gC.m^{-2}.an^{-1}$ (Ouyang et Lee, 2014). Les autres valeurs de la littérature sont données dans le tableau 24.

Le bilan carbone des marais salés dépend de l'hydrodynamique et des composantes physiques et biologiques de l'écosystème. La géomorphologie, les espèces végétales et les concentrations de nutriments sont parmi les principaux facteurs influençant la séquestration de carbone dans les milieux humides côtiers (Chmura et al., 2003). Le budget carbone est étroitement lié aux taux de dégradation de la matière organique et au stock de carbone, lui-même dépendant des caractéristiques biochimiques des sédiments, des plantes, de la litière végétale et des communautés microbiennes (Sousa et al., 2010). Enfin, le réchauffement climatique aura probablement un plus grand impact sur les marais salés en raison de l'accélération des taux d'élévation du niveau de la mer, bien qu'aujourd'hui les marais salés accumulent les sédiments verticalement, à peu près en équilibre avec l'élévation du niveau de la mer (Church et al., 2001).

➢ Marais salés du PNBA

Les marais salés du PNBA occupent 26,1 km^2 (Figure 35), leur taux d'enfouissement est détaillé dans le tableau 24.

Tableau 24 : Taux d'enfouissement du carbone dans les sédiments des marais salés.

SEDIMENTS		Végétation Halophile moy dense	Végétation halophile peu dense	Total
	t CO_2eq/ha/an	1469 ha	1138,3 ha	
Chastain et al. 2018	5,4			
McLeod et al. 2011	8,0			
Ouyang et Lee 2014	9,0			
Sousa et al. 2017	9,0			
Craft et al. 2003	1,6			
Choi et Wang 2004	3,9	t CO_2eq		
Moyenne	6,1	8997,87	6972,28	15970,15
Valeurs pondérées		4498,94	1743,07	6242,01
Total		4 423 731 USD ou 158 590 746 MRU		
Total pondéré		1 729 035 USD ou 61 985 901 MRU		

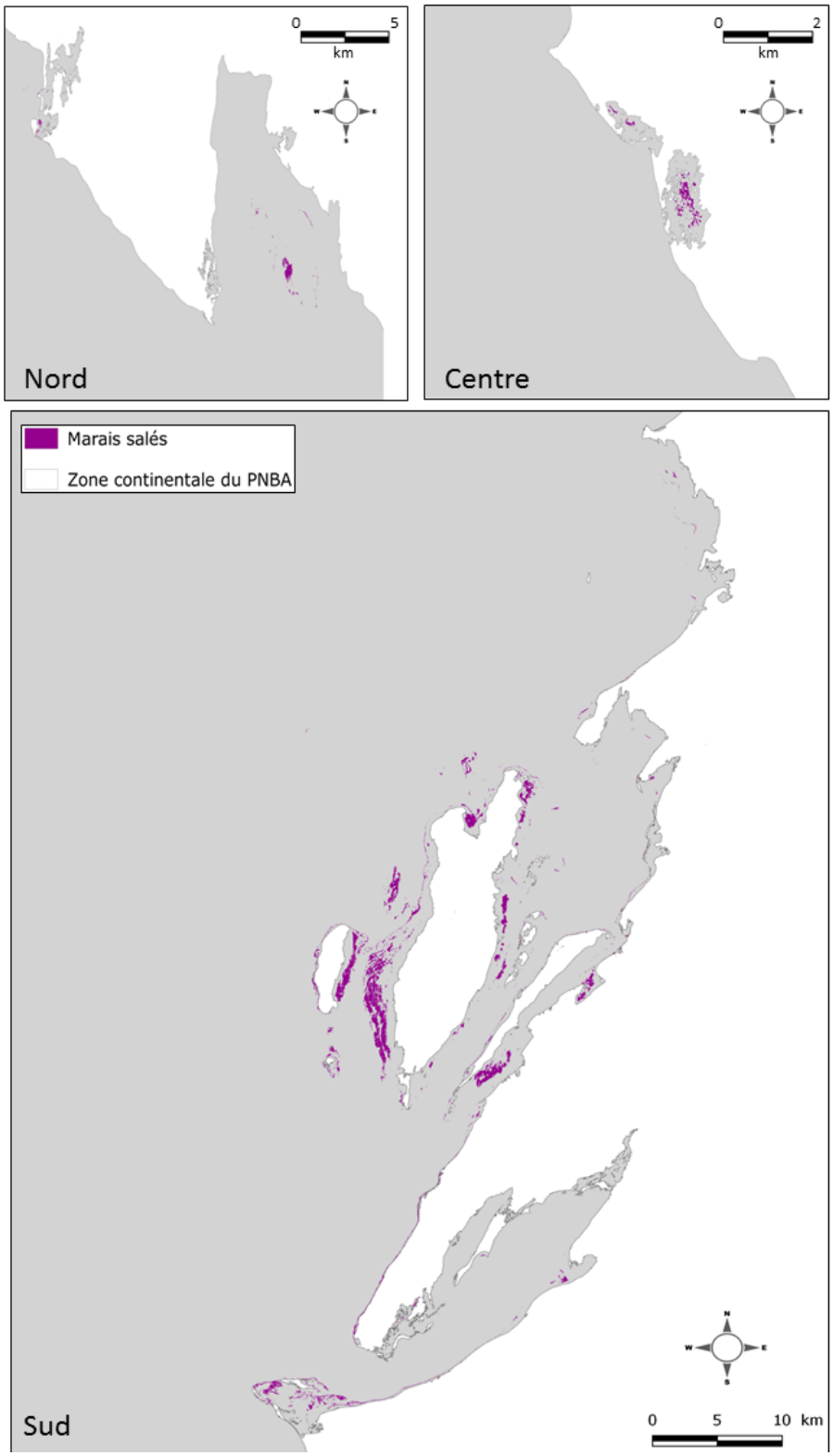


Figure 35 : Carte de répartition géographique des marais salés du PNBA.

3.3. Mangroves

Les mangroves occupent seulement 2% de la surface océanique côtière mondiale, mais représentent environ 5% de la production primaire nette, 12% de la respiration des écosystèmes et environ 30% de l'enfouissement du carbone sur toutes les marges continentales des mers subtropicales et tropicales (Alongi et Mukhopadhyay, 2015).

Le stock de carbone des mangroves comprend plusieurs compartiments et se réparti dans les troncs et les feuilles, les racines, les bois morts, les jeunes pousses et le sol. Le compartiment de stockage correspond au sol, avec plus de 50% du stock de carbone des mangroves (Adame et al., 2017). L'autre compartiment important est celui de la biomasse aérienne et souterraine. Une valeur moyenne d'enfouissement de carbone dans le sol des mangroves de 169,33 gC $m^{-2}.an^{-1}$ est donnée par Alongi et al. (2015) à partir de plusieurs sources publiées. McLeod et al. (2011) donnent une valeur moyenne de 226 ± 39 gC $m^{-2}.an^{-1}$, avec une variabilité des valeurs calculées de 20 à 949 gC $m^{-2}.an^{-1}$.

Les sols des mangroves sont constitués d'une couche anoxique submergée d'épaisseur variable, dans lesquels les processus de décomposition anaérobies s'opèrent. Ils présentent des concentrations de carbone modérées à élevées (Donato et al., 2011), en moyenne 1023 ± 88 $tC.ha^{-1}$, et très variables selon la nature estuarienne ou océanique des mangroves (Donato et al 2011), respectivement 1074 ± 171 $tC.ha^{-1}$ et 990 ± 96 $tC.ha^{-1}$. Des différences significatives sont aussi mesurées dans les quantités moyennes de carbone de la biomasse aérienne et souterraine, la première étant évaluée à 159 $tC.ha^{-1}$ par Donato et al. (2011). D'autres valeurs aussi variables sont données par Phang et al. (2015) pour des mangroves de Singapour, avec un stock de carbone évalué à 497 $tC.ha^{-1}$ dont 307 ± 33.2 $tC.ha^{-1}$ dans les sédiments.

Ces valeurs sont rassemblées dans le tableau 25, en t $CO_2eq.ha^{-1}.an^{-1}$.

➢ Mangroves du PNBA

Les mangroves résiduelles de Mauritanie sont présentes essentiellement entre le cap Timiris et le cap Iwik (Figure 36). L'espèce est *Avicennia germinans*. Les surfaces occupées par les mangroves sont données dans le tableau 25.

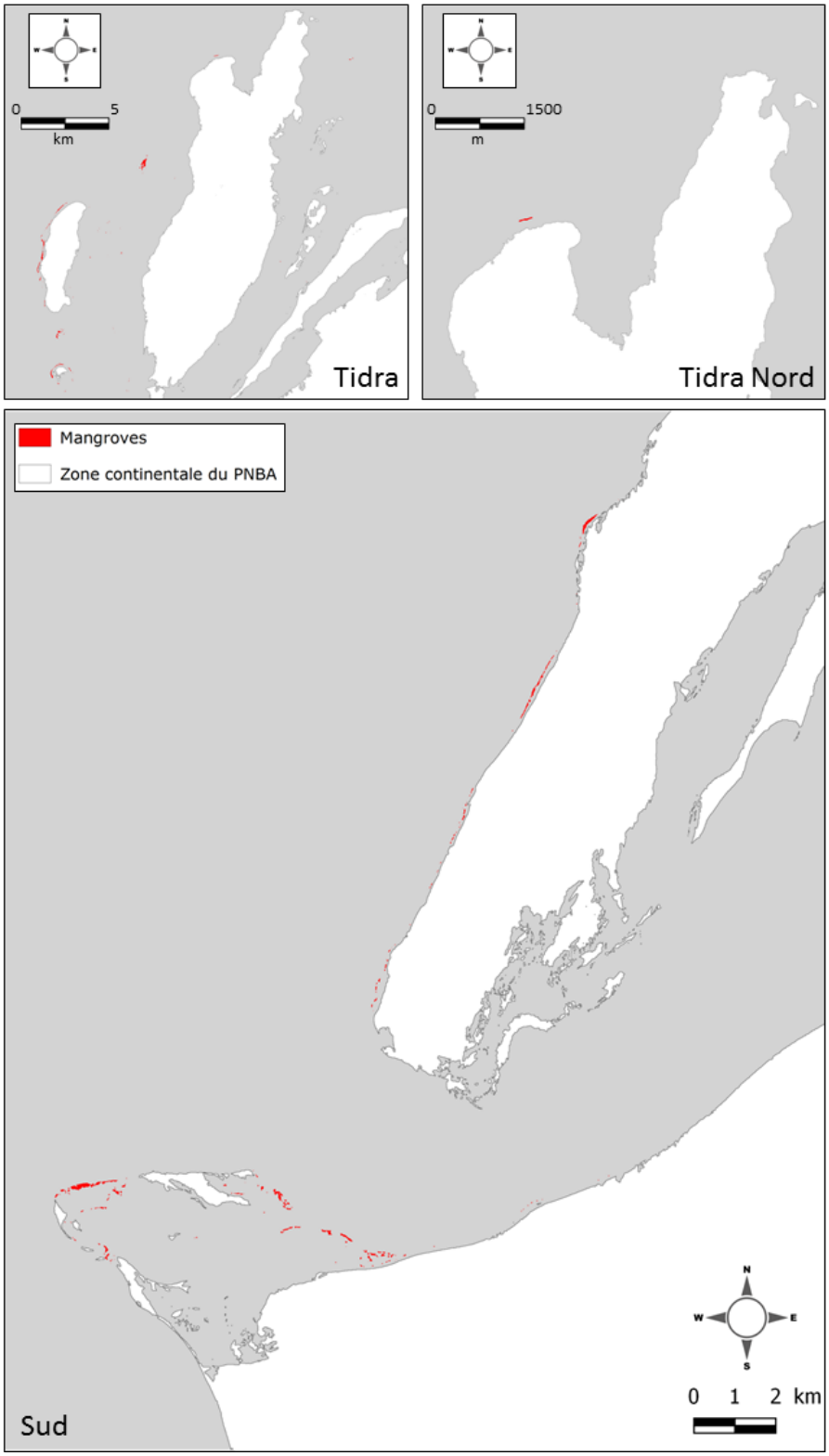


Figure 36 : Carte de répartition géographique des mangroves du PNBA.

Tableau 25 : Valeurs de carbone dans la biomasse végétale des mangroves, dans les sédiments des mangroves et taux de séquestration.

BIOMASSE		Mangroves denses	Mangroves moy. denses	Mangroves peu denses	Total
	t CO_2eq/ha	5,2 ha	16,8 ha	56,4 ha	
Twiley et al. 1992	615,7				
Bridgham et al. 2006	810,3				
Laffoley et Grimsditch 2009	293				
Murray et al. 2011	563				
Siikamäki et al. 2012	540,8				
Doughty et al. 2016	238,36		t CO_2eq		
Moyenne	510,19	2653	8572,2	28774,7	39999,9
SEDIMENTS					
	t CO_2eq/ha/an				
McLeod et al. 2011	8,29				
Alongi et Mukhopadhyay 2015	0,04				
Bouillon et al. 2007	4,91				
Alongi 2009	7,74				
Breithaupt et al. 2012	5,98		t CO_2eq		
Moyenne	5,39	28,03	90,55	304	422,58
Valuers pondérées		28,03	45,28	76	149,31
Total			117 054,7 USD ou 4 196 411 MRU		
Total pondéré			41 358,87 USD ou 1 482 715 MRU		
SEQUESTRATION					
	t CO_2eq/ha/an				
Twiley et al. 1992	3,67				
Jennerjahn et Ittekkot (2002)	4,22				
Chmura et al. 2003	7,7				
Duarte et al. 2005	5,1				
Bouillon et al. 2008	4,22				
Nellemann et al. 2009	5,097				
Muray et al. 2011	6,32				
Siikamaki et al. 2012	4,22				
Ray et al. 2011	6,20				
Eid et Shaltout 2016	0,22		t CO_2eq		
Moyenne	4,70	24,44	78,96	265,08	368,48
Valeurs pondérées		24,44	39,48	66,52	130,44
Total			102 068,96 USD ou 3 659 172 MRU		
Total pondéré			36 131,88 USD ou 1 295 328 MRU		

3.4. Vasières

Les vasières intertidales du PNBA occupent 121,2 km^2 (Figure 37).

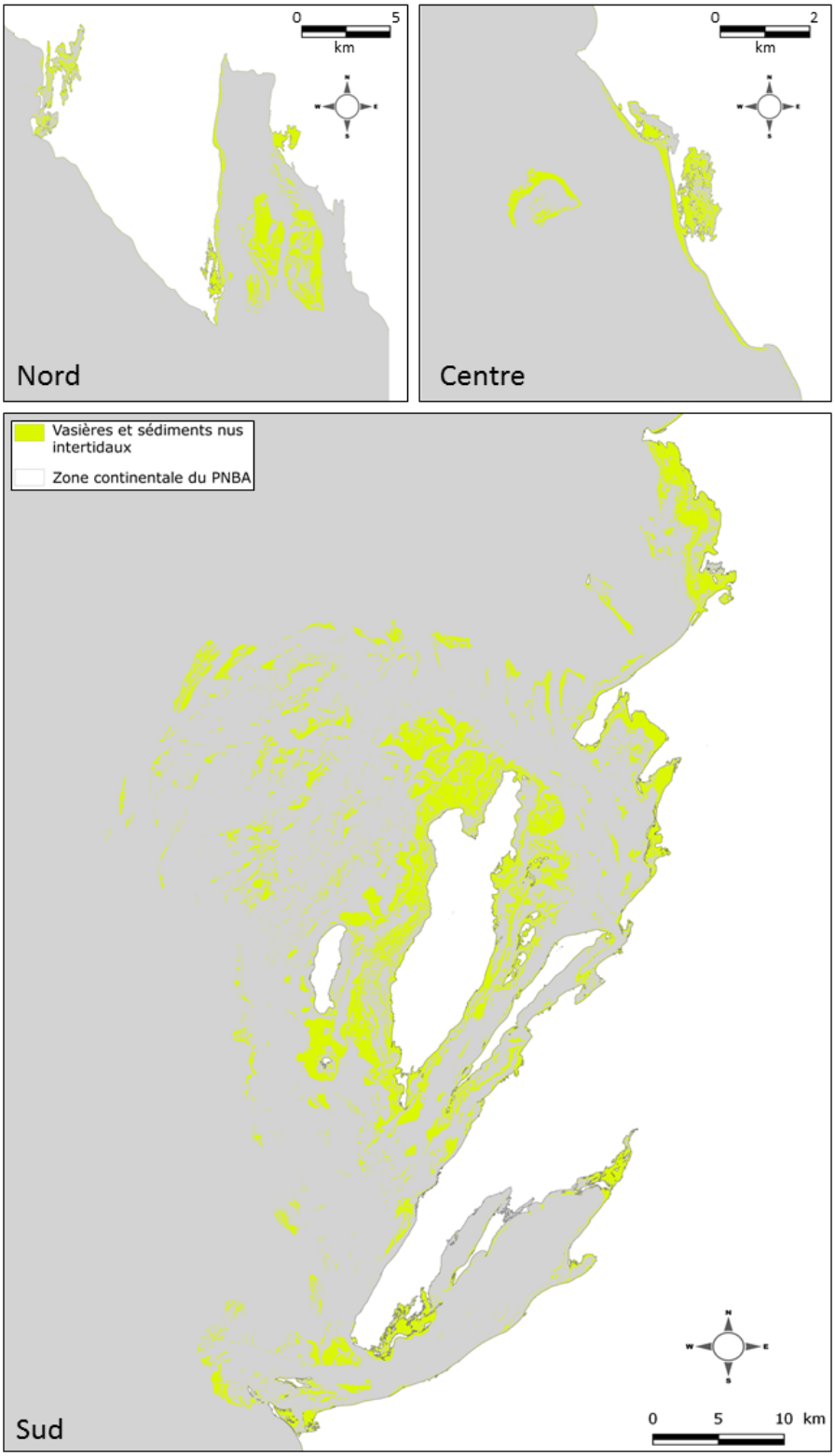


Figure 37 : Carte de répartition géographique des vasières du PNBA.

Les données relatives aux capacités de séquestration de carbone dans les vasières sont rares dans la littérature. La seule valeur en référence au stockage de carbone dans les vasières et zones sédimentaires sans végétation est celle de Phang et al. (2015) avec 124–143 $tC.ha^{-1}$, toutefois, ces zones sont proches des milieux estuariens et une grande partie du carbone provient surement des écosystèmes proches, tels que les mangroves.

Dans le contexte du PNBA, le carbone organique provient essentiellement de la flore du microphytobenthos (MPB) à laquelle est associée une dynamique liée à la fois à la remise en suspension par les vagues et les courants à marée haute, et les capacités de migration verticale dans les premiers centimètres de sédiment (Barnett 2013).

Clavier at al. (2014) ont mesuré la production nette de la communauté benthique des sédiments nus intertidaux et subtidaux de sites du sud du PNBA. Ils obtiennent les valeurs présentées dans le tableau 26, soit une gamme de valeurs de 0,24 à 2,11 $tCO_2eq.ha^{-1}.an^{-1}$ pour les sédiments intertidaux et 1,5 à 13,7 $tCO_2eq.ha^{-1}.an^{-1}$ pour les sédiments subtidaux. Selon Oakes et Eyre (2014), 30% de ce carbone serait enfouis dans le sédiment, soit en fonction des valeurs précédentes, 0,073 à 4.,1 $tCO_2eq.ha^{-1}.an^{-1}$ (Tableau 26).

L'absence de données chiffrées sur la répartition du MPB dans les vasières du PNBA ne permet pas d'évaluer la capacité globale de séquestration carbone dans ces milieux.

Tableau 26 : Valeurs de séquestration carbone dans les vasières.

SEQUESTRATION VASIERES				
	mmolC/m²/jour		t CO_2eq/ha/an	
	subtidal	intertidal	subtidal	intertidal
Clavier et al. 2014	9,3 – 84,7	1,5 – 13,1	1,5 – 13,7	0,24 – 2,12
	Enfouissement	30%	0,45 – 4,11	0,07 – 0,64

3.5. Influence de l'upwelling Mauritanie sur le secteur du PNBA

L'upwelling au large de la Mauritanie est documenté depuis les années 80 (Hempel, 1982), mais peu de travaux ont été menés sur les relations entre la zone d'upwelling et les petits fonds du Banc d'Arguin. La dynamique hydrographique dans la région suggère que les eaux océaniques arrivent dans les zones peu profondes du banc d'Arguin par le nord, au sud du cap Blanc. Une partie de cette eau remonte vers le nord dans la baie du Lévrier, mais la majeure partie se déplace vers le sud en direction de l'île de Tidra. Cette dynamique est fortement soumise au régime des marées qui « pompent » une partie du courant des Canaries dans la baie au sud du cap Blanc, ainsi qu'aux vents. Cette entrée d'eau massive dans la baie pourrait influencer la dynamique écologique du banc d'Arguin, et notamment les processus liés à l'enrichissement de l'eau par les nutriments profonds pompés par l'upwelling. Toutefois, les diatomées caractéristiques de la zone d'upwelling ne se retrouvent pas dans la zone est du Banc d'Arguin (Wolff et al., 1993). Des études anciennes décrivent la différence des communautés de phytoplancton entre la région est du Banc d'Arguin et celles de la zone

d'upwelling (Reyssac, 1977). Ces résultats sont confirmés par Carlier et al. (2015) dans leur étude sur l'influence de l'upwelling sur la zone du banc d'Arguin, notamment l'analyse de l'influence de la production phytoplanctonique issue de l'upwelling dans le réseau trophique du Banc d'Arguin. Ces résultats suggèrent que les invertébrés benthiques et les poissons vivant dans la partie nord-ouest du banc d'Arguin dépendent de la production de phytoplancton remontant à proximité, mais que cette source de nourriture ne contribue pas à l'alimentation des communautés benthiques intertidales dans le sud-est de Banc d'Arguin. Les signatures isotopiques des poissons suggèrent une faible connectivité trophique entre la zone subtidale nord et la zone intertidale sud-est. Ces résultats soutiennent l'hypothèse selon laquelle la région sud-est fonctionne comme un écosystème distinct avec un réseau trophique soutenu principalement par la production primaire benthique locale. Il n'y aurait donc pas d'influence de l'upwelling dans la zone du parc, la production primaire benthique étant à la base du réseau trophique.

La productivité primaire planctonique associée à la zone d'upwelling pourrait contribuer à l'absorption de carbone dans la baie du Lévrier, à un taux pouvant varier de 192 à 929 $mgC.m^{-3}.j^{-1}$. Au nord de Tidra, cette valeur est de 41 – 164 $mgC.m^{-3}.j^{-1}$. Il faut également tenir compte de la saisonnalité des apports de l'upwelling, de février-mars chaque année (2 mois) (Farikou et al., 2013).

La zone du Parc Naturel du Banc d'Arguin est donc très peu influencée par l'upwelling (Carlier et al., 2015).

4. Discussion

L'évaluation de la capacité de séquestration et de stockage de carbone dans les écosystèmes côtiers du PNBA est limitée par la disponibilité de données. Une évaluation précise nécessite une connaissance approfondie de la capacité de stockage du carbone dans les écosystèmes. Des études complémentaires relatives aux concentrations de carbone dans les sédiments, impliquant des prélèvements et des analyses chimiques sont nécessaires. Selon l'épaisseur de la matte des herbiers, les capacités de stockage de carbone varient également. Il semble opportun d'effectuer des carottages dans plusieurs types d'herbiers afin d'évaluer l'épaisseur de la matte et déterminer avec plus de précision la contribution de ces écosystèmes au stockage du carbone organique (Greiner et al., 2013). Ces remarques sont aussi valables pour les zones sédimentaires des mangroves reliques, ainsi que dans les zones de vasières. La très grande variabilité des données de la littérature, relative à la grande diversité d'écosystèmes et espèces d'écosystèmes équivalent à l'échelle du globe, rend difficile le transfert de valeur, qui permet ici simplement d'indiquer que la fonction écosystémique de séquestration du carbone existe.

Les valeurs relatives aux zones d'herbier reposent sur des valeurs réelles mesurées sur les espèces et secteurs à l'intérieur du PBNA. Pour les autres écosystèmes, des valeurs des taux de carbone en $tCO_2eq.ha^{-1}.an^{-1}$ sont des valeurs moyennes issues de la littérature et pourraient ne pas correspondre à la réalité de terrain pour les écosystèmes du PNBA.

Les herbiers sont les écosystèmes participant le plus à la séquestration du carbone dans le périmètre du PNBA. Les autres compartiments couvrent des surfaces relativement faibles en comparaison de celles occupées par les herbiers (82% des surfaces cartographiées – Mangroves = 0,1%, Marais salés = 3,2%, vasières = 14,7%). L'absence de données sur les taux de carbone réellement stockés dans les sédiments des herbiers ne permet pas d'évaluer précisément cette fonction. Il en va de même pour les vasières, dans lesquelles la présence d'un biofilm de microphytobenthos est avérée. Toutefois, les valeurs de carbone organique sédimentaire contenu dans les vasières sont des données essentielles pour estimer les taux de carbone enfoui dans ces écosystèmes, qui représentent 14,7% de la surface cartographiée dans le cadre de cette étude. Une répartition de la densité du microphytobenthos à l'échelle des vasières semble incontournable pour chiffrer ce service de séquestration dans le sol. Un travail approfondi sur la réflectance du MPB à la surface du sédiment, dérivé d'images satellites hyperspectrales, est nécessaire pour tenter de quantifier le MPB et évaluer la répartition spatiale à grande échelle. Toutefois, les biofilms du MPB sont soumis à une dynamique des courants et de la houle qui rendent très difficile des évaluations fiables et comparables.

5. RECOMMANDATION POUR UNE EVALUATION FINE DE LA CAPACITE DE SEQUESTRATION CARBONE DANS LES ECOSYSTEMES DU PNBA – INVENTAIRES CARBONE.

Pour comprendre précisément la capacité des écosystèmes marins à modérer les changements environnementaux, des évaluations précises des stocks de carbone et des flux actuels ou potentiels liés à la dégradation de ces systèmes doivent être réalisées. Cette procédure consiste à créer un inventaire carbone. Ces inventaires peuvent être réalisés à l'échelle d'un site, d'un territoire, d'un pays ou à l'échelle globale mondiale.

Évaluer le stock de carbone pour un territoire donné nécessite de connaitre

1) la distribution spatiale et temporelle des écosystèmes végétaux du littoral en lien avec les usages des populations locales,

2) le stock de carbone du secteur et les taux d'accumulation de carbone, et

3) les émissions potentielles de carbone qui résulteraient des changements anticipés ou potentiels de l'environnement.

Ces inventaires "carbone" sont très variables en fonction des données disponibles. L'IPCC - GIEC[5] identifie trois niveaux de détail dans les inventaires carbone, en fonction des données connues et de leur précision :

[5] L'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ou GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) est un organisme intergouvernemental, ouvert à tous les pays membres de l'ONU, dont la mission est d'évaluer les informations scientifiques, techniques et socio-économiques nécessaires à la compréhension des risques liés au réchauffement d'origine humaine, identifier les conséquences possibles et envisager des stratégies d'adaptation et d'atténuation.

Niveau	Besoins	Informations
1	Niveau de base du GIEC	Les évaluations de niveau 1 sont les moins précises et reposent sur des hypothèses simplifiées et sur les valeurs publiées du GIEC pour les données d'activité et les facteurs d'émission. Les évaluations de niveau 1 peuvent avoir une large plage d'erreur de +/- 50% pour les valeurs hors-sol et de +/- 90% pour les réserves de carbone sédimentaire (sols).
2	Données spécifiques à des pays	Les évaluations de niveau 2 incluent des données spécifiques à un pays ou à un site et ont une précision et une résolution plus fine. Par exemple, un pays peut connaître le stock de carbone moyen de différents types d'écosystèmes au sein du pays.
3	Inventaire détaillé des stocks de carbone, évaluation temporelle de l'évolution des stocks et modèles	Les évaluations de niveau 3 requièrent des données très spécifiques sur les stocks de carbone pour chaque écosystème en lien avec les usages, ainsi que des mesures répétées dans le temps pour évaluer les évolutions temporelles des flux de carbone dans la zone ou en dehors. Les flux de carbone sont évalués à travers des mesures directes sur le terrain ou par le biais de modèles

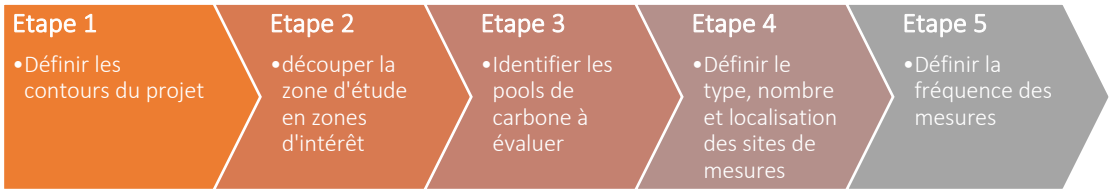
Un stock de carbone est la quantité de carbone organique (C_{org}) stockée dans un écosystème, généralement exprimée en mégagrammes de carbone organique par hectare (Mg $C_{org}.ha^{-1}$) sur une profondeur de sol donnée. Ces stocks sont déterminés en cumulant tous les pools de carbone pertinents dans la zone étudiée. Les pools de carbone sont des réservoirs, tels que le sol, la végétation, l'océan et l'atmosphère, qui stockent et libèrent du carbone.

Les pools de carbone dans les écosystèmes sont différenciés en pools à court terme (ex. moins de 50 ans, biomasse vivante) et à long terme (ex. pendant des siècles ou des millénaires, carbone organique du sol). Pour les objectifs "carbone bleu", les pools de carbone à long terme sont les plus importants pour déterminer le potentiel d'atténuation carbone (IPCC, 2007 ; Protocole de Kyoto, 1998).

La planification de l'estimation d'un stock de carbone nécessite quatre phases :

1) Conception du programme d'acquisition de données
2) Etudes de terrain pour évaluer les pools de carbone
3) Préparation des échantillons et analyses en laboratoire
4) Calculs du stock de carbone à l'échelle de la zone étudiée.

5.1. Elaboration du programme de mesures



Les projets doivent être conçu avec un objectif final afin d'obtenir des estimations fiables et robustes des stocks de carbone. La conception du projet varie en fonction des exigences locales et du type d'écosystème. Une fois que les détails du projet ont été décidés, les mesures peuvent commencer. Les techniques de terrain pour mesurer la biomasse vivante aérienne et souterraine dans les différents écosystèmes varient entre les mangroves, les marais salés et les herbiers. Des méthodes de mesures précises sont décrites dans :

Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., Pidgeon, E. (eds.) (2014). *Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses.* Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA. 182p.

Chapitre 4 : Évaluation du service de nurserie du Parc National du Banc d'Arguin, Mauritanie.

Ewan Trégarot, Thibault Catry, Cindy Cornet, Auréa Pottier,

Jean-Philippe Maréchal, Pierre Failler

1. Introduction

Le Banc d'Arguin se situe le long de la côte mauritanienne et constitue une zone de transition entre le désert du Sahara à l'est et l'océan Atlantique à l'ouest. Dans cette partie de l'Afrique, les eaux côtières sont influencées d'une part, par les eaux froides du courant océanique des îles Canaries et par un upwelling riche en nutriments et en minéraux qui génèrent une forte productivité planctonique (Benazzouz et al., 2014), et d'autre part, par les eaux chaudes du courant équatorial nord, qui suit la convergence intertropicale jusqu'au Cap Blanc (Hernández-Guerra et al., 2005). La productivité biologique élevée des eaux côtières du Banc d'Arguin est cohérente avec la présence de plus de 2 millions d'oiseaux migrateurs et nicheurs (Wolff et Smit, 1990 ; Wolff et al., 1993 ; Wolff et Michaelis, 2008) et sa forte contribution pour la pêche commerciale (Failler et al., 2002 ; Binet et al., 2013). En conséquence, une grande partie du Banc d'Arguin a été établie Parc National du Banc d'Arguin (PNBA) en 1976, puis déclarée site RAMSAR en 1982 et patrimoine mondial de l'UNESCO en 1989. Au total, le PNBA couvre 12 000 km^2 de milieux marins et terrestres. Les herbiers de phanérogames intertidaux (*Zostera noltii*) et subtidaux (*Cymodocea nodosa*), ainsi que les étendues de vasières sont les principaux écosystèmes marins représentées dans le PNBA (Clavier et al., 2014). D'autres écosystèmes complètent cette mosaïque d'habitats, comme les marais salés (*Spartina maritima*) et les mangroves (*Avicennia germinans*), qui atteignent tous deux leurs limites de distribution géographique (Otero et al., 2016 ; Araujo et Campredon, 2016).

Les herbiers fournissent des services essentiels aux communautés humaines. Par exemple, les juvéniles de certaines espèces de poissons commerciales y trouvent refuge pour leur développement (Dewsbury et al., 2016). Ces herbiers servent à la fois de nurserie pour les juvéniles et d'habitat pour d'autres espèces (Jackson et al., 2015). Ils assurent une protection contre les prédateurs et réduisent la compétition intra-spécifique pour la ressource (Heck et al., 2003). Une nurserie peut être définie comme un habitat qui contribue davantage, par rapport à d'autres habitats, à la production d'individus d'une espèce donnée, avant qu'ils constituent des populations adultes. Les principaux facteurs qui régissent la survie d'une espèce sont la densité, les taux croissance et de survie des juvéniles, leur déplacement vers les habitats adultes ou une combinaison de ceux-ci (Beck et al., 2001).

La gestion efficace des ressources marines passe par la compréhension des modes de vie des espèces commerciales, de l'utilisation des habitats, et des changements dans la composition des communautés au cours du temps. Les données de pêches fournissent ce type de d'information pour les adultes. En revanche, les processus de recrutement des juvéniles, leurs habitats et les taux de survie sont encore peu connus. Plusieurs études ont tenté d'apporter des éléments de réponse sur la fonction de nurserie du PNBA, que ce soit pour les juvéniles de poissons et de quelques céphalopodes (Jager, 1993 ; van Etten, 2003), de crevettes (Schaffmeister et al., 2006) ou plus spécifiquement sur la sardinelle Sardinella aurita (Boely et

al., 1982). A partir des données d'abondance des juvéniles, notre étude a pour objectif d'identifier les habitats prioritaires du PNBA assurant la fonction de nurserie, d'un point de vue écologique et économique.

2. Materiels et Methodes

2.1. Site d'étude

Le Banc d'Arguin est une zone de vasières intertidales et d'eaux côtières peu profondes entre le Cap Saint-Anne au nord et le Cap Timiris au sud. Le marnage atteint 1,5 m à 2,0 m, et détermine l'étagement de la végétation des habitats côtiers. En effet, les grandes étendues de vasières dans la partie sud-est du Banc d'Arguin sont en grande partie recouvertes par les herbiers de phanérogames ou par des micro-algues benthiques : le microphytobenthos (Wolff et Smit, 1990 ; Honkoop et al., 2008). Ces milieux côtiers supportent des densités extrêmement importantes d'oiseaux limicoles, qui migrent le long de la côte Est de l'Océan Atlantique pour hiverner au Banc d'Arguin (Altenburg et al., 1982 ; Smit et Piersma, 1989 ; van der Geest, 2013). En outre, le fonctionnement du Banc d'Arguin est étroitement lié au régime des vents (Dedah, 1993). En effet, les vents du nord, soufflant à grande vitesse, entraînent l'une des plus grandes remontées d'eau froide du monde à proximité du Cap Blanc de février à mai (Lathuiliere et al., 2008 ; Farikou et al., 2013).

2.2. Cartographie des écosystèmes

Les habitats côtiers marins ont été échantillonnés du Cap Sainte-Anne au Cap Timiris en avril 2018. Plus de 250 stations ont été échantillonnées et approchées par bateau, en naviguant le long des principaux chenaux des zones intertidales (Figure 7). Les vérités terrains ont permis d'estimer la qualité de la classification des images satellite Sentinel 2 et SPOT-6 (cf Partie 1, Chapitre 1).

Au sein même des herbiers de zostères, de nombreuses flaques intertidales existent. Elles forment un habitat important pour les juvéniles de crevettes (Schaffmeister et al., 2006). La surface de ces flaques intertidales au sein du PNBA a été estimée à partir d'images satellites disponibles dans l'application Plans (Mac OSX - ©DigitalGlobe). Ces images disposent d'une bonne résolution, et ont été prises à marée basse, laissant apparaître clairement les flaques intertidales qui présentent la même réflectivité que l'eau avoisinante (Figure 38). A partir du logiciel ImageJ, les capture d'écran ont été transformé en masque binaire avant d'analyser les particules qui correspondent aux flaques. La surface occupée par les flaques a été mesurée pour 10 échantillons d'herbiers, dont la surface varie entre 17,7 ha et 181 ha, pour un total de 626,5 ha.

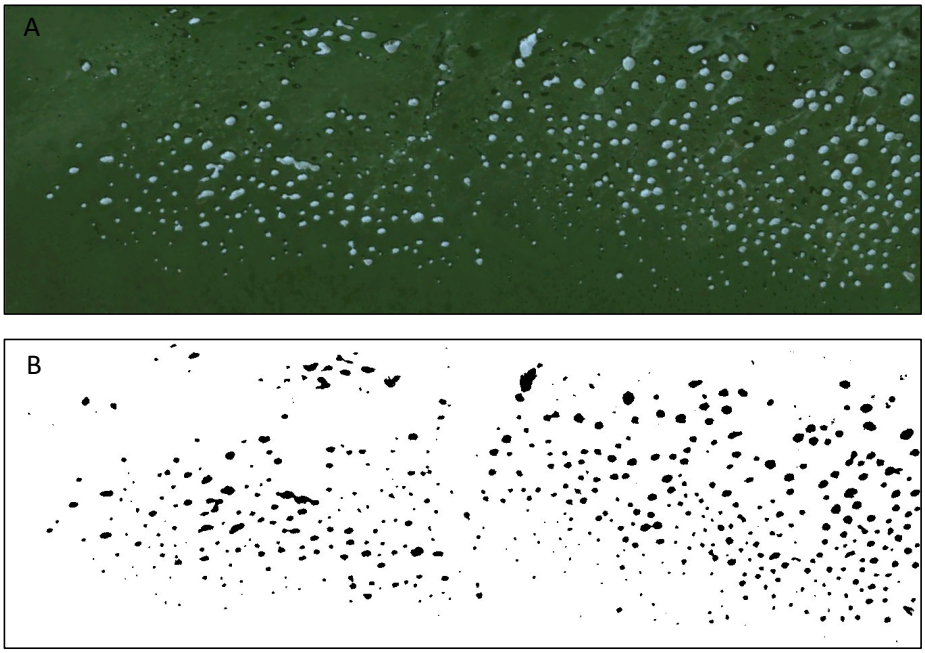


Figure 38 : Estimation de la surface des flaques intertidales. (A) Capture d'écran sur Plans ; (B) Conversion binaire sous Image J avant l'analyse des particules.

2.3. Revue bibliographique sur les juvéniles de poissons dans le PNBA

Jager (1993) et van Etten (2003) ont échantillonné, à l'aide d'un chalut de fond d'une largeur de 2 m, les juvéniles de poissons et quelques céphalopodes dans le PNBA. Jager (1993) a échantillonné 50 sites subtidaux sur l'ensemble du PNBA, tandis que van Etten (2003) a échantillonné 37 stations dans la baie d'Aouatif, sur deux vasières intertidales appelées Arie et Francesc. Les coordonnées géographiques de Jager (1993) ont été extraites en utilisant le logiciel WebPotDigitizer v4.1 (http://arohatgi.info/WebPlotDigitizer/). Dans le rapport de van Etten (2003), l'intégralité des données brutes est indiquée en annexe. Ces données ont permis d'analyser les abondances de chaque espèce par habitat : herbiers de cymodocée, herbiers de zostère, flaques intertidales et vasières.

Schaffmeister (2006), a échantillonné les crevettes du PNBA dans la baie d'Aouatif sur 48 stations. La collecte des crevettes s'est faite à l'aide d'un pousseux pour les habitats intertidaux (N=38), et d'un petit chalut de fond pour les herbiers subtidaux (N=10). Les abondances par espèce et par habitat ont été calculées.

2.4. Valeur écologique et économique des stations d'échantillonnage

Pour les échantillonnages de poissons, l'indice de diversité de Shannon (H') a été mesuré pour chaque station en utilisant le package Vegan (Dixon, 2003) dans le logiciel R (R Core Team, 2017). Les stations de van Etten (2003) ont été regroupées par vasière étant donné la proximité géographique des stations. L'indice de Shannon est couramment utilisé pour caractériser la diversité spécifique et explique à la fois le nombre d'espèces et la répartition des individus au sein de ces espèces présentes dans un échantillon tel que :

$$p_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^{s} n_i}$$

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i log p_i$$

Où ni est le nombre d'individus pour l'espèce i.

Pour chaque station, nous avons estimé une valeur de rendement potentiel maximale si tous les juvéniles devenaient adultes. D'après le prix au débarquement de chaque espèce dans le PNBA, leur poids maximal au stade adulte (www.fishbase.ca) et leur abondance par unité de surface, la valeur économique de la fonction de nurserie a été estimée pour chaque site comme suit :

$$Nurserie = \sum_{i=1}^{n} N_i \times W_i \times P_i$$

Où N est l'abondance, W est le poids maximal (en kg) et P correspond au prix de vente au débarquement en 2016 (MRU/kg) pour chaque espèce i. Les valeurs monétaires dans notre étude sont exprimées en MRU, qui correspond au nouvel Ouguiya, la nouvelle monnaie en Mauritanie depuis le 1er janvier 2018 (1 MRU = 10 MRO).

Le poids maximal de chaque espèce (Wi) a été obtenu à partir des paramètres de relation longueur-poids tirés de FishBase (Froese et Pauly, 2018) pour les poissons, et tirés de SealifeBase (Palomares et Pauly, 2018) pour les céphalopodes (*Sepia sp*. et *Loligo sp.),* en utilisant l'équation W = a x Lb où L est la longueur totale max (en cm).

3. RESULTATS

3.1. Cartographie des écosystèmes

Les écosystèmes marins côtiers du PNBA se composent majoritairement d'herbiers de phanérogames et de vasières (Figure 11). Au sein des herbiers, deux espèces majoritaires apparaissent, l'une subtidale est immergée en permanence *Cymodocea nodosa* et couvre une surface de 221,8 km^2. L'autre espèce, *Zostera noltii*, est intertidale et émerge donc au rythme des marées, et couvre une surface de 452,4 km^2. Au total, les herbiers couvrent une surface de 674,2 km^2. Une part importante des zones intertidales est occupée par des vasières, qui couvrent 121,2 km^2. Un peu plus haut sur le littoral, les marais salés et les mangroves occupent

respectivement 26,1 km^2 et 0,8 km^2. Leur fonction de nurserie n'a pas été évaluée à ce jour au PNBA (cf Partie 1, Chapitre 1).

Les surfaces de flaques intertidales pour les 10 échantillons d'herbiers sont détaillées dans le tableau 16. Au sein de la surface d'herbiers échantillonnée, les flaques intertidales occupent 43,9 ha, soit 7 % de la surface (Tableau 27). A l'échelle du PNBA, la surface totale des flaques intertidales est estimée à 31,7 km^2.

Tableau 27 : Taux de couverture des flaques intertidales.

ID	Surface (ha)	% flaques	Surface flaques (ha)
FI_1	54	4,6	2,5
FI_2	17,7	1,6	0,3
FI_3	98,4	6,2	6,1
FI_4	35	1,2	0,4
FI_5	181	11,7	21,2
FI_6	25,2	2,9	0,7
FI_7	70,6	0,4	0,2
FI_8	18,8	10,2	1,9
FI_9	68,9	12,8	8,8
FI_10	56,9	2,9	1,7
Total	**626,5**	**7,0**	**43,9**

3.2. Juvéniles de poissons

Jager (1993) et van Etten (2003) ont collecté respectivement 45 et 24 espèces au cours de leurs échantillonnages, parmi lesquelles 39 espèces ont un intérêt commercial (IMROP, 2017 ; Froese et Pauly, 2018). L'évaluation écologique se base sur l'indice de diversité de Shannon qui considère chaque espèce égale l'une de l'autre. Les indices de Shannon (H') varient entre 0 et 2,34 (Figure 39).

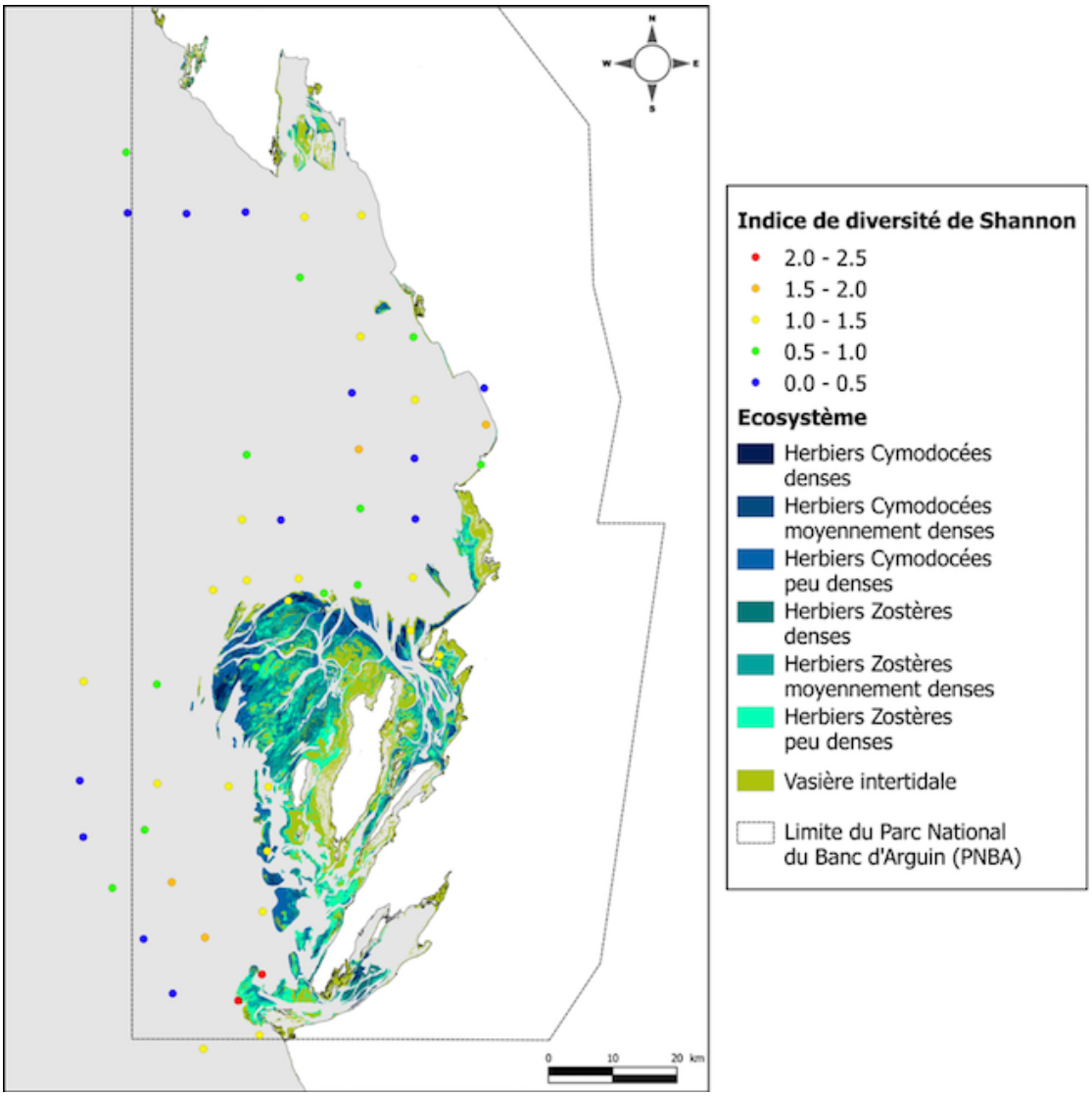


Figure 39 : Indices de biodiversité de Shannon par station pour les juvéniles de poissons et de céphalopodes.

L'étude de Jager (1993) couvre essentiellement les zones subtidales. Peu de points d'échantillonnages recoupent la cartographie des écosystèmes marins réalisée dans cette étude. Recouper les données d'abondances par station avec les écosystèmes identifiés en 2018 ne semble pas pertinent après 25 années écoulées.

Les données d'abondances par espèce et par habitat sont disponibles dans van Etten (2003). Dans la baie d'Aouatif, les densités d'individus juvéniles sont comprises entre 25 et 62 ind./100 m^2 dans les herbiers de cymodocée, entre 50 et 158 ind./100 m^2 pour les herbiers à zostère, entre 75 et 124 ind./100 m^2 pour les flaques intertidales et entre 20 et 45 ind./100 m^2 pour les vasières.

L'évaluation économique de la fonction de nurserie se base sur le prix de vente du poisson au débarquement qui varie, selon les espèces, entre 5,0 MRU/kg et 60,9 MRU/kg (IMROP, 2017) (Annexe 1). En considérant que chaque individu atteint le stade adulte, la valeur économique

par station est comprise entre 0 et 3 110 MRU/100 m^2 (Figure 40), soit entre 0 et 31,1 millions MRU/km^2.

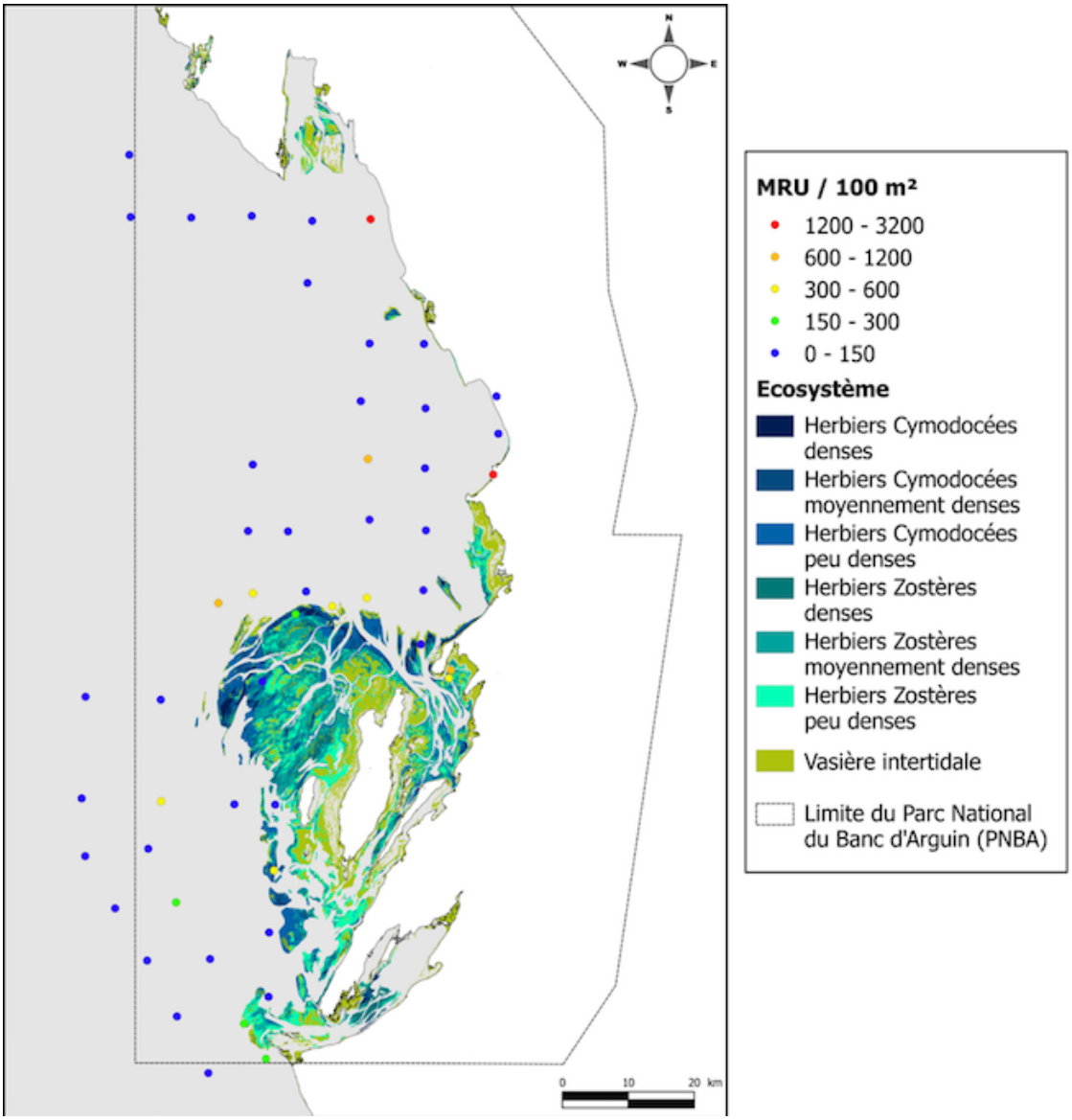


Figure 40 : Valeur économique maximale par station pour les juvéniles de poissons et de céphalopodes.

3.3. Juvéniles de crevettes

Schaffmeister (2006) a recueilli onze espèces de crevettes différentes dont six espèces d'intérêt commercial (Holthuis, 1980) et de grandes valeurs (Tableau 28). L'étude a montré l'importance des flaques intertidales dans lesquelles les crevettes sont abondamment présentes avec des densités pouvant atteindre 78,2 ind.m^{-2}. Les densités de crevettes dans les herbiers à *Zostera noltii* atteignent 8,62 ind.m^{-2} contre 3,33 ind.m^{-2} dans les herbiers à *Cymodocea nodosa*. La crevette *Palaemon elegans* est l'espèce la plus abondante sur les hauts fonds de la baie d'Aouatif.

Tableau 28 : Densités de crevettes (n.m^{-2}) par espèce, habitat et valeur commerciale (Sealifebase). Les valeurs de densités à marée basses et hautes ont été regroupées pour obtenir des intervalles.

Espèces	Flaques intertidales	*Zostera noltii*	*Cymodocea nodosa*	Valeur commerciale
Palaemon elegans	7,00 – 76,00	0,021 - 8,00	0,04 - 1,10	Very High
Palaemon adspersus	-	0,015 - 0,12	0,04 - 0,34	Very High
*Penaeus sp**	0,080 - 2,20	0,060 - 0,34	0,11 – 0,31	Very High
Sicyona carinata	-	0,026 - 0,11	0,080 - 0,70	Minor**
Philocheras fasciatus	-	0,023 - 0,051	0,04 - 0,88	Very High
Total	**7,08 – 78,20**	**0,15 – 8,62**	**0,28 – 3,33**	**Very High**

* *Penaeus kerathurus* et *Penaeus notialis*
** Valeur commerciale mineure mais espèce très appréciée en gastronomie dans la région de Nice (France) (Holthuis, 1980)

En l'absence du prix de vente de chaque espèce de crevette dans le PNBA, nous avons utilisé le prix d'export des crevettes (catégorie GAMBA) pour le marché européen, qui est en moyenne de 4 000 €/tonne (SMCP, 2018), soit 167 MRU/kg. Pour ce genre de crevettes, il faut compter environ 180 individus par kilogramme (FranceAgrimer, 2018).

3.4. Juvéniles de requins et de raies

Le Banc d'Arguin semble être une aire de reproduction, de nurserie et d'alimentation pour plusieurs espèces de requins et de raies. Les espèces *Rhinobatos cemiculus*, *Dasyatis marmorata*, *Rhizoprionodon acutus* et *Paragaleus pectoralis* se reproduisent dans le PNBA. Les juvéniles de *R. cemiculus*, *R. acutus* et *P. pectoralis* semblent se développer dans la région, justifiant un caractère de nurserie. Enfin le PNBA constituerait une zone d'alimentation pour la raie *Rhinoptera marginata* (Valadou et al., 2006). Le prix du débarquement de ces espèces est compris entre 9,4 et 13,5 MRU/kg (IMROP, 2017).

3.5. Valeur économique du service de nurserie

Afin de minimiser la surestimation du service de nurserie, nous avons considéré un taux de survie de 1 % pour les poissons entre les phases juvéniles et adultes (Peterman et al., 1988 ; Rose et al., 1996 ; Rochette et al., 2010 ; Talbot, 1977 ; Koutsikopoulos et al., 1989 & 1991 ; Houde et al., 2002 ; Harding et Talbot, 1973 ; Geffen et al., 2007 ; Allain et al., 2003 ; Allain, 2004). Ce même taux de 1 % a été appliqué aux crevettes dans notre étude, à défaut de références en milieu naturel. La valeur monétaire de la fonction de nurserie par unité de surface de chaque habitat est détaillée dans la figure 41.

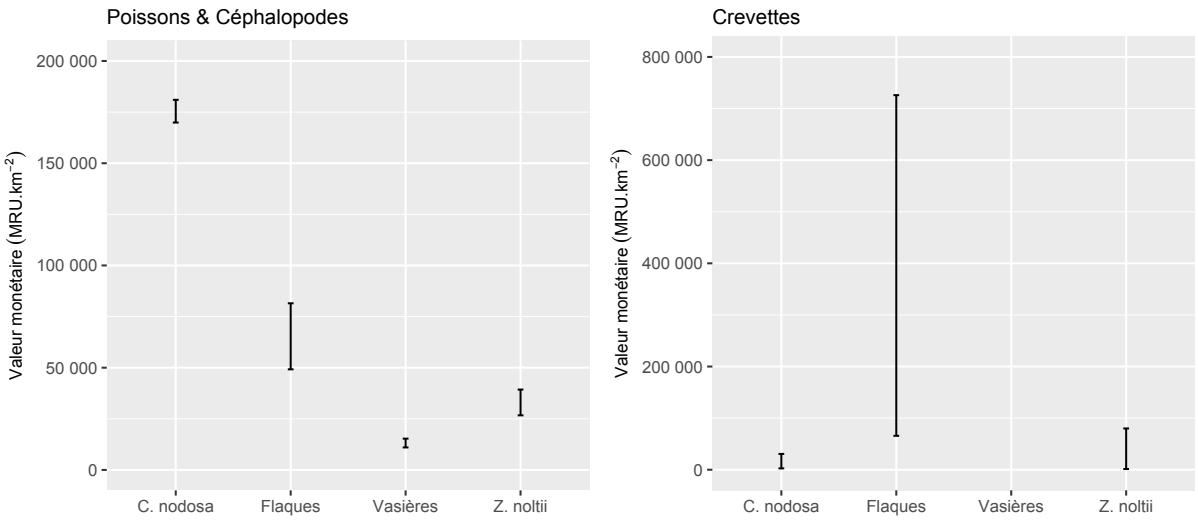


Figure 41 : Valeurs monétaires de la fonction de nurserie par habitat dans le PNBA pour les poissons et céphalopodes (à gauche) et les crevettes (à droite). Les échelles ne sont pas les mêmes entre les deux graphiques.

Les herbiers de *Cymodocea nodosa* et les flaques intertidales présentent les plus fortes valeurs monétaires par unité de surface pour les poissons et les crevettes. La très forte variabilité des densités de crevettes dans les flaques intertidales se répercutent sur la valeur monétaire.

L'évaluation économique du service de nurserie, extrapolée à l'ensemble du PNBA, permet de soulever un potentiel de rendement maximal, afin de rendre compte de l'importance des écosystèmes marins côtiers comme habitats pour les juvéniles d'espèces commerciales (Tableau 29).

Tableau 29 : Valeur monétaire totale du service de nurserie dans le PNBA.

Valeur totale PNBA (MRU)	Poissons		Crevettes		Total	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Cymodocea nodosa	37 683 820	40 145 800	576 498	6 794 436	38 260 318	46 940 236
Zostera noltii	12 079 080	17 779 320	629 929	36 199 937	12 709 009	53 979 257
Flaques intertidales	1 559 640	2 583 550	2 083 390	23 011 449	3 643 030	25 594 999
Vasières intertidales	1 333 200	1 854 360	0	0	1 333 200	1 854 360
Total	52 655 740	62 363 030	3 289 816	66 005 823	55 945 556	128 368 853

D'après nos résultats, la valeur minimale du service de nurserie atteint 55 945 556 MRU dont 94% provenant des poissons / céphalopodes. Les herbiers de cymodocée contribuent à hauteur de 68% de cette valeur, suivie des herbiers à zostère (23%), des flaques intertidales (7%) et des vasières (2%).

La valeur maximale du service de nurserie atteint 128 368 853 MRU. Les contributions respectives de chaque habitat diffèrent du fait des fortes densités de crevettes que l'on peut

retrouver dans les flaques intertidales et les herbiers de zostères. Les herbiers de zostères, de cymodocée et les flaques intertidales contribuent respectivement à hauteur de 42%, 37% et 20% de la valeur totale du service de nurserie. Les vasières intertidales représentent seulement 1% de la valeur totale. Dans ces proportions, la part monétaire des poissons est de 49% contre 51% pour les crevettes.

4. Discussion

4.1. Le service de nurserie dans le PNBA

La fonction de nurserie dans le PNBA a été évaluée entre 56 et 128 millions MRU/an. Cet intervalle relativement important est la conséquence d'une forte variabilité naturelle observée sur les densités de crevettes dans les flaques intertidales et les herbiers de zostères. La différence monétaire totale pour ces deux habitats atteint 56,5 millions MRU. L'évaluation de la fonction de nurserie dans le PNBA a nécessité la compilation d'études réalisées dans les années 90 et au début des années 2000. L'utilisation de ces valeurs dans cette étude implique un fort degré d'incertitude sur les évaluations écologiques et économiques de la fonction de nurserie des habitats côtiers du PNBA. Les résultats doivent donc être interprétés avec prudence. Toutefois, le Banc d'Arguin est protégé depuis 1976 et demeure un environnement relativement stable pour de nombreuses espèces, avec une pression anthropique limitée à la pêche artisanale. Compte tenu des faibles pressions humaines et du niveau de pollution relativement bas dans le PNBA, nous pouvons considérer que les habitats qui remplissaient les critères de nurserie dans les années 1990 - 2000 continuent à offrir les conditions favorables au développement des juvéniles en 2018. De nouvelles études devraient être réalisées pour actualiser les données sur les juvéniles d'espèces commerciales. Une étude récente a été menée dans les environs du PNBA par Diagne (2012) sur les poissons juvéniles dans la baie de l'Etoile au nord-ouest du Golfe d'Arguin, à l'extérieur du PNBA. Trois stations caractérisées par la présence de Spartina maritima, *Zostera noltii* et *Cymodocea nodosa* ont été échantillonnées. D'après la fréquence des tailles des espèces collectées, les écosystèmes marins de la baie de l'Etoile abritent des juvéniles de poissons, dont les espèces commerciales appartenant aux genres des Mugilidae, des Gerreidae, et pour les crevettes de la famille des Penaeidae.

Bien que l'échantillonnage des juvéniles par Jager (1993) et van Etten (2003) semble soutenir la fonction écologique de nurserie du Banc d'Arguin, les données sont insuffisantes pour évaluer la contribution des nurseries aux populations adultes d'organismes marins exploitables. D'autres habitats présents en dehors du PNBA, pourraient assurer en partie cette fonction, telles que les Baies du Lévrier ou de l'Etoile (Diagne, 2012 ; ould Taleb ould Sidi, 2003).

Les juvéniles de Sardinella aurita se développent très près de la côte dans des zones de nurserie avant de rejoindre les stocks d'adultes au large (Boely et al., 1982). Deux aires de nurseries ont été identifiées, la première s'étend de Dakar (Sénégal) à la Gambie, la seconde se situe au large de la Mauritanie dans le Banc d'Arguin et près du Cap Timiris. La nurserie du Banc d'Arguin pour les sardinelles a été partiellement confirmée par des observations directes (Maigret, 1972), mais la proportion des stocks d'adultes provenant du Banc d'Arguin n'est pas connue (Boely, 1982).

L'échantillonnage des juvéniles mené par Jager (1993) indique également la présence de sites, en dehors des habitats majeurs identifiés, avec une valeur économique comprise entre 600 et 3 200 MRU/100 m^2 (Figure 40). Dans le cadre d'une nouvelle évaluation précise de la fonction de nurserie dans le PNBA, nous recommandons fortement de prospecter ces zones d'intérêt, identifiée entre Arkeiss et l'île d'Arguin, afin de vérifier la présence ou non d'habitats favorables à la fonction de nurserie.

Les études de terrain menées par Schaffmeister (2006) ont mis en évidence l'importance des herbiers intertidaux, en particulier des flaques intertidales pour le développement d'espèces commerciales de crevettes. En effet, sur onze espèces collectées, six présentent un intérêt commercial : *Palaemon elegans*, *Palaemon adspersus*, *Penaeus kerathurus*, *Penaeus notialis*, *Processa edulis* et *Philocheras fasciatus* (Holthuis, 1980). De 1969 à 1987, les crevettes du genre Penaeus sp., capturées dans les eaux côtières, représentaient 66% de la capture totale de crevettes (Diop, 1989). Les vasières du Banc d'Arguin sont recouvertes d'herbiers à *Zostera noltii* qui, à marée basse, retiennent des flaques d'eau dont le diamètre varie entre 5 et 25 m et dont la profondeur est comprise entre 0,2 et 1,0 m (Wolff et Smit, 1990 ; van der Laan et Wolff, 2006). Le système d'image satellitaire Pléiades a une résolution de 0,7 m pour la bande panchromatique et une résolution de 2,8 m nadir pour les quatre bandes multispectrales (Gleyzes et al., 2012). A ce jour, le poids des fichiers Pléiades rend très difficile la cartographie des vasières intertidales sur l'ensemble du PNBA, si des images Pléiades à marée basse sont disponibles, elles pourraient fournir des informations précieuses sur la distribution des flaques intertidales dans le Banc d'Arguin, et d'estimer leurs surfaces précisément.

4.2. Fonction de nurserie pour d'autres espèces patrimoniales ?

Lors des suivis de 1993 et 2003, certaines espèces sont étrangement absentes des recensements et mériteraient certainement une attention particulière lors de prochains échantillonnages pour identifier les zones de nurseries. C'est le cas du maigre *Argyrosomus regius*, aussi appelé courbine et de certaines espèces de requins et de raies. Concernant le maigre, le Banc d'Arguin et la Baie du Lévrier forment l'une des cinq zones restreintes de frai côtières répertoriées à ce jour pour cette espèce (Tixerant, 1974 ; Haffray et al., 2012). Les adultes se rassemblent près de la côte pour frayer au printemps et en été afin que les larves planctoniques se développent dans les lagunes peu profondes et les vasières lorsque la température dépasse 20°C (Quéro et Vayne, 1987 ; Chao et Trewavas, 1990). La présence de ces habitats pour le développement des juvéniles et le taux de survie des juvéniles lors de leur migration vers des eaux plus profondes (60 à 200 m, 12°C), au cours de leur deuxième année, influencent directement la survie de cette espèce hautement commerciale. De plus, la fragmentation génétique de cette espèce met en évidence l'isolement de chaque population et la nécessité d'envisager leur gestion au niveau régional (Haffray et al., 2012).

Le Banc d'Arguin est aussi une aire de reproduction, de nurserie et d'alimentation pour plusieurs espèces de requins et de raies. Les juvéniles de *Rhinobatos cemiculus*, *Rhizoprionodon acutus* et *Paragaleus pectoralis* en particulier, se développent dans le Golfe d'Arguin, pouvant soutenir la fonction de nurserie du PNBA pour les prédateurs supérieurs (Valadou et al., 2006). La faible productivité de ces espèces (Frisk et al., 2001) les rend très vulnérables à l'exploitation par la pêche (Musick, 1999). Malgré les mesures de contrôle des pratiques de pêche aux requins et aux raies, les captures totales n'ont pas diminué depuis leur

mise en œuvre en 2003. Plus de 2 500 tonnes de requins et de raies ont été capturées en 2016 au sein du PNBA avec un prix de vente au débarquement de ces espèces compris entre 9,4 et 13,5 MRU/kg pour ces espèces (IMROP, 2017). L'identification et le maintien des zones de nurseries sont essentiels pour assurer les chances de survie des élasmobranches et préserver l'équilibre du fonctionnement du Banc d'Arguin.

4.3. Les dangers de la surexploitation des prédateurs supérieurs

La surexploitation des prédateurs supérieurs engendre, sous forme de cascade, des répercussions négatives sur les écosystèmes (Heithaus et al., 2008). Ce type de cascade trophique a été observé au Banc d'Arguin avec la surexploitation des raies qui se nourrissent des mollusques bivalves *Senilia senilis*. L'augmentation de la population de *S. senilis* résultant du déclin des populations de raies, a eu un effet délétère sur d'autres populations de mollusques dont les bécasseaux maubèches (*Calidris canutus*) se nourrissent (comm. pers. Sidi Cheikh, 2018). La surpêche des raies peut ainsi avoir un impact négatif sur les populations d'oiseaux. D'ailleurs, les baisses généralisées du nombre d'oiseaux limicoles au Banc d'Arguin peuvent refléter des changements dans la distribution et les abondances de proies et suggèrent un changement général de cet écosystème (Lourenço et al., 2016). En outre, les captures de grands prédateurs peuvent affecter le fonctionnement des herbiers marins (Dewsbury et al., 2016), en libérant la pression sur les herbivores qui se nourrissent dans les herbiers marins (Myers et al., 2007) et celle sur les consommateurs de plus petits prédateurs qui se nourrissent des épiphytes sur les feuilles de phanérogames marines (Heck et Valentine, 2006).

4.4. Différentes perspectives de l'écologie à l'économie

La comparaison des sites de nurserie d'un point de vue écologique, avec l'indice de biodiversité de Shannon, et d'un point de vue économique, sur la base du prix de vente au débarquement, souligne les différentes perspectives qui peuvent émerger lors de l'évaluation des services écosystémiques, qu'elles soient écologiques, écologistes ou économiques (Liquete et al., 2016). D'un point de vue écologique ou conservationniste, la principale difficulté est de différencier la biodiversité en tant que caractéristique intrinsèque supportant les services écosystémiques, et la biodiversité qui est le résultat d'un service particulier (en l'occurrence de nurserie), qui est évalué avec d'autres paramètres comme le temps de résidence dans les herbiers et la densité des juvéniles. Le risque de cette perspective est d'évaluer la fonction de nurserie en utilisant la biodiversité comme indicateur, en particulier lorsque des données spécifiques aux processus écologiques ne sont pas disponibles. Dans cette étude, nous avons intégré une dimension économique permettant d'estimer la valeur économique maximale par habitat pour un état écologique donné. Nos résultats confirment que la valeur économique d'un site n'est pas nécessairement corrélée à sa biodiversité. De tels résultats peuvent influencer la prise de décision sur les habitats à protéger prioritairement, d'où l'importance d'avoir une approche multidisciplinaire dans l'évaluation des services écosystémiques (Martín-López et al., 2014). A ce jour, d'autres paramètres écologiques sont à prendre en compte pour affiner l'évaluation économique du service de nurserie, comme les taux de survie et de croissance des espèces commerciales (Beck et al., 2001). Ces paramètres écologiques risquent d'être fortement perturbés par le changement global et devront être étudiés en conséquence

pour une vision à plus long terme du service de nurserie, et par extension, de la pêche commerciale.

4.5. Les impacts du changement climatique sur la fonction de nurserie

La Mauritanie subit les effets du changement climatique et l'Institut mauritanien de recherches océanographiques et des pêches (IMROP) a montré une augmentation significative de la température depuis 1970, corrélée à une réduction de l'intensité de l'upwelling (Labrosse et al., 2010). Ces changements de température auront pour conséquence le déplacement de certaines espèces vers le nord et pourrait expliquer les modifications de la distribution latitudinale observées pour *Argyrosomus regius*, *Sepia officinalis* et *Raja straeleni* (Gascuel et al., 2007). Plus généralement, cela pourrait avoir des effets à long terme sur les conditions de température requises pour le développement des juvéniles, avec des conséquences sur la composition spécifique et la quantité des captures. Les zones de nurseries doivent être identifiées et surveillées régulièrement pour détecter tout changement. Des études expérimentales ont déjà montré la diminution du service de nurserie avec la perte d'habitats favorables liés à cette fonction (Cheminée et al., 2013).

5. Conclusion

La précision de notre évaluation du service de nurserie est fortement entravée par l'absence de données récentes. Des études supplémentaires devraient être mises en œuvre afin d'ajuster les données d'abondances des poissons, mollusques et crevettes dans les habitats peu profonds du PNBA et porter une attention particulière à certaines espèces comme le maigre et les élasmobranches. Notre étude relève l'importance des herbiers de cymodocées et des flaques intertidales dans le développement des juvéniles d'espèces commerciales, avec un potentiel de rendement économique à l'échelle du PNBA atteignant 57,5 et 139,3 millions MRU/an. À ce jour, aucune étude n'a testé avec succès les quatre facteurs clés caractérisant une nurserie, comme postulé par Beck et al. (2001) et il est encore très difficile de prédire la contribution d'une nurserie au stock d'une population adulte (Nagelkerken et al., 2009). Par conséquent, les protocoles d'échantillonnage terrain doivent être orientés pour définir les différentes caractéristiques d'une nurserie. Il s'agit (1) d'identifier et de quantifier la migration des individus des zones de nurseries vers les habitats adultes ; (2) d'évaluer les taux de croissance et de survie des espèces commerciales ; (3) de comparer les habitats, et (4) de clarifier l'impact du changement climatique et des activités anthropiques sur la fonction de nurserie.

PARTIE 3 : SERVICES HALIEUTIQUES ET TOURISTIQUES – VALEURS D'USAGE DIRECT

Chapitre 1 : Contribution du PNBA aux pecheries de la ZEE Mauritanienne (Beyah Meisse)

En cours

CHAPITRE 2 : CARTOGRAPHIE DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DES ESPECES AU PNBA DE 2013 A 2016

Ousmane Sarr, Yeslem El Valy, Oumar Hamet Wagne

1. INTRODUCTION

Situé entre le cap Timiris et la pointe Minou, d'une superficie de 12 000 km² (Figure 3), la partie maritime du Parc National du Banc d'Arguin (PNBA) constitue une aire marine protégée (AMP), caractérisée par son importance écologique. Cette AMP lui confère une réglementation stricte pour offrir une protection particulière des habitats et des espèces les plus importantes. Si elle protège les environnements sensibles, elle contribue également à augmenter la productivité des zones de pêche, régulant les différents usages de la mer, donnant naissance à un tourisme durable et générant de nouvelles activités créatrices d'emploi (Abdulla et al., 2008). En effet, sa production est estimée à plus de 3 000 tonnes par an avec 539 emplois directs générés en moyenne (Braham, 2015).

Cette réserve naturelle a fortement influencé le développement de nombreuses populations du Parc, transformant ce dernier en une mosaïque de cultures riches et hétérogènes. A cet effet, malgré les mesures mises en place, une pression anthropique de plus en plus marquée est observée par les Imraguen par la baisse des captures pour certaines espèces telles que la courbine (*Argyrosomus regius*), dû notamment à un changement de trajectoire des routes de migration (Amadou, 2013).

Plusieurs techniques de pêches sont pratiquées dans le Banc d'Arguin. La répartition géographique de chaque technique et de leur déploiement est fortement tributaire du savoir empirique des pêcheurs. Une large variété d'espèces sont ainsi capturées à partir de ces différentes techniques de pêche, jusqu'à environ 120 espèces selon les années (Braham, 2015).

Le système de suivi de la pêche artisanale et côtière mis en place par l'IMROP en 1997 a constitué un outil essentiel de contrôle et de gestion des pêcheries au PNBA. Celui-ci a permis de centraliser des connaissances sur les différentes aires de pêches dans cette AMP. Ce n'est qu'à partir de 2009 que l'étude portant sur la spatialisation des lieux de pêches a été réalisée ; une base de données regroupant 522 zones de pêche des Imraguen a été mise en place (Sidi Cheikh et al. 2009).

L'état de la distribution géographique des stocks de poissons au sein du Banc d'Arguin reste peu ou mal connu. En effet, à ce jour, peu d'études se sont consacrées à la production d'indicateurs spatiaux de répartition des espèces dans les lieux de pêches du Banc d'Arguin. Toutefois, quelques études se sont intéressées à cartographier la distribution géographique de certaines espèces de sélaciens (Braham et al., 2015). En Mauritanie, les lanches contribuent en moyenne sur la période 2006-2017 à 6% des captures de la pêche artisanale et 1% de la PAC (Pêche Artisanale et Côtière). C'est ainsi qu'avec une demande de plus en plus croissante en produit de la pêche, l'effort de pêche des lanches s'est accru, contribuant à l'exploitation de certaines espèces dans de nouvelles zones de pêche pour des rendements meilleurs (Sarr, 2016).

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude axée sur la répartition spatiale et saisonnière des espèces et de leurs captures au PNBA pour évaluer les lieux de pêches les plus productifs en se basant sur la monétarisation des zones de pêches.

2. MATERIEL ET METHODE

Les données utilisées dans cette étude sont issues essentiellement du Système de Suivi de la Pêche Artisanale et Côtière (SSPAC) notamment de l'enquête d'échantillonnage des captures aux débarquements des lanches sur la période 2014-2017. Les données environnementales utilisées pour examiner la corrélation avec les données de captures ont été collectées par le laboratoire des études du milieu marin et environnemental (température, salinité, oxygène et pH), alimentant une base de données depuis 1982 des paramètres physico-chimiques sur tout le plateau continental et à l'intérieur du Banc d'Arguin.

L'estimateur SSPAC ne prenant pas en compte la variable "zones ou lieux de pêche" dans les calculs des captures totales et de l'effort de pêche, il a été utilisé dans un premier temps une répartition de l'échantillon globale proportionnellement aux poids de l'échantillon par zone de pêche (correspond à un pourcentage d'échantillon par zone). La capture estimée globale a été affectée au pourcentage d'échantillon de chaque lieu de pêche, pour ensuite obtenir la part estimée des captures pour chaque lieu de pêche. Les captures par unité d'effort sont calculées selon la formule usuelle (rapport captures sur l'effort correspondant en jours de mer). Les CPUE non significatives n'ont pas été prises en compte dans les résultats. Il s'agit en fait de captures accidentelles trop importantes (d'un engin et dans une zone de pêche donnée) correspondant à un effort d'une journée.

Les chaines de traitement ont porté à harmoniser les CPUE (Capture Par Unité d'Effort) par saison de manière à se soustraire de la variation interannuelle et mensuelle. La saison froide des eaux de surfaces débute de janvier à mai, la saison chaude s'étend de juillet à octobre. Les deux saisons de transition pour la saison chaude et la saison froide sont respectivement mai-juin et novembre-décembre.

Les captures ont été réparties en trois saisons de pêche (froide, chaude et intermédiaire) et traitées sur ArcGIS 10.2 en prenant soin de sélectionner les lieux de pêches dont la contribution dans l'effort total est supérieure ou égale à 1%.

Pour les variables physico-chimiques, une interpolation a été effectuée sur la température de surface, la salinité, l'oxygène et le pH pour chaque surface, et une reclassification[6] a été réalisée afin de garder l'homogénéité des pixels sur des intervalles de valeurs.

---

[6] Température de surface (°C) : 16-18 ; 18-21 ; 21-23 ; 23-26 ; 26-29.
Salinité (Mg/L) : 20-28 ; 28-32 ; 32-35 ; 35-39.
Oxygène : 3,2-4,1 ; 4,1-4,9.
pH : 7-8 ; 8-9.

A partir de ces résultats, des géo-traitement ont été effectués sur les rasters qui consistent à superposer la couche CPUE par lieu de pêche sur le raster (température, salinité, oxygène, pH) à partir desquels est extraite la valeur des pixels qu'il englobe. Étant donné que chaque polygone délimite une surface raster de pixels homogènes, pour chaque paramètre environnemental rastérisé, une seule valeur a été récupérée. Par la suite, une requête permettant d'intégrer les deux variables directement dans la base a été effectuée. Ce qui a permis pour chaque technique de pêche, d'avoir un fichier de données essentielles (captures, année, lieux, espèces, température, salinité, oxygène, pH, CPUE, saison) pour les différentes analyses spatiales et statistiques.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Analyse de l'effet environnemental sur les CPUE

Une ANOVA à plusieurs facteurs a permis de tester les variations spatiotemporelles et l'effet environnemental sur les CPUE (kg/jour). En revanche dans l'impossibilité de tester ces variations à l'échelle des lieux de pêches nous avons eu recours à l'utilisation d'une échelle plus large basée sur trois zones (Nord, Centre et Sud), pour tester si le ln(CPUE) et sa distribution sont affectés par (la température, la salinité, l'oxygène, le pH ou la saison). En effet, une fois transformées par les logarithmes népériens (ln), la distribution des ln(CPUE) se rapproche de la normalité avec une tendance centrale nette qui autorise l'utilisation des méthodes statistiques paramétriques (Thomas et al., 1993).

Par ailleurs, les interactions de ces différentes variables ont été testées afin de cerner l'ensemble des effets susceptibles d'influencer la distribution des ln(CPUE).

L'effet des facteurs abiotiques sur les prises par unité d'effort a montré que l'ANOVA appliquée sur la ln(CPUE) transformée, met en évidence une différence significative entre les trois zones (Nord, Centre et Sud). Aussi, la CPUE est hautement influencée par la profondeur. Les paramètres environnementaux ne se répercutent pas sur les ln(CPUE) de façon significative à l'exception du pH et de l'interaction entre la température et l'oxygène. La température ne justifie pas à elle seule l'importance des prises, cependant l'interaction entre la température et l'oxygène l'explique de façon significative. En l'occurrence pour ces trois techniques de pêches deux facteurs expliquent de façon significative au seuil 5% (Tableau 30). L'intégralité des différentes interactions est indiquée en annexe.

Tableau 30 : Analyse de variance (filet mulet, filet courbine, filet tollo) à plusieurs facteurs appliquée sur ln(CPUE).

	Df	Sum Sq	Mean	F value	Pr(>F)	
Zone	2	6.2	3.1	12.6	0.001	***
Profondeur	9	11.1	1.2	5	0.001	***
pH	1	2.9	2.9	11.8	0.002	**
Annee: Profondeur	24	13.8	0.6	2.3	0.019	*
Temperature: Oxygène	1	2.8	2.8	11.5	0.002	**
Zone:Engin	5	3.3	0.7	2.7	0.043	*

3.2. Analyse des variables liées à l'activité pêche

L'analyse des données a montré que les trois engins de pêches ont totalisé, sur une période de 4 ans, plus de 90% des débarquements (59% pour le filet mulet, 25% et 7% respectivement pour le filet courbine et le filet tollo). L'analyse spécifique par métier a montré que les espèces débarquées par le filet mulet sont dominées par les captures de poissons chat, *Arius latiscutatus (*Gunther, 1864) et de mulets cabot, *Mugil cephalus* (Linneaeus, 1758), qui représentent respectivement 20% et 15% des captures totales, tandis que toutes les autres espèces représentent chacune moins de 5% des captures.

Pour le filet courbine deux espèces de sélaciens dominent : *Rhinoptera marginata* (Geoffroy saint-hilaire, 1817) et *Rhizoprionodon acutus* (Ruppell, 1837). Ils occupent respectivement 19% et 13% des débarquements. Avec 7% des débarquements, la courbine, *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) est en cinquième position.

Pour le filet tollo, les espèces dominantes sont *Rhizoprionodon acutus* et *Arius latiscutatus* avec respectivement 33% et 16% des captures.

3.3. Analyse factorielle de correspondance : CPUE par lieu et espèce

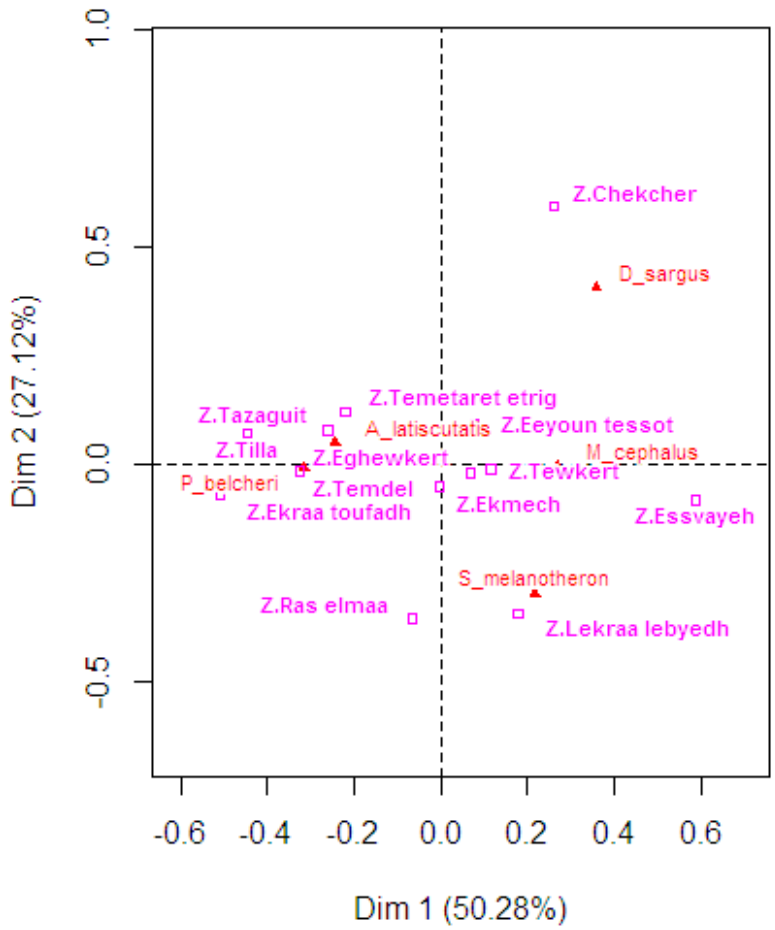


Figure 42 : AFC pour le filet mulet.

La répartition de l'effort du filet mulet distingue en premier l'espèce *Arius latiscutatis*, majoritairement présente dans les lieux Tazaguit, Tilla et Temetaret etrig. L'espèce *Mugil cephalus* est plus localisée à Eeyoun tessot et Tewkert, et dans une moindre mesure à Esseveyah et Eghewkert. L'espèce *Diplodus sargus* a montré une association au lieu de pêche Chekcher, alors que *Saratherodon melanotheron* se distingue vers Lekraa lebyedh en position intermédiaire avec Ras elmaa (Figure 42).

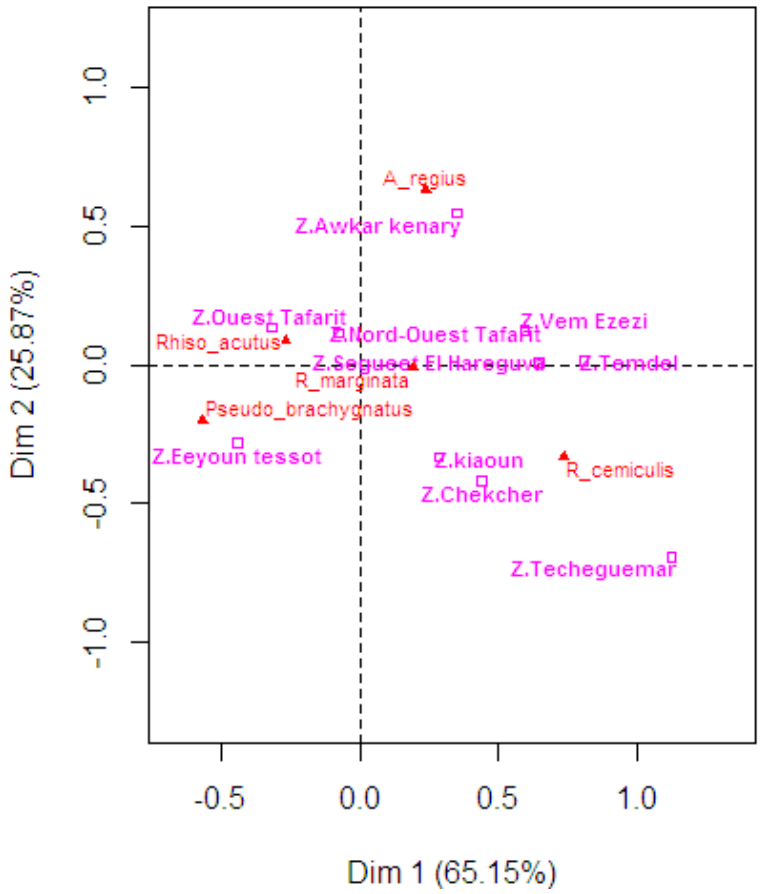


Figure 43 : AFC pour le filet courbine.

Les deux premières dimensions expliquent plus de 90% de la variance totale. Il apparait sur le plan factoriel que les espèces *Rhinoptera marginata* et *Rhizoprionodon acutus* sont associées aux sites Ouest Tafarit et Nord-Ouest Tafarit, alors que l'espèce *Rhinobatos cemicules* est associée aux sites Kiaoun, Chekcher et Techeguemar. Les autres espèces structurantes sont *Argyrosomus regius* et *Pseudothilus brachygnatus* qui se distinguent respectivement par une forte association aux sites Awkar kenary et Eeyoun tessot (Figure 43).

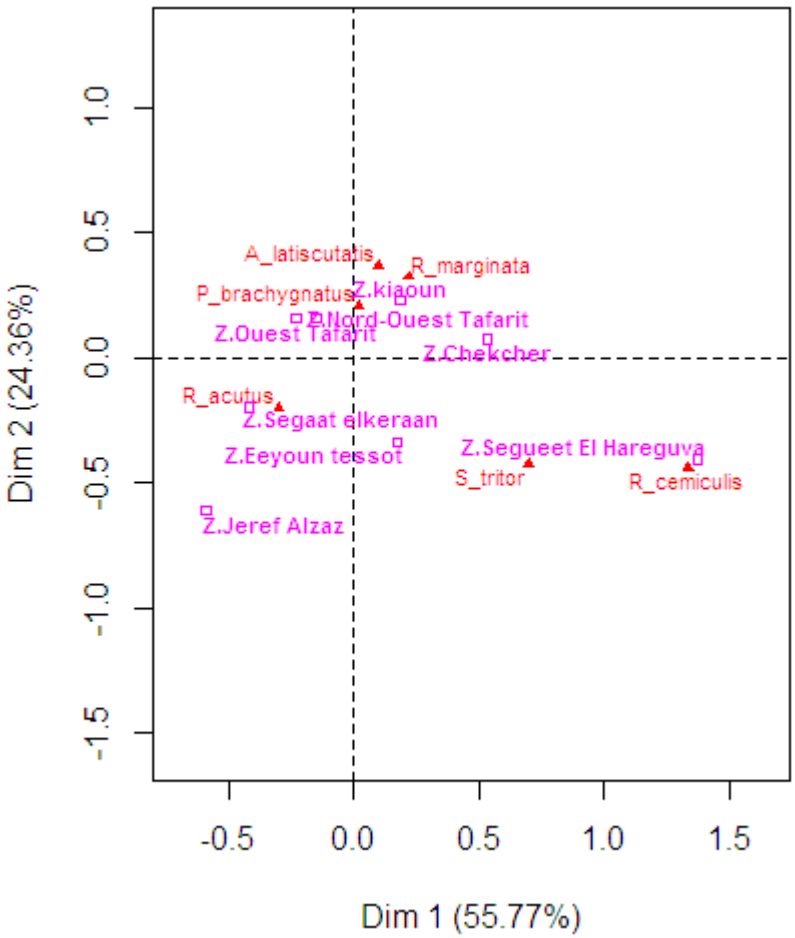


Figure 44 : AFC pour le filet tollo.

L'AFC pour le filet tollo distingue l'espèce *Rhinoptera marginata* proche du site de Kiaoun, bien que l'effort de pêche soit plus important vers Ouest Tafarit et Nord-Ouest Tafarit. La deuxième espèce dominante est *Rhizoprionodon acutus*, associée au site Segaat elkeraan, et dans une moindre mesure aux sites Segaat elkeraan et Jeref Alzas. Enfin, l'effort de pêche déployé pour la zone Segueet El Hareguva concerne principalement les espèces *Rhinobatos cemiculis* et *Scomberomoris tritor* (Figure 44).

3.4. Analyse des captures par unité d'effort par métier

La répartition des moyennes annuelles des CPUEs par métier et par zone est présentée dans la figure 45.

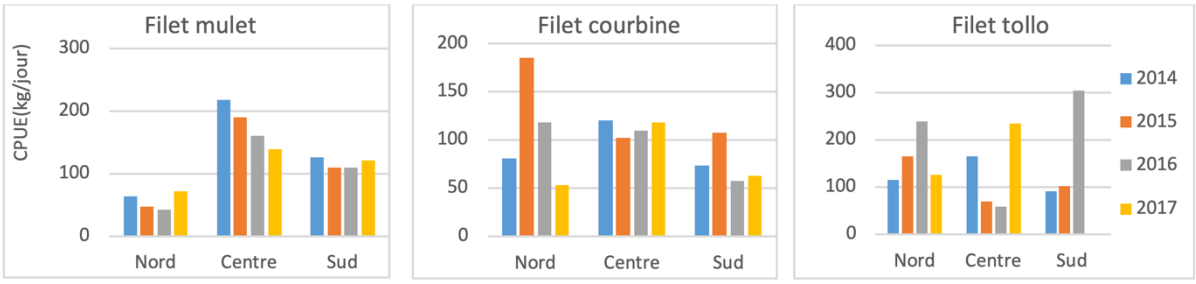


Figure 45 : Moyennes annuelles des CPUE par métier et par zone.

3.4.1. Engin filet mulet

La répartition des moyennes annuelles des CPUE du filet mulet indique que la zone Centre présente les CPUE les plus importantes malgré une baisse des captures passant de 220 kg/jour de mer en 2014 à 139 kg/jour de mer en 2017. Pour la zone Sud les CPUE était de 126 kg/jour de mer en 2014 et ont marqué des valeurs constantes en 2015 et 2016 à moins de 110 kg/jour de mer, puis ont atteint 122 kg/jour de mer en 2017. Les CPUE les plus faibles s'observent dans la zone Nord avec des valeurs comprises entre 43 et 71 kg/jour de mer.

Les CPUE de l'espèce *Arius latiscutatis* augmentent durant la saison froide passant de 50 kg/jour de mer à 460kg/jour de mer. Les lieux de pêches principaux sont Temdel, Ekmech, Henzouke, avec des CPUE supérieure à 300kg/jour de mer. Les CPUE connaissent durant la saison chaude une légère baisse, sans pour autant changer les aires de distribution de l'espèce. Cependant durant la saison de transition intermédiaire (i.e., froide-chaude) entre mai et juin, cette espèce est absente dans les lieux de pêches retenus. A partir de novembre et décembre, les captures de cette espèce reprennent lentement (Figure 46).

Pour l'espèce *Mugil cephalus*, les lieux de pêches visités par les lanches sont localisés en majorité dans la partie centrale du Banc d'Arguin (Figure 47). Durant la saison froide les fréquentations sont supérieures à Lekra lebyedh avec 79 jours de mer et 103 kg/jour, bien qu'elle ne totalise pas les CPUE les plus importantes sur la période de référence. La zone de Ras elmaa cumule 35 jours de mer pour une CPUE de 48 kg/jour. En plus de ces 2 lieux, 23 autres lieux ont été visités durant cette période, présentant des fréquentations inférieures ou égales à 12 jours de mer. Pendant la saison intermédiaire "froide-chaude", deux lieux concentrent l'essentiel de l'effort : Eeyoun tissot (135 kg/jour) et Elwessa (35 kg/jour) avec respectivement 47 et 11 jours de mer. Pendant la saison chaude, les lanches couvrent une partie importante de l'espace de pêche. Tous les lieux retenus pour cette espèce sont visités avec des CPUE comprises entre 33 kg/jour et 469 kg/jour. L'effort de pêche se concentre principalement à Eeyoun tissot, Techeguemar et Eghewkert avec respectivement 832, 199 et 165 jours de mer. Les flux d'activités ciblant cette espèce sont plus intenses durant la saison chaude.

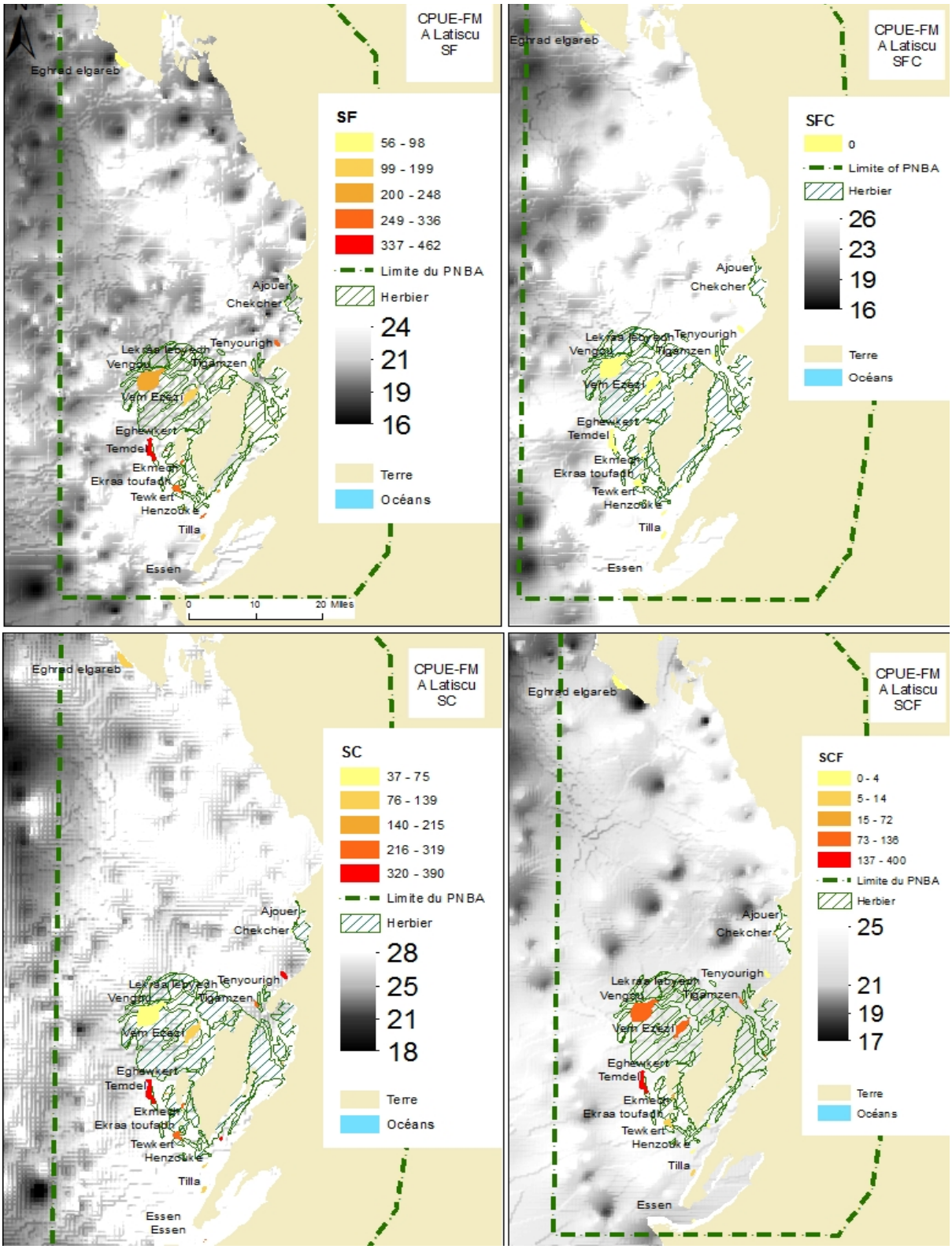


Figure 46 : Saisonnalité des CPUE d'*Arius latiscutatis* par rapport à la température de surface, engin filet mulet (2014-2017).

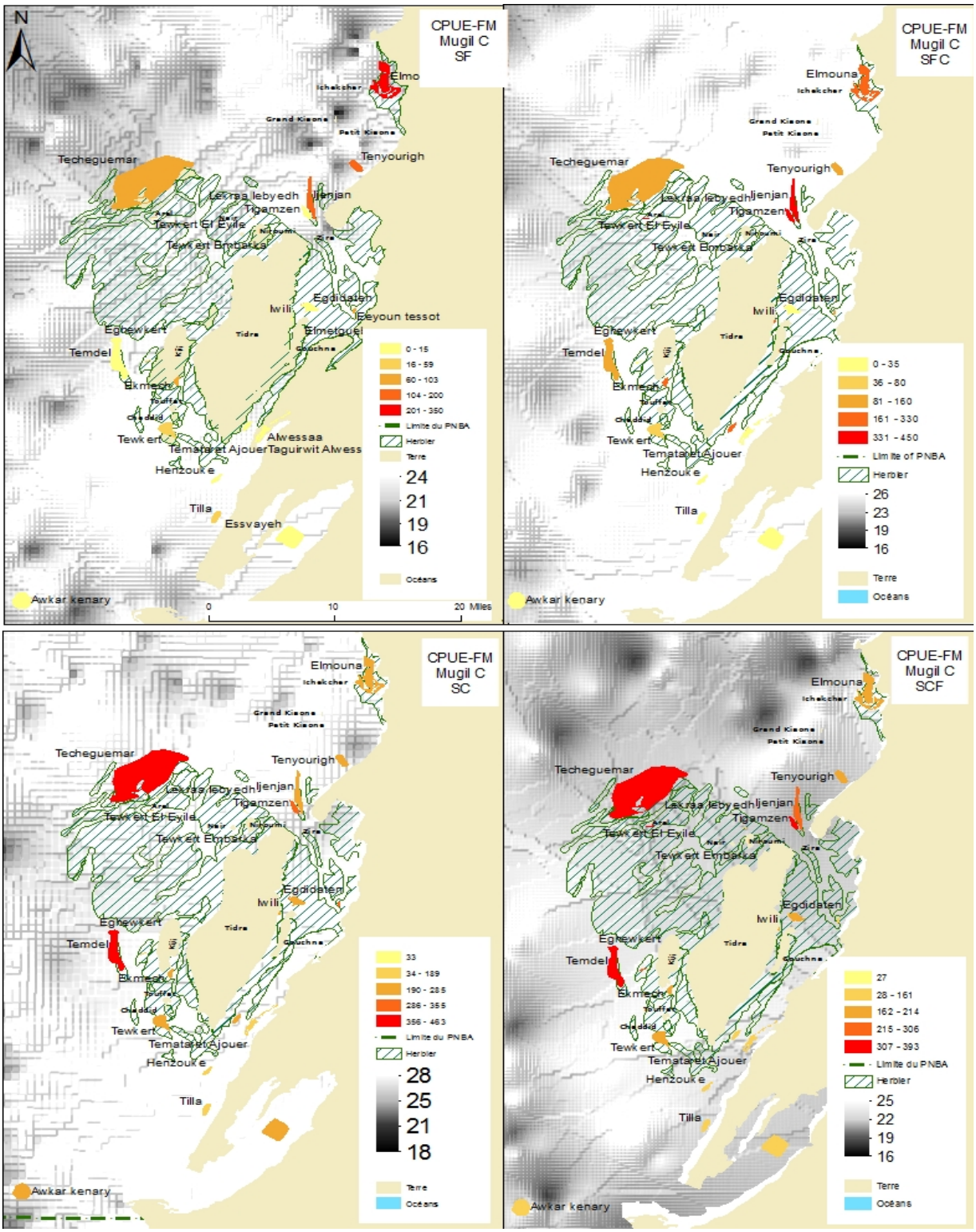


Figure 47 : Saisonnalité des CPUE de *Mugil cephalus* par rapport à la température de surface, engin filet mulet (2014-2017).

3.4.2. Engin filet courbine

Les CPUE moyennes annuelles du métier filet courbine connaissent des fluctuations dans les trois zones (Figure 45). Les CPUE les plus importantes dans la zone Nord sont observées en

2015 avec plus de 180 kg/jour qui progressivement vont diminuer de 2016 à 2017 avec respectivement 120 et 53 kg/jour. Pour la zone Centre, les CPUE étaient de 121 kg/jour en 2014, et ont augmenté à partir de 2016, après une légère baisse en 2015 (102 kg/jour).

Durant la saison froide les rendements sont plus importants pour la pêche de *Rhinoptera marginata* en l'occurrence pour les sites Temdel, Ouest Tafarit et Nord-Ouest Tafarit. Ces aires de pêches se distinguent par des températures comprises entre 16 à 19°C et des CPUE variant entre 19 kg/jour et 700 kg/jour (Figure 48). Pendant la saison chaude, les efforts de captures se concentrent davantage sur les zones Nord-Ouest Tafarit et Ouest Tafarit, avec un CPUE atteignant 370 kg/jour.

L'aire de distribution de l'espèce *Rhyzoprionodon acutus*, semble se localiser dans la partie centrale du Banc d'Arguin, probablement influencée par les variations de la température de l'eau, ce qui se traduit par des CPUE comprises entre 39 à 121 kg/jour de mer durant la saison froide (Figure 49). Les valeurs de CPUE les plus importantes sont observées à Segueet el Hareguva, suivi de Segaat Elkeraan. Au cours de la saison de transition, les CPUE ne changent pas trop, probablement en raison de son affinité aux eaux froides. En effet, durant la saison chaude, les lieux de concentration de l'espèce changent, en l'occurrence à Nord-Ouest Tafarit, où les eaux de surface sont moins chaudes. A l'approche de la saison de transition des eaux chaudes en eaux froides, les CPUE observées augmentent à nouveau à Segueet el Hareguva, comprises entre 123 et 183 kg/jour de mer.

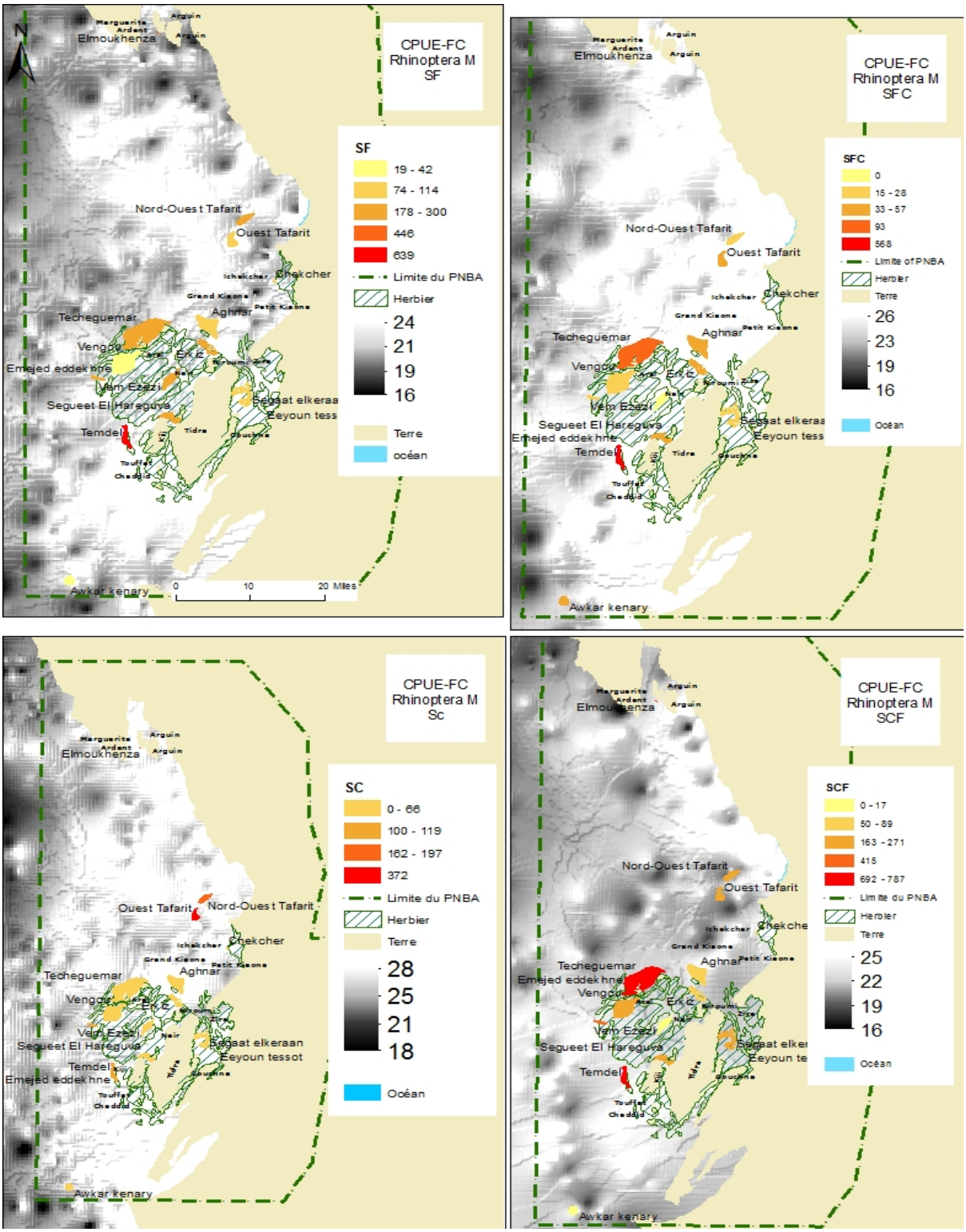


Figure 48 : Saisonnalité des CPUE de *Rhinoptera marginata* par rapport à la température de surface, engin filet courbine (2014-2017).

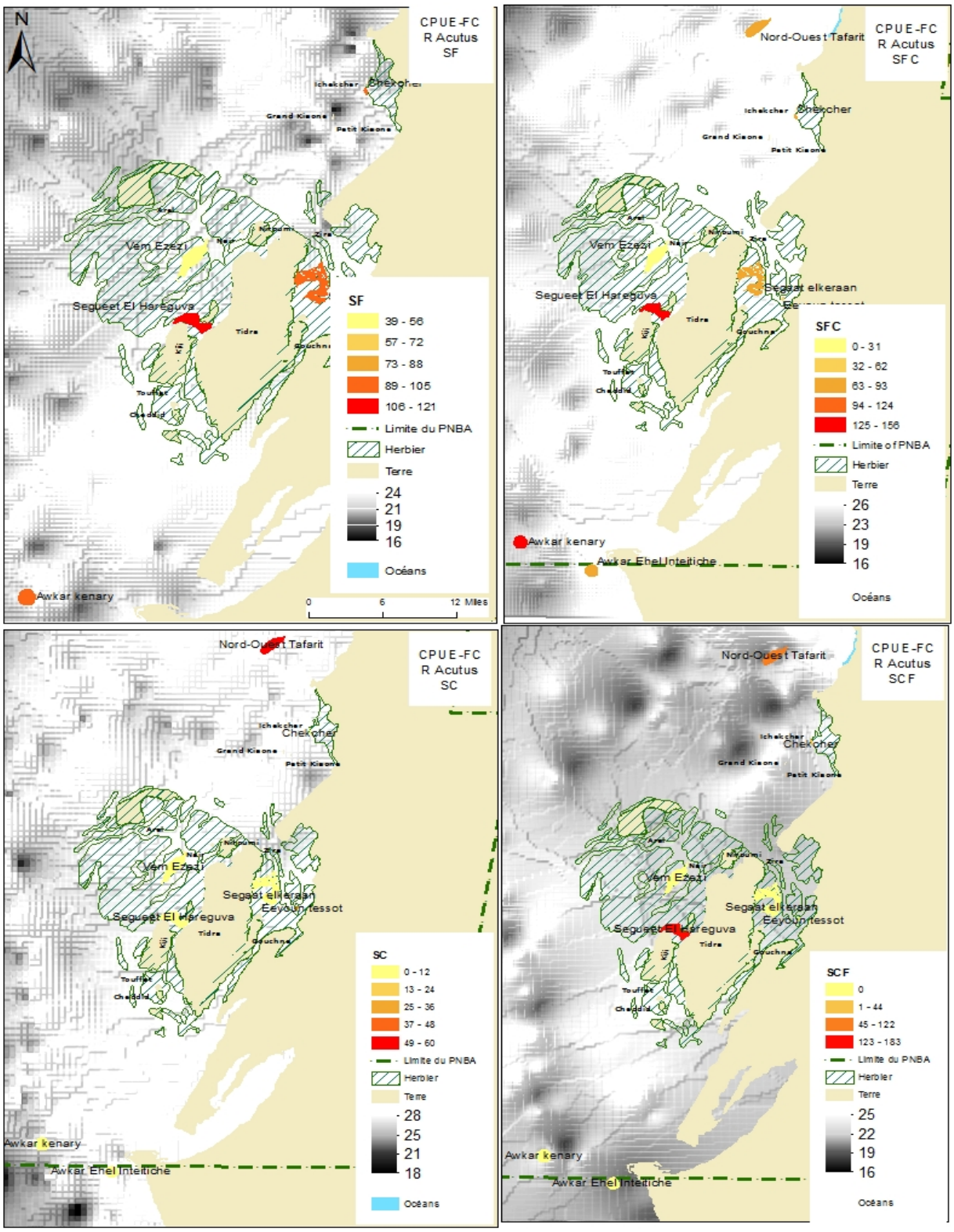


Figure 49 : Saisonnalité des CPUE de *Rhizoprionodon acutus* par rapport à la température de surface, engin filet courbine (2014-2017).

3.4.3. Engin filet tollo

La zone Nord a connu une augmentation des CPUE de 2014 à 2016, passant de 115 kg/jour à plus de 230 kg/jour, suivi d'une baisse significative en 2017 (125 kg/jour). Les CPUE des zones Centre et Sud ont connu des fluctuations avec une tendance baissière de 2014 à 2016 dans la zone Centre et une tendance à la hausse dans la zone Sud entre 2014 et 2016 (Figure 45).

Les lieux de déploiement de l'engin tollo sont très proches de ceux de l'engin filet courbine, mais les prises par unité d'effort sont significativement différentes en termes de rendement par jour de pêche et par saison. En effet, pour l'espèce *Rhizoprionodon acutus*, les aires de concentrations varient entre Segueet Elhareguva et Segaat elkeraan (Figure 50) avec des CPUE respectives de 188 à 259 kg/jour pour la saison froide et 230 à 345 kg/jour de mer pour la saison froide-chaude.

Les captures d'*Arius latiscutatis* affichent une répartition plus ou moins homogène dans les différents sites de pêches. Les captures de l'espèce sont plus importantes durant la saison chaude ou la saison intermédiaire « Froide-chaude ». Les CPUE ont presque doublé durant la saison chaude, probablement en raison de son affinité aux eaux chaudes peu profondes (Figure 51).

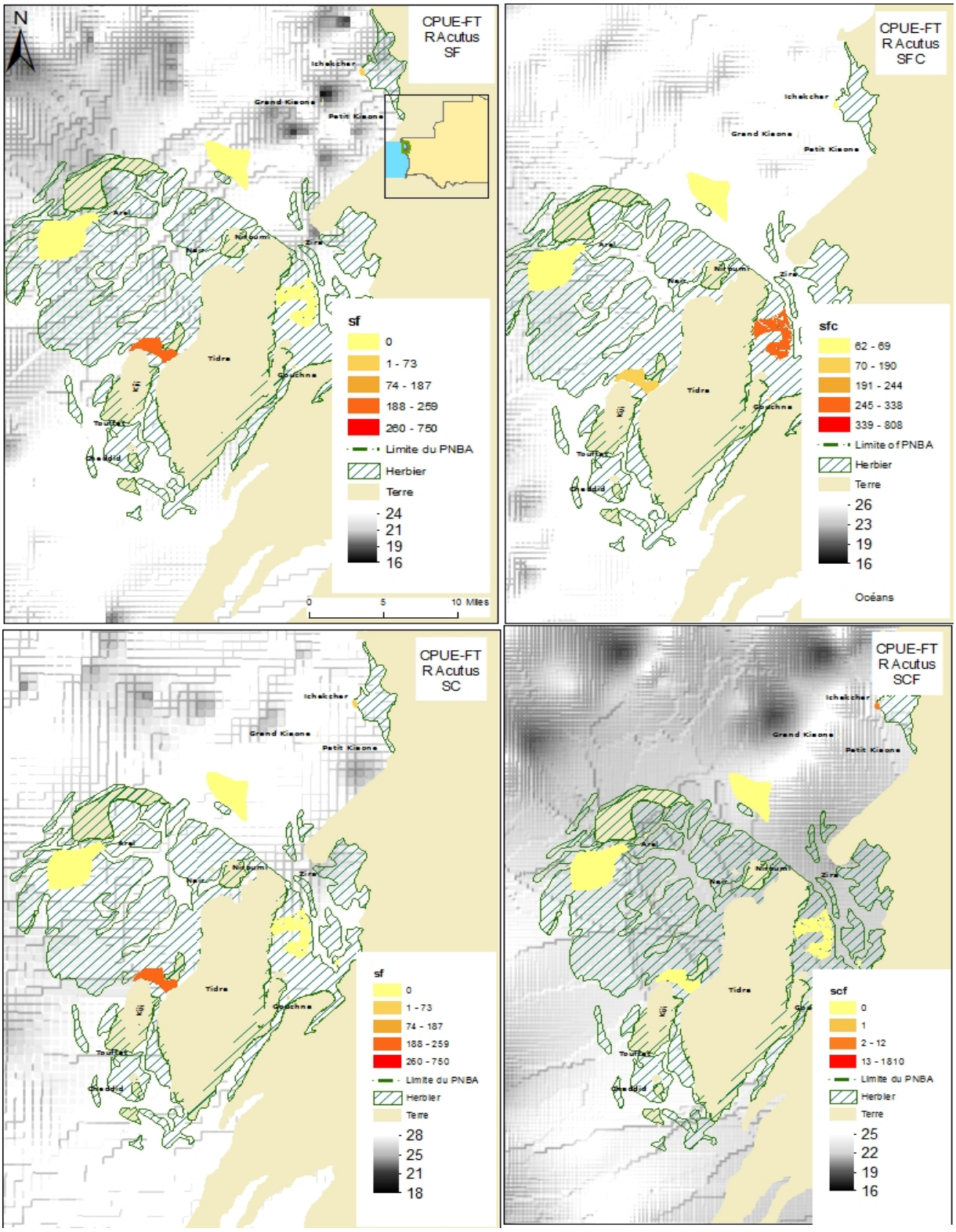


Figure 50 : Saisonnalité des CPUE de *Rhizoprionodon acutus* par rapport à la température de surface, engin filet tollo (2014-2017).

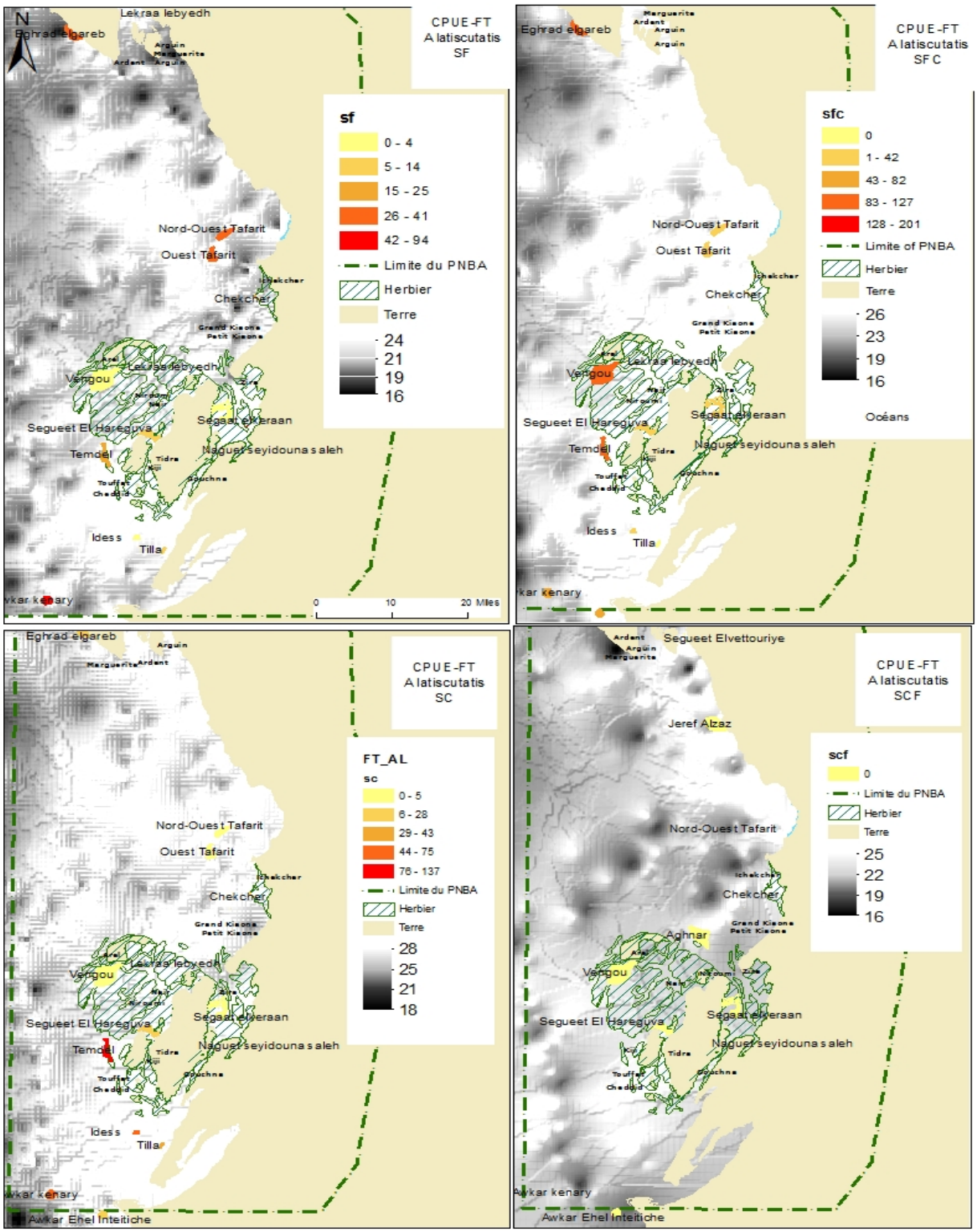


Figure 51 : Saisonnalité des CPUE d'*Arius latiscutatis* par rapport à la température de surface, engin filet tollo (2014-2017).

3.5. Valeur économique annuelle des lieux de pêche

La figure 52 montre une tendance haussière de la valeur économique totale annuelle des captures de pêche. En effet, elle est passée de 30 millions MRU en 2014 à 52 millions MRU en 2017, malgré une légère baisse en 2016 de près de 9% par rapport à 2015.

La moyenne annuelle de la valeur des captures des lieux de pêche sur la période 2014-2017 est de 45 109 165 MRU. Cette tendance haussière est due à l'intensification de la valorisation par la transformation de certaines espèces en salé-séché (poissons chats, raies et requins), en plus de la même activité à terre effectuée par une main-d'œuvre étrangère à dominance malienne. La diminution de la valeur économique annuelle des captures en 2016 sur les lieux de pêches, est probablement due à l'effort du PNBA à réguler la pêche par l'interdiction de la transformation à terre, notamment celle des sélaciens à l'intérieur du Banc d'Arguin.

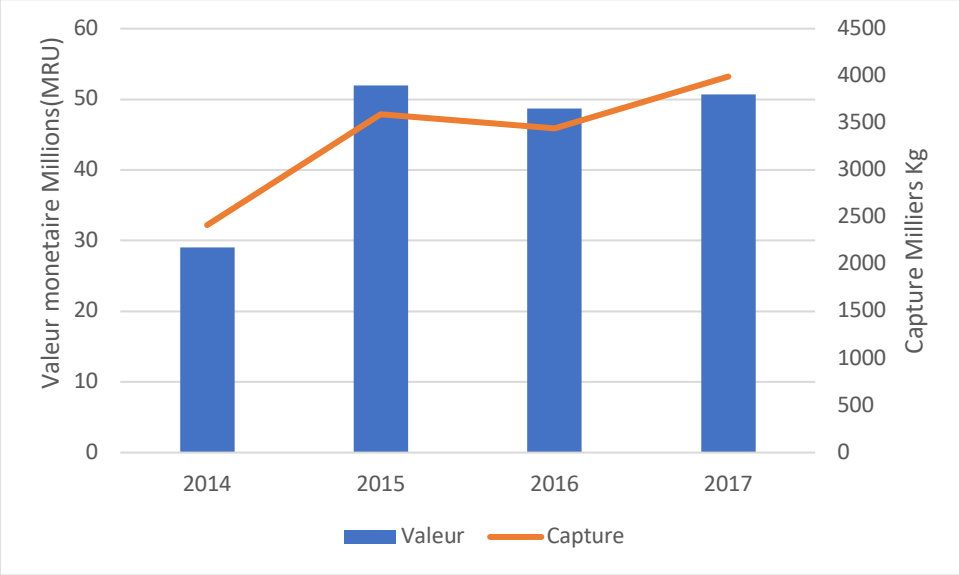


Figure 52 : Valeur Économique Totale des lieux de pêche d'après les prix aux débarquements (tout engin et toutes espèces confondus).

Il ressort de la distribution de la valeur économique des captures par zone de pêche sur la période (Figure 53), une augmentation de la valeur de certains lieux de pêche. C'est le cas de Nord-Ouest Tafarit (site d'Arkeïss) dont la valeur est passée d'environ 2 millions MRU en 2014 à 4 millions MRU en 2017, soit une augmentation de 100% (Figure 53) et de El Hajra (site d'Agadir), passant de 150 000 MRU en 2014 à 877 000 MRU en 2017). D'autres zones de pêche ont enregistré une augmentation de leurs valeurs, marquée sur la période par des fluctuations inter-annuelles. Il s'agit de Eghewkert, dont la valeur monétaire est passée de 196 000 MRU en 2014 à 406 000 MRU en 2017 avec un pic en 2015 et en 2016 avoisinant 2 millions MRU, et de Chekcher dont la valeur est passée de 275 000 MRU en 2014 à 3 millions MRU en 2017, marquant une tendance nettement haussière.

A Techeguemar (site d'Iwik), la valeur monétaire a diminué sur la période 2015-2017 passant de 2,2 millions à 504 000 MRU. Le lieu de pêche Ouest Tafarit (site d'Arkeïss) a également connu une baisse de sa valeur (de 50%) sur la période 2015-2016 passant de 4,3 millions MRU en 2015 à 2 millions MRU en 2016. Les zones de pêche Awkar kenary, Temdel, Ras elma,

Vengou (site de R'Gueïba), Kiaoun et Chekcher (site de Ten alloul), Temdel et Tazaguit (site de Teichott) ne sont pas en reste.

Le focus sur l'année 2017 montre que la zone de pêche la plus importante en termes de valeur est Eayoun Tissot avec 7,6 millions MRU. Sa contribution atteint 15% de la valeur économique totale des captures sur les lieux de pêches retenus, pour l'année 2017. Les richesses de la zone et le rendement important a suscité une forte convergence des lanches venant de plusieurs villages tels que Iwik (3,9 millions MRU), et Teichott (3,5 millions MRU) pour une valeur totale de 7,1 millions MRU.

La zone d'Ouest-tafarit (site d'Arkeiss) vient en deuxième position avec une valeur de 4,3 millions MRU, soit une contribution de 9% du total annuel.

Il faut noter également que Nors-Ouest Tafarit (site de Arkeiss) figure parmi les zones de pêche dégageant le plus de valeur en 2017 (Figure 53), avec 4 116 288 MRU soit 8% de la valeur totale annuelle.

La figure 14 représente l'ensemble des valeurs annuelles par lieu de pêche, tout engin de pêche confondu. Une fluctuation est observée globalement sur les quatre années, avec une tendance haussière pour certains lieux et baissière pour d'autres. D'année en année, les lanches se concentrent vers d'autres zones, induisant le déplacement de la valeur économique vers les zones à proximité de la côte.

La moyenne annuelle (Figure 55) par lieu de pêche, montre que la partie centrale du Banc d'Arguin contribue le plus à la valeur des captures. Le pic de la moyenne annuelle de l'ensemble des lieux de pêche est passé de plus de 1 millions de MRU à Vem awkar (site de Mamghar) à plus de 2 millions MRU à Wenkar (site d'Iwik).

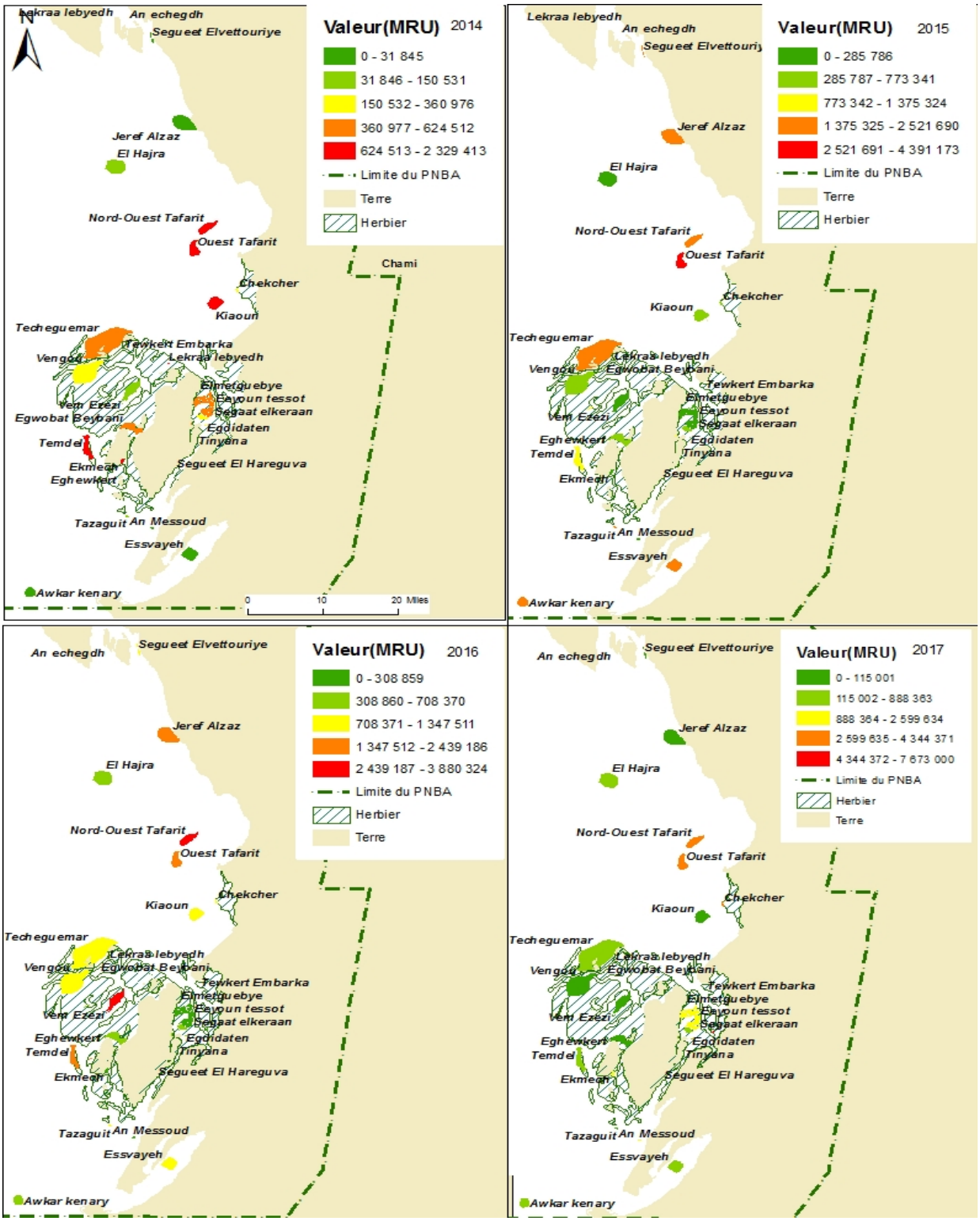


Figure 53 : Valeur Économique Totale annuelle des principales zones de pêches ayant une contribution supérieure ou égale 1%.

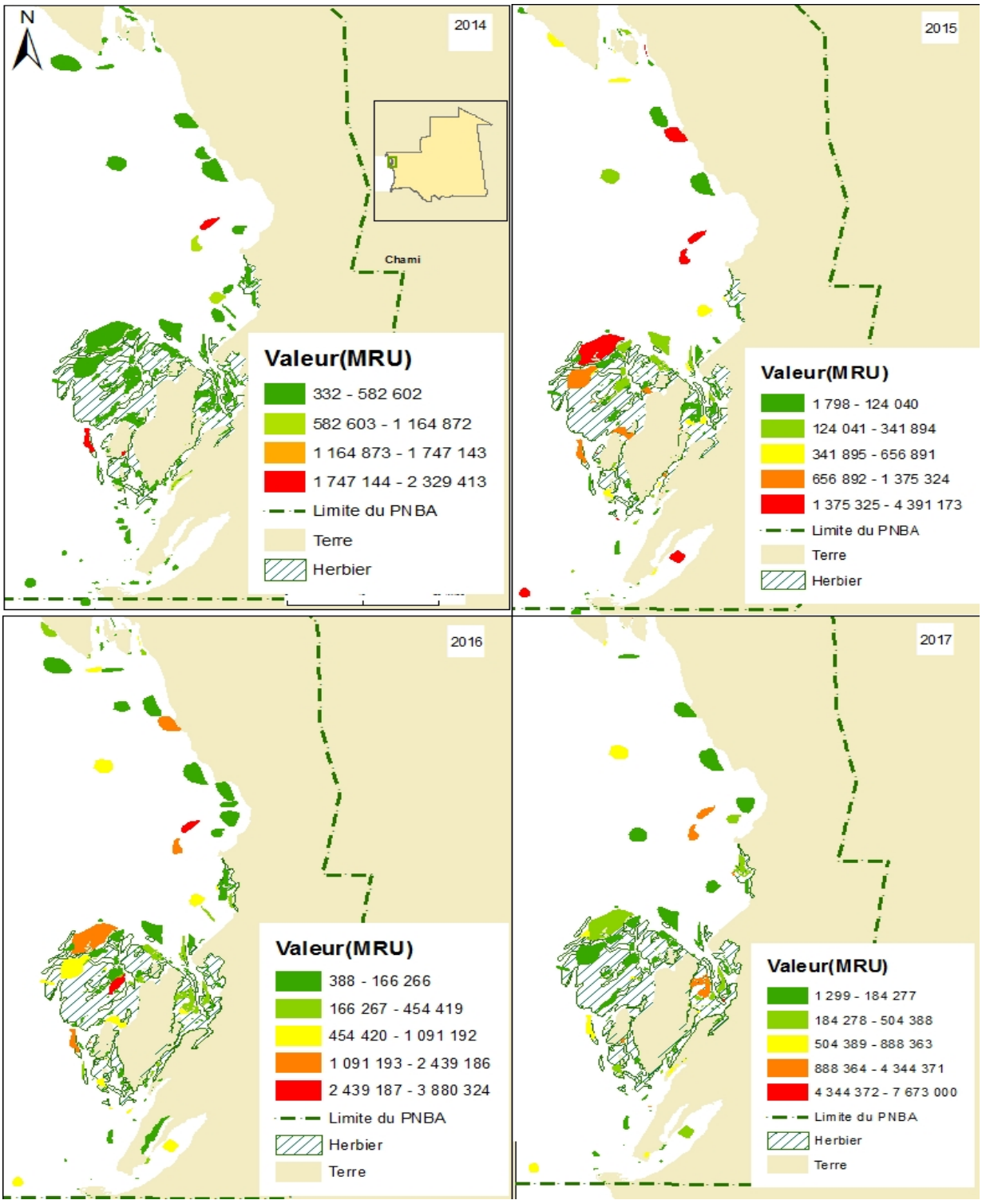


Figure 54 : Valeur annuelle par lieu de pêche tout engin et toutes espèces confondues sur la période 2014-2017.

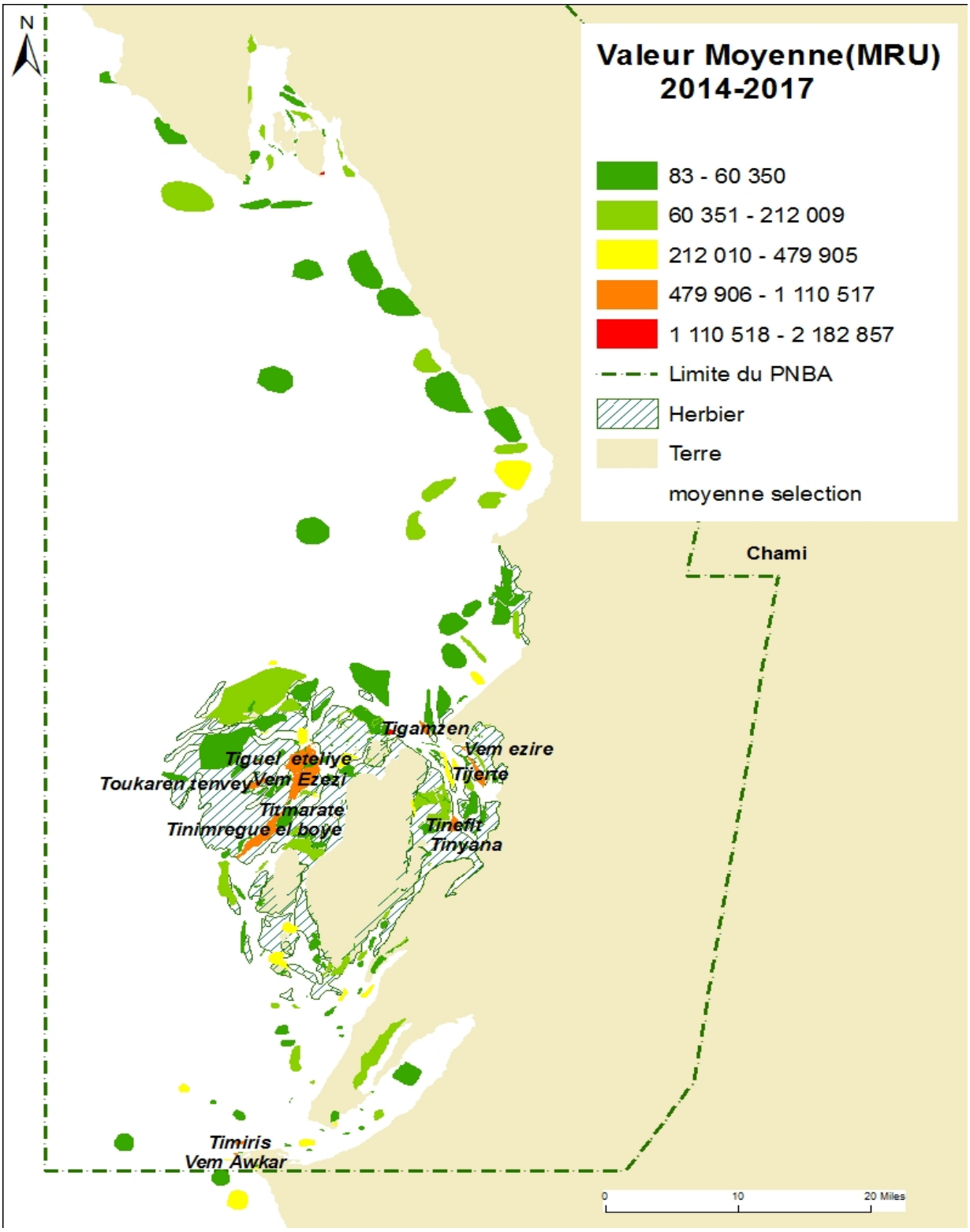


Figure 55 : Valeur Économique Moyenne annuelle des captures par lieu de pêche 2014-2017.

3.6. Contribution de la valeur de l'espèce par lieu de pêche tout engin confondu

Quinze espèces se distinguent par leur valeur contribuant à hauteur de 91% de la valeur totale annuelle des captures (Figure 55). L'espèce *Saratheronodon melanotheron* a contribué à

hauteur de 19% (9,8 millions MRU) suivi des espèces *Arius latiscutatis* (17%), *Pseudithlithus brachygnatus* (12,6%), *Rhinoptera marginata* (9,3%), *Argyrosomus regius* (7%) et *Mugil cephalus* (6,2%) avec respectivement 8,5 millions MRU, 6,4 millions MRU, 4,7 millions MRU, 3,5 millions MRU et 3,1 millions MRU. Les autres espèces ont des contributions comprises entre 1 et 3%, avec des valeurs supérieures à 1 millions de MRU.

Sur les sites Nord-Ouest Tafarit et Ouest Tafarit (Tableau 31), les contributions de chaque espèce sont également comprises entre 1 et 2%. Les espèces qui ont le plus contribué à la valeur économique sont *Argyrosomus regius* (3,3 millions MRU), *Pseudilithus brachygnatus* (3,2 millions MRU) et *Rhizoprionodon acutus* (3 220 220 MRU) sur la période d'étude. Ces dernières ont connu des fluctuations avec un pic en 2017 (1,1 millions MRU pour *Argyrosomus regius*). L'espèce *Pseudotolithus brachygnatus* a connu une tendance haussière sur la période 2014-2017. La valeur est passée de 200 000 MRU en 2014 à environ 1,2 millions MRU en 2017.

La zone de Temdel enregistre une tendance baissière pour l'espèce *Rhinoptera marginata* dont la valeur potentielle est passée de 670 000 MRU en 2014 à environ 200 000 MRU en 2017. Pour l'espèce *Arius latiscutatus*, un pic est observé en 2016 avec 556 953 MRU (Figure 56).

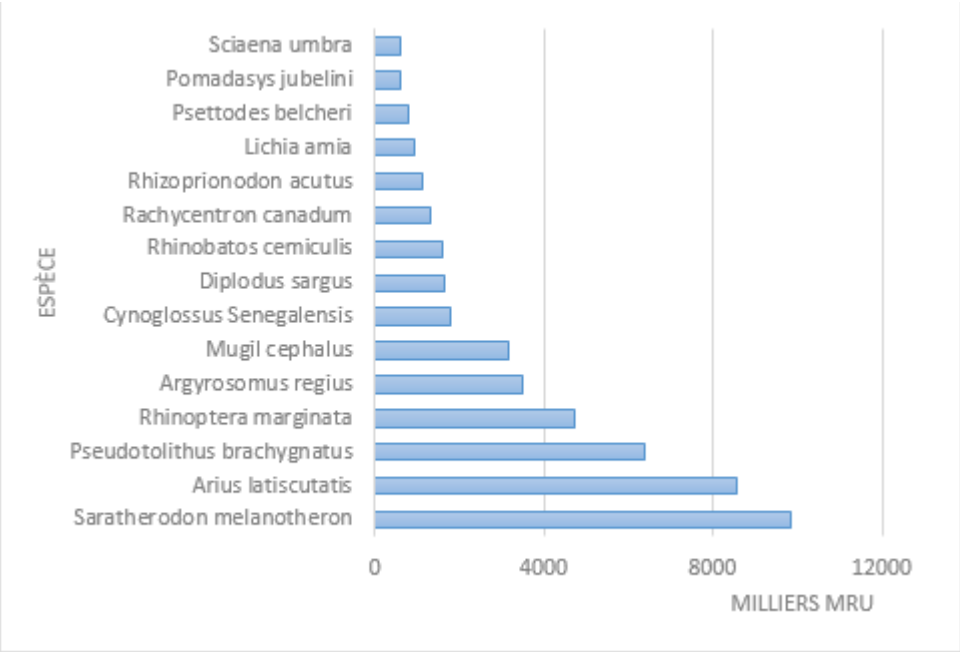


Figure 56 : Évolution de la valeur économique totale des espèces des espèces structurantes pour l'année 2017 toutes zones confondues.

Tableau 31 : Évolution de la valeur économique totale des espèces des espèces structurantes par lieu de pêche.

Lieux de Pêche	Espèces	2014	2015	2016	2017	Valeur (MRU)
Nord-Ouest Tafarit	*Argyrosomus regius*	963 784	806 338	438 384	1 178 179	3 386 685
	Pseudotolithus brachygnathus	201 358	627 249	1 246 771	1 144 843	3 220 221
	Rhizoprionodon acutus	584 332	837 472	562 057	173 333	2 157 194
Ouest Tafarit	*Pseudotolithus brachygnathus*	119 108	416 271	966 226	2 626 065	4 127 670
	Argyrosomus regius	112 706	2 739 665	452 970	639 449	3 944 790
	Rhizoprionodon acutus	587 102	900 799	389 940	225 761	2 103 602
Temdel	*Rhinoptera marginata*	670 414	195 982	229 240	228 907	1 324 543

4. Conclusion

Ce travail a permis de cartographier la distribution des prises par unité d'effort de trois engins de pêches (filet mulet, filet courbine et filet tollo) pour trois zones (Nord, Centre et Sud). De plus, les analyses de variances pour un ensemble de variables physico-chimiques, environnementales et liées à la pêche ont mis en évidence l'importance de la profondeur et de l'association "zone : engin" dans les CPUE. L'absence de valeur significative pour les autres variables abiotiques ne justifie pas l'absence de corrélation faute de données fiables sur les paramètres environnementaux. Les principales espèces qui se distinguent sur l'intervalle d'étude pour les CPUE des trois engins étudiés sont les sélaciens et les poissons chats, desquelles se dégagent une forte saisonnalité et une variation des prises par unités d'effort suivant les régions de pêches. L'évolution de la valeur économique annuelle des zones de pêche a mis évidence que les lieux de pêches visités par les lanches sont productifs. En effet la valeur économique est passée de 30 millions MRU en 2014 à plus de 52 millions de MRU en 2017. Cette tendance haussière est notamment le résultat de la valorisation de certaines espèces ces dernières années.

CHAPITRE 3 : ÉVALUATION DES SERVICES ECONOMIQUES DE LA PECHE ARTISANALE DANS LE PARC NATIONAL DU BANC D'ARGUIN

Quelle contribution à la sécurité alimentaire et quelle valeur ajoutée ?

Elimane Abou Kane, Abou Ciré Ball, Mohamed Saleck Haidallah

1. INTRODUCTION

L'Aire Marine Protégée du Parc National du Banc d'Arguin occupe 30% du littoral mauritanien, entre le Cap Blanc et le Cap Timiris. Cette zone maritime, baignée par la rencontre des masses d'eaux du courant des Canaries provenant du nord et du courant de Guinée provenant du sud (Brethes et al., 2010) comporte plusieurs vasières à fonds meubles couvertes à des profondeurs relativement faibles (Bonnet et al., 1971). Elle héberge des ressources halieutiques variées (Guenette et al., 2014) et contribue directement et/ou indirectement à 18% des captures totales des eaux mauritaniennes et jusqu'à 50% pour les poissons côtiers notamment des espèces migratrices exploitées depuis longtemps par la communauté Imraguen.

La population humaine intervenant économiquement dans la pêche peut être répartie en deux catégories principales : les allochtones et les autochtones (les Imraguens) (Fall et Dia, 2015). Cette dernière entité particulière dépend de la pêche vivrière et de la pêche artisanale pour nourrir leur population, générer des revenus et, plus généralement subvenir à leurs besoins (Fall, 2014 ; Boulay, 2008 ; Ould Cheikh, 2003).

Les pressions que subissent les ressources halieutiques dans l'AMP du PNBA sont de mieux en mieux connues (IMROP, 2014 ; Braham, 2015). Elles sont généralement très faibles à l'échelle nationale mais peuvent être non-négligeable localement. A cet égard, les estimations réalisées en 2014 par l'IMROP indiquent que la pêche Imraguen contribue à environ 0,13% des captures de la pêche artisanale maritime mauritanienne en 2014. L'AMP emploie 2% des 31 607 pêcheurs artisanaux recensés le long du littoral mauritanien (Fall et Dia, 2015 ; Kane, 2014 ; IMROP, 2012). Cependant, la pêche Imraguen présente un intérêt particulier pour le bien-être des communautés du Parc. Elle est en effet indispensable à l'équilibre socioéconomique de très nombreuses communautés du Sahara atlantique et particulièrement les nomades tributaires des ressources halieutiques du parc pour leur subsistance (Kane et al., 2015).

La pêche au PNBA, se situe dans un contexte économique où l'utilisation des lanches, est l'axe essentiel de développement du Parc[7]. Il convient donc d'évaluer sa valeur d'usage direct et ses avantages aux différentes échelles concernées, pour élaborer des stratégies de gestion équitable et durable, qui font cruellement défaut à l'heure actuelle, et d'identifier des indicateurs de tendances socioéconomiques utiles (Kane et al., 2011).

[7] Le PNBA a été créé le 24 juin 1976 mais c'est par décret 77-066 du 17 mars 1977 que l'usage de la lanche est devenu l'unique embarcation autorisée à pêcher dans l'AMP où toute forme de motorisation est interdite.

Cependant, la présente étude n'est pas exhaustive et présente la contribution monétaire et non-monétaire (sécurité alimentaire) de l'usage de la pêche dans l'AMP du PNBA, afin d'illustrer l'importance de la pêcherie dans l'économie locale du Parc.

2. MATERIELS ET METHODES

La valeur d'usage direct des ressources halieutiques correspond ici à la valeur des biens prélevés ou des services rendus directement par l'usage de la ressource (valeur que nous accordons à la consommation de poisson par exemple). Elle est essentiellement analysée à partir des données collectées au sein des neuf villages du PNBA : Agadir, Arkeiss, Ten Alloul, Iwik, Tessot, Teichott, R'Geuiba, Awguej[8] et Mamghar.

La méthodologie s'est focalisée sur l'analyse d'usage direct de ces unités qui constituent une source d'observation du système de suivi socioéconomique de la pêche artisanale et côtière de l'Institut Mauritanien de Recherches Océanographiques et des Pêches (IMROP) présentant une structure d'efforts, de captures, de coûts, d'un système d'emploi et de partage des gains spécifiques.

2.1. Méthode d'estimation de la population du Parc.

Pour les besoins de l'autoconsommation en poisson, il a été reconstitué l'évolution de la population du Parc. La population étudiée inclut les Imraguen et les non-Imraguen résident dans l'AMP.

La population du Parc est estimée à 1349 habitants en 2015 à partir des données d'enquête ménage du PNBA (PNBA, 2015) alors qu'elle était estimée en 2010 à 1347[9] (PNBA, 2011), à 1207 en 2009 (CERTIF, 2009), entre 1500 et 1700 habitants vers 1900.

Le taux de croissance de la population du PNBA a été calculé sur la base des données d'enquêtes PNBA de 2010 et 2015, puis sur la base de ce taux nous avons estimé la population de 2006 à 2017. Le taux d'accroissement annuel de la population du Parc serait d'environ 0,03%. Toutefois, la migration demeure l'un des phénomènes le plus mal connu au Parc et pour les années 2009, 2010 et 2015, nous avons maintenu les résultats des enquêtes respectives (CERTIF, 2009 ; PNBA, 2011 et 2015).

---

[8] Depuis quelques années ce village est déserté, aucun habitant n'y réside et aucun débarquement n'est à déclarer.

[9] La taille de la population du Parc est difficile à quantifier (les allées et retours des populations entre les grandes agglomérations en complique l'estimation réelle). Ses dernières années, les gestionnaires du parc (enquête ménage 2010 par exemple) ont cherché à calculer non seulement la population du parc, mais celle des ménages que le parc pouvait supporter au vu des ressources disponibles.

2.2. Méthode d'estimation de la consommation de poisson frais au PNBA

Les captures totales destinées à l'autoconsommation dans l'AMP du PNBA ont été obtenues à partir des données de débarquements de la pêche artisanale par année, entre 2006 et 2017.

Chaboud et Ferraris (1995), ont estimé à 2% les prises de la pêche artisanale destinées à l'autoconsommation des communautés de pêcheurs imraguen. Ce taux a été confirmé par Sall[10] Amadou. Toutefois, nous avons déduit le poids des captures des poissons cartilagineux. La part de l'autoconsommation a été divisée par la population totale estimée du PNBA de 2006 à 2017.

2.3. Méthode d'évaluation économique de l'usage des lanches

A l'IMROP, il existe à l'évidence une littérature abondante utilisant la performance économique comme cadre d'analyse des pêcheries depuis l'étude socioéconomique de la pêche artisanale maritime en Mauritanie (Kane, 1998). Certaines études récentes sont même disponibles (Kane et al., 2016 ; Ball, 2015 ; Kinadjian et al., 2012 ; Ould Tarbiya et al., 2012 ; Ould Mohamedou et Ould Inejih, 2009 ; Thiam et Haidalla, 2009). Le but de ces études est souvent d'estimer les coûts et les revenus des unités de la pêche artisanale et côtière.

Les données des captures, des prix aux débarquements et d'efforts de pêche (en nombre de jours) ont été obtenues à partir de la base du Système de Suivi de la Pêche Artisanale et Côtière (SSPAC) du Service Statistique. Par le biais de ces données, nous avons déterminé le parc moyen actif par métier de pêche pour une moyenne annuelle sur la période 2006-2017. Puis, le Chiffre d'Affaires (CA) ou valeur de la production a été calculé en multipliant le prix (*Pi*) moyen par an de chaque espèce (*i*) par la quantité totale de l'espèce (i) débarquée par l'unité de pêche (*j*) par an (capture espèce *i de l'unité de pêche j**prix_moy_espèce *i*) : $CA = \sum P_i \times Q_i$.

Nous avons estimé les revenus moyens par an tirés de l'exploitation des lanches représentant la période 2006-2017. En effet, l'approche consiste à mobiliser les bases de données socioéconomiques du Laboratoire des Etudes Sociales et Economiques (LESE) sur les coûts de production. Ces données sont constituées des consommations intermédiaires (dépense en nourriture par jour et glace par jour) et des charges d'exploitation (part équipage, droits d'accès, coûts journaliers de réparation embarcation et engin) par métier de pêche. Afin de calculer les coûts annuels, les données des coûts journaliers ont été extrapolées en les multipliant par l'effort en termes de nombre de jours de pêche par an et par pêcherie. Le droit d'accès annuel par embarcation a été multiplié par le nombre d'embarcation moyen actif par pêcherie.

La Valeur Ajoutée a été calculée en retranchant du Chiffre d'affaires les consommations intermédiaires : $VA = CA - CI$.

---

[10] Mr Sall, superviseur des enquêtes au Parc, a confirmé à l'équipe du Laboratoire des Etudes Sociales Economiques la part en pourcent des quantités débarquées destinées à l'autoconsommation des ménages au Parc.

L'Excédent Brut d'Exploitation (EBE), est obtenu en déduisant de la VA les Charges d'Exploitation (part équipage, réparation et droits d'accès).

La part des équipages est obtenue après avoir déduit du CA les dépenses générées par la pêche. Les gains sont ainsi répartis :

- 50% de la production revient à l'armateur et/ou propriétaire de l'outil de production (lanche et filets).
- 50% est divisé entre l'équipage de la pirogue, à raison de 1,5 ou 2 parts pour le capitaine, 1 part pour chaque pêcheur (trois ou quatre en général), 1 part pour l'homme qui entretient les filets. Ainsi, les capitaines ont le tiers et les pêcheurs ont les deux tiers.

Quant aux indicateurs de performance économique des pêcheries, ils ont été calculés selon deux scenarii. Le scénario 1 s'est intéressé aux ratios d'exploitation : EBE/frais d'exploitation. Le scénario 2 s'est basé sur les taux de rentabilité économique généré par rapport aux CA (EBE/CA).

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Estimation de la population du parc

En considérant que le rythme de croissance de la population du Parc est resté identique à celui observé au cours de la période (2006-2010), la population moyenne du Parc au cours de la période 2006-2017 a été estimée à environ 1312 habitants (Tableau 32).

Tableau 32 : Évolution de la population de l'AMP-PNBA de 2006 à 2017.

Année	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Moyenne 2006-2017
Population PNBA	1295	1294	1293	1207*	1347**	1346	1345	1344	1343	1283**	1321	1322	1312

*Enquête CERTIF, 2009 ; **Enquête, ménage PNBA 2011 et 2015

Source : LESE, 2018 à partir du taux d'accroissement de la population du Parc de 2010 à 2015

Il ressort de ces résultats que la population du parc qui était d'environ 1 295 habitants en 2006, aurait atteint la barre de 1 347 habitants en 2010, de 1283 habitants en 2015 et atteint 1322 habitants en 2017. Toutefois, un arrêt d'accroissement de la population est nettement perceptible depuis 2010.

Au cours de la période, la population potentiellement active (15-60 ans) est estimée à plus de 92% soit environ 1 200 personnes.

3.2. Autoconsommation en poisson frais au PNBA

En Mauritanie, peu d'études explorent de façon spécifique les pratiques d'autoconsommation en poisson et celles des imraguens en particulier. Cette partie a un double objectif : celui de présenter la part de l'autoconsommation en poisson au PNBA et celui d'apprécier l'évolution de la consommation annuelle de poisson par habitant au cours de ces dernières années.

L'autoconsommation concerne essentiellement les poissons obtenus gratuitement de la production de pêche à l'intérieur du PNBA. Au cours de la période 2006-2017, la part de l'autoconsommation par pêcherie est demeurée relativement constante. Elle est principalement dominée par les captures des segments mulets et courbines qui contribuent environ 92% de la part de l'autoconsommation (Figure 57).

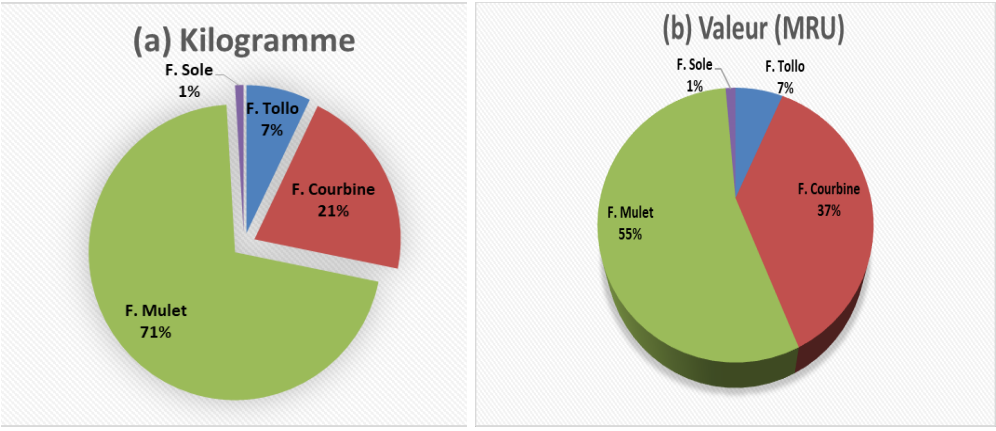


Figure 57 : Part des segments dans l'autoconsommation en (a) kilogramme et (b) valeur pour une année moyenne représentant la période 2006-2017.

De 2006 à 2017, l'offre d'autoconsommation indique de très fortes variations d'une année sur l'autre : elle passe de 58 t en 2006 à 52 t en 2007, puis une phase de stabilité de 59 t jusqu'en 2010, suivi d'une baisse de 52 t en 2011 à 48 t en 2013, ensuite une phase d'augmentation des quantités d'autoconsommations qui atteignent de nouveau 60 tonnes en 2014 précédant une nouvelle phase de baisse jusqu'en 2016 et une phase d'augmentation de 47 t en 2016 à 73 tonnes en 2017 (Figure 58). Durant cette période, la valeur annuelle de l'autoconsommation est passée quant à elle de 0,7 millions MRU en 2006 à 0,8 millions MRU en 2017, soit une croissance de 6,27% par rapport à 2006.

Globalement, l'offre moyenne de l'autoconsommation annuelle (2006-2017) au PNBA s'élève à environ 56 tonnes de poisson par an pour une valeur d'environ 0,7 millions MRU. Elle représente respectivement 1,87% des captures des lanches et 1,4% de valeurs.

La figure 58 ci-dessus présente l'évolution de la part de l'autoconsommation sur la période 2006-2017.

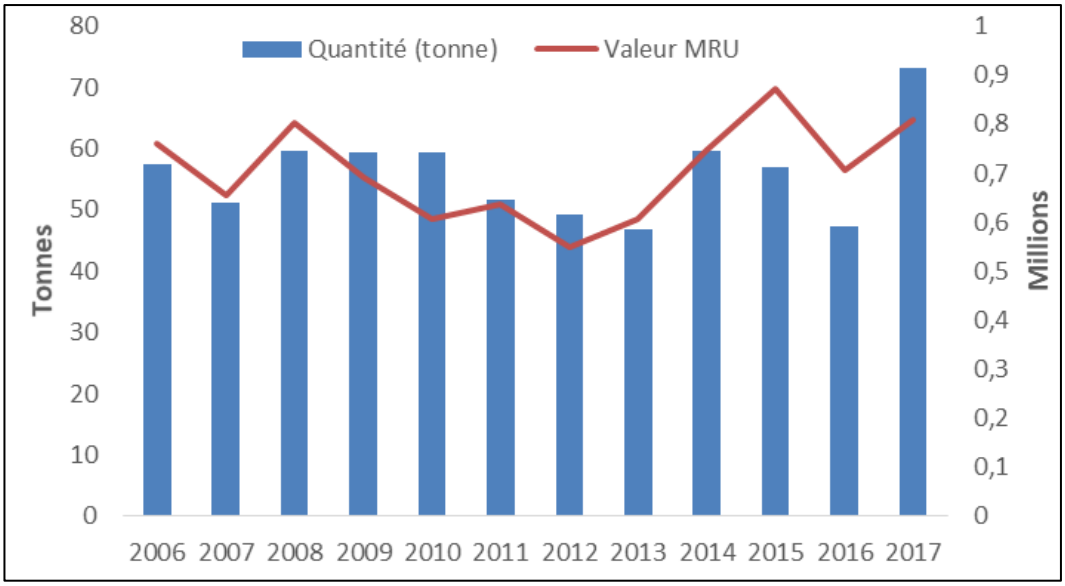


Figure 58 : Évolution de l'offre de poisson destinée à l'autoconsommation en tonnes et en MRU au PNBA entre 2006 et 2017.

Malgré sa faible part dans la production, elle représente une part importante de l'alimentation des populations du PNBA (Figure 59).

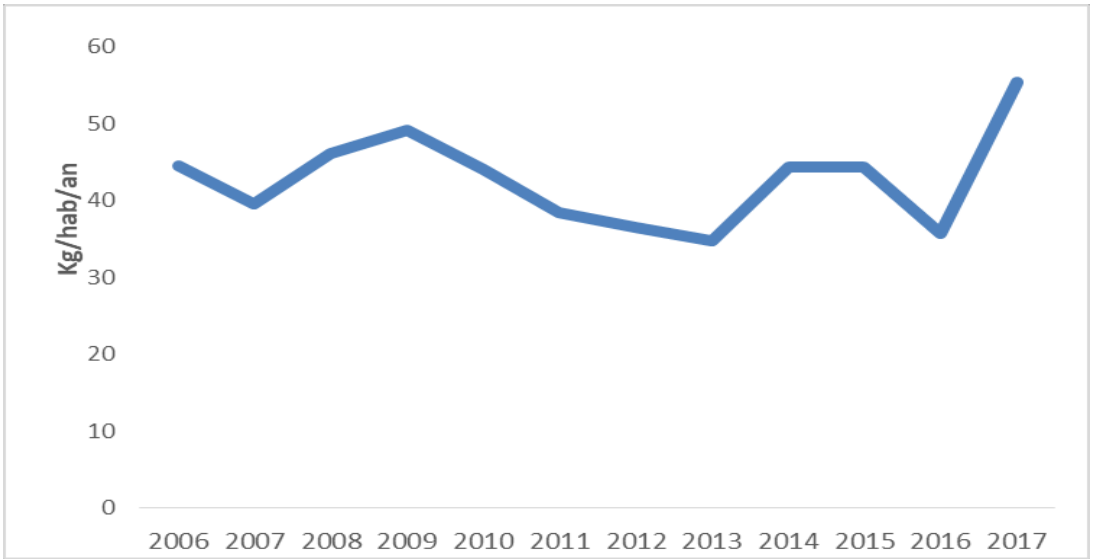


Figure 59 : Évolution de la consommation annuelle de poisson par habitant au PNBA entre 2006 et 2017.

À l'échelle du PNBA, la consommation moyenne annuelle de poisson par habitant s'élève à environ 43 kg par personne et par an pour la période 2006-2017. Toutefois au cours de la période, la consommation annuelle de poisson frais a régressé, d'une moyenne de 45 kg sur la période 2006-2009 à 38,4 kg sur la période 2010-2013, puis progressé à 41,49 kg pour la période 2014-2016. Toutefois, la consommation annuelle de poisson par habitant culmine à environ 55 kg par personne en 2017 (Figure 59).

Durant cette période, la consommation moyenne de poisson au niveau national est généralement comprise entre 6 et 9 kg/hab./an (IMROP, 2014). Cependant, elle est beaucoup plus importante à Nouadhibou et à Nouakchott, où elle a été estimée en moyenne entre 15 et 20 kg/hab./an.

Dans les villages du PNBA, la consommation de poisson dépend en général des produits disponibles localement, elle est davantage liée à l'offre qu'à la demande[11]. Toutefois, la route goudronnée reliant l'axe Nouakchott-Nouadhibou qui bifurque à Mamghar a bouleversé le régime alimentaire des Imraguen. Leurs régimes alimentaires font de plus en plus appel aux produits importés de viandes rouges, de poulets et de conserves, tantôt en provenance de Nouakchott, de Nouadhibou ou de Chami.

3.3. Caractéristiques des lanches, effort de pêche et capture

La flottille de pêche artisanale dans l'AMP est constituée de lanches en bois (barques) non motorisées, propulsées à rames ou à voile (Kane, 2009). Les lanches mesurent en moyenne entre 8 et 10 mètres de long pour une largeur d'au moins deux mètres et une hauteur moyenne de 0,80 m. L'âge moyen des lanches varie de moins de 40 ans à plus de 65 ans. Au cours de la période 2006-2017, le nombre de lanches actives est resté relativement constant (en moyenne 96 lanches). Il est constitué pour l'essentiel de lanches armées en petite pêche (marée d'une durée inférieure ou égale à 24h) utilisant plusieurs catégories d'engins (Kane et al., 2016). Braham et al. (2005) ont dressé dans un catalogue les techniques de pêche artisanale. En se basant sur l'engin de pêche utilisé et l'espèce ciblée, l'IMROP a recensé en moyenne 12 métiers différents annuellement (Wagne, 2016).

La répartition de l'effort de cette pêcherie artisanale est présentée selon le nombre de jours de mer (Tableau 33). De 2006 à 2017, l'effort global moyen par an a atteint 20 120 jours de mer. Plus de 97% de cet effort est exercé par quatre métiers. Les lanches filets mulets déploient 40,64% de l'effort, suivi par les lanches filets courbines (38,46%) et les lanches filets tollo (16,44%). Les lanches filets soles ne totalisent qu'environ 1% des jours de mer.

Tableau 33 : Effort et capture estimé des principaux lanches par type de métiers dans l'AMP du PNBA pour l'année moyenne 2006-2017.

Métiers	Effort		Capture	
	jours	%	tonnes	%
Lanches filets mulets	8 177	40,64	1 362,25	45,39
Lanches filets courbines	7 739	38,46	1 084,18	36,12
Lanches filets tollo	3 308	16,44	442,12	14,73
Lanches filets sole	190	0,94	22,65	0,75
Total principaux métiers	**19 414**	**96,49**	**2 911,20**	**97**
Total métier lanche	**20 120**	**100**	**3 001,23**	**100**

Source : données estimées par le LESE

[11] La demande forte des produits de pêche imraguen sur le marché national (Nouakchott et Nouadhibou en particulier) a eu pour conséquence une diminution de l'offre locale et par conséquent une baisse des quantités destinées à l'autoconsommation au PNBA. On peut également ajouter, dans cas de la pêche du mulet par exemple, les pêcheurs débarquent de plus en plus sur des sites éloignés des villages imraguens.

Les captures totales des principaux métiers sont estimées en moyenne annuelle à 2911 tonnes soit 97% des captures totales des lanches (**3001,23 t**). La production des filets mulets représentent 45,39%, les filets courbines 36%, tandis que les filets tollo et le filet sole sont respectivement de 14,73% et 1% environ (Tableau 1).

De 2006-2017, les captures annuelles au PNBA ont connu une tendance à la hausse malgré deux baisses enregistrées en 2009 et 2014 (Figure 4). Au cours de la période, la production est passée de 2461 t en 2006 à 3501 t en 2015, soit une croissance de 42% par rapport à 2006.

La figure 60 ci-dessous présente l'évolution annuelle des captures des lanches de 2006 à 2017.

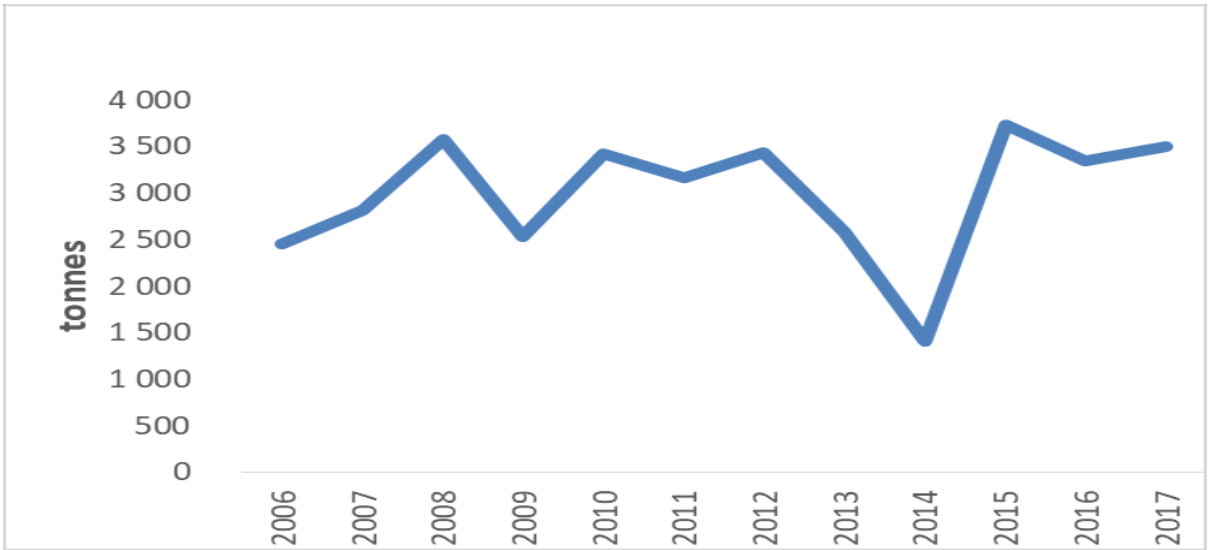


Figure 60 : Évolution annuelle des captures des lanches au PNBA entre 2006 et 2017 (LESE-IMROP, 2018).

Le tableau ci-dessous présente les captures des principaux métiers et les principales espèces correspondantes à au moins un pourcent des débarquements pour la période 2006-2017. Les principales espèces capturées varient grandement selon la saison et l'engin utilisé. Au cours de la période, en moyenne plus de 257 espèces ont été débarquées annuellement au PNBA. Les espèces correspondant à au moins 1% des captures totales des lanches, tout engin confondu, ont été conservées et représentent en poids plus de 90% des captures. Les principales espèces d'intérêt sont : raie (*Rhinoptera marginata*, *Rhinobatos cemiculis*), mulet jaune (*Mugil cephalus*), mâchoirons (*Arius parkii*, *Arius latisculatis*), tilapia (*Saratherodon melanotheron*), requin (*Rhizoprionodon acutus*, *Sphyrna lewini*), courbine (*Argyrosomus regius*), capitaine (*Pseudotolithus brachygnatus*), Thazard blanc (*Scomberomorus tritor*), poissons-chats (*famille des ariidae*), dorade (*Diplodus sargus*), etc. Toutefois, les élasmobranches restent parmi les espèces les plus abondantes (près de 35% des captures moyennes des principaux métiers (Tableau 34).

Tableau 34 : Part des débarquements de principales espèces correspondant à au moins 1% des captures estimées des lanches dans l'AMP pour une année moyenne entre 2006 et 2017.

Segments lanches	Filet sole	Filet tollo	Filet mulet	Filet Courbine	%	tonnes
% *Rhinoptera marginata*	0,02	1,96	0,58	15,77	18,45	530,22
% *Mugil cephalus*	0,00	0,03	15,87	0,10	16,25	466,99
% *Rhizoprionodon acutus*	0,10	8,63	0,85	3,80	13,38	384,52
% *Arius latisculatis*	0,35	0,95	9,98	0,92	12,19	350,32
% *Saratherodon melanotheron*	0,07	0,06	8,87	0,06	9,07	260,65
% *Argyrosomus regius*	0,00	0,25	0,11	6,63	6,99	200,88
% *Pseudotolithus brachygnatus*	0,05	1,29	0,28	3,57	5,19	149,15
% *Arius parkii*	0,01	0,04	2,10	0,12	2,27	65,23
% *Rhinobatos cemiculis*	0,21	0,21	0,15	1,28	1,85	53,16
% *Scomberomorus tritor*	0,02	0,83	0,34	0,37	1,56	44,83
% *Famille ariidae*	0,11	0,21	0,56	0,31	1,19	34,20
% *Diplodus sargus*	0,05	0,06	1,03	0,04	1,18	33,91
% *Sphyrna lewini*	0,	0,34	0,04	0,73	1,15	33,05
Capture des principaux métiers (tonnes)	**22,65**	**442,11**	**1362,25**	**1084,18**	**99,77**	**2911,20**
Totales espèces à au moins 1% des captures	0,99	14,86	40,76	33,70	90,31	2595,34
Totales captures des lanches (tonnes)					100	3001,23

Source : Analyse LESE des données SSPAC pour une année moyenne 2006-2017

3.4. Performances économiques des métiers de lanches dans le PNBA entre 2006 et 2017

L'évolution du chiffre d'affaires est restée sensiblement stable au cours de la période 2006-2017 (Figure 61). Elle est passée de 48 millions MRU en 2006 à 53 millions en 2015, avec un pic remarquable de 62 millions MRU en 2008. Toutefois, les résultats pour l'année 2017 ont montré que le CA annuel de la pêcherie des lanches a augmenté de 8% par rapport à 2006, pour atteindre une valeur de plus 52 millions MRU.

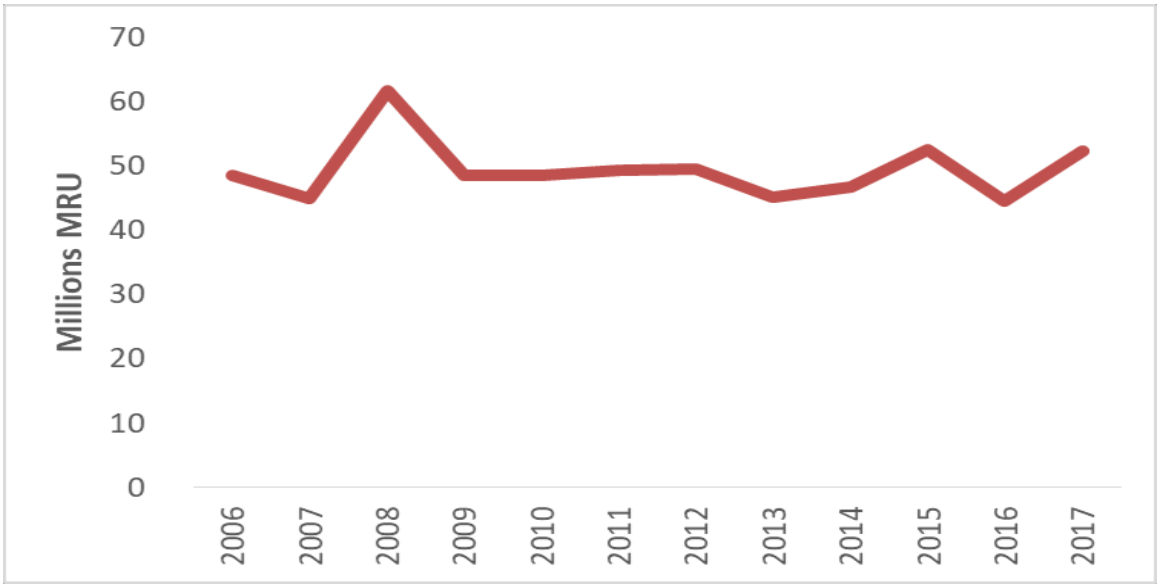


Figure 61 : Évolution annuelle du chiffre d'affaires des captures des lanches au PNBA, de 2006 à 2017 (LESE-IMROP, 20018).

Les résultats de l'analyse économique ont montré que les principales pêcheries ont généré un CA total moyen par an de 48,89 millions MRU pour la période 2006-2017.

Le tableau ci-dessous présente la valeur des débarquements (CA) des principaux métiers capturant en volume au moins 1% des captures totales. Elles représentent 98% du CA moyen total par an réalisé au cours de la période, soit 47,91 millions MRU. Ce montant est réparti entre quatre pêcheries majeures : les lanches filets courbines, lanches filets mulets, lanches filets tollo et lanches filets soles avec respectivement 44,03%, 39,77%, 13,31% et moins de 1%.

La pêche à la courbine et au mulet est très importante du point de vue participation dans la valeur des ventes. En effet, ces deux espèces très rémunératrices constituent les espèces cibles des deux principaux métiers avec 19% du CA pour les deux pêcheries (Tableau 35). Concernant le métier filet tollo, environ 6% du CA proviennent de la vente de *Rhizoprionodon acutus* suivi de *Pseudotolithus brachygnatus* avec 2,16% du CA. Viennent enfin le CA du filet sole constitué pour l'essentiel de *Scomberomorus tritor* (0,27%) suivi d'A*rius latisculatis* (0,15% du CA). Le tableau 35 ci-dessous fournit la répartition du CA par métier et par espèce ayant un intérêt économique majeur pour la période 2006-2017.

Tableau 35 : Chiffre d'affaires moyen estimé (en MRU) des principaux métiers de lanches et par espèce dans l'AMP du PNBA pour une année moyenne entre 2006 et 2017.

Segments lanches	Filet sole	Filet tollo	Filet mulet	Filet courbine	Total Moyenne 2006-2017
% Argyrosomus regius	0	0,65	0,24	19,01	19,89
% Mugil cephalus	0,002	0,08	18,76	0,07	18,91
% Rhinoptera marginata	0,01	1,36	0,43	11,35	13,15
% Pseudotolithus brachygnatus	0,02	2,16	0,5	6,23	8,91
% Rhizoprionodon acutus	0,03	5,92	0,15	2,24	8,34
% Saratherodon melanotheron	0,01	0,04	7,31	0,06	7,42
% Arius latisculatis	0,15	0,15	5,79	0,45	6,54
% Scomberomorus tritor	0,27	0,28	0,7	0,1	1,20
% Sphyrna lewini	0,06	0,04	0,31	0	0,41
% Diplodus sargus	0,03	0,74	0,03	0	0,80
% Arius parkii	0,04	0,72	0,02	0	0,78
Chiffre d'Affaires principaux métiers (MRU)	449 522	6 507 098	19 443 793	21 512 964	47 913 337
Chiffre d'Affaires Total (%)	0,92	13, 31	39,77	44,03	98,00

Source : Analyse LESE des données SSPAC pour une année moyenne entre 2006 et 2017.

Les charges de production sont divisées en deux catégories, les charges fixes qui sont des charges annuelles supportées par le propriétaire ou l'armateur et les charges variables, dont la Consommation Intermédiaire (CI), qui changent selon les métiers de pêche et l'effort déployé.

Au cours de la période 2006-2017, la CI totale estimée représente environ 9 % du CA total des principaux métiers. Le poids économique faible de la CI s'explique par le fait que les lanches n'utilisent pas de carburant. Toutefois, l'essentiel des matières consommées au cours du processus de capture du poisson est constitué de nourriture (riz, pâte, thé, pain, sucre, huile, eaux, etc.) (Tableau 36).

La moyenne annuelle de la CI a atteint 4,13 millions MRU. Plus de 41% de la CI globale des principaux segments est supportées par la pêcherie du mulet (1,73 millions MRU) suivi respectivement par le segment courbine 39% et du segment tollo 16% environ. La pêcherie de la sole est très faible du point de vue participation dans la CI avec moins 1% des charges variables des principaux segments de lanches. Cependant, les CI pour l'année 2017 des principales pêcheries des lanches est de 4 millions MRU. Cela représente une augmentation de 8% des CI par rapport à 2006. Le tableau 36 représente la répartition des charges variables par segment spécifiques à la sortie de pêche.

Tableau 36 : Répartition des charges variables (en MRU) des principaux segments de lanches par type de métiers dans l'AMP du PNBA pour une année moyenne 2006-2017.

Segments lanches	Filet sole	Filet tollo	Filet mulet	Filet courbine	Total moyenne 2006-2017
Consommation Intermédiaire	37 227	746 943	1 726 217	1 622 600	4 132 988
% CI/CA Total	0,08	1,56	3,60	3,39	8,63
% Achat de nourritures (riz, pâte, huile, thé, sucre, eaux, etc)	79,64	82,28	0,81	81,05	81,62
% Autres achats (glace, etc.)	20,36	17,72	0,19	18,95	18,38

Source : Analyse LESE, à partir des données socioéconomiques des unités de pêches pour une année moyenne entre 2006 et 2017.

Quant à la Valeur Ajoutée (VA)[12], nous avons déduit la CI (frais spécifiques à la sortie de pêche) du Chiffre d'Affaires. Cet indicateur économique nous renseigne sur la richesse créée par l'usage direct des lanches au cours de la période 2006-2017.

Durant cette période, la VA des principaux métiers s'est maintenue à un niveau élevé, la moyenne annuelle entre 2006 et 2017 se situe aux environs de 43 millions MRU (Tableau 37). Cependant, la VA globale est passée de 45 millions MRU en 2006 à 48 millions en 2015, avec un pic remarquable de 57 millions MRU en 2008 (Figure 62). Toutefois, les résultats pour l'année 2017 ont montré que la VA a augmenté d'environ 1% par rapport à 2006.

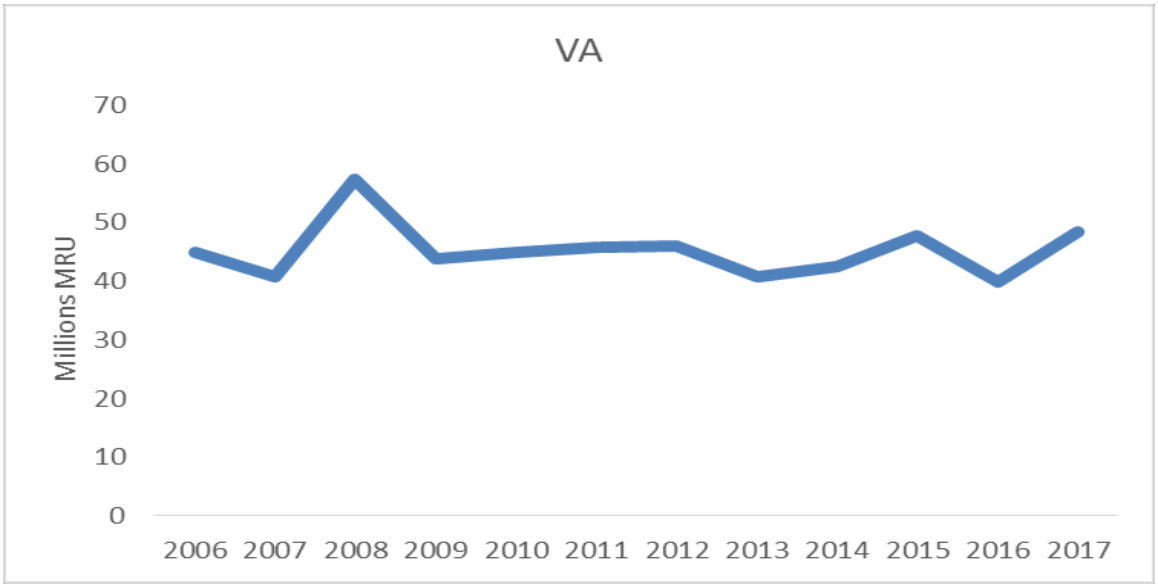


Figure 62 : Évolution annuelle de la valeur ajoutée des principaux métiers de pêche au PNBA entre 2006 et 2017 (LESE-IMROP, 20018).

[12] La valeur ajoutée est une donnée intéressante pour les usagers des lanches et des gestionnaires du parc, car elle montre le niveau de richesse qu'elle créée - l'excédent d'argent qu'elle perçoit par rapport à son coût de production.

La VA totale des principaux métiers contribue à plus de 96% de la VA globale. Toutefois, ces métiers représentent plus de 91% de la valeur économique globale des ventes aux débarquements (Tableau 37). Avec une VA de près de 20 millions MRU, la pêcherie de la courbine est le segment qui crée plus de richesse dans l'AMP du PNBA. Elle contribue à hauteur de 42% du CA global des principaux métiers. L'apport des pêcheries mulet et tollo sont respectivement de 37% et 12% de CA global, bien supérieur au segment filet sole, qui apporte moins 1% du CA, soit 0,41 millions MRU.

Tableau 37 : Répartition de la valeur ajoutée (en MRU) des principaux segments de lanches par type de métiers dans l'AMP du PNBA pour une année moyenne entre 2006 et 2017.

Métiers lanches	Filet sole	Filet tollo	Filet mulet	Filet courbine	Total moyenne 2006-2017
Valeur Ajoutée (VA)	**350 741**	**5778 550**	**1 7090 760**	**20 273 105**	**43 493 106**
% Chiffre d'Affaires Total	**0,86**	**12,02**	**36,98**	**41,59**	**91,37**
% Parts capitaines	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67
% Parts marins	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33
% Réparations	1,26	14,11	13,08	12,91	10,34
% Droits d'accès	0,25	0,31	0,24	0,20	0,25
% Excédent Brut d'Exploitation	48,48	35,58	36,69	36,89	39,41

Source : Analyse LESE, à partir des données socioéconomiques des unités de pêches pour une année moyenne 2006-2017

Sur la période 2006-2017, les principaux métiers emploient en moyenne 379 pêcheurs par an, dont 20% de capitaines. La part de l'équipage représente 50% de la VA. Ainsi, les revenus des équipages dépendent des prix aux débarquements, des quantités et des espèces capturées.

En moyenne, environ 22 millions MRU sont consacrés à la rémunération de l'équipage. La part destinée aux marins pêcheurs s'élève à 14,59 millions MRU soit 33,33% de la VA.

Les charges liées aux droits d'accès et à la réparation, quant à elles, représentent respectivement à 0,25% et 10,34% de la VA globale des principaux métiers. Globalement, les pêcheries du PNBA génèrent en moyenne annuelle un EBE de 17,25 millions MRU. Ainsi, la part des propriétaires des embarcations est de 39,41 % de la valeur ajoutée générée. Après l'équipage, ce sont les propriétaires qui tirent profit de la valeur économique de la pêche au PNBA.

Les résultats économiques obtenus ci-dessus peuvent aussi être corroborées par d'autres études sur l'estimation de la valeur économique qui ont été réalisées récemment sur les pêcheries du PNBA. Les résultats de ces études ne sont pas très éloignés de ceux exposés dans cette évaluation. Il s'agit notamment des études socioéconomiques menées par Kane et al. (2016), Ball (2015), Tarbiya et al. (2012), Kinadjian et al. (2012), Ould Mohamedou et Ould Inejih (2009), Fernandez (2009) et Thiam et Haidalla (2009).

La plupart des indicateurs qui ont été développés dans ces études concernent les niveaux d'exploitation de la ressource ciblée par la pêche spécifique de lanches et d'engins de pêche («métiers»). Ces niveaux s'expriment en termes de captures totales par unité d'effort (CPUE)

et de composition des prises en tonnes et valeurs. S'ajoutent à cela d'autres indicateurs économiques et financiers : coût de l'investissement, charges d'exploitation, charges administratives/droits d'accès ou taxes, amortissements, intérêts/coût d'opportunité du capital, marges brutes diverses, résultat brut, système de partage et rémunération des membres d'équipage.

Du point de vue des indicateurs de performances enregistrées par chaque métier, les ratios suivants ont été examinés :

- Indicateur de résultat d'exploitation

Le ratio EBE/coût d'exploitation est globalement supérieur à 62%. La figure 63 ci-dessous montre les ratios des métiers de pêche les plus significatifs dans l'exploitation. Dans ce sens, il est à noter que le métier filet sole qui reste très marginal dans les chiffres d'affaires globaux, présente le plus fort ratio d'exploitation soit 94%. En ce qui concerne le filet courbine et le filet mulet, si leurs contributions au CA sont certes fortes, ils présentent des ratios d'exploitation égaux avec 58%, suivi du filet tollo avec 55% de ratio d'exploitation.

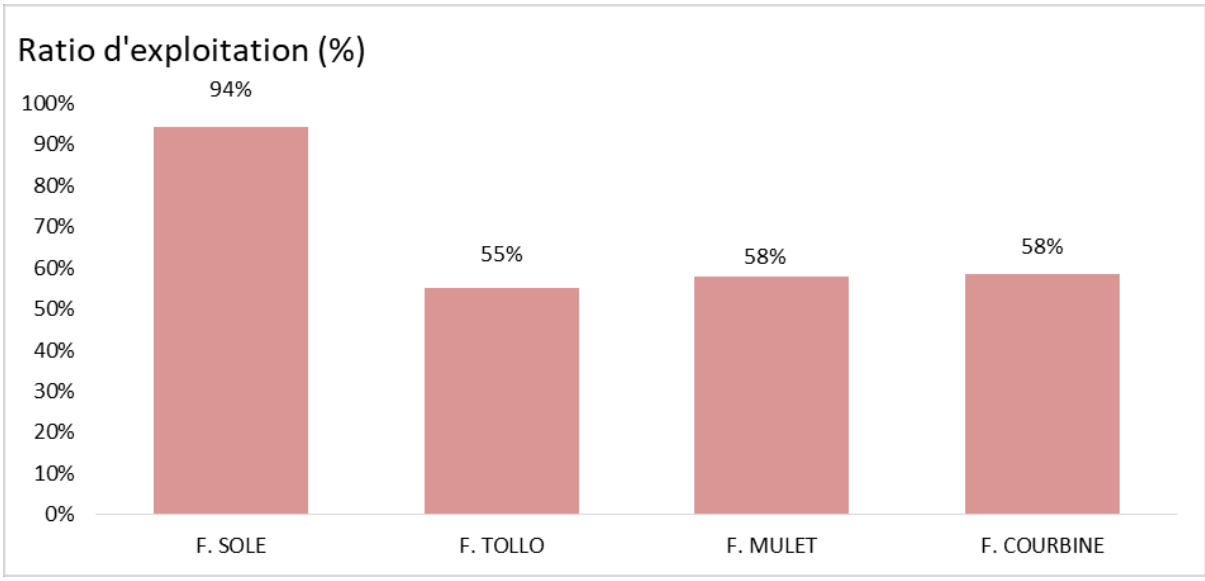


Figure 63 : Ration d'exploitation des principaux métiers de pêche dans le PNBA pour une année moyenne entre 2006 et 2017.

- Indicateur d'efficacité économique

Le ratio EBE/ CA constitue un indicateur général de la rentabilité/viabilité économique de l'activité des lanches. En se basant sur la figure 64 ci-dessous, nous admettons globalement la maitrise des coûts des activités de tous les métiers de pêche au PNBA. Toutefois, le filet sole qui participe peu à la création de la VA se situe au premier plan dans le ratio de rentabilité économique (44%), suivi par les filets courbine (34%), les filets mulet (33%) et les filets tollo (31%).

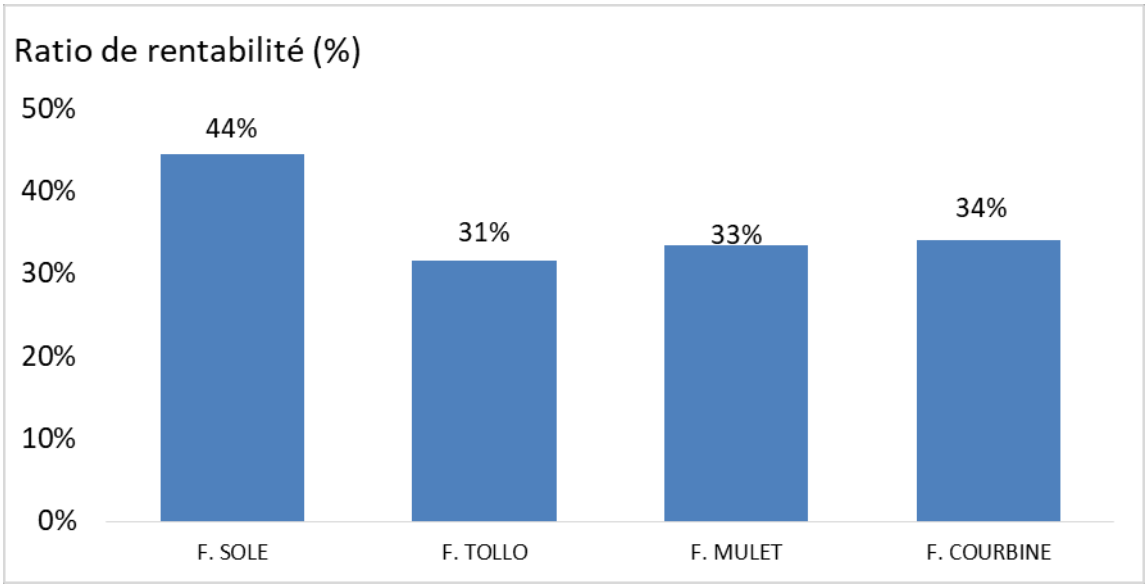


Figure 64 : Ratio de rentabilité économique des principaux métiers de pêche dans le PNBA pour une année moyenne entre 2006 et 2017.

4. Conclusion

Dans le contexte général de l'évaluation des services écosystémiques du Banc d'Arguin, cette étude visait à estimer les services économiques de la pêcherie des lanches au PNBA. Compte tenu des difficultés rencontrées pour effectuer une analyse exhaustive du poids de la chaine de valeur de pêche dans l'économie de l'AMP, nous avons choisi de restreindre celle-ci à l'usage direct de la pêche artisanale des lanches. Dans ce contexte, l'objectif de l'étude n'était pas de s'intéresser de manière détaillée à l'ensemble des métiers de pêche du PNBA mais d'avoir une vision globale de la valeur économique de la pêche. Certes, l'usage des lanches à l'intérieur de l'AMP est donc loin d'être négligeable. Il s'inscrit certes dans le développement économique des communautés locales du Parc, la contribution des pêcheries Imraguen à la valeur ajoutée locale est rarement évaluée. La pêche est à la fois l'une des principales sources de revenus mais également un employeur majeur. Elle est par ailleurs considérée comme stratégique au niveau local notamment par sa contribution à la sécurité alimentaire.

Néanmoins, la pêcherie est encore soumise à quelques contraintes, en particulier l'exploitation irrationnelle des sélaciens[13] (raies et requins), l'enclavement de la plupart des sites et une pénurie de marins pêcheurs[14]. Malgré ce constat, la contribution de la pêcherie à l'économie

[13] Depuis 2004, le ciblage des ces espèces est interdit par les textes envigueur au PNBA. Toutefois, l'usage des filets mulet, sole, tollo et courbine est peu sélectif et ces derniers pêchent des stocks importants de raies et requins.

[14] Pendant les enquêtes, les armateurs Imraguen ont souligné qu'il y a un problème de remplacement des départs à la retraite. De nombreuses filières sont impactées et qu'ils sont de plus en plus confrontés au renouvellement de leur équipage par des natifs du parc. C'est pourquoi des matelots étrangers du Parc sont de plus en plus embarqués sur des lanches au PNBA.

locale pourrait se résumer par un emploi représentant environ 32% de la population active du PNBA, une autoconsommation moyenne de 43 kg de poissons frais entier par habitant et par an au cours de la période 2006-2017. Le résultat obtenu sur la valeur marchande des 3001 tonnes de production moyenne annuelle, toutes espèces confondues, est d'environ 49 millions de MRU dont 89 % de valeur ajoutée. Ainsi, pour une ouguiya investie dans la consommation intermédiaire ce sont près de 11 MRU de valeur ajoutée qui sont générés. Les salaires moyens par an de l'équipage sont évalués à environ 22 millions MRU. Près de 33% de cette masse salariale est consacrée à la rémunération des pêcheurs. Ainsi, le revenu moyen d'un capitaine est d'environ 76 008 MRU par an et celui d'un pêcheur est d'environ 50 672 MRU par an, ce qui est supérieur au salaire moyen annuel minimum fixé par l'État depuis 2013. En Mauritanie, le SMIC[15] s'élève à 4 100 MRU par mois soit 49 200 MRU par an. L'EBE ou la part des patrons armateurs représente en moyenne par an plus de 39% de la valeur ajoutée globale soit 17,25 millions MRU. Cette performance est due aux faibles coûts d'exploitation et à un nombre réduit des lanches autorisées à opérer dans le Parc. Cependant, l'étude n'a pris en considération que les activités d'usage direct des lanches au PNBA. Une évaluation plus complète de la chaine de valeur[16] aurait également donné plus de poids à l'effet économique (création de richesse) induit, notamment par les activités du mareyage, de transformation des produits, des services (construction navale, réparation et transport), etc.

Toutefois, les performances économiques obtenus par les lanches sont globalement positives au regard des deux ratios utilisés en analyse économique. Pour le ratio d'exploitation, le filet sole qui contribue peu à la VA avec 0,41 millions MRU (moins 1% CA) a le ratio d'exploitation le plus élevé soit 94%. Il est suivi par les deux principaux métiers qui contribuent à environ 38 millions MRU de la VA (79%). Ainsi, la pêche à la courbine et du mulet ont un taux d'efficacité d'exploitation de 58%. Avec 12% de VA, le segment filet tollo a un ratio d'efficacité d'exploitation de 55%.

Quant à l'efficacité de la rentabilité économique des unités de pêches, ce sont les mêmes métiers d'efficacité d'exploitation qui affichent les meilleurs ratios de rentabilité avec 44%, 34%, 33% et 31% respectivement pour les segments sole, courbine, mulet et tollo.

Compte tenu du résultat des performances et d'efficacité économiques obtenu pour le développement local, cette pêcherie mérite toute l'attention des gestionnaires du Parc et des décideurs publics. Il parait, toutefois, souhaitable de poursuivre ce travail d'évaluation des retombées socioéconomiques de la pêcherie des lanches au PNBA. De manière à permettre de prendre la pleine mesure des enjeux liés à sa gestion et de son apport, actuel et potentiel (rente)[17], au processus d'exploitation durable des ressources naturelles du Parc.

---

[15] Le Salaire Minimum Interprofessionnel de Croissance s'applique à tous les salariés, y compris ceux travaillant dans l'exploitation des ressources naturelles.

[16] Cela aurait nécessité davantage de temps et de moyens pour son exécution.

[17] La notion de rente halieutique constitue un principe et un objectif de gestion essentiels dans la stratégie de développement durable des AMP.

CHAPITRE 4 : L'ACCEPTATION SOCIALE A L'EPREUVE DE LA REGULATION DES DYNAMIQUES HALIEUTIQUES IMRAGUEN : UNE HISTOIRE DE CONCERTATION.

Djibril Ly

1. INTRODUCTION

Le PNBA vient de célébrer ses quarante-deux années d'existence en 2018. 42 ans que les gestionnaires s'efforcent de préserver l'intégrité territoriale du PNBA contre des pressions et menaces qui proviennent aussi bien de l'intérieur que de l'extérieur de l'aire protégée.

Pour remplir ses missions régaliennes (conservation et gestion), l'Administration du PNBA bénéficie, depuis sa création, d'une subvention annuelle de l'Etat mauritanien, notamment pour son fonctionnement. Elle est également soutenue, depuis plusieurs décennies, par différents bailleurs de fonds ainsi que par des partenaires techniques et financiers qui ont su apporter des appuis substantiels pour relever les défis de la conservation. De ces appuis, la part allouée pour la conservation des ressources halieutiques et la régulation des pêches est plus importante. Ceci se justifie d'une part, par les fonctions écologiques importantes (nurserie, nourricerie) que joue le Banc d'Arguin à l'échelle des eaux maritimes nationale et régionale, d'autre part, de la fragilité de son écosystème en proie à une exploitation non durable de plus en plus forte.

L'heure est donc au bilan. Quels enseignements peut-on tirer de l'expérience du PNBA en matière de régulation des activités halieutiques au cours des quarante dernières années ?

L'Administration du PNBA a été aux défis de la régulation des pêches en faisant usage de ses arsenaux règlementaires (décrets d'application, loi du parc et notes de services). Progressivement, elle s'est inscrite dans une approche participative en initiant la tenue d'ateliers de « co-gestion » avec la population. Le développement de mécanismes de financement pour promouvoir des usages durables de la ressource ainsi que des outils d'aménagement spatial des pêches ont été au cœur des stratégies de gestion du PNBA. Toutes ces initiatives et approches se sont inscrites dans le temps et ont été adaptées en fonction de la complexité de la gestion.

Cet article propose une analyse diachronique de la régulation des pêches durant ces vingt dernières années [18], c'est-à-dire depuis 1997, date à laquelle le premier projet [19] de conservation des écosystèmes fut lancé. Considérant la pluralité des dimensions qui peuvent faire l'objet d'étude (sociale, économique, écologique et règlementaire), nous mettons

[18] Le PNBA n'a enregistré des actions de surveillance et une réelle politique de contrôle des usages qu'à partir de la seconde décade de sa création, c'est-à-dire à partir de la fin des années 1990, simultanément au constat d'une pression de pêche excessive sur l'AMP (Cazelet, 2007).

[19] Projet ACGBA (Appui à la Conservation, la Gestion et la Valorisation de l'Ecosystème du Banc d'Arguin).

l'accent sur l'étude de la dimension sociale au regard de son importance dans les stratégies de régulation des pêches. Les trois autres dimensions, sous-jacentes à la première, contribueront à renforcer l'analyse diachronique en s'appuyant sur un ensemble de corpus documentaire composé de rapports d'expertise, des procès-verbaux de réunions, des textes règlementaires, des données biologiques de captures et d'efforts de pêche ainsi que des données économiques.

2. La dimension sociale de la régulation

Nous entendons par « dimension sociale de la régulation » toute action ou processus qui vise à impliquer un groupe d'individus ou une communauté, dans la gestion d'une ressource naturelle au moyen de concertation et/ou de négociation en vue de l'établissement des règles d'usages. Cette approche est connue sous l'appellation de « gestion participative ». La participation stricto-sensu ne garantit pas cependant une adhésion totale aux règles de gestion des ressources sans contreparties directs pour les usagers. Gilmore (1997), cite trois piliers d'importance équivalente, qui selon lui conditionnent la réussite des projets de conservation : *« la durabilité écologique, l'acceptation sociale et la faisabilité économique* ». Slovic et Weber (2002) citent d'autres critères plus explicites et postulent qu'« *une AMP devient acceptable lorsqu'elle devient familière, si ses bénéfices sont clairs, si l'on fait confiance à ceux qui l'a gèrent et si les contraintes sont équitablement partagées* ».

Au PNBA, le modèle d'acceptation sociale des règles de gestion de la ressource halieutique s'est illustré par la mise en place d'instances de concertation impliquant des représentants d'organisations socio-professionnelles (ASP) Imraguen.

3. Les acteurs du socio-système pêche Imraguen

Le socio-système du PNBA est composé d'un large panel d'acteurs composés de : pêcheurs Imraguen et pêcheurs saisonniers, mareyeurs, armateurs, femmes transformatrices, chefs de villages, chefs religieux, notables, agents de conservation, opérateurs touristiques, éco-guides et charpentier naval. Ces acteurs opèrent tous dans l'environnement du PNBA et chacun agit selon sa vision propre du milieu et en fonction de ses objectifs et attentes. En réalisant une esquisse de la « ronde des acteurs » de l'environnement du système pêche du Banc d'Arguin (Figure 65), il nous est possible de caractériser les différents acteurs suivant leur niveau d'interaction avec la ressource halieutique.

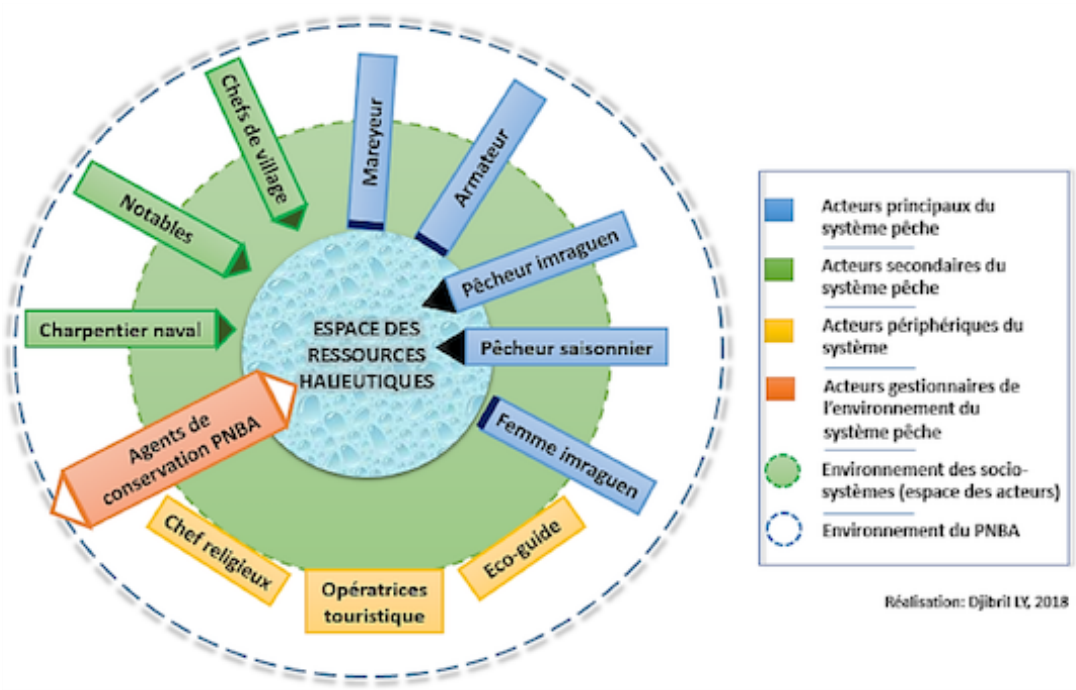


Figure 65 : La ronde des acteurs de l'environnement du système pêche du PNBA.

Dans notre ronde des acteurs, nous considérons :

- Les acteurs au centre du système pêche, ceux ayant un fort ancrage dans l'espace des productions halieutiques. Ils partagent un intérêt commun pour la ressource halieutique mais l'accessibilité à cette ressource, les besoins (en quantité) et la finalité d'usage varie d'un acteur à l'autre. Ce sont les mareyeurs, pêcheurs Imraguen, armateurs, pêcheurs saisonniers et femmes transformatrices
- Les acteurs secondaires du système pêche sont composés des chefs de villages Imraguen, de notables et des charpentiers. Ils interviennent indirectement dans le processus d'exploitation des ressources mais leur rôle n'est pas des moindre. Ils peuvent en effet influencer le système pêche dans son ensemble en imposant (par la plaidoirie) leur vision de l'exploitation (c'est le cas des chefs de village et notables[20]). Quant aux charpentiers, ils assurent le fonctionnement des unités de production de la pêche (lanches) par la construction/réparation des embarcations.
- Les acteurs dits périphériques (chefs religieux, gérantes de camping touristique et éco-guide du Banc d'Arguin) n'ont aucune influence sur le fonctionnement du système pêche bien qu'on les retrouve dans l'espace des acteurs. Les imams ont une fonction restreinte à l'enseignement de la religion tandis que les éco-guides et professionnelles de tourisme du PNBA se limitent à proposer des services touristiques.
- Les acteurs gestionnaires du PNBA regroupent l'ensemble des agents de conservation, de suivi et de surveillance opérant sur tout le territoire du parc (en milieu marin, côtier et continental). On les retrouve de ce fait dans les différents espaces du système pêche,

[20] Ce sont généralement des chefs de tribus, une autorité très respectée et influente.

allant du noyau de l'exploitation de la ressource jusqu'à la périphérie de distribution des produits halieutiques.

On ne saurait réellement appréhender le bien-fondé de l'approche participative au PNBA sans un retour sur l'historique des ateliers de concertation. C'est pourquoi, nous nous proposons de décrire la mise en place de ces ateliers, d'identifier les acteurs en présence et leurs rôles, de comprendre la stratégie de négociation des Imraguen et d'analyser les points forts et faibles de ces ateliers.

4. Retour sur l'historique des ateliers de concertation avec la population Imraguen

Depuis 1976 jusqu'au lancement effectif du premier atelier de concertation en 1998, le PNBA a initié et piloté de nombreuses activités, avec ou sans la participation des résidents locaux. En plus de ses missions de recherche, surveillance et gestion du Parc, il a travaillé sur tous les fronts, dépassant parfois ses prérogatives de conservation : Eau, assainissement, santé, éducation, transports terrestres et maritimes, infrastructures locales (Châtelin, 2007).

Avec « l'émergence d'un discours mondial sur la participation dans la protection de la biodiversité et la nécessité de prendre en compte les aspirations des communautés locales » (Fall, 2014), l'Administration du PNBA s'est progressivement inscrite dans cette vision et a été pionnière en Afrique de l'ouest dans la mise en place d'une approche participative.

Le corpus documentaire que nous avons pu consulter relate un processus participatif qui concerne la période de 1998 à 2017. Il convient de noter qu'une phase dite « préparatoire » à l'approche participative a eu lieu de 1992 à 1997[21]. Nous présentons ci-après cette période dans ses grandes lignes.

4.1. Période 1992-1997 : une phase « préparatoire » au processus de participation

Dans une société traditionnelle fortement hiérarchisée qui prône un système pyramidal du pouvoir et où les règles tribales et coutumières dominent, instaurer un processus participatif semble être, à bien des égards, une tâche difficile. Pour autant, l'Administration du PNBA a su relever le défi de la gestion concertée des ressources en développant une approche de contact directe et permanente avec la population. Le processus s'est amorcé à partir de 1993 avec le Projet Lanche porté par l'UICN, la FIBA et la Coopération néerlandaise. Ce projet visait à contrecarrer les tentatives d'utilisation d'embarcations motorisées dans le parc par les

[21] Les informations que nous tirons d'un entretien avec l'ancien responsable du service « développement communautaire » du PNBA permettent en effet de distinguer ces deux périodes.

pêcheurs résidents[22]. Face aux tentations de quelques pêcheurs locaux d'utiliser ces pirogues à moteur, « *une approche participative à travers une situation d'interlocution directe avec les populations a permis de rechercher en commun une solution et d'aboutir à la création d'un chantier de restauration des lanches et à la constitution de comités villageois pour superviser l'activité* » (Bouché, 2009).

A partir de 1994, est initié le tout premier projet de développement visant à améliorer les conditions d'existence des Imraguen. Financé par le Fonds international pour le développement agricole (FIDA), ce projet avait trois composantes : (1) Développement local, (2) Suivi des efforts de pêche et (3) Contrôle et surveillance.

Dans sa composante « développement local », il s'était fixé comme priorités :

- Améliorer les conditions de vie des communautés Imraguen résidant dans les sept villages situés à l'intérieur du Parc National du Banc d'Arguin ;
- Maintenir un environnement sain et contribuer à l'équilibre et la conservation du Parc par, entre autres, une approche participative de cette population ;
- Renforcer et réorganiser l'administration du PNBA pour mieux protéger et développer de manière rationnelle et durable les ressources du Parc et pour promouvoir la participation des communautés autochtones résidant dans le parc » (FIDA, 2001).

Sur ces axes prioritaires, le projet a capitalisé de nombreuses réalisations sur le terrain dont la principale fut la création de groupements coopératifs villageois pour le développement d'activités génératrices de revenus (boutiques communautaires, éco-tourisme, artisanat, transformation de poissons, etc.). Les gérants de ces structures socio-professionnelles ont bénéficié de formations spécifiques afin d'en assurer la bonne gestion. Par ailleurs, le projet a favorisé le recrutement et la formation de 11 agents communautaires parmi la population Imraguen. La mission de ces agents consistait à *« assurer et faciliter la communication avec les populations et servir de relais entre l'Administration du Parc et la population ; préparer et veiller à l'organisation des réunions, ateliers, séminaires, d'appuyer la gestion des coopératives ; suivre l'usage des infrastructures du Parc dans les différents villages, et d'assurer la liaison inter-villageoise et avec le PNBA* » (ibid).

Pour la composante « Suivi de l'effort de pêche », le projet a entrepris, à partir de 1995, la formation d'enquêteurs locaux imraguen pour assurer le suivi des prélèvements au niveau des villages de débarquement. Cette démarche d'appropriation locale du suivi visait à conscientiser les imraguen de l'intérêt d'un tel dispositif ainsi que le caractère négatif et non durable de certaines pratiques de pêche. La déclaration d'Arguin du 21 mai 1996 marquera l'aboutissement d'une phase préparatoire concertée vers une approche participative qui aura duré 4 ans. Les termes officiels de cette déclaration d'Arguin sont repris dans l'encart suivant.

[22] Cette période coïncidait avec la subvention de pirogues motorisées aux pêcheurs des villages imraguen (hors PNBA) dans le cadre d'un projet de la Coopération japonaise pour appuyer le développement de la pêche artisanale.

DÉCLARATION D'ARGUIN

Nous, populations du Banc d'Arguin, réunies à Mamghar le 21 Mai 1996 à l'occasion de l'atelier de révision de la législation relative au Parc National du Banc d'Arguin, Conscientes de la nécessité de préserver notre mode de vie et notre environnement naturel classé patrimoine mondial de l'humanité

Prenons l'engagement de

- Prévenir ou empêcher toute action visant à endommager ou détruire notre environnement
- Lutter contre toutes les menaces qui pèsent sur le PNBA
- Préserver les valeurs économiques, culturelles et esthétiques du PNBA
- Protéger toutes les espèces d'oiseaux et d'animaux terrestres et marins du PNBA
- Préserver notre richesse halieutique par l'emploi de techniques de pêche traditionnelles
- Assurer la surveillance et le contrôle des parties terrestre et maritime du PNBA
- Appuyer l'administration du PNBA pour favoriser un développement durable dans le cadre du Plan Directeur d'Aménagement approuvé en Conseil des Ministres au mois de Septembre 1995

Mamghar, le 21 Mai 1996

Les représentants des populations du Parc National du Banc d'Arguin

4.2. La période 1997-2017 : 20 années de régulation des pêches

Une année après la déclaration d'Arguin, et dans l'objectif de poursuivre les efforts entrepris par le projet FIDA (notamment pour le volet suivi de l'effort de pêche), un nouveau projet dénommé ACGEBA (Appui à la conservation, la gestion et la valorisation de l'écosystème du Banc d'Arguin)[23] voit le jour. Ce projet se subdivisait en trois composantes dont la deuxième nous intéresse particulièrement : l' « Évaluation (directe et indirecte) de la ressource halieutique du Banc d'Arguin ». Cette évaluation est confiée aux chercheurs du CNROP. Une équipe d'enquêteurs titulaires est aussitôt constituée et formée pour assurer un suivi de l'effort qui consiste à un pointage quotidien des retours de pêche au niveau des villages du PNBA. Les enquêteurs Imraguen formés au début du projet FIDA ont été intégrés dans le

[23] Ce projet a été financé par la Coopération française et mise en œuvre conjointement par le centre national des recherches océanographiques et des pêches (CNROP) et le PNBA entre 1996 à 2001.

dispositif de suivi pour constituer un duo d'enquêteurs dans chaque village. En position d'enquêteurs suppléant, ils assurent en l'absence du titulaire le suivi des débarquements.

Du lancement du système de suivi des pêcheries Imraguen en 1997 au dernier atelier de concertation vingt années se sont écoulées. Durant lesquelles, les gestionnaires du PNBA et la population Imraguen se sont rencontrés une douzaine de fois au cours d'ateliers organisés dans les différents villages du Parc.

J'ai fait le choix de volontairement subdiviser la période 1997-2017 en quatre phases au regard des faits saillants de la concertation, des grandes décisions prises durant ces ateliers et leurs effets sur le terrain. La première phase dite de « *négociation* » qui s'étend de 1997 à 2003 est celle où les négociations étaient les plus intenses. Vient ensuite la seconde phase dite « *d'acceptation* » de 2003 à 2006 inclus, puis la troisième phase, la plus longue du processus, labélisée « pré-négociation, révision et validation des décisions » qui s'étend de 2006 à 2014. La quatrième phase est quant à elle qualifiée de « reprise de confiance »[24].

Cette formulation s'efforce de rester au plus proche de l'ambiance générale qui régnait durant les processus de concertation.

La figure 66 qui suit propose une vue d'ensemble des 13 ateliers de concertation assortie des grandes décisions prises au cours du processus.

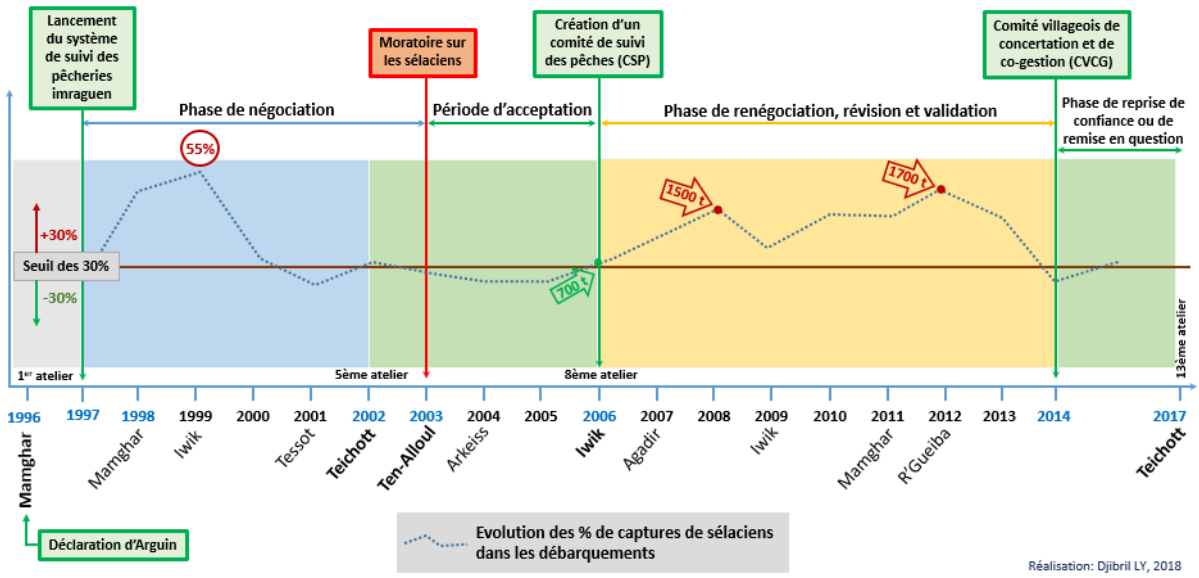


Figure 66 : Chronologie des ateliers de concertation et principales phases de négociation des règles de gestion de la pêche.

[24] L'appellation donnée aux différentes phases est une formulation propre de l'auteur et n'engage aucunement l'institution PNBA.

4.3. 1997 à 2003 : la phase de négociation en vue de l'arrêt de la pêche aux sélaciens

Cette phase est celle où le processus de négociation a été le plus intense mais aussi le plus délicat. Pour les gestionnaires du parc, il s'agissait en effet de convaincre des pêcheurs Imraguen très investis dans la pêche aux sélaciens de l'abandonner tout en leur proposant des alternatives économiques.

Pour accompagner cette phase de négociation en vue de l'acceptation sociale des règles de gestion des ressources halieutiques, trois projets structurants sont montés : le projet de conservation des raies et requins (1998-1999), le projet ARPI[25] (2000-2001) et le projet Mulet (2000-2003). Ces projets ont été développés en interaction avec celui de l'ACGEBA[26] afin d'atteindre trois objectifs :

- Consolider le système de suivi de la pêcherie Imraguen mis en place depuis 1997 et permettre une production de données sur les tendances annuelle des captures dans le parc. Ce suivi a été formalisé par une convention de partenariat entre l'IMROP et le PNBA depuis 2000.
- Initier des actions de développement local par le renforcement des capacités des usagers, de leur structure organisationnelle, puis le renforcement de leurs moyens de production halieutiques (financiers et matériels).
- Renforcer l'approche de gestion participative par l'organisation des ateliers de concertation. L'objectif de ces ateliers visait à « *mettre en place des mécanismes institutionnels pérennes visant à résoudre les conflits d'usage et à gérer la ressource*[27] ».

En 1998, s'est tenue à Mamghar le premier atelier de concertation28 entre le PNBA et la population Imraguen. Organisé sur trois journées, cet atelier se donnait pour objectif de discuter sur l'avenir de la pêche artisanale Imraguen. Dans un contexte d'intenses activités d'une pêche ciblée des sélaciens, l'ordre du jour de l'atelier ne pouvait qu'être dédié à ce sujet. Cet atelier a mobilisé, en plus des représentants de l'administration PNBA et de la population Imraguen, des représentants d'institutions de recherche mauritaniennes et françaises concernées et partenaires du PNBA, des ONG nationales et internationales, et des bailleurs de fonds.

Pour justifier l'urgence de mettre en place des mesures de régulation des pêcheries Imraguen sur toute l'étendue du parc, l'administration du PNBA s'appuie sur les données des captures de sélaciens (résultats des suivis au débarquement) en plus des conclusions alarmantes des scientifiques. A l'issue de l'atelier de concertation, les Imraguen s'engagent à limiter la saison de pêche des sélaciens à huit mois de l'année, du 1er février au 15 septembre. Cette restriction est assortie de mesures visant au respect des périodes de pêche et des engins autorisés. Ces mesures, extraites du PV des engagements de l'atelier, sont retranscrites ci-dessous :

---

[25] ARPI : Appui à la reconversion de la pêche imraguen

[26] Le projet ACGEBA a pris fin en juillet 2001.

[27] http://www.dakar.unesco.org/natsciences_fr/rapport_2002/banc.htm

[28] Cet atelier est en fait chronologiquement le deuxième si on compte celui de 1996 (Déclaration d'Arguin), mais le premier du genre axé spécifiquement sur les règles d'exploitation de la ressource halieutique.

La pêche aux sélaciens (raies, raies-guitare et requins) est ouverte du 1er février au 15 septembre. Cette période de pêche est divisée comme suit :

- *du 1er février au 15 mars, utilisation autorisée des filets raies et des filets requins ;*
- *du 16 mars au 15 avril, utilisation des filets requins seule autorisée ;*
- *du 16 avril au 30 mai, utilisation des filets raies seule autorisée ;*
- *du 1er juin au 15 juillet, utilisation autorisée des filets à raies et filets requins ;*
- *du 15 juillet au 15 septembre, utilisation des filets a requins seule autorisée*

Concernant les engins de pêche, sont autorisés pendant les périodes respectives décrites ci- dessus :

- *10 filets raies de 150 m de long, ou un total maximum de 1 500 m pour chaque lanche ;*
- *3 filets requins de 150 m de long, ou un total maximum de 450 m pour chaque lanche.*

En outre, les pécheurs se sont engagés à remettre à l'eau les requins-marteau d'une taille inférieure à un mètre.

Les décisions de l'atelier sont promulguées par des notes de service PNBA et ont vocation à être appliquées par les agents de terrain.

En s'engageant de mettre en application ces mesures de régulation des pêches à partir du 1er février de l'année 1999, les Imraguen savaient fort bien qu'elles engendreraient un manque à gagner dans leur activité. De son côté, l'administration PNBA savait aussi que l'acceptation sociale de ces règles ne pouvait être garantie sans la mise en place de mesures compensatoires. C'est pourquoi, les deux parties ont engagé une réflexion commune en vue de « *rechercher des alternatives économiques destinées à favoriser la diversification des activités génératrices de revenus dans le domaine de la pêche comme dans d'autres domaines, tels que la maitrise des circuits de transformation et de commercialisation, l'écotourisme, et toute autre activité qui ne compromette pas l'équilibre écologique naturel du Banc d'Arguin*[29]».

Les résultats des suivis de pêche issus des projets ACGEBA et raies-requins furent restitués lors du deuxième atelier de concertation[30] qui s'est tenu à Iwik du 21 au 23 octobre 1999. Ayant reconnu le fort caractère impactant de leur pêche sur certaines espèces menacées, les

[29] PV des engagements de l'atelier de concertation de Mamghar en 1998.

[30] Cet atelier a impliqué les représentants des villages du PNBA (chefs de village, pêcheurs et femmes Imraguen), de la Direction du Parc National du Banc d'Arguin, des autorités territoriales (Préfecture et Mairie de Mamghar), des institutions nationales partenaires (Ministère des Pêches, CNROP, Délégation de la surveillance des pêche, la Faculté des Sciences et Techniques, Parc national du Diawling), des organismes internationaux et bailleurs de fonds partenaires du PNBA (FIBA, Conseil Scientifique du Banc d'Arguin, Agence Française de Développement, Coopération Française, Banque Mondiale, Coopération allemande-GTZ).

Imraguen se sont une nouvelle fois engagés à respecter la période de fermeture de la pêche aux sélaciens du 16 septembre au 31 janvier. Il faut souligner que cet engagement avait été pris par les pêcheurs en 1999 mais n'était pas respecté. La figure 67 montre bien une hausse des prises de sélaciens entre 1998 et 1999.

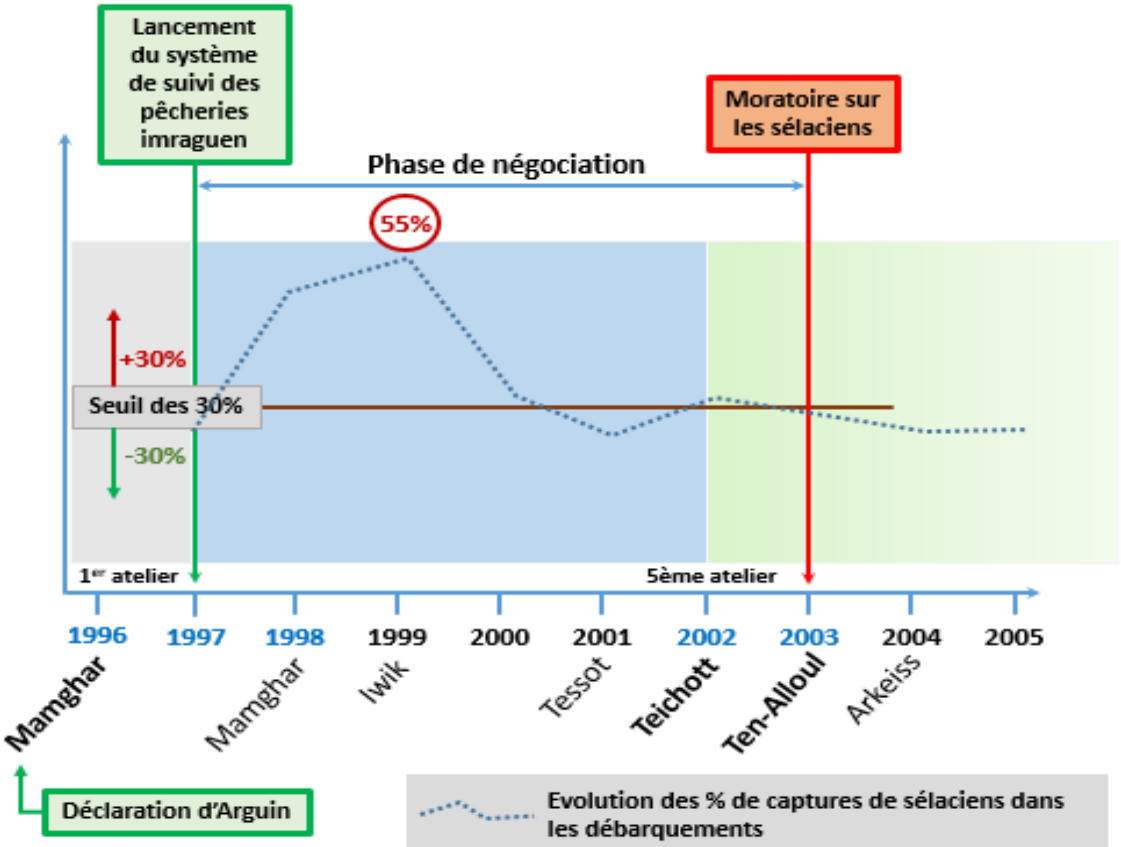


Figure 67 : Historique de la phase de négociation.

À la fin de l'atelier d'Iwik, une série de mesures de gestion des pêches est élaborée et proposée par la cellule scientifique du PNBA[31]. Ces mesures ont été discutées puis ont fait l'objet d'engagements pris par les Imraguen. Ces engagements concernent :

- L'exploitation des sélaciens à partir de 2000.
- La pêche des tortues marines
- La composition des équipages des lanches

[31] Nouvellement créée en 1998 et ayant pour mission d'apporter des réponses scientifiques aux questions de l'exploitation halieutique dans le PNBA, cette cellule était conjointement pilotée par des chercheurs de l'IMROP et des gestionnaires du parc.

Pour ce qui est de l'exploitation des sélaciens, on ne note aucune évolution des règles. Les pêcheurs pouvaient toujours utiliser les 1500 m de filets raies et les 450 m de filet requins (règles inscrites dans l'engagement de 1998). Toutefois, le respect des périodes de campagne de pêche est rendu obligatoire afin de parvenir à un accord lors du prochain atelier.

S'agissant des tortues marines, en l'occurrence la tortue verte, la tortue luth et la caouane (des espèces protégées par des conventions internationales dont la Mauritanie est signataire), leur pêche est formellement interdite et les Imraguen ont obligation de relâcher toutes espèces protégées prises accidentellement par les filets.

En ce qui concerne la composition des équipages, les Imraguen avait âprement négocié pour continuer à employer des pêcheurs saisonniers étrangers dans leurs embarcations. Rappelons que le boom de la pêche aux sélaciens, au début des années 1990, avait conduit plusieurs centaines de pêcheurs migrants à converger vers les villages du PNBA. Ces migrants constituent aujourd'hui près de la moitié de la main-d'œuvre locale de pêche. Ne pouvant pas systématiquement éradiquer cette main-d'œuvre étrangère dans le parc, l'administration du PNBA a décidé d'autoriser un quota maximum de 2 pêcheurs migrants par lanche sur un équipage de 5 pêcheurs. Par ailleurs, seul un imraguen résident du parc peut prétendre être capitaine de lanche.

Après l'atelier d'Iwik de 1999, il a fallu attendre 2001 pour que se tienne à Tessot celui de « l'évaluation » des engagements pris pour la pêche des sélaciens. La courbe d'évolution des captures de sélaciens entre 1999 à 2002, montre que les négociations passées ont porté leurs fruits. La part des sélaciens dans les débarquements a été réduite de moitié, passant de 1900 tonnes en 1999 à près de 800 tonnes en 2002. A l'issu de l'atelier de Tessot, sept mesures phares de *« contrôle de la pêche artisanale imraguen* » furent adoptées :

Mesure n°1 : conservation des espèces de raies et requins, *interdiction de pêcher et obligation de relâcher les espèces suivantes : poissons-scie, poissons paille, requins citron, requins-marteaux, raies-guitare fouisseuse et tous les individus de raies pastenagues.*

Mesure n°2 : introduction de nouveaux engins de pêche, *les engins formellement identifiés et autorisés dans le PNBA sont : le filet épaule (FEP), les filets casson ou tollo (FTO), le filet raies (FRA), le filet requins (FRQ), le filet courbine (FCO) et la ligne (LGN). L'introduction de tout engin de pêche hormis ceux cités est soumise à une autorisation préalable de la direction du PNBA*.

Mesure n°3 : Utilisation des filets en nylon monofilament, *les filets en nylon monofilament sont abandonnés et interdits d'usage sauf pour le filet épaule qui est traditionnellement confectionné avec du nylon*.

Mesure n°4 : techniques de pêche, *les techniques de pêche jugées dangereuses et devant être prohibées comme celle consistant à barrer totalement un chenal avec un filet pour éviter tout passage de poissons (juvénile comme adulte) sont interdites.*

Mesure n°5 : constitution de l'équipage des lanches, *le nombre de pêcheurs dans une lanche reste limité à 5 dont un quota maximum de 2 pêcheurs saisonniers migrants. Durant la campagne de mulet (Mugil cephalus), les lanches pourront accueillir exceptionnellement jusqu'à 8 pêcheurs tout en veillant à ce que les saisonniers migrants ne constituent pas plus de la moitié de l'équipage.*

Mesure n°6 : **conservation des tortues marines**, *la pêche ciblée des tortues est strictement interdite et définitivement abandonnée. Toute capture accidentelle de tortue vivante fera l'objet d'un relâchement systématique.*

Mesure n°7 : **effort de pêche dirigé vers les raies et requins**, *la pêche aux raies et requins est ouverte du 1er février au 15 août. Elle est fermée entre le 16 août et le 31 janvier de l'année suivante.*

Lors de l'atelier de Teichott en 2002, certaines mesures négociées en 2001 ont été reconduites (mesures 1, 2, 3 et 4) et d'autres renforcées (les 6 et 7). De nouvelles mesures sont prises interdisant la vente du mulet avant le début de la campagne (avant le 15 juillet) et l'interdiction de pratiquer une pêche commerciale ciblant les « toumvertel » (Tilapia, *Sarotherodon melanotheron*)[32].

L'année 2003 (atelier de Ten-Alloul) marquera l'aboutissement d'un long processus de négociation qui a duré 7 années. En acceptant de signer un moratoire sur les sélaciens, les Imraguen s'engageaient dorénavant et de manière définitive à mettre fin à toute pêche ciblant les raies et requins. Cette décision a été accueillie avec beaucoup d'enthousiasme et d'espoir au sein de la communauté des gestionnaires, scientifiques, ONG et bailleurs de fonds. Dans la foulée des négociations, une proposition de rachat des filets raies et requins a été faite aux Imraguen dans l'objectif d'assainir le parc de ces types d'engins. L'opération de rachat sera totalement financée par la FIBA. Au total, environ 98 km de filets raies et 7 km de filets requins seront détruits (brûlés) en présence des différents parties prenantes et acteurs de la filière (mareyeurs, pêcheurs, transformateurs, etc.).

4.4. 2003 à 2006 : la phase d'acceptation des mesures de gestion des pêches

Elle s'étend sur 4 années, durant lesquelles les captures des sélaciens connaissent, comme on pouvait s'y attendre, une nette baisse. Les quelques centaines de kilos de raies et requins débarqués ponctuellement dans certains villages du parc seront considérés comme relevant d'une « fausse pêche[33] » ou pêche accidentelle.

En 2006, fut créé le comité villageois de suivi des pêches. Cette décision fut prise par la direction du parc dans un souci de formaliser l'approche participative au sein d'un organe délibérant. Organisé dans un cadre restreint (en présence de quelques représentants Imraguen et gestionnaires PNBA), ce comité assure le suivi du respect des engagements sur la pêche. Plus spécifiquement, « *Il a comme objectif de jouer un rôle décisif dans « la mise en débats » des questions publiques de gestion de la ressource, d'expression et de négociation entre l'administration et les populations imraguen* » (Fall, 2014).

---

[32] Ces espèces d'intérêt commercial font l'objet d'un ciblage dès le début des années 2000 avec l'arrivée des pêcheurs maliens en plus des saisonniers mauritaniens.

[33] Ces raies et requins ne sont pas relâchés une fois capturés par les pêcheurs. Ces espèces seront transformées en salé-séché puis vendues par une clientèle ghanéenne basée à Nouakchott.

Le Comité villageois de suivi des pêches (CSP) a pour mandat de :

- *Discuter et suivre les engagements relatifs aux activités de pêche dans le PNBA.*
- *Vulgariser et de faire respecter les engagements des ateliers de concertation.*
- *Promouvoir la compréhension et la vulgarisation des textes légaux et des sanctions applicables dans le PNBA.*
- *Définir et d'informer sur le mode d'application des sanctions en vulgarisant la liste des sanctions prévues et accordées dans le cadre des engagements pris à l'issu des ateliers de concertation.*

Source : (Fall, 2014)

Selon les dispositions statutaires du Comité, il est constitué des membres suivants :

- 2 représentants de chaque village[34] (le chef du village étant membre de droit et un autre membre, le plus souvent un mareyeur ou armateur, élu lors de l'assemblée ordinaire du village)
- 3 représentants de l'administration du PNBA nommés par le Directeur du parc.
- 1 représentant du Ministère des pêches et de l'économie maritime

Le comité se réunit 4 fois par an pour faire un point sur l'ensemble des constats et délits mais aussi pour discuter des mesures de gestion des pêches devant faire l'objet de validation au prochain atelier de concertation.

4.4.1. Focus sur le seuil des 30% de sélaciens au débarquement

Lors de la tenue du 1er comité de pêche en octobre 2006, une décision importante est prise pour limiter les prises dites « accidentelles ou accessoires » de sélaciens. Un quota toléré de 30% tout au plus est fixé par le comité. Les clauses de cette mesure (extraites d'une note de service PNBA relative à la procédure de contrôle au débarquement) sont reprises ci-après.

[34] Soit au total 18 représentants Imraguen des 9 villages du PNBA.

Procédure recommandée pour un contrôle au débarquement

« Si le volume de sélaciens semble supérieur à 50 kg, procéder à une estimation visuelle du volume de sélaciens :

- *Estimation du volume de sélaciens à bord inférieur à 30%, (soit environ un tiers), du total des captures : fin du contrôle.*
- *Estimation du volume de sélaciens à bord supérieur à 30% (soit environ un tiers), du total des captures :*
  - *Soit le capitaine reconnait que le produit de sa pêche est le résultat d'une pêche ciblée aux sélaciens, et les agents appliquent les sanctions prévues par la note de service,*
  - *Soit le capitaine conteste que le produit de sa pêche soit le résultat d'une pêche ciblée aux sélaciens, et les agents devront évaluer le poids du volume des sélaciens par rapport au poids total des captures afin de caractériser ou pas le ciblage. En fonction du résultat de la pesée. L'agent appliquera ou pas les sanctions prévues par la note de service.*

Contre toute attente, les espoirs qu'avait fondés le PNBA en initiant la création de ce comité furent vains. Les résultats des captures de sélaciens sur la période allant de 2006 à 2014 (Figure 68) illustrent l'échec des négociations.

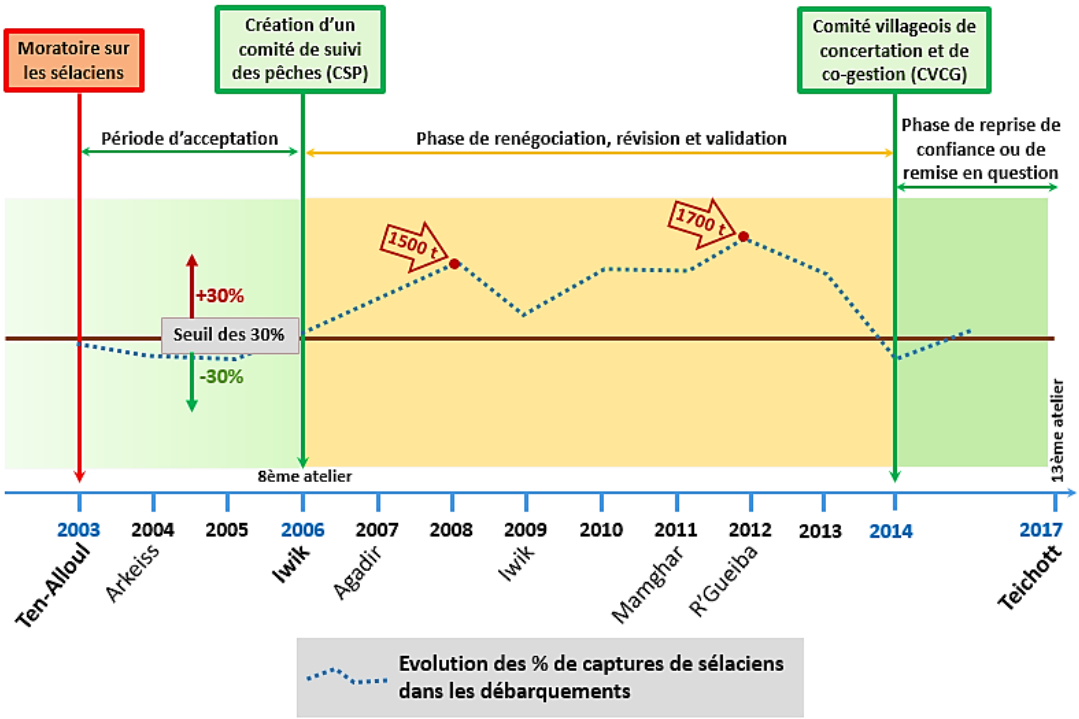


Figure 68 : Chronologie de la phase de renégociation, révision et validation.

Nous allons tenter de comprendre les causes de cet échec en analysant la phase dite de « renégociation ».

4.5. 2006 - 2014 : La phase de renégociation, révision et validation des engagements

Cette phase couvre une période de 8 ans au cours de laquelle quatre ateliers de concertations sont organisés, respectivement dans les villages d'Agadir, Iwik, Mamghar et R'Gueiba. Ces ateliers ont été organisés irrégulièrement malgré l'importance des infractions recensées. Deux facteurs expliqueraient ces infractions à la loi.

4.5.1. L'irrégularité des réunions trimestrielles du comité de suivi des pêches

Entre 2007 à 2014, le comité de pêche devait tenir 32 réunions à raison de 4 par ans. En comptabilisant les procès-verbaux du comité à notre disposition sur la période citée, leur nombre ne dépassait pas la dizaine[35]. Les représentants du PNBA justifient cette irrégularité du fait des chevauchements d'agenda qui les contraignirent à reporter les réunions prévues.

Dans un contexte de rupture organisationnelle régulière des réunions du comité, il nous parait opportun de diagnostiquer son fonctionnement interne en évaluant le processus de négociations. Il est ici question de décrire de manière générale l'humeur et l'état d'esprit des représentants Imraguen. Pour ce faire, nous avons interrogés les représentants du PNBA en leur posant les questions suivantes : « *Comment est défini l'ordre du jour des réunions du comité ? Quel regard singulier portez-vous sur les représentants Imraguen avant la tenue du comité, au moment des discussions et après le comité ?* »

Aux dires des représentants PNBA interviewés, les ordres du jour des réunions sont définis en fonction des engagements pris par la population Imraguen, au centre desquels se pose la question centrale des sélaciens. Avant la tenue du comité, les chefs des départements opérationnels du PNBA consignent dans un rapport les résultats des différents suivis et contrôles sur site, qu'ils transmettent ensuite à la Direction du Parc. On y relève les procès-verbaux des arraisonnements des lanches, faisant mention du non-respect des périodes de campagne de pêche, une utilisation frauduleuse de filets bannis, la capture d'espèces interdites, un non-respect du quota des équipages saisonniers dans une embarcation, etc. L'IMROP transmet également au PNBA les données mensuelles de suivi des débarquements des lanches (captures et efforts de pêche). Toutes ces informations seront capitalisées par le PNBA[36] puis restituées lors de la réunion du comité.

---

[35] Nous soulignons ici que malgré nos demandes aux personnes ressources du comité, il ne nous a pas été possible de disposer de l'ensemble des PV du comité. A ce jour nous n'avons pu exploiter que 8 PV.

[36] Ces données leur servent également d'argumentaire face aux représentants Imraguen qui sont souvent peu enclins à reconnaitre les délits des pêcheurs locaux.

Passé l'étape de la consolidation des données de suivi, une convocation (mentionnant la date et l'horaire) est adressée aux représentants Imraguen qui accueillent cette information avec enthousiasme. Dans tous les villages, l'heure est aux préparatifs. Tout en ignorant les points de l'ordre du jour, un petit groupe composé de mareyeurs, d'armateurs et chefs de village se concertent en aparté pour convenir des intérêts communs et individuels à défendre lors des négociations. Les réunions du comité ont lieu au siège du PNBA à Nouakchott. Pour faciliter leur déplacement, l'Administration du parc octroie une dotation en carburant[37] à l'ensemble des représentants Imraguen. La réunion du comité débute toujours par une lecture des points de l'ordre du jour. Avant même l'entame de la restitution des résultats de suivi des pêcheries, des voix Imraguen s'élèvent, nous indique-t-on dans les PV, dénonçant le manque de transparence de l'administration du parc pour l'établissement et la transmission de l'ordre du jour. En effet les Imraguen se plaignent ne jamais recevoir à l'avance l'ordre du jour des réunions du comité. Un cadre du PNBA nous confiait que ces derniers sont d'excellents négociateurs et qu'ils ne sont jamais à court d'arguments pour justifier leur position. Reconnaissant en eux cette qualité, l'administration du parc évite justement de leur communiquer d'avance l'ordre du jour au risque d'être malmenée lors des négociations.

La restitution des résultats de suivi est l'un des moments les plus importants de la réunion. Elle traduit, d'une part, les efforts de contrôle et de surveillance entrepris par les gestionnaires du parc, et d'autre part l'évaluation du respect des engagements pris par la population Imraguen au cours du dernier atelier de concertation.

Les infractions commises dans les zones des pêches, les engins, au niveau des équipages des lanches et sur les puits de transformation sont restitués sous l'écoute attentive[38] des représentants Imraguen. En reconnaissant les manquements aux règles et la culpabilité des pêcheurs, ils justifient cependant ces délits par la précarité de la vie dans le parc. Ils n'hésitent pas également à reprocher au PNBA ses promesses non tenues et son laxisme[39] dans ses missions de surveillance. Les arguments qui suivent sont souvent cités :

> « Les pêcheurs sont pauvres et ils cherchent à manger donc ils pêchent coûte que coûte (Représentant du village de R'Gueiba) »

> « En effet tous les pêcheurs ne respectent pas la règlementation, il existe des tricheurs. Donc je suis tout à fait d'accord sur certaines accusations. Par contre le PNBA ne respecte

[37] L'ensemble des représentants Imraguen dispose d'un véhicule Toyota land cruiser version pickup.

[38] La restitution des résultats de suivi est réalisée en partie sur un support de présentation power point. Il convient de souligner que la majorité des représentants imraguen ne sont pas familiarisés avec ces supports de communication (très technique) et ne comprennent pas souvent le format des résultats qui leur sont présentés (diagramme et histogramme, etc.). De ce fait, certains résultats sont tout simplement lus. Par ailleurs, on note ces dernières années un besoin affirmé des représentants imraguen de comprendre le contenu des sujets abordés. Ils exigent qu'on leur traduise en arabe l'ordre du jour des réunions du comité.

[39] Les imraguen accusent souvent le PNBA d'un manque de vigilance dans ses missions de surveillance en mer. Les pêcheurs disent avoir signalé à plusieurs reprises aux gardes côte l'intrusion de plusieurs pirogues motorisées à l'intérieur du parc, non loin de leurs zones de pêche.

pas aussi ses engagements qu'il a pris lors des ateliers de concertation. (Chef de village de R'Gueiba) »

« C'est vrai, il y a un manque de respect de la règlementation. Mais je souligne aussi que le parc n'exerce pas correctement son rôle de surveillance et on note un manque de sensibilisation » (Représentant Teichott).

« Le zonage a été validé en concertation avec la population mais nous n'avons jamais eu de compte rendu sur les résultats. Le PNBA nous pose beaucoup de restrictions et prétexte que si nous pêchons suivant les calendriers qu'il a définis, cela permettra à la ressource de se reproduire d'avantage mais constatons tout le contraire de ce qu'il avance comme bénéfice pour la ressource. (Représentant de Mamghar) »

S'agissant de la restitution des données de capture des sélaciens, elle se déroule dans une atmosphère très tendue. Leur fiabilité est souvent remise en cause, voire même fustigée par les représentants imraguen. Ils accusent le PNBA (en mentionnant la complicité des agents de l'IMROP à l'origine de ces données) de ternir leur image en présentant des résultats qui relèvent de leur pure imagination et ne reflétant pas la réalité. Cette méfiance vis-à-vis des représentants du PNBA devient de plus en plus prégnante et occasionne de fortes tensions durant les négociations. Mais les avis semblent diverger entre les représentants imraguen nous confiait un cadre du PNBA (membre du comité). D'après ses observations (tirées de son expérience de membre du comité), il distingue trois groupes de représentants : le groupe de la majorité qu'il nomme « les perturbateurs ou frondeurs », suivi par le groupe des « opportunistes », et en dernier le groupe des « *conservateurs* » avec un effectif réduit à 5 représentants.

- Le groupe des frondeurs : il se compose essentiellement de mareyeurs et d'armateurs très influents. Leur seul objectif est de militer pour un assouplissement des règles à défaut de les restreindre. Ce sont eux qui détiennent plus de la moitié des outils de production, et ce sont souvent leurs lanches (équipage compris) qui enfreignent la règlementation. Pour ces raisons, la confrontation durant les réunions, la contestation des données et le mépris du travail des agents de terrain sont leur seule stratégie pour ne pas parvenir à un accord.

- Le groupe des opportunistes : ils se rangent tantôt du côté des gestionnaires du PNBA s'ils voient que leurs doléances sont suivies d'effets (appuis au développement local) et tantôt du côté des frondeurs s'ils constatent le contraire. Pour eux, les défis de la conservation du parc doivent être considérés au même titre que ceux du développement des Imraguen. On entend souvent dire « *le Parc nous a trouvé ici, chez nous » ou bien « la création du PNBA nous a privés de beaucoup de choses, notamment en matière de développement de la pêche* ».

- Le groupe des conservateurs : Ce sont généralement des sexagénaires Imraguen qui militent pour une pêche durable et la sauvegarde du parc national. Ils sont soutenus

localement par des mouvements associatifs défenseurs de la nature [40]. Ces conservateurs n'ont pas une vraie influence sur les décisions prises par la majorité bien que leur présence dans le comité soit minoritaire elle réduit les stratégies et aspirations des frondeurs.

La figure 69 tente d'illustrer les humeurs et états esprits des représentants Imraguen tout au long du processus de négociation (avant, pendant et après la réunion du comité).

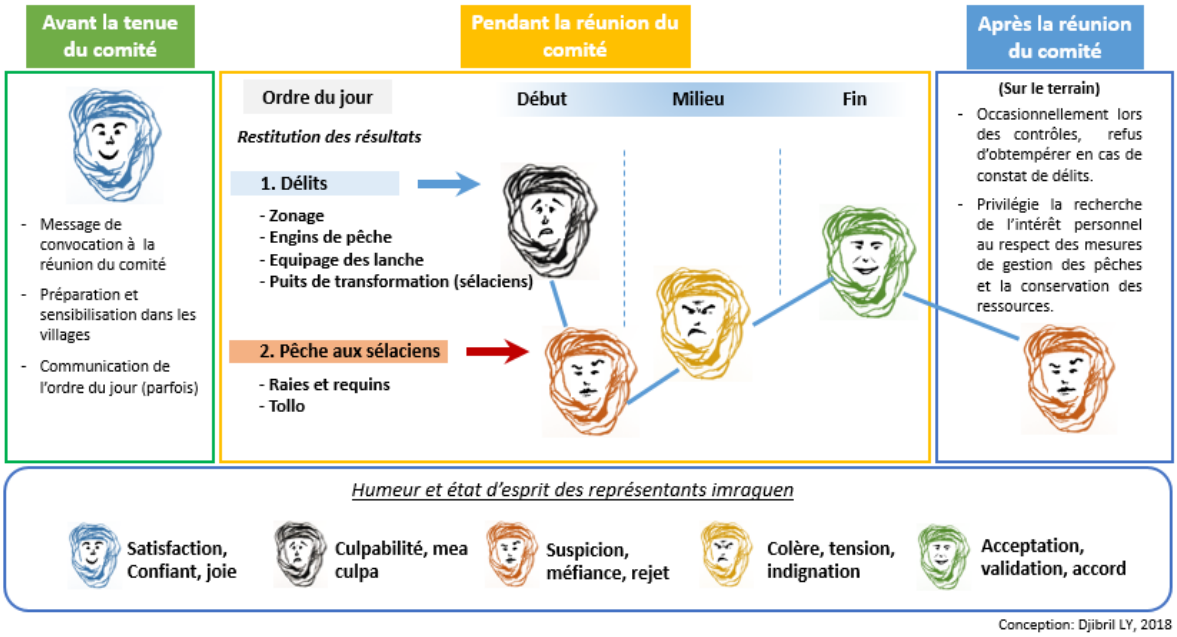


Figure 69 : Chronologie des indicateurs comportementaux des représentants Imraguen dans le comité de pêche.

Malgré l'atmosphère tendue et les invectives proférées durant les négociations, les deux parties finissent toujours par trouver un accord. Mais la réalité est cependant toute autre sur le parc. Un cadre du PNBA nous disait que les Imraguen sont à surveiller de près : « Dès qu'on tourne le dos, ils reviennent à leur habitude » (Chef de département opérationnel PNBA, membre du comité). A croire que les réunions du comité ne sont qu'une formalité pour les représentants Imraguen. Un des chefs de village tenait ces propos : « Nos discussions avec le PNBA n'aboutissent sur rien, ces rencontres ne sont que des moments de bavardage et de collation » (Chef de village de Teichott, octobre 2014). Les représentants du PNBA ont en

[40] On citera par exemple l'Association pour la Sauvegarde Sociale et la Promotion de la Culture Imraguen (ASSPCI) qui est une ONG créée en 1994 et dont les objectifs spécifiques sont entre autres : la promotion de « *la protection sociale et la vie décente pour tous les membres de la société et œuvrer pour leur progrès social, sanitaire et culturel, avec une attention particulière pour les couches les plus déshéritées* » ; la « *promotion des pratiques traditionnelles de la pêche artisanale chez les Imraguen et leur importance dans la protection de l'écosystème et la richesse halieutique ainsi que leur rôle dans la solidarité sociale* ».

revanche besoin de tenir ces réunions (bien qu'irrégulières) pour d'une part soigner leur image de bons gestionnaires ayant le souci de la gestion participative, et d'autre part, rappeler aux Imraguen qu'il y a des règles et qu'ils sont là pour les faire respecter. Ces divergences aboutissent aujourd'hui à une situation conflictuelle dans la mesure où les représentants du comité ont toujours accepté plus de règles sans pour autant être nécessairement d'accord. Cela a entrainé l'exaspération des gestionnaires qui finalement décident d'entériner certaines décisions sans l'avis du comité.

4.5.2. Prise de décision unilatérale par l'administration PNBA

Les messages de rappel au respect des engagements n'empêchent pas l'acharnement des pêcheurs Imraguen à cibler les sélaciens. En réponse aux insubordinations des pêcheurs, l'administration du parc décide de prendre une série de mesures draconiennes sans convoquer le comité de pêche. En effet, le Directeur du PNBA décide unilatéralement de créer en 2009 une brigade mobile conformément à la note de service N° 892 du 12-03-2009 (dont la diffusion fut restreinte uniquement aux agents de la brigade). Cette brigade a pour mission principale d'effectuer des patrouilles sur le littoral afin de contrôler quotidiennement les débarquements, le mareyage et suivre de très près l'activité des lanches en mer (engins, produits et composition des équipages).

Du 26-03 au 22-04-2009, la brigade entreprit des opérations de « ratissage » sur tout le territoire du parc, en mer comme à terre pour faire respecter la loi (parfois manu militari). Les résultats furent sans appel :

L'usage des puits de transformation[41] de sélaciens étant formellement interdit dans le cadre des engagements[42], une opération de destruction des puits (par ensablement) fut opérée par les agents du parc.

- 18 puits de transformation de sélaciens sont comblés à Ten-Alloul
- 13 puits à Iwik
- 4 puits à Tessot

Sur les 52 lanches contrôlées par la brigade sur la période indiquée, 14 avaient à leur bord un capitaine non-Imraguen. Les propriétaires d'embarcations ont été soumis aux sanctions prévues par la loi. Plusieurs lanches détenant à leur bord d'énormes quantités de raies et de requins juvéniles qui ont été également confisquées par la brigade.

---

[41] Il s'agit de fosses circulaires ou rectangulaires creusées à une profondeur de 50 cm de la surface du sol dans lesquelles les pêcheurs empilent des dizaines de raies et requins. Les transformateurs imbibent d'énormes quantités de sel dans la cavité abdominale des sélaciens puis ils recouvrent la fosse d'une épaisse bâche en plastique pour permettre la putréfaction des sélaciens au bout de deux semaines.

[42] Lors de la 6ème réunion du comité de pêche (15 août 2008), une décision est prise de « *détruire systématiquement tous les puits destinés à la transformation des sélaciens à l'exception d'un puits autorisé par village* ».

Les différentes opérations de la brigade mobile ont davantage cristallisé les tensions entre les pêcheurs Imraguen et l'administration du parc. Un extrait du compte rendu du coordinateur en chef de la brigade l'illustre.

> « *Il convient de noter dans ce cadre que (52) capitaines ont été recensés au cours de ces missions en mer et à terre. Il importe de souligner que les premiers jours ont été particulièrement difficiles dans la mesure où les populations étaient très nerveuses et des signes de révolte étaient perceptibles dans leur attitude face aux éléments de la brigade qui étaient déterminés à faire leur travail de contrôle. À titre d'illustration lors de notre passage à Ten-Alloul le 27-03-2009 afin de notifier aux propriétaires des puits qu'ils vont être ensablés à l'exception d'un seul puits, nous avons été menacés par une foule de personnes (de l'ordre de 35 hommes) qui huaient en nous menaçant de mort. La plupart des contestataires sont engagés dans la filière de transformation des sélaciens et pour eux la fermeture des puits est une question de vie ou de mort. Contrairement à l'attitude affichée par les gens de Ten-Alloul, le chef du village d'Iwik s'est montré très coopératif en ce qui concerne l'ensablement des puits et nous a même affirmé qu'il était prêt à nous donner de l'aide pour la destruction immédiate et inconditionnelle de ces trous* »[43]

Les contrôles effectués par la brigade mobile ont vraisemblablement produit l'effet dissuasif recherché dans la mesure où il y a eu une nette diminution des quantités débarquées de sélaciens par rapport à celles pendant la même période de l'année précédente (1500 tonnes de sélaciens débarquées en 2008 contre 850 tonnes en 2009). La destruction des puits affectait notamment l'économie de la filière de transformation des sélaciens.

L'expérimentation des missions de contrôle de la brigade, bien qu'ayant obtenu des résultats satisfaisants au regard des objectifs poursuivis, n'a malheureusement pas été pérennisée dans le temps. L'atelier de concertation d'Iwik de 2009 (tenu quelques mois après les opérations de ratissage de la brigade) a été l'occasion pour la population Imraguen de marquer son total désaccord face aux décisions impromptues et unilatérales de la direction du parc. Ce fut le début d'une nouvelle mésentente qui eut pour conséquence la poursuite de la pêche aux sélaciens. Les ateliers de concertation organisés en 2011 et 2012 respectivement à Mamghar et R'Gueiba ne changèrent rien à la situation.

4.6. 2014 à 2017 : la phase de reprise de confiance ou de remise en question

Après près de huit années de renégociations infructueuses, les deux parties (Administration PNBA et population Imraguen) décident d'institutionnaliser et de restructurer le fonctionnement du comité de pêche pour mieux relever les défis de la gestion participative. En 2014, le nom du « Comité villageois de suivi des pêches » est changé en « Comité villageois

[43] Extrait du compte rendu de mission de la brigade mobile du 26-03 au 22-04-2009 (Ahmedou Ould Hamadi, 2009).

de concertation et de cogestion » (CVCG). Le CVCG se veut une association dont *« l'objet est de veiller à la pleine participation de ses adhérents à la gestion et à la gouvernance du PNBA* ».

En effet, contrairement à l'approche participative qui prévalait dans l'ancien comité (restreignant uniquement la participation à deux représentants de chaque village), le CVCG se veut inclusif et adopte une toute autre vision en élargissant ses prérogatives. Seront créées au sein du CVCG deux commissions, dont l'une, réunit l'ensemble des acteurs de la filière pêche (mareyeurs, armateurs, femmes transformatrices et transformateurs de produits halieutiques, pêcheurs à la ligne, capitaines de lanche, marins pêcheurs) et l'autre réunissant les acteurs du territoire exerçant des activités de service (charpenterie et travaux de bois, éco-guides, éco-tourisme).

L'assemblée générale (AG) du CVCG se compose des membres suivants :

- Les chefs de village (9 au total)
- Un représentant de chaque catégorie socio-professionnelle (7 représentants)
- Des représentants de l'Administration du PNBA (3 à 4 cadres)
- Un représentant du Ministère des Pêches

La désignation d'un représentant de chaque catégorie socio-professionnelle dans le comité est perçu comme un impératif puisqu'il est censé prendre en considération les intérêts des différents acteurs de la pêche.

L'AG du CVCG se réunit 4 fois par an et est chargée de :

a) *Amender et approuver les plans de travail des commissions ainsi que les contrats de programme de cogestion relatifs à la gestion de Ressources naturelles (RN) du parc ;*
b) *Valider toutes les nouvelles propositions liées à la cogestion des ressources naturelles du parc notamment, en termes de zonage, d'aménagement et d'exploitation ;*
c) *Valider les nouvelles propositions en contrats programmes de gestion des RN formulées par les commissions spécialisées ainsi que les modes sanctions en cas de non-respect des engagements et les procédures d'application de ces sanctions ;*
d) *Mandater les diverses commissions à vulgariser, suivre et faire respecter les engagements des ateliers de concertation ;*
e) *Valider les fiches de suivi des activités et les indicateurs de respect des engagements ;*
f) *Mandater les diverses commissions afin d'assurer la compréhension et la vulgarisation des textes légaux, des réglementations et des sanctions applicables au PNBA en collaboration avec l'administration du parc compétente territorialement notamment, les chefs du Département Opérationnel chacun dans son secteur d'activités ;*
g) *Arbitrer en cas de non accord pour l'application d'une sanction ;*
h) *Organiser et animer des réunions périodiques dans les villages du parc sur des thèmes phares en collaboration avec les commissions concernées ;*
i) *Faciliter la médiation entre l'administration du parc et toutes les parties prenantes au PNBA et être un vrai acteur et partenaire de cogestion locale*[44]*;*

[44] Article 8 du règlement intérieur du CVCG

De 2014 (date de création du CVCG) à 2017 (dernier atelier de concertation), nous notons que les membres du comité n'ont tenu que 3 réunions sur les 12 prévues sur cette période. La dernière réunion du comité (datant le 21 janvier 2017) était organisée en prélude aux préparatifs du 13ème atelier de concertation organisé les 28 et 29 janvier de la même année.

5. Conclusion

L'historique de la concertation au PNBA, telle que nous l'avons traité sous l'angle social traduit toute la complexité de la gestion d'une ressource aux enjeux multiples.

A la question de savoir quels enseignements peut-on tirer de l'expérience du PNBA en matière de régulation des activités halieutiques au cours des vingt dernières années ? Les réponses sont à deux niveaux :

- D'abord, durant la période 1999 à 2006 où l'on enregistre une adhésion progressive des Imraguen aux règles d'aménagement des pêches puis leur prise de conscience de l'intérêt biologique de conserver les sélaciens. La signature d'un moratoire en 2003 fut sans doute la décision la plus importante et la plus symbolique que le PNBA et ses partenaires ont pu obtenir des Imraguen. Il est vrai que sans les contreparties financières et les nombreux projets de développement local en leur faveur, il serait difficile, voire impossible de prévoir un tel scénario d'acceptation sociale des règles de gestion des pêches.
- A partir de 2006 à aujourd'hui, la concertation a pris une tournure inattendue. La création d'un comité de suivi des pêches, une instance de décision sensée établir des règles de gestion durable des pêches en commun accord avec les gestionnaires du PNBA et d'en faciliter leur respect sur le terrain s'est avérée, contre toute attente, incapable d'infléchir la pêche ciblée des sélaciens. Les ateliers de concertation qui se sont succédés entre 2006 à 2017 n'ont pas réussi, eux aussi, à rétablir les tendances des prises de sélaciens d'avant 2006.

Il serait légitime à ce stade de se demander est-ce le début du déclin des sélaciens consécutivement à l'échec des négociations entre Imraguen et gestionnaire du PNBA ? Difficile de répondre à l'affirmatif et toute interprétation allant dans ce sens est à prendre avec précaution. En effet, la courbe d'évolution des captures de sélaciens (bien qu'en chute continue depuis 2012) ne suffit pas à elle seule à incriminer les pêcheurs Imraguen. Autant nous pouvons interpréter cette baisse de capture par un changement de stratégie de pêche (plus responsable), consécutive aux engagements pris lors du 12ème atelier de concertation. Autant il serait légitime d'attribuer cette baisse à l'efficacité du dispositif de surveillance maritime du PNBA qui traque sans relâche les pêcheurs braconniers. C'est donc autant de critères qui rendent l'acceptation sociale difficilement mesurable. Thomassin (2011) parlait d'une « *construction sociale instable, qui varie dans le temps et selon l'échelle considérée. Ce qui n'était pas accepté il y a 10 ans peut l'être aujourd'hui* ». L'inverse est aussi vrai.

CHAPITRE 5 : ÉVALUATION DE LA VALEUR ECONOMIQUE DU TOURISME AU PNBA

Cissé Cheickh Boide, Cindy Cornet, Ewan Trégarot et Pierre Failler

1. INTRODUCTION

Jusqu'à la construction de la route Nouadhibou-Nouakchott en 2004, le tourisme dans le PNBA revêtait plusieurs formes. C'était d'abord un tourisme de passage puisque le Parc constituait le point de passage obligé de tout voyageur venant du nord et désirant poursuivre son chemin vers le sud. Ensuite un tourisme de courte durée où les participants à des séjours organisés depuis Attar et les expatriés venaient passer quelques nuits dans les campements érigés en bordure d'océan. Également un tourisme de spécialistes, celui des ornithologues et des pêcheurs à pied qui tiraient parti de la diversité et de l'abondance des ressources aviaires et halieutiques. Le chainon manquant de la liaison routière Tanger-Dakar en place, le profil touristique s'est profondément modifié puisque celui de passage a quasiment disparu, engendrant, avec la fin du transit par le Parc, la fin d'une économie de halte « routière ». Les incidents de 2007 marquent un nouveau tournant pour le tourisme du PNBA puisque le tourisme de séjour va se tarir, notamment en raison de la suspension de vols vers Attar depuis l'étranger pendant 10 ans tandis que les expatriés s'aventurent plus sporadiquement dans les Parc jusque dans les années 2012.

L'objectif de ce chapitre est de présenter d'une part une estimation de la valeur ajoutée générée par le tourisme dans le Parc, d'autre part, un certain nombre de recommandations afin d'assoir le développement touristique de manière pérenne. Son calcul s'appuie sur l'estimation de recettes faite par Cissé Cheickh Boide en 2018 à partir des informations remontant à 2012, date de la fin de la tenue du registre des entrées dans le Parc et sur le travail d'investigation réalisé dans les villages du Parc en avril 2018 et auprès des promoteurs touristiques de Nouakchott et ceux basés en Europe.

Le chapitre est structuré en cinq parties. Dans la première partie sont exposées les caractéristiques du tourisme dans le Parc en dressant son évolution, le profil des touristes aujourd'hui et les circuits organisés en 2017/2018. Dans une deuxième partie sont présentés les engagements et l'investissement du PNBA vis-à-vis du tourisme et dans une troisième l'estimation de la valeur ajoutée générée par l'activité touristique dans le Parc depuis 2005. Dans une quatrième partie, sont esquissés les impacts du tourisme sur le Parc ainsi qu'un certain nombre d'éléments de questionnement et de recommandations. Une conclusion reprend les principaux éléments du chapitre.

2. CARACTERISTIQUES DU TOURISME DANS LE PNBA

2.1. Evolution du tourisme ces dernières années

Bien que la Mauritanie ne soit pas une destination touristique par excellence, le secteur du tourisme compte parmi les caractéristiques stratégiques les plus en vue pour le développement économique et social du pays. C'est ainsi que début 2017, une nouvelle

stratégie nationale du développement touristique a été mise en place. Ainsi, certaines actions telles que la facilitation du processus de visas d'entrée dans le pays ou la reprise des vols charters entre Paris et Atar en décembre 2017, ont déjà été entreprises.

Dans ce contexte, le Parc National du Banc d'Arguin (PNBA) représente une marque mondialement connue et constitue un milieu exceptionnel tant au niveau des paysages qu'au niveau de la biodiversité. Créé en 1976, le PNBA a été classé zone RAMSAR en 1982 et inscrit au Patrimoine Mondial de l'UNESCO en 1989. Plus grande aire marine protégée de l'Afrique de l'Ouest, le Parc présente un potentiel touristique, et plus particulièrement un potentiel écotouristique fort de par la richesse et la diversité de ses paysages et de sa faune, et de par le patrimoine culturel des populations Imraguen.

C'est ainsi que depuis les années 90, le PNBA a opté pour le développement d'une activité écotouristique spécialisée, bénéficiant directement à la conservation et aux populations résidentes, et orientée vers la recherche scientifique et le développement communautaire. Après plusieurs années de réflexion et de planification, et porté par l'ouverture de la ligne charter Paris - Atar en 1996, le Parc a enfin ouvert ses portes au public en octobre 2001. Malheureusement, cette volonté ferme de développement de l'écotourisme s'est rapidement confrontée à diverses contraintes. En effet, la construction de la nouvelle route goudronnée entre Nouakchott et Nouadhibou, achevée en 2006, a impacté le tourisme "de passage" dans les villages. Mais plus important encore, le classement d'une grande partie du pays en zone fortement déconseillée aux ressortissants français par France Diplomatie, suite aux divers événements en lien avec le terrorisme, survenus dans le pays entre 2007 et 2011 (assassinats, enlèvements, attentats et tentatives d'attentats, etc.), a grandement ralentit la fréquentation touristique dans le pays.

Face à la forte diminution du nombre de visiteurs qui en a résulté, le PNBA s'est efforcé de projeter à l'international l'image d'un Parc écologiquement protégé et d'une exceptionnelle biodiversité, tout en garantissant que le pays a beaucoup investit pour sa sécurité. Malgré cela, avec près de 20 ans d'expérience écotouristique au PNBA et les aléas d'une situation conjoncturelle particulière, les résultats demeurent en deçà des espérances :

- la commercialisation des circuits touristiques du PNBA reste essentiellement liée à l'image touristique saharienne dans les pays émetteurs et aux stratégies commerciales des tours opérateurs étrangers.

- l'analyse fait ressortir l'existence d'une activité touristique peu diversifiée, organisée essentiellement autour de deux villages. Ainsi, l'espace touristique d'Iwik est axé sur un produit alliant ornithologie et balade en lanche tandis que l'espace d'Arkeiss est axé sur un produit alliant excursions, détente, pêche sportive et randonnées côtières.

- malgré leur organisation en associations et leur implication directe par le PNBA dans les actions de développement et de protection, les communautés locales demeurent parmi les populations les plus vulnérables. Elles cumulent des difficultés socio-économiques en matière d'éducation, de santé, d'accès à l'eau, d'emploi et de revenu. Les Imraguen vivent une dépendance historique au secteur de la pêche et éprouvent des difficultés à s'inscrire dans le créneau écotouristique.

A cela s'ajoute le contexte structurel morose de l'activité écotouristique actuelle, dû en partie à l'absence d'une vision claire et consensuelle sur les axes de développement à privilégier, le manque de surveillance et de gouvernance et l'absence d'un suivi statistique de la fréquentation et des recettes touristiques. De plus, la faiblesse de la culture touristique chez les populations locales et la pauvreté des prestations et services proposés, n'ont pas manqué d'influencer l'image touristique du PNBA, l'affluence des visites dans l'ensemble du Parc et la qualité de l'accueil et des services touristiques. Mais malgré cela, les responsables du PNBA et les administrations concernées continuent de croire que « l'écotourisme fait partie des projets structurants du PNBA et s'inscrit donc dans une dynamique économique globale ».

L'objectif de cette étude est de faire le bilan de l'activité touristique au PNBA et identifier les points forts et les points faibles de cette activité afin d'établir des recommandations pratiques en vue de l'amélioration de cette activité à fort potentiel de conservation et de développement pour les populations Imraguen.

2.2. Profils des touristes

Au sein du PNBA, deux formes de tourismes se distinguent, le tourisme d'intérieur et le tourisme international. Le tourisme d'intérieur se compose de résidents nationaux et d'expatriés résidents (principalement d'origine libanaise ou maghrébine, ~ 2 000 personnes). Ils se rendent dans le Parc pour le week-end ou pour leurs vacances d'été pour pratiquer la pêche sportive, faire des sorties en lanche, faire des cures de poissons, et surtout se détendre et se reposer loin des grandes villes. Ce sont des visiteurs réguliers et fidèles à leur destination favorite.

Le tourisme international est quant à lui plus divers. S'y retrouve principalement les touristes qui viennent en groupe via des tours opérateurs. Originaires de l'Europe de l'Ouest pour une vaste majorité, ils recherchent avant tout le calme et le dépaysement avec une touche d'aventure et font des séjours de courte à moyenne durée (8 à 15 jours), le PNBA étant souvent une étape dans leur circuit. Des individuels, surtout des retraités, traversent également le pays en camping-car. Il s'agit d'un tourisme de découverte et d'itinérance de courte durée. Le tourisme international englobe aussi un tourisme plus professionnel avec le tourisme d'affaire d'une part, et d'autre part un tourisme composé de scientifiques, de naturalistes, d'ornithologistes, de sociologues, d'écrivains, de photographes etc. Le premier groupe se caractérise par des week-ends de détente et d'exploration en marge des affaires, alors que le deuxième, plus rare mais à encourager, se caractérise par des séjours répétitifs plus ou moins longs et un fort potentiel en termes de communication autour de la destination. Un tourisme de niche, composé principalement de riches visiteurs venus d'Asie et d'Europe est également présent. Ces visiteurs sont prêts à faire de grosses dépenses et à s'investir auprès des populations mais attendent en retour un produit unique et d'exception avec des sensations spectaculaires. Enfin, certaines compétitions sportives telles que les raids et les rallyes prévoient également des excursions de courte durée dans le PNBA en marge de l'événement.

2.3. Circuits touristiques incluant le PNBA, proposés en 2017-2018

L'examen de l'état des lieux des circuits touristiques vendus et des données sur les fréquentations touristiques fait apparaître que le tourisme de circuits peut être considéré comme le produit principal de l'offre touristique internationale au PNBA. La commercialisation touristique du PNBA est liée essentiellement à l'image touristique saharienne dans les pays émetteurs et aux stratégies commerciales des tours opérateurs étrangers. Le produit "désert de Mauritanie" est ainsi un complément au produit saharien où le passage dans le PNBA s'inscrit sous forme d'étape dans les circuits vendus ce qui est à l'origine de la faible durée de séjour dans le Parc.

En général les voyagistes étrangers organisent ces séjours complets sous forme de circuits en étapes dans les différents villages du Parc. Le voyage est programmé directement à partir de Paris par vol charter et à destination de Atar. Le prix moyen proposé par le voyagiste se situe, selon les périodes, à partir de 1 225 €. Le circuit se déroule en véhicule 4x4 pour un groupe minimum de 2 personnes, accompagnées par un guide local parlant français. Selon le tour opérateur, le voyage est organisé, habituellement, pour une durée de huit jours, dont cinq jours sont programmés pour le circuit PNBA.

De plus, l'activité des circuits touristiques au PNBA reste très limitée et consiste à observer les oiseaux dans les îles, faire des promenades en lanche à voile, faire de la pêche sportive et admirer les paysages. L'analyse fait ressortir l'existence d'une activité touristique peu diversifiée, organisée essentiellement autour de deux villages : Iwik et Arkeiss (cf Contexte). Toutefois, les autres villages du PNBA attirent des touristes étrangers pour la transformation des produits de la pêche, le chantier naval de R'Gueiba, la visite de Mamghar et l'île d'Agadir…

A travers les exemples de voyage combinés PNBA/Adrar, il est à constater que la gamme de circuits proposés est caractérisée par une répétitivité qui, à terme, risque de faire perdre à ce produit son attrait et son originalité (Tableau 38). Il serait donc indispensable de réfléchir à une approche de mise en place de circuits qui tiennent compte de toutes les potentialités et richesses du patrimoine maritime et ornithologique et de leur combinaison, et d'adjoindre à ces circuits une dimension déserte et trekking.

Tableau 38 : Circuits touristiques incluant le PNBA proposés par les tours opérateurs français en 2017-2018.

Tour opérateur	Nom du circuit	Durée	Mode de transport	Description	Vols	Prix TTC
La Balaguère	Banc d'Arguin, entre Sahara et Atlantique	8 jours	4x4	Atar - Cap Tafarit - Iwik - Tessot - Teichot - R'Gueiba - Baie St Jean - Cap Timiris - Mheijrat - Tiwilit - Atar. Sortie en lanche et randonnées pédestres.	Charter Paris-Atar	1 225 €
Vision du Monde	Désert Océan	8 jours	4x4	Découverte d'un des plus vastes parcs ornithologiques de l'Afrique de l'Ouest où vivent depuis des siècles les pêcheurs Imragen.	Charter Paris-Atar	1 295 €
Zig Zag Randonnées	Adrar et Banc d'Arguin	8 jours	4x4	Circuit combiné avec découverte du Banc d'Arguin, rencontre avec les pêcheurs Imraguen et randonnée chamelière dans l'erg d'Ouarane.	Charter Paris-Atar	1 090 €

Tour opérateur	Nom du circuit	Durée	Mode de transport	Description	Vols	Prix TTC
	Adrar et Banc d'Arguin	10 jours	4x4	Nouakchott - PNBA : village des pêcheurs Imraguen d'Iwik, balade en lanche, visite des villages Imraguen et des chantiers de construction des embarcations de pêche par la piste de la plage, pique-nique vers Cap Tifirit - Adrar - Nouakchott.	Paris-Nouakchott via Air France ou Royal Air Maroc	1 450 €
Mauritanie Aventure	La Mauritanie Aventure	7 jours	Camion taxi brousse et camping-car	Baie de l'étoile, Arkeiss et Iwik. Sortie en lanche.	-	710 €
Nomade Aventure	De l'Adrar à l'Atlantique	15 jours	4x4	A partir de Ben Amira, imposant monolithe de l'Adrar, traverser les grands espaces sahariens jusqu'à l'Atlantique et découvrir la biodiversité du Banc d'Arguin. Sortie en lanche.	Charter Paris-Atar	1 999 €
	Du Sahara au Banc d'Arguin	8 jours	4x4	Découverte du site exceptionnel du PNBA, né de la rencontre du Sahara et de l'océan. Observations ornithologiques, randonnées pédestres et baignades, sortie en lanche, etc.	Charter Paris-Atar	1 199 €

Parallèlement à nos enquêtes de terrain auprès des tours opérateurs étrangers, nous avons analysés l'image touristique véhiculée par des tours opérateurs français à travers leurs brochures publicitaires, ainsi que les types de formules de séjours proposées pour la destination Mauritanie. Notre base de travail est composée de 20 brochures des principaux tours opérateurs et concernent les années 2007 à 2008 et l'année 2017. D'après les résultats obtenus, le PNBA est le deuxième produit le plus représenté par les tours opérateurs. Il arrive derrière le produit saharien qui représente l'image touristique majeure du tourisme mauritanien. Sur l'ensemble des photos analysées, 70% traitent des thèmes à vocation saharienne contre 22% pour le produit PNBA et 8% pour le produit culturel. De même, pour la destination "Désert Mauritanien", les circuits touristiques et les randonnées représentent le thème le plus abordé par les voyagistes français (près de 70% des photos) ; ce qui confirme les formes des pratiques touristiques qui motive la clientèle touristique internationale au PNBA.

3. Engagement du PNBA vis-a-vis du tourisme

Situé le long du littoral mauritanien sur plus de 180 km, le PNBA couvre une superficie de 12 000 km^2 composée à parts presque égales de zones maritimes et terrestres. Les activités écotouristiques y sont encadrées par la « Stratégie pour le développement de l'écotourisme dans le Parc National du Banc d'Arguin » et par le Plan d'Aménagement et de Gestion (PAG). Ce dernier permet de planifier les ressources humaines, techniques et financières nécessaires afin de juguler les pressions sur la biodiversité et/ou d'amplifier les atouts et facteurs de résilience sur les ressources naturelles du Parc. Ainsi la gestion du Parc s'articule autour de trois axes stratégiques d'intervention selon un modèle participatif :

- Contrôler, suivre et renforcer les connaissances sur les écosystèmes, à travers la coordination des recherches scientifiques, de la surveillance et de l'application des mesures de conservation.
- Contribuer au développement de la population résidente.
- Gouverner pour mieux conserver.

Afin de préserver les écosystèmes et de participer au développement des populations résidentes, le PNBA a mis en place des partenariats nationaux et internationaux. Ainsi, les ressources du PNBA proviennent essentiellement :

- des recettes propres dont 34% des Produits d'Amendes et de Transactions sont versés sur un compte au Trésor intitulé « Amendes Pêches » et le droit d'entrée qui est de 120 MRU par nuitée et par personne ;
- des subventions d'Etat en nette augmentation ;
- de la subvention d'Etat issue de l'Accord de Pêche entre l'Union Européenne et la Mauritanie ;
- Du Fonds Fiduciaire du Banc d'Arguin et de la Biodiversité Côtière et Marine (BACoMaB) pour financer durablement le Parc National du Banc d'Arguin et d'autres aires marines protégées en Mauritanie. Le BACoMaB est principalement un fonds de dotation, dont les capitaux sont investis à perpétuité sur les marchés financiers. Seuls les intérêts sont utilisés pour financer des activités de gestion et de conservation de la biodiversité des sites bénéficiaires, ce qui garantit la pérennité de l'outil ;
- des bailleurs bilatéraux, multilatéraux et privés : la Coopération Financière Allemande (KFW), la Coopération Espagnole, France Coopération, l'Agence Française de Développement (AFD), le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM), la Fondation Suisse MAVA, le Fond Mondial pour la Nature (WWF), Global Environment Facility (GEF) ou l'Union Européenne (UE)…

Pour la mise en œuvre des activités inscrites dans son plan de gestion (2014-2019), le budget du PNBA se décompose comme suit :

- l'Etat Mauritanien participe à hauteur de 24 000 000 MRU pour la prise en charge des dépenses de fonctionnement (en particulier des salaires du personnel) et de 36 000 000 MRU pour les dépenses d'investissement ;
- le Fonds Fiduciaire du BACoMaB participe environ à hauteur de 250 000 euros par an soit environ 10 100 000 MRU (en 2018) ;
- les recettes touristiques, très rudimentaires, représentent environ 150 000 MRU par an ;
- la part des amendes issues des infractions maritimes peut être estimée à 300 000 MRU par an.

A noter que les recettes propres (taxes, droits d'entrée et recettes touristiques) sont faibles.

4. VALEUR AJOUTEE GENEREE PAR LES ACTIVITES TOURISTIQUES

Les données statistiques disponibles sur le tourisme dans le PNBA résultent des données fragmentaires fournies par celui-ci et ne permettent pas d'avoir une idée précise de la fréquentation touristique, que ce soit du tourisme organisé pour les étrangers ou du tourisme pour les Mauritaniens. Qui plus est, le PNBA affirme qu'il n'y a plus de suivi statistique régulier depuis 2012.

Il en résulte que l'évolution de l'activité écotouristique au PNBA est très mal connue, aussi bien globalement que par catégorie de touristes, de Tours Opérateurs et d'agences réceptives. Cette situation rend très aléatoire l'appréciation de la réalité touristique actuelle, ce qui constitue un sérieux handicap pour l'établissement d'un véritable plan d'action opérationnel de développement écotouristique à long terme.

Tableau 39 : Visiteurs enregistrés aux postes du PNBA (2005-2013).

Campagnes	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
Mamghar	500	450	474	753	344	641	451	759
Iwik	0	0	109	509	303	149	0	0
Nouakchott *	431	373	72	87	0	0	0	0
Chami *	0	0	0	0	23	0	42	438
Nouadhibou	129	76	69	111	0	0	0	0
Teichott	0	0	20	102	0	0	0	0
R'Geiba	0	0	0	0	15	0	0	6
Total	1 060	899	744	1 562	685	790	493	1 203

* Le poste de Nouakchott a été fermé en 2009 et remplacé par celui de Chami.

Tableau 40 : Visiteurs ayant fréquentés les campements du PNBA (2005-2018).

Campagnes	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2017-2018	Total
Arkeiss - communautaire	0	2578	1525	0	0	791	1030	1234	500	7658
Iwik - privé	0	688	1034	574	295	540	229	31	600	3991
Mamghar	244	180	144	283	76	78	459	0	450	1914
Iwik - communautaire	174	547	381	0	104	44	48	36	150	1484
Arkeiss-Tagarit	0	0	0	120	421	0	242	0	70	853
Tessot	273	218	69	71	45	32	6	29	5	748
Teichott	0	0	36	24	28	3	125	13	5	234
R'Geiba	0	0	51	15	34	20	4	9	10	143
Ten-Alloul	0	0	24	14	20	0	0	0	0	58
Agadir	-	-	-	-	-	3	-	-	10	13
Total	**691**	**4211**	**3264**	**1101**	**1023**	**1511**	**2143**	**1352**	**1800**	17096

Tableau 41 : Nombre de sorties en lanche (2005-2008).

Campagnes	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2017-2018
Iwik	444	218	61	98	0	42	200	60	80
Tessot	35	0	15	0	0	2	0	5	5
R'Geiba	0	10	10	2	0	0	0	0	5
Teichott	0	0	2	14	0	0	0	0	5
Agadir	0	0	4	0	0	0	0	0	10
Total	479	228	92	114	0	44	200	65	105

Parmi les postes du PNBA, Mamghar est celui qui enregistre le plus de visiteurs entre 2005 et 2018. Parmi les camps de séjours, celui communautaire d'Arkeiss est celui recense le plus de grand nombre de visiteurs pendant cette période (Tableaux 39 et 40). Le plus grand nombre de sorties en lanche est quant à lui enregistré à Iwik sur la même période (Tableau 41). Les effets du classement d'une grande partie du pays en zone fortement déconseillée aux ressortissants français par France Diplomatie à partir de 2007 est illustré par la diminution drastique du nombre de visiteurs dans les campements à partir de 2008 (Tableau 40). Par ailleurs, bien que le camp d'Arkeiss enregistre le plus de visiteurs, c'est Iwik qui rapporte le plus de recettes touristiques entre ses 2 camps et les sorties en lanche au cours de la campagne 2017-2018.

Tableau 42 : Focus sur la campagne 2017-2018.

Campements	Nombre de visiteurs	Nombre de nuitées en petite tente	Nombre de nuitées en tente moyenne	Nombre de nuitées en grande tente	Nombre de repas	Nombre de sorties en lanche
Arkeiss - communautaire	500	60	160	20	250	-
Iwik - privé	600	80	13	15	300	80
Iwik - communautaire	150	40	5	-	100	
Mamghar	450	-	-	-	-	-
Arkeiss-Tagarit	70	50	20	-	50	-
Tessot	5	5	-	-	-	5
Teichott	5	10	-	-	-	5
R'Gueiba	10	20	-	-	10	5
Ten-Alloul	0	-	-	-	-	-
Agadir	10	-	-	-	10	10
Total	**1800**	**265**	**198**	**35**	**720**	**105**

Tableau 43 : Estimation des recettes touristiques de la campagne 2017-2018 (MRU).

Campements	Nombre de nuitées en petite tente	Nombre de nuitées en tente moyenne	Nombre de nuitées en grande tente	Nombre de repas	Nombre de sorties en lanche	Total
Arkeiss - communautaire	30000	160000	30000	125000	0	345000
Iwik - privé	40000	13000	22500	150000	400000	625500
Iwik - communautaire	20000	5000	0	50000		75000
Mamghar	0	0	0	0	0	0
Arkeiss-Tagarit	25000	20000	0	25000	0	70000
Tessot	2500	0	0	0	25000	27500
Teichott	5000	0	0	0	25000	30000
R'Gueiba	10000	0	0	5000	25000	40000
Ten-Alloul	0	0	0	0	0	0
Agadir	0	0	0	5000	50000	55000
Total recette	132500	198000	52500	360000	525000	1268000
Ratio de valeur ajoutée	70%	70%	70%	55%	65%	-
Valeur ajoutée	92750	138600	36750	198000	341250	807350

Petite tente : 500 MRU/nuitée ; Tente moyenne : 1000 MRU/nuitée ; Grande tente : 1 500 MRU/nuitée. Le prix des repas est d'environ 500 MRU. Sortie en lanche : 5 000 MRU incluant le guide. Les prix indiqués ici sont ceux constatés sur le terrain, la tarification fixée par le PNBA pour les nuitées et les sorties en lanche n'étant pas nécessairement suivis. Ratio de valeur ajoutée estimé par catégorie de prestation après entretien auprès des fournisseurs de services.

Au total, la valeur ajoutée générée par les activités touristiques s'élève ainsi à quelque 800 000 MRU pour la saison 2017-2018. Ce chiffre semble exprimer un regain de l'activité touristique depuis 2012 où le chiffre d'affaire était d'environ 750 000 MRU pour une valeur ajoutée de quelque 550 000 MRU. Il est également le résultat d'une importante hausse des prix au cours des 5 dernières années, notamment lors du passage à la nouvelle monnaie en début d'année 2018.

5. Impacts du tourisme et elements de questionnement

5.1. Impacts

En l'absence de données récentes il n'a pas été possible de quantifier l'apport réel du tourisme dans l'économie du Parc, sa contribution réelle à la protection de l'environnement et ses effets sur le développement de la population résidente. A défaut, une synthèse qualitative basée sur les informations collectées est présentée dans le Tableau 44. Elle présente les impacts positifs et négatifs de l'activité écotouristique réalisée jusqu'ici au PNBA, selon les catégories économiques, socio-culturelles et environnementales.

Toutefois, le fait que la plupart des initiatives d'écotourisme développées jusqu'ici soient réalisés à petite échelle signifie que leur impact sur la sauvegarde de l'environnement comme sur les conditions de vie de la communauté résidente dans l'ensemble est limité.

Tableau 44 : Les impacts du tourisme au PNBA.

	Impacts positifs	Impacts négatifs
Économiques	- Recettes tirées de l'activité touristique non négligeables et profitent directement aux populations locales (sorties en lanche, campements, restauration et artisanat)	- Les consommateurs ne sont pas satisfaits des services offerts, les produits locaux sont vendus aux touristes à des prix supérieurs à l'habituel. - Le prix de certains produits de base peut presque doubler pour les populations résidentes.
Socio-culturels	- Les activités d'écotourisme sont largement acceptées par la population locale. Elle est consciente des perspectives, et engagée et intéressée à recevoir les visiteurs. - Les communautés résidentes sont ainsi impliquées à travers des structures de prise de décisions. - Les femmes Imraguen ont le monopole des services dans les campements communautaires. - Meilleure connaissance par les résidents locaux de l'interprétation du patrimoine culturel du bien et souci de sa conservation.	- La culture Imraguen est aujourd'hui menacée par l'impact de la modernisation. - L'institutionnalisation de l'exclusivité de l'accès aux ressources et la mise en place du système de cogestion a renforcé l'identité Imraguen emmenant de nouveaux arrivistes motivés essentiellement par l'aide internationale. - D'une manière générale, l'aide a favorisé la dépendance et l'assistanat. - La proportion des visiteurs à Arkeiss est supérieure à la population locale. - Début de recrutement de personnes extérieures au Parc.
Environnementaux	- Meilleure connaissance par les résidents locaux de l'interprétation du patrimoine naturel du bien et souci de sa conservation.	- Sur-fréquentation le week-end et surpêche touristique. - Risque de disparition des dunes littorales suite au passage non organisé des véhicules 4x4 et pollution sonore pour l'avifaune. - Conséquences négatives sur l'environnement (dégradations réelles de la végétation et de la qualité des sols, consommation en abondance de l'eau douce, etc.). - Problèmes de gestion des déchets surtout des visiteurs nationaux et de pêcheurs.

5.2. Les points forts et les points faibles du tourisme dans le PNBA

Le PNBA possède un grand nombre d'atouts pour le développement de l'écotourisme, cependant il possède également un grand nombre de faiblesses qui font l'unanimité et qui sont un frein à ce développement.

Parmi les points forts du PNBA, vient en premier son patrimoine naturel exceptionnel entre terre et mer. En effet, le Parc bénéficie d'une grande renommée internationale pour la biodiversité en oiseaux, poissons, requins, mammifères marins, et pour la richesse des habitats côtiers marins (herbiers sous-marins, marais salés, vasières, mangroves, etc.). De plus, le contraste entre le domaine maritime et le domaine terrestre, avec ses dunes, ergs et regs, offre des paysages d'une grande beauté rajoutant à l'intérêt du Parc.

La richesse du patrimoine culturel et historique du Parc est également à souligner. Côté désert, des populations nomades ont une forte tradition du pastoralisme alors que côté littoral, les populations Imraguen ont des traditions étroitement liées à la mer. Ces dernières sont d'ailleurs particulièrement réputées pour leurs techniques de pêche traditionnelle (à pied ou en lanche) et pour leurs techniques de transformations des produits de la mer (poutargue, tichtar, lekhle, etc.), ainsi que pour leur identité culturelle forte et leur mode de vie en symbiose avec le milieu naturel conciliant impératifs de la conservation et nécessité de l'exploitation. A cela s'ajoute la présence de site néolithiques et de site d'histoire plus récente dans le Parc (fort d'Arguin, naufrage de la Méduse, etc.).

Le Parc présente ainsi un environnement préservé, aussi bien sur le plan naturel que sur le plan culturel, par une faible population locale et une faible fréquentation touristique en comparaison avec d'autres sites présentant les mêmes types d'attraits. Le Parc est ainsi un sujet d'étude idéal pour la recherche scientifique et un bel outil pédagogique. Il présente de même une grande diversité d'activités liées à la nature (bird-watching, pêche sportive, randonnée, balades en lanche, baignade, découverte de la culture et de l'histoire locale, repos, etc.). A ces atouts, s'ajoutent la volonté et l'implication aussi bien des autorités que des populations locales pour le développement de l'écotourisme, les compétences et la connaissance du milieu des guides et des agents du PNBA, une saisonnalité qui permet diverses formes de tourisme tout au long de l'année, et enfin la proximité d'infrastructures de transports et d'accueil (aéroports de Nouakchott, Nouadhibou et Atar, nouvelle route, palais des congrès de Nouakchott, développement du réseau électrique et de la couverture du réseau de téléphonie mobile, etc.).

Et pourtant, malgré tous ses atouts, le PNBA peine à faire décoller l'écotourisme dans son enceinte. Les faiblesses qui sont régulièrement relevées et qui font l'unanimité sont principalement d'ordre structurelle et fonctionnelle. En effet, la faible qualité des structures et des prestations d'accueil (entretien, hygiène, etc.) ainsi que la pauvreté de l'offre des produits touristiques (activités "contemplatives", inadéquation entre l'artisanat proposé et les attentes des visiteurs, etc.) sont des points faibles très souvent cités par les touristes, les tours opérateurs et relevés dans les rapports. De plus, il y a semble-t-il un manque de moyens humains et financiers dont découlent une insuffisance de l'encadrement et du suivi des populations locales pour développer l'activité, de l'accès au Parc mal encadré avec un faible recours aux guides et de l'absence de supports informatifs (dépliants, livres, cartes, guides, signalétique, etc.). Enfin, la collecte des données touristiques fragmentaire et anarchique s'est soldée par un arrêt complet du suivi statistique depuis 2012 (mauvaise, voir absence de tenue des registres, non-respect de la tarification en vigueur, etc.).

A ces faiblesses structurelles et fonctionnelles s'ajoutent des faiblesses "humaines". En effet, il a été noté par les différents acteurs l'absence d'une culture du tourisme dans les populations Imraguen malgré leur volonté à développer cette activité dont ils comprennent bien l'intérêt qu'elle peut avoir pour eux. Avec la qualité médiocre des structures d'accueil, le décalage entre le mythe et la réalité du produit "PNBA/Imraguen" est ainsi souligné par les touristes. De plus, l'absence de concertation et de vision claire des différents acteurs impliqués dans l'écotourisme au PNBA (gouvernement, PNBA, tours opérateurs, etc.) a ralenti la mise en place d'actions concrètes et efficaces en vue du développement de ce dernier.

Enfin, bien que la réputation du PNBA soit mondiale, elle ne l'est qu'auprès d'un public d'experts et de spécialistes et non pas auprès du grand public du fait d'une quasi-absence de communication autour de la destination. Face à la concurrence dans la sous-région et les tarifs élevés de l'accès aérien, cette absence de publicité à l'étranger est une contrainte d'autant plus importante à laquelle il sera important de remédier.

6. Conclusion

Le PNBA, avec les villes anciennes de l'Adrar, constitue l'un des principaux lieux d'attraction touristiques de la Mauritanie. Le retour en 2017 à une situation sécuritaire plus normale et la réouverture de la ligne aérienne vers Attar a permis une recrudescence des visites et séjours dans le Parc. La valeur ajoutée générée par cette activité est de l'ordre de 800 000 MRU pour la saison 2017-2018. Les retombées économiques sont conséquentes pour les populations résidentes qui gèrent les campements et organisent les sorties en lanche étant donné le peu de diversité du tissu économique dans le Parc. Le tourisme constitue donc bien une activité économique viable dans le Parc.

Les atouts du PNBA en matière touristique tiennent pour l'essentiel à la beauté des paysages tant terrestres que marins, la richesse aviaire et la singularité des modes de vie des populations Imraguen. Cela ne suffit toutefois pas pour en faire une destination touristique à part entière. La précarité des installations et des lieux de vie en général confine le séjour sur le Parc à une visite de courte de durée. La pollution visuelle (amoncellement de déchets aux abords de villages, le long du littoral et tout tracé dans le désert) constitue un autre facteur de perte d'attractivité du Parc. Les touristes s'insurgent en effet contre le manque de soin apporté au traitement des ordures et de toute forme de pollution dans un endroit classé au patrimoine mondial de l'humanité. Un important travail de valorisation de l'existant doit ainsi être entrepris.

PARTIE 4 : VALEURS DE NON-USAGE

CHAPITRE 1 : ÉVALUATION DE LA VALEUR DE NON-USAGE DU PNBA

Mohamed Lemine Abdel Hamid, Jean Michel Salles, Thierry Blayac, Ewan Trégarot, Pierre Failler, Hélène Rey-Valette

1. INTRODUCTION

Les politiques de conservation de la biodiversité et de développement durable confrontent les décideurs publics à des situations complexes mêlant des enjeux contradictoires. L'analyse économique peut ici constituer une forme pertinente d'aide à la décision qui s'appuie sur la mise en œuvre de méthodes d'évaluation des biens et effets non-marchands permettant de prendre en compte les valeurs des écosystèmes et de la biodiversité, notamment pour les analyses coûts-avantages qui orientent les décisions d'aménagement ou les mesures des politiques publiques. La diversité des intérêts mis en jeu a conduit, depuis les années 1980, l'économie de l'environnement à élargir le concept économique de valeur en distinguant les valeurs d'usage et de non-usage avec des approches spécifiques, tandis que l'intégration du référentiel des services écosystémiques permet de mieux cibler les sources de valeur et de favoriser les approches pluridisciplinaires. Ainsi en complément des autres travaux ce chapitre vise à évaluer la valeur de non-usage du Parc national du Banc d'Arguin (PNBA).

Il convient en premier lieu de préciser cette notion de valeur de non-usage dont la paternité est généralement attribuée à J. Krutilla (1967). Celle-ci vise à rendre compte de la valeur attribuée aux écosystèmes et services écosystémiques du PNBA indépendamment des usages parce que leur existence est considérée comme importante (valeur d'existence) et que l'on souhaite que les générations futures puissent aussi en bénéficier (valeur de legs). Cette valeur de non-usage rend compte en quelque sorte de la conscience et de la volonté de préserver les biens et services procurés par les écosystèmes du PNBA, indépendamment des usages qui peuvent en être faits. La valeur d'existence peut être considérée comme une projection sur l'axe de l'utilitarisme de la valeur intrinsèque qui est appréhendée d'un point de vue philosophique comme le fait que la nature a une valeur pour elle-même indépendamment de son éventuelle utilité pour les humains. Dans ce cas, les écosystèmes et la biodiversité auraient une valeur propre supérieure et leur conservation devient alors une question éthique plutôt que d'allocation optimale ou même équitable des ressources.

Les valeurs de non-usage ont ainsi trait aux valeurs actuelles ou futures (potentielles) liées à ces écosystèmes et constituent des valeurs qui, dans une perspective de choix conservation doivent être étudiées de façon spécifique par rapport aux valeurs d'usage, directes ou indirectes, et aux valeurs d'option. Cette dernière rend compte de l'intérêt de conserver l'écosystème en tant que possibilité d'usage futur ; ce qui la différencie de la valeur de legs et conduit à la classer avec les valeurs d'usage même si son évaluation reste difficile[45].

[45] En toute rigueur, on doit distinguer une valeur d'option, parfois qualifiée de « statique » car elle existe sans dynamique de l'information, et une valeur de « quasi-option », parfois qualifiée de « dynamique » car elle

Ces valeurs de non-usages sont appréhendées en économie de l'environnement par des méthodes d'enquête visant donc à recueillir des préférences déclarées (« stated preferences ») puisque, par définition les dépenses et les comportements observables ne peuvent refléter des valeurs de non-usage. La principale approche permettant d'éliciter des préférences portant sur l'ensemble des valeurs est la méthode d'évaluation contingente. Elle implique la réalisation d'enquêtes auprès d'un échantillon représentatif d'usagers et de non-usagers relevant du périmètre concerné. Dans notre cas, il a paru nécessaire d'étendre ce périmètre à l'ensemble de la Mauritanie, le Banc d'Arguin bénéficiant d'un statut de parc national et d'une notoriété avérée à cette échelle. Afin de construire une base de comparaison, il s'est agi de construire une mesure monétaire de ces valeurs à partir du consentement à payer pour la conservation des écosystèmes du PNBA pour des motifs autres que des usages, qu'ils soient directs ou indirects, c'est-à-dire les consentements à payer des individus pour maintenir la conservation du Banc d'Arguin comme espace protégé.

En compléments des travaux menés sur l'évaluation de la valeur des principaux services écosystémiques rendus par le PNBA, ce chapitre a donc pour objet d'évaluer la valeur de non-usage du PNBA en précisant la méthodologie utilisée et les résultats obtenus, à savoir le consentement à payer individuel, son extrapolation à l'ensemble de la population de Mauritanie et l'identification des variables déterminantes de ce consentement afin de préciser le profil des personnes les plus sensibles à cette valeur de non-usage. Compte tenu de la durée limitée de cette étude, il n'a pas été possible de réaliser une enquête contingente spécifique. Nous avons donc réalisé des traitements particuliers à partir des données collectées dans le cadre de la thèse de Mohamed Lémine Abdel Hamid[46] à l'université de Montpellier. Cette thèse visait en effet à produire une évaluation économique globale des services écosystémiques du PNBA à partir d'une enquête contingente auprès d'un échantillon de 640 ménages mauritaniens réparti sur trois zones (le PNBA, Nouakchott et une ville représentative de l'arrière-pays (Tidjikja) pour tenir compte des différences spatiales et de familiarité par rapport au Banc d'Arguin. Dans le cas de cette évaluation spécifique nous avons traité 540 observations, en excluant les enquêtes réalisées auprès des pêcheurs et commerçantes de poissons du Banc d'Arguin, qui sont des usagers directs du PNBA, et nous nous sommes centrés uniquement sur la valeur de non-usage.

Ce chapitre est donc structuré en quatre points. Nous présentons tout d'abord une revue de la littérature à propos de l'évaluation de la valeur de non-usage, afin de rappeler les spécificités de ce type de valeur en montrant qu'elle est assez peu étudiée. Le point suivant est consacré à la présentation de la méthodologie en exposant en premier lieu la méthodologie globale de l'enquête d'évaluation contingente sur laquelle nous nous appuyons ainsi que les traitements particuliers réalisés pour cibler l'évaluation de la valeur de non-usage. Les résultats sont ensuite détaillés avec en premier lieu la hiérarchisation des perceptions des différents services pour apprécier notamment le poids relatif des services de régulation et de support. Les

---

apparait dans des contextes d'amélioration de l'information comme un surcroît de valeur des options réversibles qui permettent de s'adapter à ce contexte évolutif.

[46] Evaluation économique des services écosystémiques offerts par les aires marines protégées en Afrique de l'Ouest : exemple Parc National du Banc d'Arguin – Mauritanie

résultats du modèle économétrique sont ensuite développés de façon à proposer une évaluation du consentement moyen à payer pour la valeur de non-usage du PNBA et à étudier les déterminants de ces consentements. Sur la base de ces éléments, l'extrapolation du consentement moyen permet d'estimer la valeur de non-usage du PNBA à l'échelle de la population mauritanienne en prenant en compte les valeurs obtenues par les évaluations concomitantes des services liés aux usages directs (pêche et tourisme) et indirects (séquestration carbone, nurserie, traitement des eaux, etc.). Enfin le dernier point nous conduit à discuter ces résultats par rapport aux travaux existants et en termes d'aide à la décision pour les gestionnaires du PNBA.

Enjeux et limites de l'évaluation de la valeur de non-usage du PNBA

Le Parc national du Banc d'Arguin sur laquelle porte notre évaluation permet d'appréhender la valeur accordée à la protection de l'environnement sur la base d'une réserve existant depuis plus de quarante ans et concernant une échelle géographique très large avec un rôle majeur pour la conservation de la biodiversité et notamment le renouvellement des stocks halieutiques à l'échelle de la sous-région. Cette richesse en termes de biodiversité marine est liée à sa spécificité en tant que zone de transition entre les espèces tropicales et subtropicales et à la présence d'un upwelling permanent (CCLME, 2014). De même la présence de la communauté emblématique des Imraguens au sein du PNBA revêt un caractère patrimonial majeur dans la culture mauritanienne, et nous permet de tester parmi les valeurs de non-usage l'existence d'une valeur d'usage de procuration (vicarious use value). De par ses caractéristiques et les enjeux dont il est porteur, le PNBA paraît ainsi constituer un cas d'étude particulièrement pertinent et riche pour mesurer et expliquer les valeurs de non-usage accordées à l'environnement, avec cependant la nécessité d'adapter le protocole d'évaluation des consentements à payer pour éviter les biais spécifiques de l'évaluation contingente dans des contextes faiblement monétarisés (Christie et al., 2012).

Depuis l'Evaluation du Millénaire en 2005, la notion de services écosystémiques est devenue centrale pour l'analyse et la communication en matière de conservation. Elle permet d'améliorer l'opérationnalisation des politiques publiques et l'appropriation des enjeux de conservation par les populations en montrant leur intérêt pour le bien être des sociétés qui, à différentes échelles, bénéficient directement ou indirectement de ces services. Ce caractère anthropocentré est critiqué, notamment par la CICES (2013), car il implique et renforce une approche et une vision utilitariste des écosystèmes qui apparaît en rupture par rapport à des perspectives éthiques se référant à leur valeur intrinsèque (Gómez-Baggethun et al., 2010 ; Chan et al., 2012). Ainsi selon Blandin (2009) ou, plus récemment, Maris (2014), la notion de services écosystémiques traduit une étape de l'évolution des approches de la conservation des écosystèmes qui sont passées de la protection de la nature, à la conservation de la biodiversité, à la gestion des services écosystémiques, et irait vers une « marchandisation » de la nature. Plus récemment un groupe d'auteurs, issu du groupe 'conceptualisation ' de l'IPBES[47] (Díaz et al., 2015), prônent un dépassement de l'approche et proposent la notion de « nature's contributions to people », en insistant sur le rôle du contexte culturel dans le lien à la nature et dans la conception de la qualité de vie. Ces nouvelles orientations s'inscrivent dans le champ

[47] Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services

plus large des liens et des connexions des humains à la nature et à la biodiversité (Mayer et Frantz, 2004 ; Mayer et al., 2009) dans l'esprit des travaux plus généraux sur la biophilie (Kellert et Wilson, 1995 ; Wilson, 2017). Le caractère statique de l'approche est aussi critiqué. Il s'agit ainsi aussi d'étudier la capacité des écosystèmes à garder des options ouvertes, afin de soutenir une bonne qualité de vie dans le futur (Díaz et al., 2018), se rapprochant ainsi des notions de valeur d'option et de valeur de legs. L'objectif est d'appréhender les liens à la nature en termes de planification de la vie future. Contrairement aux approches généralement statiques des services écosystémiques, il s'agit de proposer une approche plus dynamique et mieux adaptée au référentiel de la résilience et de la transition écologique[48]. Ces débats mettent ainsi l'accent non seulement sur la valeur d'option rarement quantifiée car difficilement mesurable, mais aussi sur les valeurs de non-usage, en particulier la valeur de legs qui permet de se projeter dans le futur au-delà de la génération présente, la valeur d'usage par procuration (*vicarious use value*) qui traduit l'importance accordée aux intérêts d'autres populations contemporaines, et la valeur d'existence qui bien qu'appréhendée du point de vue des sociétés humaines, peut être perçue comme un reflet de la valeur intrinsèque dans les préférences des individus. Dès lors l'évaluation des valeurs de non-usage apparaît comme une approche susceptible de rendre compte d'autres formes de connexion à la nature que les usages directs ou indirects, et constitue à ce titre un complément intéressant aux approches utilitaristes qui visent à hiérarchiser les apports des services écosystémiques au bien-être. Ainsi l'évaluation des services écosystémiques est d'autant plus intéressante qu'elle cherche à appréhender non seulement les valeurs associées aux différents types de services mais aussi plus globalement les valeurs de non-usages.

Face aux critiques dont le référentiel des services écosystémiques fait l'objet en raison de sa logique utilitariste, les valeurs de non-usage constituent des indicateurs d'autres formes de connexion aux écosystèmes. L'importance relative de ces valeurs de non-usage pourrait constituer un indicateur pertinent de la sensibilité à l'environnement et d'une motivation peut être plus profonde pour préserver les écosystèmes et la biodiversité dans le long terme, avec des motivations qui relèvent de formes d'altruisme que la littérature récente qualifie de « other regarding » (Cooper et Kagel, 2016). Soulignons cependant qu'après quelques tentatives, souvent assez critiquées, dans les années 1990, ce type d'évaluation est peu souvent conduit du fait de difficultés méthodologiques concernant la définition des valeurs de non-usage et la sensibilité de la méthode d'évaluation contingente centrée sur une variation d'utilité, aux informations apportées par la démarche d'enquête. Les valeurs de non-usage ont d'ailleurs parfois été appréhendées par différence entre valeur totale et valeur d'usage, comme un complément d'interprétation peu analytique. On pourrait aussi chercher à rapprocher la valeur de non-usage de celle accordée aux services de support associés à une logique de protection de l'environnement indépendamment des usages dès lors que les

[48] Cette remise en cause est évidemment vivement critiquée (Braat 2018) au motif que ce pseudo-renouvellement de la pensée ne repose sur rien de nouveau, ni en termes conceptuels, ni empiriques. Rien dans la notion de services écosystémiques ne s'oppose à une prise en compte des aspects supposés motiver ce changement de vocabulaire. Mais on entend que la perspective utilitariste, même si elle est sans doute exagérément « réduite », est au cœur des critiques de Diaz et al. (2018)

individus sont conscients que ces services de support conditionnent les usages futurs et le maintien des autres services.

Plusieurs auteurs se sont intéressés à l'étude des valeurs de non-usage. Concernant la valeur de non-usage pour des espèces menacées, Kotchen et Reiling (2000) soulignaient l'influence significative et positive de la sensibilité à la nature sur les consentements à payer. De même Choi et Fielding (2013) montrent un impact significatif des attitudes environnementales sur les consentements à payer tandis qu'Ojea et Loureiro (2007) évoquent le rôle des motivations éthiques des attitudes pro-environnementales. La revue réalisée par Turner et al. (2003) signalait le faible nombre d'évaluation des services écosystémiques marins et les interdépendances entre services écosystémique qui impliquent des défis méthodologiques et empiriques. Ces auteurs montrent par ailleurs que les attitudes favorables à l'environnement sont liées à des motivations éthiques pour la protection des espèces. Plus récemment, Davidson (2013) considère que les valeurs d'altruisme et d'existence peuvent être considérées dans la mesure où elles représentent des avantages pour les humains (on est renvoyé ici à la catégorie très débattue des services culturels (Chan et al., 2013).

Cependant rappelons que l'évaluation économique des services écosystémiques suppose la mise en œuvre de méthodes d'évaluation des valeurs non-marchandes, en particulier l'évaluation contingente qui a peu été mise en œuvre dans les pays en développement. Selon une méta-analyse effectuée à partir des publications disponibles (Christie, et al., 2012), il existe peu d'applications des méthodes d'évaluation économique de la biodiversité dans les pays en développement, comparativement aux pays industrialisés (environ 1/10 des études publiées dont la moitié a été réalisée sans contribution de chercheurs des pays du sud). La plupart des évaluations économiques de la biodiversité concernant l'Afrique se sont appuyées sur les modèles des pays du nord sans tenir compte explicitement des spécificités de ces pays (Christie et al. 2012), que ce soit en termes de choix des méthodes d'évaluation ou de proposition de mesures de gestion. Elles se sont le plus souvent limitées aux valeurs d'usage direct (Amin, 2016) et ignorent donc les valeurs de non-usage qui peuvent constituer une part importante de la valeur économique totale de la biodiversité. Wangai et al. (2016), à travers une méta-analyse, pointent aussi le manque important d'études d'évaluation économique des services écosystémiques en Afrique. Ces auteurs ont identifié 52 études réalisées en Afrique, dont 39 relatives à la cartographie et l'évaluation des services écosystémiques avec seulement 15 d'entre elles pour lesquelles le premier auteur est africain. Par ailleurs la majeure partie de ces études a été réalisée en Afrique du Sud, Kenya et Tanzanie et se sont focalisées sur des bassins versants et des hydro-systèmes. Les auteurs concluent qu'il y a un fort enjeu à élargir les évaluations économiques à l'ensemble du continent, afin de mieux appréhender l'originalité spatiale et socio-économique des écosystèmes africains. Dans le cas des aires marines protégées, les études sont rares et dans le cas spécifique du Parc National du Banc d'Arguin, malgré son importance écologique, sociale et politique, aucune étude ne s'est intéressée à l'évaluation économique des services écosystémiques du PNBA et encore moins aux valeurs de non-usage fournis par cette AMP (Abdel Hamid, 2018).

2. PRECISIONS METHODOLOGIQUES

2.1. Principes

Comme nous l'avons évoqué en introduction, nous n'avons pas pu réaliser une évaluation contingente spécifique axée sur l'évaluation de la valeur de non-usage, qui par ailleurs comme l'illustre la revue de la littérature est peu courante. Nous avons donc exploité les données de l'évaluation contingente réalisée récemment dans le cadre de la thèse d'Abdel Hamid (2018). Cependant il s'agissait alors de pouvoir distinguer les consentements à payer qui pouvaient être motivés par des préférences pouvant rendre compte de valeur de non-usage. Dans l'enquête l'évaluation des consentements à payer était suivie d'une question sur les motivations des individus pour ce consentement à payer. Nous avons donc sélectionné uniquement les consentements associés à des motifs relevant d'une valeur de non-usage. Ces motifs évoqués pour justifier les contributions distinguaient six possibilités relevant d'un usage ou de l'absence d'usage (Tableau 45).

Tableau 45 : Présentation des motifs de contribution à la conservation du PNBA.

Motifs liés à un usage	Motifs de non-usage
• Pour moi et ma famille • Pour développer le tourisme • Pour maintenir la pêche	• Pour maintenir les imraguens • Pour les générations futures • Pour conserver un lieu emblématique pour le pays

Il s'agit alors d'évaluer un consentement à payer moyen pour un sous-échantillon constitué des enquêtés ayant évoqué des motivations non liées à des usages pour expliquer leur contribution. Certains individus ayant choisi des motifs relevant de l'usage et du non-usage, nous avons dû prendre en compte des profils mixes, plutôt usage ou plutôt non-usage en fonction de la dominante des motifs évoqués, voire des mixtes équilibrés lorsque les deux types était équivalents. Ces derniers n'ont pas été retenus pour la suite de l'analyse. Cependant cette évaluation est faite sans les consentements à payer nuls car dans ce cas, les enquêtés n'étaient bien évidemment pas amenés à expliciter les motifs justifiant leur contribution mais bien au contraire à exprimer les raisons de leur refus de paiement de façon à distinguer les vrais zéro (correspondant à l'absence d'intérêt pour la conservation) et faux zéros qui renvoient à des motifs autres. Précisions cependant que cette population spécifique sera réintroduite par la suite lors de l'extrapolation des consentements individuels pour estimer globalement la valeur de non-usage du PNBA. Par ailleurs alors que l'enquête initiale a été menée sur trois zones (Nouakchott, Tidjikia représentative des zones rurales et le PNBA), notre analyse des valeurs de non-usage a été effectuée sans prendre en compte les enquêtés du PNBA, considérés comme des usagers et des bénéficiaires directs de nombreux services. Au total l'effectif de l'échantillon ainsi considéré s'établit à 540 enquêtés.

Nous avons fait l'hypothèse que cette valeur de non-usage permettait de rendre compte d'une sensibilité et de valeurs pro-environnementales. Pour ce faire nous avons examiné non seulement les facteurs qui contribuent à expliquer les valeurs de non-usage liées au PNBA, mais aussi l'importance relative accordée aux différents types de services écosystémiques

offert par le PNBA. En particulier, on peut s'interroger sur l'existence d'une relation entre le consentement à payer pour les valeurs de non-usage et la perception positive des services de support liés à la fonctionnalité des écosystèmes ou des services culturels de nature patrimoniale. Ainsi *in fine* l'association d'une évaluation des valeurs de non-usage et d'une évaluation de la perception des services écosystémiques permet de mieux identifier le concernement profond pour l'environnement. La caractérisation de ces éléments permet d'orienter les besoins de sensibilisation et d'appréhender la légitimité des politiques de conservation.

1.1. Élaboration du questionnaire

L'élaboration du questionnaire initial par Abdel Hamid (2018) et du protocole d'enquête CAP (Consentement à Payer) a été réalisée de façon à adapter l'évaluation au contexte de la Mauritanie, notamment en proposant pour les individus du PNBA un système d'évaluation par enchère en partant d'une valeur moyenne et en combinant une évaluation montante et descendante. Ce système d'enchère a été choisi pour sa similarité avec le système de marchandage des prix très courant dans le pays. Une carte avec des photos des principaux services écosystémiques était présentée aux enquêtés. Trois zones ont été distinguées pour rendre compte de gradient de familiarité et d'information décroissants.

- La zone du Banc d'Arguin et la population des Imraguens au sein du parc, pour lequel le protocole a été mis en œuvre en convertissant le support monétaire de paiement en kilo de poisson pour les marchandes de poissons, et en temps pouvant être consacré à la participation à la surveillance du parc pour les hommes, généralement pêcheurs.
- La ville de Nouakchott, capitale de la Mauritanie, située à 200 km du PNBA et représentative d'un contexte économique urbain
- La ville de Tidjija à 800 km du PNBA, représentative des zones rurales isolées

Le questionnaire (cf. Annexe 5) comportait quatre sections respectivement consacrées à :

- L'évaluation des connaissances de l'enquêté sur l'environnement et sur son lien avec le PNBA (10 questions).
- La perception et la hiérarchisation des services fournis par le PNBA. Il s'agissait à ce niveau pour les enquêtés de sélectionner les services qui leur semblaient symboliser le mieux le PNBA au sein d'une liste établie en concertation avec le PNBA et des chercheurs mauritaniens en écologie. Ils devaient ensuite hiérarchiser l'importance des services choisis en donnant pour chacun un score sur une échelle de 0 à 10. Enfin ils devaient aussi se prononcer globalement sur leur perception de la vulnérabilité des services rendus par le PNBA.
- La présentation du scénario hypothétique de financement de la conservation du PNBA et les questions relatives à la mesure du consentement à payer et aux motivations des choix (4 questions).
- La caractérisation du profil socio démographique de la personne enquêtée (11 questions).

Figure 70 : Illustration des services écosystémique du PNBA fournie lors de l'enquête.

Préalablement aux questions relatives au consentement à payer les perceptions de l'importance relative des services écosystémiques ont été appréhendées. Pour ce faire les enquêtés étaient d'abord invités à sélectionner les services leur paraissant les plus importants au sein d'une liste établie en collaboration avec les scientifiques spécialistes de la zone, puis de hiérarchiser les services ainsi choisis en attribuant à chacun un score compris entre 0 et 10. Outre la familiarisation des enquêtés aux fonctions du PNBA préalablement à l'évaluation de leur consentement à payer, ce type d'enquête de perception permet d'identifier e niveau de reconnaissance sociale des services et leur importance relative pour un territoire (Rey-Valette et al., 2017).

1.2. Mode de passation et caractéristique de l'échantillon enquêté

Au total 6 enquêteurs ont été recrutés (4 à Nouakchott, 1 au PNBA et 1 à Tidjijka). Pour éviter les biais induits par le manque de connaissance et de familiarité des enquêteurs avec les notions de services écosystémiques, le choix des enquêteurs a conduit à sélectionner des personnes ayant un diplôme universitaire en économie ou en biologie, familiarisés avec les problématiques de l'environnement et de la biodiversité, et avec une expérience d'enquête en lien avec l'Office National des Statistiques mauritanien. Les enquêteurs ont été formés pour

qu'ils s'approprient la problématique de l'enquête et que l'administration du questionnaire soit faite de façon homogène. Les enquêtes se sont déroulées entre juillet et octobre 2016 avec un échantillon de 640 personnes enquêtées (respectivement 100 au PNBA, 421 à Nouakchott et 119 à Tidjikia). La durée moyenne d'administration du questionnaire était de 45 minutes. Comme présenté précédemment nous n'avons pas retenu ici les enquêtés au sein du PNBA. Notre analyse a donc été effectuée en retenant uniquement les enquêtes effectuées à Nouakchott et Tidjikia, soit 540 personnes. Le tableau suivant présente les caractéristiques sociodémographiques de l'échantillon en fonction des zones et au regard des données démographiques de référence qui attestent de la bonne représentativité statistique de l'échantillon.

Tableau 46 : Représentativité socio-démographique de l'échantillon.

	Nouakchott		Tidjikia	
	Echantillon	Zone côtière urbaine	Echantillon	Arrière-pays rural
Nombre de ménages	421	223 485	119	333 763
Age moyen	43	49	43	51
% Hommes	54	52	47	47
% Actifs	78	83	73	93
% Scolarisés	54	43	56	75
Taille de la famille	4.1	5.6	4.7	5.8

Source : Office National de Statistique : Recensement Général de la Population et de l'Habitat 2013 et profil pauvreté en Mauritanie 2014

1.3. Modèle économétrique pour l'évaluation des consentements à payer

L'évaluation des consentements pour des valeurs de non-usage et l'identification des variables déterminantes de ces consentements impliquent une modélisation économétrique. Nous avons utilisé un modèle de régression linéaire multiple, estimé par moindres carrés ordinaires. Dans ce type de modélisation, on suppose que la variable dépendante ou endogène (dans notre cas, le consentement à payer des individus) peut être expliquée par une série de variables explicatives. Nous avons donc la relation suivante :

$$CAP = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_n x_n + \varepsilon$$

expression dans laquelle les x_i sont des variables explicatives du consentement à payer, ε est un terme aléatoire introduit pour capter le fait que l'analyste est dans l'incapacité d'observer l'ensemble des variables ayant une influence sur le CAP, et/ou pour tenir compte de certaines erreurs de mesures par exemple, les β_i sont des coeeficients à estimer. Sous certaines hypothèses (le terme aléatoire suit une loi normale de moyenne nulle, de variance constante et non autocorrélé), il est possible d'estimer les coefficients du modèle à l'aide de la méthode

des moindres carrés ordinaires. Une fois les coefficients estimés, on peut alors obtenir le CAP estimé de chaque individu, en remplaçant dans l'équation précédente les valeurs prises par les variables explicatives du modèle pour l'individu concerné.

1.4. Traitement des valeurs nulles dans le cas particulier des consentements à payer correspondant à la valeur de non-usage

Le protocole de l'évaluation contingente conduit à identifier à la suite de la quantification du CAP les motifs de paiement pour les CAP positifs (Tableau 45) et de non-paiement pour distinguer au sein des valeurs nulles celles qui relèvent d'une absence d'intérêt pour la conservation (les vrais zéros) et celle qui renvoient à des motifs autres (les faux zéros). Ainsi, notre choix d'évaluer les types de valeur en fonction des motivations ne permettait pas de prendre en compte les valeurs nulles pour lesquelles les questions de contrôle ne portaient bien évidemment pas sur les motifs de paiement mais sur les motifs de non-paiement. Nous avons donc dû rectifier les CAP calculés en fonction des motifs de contribution (donc sans les valeurs nulles) en réintroduisant ensuite celles-ci *au prorata* des effectifs. Nous obtenons alors la valeur moyenne du CAP pour des motifs de non-usage.

1.5. Méthode d'extrapolation pour l'évaluation de la valeur de non-usage à l'échelle de la Mauritanie

A partir des données moyennes de consentement à payer il s'agit ensuite d'extrapoler ces consentements individuels pour estimer la valeur de non-usage du PNBA à l'échelle du Pays. A ce niveau, nous ne retiendrons pas la population totale de la Mauritanie mais seulement la part de celle concernée par la valeur de non-usage en fonction de la proportion observée dans notre échantillon. Conformément à la pratique pour ce type d'estimation, nous avons réintroduit ici la part des vrais zéros dans l'évaluation de façon à ne pas surestimer la valeur de non-usage.

RESULTATS

1.6. La perception des services écosystémiques

Les perceptions des services écosystémiques ont été appréhendées en fonction de la proportion d'enquêtés ayant sélectionné chacun des services et en fonction des scores d'importance attribué à ceux-ci sur une échelle de 0 et 10 (Tableau 47).

Tableau 47 : Perception de l'importance accordée aux différents services écosystémiques.

Services	Nouakchott		Tidjikja	
	%total effectif enquêté	Score	%total effectif enquêté	Score
Services de support				
Nidification des oiseaux	49%	8,6	53%	8,7
Nurserie pour les espèces halieutiques	14%	8,9	29%	8,6
Moyenne	**32%**	**8,8**	**41%**	**8,7**
Services d'approvisionnement				
Approvisionnement: produits halieutiques	39%	8,8	36%	9,6
Approvisionnement : produits de l'élevage (viande et lait)	10%	7,6	22%	7,3
Moyenne	**24%**	**8,2**	**29%**	**8,5**
Services culturels				
Activités récréatives	26%	8,3	31%	9,2
Savoirs traditionnels	12%	10	17%	10
Identité des Imraguen	11%	9,1	17%	9,1
Éducation et recherche	6%	8,2	0%	-
Moyenne	**14%**	**8,9**	**22%**	**9,4**
Services de Régulation				
Lutte contre l'érosion du sol	6%	7,8	0%	0
Refuge pour les espèces menacées	18%	8,6	24%	9,5
Moyenne	**12%**	**8,2**	**13%**	**4,8**

On observe que les scores sont globalement très importants, le plus souvent supérieurs à 8 et très proches pour les deux sites d'enquêtes (Nouakchott et Tidjikja), hormis l'action de protection contre l'érosion des sols et l'apport à l'éducation et la recherche qui ne sont pas identifiés comme importants par les enquêtés de Tidjikja. Cette forte homogénéité des scores tend à illustrer un certain consensus sur l'importance des services dès lors qu'ils sont sélectionnés, ce qui est plutôt logique et atteste d'une sélection plutôt discriminante par les enquêtés.

Par contre l'examen de la fréquence de sélection des différents services témoigne de résultats plus contrastés entre les services mais avec cependant toujours une forte similarité entre les proportions de sélection observées à Nouakchott et à Tidjikja. Ainsi en moyenne ce sont les services de support les plus sélectionnés, puis ceux d'approvisionnement devant les services culturels et les services de régulation les moins choisis. Plus précisément les services les plus choisis à Nouakchott sont par ordre décroissant la nidification des oiseaux (49%), l'approvisionnement en poisson (39%), les possibilités d'activités récréatives (26%), et la fonction de refuge pour les espèces menacées (18%). On retrouve une liste similaire pour la zone de Tidjikja à l'exception de la fonction de nurserie pour les espèces halieutiques qui est mieux reconnue en quatrième place.

1.7. Évaluation des CAP moyens en fonction des types de motif de contribution

Rappelons que l'évaluation des consentements à payer a été réalisée en fonction des profils de motifs de façon à isoler les consentements des individus attachés à une valeur de non-usage du PNBA. Cette analyse s'effectue dans un premier temps sans les consentements à payer nuls (égaux à zéro) pour lesquels les motifs de choix n'étaient pas appréhendés. Ainsi on passe d'un échantillon total sur les deux zones de Nouakchott et Tidjikia de 540 à 431. Les consentements à payer pour les individus privilégiant les valeurs d'usage et de non usage sont présentés dans le tableau suivant (Tableau 48).

Tableau 48 : CAP moyens en fonction des types de motif de contribution.

Motifs	Nombre observations	CAP moyen (MRU)
Usage exclusif	110	306,5
Mixte plutôt usage	54	475,6
Sous total Usage	**164**	**362,2**
Non-usage exclusif	98	304,4
Mixte plutôt non-usage	32	314,1
Sous total Non-usage	**130**	**306,8**
Mixte équilibré	137	328,2

Le consentement moyen à payer pour les individus ayant choisi de contribuer financièrement à la conservation du PNBA pour des motifs utilitaires (liées à des usages) est légèrement supérieur (15%) au consentement de ceux dont la contribution est motivée par des valeurs de non-usage.

Au total, les individus sont prêts à payer 306,8 MRU pour conserver le PNBA en tant que réserve et pour le maintien des Imraguens. Au sein des deux catégories, valeur d'usage et de non-usage, les consentements moyens sont plus forts pour les individus ayant des profils mixes c'est-à-dire associant une des valeurs de l'autre catégorie, mais avec un écart plus faible au sein de notre groupe cible privilégiant des valeurs de non-usage. Cela tend à montrer que la diversité des motifs renforce la volonté de payer pour la conservation du PNBA.

1.8. Les déterminants des consentements à payer pour des valeurs de non-usage

Au-delà de l'estimation des consentements à payer le recours à la modélisation économétrique permet d'identifier les variables influençant significativement le choix de contribuer ou non. Il convient de souligner que, même si le pouvoir explicatif des modèles est faible (de 0,173 à 0,237), il n'en demeure pas moins significativement différent de zéro.

Nous avons, dans un premier temps, introduit l'ensemble des variables explicatives potentielles du consentement à payer dans le modèle (Tableau 49) puis nous avons, dans un second temps, procédé à une élimination itérative des variables non significatives statistiquement (avec un seuil d'arrêt fixé à 10%). Il s'avère que pour les quatre modèles estimés (Tableau 49) neuf variables sont statistiquement significatives. Néanmoins, pour chaque modèle pris séparément, le nombre de variables statistiquement significatives varie de

trois à sept (respectivement pour le modèle Profil non-usage mixte et pour le modèle Profil usage mixte). Par ailleurs il nous paraît utile de préciser le rôle potentiel joué par la variable revenu moyen : introduite de manière linéaire, elle permet d'attester d'une relation monotone stricte avec le CAP (croissante ou décroissante). Par contre lorsqu'elle est introduite de manière quadratique, elle permet de mettre en évidence un éventuel effet de seuil, c'est-à-dire une relation non monotone entre le CAP et le revenu moyen[49]. Le tableau suivant (Tableau 49) présente les résultats de cette modélisation.

Tableau 49 : Modélisation économétrique des CAP.

Modèle	Profil non-usage		Profil Usage	
	Profil exclusif	Profil mixte	Profil exclusif	Profil mixte
CAP moyen (MRO) (nb. Obs.)	3044 (n=98)	3068 (n=130)	3065 (n=110)	3622 (n=164)
CAP estimé (MRO) (nb. Obs.)	3120 (n=90)	3151 (n=121)	3163 (n=104)	3707 (n=158)
CAP moyen (MRU) (nb. Obs.)	304,4 (n=98)	306,8 (n=130)	306,5 (n=110)	362,2 (n=164)
CAP estimé (MRU) (nb. Obs.)	312,0 (n=90)	315,1 (n=121)	316,3 (n=104)	370,7 (n=158)
R^2 ajusté	0,237	0,173	0,248	0,242
Constante	1528,15853	1112,53211	2011,55901	593,90943
Variables explicatives (estimées avec les données exprimées en MRO)				
Nombre de visites		1744,37830		
Durée des visites				425,73099
Approvisionnement produits halieutiques	-243,36020		-227,01115	-135,05586
Identité des Imraguens	350,19839			-274,37153
Activités récréatives				187,37093
Refuge espèces menacées			-259,51398	
Revenu moyen au carré				-2,49507E-8
Revenu moyen	0,00787	0,00699	0,01056	0,02185
Niveau de formation	1600,63193	2013,30995	2712,79036	1896,59296

Tous les coefficients estimés sont significatifs au moins au seuil de 10%.

Dans le cas du profil exclusif non usage, le CAP des individus est négativement relié à la variable « **Approvisionnement en produits halieutiques** ». Cette relation se retrouve également pour les profils privilégiant les valeurs d'usage (cf. deux dernières colonnes du tableau 49). Cela signifie donc que les individus qui attribuent une note ou un score élevé à cet item ont une

[49] Dans ce dernier cas, le CAP pourrait être croissant jusqu'à un certain niveau de revenu moyen puis décroissant (ou inversement).

moindre volonté de contribuer financièrement à la protection du PNBA, toutes choses égales par ailleurs.

Il en va tout autrement pour la variable « **Identité des Imraguens** ». En effet cette variable intervient positivement dans le CAP des individus ayant un profil exclusif non usage alors qu'elle intervient négativement dans l'explication du CAP des individus ayant un profil usage mixte. Cela signifie par conséquent, que les individus concernés par la valeur de non-usage sont plus susceptibles de contribuer au financement de la protection du PNBA, du fait de l'importance qu'ils accordent au maintien des Imraguens. *A contrario*, les individus ayant un profil orienté vers la valeur d'usage ont un CAP pour la protection du PNBA négativement relié à la variable « Identité des Imraguens ». Il convient également de souligner que le CAP des individus ayant un profil exclusivement usage est négativement relié au rôle de refuge pour les espèces menacées, joué par le PNBA. Par ailleurs, pour l'ensemble des modèles estimés (ou des profils estimés), il existe une relation positive entre le CAP pour la protection du PNBA et d'une part, le niveau de formation des individus, et d'autre part, le revenu moyen des individus. Cela signifie donc, que quel que soit le profil des individus, le niveau de formation joue considérablement sur la volonté financière de contribuer à la protection du PNBA.

Une attention particulière doit être portée à la variable « **revenu** ». Celle-ci exerce un effet positif strict sur le CAP des individus (le CAP croît avec le revenu moyen des individus) sauf pour les individus ayant un profil mixte usage. Pour ces derniers en effet la modélisation économétrique permet de mettre en évidence un effet de seuil : le CAP de ces individus pour la protection du PNBA croit jusqu'à un revenu de 437 863 (revenu mensuel total du ménage en MRO) puis décroît ensuite. Enfin la fréquentation du PNBA exerce une influence sur le CAP des individus.

Deux variables sont susceptibles de traduire la fréquentation du PNBA ; le nombre de visites effectuées d'une part et la durée des visites d'autre part. Ces deux variables révèlent l'existence d'une certaine familiarité des individus vis-à-vis du PNBA. Pour les individus ayant un profil non usage mixte, c'est la variable « **Nombre de visites** » qui a un impact positif sur le CAP en faveur de la protection du PNBA alors que pour les individus ayant un profil usage mixte, c'est la variable « **Durée des visites** » qui contribue positivement au CAP en faveur de la protection, concomitamment avec la possibilité d'activités récréatives offertes par le PNBA.

1.9. Évaluation du consentement global pour la Mauritanie

Enfin, à partir des consentements moyens et des données démographiques par type de zones, il est possible d'estimer la valeur globale de non-usage du Banc d'Arguin en extrapolant les résultats moyens à la population totale concernée, c'est-à-dire l'ensemble de la population mauritanienne à l'exclusion des habitants du PNBA, considérés comme bénéficiaires directs du PNBA. Il s'agit d'une part de reporter la part de la population concernée par la valeur de non-usage observée au niveau de l'échantillon à l'échelle de la population de référence du type de zone concernée et d'autre part d'extrapoler le consentement à payer moyen pour la zone à l'échelle de l'ensemble de cette population concernée par les valeurs de non-usage. Enfin, comme le recommande la méthodologie d'évaluation des consentements à payer, il est important de tenir compte des personnes intéressées par le scénario en faveur de la protection du Parc du banc d'Arguin, donc soucieuses de l'environnement, mais qui n'avaient pas voulu

contribuer pour des raisons autres que leur non intérêt pour la conservation du PNBA (notion de faux zéros). Le plus souvent ce comportement s'explique par la faiblesse de leur revenu ou par un manque de confiance dans les institutions chargées de la gestion. Ainsi nous avons donc réintroduit ces enquêtés en leur attribuant le consentement moyen de leur catégorie.

Tableau 50 : Évaluation de la valeur de non-usage du PNBA à l'échelle de Mauritanie.

(en MRU)		Nouakchott	Tidjikja
Effectif ménages enquêtés	(a)	421	119
Effectif ménages ayant motif non-usage	(b)	115	15
% ménages concernés par la valeur de non-usage	(c) = (b)/(a)	27%	13%
% Faux zéro dans l'échantillon	(d)	8,31	11,76
% Vrais zéro dans l'échantillon	(e)	2,85	40,34
CAP moyen non-usage sans zéro	(f)	335, 8	90,7
CAP moyen non-usage corrigé (tenant compte des zéros)	(g)	327,9	66,0
Population de référence Zone côtière urbaine	(h)	233 461	
Population de référence Zone Rurale arrière-pays	(i)		341 411
Population de référence concernée par le non-usage	(j)=(g)*(a)	63 034	44 383
Valeur totale de non-usage	(k)= (h)* (g) + (i)*(g)	**20 669 002**	**2 929 306**
		23 598 309	

Au total, la valeur de non-usage du PNBA issue de l'enquête s'élève à 23,6 millions de MRU, essentiellement (87%) du fait des contributions des habitants des zones urbaines qui sont à la fois légèrement plus nombreux et surtout avec un consentement moyen supérieur aux zones rurales. Cela correspond à 20% de la valeur totale attribuée aux services rendus par les écosystèmes du PNBA et des usages qui leurs sont associés.

Étant donné que la connaissance des personnes interrogées est parcellaire à la fois sur l'identification, la connaissance fine et l'importance des services écologiques et sur les usages, qu'ils soient directs ou indirects, il est approprié de re-proportionner la valeur de non usage obtenue en fonction de la connaissance acquise par le travail d'investigation (notamment sur l'importance des services) réalisé pendant un an au cours de cette étude. Dès lors, en utilisant le pourcentage de 20% de valeur de non-usage vis-à-vis de l'ensemble des valeurs estimées pour les usages afférents aux services écologiques qui couvrent le même jeu de services que ceux énoncés dans l'enquête, on aboutit à une valeur de non-usage de l'ordre de 1,6 milliards MRU (pour une valeur d'ensemble des usages/services de 8,1 milliards MRU).

Discussion

Les motifs qui fondent l'importance des milieux naturels sont multiples (Turner et al., 2003 ; Hejnowicz et al., 2017) et la place occupée par les valeurs de non-usage demande à être explicitée et précisée (Davidson, 2013). Notre but était de contribuer à cette explicitation à

partir du cas emblématique du PNBA à partir des motivations mentionnées par les répondants pour les CAP déclarés.

L'analyse des fréquences de sélection des services écosystémiques montre que ce sont les services de nidification des oiseaux, de production des poissons et d'activités récréatives qui sont le plus souvent sélectionnés. Ces choix renvoient aux deux principales fonctions généralement attribuées au PNBA au cours du temps, tandis que les activités récréatives qui évoquent des potentialités d'écotourisme, sont plus controversées du fait du statut de réserve, mais très largement identifiées par le grand public comme une ressource territoriale attractive à valoriser. Les deux autres services intervenant ensuite dans le classement relèvent aussi des fonctions de réserve du PNBA, à savoir son rôle de refuge pour les espèces menacées et de nurserie pour les espèces halieutiques. Ainsi, il ressort que ce sont plutôt des services de support qui sont privilégiés au niveau des perceptions des habitants ; ce qui tend à montrer que le rôle de réserve écologique du PNBA est bien intégré par les populations.

Au niveau de la modélisation du consentement à payer, les données ne permettent de retenir qu'un faible nombre de variables influençant significativement la valeur de non-usage. Concernant les variables socio démographiques, ce sont les niveaux de revenu et de formation qui sont positivement corrélés, en accord avec la littérature qui atteste de l'existence d'un lien entre la perception de l'environnement et la formation (Dunlap et al., 2000 ; Hein et al., 2006 ; Blayac et al., 2014 ; Prévot et Geijzendorffer, 2016). Il s'agit donc de variables structurantes au-delà de la valeur de non-usage et qui interviennent fréquemment dans les évaluations environnementales. Ainsi, plusieurs auteurs mettent en évidence un rapport direct entre l'attachement à la nature et le niveau d'éducation (Hadker et al., 1997 ; Ahmad and Hanley, 2009) : plus le niveau d'éducation est élevé plus la sensibilité des individus à l'environnement augmente.

Par ailleurs, on note que le nombre de visites intervient aussi positivement sur la valeur de non-usage. Ce lien peut s'expliquer par le fait qu'une meilleure connaissance du PNBA tend – de façon un peu paradoxale – à favoriser le fait de lui attribuer une valeur de non-usage. Dans la ligne des travaux récents sur le rôle de l'information et de la connaissance par rapport aux services de régulation et, plus généralement, à l'intérêt des mesures de conservation (Kotchen et Reiling, 2000 ; Kniivilä, 2006 ; Choi et Fielding, 2013). On retrouve cependant ce rôle de la familiarité et de la proximité dans plusieurs travaux qui, comme Stern et *al.* (1993), ont montré une relation entre les connaissances environnementales et les CAP ou, comme Schreiner et al. (2017) qui observent des différences entre résident et non-résidents. Dans ce dernier cas, les auteurs ont appréhendé la connaissance de façon très particulière comme étant le fait de connaître précisément le niveau des budgets nécessaire pour protéger l'environnement, ce qui relève plus d'un sentiment de capacité de contrôler l'action, mis en évidence comme variable d'engagement déterminante par la théorie psychologique de l'action planifiée (Ajzen et Fishbein, 1980 ; Ajzen, 1985), que comme connaissance de l'écosystème à protéger. D'autres auteurs, tels que Kahneman et al. (1993), Stern et al. (1995) et Widegren (1998) obtiennent des résultats plus contrastés ne permettant pas de montrer l'influence de l'information sur le CAP. Néanmoins, on admet généralement l'existence d'un lien entre le CAP et la connaissance des milieux qu'il s'agit de protéger ; ce qui rejoint les travaux sur la sensibilisation à la nature montrant le rôle de la fréquentation et de l'expérience physique des milieux, notamment de l'expérience durant la petite enfance (White et Stoecklin, 1998).

Enfin, on note une corrélation négative entre les consentements à payer pour des valeurs de non-usage et l'importance attachée aux services d'approvisionnement liés au secteur halieutique, alors même que le PNBA est souvent présenté comme « la » zone de nurserie dont dépend la pérennité de l'activité de pêche dans la ZEE mauritanienne. On note que les personnes les plus sensibles à cette fonction ont plutôt déclaré un CAP moins élevé. Cette relation peut être interprétée comme le fait que le PNBA est plutôt considéré comme la réserve emblématique de cette zone du littoral Ouest-africain, et que son importance est de ce fait plutôt reflétée par sa valeur d'existence. En effet, on pourrait considérer que l'on dépasse les valeurs d'altruisme pour s'inscrire dans un rapport à la nature plus largement éthique s'agissant de personnes sensibles à des valeurs de non-usage. Ces individus sont sensibles à une approche plus multidimensionnelle du PNBA et pas seulement comme une réserve pour les stocks halieutiques ; ce qui élargit sa fonction de réserve à une vision plus large ou plus écologique de son rôle dans la reproduction des populations de poissons, par rapport au maintien de la pêche, comme c'est souvent évoqué. Inversement, on note une sensibilité spécifique des individus sensibles aux valeurs de non-usages pour la fonction culturelle et patrimoniale du PNBA qui s'exprime à travers la corrélation positive avec le maintien d'un milieu identitaire pour les Imraguens. Cette valeur correspond à une valeur d'usage de procuration (vicarious use value). Cette relation légitime en quelques sortes leur rôle de sentinelle ou de garant, sachant cependant que, du point de vue éthique, ce rôle est assuré aux dépens de leur qualité de vie en termes d'accès à certains équipements de base. Inversement on note une corrélation négative avec le maintien des Imraguens pour les individus sensibles à la valeur d'usage du PNBA. Concernant les liens avec les services écosystémiques, il est intéressant de noter que les individus sensibles à la valeur d'usage ont des relations plutôt négatives avec les services liés à la biodiversité ou à la culture et, au contraire, une relation positive avec les activités récréatives, révélant ainsi leur motivation pour la préservation d'espaces naturels qui sont considérés comme des supports d'aménités naturelles à partir desquelles les services culturels sont développés.

CONCLUSION

La valeur de non usage estimée globalement à 1,6 milliards MRU indique clairement un attachement de la population mauritanienne au PNBA et aux services de nature écologique qu'il procure. Elle traduit par ailleurs l'importance de conserver le capital naturel pour les générations futures. Un travail complémentaire devrait être entrepris afin de mesurer l'importance accordée par les populations européennes à l'existence du PNBA. Cela viendrait augmenter la valeur de non-usage calculée à partir de la seule population nationale.

CHAPITRE 2 : PERCEPTION DE LA VALEUR PATRIMONIALE DES PRINCIPALES PECHERIES IMRAGUEN DANS LE PARC NATIONAL DU BANC D'ARGUIN

Assane Deda Fall, Abdou Daim Dia

1. INTRODUCTION

Le Parc National du Banc d'Arguin (PNBA) est une Aire Marine Protégée (AMP) située de part et d'autre du 20ème parallèle. Il longe le littoral mauritanien sur plus de 180 km avec une superficie de 12 000 km^2 composée à parts presque égales de zones maritimes (5 400 km^2) et continentales (6 600 km^2). Le PNBA a été créé le 24 juin 1976 par décret n°76-147, et reconnu zone humide d'importance internationale par la Convention de RAMSAR en 1982, puis déclaré site du patrimoine mondial de l'UNESCO en 1989. La Loi du 24 janvier 2000 définit le PNBA comme un « patrimoine national », couvrant un domaine à la fois maritime et terrestre. Il représente une importante réserve pour la reproduction et la croissance de plusieurs espèces de poissons, de mollusques, de crustacés et de mammifères marins. Le Parc joue également un rôle important comme lieu de séjour pour l'alimentation et la reproduction de centaines d'espèces d'oiseaux (PNBA, 2002).

L'AMP du PNBA est habitée par la population autochtone Imraguen qui occupent les neuf villages répartis le long de la côte, pour un total d'environ 1 280 personnes actuellement dont 341 sont des pêcheurs actifs (Wagne et Sarr, 2018). En tant que population autochtone, les Imraguen sont les seuls autorisés à pêcher dans les eaux du Parc pour y pratiquer une pêche de subsistance sensée être destinée à la satisfaction des besoins domestiques des populations. La loi 2000/24 relative au Parc consacre un certain nombre de droits d'usage exclusivement au profit des populations résidentes du Parc. Elle définit les activités de pêche, de subsistance et notamment la pêche à pied dite « pêche Imraguen » et la pêche à la lanche à voile. Compte tenu de son statut particulier d'Aire Marine Protégée, les activités pratiquées dans la zone du PNBA sont soumises au respect strict des exigences de la conservation des écosystèmes. La pêche est restreinte à l'utilisation de 114 lanches qui pratiquent une pêche saisonnière à l'aide des différents types de filets : filet courbine, filet épaule-mulet, filet tollo, filet dorade, etc. La propriété des lanches et le droit de pêche sont réservés exclusivement aux Imraguen.

Toutefois, depuis près de deux décennies, cette pêche censée être de subsistance s'est transformée en une pêche commerciale, et a eu comme conséquence une augmentation de la pression sur les ressources marines de l'AMP. L'introduction de la lanche qui est l'emblème des Imraguen depuis les années 1960 constituent le facteur déterminant de l'extraversion de la pêche Imraguen devenue une pêche commerciale depuis les années 1970. La lanche longue de huit à onze mètres et ayant une forme de coque parfaitement adaptée à la navigation dans le PNBA a permis aux Imraguen d'améliorer leurs captures en allant dans les zones de pêche et les chenaux pour chercher les bancs de mulets de plus en plus loin rompant ainsi la dépendance de ces pêcheurs au passage des bancs de poissons près de la côte (Pelletier, 1986). Ainsi, la lanche est devenue un outil incontournable dans la stratégie de pêche des Imraguen en participant à la mutation profonde sur le plan économique et sociale dans l'espace du Banc d'Arguin (Boulay, 2011 ; Fall, 2014). Dès lors dans le PNBA, il ne s'agit plus de la situation de symbiose des Imraguen avec leur milieu naturel décrit par Worms et Mouloud

Ould Eida (2002), comme une arène économique, d'un système de prélèvement saisonnier et vivrier « pêche de subsistance ou de survie », mais bien à un système marchand et hautement capitalistique.

1.1. Pêcheries au PNBA

Actuellement, les principales pêcheries (courbine, mulet, sélacien, tilapia) évoluent dans la zone du Banc d'Arguin. La pêche est réalisée à l'aide d'engins de pêche constitués de filets maillants et de filets dormants. Les filets maillants piègent le poisson dans une maille qui est soit montée au carré, étirée ou fermée définissant un rapport d'armement selon les espèces ciblées. Le principe du filet maillant est d'ouvrir la maille pour piéger le poisson par les ouïes, ou par la bouche. Cependant, les filets dormants sont immergés pendant une durée déterminée, correspondant à un ou plusieurs flux de marée (flot et jusant) qui n'excède généralement pas 24 heures (Le Douget, 2008). En 2012, la rente halieutique générée dans le PNBA est estimée à 10,8 millions MRU (280 000 €) par an pour l'ensemble de la pêche sur le PNBA. Rapportée à une lanche active, la rente halieutique générée est de l'ordre de 122 000 MRU (3 000 €) par lanche par année (Kinadjian et al., 2012).

1.1.1. Métier du Filet épaule

Le Filet épaule « schibke atik » est un filet qui mesure une brasse de large sur cinq ou six de long (soit une chute de 1,6 m et une longueur d'environ 10 mètres) et une maille qui mesure entre 55 et 60 mm de côté. Il s'agit d'un engin traditionnel ancestral utilisé par les Imraguen pour capturer le mulet. La technique de déploiement de cet engin a évolué ces dernières années en raison de la raréfaction des ressources. Elle est passée d'une pêche villageoise collective au bord du rivage à une pêche pratiquée par des groupes restreints embarqués sur des lanches à voile ou sur des pirogues (pour le cas de Mamghar). Ce filet est l'unique engin considéré maillant, il devient dormant selon une stratégie définie « kasra » qui consiste à poser le filet à pied aux alentours des villages et le laisser immergé durant une période définie. Il constitue environ 22% de l'effort global en termes de nombre de jours de pêche. Le calendrier de pêche principal de cet engin débute en juin et se termine en novembre pour la pêche du mulet jaune. Le filet épaule est utilisé dans la zone sud : Iwik, Tissot et Teichott (Braham, 2015).

1.1.2. Métier du mulet

Le filet mulet « schibke azoul » est utilisé dans les villages de Mamghar, Iwik et Teichott et représente 15% de l'effort de pêche dans le PNBA. Dans le village de Mamghar, il est utilisé par les pirogues motorisées. Il permet de pêcher des mulets, mais aussi des daurades et des toumvertels. Il peut être également utilisé comme filet encerclant par deux lanches en raccordant deux filets mulets, ou par une lanche. Dans ce cas, le filet dispose d'un flotteur et d'une ancre à une extrémité. Dans les chenaux trop profonds, il permet de pratiquer la pêche à pied (Le Douget, 2008).

1.1.3. Métier de la courbine

Le filet courbine reste l'engin le plus utilisé dans le PNBA, avec une utilisation sur toute l'année excepté le mois de juillet. Le filet courbine est utilisé aussi bien par les lanches que les pirogues motorisées à Mamghar. Il existe deux types de filets courbine : le filet courbine maillant fixe appelé localement filet « Inchir » et le filet courbine encerclant appelé localement filet « Igarra ». Ces deux types de filets peuvent être mis en œuvre de façon complémentaire lors d'une même opération de pêche. Le filet dit « Igarra » est utilisé pour encercler les bancs de poisson. A partir de ce cercle, les pêcheurs mettent leurs filets maillants fixes « Inchir » en guidant la courbine vers le filet afin d'être capturer. D'après les concepteurs, ces filets demandent un grand investissement allant jusqu'à 10 000 à 15 000 MRU pour un seul filet (Braham, 2005). Le filet courbine représente 46% de l'effort de pêche dans le PNBA. La pratique de la technique du filet courbine est limitée aux villages situés au nord (Arkeiss, Agadir, Iwik et Ten Alloul) et occasionnellement dans les villages de Teichott et R'Gueiba (Braham et Wagne, 2013).

1.1.4. Métier du tollo

Le filet tollo, dit filet « cassoune » ou filet « meluza », est utilisé presque toute l'année dans les villages du PNBA. De par sa conception, ce filet peut être utilisé sur plusieurs espèces et représente 15% de l'effort de pêche dans le Parc. Il est utilisé dans les villages d'Arkeiss, de Ten Alloul, de R'Gueiba, de Teichott et d'Iwik. Ce métier connait actuellement un dynamisme dû à l'accroissement de la demande sur les espèces de sélaciens (notamment les petits requins) de la part des transformateurs de la sous-région (Braham et Wagne, 2013).

Tableau 51 : Répartition des engins de pêche selon les métiers et les sites de pêche (Wagne et Sarr, 2018).

Village	Courbine	Mulet	Sole	Tollo
AGADIR	11			
ARKEISS	18			
TEN ALLOUL		2		
IWIK		12		
TISSOTT	45		5	2
TEICHOTT		18		
R'GUEIBA		17		
AWGUEDJ			13	
MAMGHAR		10		

1.2. La patrimonialisation de la nature dans le PNBA

Le terme de patrimoine est de plus en plus utilisé pour des usages qui s'éloignent de l'économie classique et ayant un rapport avec les biens et les services de l'environnement. Ainsi, il est possible de définir le patrimoine d'un site, d'un écosystème, comme l'ensemble de

ses caractéristiques, fonctions et services qui ont été transmis par les générations passées et qui vont l'être aux générations futures. La valeur patrimoniale d'un site naturel est l'estimation économique ou monétaire du patrimoine en question, cette valeur pouvant être plus ou moins difficile à établir selon la complexité de l'écosystème (Rudloff, 1992). Pour Cormier *et al.* (2002), le patrimoine se traduit non seulement par les objets naturels qui le composent, mais aussi par les pratiques et les savoir-faire qui y sont rattachés. Le patrimoine maritime des Imraguen du Banc d'Arguin englobe l'ensemble des manifestations culturelles et des savoir-faire qui lient cette population au caractère maritime de leur territoire. Ainsi peuvent être cités les lanches qui sont l'emblème du patrimoine maritime du Banc d'Arguin, les techniques de pêche et de navigation, la connaissance des milieux et des espèces, les pêcheries, les techniques de transformations des poissons, les chants, les poèmes et les contes en lien avec la mer. Il y a également la vertu thérapeutique des produits Imraguen. La chair, l'huile et, secondairement, la poutargue sont réputées bonnes pour le diabète et d'autres maladies chroniques locales (Boulay, 2011). Autant d'expressions matérielles ou immatérielles de la culture Imraguen qui constitue une partie essentielle du patrimoine culturel Mauritanien (GIZ, 2013).

La pêche Imraguen a toujours suscité un grand intérêt du fait de son originalité et de son ancienneté. L'organisation de la pêche Imraguen était fondée sur des règles sociales ancestrales qui respectaient le droit et le rang social de chaque individu. Le poisson était pêché au rythme de ses migrations le long des côtes mauritaniennes. Il était consommé presque toute l'année grâce à des techniques de transformation adaptées. Chaque membre de la communauté avait sa fonction et son rôle à tenir, « telles étaient les conditions pour assurer la survie du groupe dans un environnement aussi hostile, confiné entre le désert et la mer. L'organisation du travail était basée sur les règles de vie en communauté, de socialisation tout en respectant le droit et le rang de chaque individu dans la société » (Bernardon et Vall, 2004). C'est ainsi que dans un contexte d'afflux des populations sur le littoral pour fuir la sécheresse des années 1970 et les nouvelles opportunités de valorisation des ressources halieutiques, les populations se sont sédentarisées créant ainsi les différents villages du PNBA lors des parcours de pêche.

L'identité de résident dans le PNBA va devenir un enjeu de pouvoir qui cristallise des stratégies de compétition entre chefs de fraction de tribu. Ces stratégies tendent à une clôture le territoire du PNBA par une appropriation des ressources par la population Imraguen dans le cadre tribal dans un contexte de forte pression anthropique et d'ouverture croissante du littoral (Ould Cheikh et Ould M. Saleck, 2002). L'autochtonie fondée sur des légitimités historiques, va être mise en avant par les hiérarchies tribales traditionnelles pour réactiver des liens de sujétion et de clientélisme par la construction d'une identité « Imraguen » qui repose sur une « vision idyllique des rapports de l'homme à la nature qui serait le propre des Imraguen » au point de focaliser l'ensemble des interventions des bailleurs de fonds et des ONG vers la population autochtone Imraguen (Ould Cheikh, 2003). L'autochtonisation des populations se traduit aussi par des aspirations à la promotion des identités et du renforcement des pouvoirs des populations autochtones résidents dans les limites du PNBA. Ce statut d'Imraguen résidents va imposer certes des contraintes (manque d'eau, d'électricité, denrée de premier nécessité…) mais va conférer également un certain nombre de prérogatives concernant l'accès et l'usage des ressources naturelles, et halieutiques d'une zone marine de 5 400 km^2 qui représente le tiers des côtes mauritaniennes. C'est ainsi que l'appartenance à cette communauté constitue un réel enjeu politique et économique dans cet espace. Les

enjeux de revendications identitaires, et la légitimation des droits territoriaux vont être utilisés par les Imraguen pour capter les projets de conservation initiés par des groupes de pression internationaux avec l'émergence d'une conscience patrimoniale face à l'autochtonie qui se fonde sur des références à la tradition, à l'ancienneté du peuplement, aux mythes fondateurs et à la cosmogonie (Ould Cheikh, 2003).

Dans le PNBA, la patrimonialisation de cet espace se décline par une revendication identitaire Imraguen portée par cette population et matérialisée par la création de structures villageoises telles que les coopératives villageoises et les associations comme l'« Association pour la Sauvegarde Sociale et la Promotion de la Culture des Imraguen » (ASSPCI) ou l'Association des Amis du Banc d'Arguin (AABA).

L'Association pour la Sauvegarde Sociale et la Promotion de la Culture des Imraguen (ASSPCI) a été créée en 1994, pour favoriser « la promotion culturelle et sociale des Imraguen à travers la reconsidération de leur culture et la sensibilisation de l'opinion nationale et internationale sur leur culture et leur patrimoine menacé de disparition ». Elle mène un travail de sensibilisation sur leurs capacités touristiques, riches et importantes. L'ASSPCI a pour ambition aussi de faire la « promotion des pratiques traditionnelles de la pêche artisanale chez les Imraguen » et montrer « leur importance dans la protection de l'écosystème et la richesse halieutique ainsi que leur rôle dans la solidarité sociale ».

Toujours dans le cadre de l'engagement militant en faveur de leur territoire et de son avenir, les Imraguen ont créé en 2012 l'Association des Amis du Banc d'Arguin (AABA) par des écoguides lors d'une formation à Nouamghar. L'AABA regroupe actuellement plus de 500 personnes représentant plusieurs associations de jeunes, issues de tous les villages du Banc d'Arguin. L'AABA souhaite améliorer les conditions de vie de ses concitoyens, et la sauvegarde du patrimoine culturel et halieutique du PNBA. L'association s'active dans la préservation de la biodiversité du PNBA, l'écotourisme, le maraichage, l'éducation et la formation de la population Imraguen (communication personnelle Sidi – président AABA).

1.3. La création des espaces publics comme prolongement du discours participatif dans le PNBA

La participation des acteurs au processus de décision qui les concerne directement est un droit fondamental des peuples inscrits dans la déclaration d'Arusha de 1990 qui se fonde sur l'idée que le développement durable ne pourrait être obtenu qu'avec la pleine participation des futurs bénéficiaires du processus (Nations Unies, 1990). En Afrique de l'ouest, les AMP sont apparues comme un champ d'application privilégié pour analyser la problématique à concilier la conservation de la biodiversité et le développement socioéconomique des populations résidentes au vu du nombre considérable d'usagers dépendants des ressources naturelles (Dahou et al., 2004).

Dans les années 1998, le Rapport du Groupe de travail technique sur la conservation et la gestion des requins avait depuis 1998 tiré la sonnette d'alarme sur l'expansion des captures de requin et ses conséquences sur la survie de certaines espèces vivantes dans plusieurs zones des océans de la planète comme la Mauritanie (FAO, 1998). C'est ainsi que face à la situation d'effondrement des stocks de requins, par le biais de la direction du PNBA et de la Fondation internationale du Banc d'Arguin (FIBA), la Mauritanie a initié une démarche de gouvernance

participative pour lutter contre l'exploitation des sélaciens dans le Parc. La thématique de la participation comme prolongement des arènes internationales a été relayé dans les AMP comme le PNBA « pour désigner une nouvelle forme de processus de décision reposant sur une interaction élargie et renforcée entre États, groupes sociaux » (Kalaora et Lionel, 2000).

Dans le PNBA, les espaces publics comme les « journées de concertation annuelles » et « les comités de pêche villageoises » ont été initiés comme des moyens de régulation de l'accès aux ressources afin de freiner les méfaits socioéconomiques et écologiques de l'accélération brutale de la pression sur les ressources marines. C'est ainsi qu'initialement exclus du processus de concertation et de décision qui avait conduit jadis à la transformation institutionnelle de leur territoire, les Imraguen ont été sollicités et ainsi découvrir « le slogan de la participation », un processus participatif qui a engendré chez eux une somme de nouvelles contraintes et de nouvelles opportunités (Ould Cheikh, 2003).

1.3.1. Les journées annuelles de concertation dans le PNBA

Les journées de concertation ont pour objectif le dialogue et la concertation entre les populations et le PNBA. Les premières journées de concertation ont eu lieu du 3 au 5 octobre 1998 à Nouamghar. L'objectif de ces journées était de discuter de l'avenir de la pêche artisanale Imraguen et de conscientiser les Imraguen sur la nécessité de préserver les ressources halieutiques du PNBA. Depuis lors, après chaque journée, une déclaration est faite, dite « déclaration de », suivi du nom du village où s'est tenue la réunion de concertation. Les décisions communes prises lors de ces ateliers font ensuite l'objet d'une « Note de service » de la part de la Direction du PNBA à l'intention de tous les agents du PNBA et les Imraguen. C'est le cas des décisions sur le calendrier des campagnes de pêche et sur les caractéristiques des engins de pêche autorisés dans le PNBA.

1.3.2. Comité de pêche villageoise[50]

En l'absence de structures sociales représentatives au sein des villages notamment pour suivre l'application des décisions prises lors des journées de concertation, le PNBA a créé en 2006 « le Comité de pêche villageois » qui a comme objectif de jouer un rôle décisif dans « la mise en débats » des questions publiques de gestion de la ressource entre l'administration et les populations Imraguen dans chaque village. Il est chargé de la discussion et du suivi des engagements relatifs aux activités de pêche dans le PNBA. Il vulgarise, suit et fait respecter les engagements des ateliers de concertation par la vulgarisation des textes légaux, des réglementations et des sanctions applicables dans le PNBA. Il définit et informe sur le mode d'application des sanctions en vulgarisant la liste des sanctions prévues et accordées dans le

[50] Les comités des pêches sont mis en place comme un complément des ateliers de concertation, au niveau du système de suivi des mesures établies et des négociations préparatoires à l'atelier suivant. Y sont notamment établis les sanctions en cas de non-respect des règles établies. Les propriétaires de lanches sont les seuls autorisés à voter. Une à trois personnes selon les cas, représentent le village, dans la mesure où le nombre a été laissé à la libre appréciation du village. Un représentant du Ministère des pêches et un représentant de la DSPCM sont présents

cadre des engagements pris à l'issue des ateliers de concertation (FIBA, 2004). Il est composé comme suit : 2 représentants de chaque village élus lors de l'assemblée générale ordinaire du village, 3 représentants de la direction du PNBA nommés par décision du Directeur (chefs des Départements et le responsable de l'appui au développement local) et 1 représentant du Ministère des Pêches et de l'Économie Maritime – MPEM. Les membres du comité sont élus par bulletins secrets, un mois après l'atelier de concertation et avec une validité portant jusqu'à l'atelier suivant. Les propriétaires de lanches sont les seuls autorisés à voter.

Dans leur quête d'une meilleure reconnaissance de leur statut, les Imraguen vont initier diverses initiatives au niveau des associations villageoises et des coopératives pour la promotion de la dimension culturelle de la pêche Imraguen à travers la reconsidération de leur statut de population autochtone et de leur patrimoine halieutique. Les organes de concertation vont être aussi un moment de vulgarisation et de sensibilisation sur les possibilités d'écotourisme et son importance dans la protection de l'écosystème du PNBA (Fall, 2017).

Dans sa théorie de « l'agir communicationnel », Habermas (1991) explique que les participants à « des processus de discussion » ainsi qu'à des organes « délibératifs », peuvent exprimer librement leur pensée dans une recherche coopérative de la vérité. Pour cet auteur, « le développement des structures communicationnelles dans l'espace public démocratique est le seul moyen de permettre l'articulation des revendications de justice et de fraternité ».

Dans l'espace du PNBA, l'appartenance tribale a joué un rôle décisif puisqu'elle était reconnue comme fondement des droits d'usage des ressources naturelles. Les Imraguen répondent à la structuration de la société maure, constituée autour de l'appartenance tribale et marquée par des liens de sujétion avec divers groupes tribaux. Les journées de concertations et le comité de pêche villageois vont paraitre dans leur appropriation par cette population locale comme un prolongement de l'ordre coutumier évoqué par Abdel Wedoud Ould Cheikh à cause de la présence de l'ordre coutumier la « Jamaâ ». Lors des processus participatifs, les personnes qui prennent la parole sont le plus souvent des personnes d'influence de la tribu représentée ici par les chefs de villages ou les mareyeurs qui prennent les engagements et les décisions au nom des pêcheurs. Certains paroliers n'étant pas nécessairement résidents du Parc inscrivent leur autorité dans le cadre tribal (Ould Cheikh, 2003).

Toutefois, à cause de ces lacunes, le mode de représentation de type « atelier de concertation et comité de pêche du PNBA » n'est pas encore un véritable lieu de discussion dialogique au sens d'Habermas (1991) ni un lieu « d'engagement et de partage des expériences dans un processus commun d'élaboration des décisions pour toute vie sociale » (Pestre, 2013).

1.4. Hypothèse de mise en pratique d'une évaluation contingente dans le PNBA

Les AMP ont été mises en place dans un objectif principal de conservation des écosystèmes marins et côtiers, cependant, plus de deux tiers des AMP ont connu des échecs par rapport aux objectifs fixés au départ (Kelleher et al., 1995 ; Jentoft et al., 2007). Elles ont souvent échoué à harmoniser les objectifs de conservation de la biodiversité et des écosystèmes et les objectifs de développement des activités économiques (Chakour et Dahou, 2009). Les raisons de ces échecs sont diverses et multiples telles que les conflits entre les acteurs impliqués, le manque d'informations et de données sur les AMP et le non-respect de leurs plans de gestion.

Parmi les raisons de cet échec on peut aussi citer l'hétérogénéité d'acteurs, le manque de communication entre les différentes parties prenantes, la non-résolution de conflits et les tensions entre les différents secteurs concernés, l'absence de cadre institutionnel, le manque de financements et des coûts de gestion et de surveillance importantes qu'engendre la mise en place d'une AMP (Mbarek, 2016).

Dans l'AMP du Banc d'Arguin, on constate depuis plusieurs décennies un accroissement des risques de dégradation de son environnement à cause de l'augmentation exponentielle des pressions anthropiques notamment la surcapacité de pêche, la pêche illégale, le développement urbain à la périphérie du Parc, les projets industriels dans la zone Nord, pastoralisme/ surpâturage, flux de transit reliant Nouakchott et Nouadhibou, etc. (PNBA, 2014). De façon générale, les pressions et menaces sur le PNBA accroissent, entrainant une augmentation des besoins financiers pour la conservation du site, tandis que, la conjoncture des finances internationales n'est pas très favorable. Le rapport du groupe de travail de l'IMROP de 2010 a mis en évidence, la raréfaction progressive des ressources halieutiques dans la ZEE mauritanienne. Il explique que le développement de l'effort de pêche pousse à l'augmentation de la concentration des navires de pêche le long de la limite ouest du PNBA (IMROP, 2010). La pression des patrons de pêche, les armateurs, les mareyeurs et les capitaines de pêche mauritaniens qui demandent l'ouverture du Parc à la pêche artisanale motorisée et les enjeux de l'exploitation des hydrocarbures. La lecture du rapport d'analyse de la mise en œuvre du Plan d'Aménagement et de Gestion 2010 – 2014 (PNBA, 2009) relate que l'avenir du PNBA passera par une forte intégration des problématiques locales aux dynamiques et politiques nationales, régionales et internationales, à la croisée des enjeux de la pêche, de l'exploitation minières et de la conservation. Le rapport explique en outre que les nombreux retards constatés dans l'atteinte des objectifs de préservation de la biodiversité du PNBA, sont dus en grande partie à l'insuffisance des ressources financières qui doivent être mobilisées pour l'exécution des Plans d'Aménagement et de Gestion de ce territoire (PNBA, 2009). Par exemple, le budget annuel requis pour la mise en œuvre du Plan d'Aménagement et de Gestion (PAG) 2015-2019 est estimé à 130 208 700 MRU. Ce budget ne cessera d'augmenter du fait de l'augmentation de ces pressions et les PAG doivent être élaborés sur la base d'une bonne détermination des pressions et des menaces sur cette zone (PNBA, 2014).

Face à toute cette situation, l'état peut décider les mesures suivantes :

- Interdire la pêche aux Imraguen parce qu'elle n'est plus une pêche de subsistance mais une pêche commerciale.
- Ouvrir le PNBA pour répondre à la pression des opérateurs du secteur de la pêche qui depuis plusieurs années maintenant réclament que la zone du PNBA soit ouverte à la pêche artisanale mauritanienne.
- Réduire la superficie totale du PNBA pour diminuer les pressions de la pêche aux alentours du PNBA en appliquant les méthodes de Restrictions Spatio-Temporelles (RST). Ce qui peut avoir une conséquence sur l'existence de certains villages périphérique du Parc. D'autant plus que ces résultats montrent que l'apport du Banc d'Arguin est faible (environ 1%) bien que sa superficie représente plus de 30 % du littoral mauritanien (Braham, 2015).

1.5. Les Restrictions Spatio-Temporelles (RST) dans la pêche

Au vu de la situation actuelle du PNBA, la lutte contre la surexploitation des ressources naturelles peut être repensée en appliquant des fermetures permanentes (réserves de pêche), saisonnières (repos biologiques) ou temporaires (fermeture ad hoc). Bien que les effets de ces restrictions spatio-temporelles (RST) de pêche varient en fonction des échelles, des espèces ou du groupe d'espèces ciblées, du degré de protection etc., les RST saisonnières (protection des reproducteurs) ou plus longues (réserves temporaires) peuvent être efficaces et apporter un répit temporaire si les recommandations sur les lieux et les dates d'ouverture/fermeture sont adaptées et respectées. Elles bénéficient d'un encadrement strict pendant la fermeture et lors de la réouverture de la pêche pour ne pas perdre le bénéfice de l'effet de la réserve (Garcia et al., 2013). Les RST peuvent ainsi représenter des outils intéressants pour la gestion de stocks dans le PNBA.

Le PNBA présente des zones riches en ressources halieutiques très convoitées, qui sont soumises à certains risques liés à une mauvaise maitrise de son zonage qui se traduit par une perte de pouvoir de l'Institution PNBA au profit des autres partenaires institutionnels avec comme corolaire une diminution de la maîtrise des impacts potentiels de politiques nationales sur le territoire du Parc. Toutefois, le risque le plus important pour le Parc réside dans la pression de pêche sur ses zones marines ayant pour origine les autorisations non contrôlées par le Parc, voire l'ouverture de zones à la pêche artisanale « motorisée » (PNBA, 2014).

Pour faire face à ces risques, une redéfinition du zonage du Parc est nécessaire. Le Plan d'Aménagement et de Gestion (PNBA, 2009) avait proposé de subdiviser le Parc en unités de conservation, de gestion des ressources naturelles, de pêche, de régulation des activités (tourisme, infrastructures et urbanisme, activités sportives, etc.). La redéfinition du zonage aurait comme résultats d'améliorer la perception tant par les populations résidentes que par les acteurs extérieurs au territoire du Parc, du rôle, de la fonction, et de l'utilité de celui-ci dans le sens de l'intérêt général et par conséquent de la réduction des pressions politiques et de l'image de discrimination positive à l'égard des Imraguen résidents du Parc. Le zonage constituera la meilleure garantie d'une intégration efficace des enjeux du PNBA dans les politiques nationales (PNBA, 2009).

2. METHODOLOGIE

En essayant de prendre en compte les mutations profondes que connait l'espace du PNBA, dans le cas d'étude de la Valeur Économique Total du PNBA, nous avons jugé nécessaire de faire recourt à une évaluation contingente pour mesurer la dimension patrimoniale de la pêche dans le cas d'une interdiction de la pêche, d'une fermeture totale ou partielle, ou encore d'une redéfinition du zonage dans le PNBA.

Mbarek (2016) explique que l'évaluation contingente est d'abord utilisée comme moyen de mesurer la valeur de non-usage dans des projets environnementaux, c'est à dire d'étudier la valeur marchande de quelque chose en prenant en compte non seulement son usage, mais aussi son non-usage. Elle permet d'attribuer une valeur monétaire à des éléments ou des processus environnementaux alors même qu'ils n'en ont pas dans une perception utilitaire ou non de la nature « à l'aide d'un référent monétaire au prétexte que les humains accordent

aussi une valeur au fait de savoir qu'une ressource existe, même s'ils ne l'utiliseront jamais directement » (Weber, 2003).

L'évaluation de ces biens s'effectue après avoir créé un marché hypothétique à l'aide d'un questionnaire direct fait avec les individus concernés. Les comportements de ces derniers sont inobservables sur le marché ordinaire (réel) et la méthode d'évaluation contingente (MEC) permet de déterminer la valeur maximale qu'accordent ces individus aux biens en question (Desaigues et Lesgards, 1992).

L'application de la méthode de contingence est le consentement à Payer et/ou à recevoir (CAP). L'approche est fondée sur l'hypothèse que s'il existait un marché de biens et services environnementaux, les individus alloueraient un budget pour acquérir ces biens et services (Mbarek, 2016). La méthode permet de révéler ces prix implicites en demandant aux individus d'exprimer le montant qu'ils sont prêts à payer ou à recevoir pour continuer à bénéficier de tel ou tel bien et service offert par l'environnement. L'individu interrogé anticipe le montant de ses dédommagements qu'il doit recevoir parce que la méthode suppose que les individus ont une connaissance parfaite des biens et services environnementaux dont ils disposent (Mbarek, 2016).

2.1. Travail de terrain

Une mission de terrain de 21 jours a été réalisée au sein du PNBA du 06/08/2018 au 27/08/2018. Les neufs villages du PNBA ont été visité afin d'interroger les Imraguen. Le travail de terrain avait pour but de recenser les principales pêcheries (métiers) du PNBA à savoir : les métiers du Mulet, de la Courbine et du Tollo qui constituent les principaux engins utilisés dans le Parc avec environ plus de 80% de l'effort de pêche en moyenne ces dernières années (Braham, 2015). La réalisation de ce travail est passée par l'administration d'un questionnaire à un échantillon représentatif de pêcheurs Imraguen et particulièrement les capitaines des 95 lanches en activités dans le PNBA et les différentes personnes ressources (chef de village, ancien pêcheurs Imraguen) rencontrés dans les différents villages du PNBA. Nous avons sélectionné et défini les individus concernés par le questionnaire ouvert. Nous avons interrogé 41 personnes sur une population estimée à 1 283 personnes représentée par 240 ménages (39 chefs de ménages sont des femmes alors que 201 sont constitués d'hommes). Étant donné que nous voulons faire ressortir l'aspect patrimonial de l'activité, nous avons ciblé essentiellement les capitaines de pêches (13), les mareyeurs (7), les anciens pêcheurs Imraguen (11) et les chefs de ménage (10). Les entretiens ont duré en moyenne 20 minutes par personne et ont permis de relever d'autres informations sociodémographiques comme le niveau d'instruction, l'âge, le niveau d'éducation et le sexe des Imraguen.

2.2. Méthode de calcul de la valeur des savoirs Imraguen

Pour évaluer la valeur des trois principales pêcheries Imraguen nous avons choisi d'utiliser la méthode de calcul du Consentement à Payer (CAP) qui s'effectue à l'aide des techniques statistiques et des modèles économétriques. Nous avons demandé aux Imraguen, selon leurs métiers, le consentement qu'ils souhaitent que l'État leur octroie en cas de mise en place d'une politique de gestion selon le cas choisi par l'administration du Parc. Le CAP est en réalité un

Consentement d'Indemnisation pour la Pêche (CIP). Nous avons ensuite fait la somme des différentes valeurs obtenues qui ont été divisée par le nombre de questionnaires administrés. Le consentement moyen obtenu a été multiplié par la population totale Imraguen.

Tableau 52 : Répartition des ménages par village et par sexe.

Villages	F	M	Total
Agadir	2	8	10
Arkeiss	0	5	5
Iwik	4	31	35
Mamghar	13	68	81
R'Gueiba	11	41	52
Teichott	5	28	33
Ten Alloul	3	9	12
Tessot	1	11	12
Total	**39**	**201**	**240**

Déploiement de l'étude (voir questionnaire en Annexe 6) :

- Dans un premier temps, les objectifs du travail ont été présentés de manière claire pour que les individus comprennent le scénario (fictif) proposé dans ce travail en termes de qualité, de quantité, de zone géographique et de temps nécessaire pour l'administration de chaque questionnaire (guide d'entretien) et le consentement à recevoir.

La deuxième étape a consisté à administrer le questionnaire afin de faire l'estimation du CIP moyen. Cette estimation est multipliée par le nombre d'individus concernés afin de déterminer la valeur totale du CIP pour les trois principaux métiers du PNBA. Les résultats de l'analyse sont présentés dans la section suivante.

3. RESULTATS

3.1. Estimation du CIP par pêcherie

Pour calculer le CIP par pêcherie, la moyenne des réponses par pêcherie a été multipliée par le nombre de lanche qui ciblent cette pêcherie. Le CIP par catégorie de pêcherie dans le PNBA varie entre 2,5 et 6 millions MRU par type de pêcherie (Figure 71).

Ainsi, pour la pêcherie de la courbine, 74 lanches sont actives avec un CIP moyen de 0,067 millions MRU/lanche, le CIP total de la pêcherie de la courbine est de 5 millions MRU. La pêcherie du mulet est ciblée par 59 lanches dans le PNBA. Avec une moyenne de 0,10 millions MRU, le CIP total de cette pêcherie est de 6 millions MRU. Le métier de la sole est exercé par 18 lanches dans le Parc, le CIP moyen est estimé à 0,22 millions MRU par lanche, soit un total

de 4 millions MRU pour cette pêcherie. Le métier du tollo est exercé par 2 lanches avec un CIP moyen de 1,25 millions MRU par lanche, soit un CIP total de 2,5 millions MRU.

La pêcherie de la courbine est la plus importante en termes de nombre de lanche qui exercent ce métier, suivi de la pêcherie du mulet. Toutefois, le métier mulet est le plus important dans le PNBA pour les Imraguen en termes de profit procuré par cette pêcherie. La pêcherie de la sole vient en troisième position avec 4 millions MRU suivie de celle du tollo avec 2,5 millions MRU (Figure 71). Le CIP total, en additionnant les 4 pêcheries (métiers), est alors de 17,5 millions MRU. A noter qu'une lanche Imraguen peut cibler plusieurs pêcheries durant l'année, les métiers variant selon les saisons et les abondances de poissons respectives.

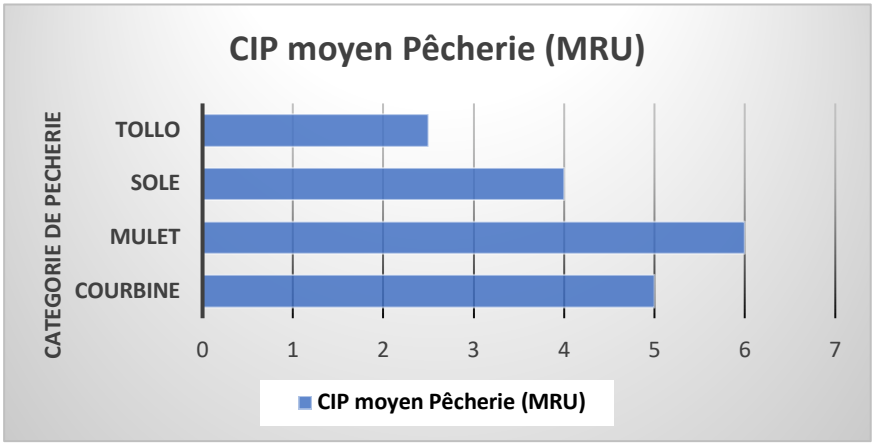


Figure 71 : Estimation du CIP par pêcherie, exprimé en millions MRU.

3.2. Estimation du CIP par lanche et par village au PNBA

Actuellement, le nombre total de lanches actives dans le PNBA est de 95 sur les 114 lanches autorisées à pêcher dans cette zone. Les types de pêche, les périodes de pêche, les zones de pêche et les espèces autorisées sont arrêtées d'un commun accord entre la population locale et les autorités du Parc. Pour une estimation du CIP total lanches, nous avons considéré l'ensemble des lanches du PNBA. Au cours de l'étude, nous avons rencontré aussi bien des Imraguen dont les lanches sont actives et ceux dont les lanches étaient inactives pendant cette période pour plusieurs raisons, notamment la réparation de celles-ci. Dans l'application d'un Consentement à l'Indemnisation pour la Pêche, l'ensemble des lanches sont ainsi considérées pour calculer le CIP total.

Pour obtenir le CIP total, nous avons multiplié ce CIP moyen/lanche qui est de 2 millions MRU/lanche par le nombre total de lanche (114). Ainsi, le CIP total lanche dans le PNBA est estimé à 228 millions MRU.

Nous avons procédé de la même façon pour obtenir le CIP pour chaque village du PNBA, en multipliant ce CIP moyen/lanches (2 millions MRU) par le nombre de lanches dont dispose chaque village. L'analyse donne les résultats ci-dessous (Figure 72).

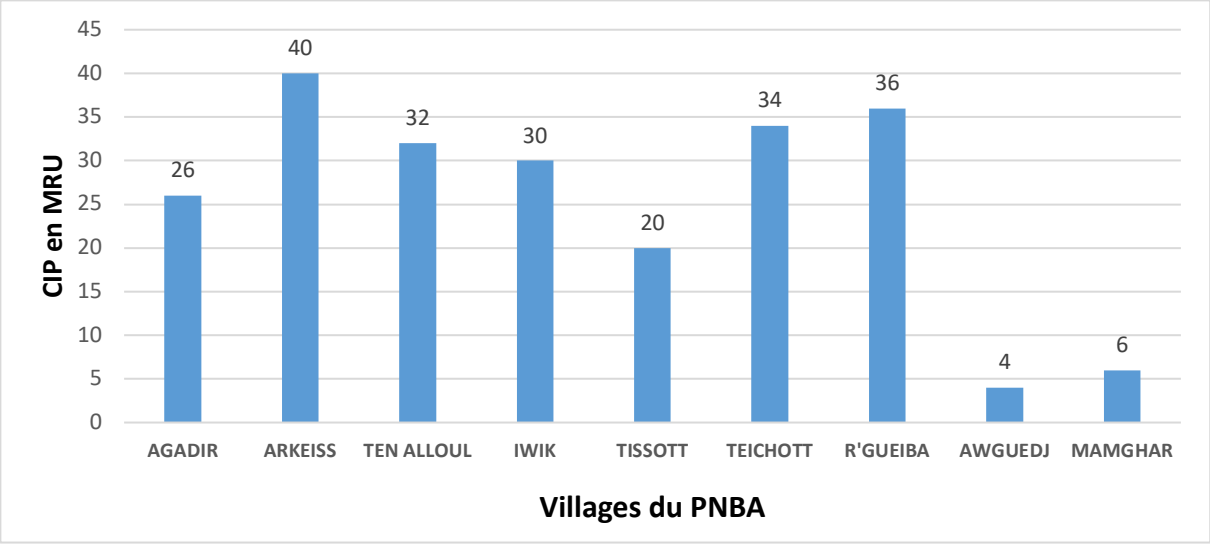


Figure 72 : Consentement à l'Indemnisation pour la Pêche par village.

3.3. CIP par village et par ménage au PNBA

La population du PNBA est concentrée dans 5 villages du PNBA (Agadir, Iwik, Nouamghar, R'Gueiba, Teichott). Ces villages sont caractérisés par un intense effort de pêche qui se traduit par une augmentation des sorties de pêche et par une diversification des engins et techniques de pêche (Fall, 2017 ; Braham, 2015).

Sur les 10 chefs de ménages interrogés dans le PNBA, les réponses pour le CIP varient entre 0,5 et 2 millions MRU pour une moyenne de 0,8 millions MRU/ménage. Pour calculer le CIP total Ménage à l'échelle du PNBA, nous avons multiplié le CIP moyen par ménage avec le nombre total de ménages qui est de 240 ménages ce qui représente au total 192 millions MRU.

Le CIP Mamghar avec 81 ménages est estimé à 64,8 millions suivi du village de R'gueiba avec 41,6 millions, le village d'Iwik avec 28 millions, Teichott 26,4 millions, Agadir 8 millions, Ten Alloul et Tessot avec 9,6 millions MRU et le village d'Arkeiss avec 4 millions MRU de CIP.

4. Discussion

4.1. Le CIP appliqué pour l'arrêt de la pêche aux sélaciens dans le PNBA

Dans les années 80 dans le PNBA, sous l'influence du marché international et des mareyeurs locaux, les Imraguen se sont orientés vers la pêche aux raies et aux requins sous l'impulsion d'un pêcheur d'Agadir, M'bareck Ould Boukhwar, qui était en relation avec des pêcheurs sénégalais, pour introduire la pêche aux requins dans le PNBA à cause de la valeur commerciale de ses ailerons. La pêche des sélaciens a rapidement évolué, adoptant une logique résolument commerciale. Les capitaines de pêche Imraguen se sont alors orientés vers cette pêche aux requins sous l'aide des commerçants et des mareyeurs qui leur ont proposés des crédits d'équipement en matériel de pêche « dans un jeu non-dit d'appropriation du produit de pêche au retour des lanches » (Ducrocq et al., 2004). Les ailerons de raies guitares procuraient les meilleurs revenus, payés aux pêcheurs l'équivalent de 80 euros par kilo sec. Étant donné que

les Imraguen rejetaient les corps de raies guitares et de requins parce-qu'ils ne le consommaient pas, le PNBA étaient devenu à cette époque le plus grand sanctuaire d'Afrique pour les requins. Il faut noter que les requins font partie des apex prédateurs, ils se situent généralement au sommet des chaînes alimentaires. Ils assument un rôle de régulateurs et maintiennent un équilibre avec les populations de proies dans les écosystèmes marins. Les requins sont des populations quasiment stables dans les conditions naturelles. En effet, le succès reproducteur compense le taux de mortalité naturelle et ne laisse la possibilité qu'à une croissance très lente des populations, inférieure à 6 % par an pour la majorité des espèces (Ducrocq et al*.,* 2004).

C'est ainsi que pour lutter contre la pêche des requins, le PNBA a, dès le début des années 2000 et dans le cadre d'un prolongement du discours participatif, adopté une démarche participative impliquant les communautés résidentes dans la préparation des prises de décisions pour résoudre le problème de la surexploitation des requins. En effet, ils ne pouvaient trouver une solution sans que les pêcheurs ne soient impliqués dans sa recherche. Il existe de nombreux outils de gestion participative de la pêche. Basés sur un système de recherche, de suivi et de restitution des résultats tout en favorisant une concertation avec les acteurs de la filière pêche, des mesures de conservation des espèces menacées et des mesures d'appui à la reconversion de la pêcherie vers un mode d'exploitation durable peuvent être mises en place (Ducrocq et al*.,* 2004).

En 2000, dans le cadre du projet ARPI (Appui à la Reconversion de la Pêcherie Imraguen), les pêcheurs ont volontairement accepté les mesures de conservation proposées et l'accord de cessation de toute pêche ciblée des sélaciens avec les filets grands requins dans une démarche de reconversion garantie par les représentants des autorités traditionnelles. En contrepartie, les Imraguen ont demandé à la Direction du PNBA, une indemnisation pour l'abandon de ce matériel dans la mesure où beaucoup de familles dépendaient de la pêche des raies guitares et des petits requins. A cause des gains que procuraient cette pêche, même les familles qui ne possédaient pas de lanche à voile, négociaient l'embarquement de quelques filets à raies dans l'armement d'autres lanches appartenant à des parents ou à des amis. Ainsi, la Direction du PNBA et la Fondation MAVA ont trouvé un financement pour racheter et détruire l'ensemble des filets dédiés à la pêche des requins (filets à grands requins, filets à petits requins et les filets à raies). L'accord d'indemnisation a fait l'objet de négociations consensuelles entre les représentants des communautés vivant dans le Parc, la Direction du PNBA et ses partenaires financiers, et a été calculée par mètre de filet. Le prix unitaire de rachat du mètre de filet était d'1 euro par mètre, sans considération de l'état du filet. C'est ainsi qu'en janvier 2004, les agents du PNBA, suivis par des équipes de journalistes mauritaniens et de télévisions et radios internationales, ont sillonné les villages du PNBA, pour mesurer les filets remis par les propriétaires. Ces derniers ont été indemnisés en comptant les espèces devant les représentants de la Mairie et la Gendarmerie Nationale, et les nappes de filets ont été brûlées et enfouies. L'indemnisation a été réalisée sur la base d'un recensement des pêcheurs Imraguen qui avait été réalisé en janvier 2002 (Ducrocq et al., 2004). Selon Taleb Ould Sidi (2007), la compensation financière par le rachat d'engins pour stopper la pêche des requins a couté 110 000 Euros (38 500 000 UM à l'époque). L'abandon par les Imraguen des filets raies et requins a permis de constater la chute de capture des sélaciens pendant cette période (Taleb Ould Sidi, 2007).

4.2. Comparaison entre le CIP métier PNBA et l'indemnisation lors de la reconversion en 2004

Le CIP métier dans le PNBA est estimé à 17,5 millions MRU alors que l'indemnisation pour l'arrêt de la pêche ciblée aux raies et requins dans le parc a couté 3,85 millions MRU (38,5 millions anciens ouguiyas). Cette dernière représente 21% du CIP pour l'ensemble des 4 pêcheries les plus importantes du PNBA (Figure 73).

Le montant dépensé en 2004 pour l'arrêt de la pêche aux sélaciens est beaucoup plus important que le CIP pêcherie Tollo qui est parmi les plus actives dans le Parc. Malgré l'interdiction de la capture des sélaciens (Raie et Requins) et la mise en place d'un plan de conservation, les Imraguen ont continué de capturer les sélaciens qui constituent actuellement une grande majorité des captures (Braham, 2015). En effet, les Imraguen utilisent d'autres engins de pêche comme les filets Courbine ou Tollo pour capturer les sélaciens au niveau des sites au nord du PNBA, notamment dans les zones de pêche de « Kiaones », « Tafarit », « Saggaate », des zones fréquentées par les pêcheurs au départ de Ten Alloul, Arkeiss ou Agadir (Braham, 2015). Cette situation rappelle le consensus de façade, décrit par quelques ethnologues et par de nombreux experts en développement, qui ont trop vite fait de prendre pour argent comptant, décrivant ainsi les villages comme des communautés homogènes et solidaires, qui partageraient une même vision du monde et seraient cimentées par une tradition et une culture commune (Bierschenk et al., 1998).

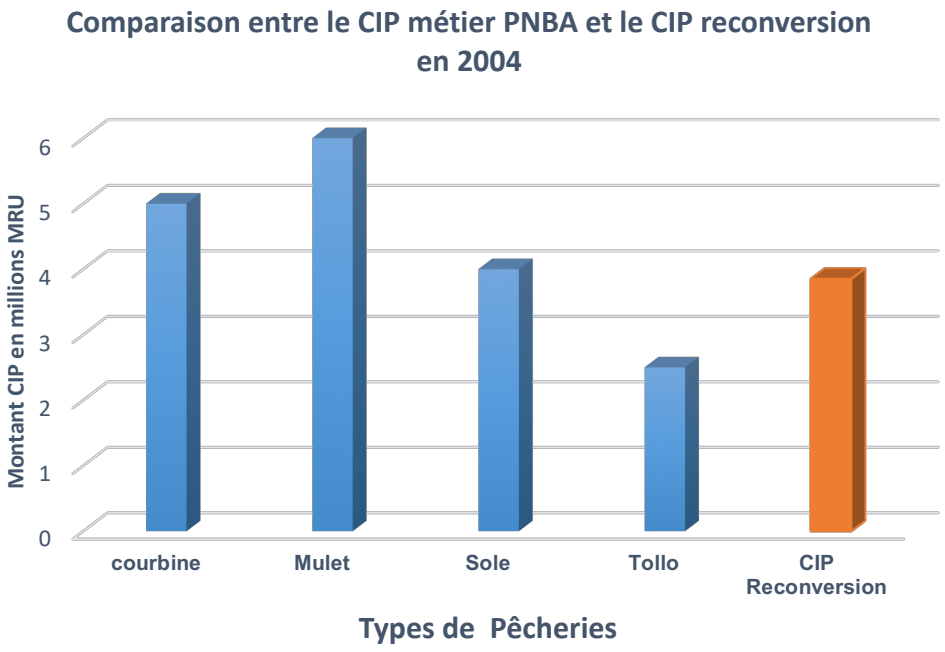


Figure 73 : Comparaison entre CIP Pêcherie et le CIP par l'achat de filet de 2004.

5. Conclusion

Dans cette étude, nous avons fait recours à la méthode contingente en appliquant un Consentement à l'Indemnisation pour la Pêche (CIP) pour estimation de la valeur patrimoniale

des principales pêcheries du PNBA. L'application du CIP permet d'évaluer la valeur patrimoniale des principales pêcheries Imraguen dans le Parc National du Banc d'Arguin dans le cadre de l'évaluation de la valeur économique totale du PNBA. Les différents résultats obtenus pour une indemnisation ponctuelle selon le type de pêcherie, les ménages et les lanches ont montré, au-delà des chiffres produits, l'attachement que les Imraguen ont de leur environnement naturel. En s'intéressant essentiellement aux principales pêcheries du PNBA, le calcul de la Valeur Economique Totale pourra se faire en utilisant les résultats du CIP pêcherie. Cependant, les résultats des CIP-lanches et CIP-ménages permettent de mieux comprendre la perception des Imraguen avec leur milieu naturel. L'activité de pêche fait partie de leur référent identitaire Imraguen du Banc d'Arguin dans une construction de leur patrimoine maritime. Un patrimoine difficile à évaluer parce-que pour les anthropologues, les valeurs sont les catégories d'une cosmogonie propre à chaque culture. Le système de valeur d'une société est son système de classement de l'univers, du monde, des choses, des êtres et des relations entre les êtres, les choses et leur milieu. Cette grandiose typologie propre à chaque culture constitue le système de référence du regard et des attitudes des individus et des groupes de cette société (Weber, 2003).

Toutefois, face à la transformation des relations entre les Imraguen et leur milieu écologique, marquée par leur insertion dans les circuits marchands, l'estimation de la valeur des principales pêcheries trouve leur signification dans un contexte plus large d'intégrer le PNBA dans les politiques de gestion et de développement de la pêche. La prise en compte de la régulation des « socio-écosystèmes » (Collins et al., 2011) de l'espace du PNBA est indispensable dans un contexte ou *« la mer tend à devenir un véritable terrain d'expérimentation de nouvelles techniques de gouvernance, moins sectorielle, plus intégrée et emprunte d'une vision systémique, cherchant à créer de nouvelles interfaces à l'articulation de la science, de la décision et de la pratique* » (Bremer et Glavovic, 2013).

Aussi, face aux enjeux et menaces qui pèsent sur le Parc (externes mais aussi internes), il est nécessaire de repenser cette étude dans une volonté affichée par les autorités du PNBA de revoir le zonage afin de spatialiser les restrictions et les usages possibles dans le Parc. Le zonage permet de conférer une vocation de chaque zone du Parc en fonction de son importance écologique pour atténuer les menaces extérieures et périphériques qui menacent le Parc (PNBA, 2014). La révision du zonage dans le PNBA à la lumière des informations recueillies constitue un moyen de préserver la biodiversité du PNBA, la dimension culturelle des activités de pêche et l'intégration du PNBA dans les stratégies sectorielles nationales de développement de la pêche en Mauritanie. Les mesures de compensation pourront ainsi être prises en faveur des pêcheurs lésés par la mise en réserve de leur zone d'activité traditionnelle tout en les aidants à développer des activités alternatives pour diminuer les pressions sur les ressources halieutiques (Alban et Boncoeur, 2004).

CHAPITRE 3 : DU PROCESSUS DE CONSTRUCTION DE L'ALTERITE DES IMRAGUEN

Abdou Daïm Abdoul Aziz DIA et Assane FALL

INTRODUCTION

" Dans le flux et reflux de la vie sociale, les gens identifient et catégorisent d'autre gens...". Brubakker (2002)

A partir d'un (re) examen d'un corpus de textes, de récits de voyages, de travaux scientifiques, de monographies descriptives, de travaux d'expertise, de rapports de mission, de stages, de travaux universitaires (mémoires de fin d'études), des documents officiels et de travail du Parc National du Banc d'Arguin traitant de la trajectoire des communautés de pêcheurs Imraguen, le présent travail se propose, de retracer les contextes dans lesquels l'image de ces communautés a été déclinée de la période des découvertes à nos jours par différents observateurs extérieurs : voyageurs, administrateurs coloniaux, chercheurs scientifiques, experts et agents en développement. Ceux-ci, pour des raisons diverses, à différents moments de l'histoire ont été amenés à côtoyer cette société prenant une part active dans la production et la construction de l'altérité de cette communauté. En effet, Brubakker (2002) ne dit-il pas que "Dans le flux et reflux de la vie sociale, les gens identifient et catégorisent d'autres gens... ".

Ainsi, pour cerner l'évolution de la figure dressée à propos des Imraguen et saisir les changements ayant affecté cette communauté et les processus qui ont contribué à la forger, l'on ne peut faire l'économie d'une approche diachronique, laquelle doit replacer inévitablement ces processus dans les conditions et les rapports liés à l'apparition de formations socio-politiques diverses (Emirats, l'Etat colonial et l'Etat national), ayant vu le jour en Mauritanie et qui furent confrontées à différents problèmes dont celui récurrent lié au contrôle des ressources du domaine maritime et du littoral. Il s'agira aussi d'analyser les paradigmes et registres interprétatifs qui ont servi de cadre pour structurer et donner sens à la panoplie "d'exo-définitions" touchant les Imraguen, une communauté qui demeure un exemple type pouvant éclairer de manière tout à fait pertinente la façon dont se produit un processus généralisé et complexe de recomposition sociale affectant les identités des groupes sociaux.

"Etudier l'ethnicité consiste alors à inventorier les répertoires des identités disponibles dans une situation pluri-ethnique donnée et à décrire le champ de saillance de ces identités dans diverses situations de contact. L'analyse situationnelle de l'ethnicité s'attache à l'étude de la production et de l'utilisation des labels aux moyens desquels les membres des sociétés pluri-ethniques s'identifient et se différencient, et à l'étude des choix tactiques et des stratagèmes qu'ils mettent en œuvre pour tirer le mieux possible leur épingle du jeu des relations inter-ethniques" (Poutignat et Streiff-fenart, 1995).

GENEALOGIE D'UNE STIGMATISATION

En examinant la genèse et le fondement de l'histoire de l'identité des Imraguen, on ne peut point ignorer qu'elle a été systématiquement frappée par le sceau de la stigmatisation. Celle-ci remonte à l'époque des découvertes, période où la saisie de l'altérité de l'Autre se faisait par le biais de "la pensée théologique" et de "l'interprétation mythique".

On doit cependant remarquer que la plupart des récits de voyage ont surtout insisté sur la richesse ichtyologique du golfe d'Arguin. A partir du XVème siècle, les témoignages font état de la présence très impressionnante de poissons et de tortues. Jannequin note en 1643 "qu'il a vu prendre une seule fois, d'un seul coup de senne trois cent gros mulets, un courbin, un pantouflier, tous deux poissons de grosseurs d'un homme (…) et quantité d'autres sortes (…)". Concernant le Banc d'Arguin, en 1728, le Père Labat note que "ce golfe est toujours un étang toujours plein de poissons dont on ne peut diminuer la quantité quelque nombre qu'on en prenne". Plus tard au XIXème siècle, d'autres représentations du même ordre suivront. D'aucuns comme Poinsignon note que "le golfe d'Arguin est un des lieux les plus poissonneux au monde", d'autres comme Corréard et Savigny font remarquer que "le Banc d'Arguin peut être considéré comme le vivier du monde".

Les mentions les plus significatives se rapportant aux populations Imraguen se trouvent dans l'ouvrage "Description de la Côte d'Afrique de Ceuta au Sénégal (1506 - 1507)" légué par un auteur portugais Valentin Fernandes. Ce dernier aborde la côte mauritanienne dans un contexte historique marqué déjà par la présence d'officiers, de marchands et de seigneurs européens dans des comptoirs installés sur le littoral et entretenant des relations commerciales avec les sociétés mauritaniennes de l'hinterland. Valentin Fernandes, qui remplit plusieurs fonctions - imprimeur, éditeur, traducteur, agent commercial et courtisan - traite da façon méthodique de la structuration des comptoirs européens, la vie des habitants qu'il a rencontrés dans la partie saharienne de la Mauritanie. Aussi, il aborde plusieurs autres aspects notamment ceux liés à l'organisation de la société globale maure dont il en livre les modalités de subdivision en groupes sociaux qu'il décline comme suit : "les Mouros (…) se subdivisaient en : Alarves, Aznègues et Barbaros".

Autant dire qu'au moment où Fernandes entre en contact avec les Imraguen, tout laisse à croire que les structures sociales de la communauté maure étaient déjà en place, au moins en grande partie dans la portion du littoral occupée par les Imraguen et, avec elle, la typification des Imraguen et les différents stéréotypes circulant à leur sujet : "Des hommes qui ne possèdent point de bétails, unique source et fondement de la vraie richesse du nomade, et condamnés à vivre de la prédation de la nature ; des êtres dont les racines généalogiques manquent cruellement de profondeur ". En effet du point de vue de la société maure dont le mode de vie dominant reste le pastoralisme, les autres activités sont largement péjorées. Ainsi, l'alter est entre autres défini comme celui qui s'adonne à une autre activité.

On peut fort logiquement penser que les figures que Fernandes dressent à propos des Imraguen sont précisément le résultat d'une élaboration sociale, laquelle est un condensé où s'entremêlent très vraisemblablement des images construites localement par les groupes dominants (traduites fidèlement ou déformées) et ses propres constructions avec ses aprioris, qui sont ceux de l'homme occidental du XVIème siècle dont les récits et l'approche de l'Autre

se font pendant la renaissance, période pendant laquelle la "pensée théologique et l'interprétation mythique de l'autre" constituaient les paradigmes et registres interprétatifs par excellence de l'autre.

Dès lors, on ne peut exclure le fait que les descriptions qu'il a produites soient une combinaison systématique d'éléments collectés localement avec d'autres, d'ordre légendaire. Pour autant, plusieurs siècles après la production de son témoignage, des éléments entiers du récit - qu'il a légué pour la postérité - restent d'actualité, ce qui atteste tout de même de la qualité globale des descriptions qu'il a produites sur les Imraguen. Tel est le cas de la pêche à pied dont il a tout d'abord décrit avec précision les matériaux utilisés pour confectionner les instruments de capture "les filets avec lesquels pêchent les Aznègues schirmeyros sont en fil fait avec des racines d'arbres, c'est à dire une écorce que l'on détache, que l'on bat, que l'on traite avec soin et dont est fait le fil. Ces filets atteignent une brasse de large sur 5 ou 6 de long. Ils les ramassent sur un bâton pointu aux deux bouts et de la taille d'un bourdon. Les flottes de ces filets sont des morceaux de bois (…). La plombée est composée de boules d'argile pétrie, séchée dans la cendre chaude et percées ".

Si au fil du temps, la matière première servant à la confection des filets a complètement changé, en revanche, les explications qu'il a fournies, avec une très grande exactitude, sur le déroulement des activités de la pêche restent encore en vigueur "Pour pêcher, ils vont deux à deux chacun portant son filet ramassé sur son bâton. Veulent-ils pêcher, ils attachent l'un à l'autre leurs deux filets, et dès que qu'ils ont aperçu le poisson, s'avancent chacun de son côté, laissant petit à petit le filet tomber du bâton entre eux jusqu'au moment où ils ont atteint le rivage où se sont rejoints l'un et l'autre. Ceci se passe dans l'eau peu profonde, ne nous arrivant qu'aux genoux et au moment de la grosse chaleur du jour parce que le poisson est alors comme enivré par la chaleur de l'eau, elle même en relation avec celle du soleil. Ils portent à la main droite leur harpon pour harponner le poisson quand celui-ci voulant franchir le filet, saute de l'eau "

UN TRIPTYQUE POUR CATEGORISER L'ALTERITE DES IMRAGUEN : PECHE, LITTORAL ET STATUT, TROIS POLES D'ANCRAGE D'UNE IDENTITE

En produisant les premières formes de catégorisation des différents groupes sociaux mauritaniens, il va surtout se dégager la spécificité de l'identité des Imraguen. Celles–ci tournent autour de plusieurs pôles :

- Occupationnel : celui-ci reste lié à la spécialisation dans des activités socio-économiques centrées sur la pêche par opposition à d'autres activités : chasse, élevage et commerce. Ils sont nommés schirmeyros à cause du poisson qu'ils prennent et vivent par opposition avec les autres Aznegues qui (…) sont chasseurs ou qui sont de grands éleveurs de chameaux, chèvres et moutons et qui sont aussi marchands.
- Spatial : il est défini en rapport avec les niches écologiques occupées par les Imraguen (littoralité vs continentalité) : les Maures les appellent " Azenègues " mais aussi tous les habitants du littoral jusqu'à la Guinée par opposition avec les "Azenègues Aznegues (sartão) qui habitent l'intérieur (terre).
- Statutaire : il est dépendant des conditions sociales (tributaires vs. libres)

Il y a encore deux autres îles du côté de la Guinée peuplées “Azenègues schirmeyros” avec leurs embarcations… ils se rendent en guinée et à Arguin. Ils portent les mêmes vêtements ont le même genre d’aliments. Bref tout est chez eux identique (ce qui existe chez les autres schirmeyros) à cette exception près qu’ils ne paient pas le tribut à personne”. Et Fernandes ajoute : “Ils sont opprimés par des Alarbes”.

D’autres attributions catégorielles

En outre, il les dépeint sous la figure d’êtres misérables “ils sont si pauvres et si misérables qu’ils n’ont ni pain, ni huile, ni bois à brûler, ni sel, rien d’autre de ce que l’homme emploie pour son usage” et stigmatisés par la culture dominante d’alors “les Azenègues schirmeyros sont de basse condition et méprisés par les Maures, étant considérés par ceux-ci comme les juifs de chez nous”.

D’autres assignations vont suivre, nous en retiendrons quelques-unes qui renvoient les Imraguen à l’Autre comme ontologiquement porteur d’une altérité négative : ils sont paresseux “Ces aznègues ne veulent pas pratiquer la pêche avec assiduité ”, pacifiques “Les Aznègues, au contraire des Arabes, sont des gens très paisibles, qui ne font la guerre à personne, se contentent de se défendre si on les attaquent…” et enfin, ils sont présentés comme des êtres intrinsèquement porteurs de souillure et d’impureté “Bien que ces gens là soient blancs de nature, comme ils s’exposent continuellement au soleil nus, ils deviennent très noirs, leur mauvaise alimentation les rend fort hideux et repoussants (…) ils sont sales et ils puent comme des boucs…”.

Après ces imputations, Fernandes donne une description assez détaillée des techniques de pêche en vigueur chez les Imraguen. Mais il faudra surtout attendre plus tard, notamment au XXème siècle pour que celles–ci soient revisitées par des spécialistes des sciences de la nature. Ces derniers sont émerveillés par l’ampleur des richesses halieutiques que recèle le golfe d’Arguin. Ainsi, le zoologiste Abel Gruvel affirme que “les eaux du Banc d’Arguin sont l’un des réservoirs ichtyologiques les plus riches qui existent au monde”.

LES CONSTRUCTIONS NATURALISTES DE L’IDENTITE DES IMRAGUEN

Préoccupés surtout par le potentiel halieutique des eaux maritimes et les techniques de transformation des produits de la pêche, ces naturalistes vont tout même s’intéresser aux communautés Imraguen rencontrées. Ainsi, Gruvel et Chudeau (1905) nous les dépeignent sous l’image d’hommes vivant à l’état de nature. En effet, les Imraguen portent des caleçons en cuir (azafa), leurs filets sont à base de fil tirés d’arbres (titarek), des briques cuites leur sert de plomb, etc. Ces descriptions mettent surtout l’accent sur les modes d’exploitation de la mer reposant sur des techniques sommaires et primaires.

En outre, ils confirment l’idée de Fernandes selon laquelle les Imraguen sont poltrons et incapables de se défendre et pour eux d’échapper aux expéditions punitives -les rezzous- auxquelles les soumettaient les tribus guerrières, ils n’opposent qu’une stratégie, celle de la fuite, qui est alors leur seule et ultime moyen de défense “comme les tribus du nord viennent régulièrement en rezzou dans les villages où ils s’emparent du poisson sec, des bourricots et

des captifs, les Imraguens, prévenus par ceux des leurs qui se trouvent plus à l'est et au nord, de l'arrivée des guerriers, prennent toutes les dispositions nécessaires pour être pillés le moins possible. Ils entassent dans les canots les femmes, les enfants et les vieillards et ce qu'ils ont de plus précieux, puis ils l'envoient au large sous la direction de deux à trois hommes d'entre eux. Tous les hommes valides, ainsi que les jeunes gens, abandonnent ensuite le village emportant, chacun un ou deux sacs de poissons et se dispersent dans la brousse. Les guerriers ne trouvent plus à leur arrivée, que des sacs vides et un peu de poissons sec ou en train de sécher qu'on a laissé exprès pour que, dans la colère provoquée par leur désappointement, ils ne brûlent pas les huttes" (Gruvel et Chudeau, 1909).

Malgré ces descriptions sur la vie des Imraguen, il convient de ne perdre de vue que ces naturalistes accordaient plus d'attention aux poissons et aux moyens de captures en raison de la nature du mandat qui leur étaient confié par des sociétés de pêches françaises et/ou des pouvoirs politiques français de l'époque intéressés en premier lieu par la mise en valeur des richesses marines des colonies.

Une mise en valeur d'autant plus pressante que pour le gouvernement colonial, il y a urgence à développer "l'alimentation des populations indigènes par la préservation du capital humain". Cet impératif de développement des pêches passant par un préalable à savoir une intensification des recherches scientifiques sur les pêches en mer et dans les eaux fluviales. A cet effet, dès 1906, est créé l'Office des Recherches et d'Organisation des pêcheries de l'Afrique Occidentale Française. Les objectifs visés étant d'arriver à initier les indigènes à des techniques de pêches et de conservation plus modernes. Outre, le développement socio-économique des indigènes, les scientifiques étaient interpellés pour répondre aux préoccupations de certains armements de pêche de la métropole, notamment ceux de Douarnenez et de Camaret qui traversaient une crise d'une grande ampleur suite à l'épuisement des stocks de sardines en Bretagne.Par ailleurs, cette mise en valeur répondait à une volonté de la politique coloniale de créer sur place des sociétés de pêche performantes qui pouvaient bénéficier des conditions favorables liées à une présence sur place d'une main-d'œuvre locale bon marché et d'une disponibilité abondante de la ressource.

Sur la base des recommandations d'Abel Gruvel, les autorités françaises décident de développer la pêche à partir de la Baie de Cansado et, quelques années plus tard, la ville de Port-Etienne (actuel Nouadhibou) verra le jour comme métropole de pêche. Cette dernière, malgré plusieurs contraintes liées à l'insécurité, au manque d'eau potable et au déficit d'infrastructures portuaires adéquats, abritera dès 1919 la Grande Société Industrielle des Pêches (SIGP). En nouant des relations commerciales avec les Imraguen auprès desquels elle se ravitaillait en poissons séchés et en œufs de mulets (poutargues), elle développera ainsi tout au long de son histoire des activités relativement prospères, lesquelles se maintiendront jusqu'au début des années 1970.

Il convient de ne pas perdre de vue que l'ensemble des travaux scientifiques de l'ère coloniale ont été conduits dans un contexte où les pêcheries émergeaient comme un enjeu économique. Elles avaient pour objectifs de recueillir des données d'intérêt commercial et d'apporter des avis et conseils pour la mise en valeur coloniale. Elles relevaient de ce qu'on appelle communément les études de faisabilité (Chauveau et al., 2000).

LES TRAVAUX DES ADMINISTRATEURS COLONIAUX

Suite aux travaux relevant des sciences de la nature, les Imraguen feront surtout l'objet d'une attention accrue de la part d'administrateurs coloniaux issus pour l'essentiel des rangs de l'armée coloniale et qui, vers la fin du XIXème, s'illustrèrent par la production des travaux de type ethnographique sur les groupes sociaux en Mauritanie. C'est ainsi que Faidherbe s'intéressa profondément à l'Emirat du Trarza, qui pendant une longue période de l'histoire contrôla une grande partie du littoral. Son objectif était de comprendre la nature et les types de relations qui prévalaient entre les différents groupes sociaux constitutifs de cette formation politique. Dans ses études, il aboutit à la conclusion qui affirme que "les rapports entre Hassan (guerriers arabes, Zwaya (marabout) et Znaga (tributaires) ressortissent des rapports hiérarchiques et non ethniques" (Faidherbe, 1854).

S'inscrivant dans la même perspective que leurs prédécesseurs, à partir des années 1930, des officiers de l'armée coloniale vont se focaliser de manière très précise sur la société Imraguen. C'est ainsi que le Lieutenant Lotte, en 1937, analyse minutieusement le fonctionnement des mécanismes de la dépendance des populations des Imraguen par rapport à l'aristocratie guerrière et maraboutique. Il mettra en évidence le fait que ceux-ci sont fondés sur l'acquittement d'un droit, tribut, sur le produit de la pêche : tagahadart (filet) ou tijikrît. Dans le premier cas, il s'agit d'un poisson sur dix pêchés et dans le second cas, d'un cinquième de poisson pêché. Ce type de droit est dénommé "l'bakh", il est assimilé par le Lieutenqnt Lotte à une forme de fermage sur l'eau comme il existe un fermage sur sol : " Comme l'bakh qui ne frappe que la terre cultivée et cesse d'être dû dès le moment où elle reste en jachère, le droit de pêche est un droit réel frappant la pêche et non le pêcheur, et qui cesse d'être dès le moment où la 'mer reste en jachère', c'est-à-dire saison morte ". Le Lieutenant Lotte montre que ce type de droit s'est transformé progressivement au point de s'apparenter à un tribut : "Si le bénéficiaire de la taxe n'est pas là pour contrôler le nombre, ce qui est souvent le cas, il traite à forfait, pour ainsi dire, et prélève alors par pêcheur et par année, un droit invariable de 70 poissons séchés, 1,5 litre d'huile et 35 œufs de poisson".

A côté de ces types de droits liés à l'exercice de la pêche, le Lieutenant Lotte mentionne également l'existence d'une autre redevance qui elle reste directement liée à l'occupation de l'espace terrestre. Cet impôt, il l'appelle : "ghafer" et est acquitté par les Imraguen en contrepartie de la protection que leur assure le suzerain contrôlant la zone où ils sont installés. Là également, l'on doit noter que les modalités d'existence "ghafer" demeurent variables selon la portion du littoral où l'on est, et du suzerain dont elle relève.

Quant au phénomène de territorialisation du littoral en plusieurs zones d'influences, sa mise à jour fût entièrement l'œuvre du Lieutenant Revol. En 1937, celui-ci fait le constat suivant : la région de N'Diago jusqu'à la pointe Thila était sous le contrôle des aristocraties guerrière du Trarza ; les rives de la baie de St-Jean étaient sous l'emprise des Barikallah, la portion de la côte allant de R'gueiba jusqu'au cap d'Arguin était sous la dépendance des Oulad Busbàà et l'extrême nord était occupée par les tribus El Grâ et Oulad Dlim. Au-delà, d'un simple phénomène de pré-partage de la côte en zones d'influence, Revol met le doigt sur un phénomène d'une importance capitale, à savoir le processus d'intégration de fait des Imraguen à des structures sociales plus larges, les entités tribales.

En outre, Revol fût le premier à s'intéresser aux coutumes de pêche qui prévalaient chez les Imraguen. Il mettra en lumière les grands principes présidant à l'organisation de la pêche à pied montrant clairement que cette dernière obéit à des règles strictes que sont entre autres la répartition et la permutation des sites, le tirage au sort et la réservation des droits d'usages. A ce sujet, en référence à Revol, Anthonioz (1967) note les faits suivants : "les pêcheurs sont assis sur la plage par équipe de deux et tenant leurs filets. Une seule équipe a le droit d'entrer dans l'eau : le tour d'entrée est déterminé par un tirage au sort par les vieux du village : le banc de poissons passe, il s'agit de l'encercler dans le filet (…) si la première équipe a réussi à encercler le banc les autres peuvent à ce moment entrer dans l'eau et chercher à attraper ce qui reste. Par contre si, elle a manqué son coup, toutes les équipes à la fois se précipitent pour essayer de capturer les poissons pour essayer de capturer le poisson. Le lieu de pêche est également déterminé, il est interdit aux équipes d'aller devant le banc de poissons, car elles bouleverseraient ainsi l'ordre qui a été établi au préalable".

Cenival et Monod (1938) traduisent du portugais en français l'ouvrage " descripçam " produit en 1506-1507 par V. Fernandes sous le titre " Description de la Côte d'Afrique de Ceuta au Sénégal. En appendice de cet ouvrage, Monod va s'intéresser particulièrement à la question liée au changement de dénomination qui s'est opéré et à l'issu duquel Imraguen se substitue au terme "Aznègue", un hétéronyme à forte connotation péjorative et dans le parler hassanya d'aujourd'hui. Selon lui cette nouvelle dénomination "…fait son apparition en 1858 dans les écrits de Barth et se substitue au terme d'Aznègue qui était d'usage... ". Citant, par ailleurs, Ahmed Eche-Chinkiti (1911), il dira que le terme "d'Aznègue" est identifiable au nom d'une tribu berbère très célèbre appelée Aznãga (Znãga) que des auteurs arabes que sont Ibn Khaldùn et Es-SADI ont dénommé SANHAJA. (...) et il ajoute "Bien que très colorés et basanés, ce sont des blancs et des berbérophones. Il n'y a aucune raison de ne pas considérer les Aznègues de la descripçam d'une part comme les vestiges du grand peuplement sanhãjien refoulé et dominé par l'invasion ma'kilienne, et d'autre part comme les ancêtres des derniers berbérophones de la Mauritanie contemporaine, qui ont conservé d'ailleurs le nom de Znãga" (Monod, 1938).

THEODORE MONOD : FONDEMENT DE LA SIGNIFICATION DU MOT IMRAGUEN

Les groupes ethniques, comme des productions historiques, ne peuvent être analysés sans prendre en compte le contexte (celui notamment de la colonisation) et du système de relations sociales dans lesquels ils ont pris corps et se transforment. L'ethnicité, dans cette perspective, n'est pas considérée comme un donné immuable, mais comme une ressource mobilisable par les acteurs selon les circonstances, qui peut être l'objet de débats et de propositions identitaires concurrentielles.

Cette étude a pour objectif d'explorer les processus historiques de construction d'une identité Imraguen et les évolutions qu'elle a connues dans la période récente. On cherchera tout d'abord à retracer, à partir d'un travail sur archives, le processus d'identification et l'évolution des nominations de ce groupe, et à voir dans quelle mesure il est redevable des mêmes opérations coloniales de classement des ethnies, bien documentés par ailleurs dans les études des anthropologues africanistes.

On peut remarquer ensuite que, dans le contexte de la construction de l'Etat mauritanien dans lequel la mise en avant de particularismes ethniques est généralement considérée comme inconvenante ou porteuse du désordre, les Imraguen sont l'un des rares groupes qui échappe à cette règle. D'où provient cette exception, sur quelles attributions d'altérité repose-t-elle et comment cette particularisation s'est-elle transmise de la période lointaine à celle actuelle ?

Enfin, le constat qui s'impose est que le groupe et l'identité Imraguen sont actuellement exposés à de considérables remaniements du fait des actions de développement et d'aménagement entreprises par l'Etat et des agences internationales, etc. Notre questionnement cherche à appréhender l'articulation existant entre les projets d'aménagement du Parc National du Banc d'Arguin et les recompositions sociales et identitaires qui sont à l'œuvre dans cet espace. En même temps, nous traiterons du rôle des mobilisations identitaires dans l'acceptation, l'appropriation et la dynamisation des actions de développement.

Une deuxième piste à explorer concerne les phénomènes d'entrée et de sortie de groupes ou d'individus, de la communauté des Imraguen. Le cas de la bourgade de Arkeiss représente un exemple particulièrement significatif pour l'étude des processus d'incorporation de nouveaux membres et des négociations identitaires qui les sous-tendent. Ce processus sera étudié à deux niveaux : d'une part, sachant que l'installation de nouvelles populations dans le Parc n'est pas chose facile, il serait fort utile de reconstituer les modalités d'accès et de fixation des populations de ce village dans l'espace du PNBA, malgré les premières réticences des autorités du PNBA ; d'autre part, sachant le rôle constitutif de l'activité de pêche dans la délimitation de l'entité Imraguen, l'insertion de populations ne pratiquant pas la pêche dans cet espace pose de façon cruciale la question des limites du groupe. Les premières observations faites au cours de la mission montrent que l'identité de ces nouveaux venus est en question, eux-mêmes affirmant leur pleine appartenance au groupe Imraguen, certains les voyant comme des « nouveaux Imraguens », d'autres niant purement et simplement leur appartenance au groupe.

Les liens matrimoniaux entre populations des villages et ressortissants des villages hors de cet espace doivent également être explorés du fait qu'ils participent à des modes privilégiés d'insertion et d'incorporation d'individus étrangers au PNBA. Les pratiques matrimoniales usuelles dans le village d'Agadir sont à cet égard particulièrement suggestives : la pratique consistant à nouer des liens matrimoniaux avec des hommes étrangers à l'île, couplée à une règle implicite de résidence uxorilocale, obligeant les couples formés et leur descendance à élire le lieu de résidence sur l'île, semble s'apparenter à un système de captation de gendres.

Quant à la signification du terme, Monod constate qu'outre Barth, différents auteurs l'ont employé. Ce fût le cas de Vincent en 1860, de Gruvel et Chudeau en 1909. Selon lui, ces derniers, sans avancer aucune explication, vont indiquer une étymologie " le mot Imraguen signifie littéralement, celui qui ramasse des coquillages ". Il en est de même, ajoute-t-il, de Marion Senones et Odette du Puigadeau (1935) qui affirment que " Imraguen signifie marin, pêcheur "

Dans la quête de l'étymologie et de la signification du terme Imraguen, Anthonioz va retrouver, chez M. A. Thomas, des éléments d'explication de poids et relativement convaincants. Ce dernier affirme que le terme Imraguen vient du berbère (sing. amrig.) et a pour la racine MRG=GMR signifie, chasser, récolter c'est-à-dire "ceux qui récoltent des produits naturels".

En dehors des naturalistes et des administrateurs, il existe peu de témoignages d'hommes de sciences sociales à s'être intéressé aux Imraguen si l'on excepte G. Balandier et P. Mercier. Ceux-ci, dans une note succincte, analysent le processus d'émancipation des Imraguen, lequel s'est fait par le rachat par la Société Industrielle des Grandes Pêches des redevances, que les Imraguen tributaires étaient tenus de payer à leur suzerain. D'une part, ils expliquent les raisons ayant conduit à cette opération par le fait que "c'est l'Administration en vue d'améliorer l'économie générale qui l'a imposé aux deux parties (…). Les Imragen n'avaient pas eux-mêmes demandé leur rachat ". D'autre part, ils analysent les difficultés de la mise en œuvre et l'application de cette mesure "Mais les intentions de l'Administration se heurtent souvent aux habitudes des populations. Pourtant le lien féodal reste fort, et les moyens de pression des suzerains, quoique moins violents qu'autrefois, subsistent. Et les Imragen ont en fait, continué malgré le rachat, à payer une bonne partie des redevances traditionnelles" (Mercier et Balandier, 1947).

Comme on le constate, jusqu'à la fin de la première moitié du XXème siècle, les différents travaux qui ont abordé et traité du statut social des Imraguen s'accordent totalement sur le fait que les Imraguen constituent une catégorie sociale mise sous dépendance "féodale".

Pourtant, le renversement de l'image négative de l'homme Imraguen et sa transformation en une altérité positive est à mettre pour, une large part, à l'actif des chercheurs en sciences sociales. Paradoxalement, un tel renversement interviendra dans la deuxième moitié du XXème siècle, contexte marqué par la proclamation d'un Etat national indépendant qui plaçait tous ses espoirs de développement dans le secteur minier et, accessoirement, sur celui de la pêche industrielle.

De fait, le Gouvernement mauritanien de l'époque avait élaboré une politique sectorielle qui avait pour objectif de favoriser l'émergence et le développement d'un armement national de pêche ayant pour rôle d'alimenter en produits les industries à terre existantes ou en cours de création, pour qu'elles soient autonomes par rapport à un armement étranger dominant.

Quant à la pêche artisanale, si l'Etat s'y intéresse ce n'est que marginalement. En effet, il lui assigne tout juste la mission de répondre aux besoins des populations des principaux centres urbains littoraux, Nouakchott en l'occurrence. En fait, l'idée prévalente à l'époque sur la pêche des Imraguen, c'est qu'elle était incapable de répondre aux besoins liés à la demande intérieure en raison de sa nature "de pêche de subsistance" autorisant tout au plus la mise en marché d'une « petite production marchande ». Dès lors, le gouvernement mauritanien incite tout simplement l'installation sur son sol national des pêcheurs étrangers, les Guet-N'dariens de Saint-Louis du Sénégal, dont la pêche est jugée plus dynamique et performante et, par conséquent plus apte à répondre à la demande intérieure en produits de la pêche.

C'est pratiquement au moment même où les pêcheurs migrants étrangers s'installent en Mauritanie que débute le processus de revalorisation de l'image de l'homme Imraguen. A la figure séculaire de l'homme à l'état de nature va se substituer celle de l'homme respectueux de l'état de la nature. A cet égard, les Imraguen vont être révélés à la face du monde. L'on redécouvre alors de la dimension mythique dans leur mode de pêche à pied qui associe l'homme et le dauphin. Cette association de l'homme et du dauphin n'est apparue qu'au début du siècle. Résultat d'une construction sociale, cette image continue toujours à considérer les Imraguen comme des pêcheurs utilisant un mode d'exploitation moins prédateur et respectueux de la nature. D'autres qualifications participant à l'emblématisation des activités

de pêche Imraguen suivront “pêche spectaculaires”, “pêche mythique”, “l’homme qui coopère avec l’animal”, “ les hommes qui ont su dompter le dauphin”, etc. François Xavier Pelletier (2000) les appelle les “hommes qui cueillent la vie” dans un ouvrage récent qu’il leur a consacré.

Paradoxalement, c’est à partir des années 1980, moment même où les Imraguen sont l’objet d’une admiration au niveau mondial pour leur mode de pêche considéré comme respectueux de la nature que le gouvernement mauritanien met sur pied une politique de développement du secteur des pêches, accordant une priorité à la pêche artisanale en raison de ses retombées économiques et sociales jugées plus positives que celles de la pêche industrielle considérée comme extravertie et peu intégrée à l’économie. Dès lors s’engage un vaste processus en vue d’intensifier la production, l’Etat mettra ainsi à la disposition des pêcheurs nationaux et notamment des Imraguen des moyens de production plus performants (pirogues motorisées…).

RETOURNEMENT D’UN STIGMATE : LES FIGURES CONTEMPORAINES DES IMRAGUEN

Au moment où se met en place un mouvement de réhabilitation des Imraguen, des idées et des clichés particulièrement tenaces circulent à leur sujet. C’est à cette tâche de déconstruction des descriptions négatives faites à propos des Imraguen que vont s’atteler des chercheurs en sciences sociales. Ainsi, ils vont s’inscrire en faux contre certaines idées et thèses émises, ça et là, jetant les bases d’un profond mouvement qui aboutira au bout de plusieurs années à un renversement total de l’image négative qui fût produite sur les Imraguen.

Ainsi, dès 1967, Anthonioz qualifie les Imraguen de “pêcheurs nomades”. Elle défend l’idée que le terme Znaga regroupe des populations aux origines diverses, mais qui ont en commun le fait d’être des tributaires, terme pouvant être assimilé à une classe sociale. Ce qui n’est pas le cas des Imraguen chez lesquels se retrouvent différents niveaux d’émancipation : esclaves, affranchis et hommes libres. De fait, être Imraguen, a un sens très restreint “c’est exercer un métier de pêcheurs”. Elle explique par ailleurs que “pour comprendre les Imraguen, il faut insister sur le fait que l’unité de la communauté n’est fondée ni sur le sang, ni sur la religion, ni sur une alliance politique ou militaire mais sur un métier commun. Divisées en tribus, fractions et familles, souvent d’origines différentes, ils sont réunis en un lieu commun pour y exercer une activité commune : la pêche, c’est un cas tout à fait exceptionnel dans les communautés humaine”. Elle poursuit que la dépendance des Imraguen ne peut être expliquée par le métier qu’il pratique “le fait d’être pêcheur n’explique pas la servitude mais ce sont les conditions géographiques et historiques qui sont la cause de l’asservissement des Imraguen”.

En partant de ce point de vue, on peut dire que Anthonioz fait partie des premiers auteurs à avoir clairement mis en évidence le fait que la spécificité des Imraguen partait en fait d’une identité professionnelle déterminée par la l’appropriation et la maîtrise, sans partage par les Imraguen, d’une compétence technique précise, la pêche au filet d’épaule.

Cette nouvelle approche du fondement des sentiments d’appartenance fait dire à Linot, dans un manuscrit qu’il publia en 1968 que “les Imraguen n’ont pas d’unité ethnique”. Plus tard, Trotignon (1981) défendra l’idée que les Imraguen sont un groupe social qui se serait affranchi

des pesanteurs de l'organisation traditionnelle maure en coupant tout lien ombilical avec la tribu maure (qabila). Il les considère comme "un ensemble socioprofessionnel d'éléments détribalisés de toute origine, appartenant à diverses tribus maures. Leur seul point commun reste la pratique de la pêche littorale".

Dans la foulée du vaste mouvement de déconstruction des fondements statutaires de l'identité Imraguen, de nombreux chercheurs, comme par enchantement, redécouvre la technique de pêche à pied des Imraguen. Celle-ci retiendra de plus en plus l'attention des chercheurs et experts produisant des travaux sur les Imraguen. Décriée hier comme une technique archaïque (Maigret et Abdallahi, 1976), la pêche au filet d'épaule est réhabilitée ; elle devient "un marqueur non seulement de la compétence technique mais aussi et surtout de l'identité Imarguen". Et, en tant que telle, elle expliquerait l'attachement des communautés Imraguen à cette technique qualifiée de traditionnelle, séculaire, ancestrale, etc. (Maigret, 1984). Outre ces qualificatifs, l'auteur tente par ailleurs, dans la revue « Chasse-Marée » datée de 1990, de trouver aux Imraguen une identité se fondant sur le principe de l'appartenance à un ensemble ethnique plus vaste "les Imraguen un peuple maure " et de leur imputer une identité fondée sur des critères raciologiques "contrairement aux berbères et aux yéménites qui sont de race blanche, les Imraguen sont des maures de race noire" (Maigret, 1990).

LOGIQUES STATISTIQUES POUR APPREHENDER LA COMMUNAUTE DES IMRAGUEN

Avec la création de la recherche halieutique, des programmes de recherches menés par le Centre National des Recherches Océanographiques et des Pêches (CNROP) voient le jour. En plus des recherches biologiques, un programme spécifique intitulé "Programme pêche artisanale" ainsi que des enquêtes socio-économiques dénommées "Enquêtes Cadres" sont élaborés. Ces dernières consistent essentiellement en un dénombrement des hommes et de leur répartition spatio-temporelle, des moyens de pêche et des formes de pêches, établissant des typologies basées sur la catégorisation des pêcheurs selon leurs origines géographiques, leurs techniques de pêches, les espèces qu'ils ciblent en fonction des saisons et les types d'embarcation qu'ils utilisent, entre autres. De même, ces enquêtes vont se focaliser sur l'étude des processus économiques d'accumulation du capital et de la différenciation socio-économique au sein des unités de production. Sans chercher à formaliser mathématiquement ces processus, elles vont tout simplement chercher à les élucider sous leurs formes les plus élémentaires à travers l'étude des modes de partage des produits de la pêche. Au sujet des ces derniers, ces enquêtes mettront en lumière leur modalité empirique d'existence et leur variabilité selon le type de pêche : "ils dépendent des types de pêche pratiqués. En général, le solde, restant après déduction de la valeur des mises à terre des charges communes supportées par le propriétaire et l'équipage, est partagé selon des modalités variables en fonction des types de pêche pratiqués" (Chaboud et al., 1988).

En outre, ces enquêtes élucideront la spécificité du système d'appropriation des produits de la pêche en milieu Imraguen montrant qu'ils varient là également en fonction de la zone de pêche Imraguen dans laquelle on se trouve. Ainsi une enquête spécifique menée dans le cadre d'un programme dit de "Suivi de la Pêche Imraguen" conduite en 1997 a fait le constat suivant : de Mamghar à Rgeuiba, souvent les sorties en lanche sont combinées avec la pêche à pied sur les lieux de pêche. Dans ce cas, le partage s'effectue de façons différentes. Pour les captures issues

des filets à épaule, les parts sont égales, l'embarcation ne dispose que d'une part. Pour les autres captures, 50 % reviennent à l'embarcation et 50% pour l'équipage. Le capitaine a une part comme membre d'équipage et chaque marin lui rétrocède le quart de sa part, probablement, sa contribution aux frais communs d'exploitation avancés par le capitaine.

En revanche, de Teichott à Ten Alloul, Arkeiss et Agadir, le système de partage est lui aussi fonction du type de pêche. Dans la plupart des cas des déduction des frais communs, en moyenne de 1 000 MRU (nourriture par sortie de 5 jours), 50% reviennent à l'embarcation et 50% pour l'équipage. Toutefois si un pêcheur embarqué n'est pas propriétaire de ses engins de pêche, il rétrocède 50% de sa part au propriétaire des filets, qui est souvent le capitaine (SPI, 1998).

Par ailleurs, ces études concernant les Imraguen, insistaient jusqu'à une date récente, surtout sur leur isolement "l'enclavement de ces villages où vivent les Imraguen frappe tout visiteur. Il faut noter que cela est ressenti de façon particulière par les Imraguen. Ils semblent tout à la fois vouloir conserver leur identité propre, mais en même temps ils souhaitent s'insérer dans le tissu social national. Cette démarche ambivalente caractérise un groupe social minoritaire, surtout si en plus de leur isolement géographique, les activités déployées semblent encore les marginaliser" (PDPAS, 1987). En outre, elles expliquent que l'absence d'infrastructures de base constitue un handicap majeur pour la modernisation des activités des Imraguen "de même, ces pêcheurs traditionnels considèrent la construction de certaines infrastructures de base comme le moyen indispensable qui va dynamiser leurs activités à terme. En effet, de plus en plus, des voix s'élèvent pour réclamer la construction des écoles, des centres de santé, mosquée et un centre commercial" (PDPAS, 1987). En somme, ces études défendaient en filigrane la thèse de l'arriération techno-économique des Imraguen, comparativement aux autres groupes de pêcheurs de la Mauritanie. Elles s'inspiraient fortement des thèses relevant de l'idéologie de la modernisation au moment même où celle-ci faisait l'objet d'une profonde remise en cause dans le champ des recherches travaillant sur les pêches maritimes.

Ce n'est donc qu'ultérieurement, c'est à dire à partir des années 1990, que des études à orientation économiques seront produites, centrées sur les circuits de distribution, de commercialisation et les coûts et revenus de la pêche des Imraguen. De manière tout à fait récurrente et systématique, elles aboutissaient, pratiquement toutes, aux mêmes constats à savoir : "Contrairement au système de commercialisation des produits de la pêche industrielle, relativement mieux structuré, le système de commercialisation des produits de la pêche Imraguen n'est pas très bien organisé et l'acheminement des captures vers les lieux de consommation pose des problèmes de plusieurs ordres : absence de moyens de transport et de conservation des produits mais aussi et surtout enclavement de la plupart des sites de pêche" (Moussa, 1992).

A ce type d'études vont succéder d'autres ayant pour objet la saisie des rapports économiques existant entre les Imraguen et d'autres opérateurs de la filière de la pêche artisanale. Ces dernières soulignent, outre leur manque de maîtrise de la gestion de leur pêche du fait de leur analphabétisme séculaire, la dépendance des Imraguen vis-à-vis des groupes d'opérateurs économiques situés en aval de la pêche maritime. "Les Imraguen sont dépendants vis-à-vis d'acteurs qui occupent une position dominante. Les intermédiaires, auxquels ils sont liés aux Imraguen par des contrats, fixent en début de campagne les prix au débarquement. Un grand nombre de transactions entre pêcheurs se font à crédit c'est-à-dire payable après la vente des

produits. Les intermédiaires pré-financent une partie ou la totalité des opérations de pêche en contrepartie de la cession par le pêcheur de la totalité ou d'une partie de sa production à un prix inférieur au prix du marché. Ce système de financement informel sans taux d'intérêt reste marqué par un coût d'opportunité relativement important" (Diagana, 1999).

MOBILISATION DES EXPERTS ET SCIENTIFIQUES POUR JUSTIFIER ET LEGITIMER LES POLITIQUES DE CONSERVATION DU PNBA

Plus récemment, avec le renforcement institutionnel de la structure ayant en charge la protection du Parc National du Banc d'Arguin, les études socio-économiques se sont intensifiées. Menées sur commande et exécutées par des experts, celles-ci aboutissent aux mêmes constats que les études précédentes. Elles font état de la dépendance enracinée, de l'analphabétisme, de l'ignorance, du manque d'organisation et surtout de l'endettement excessif des Imraguen "Aujourd'hui, les Imraguen se retrouvent dans une situation délicate (…) l'entrée dans l'économie de marché a bouleversé l'organisation et la structure sociale de cette communauté, dont le niveau d'endettement ne cesse d'augmenter, se voit contraint de trouver des solutions rapidement" (Bernardon, 1999).

Derrière l'accusation faite à l'économie de marché d'avoir perturbé la structuration sociale des Imraguen, il est tout à fait clair que ces discours d'expertises s'adressent surtout à une catégorie d'agents économiques bien identifiés : les mareyeurs, les commerçants, les intermédiaires à qui l'on fait porter la responsabilité des problèmes que connaissent les Imraguen. Dès lors ceux-ci font l'objet d'imputations les plus diverses "abus de position dominante", "exploiteurs", etc.

Il est aussi reproché à cette catégorie d'agents économiques d'avoir par ailleurs organisé et planifié la baisse des ressources et des rendements "l'achat à crédit de nouveaux engins de pêche fut encouragé par les commerçants au vu de la forte rentabilité de l'activité des sélaciens (…) le brusque changement de spécificité et d'intensité de l'effort de pêche dirigé quasi-exclusivement vers les sélaciens expliquant la chute brutale des rendements condamnant ainsi les pêcheurs à se suréquiper à crédit pour compenser ce manque à gagner ".

Tous ces discours, en privilégiant la lecture de la nature des relations liant les Imraguen et les mareyeurs, sous l'angle des rapports d'exploitation et de domination économique, se refusent d'adopter autre posture laquelle consisterait, entre autres, à considérer l'irruption de nouveaux agents économiques – mareyeurs, intermédiaires, commerçants, etc. - dans l'espace Imraguen, comme un phénomène participant au réaménagement organisationnel de la filière. Dans cette optique, on ne devrait pas totalement exclure le fait qu'une telle réorganisation de la filière, qui consacre de facto une forme de pré-partage entre groupes d'acteurs des tâches opératoires, puisse participer en effet à un processus de différenciation économique et fonctionnelle des rôles entre les acteurs de la filière des pêches en milieu Imraguen. Ces études invitent à ainsi affranchir les Imraguen de leur dépendance à l'égard des mareyeurs, à les organiser en centrale d'achat, à les initier aux moyens de gestion moderne en les alphabétisant, etc.

Globalement, ces discours d'experts sur les Imraguen s'accordent à dire, même s'il n'est pas explicitement formulé, que cette communauté est menacée dans son intégrité par d'autres catégories de groupes sociaux que sont d'une part les pêcheurs industriels et les pêcheurs artisans qui sont détenteurs de moyens de productions performants et destructeurs (pirogues motorisées, engins de pêche en mono filaments avec des maillages peu sélectifs) et, d'autre part, les commerçants, les mareyeurs et les propriétaires détenteurs de capitaux qui orientent les Imraguen vers des pêches nuisibles. Les premiers se voient reprochés le pillage des richesses du PNBA, les seconds se voient accusés de mettre les Imraguen sous dépendance financière et économique.

Ces catégories d'acteurs, indexées personnes étrangères, sont jugées par les gestionnaires du PNBA comme portant atteinte à l'altérité Imraguen. On parle alors à cet effet de pressions multiformes qui non seulement pèsent sur le PNBA mais aussi hypothèquent sa gestion. Ainsi, lors d'un atelier de recherche tenu à Nouakchott en 2000, il est clairement dit que " (…) les pressions directes des pêches et de transit particulièrement importantes (…) et indirects (…) le flux massif de nouveaux pasteurs hypothèque l'intégrité du Parc". A cette catégorie d'acteurs locaux vient s'ajouter celle des touristes étrangers qui transitent régulièrement par le Parc. Ceux-ci sont également mis en cause en tant que catégorie sociale anomique, car porteuse d'habitudes et de modes de vie de nature à corrompre les Imraguen et créant les pré-conditions du processus de déstructuration notable de l'unité Imraguen. Cette dernière est plus que jamais confrontée aux problèmes découlant de la mondialisation.

La culturalisation de l'ethnicite Imraguen

Ainsi, progressivement vers la fin des années 1960, l'image de l'homme vivant en symbiose avec la nature va constituer. Le fait remarquable dans la période contemporaine est l'entreprise de « culturalisation » de l'ethnicité Imraguen, participant au processus de patrimonialisation qui s'exerce à deux niveaux : celui, national, de la mise en valeur des ressources culturelles de la Mauritanie dans la perspective du développement d'un secteur touristique (circuits dans les villes anciennes, randonnées dans le désert, aménagement des oasis) ; celui, international, de la préservation des espaces naturels et de constitution de sites protégés, dans lequel s'inscrit la constitution et la mise en œuvre du PNBA.

Ce processus de patrimonialisation repose sur l'idée que les Imraguens, en tant que support d'une culture respectueuse de la nature, devaient être eux-mêmes inclus dans une perspective visant à préserver cette dernière. On est là en face d'une idéologie qui informe (et peut-être aussi forme) la vision écologique du Parc. Ainsi les contraintes portant sur l'intensification de la production dans le PNBA s'appuient sur le fait que les Imraguens sont dépositaires d'un mode de vie traditionnel, respectueux de la nature. Cette image d'un peuple entretenant un rapport écologique à la nature est depuis longtemps déjà largement diffusée par les médias internationaux à travers le mythe d'une technique de pêche reposant sur la collaboration hommes-dauphins, mythe qui devra faire l'objet d'un traitement particulier.

Plus récemment, on peut constater l'émergence d'opérations plus localisées de promotion culturelle, menées en particulier par l'Association Culturelle des Imraguen, basée à Nouakchott, et dont l'existence nous a été révélée lors de notre mission de terrain. Cette association est à l'origine d'une journée culturelle qui a eu lieu en juin 2004 à Mamghar. Elle

avait pour objectif de rendre visible à l'intention des bailleurs de fonds la panoplie de savoir-faire et techniques de production d'objets liées au monde de la pêche comme propriété caractéristique des Imraguen.

CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons réalisé, de façon sommaire, l'histoire de la question de la stigmatisation des Imraguen depuis le XVIème jusqu'à nous jours et avons tenter d'éclairer le processus d'insertion des Imraguen dans la mondialisation. D'abord, il convient de noter que ce travail, qui se veut dans une certaine mesure comme un état des lieux sur les populations de pêcheurs Imraguen, n'a abordé que la construction de l'extérieur de l'identité Imraguen. Comme nous l'avons indiqué plus haut, elle a volontairement laissé de côté l'autre aspect tout aussi important à savoir l'identité vécue et construite de l'intérieur par les groupes Imraguen.

Quant au traitement de la question des manifestations concrètes de la façon dont les Imraguen sont tiraillés entre le local et le global, bien qu'ayant identifié les termes dans lesquels cette problématique se pose, nous avons conscience des limites objectives auxquelles nous avons été confrontées. A notre avis, celles-ci résident principalement dans le manque d'éléments quantitatifs. Cela s'explique par l'éloignement du terrain et surtout par l'absence de données. Ainsi, en dehors des aspects qualitatifs que nous avons mis en lumière, nous n'avons pas pu documenter et chiffrer, ne serait-ce que de manière approximative, le volume d'aide affecté par le PNBA en direction des populations du Parc ni même d'évaluer quantitativement les échanges économiques et l'apport du tourisme sur le milieu Imraguen.

Ces lacunes que nous avons identifiées et diagnostiquées peuvent être des avenues de recherches qu'il convient d'explorer et approfondir dans un travail ultérieur lequel devrait nécessairement aborder la dimension liée à la façon dont les Imraguen construisent leur identité par rapport aux autres groupes. Il s'agira alors de documenter cette thématique à partir d'une étude de terrain en se focalisant de manière très précise sur les dimensions suivantes :

L'unité territoriale dans sa dimension physico-géographique, combinée à une autre variable procédant du marquage territorial, à travers la saisie des lieux soumis à des procédures de sacralisation, disons les mythes de terrain.

Les formes de manifestation concrète de l'intérêt général et de la solidarité entre membres de la communauté des Imraguen.

La vie sociale et culturelle des Imraguen : l'approche consistera à traiter des formes de mobilisation que les Imraguen mettent en œuvre en des circonstances données notamment à l'occasion de l'organisation des cérémonies de mariage, de deuil, des fêtes et cérémonies religieuses, etc.)

Par ailleurs, une piste majeure méritant d'être explorée est celle de la redéfinition de l'identité Imraguen en rapport avec les politiques publiques centrées sur les questions de développement.

PARTIE 5 : SERVICES RENDUS PAR LES OISEAUX DU PNBA

Les oiseaux du Parc National du Banc d'Arguin : Services ecosystemiques et potentiel economique

Cindy C. Cornet, Ewan Trégarot, Pierre Failler

1. Introduction

Le Parc National du Banc d'Arguin (PNBA) a été fondé en 1976 par décision du Président de la toute jeune République Islamique de Mauritanie, Mokhtar Ould Daddah en concertation avec le naturaliste français Théodore Monod afin de préserver la plus importante zone d'hivernage d'Afrique de l'Ouest pour les oiseaux d'eau migrateurs (Campredon, 2000 ; McInnes et al., 2017). C'est également l'importance ornithologique de cette zone qui lui a permis d'être inscrit comme site Ramsar en 1982 puis sur la Liste du patrimoine mondial de l'Unesco en 1989 (McInnes et al., 2017). Cependant, malgré la reconnaissance de l'importance du PNBA pour les espèces d'oiseaux qui y sont associées, peu d'études sur l'écologie de ces espèces au sein du PNBA existent (e.g. Ens et al., 1990 ; Zwarts et al., 1990 ; Leyrer et al., 2006 ; Van Den Hout et al., 2008) et à notre connaissance, aucune étude ne traite des services écosystémiques rendus par les oiseaux au sein du PNBA. La littérature se rattachant aux services écosystémiques s'est concentrée, à ce jour, sur l'étude d'écosystèmes entiers avec une évaluation économique des flux entrants et sortants de ces écosystèmes (e.g. Moberg et Rönnbäck, 2003 ; Barbier et al., 2011 ; Trégarot et al., 2017 ; Mehvar et al., 2018). Pourtant, comme le démontre le travail de Şekercioğlu, Wenny, Whelan et leurs collaborateurs (e.g. Şkercioğlu et al., 2004 ; Şekercioğlu, 2006 ; Whelan et al., 2008 ; Wenny et al., 2011), entre autres, le concept de services écosystémiques peut très bien s'appliquer à l'échelle d'une espèce ou d'un groupe d'espèces comme les oiseaux. Ce corps d'étude reste relativement récent, et la grande diversité de services que peuvent fournir les oiseaux (Şekercioğlu, 2006 ; Whelan et al., 2008) couplée aux limitations des outils de l'économie « classique » utilisés en économie environnementale (e.g. DeGroot et al., 2002 ; Brito, 2005 ; Gómez-Baggethun et Ruiz-Pérez, 2011 ; Jacobs et al., 2018) expliquent que les oiseaux sont encore assez peu, voir pas du tout, pris en compte dans l'évaluation des services écosystémiques.

Ainsi, l'objectif de cette étude est de dresser une liste exhaustive des services écosystémiques que les oiseaux du PNBA rendent à l'Homme, et aux populations locales en particulier, tout en proposant des pistes de recherche afin de quantifier ces services, première étape nécessaire à leur évaluation économique. Pour ce faire, cette étude se base sur un inventaire inédit des caractéristiques connues des espèces présentes dans le PNBA créé à partir de la littérature et des bases de données existantes.

Cette étude est structurée en 4 parties. Dans un premier temps le contexte de l'étude est présenté à travers une revue bibliographique des différents concepts théoriques sur lesquels elle repose. Dans un deuxième temps sont détaillées les différentes données collectées sur les oiseaux du PNBA et leur origine, ainsi que la méthode utilisée pour les synthétiser et les représenter (Figures et Tables). Dans un troisième temps, les données collectées sur les oiseaux du PNBA sont présentées et discutées, tout d'abord du point de vue de l'importance du PNBA pour ces espèces, puis du point de vue de l'importance des ces oiseaux pour les Hommes, et notamment les populations locales, à travers les services écosystémiques que ceux-ci peuvent leur apporter (services d'approvisionnement, services de régulation, de maintenance, de support et d'habitat, et services culturels). Enfin, une conclusion vient

reprendre les principaux résultats et proposer des pistes de recherches afin de pallier les nombreuses lacunes identifiées dans cette étude, ainsi que des pistes pour une exploitation raisonnée et durable de l'avifaune du PNBA.

Les Oiseaux dans la littérature des services écosystémiques

Dans le contexte actuel des changements environnementaux et de la dégradation des écosystèmes (e.g. Hu et al., 2009 ; Fischer et al., 2013 ; Hudon et al., 2014 ; IPCC, 2018), le besoin d'incorporer la variable "environnement" dans les politiques publiques s'est fait de plus en plus pressant ces dernières années. C'est dans ces circonstances qu'est né le concept de "services écosystémiques" qui fournit un cadre théorique permettant de faire le pont entre science, société, économie et politique (Mace et al., 2012). Les services écosystémiques ont été définis comme "les bénéfices que les Hommes tirent des écosystèmes" (World Resources Institute, 2005), ou plus précisément comme "les caractéristiques, fonctions ou processus écologiques qui contribuent directement ou indirectement au bien-être humain" (World Resources Institute, 2005 ; Costanza et al., 2017).

Bien que le concept de services écosystémiques puisse s'adapter aussi bien à l'échelle d'un écosystème qu'à l'échelle d'une espèce ou d'un groupe d'espèces, la plupart des études à ce jour se sont concentrées sur des écosystèmes dans leur ensemble (Johnson et Hackett, 2016) tels que les récifs coralliens, les mangroves, les herbiers de phanérogames marines, les marais salés, ou encore les forêts tropicales (e.g. Moberg et Rönnbäck, 2003 ; Foley et al., 2007 ; Martinez et al., 2009 ; Failler et al., 2010 ; Feagin et al., 2010 ; Barbier et al., 2011 ; Spencer et Harvey, 2012 ; Trégarot et al., 2017 ; Mehvar et al., 2018). En comparaison, la littérature se rattachant aux services écosystémiques rendus par la faune et les oiseaux en particuliers est encore très limitée (Figure 74).

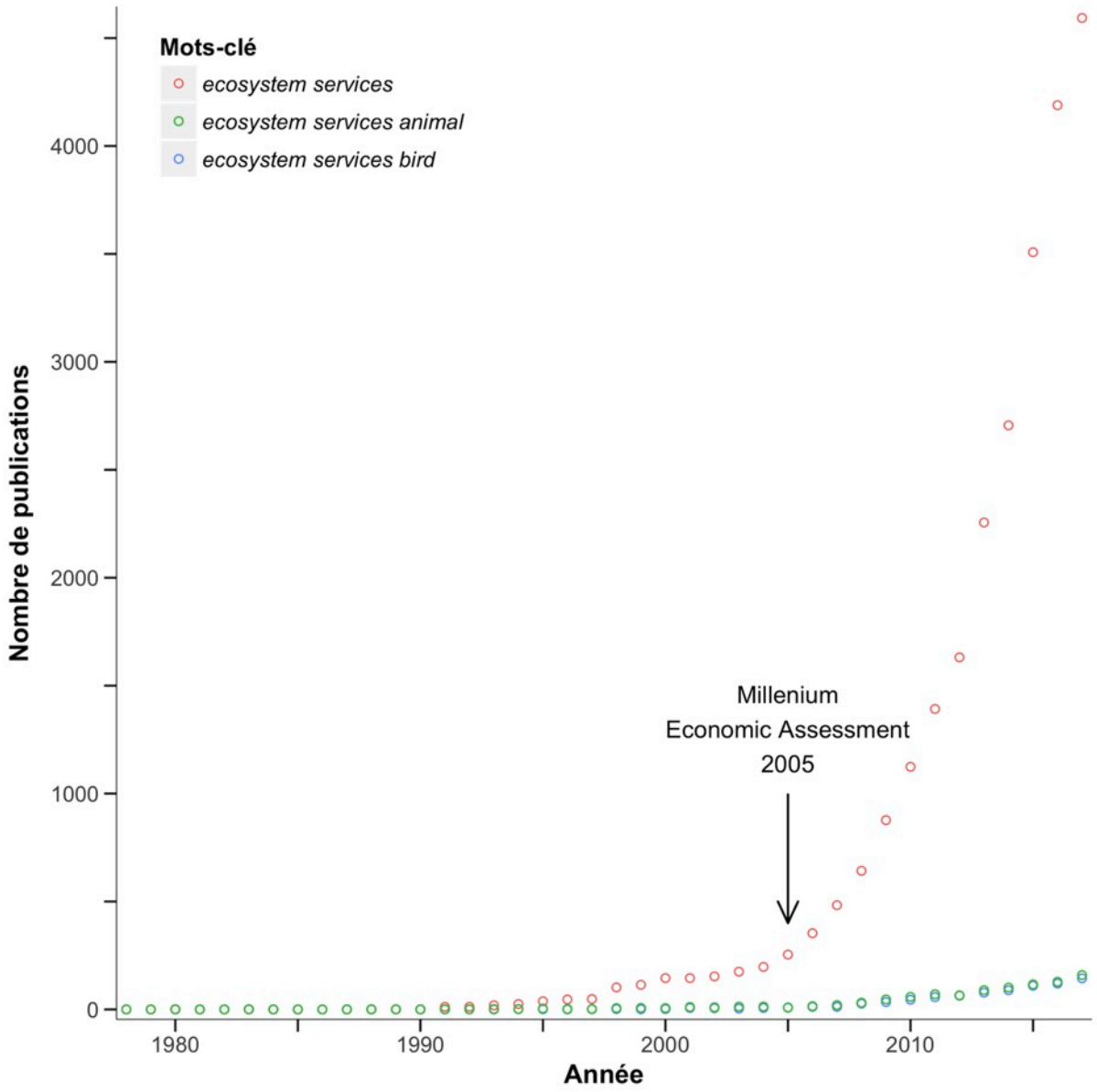


Figure 74 : Nombre de publications par année issu d'une recherche effectuée sur Web of Science de ISI avec le mot-clé "ecosystem services" puis affinée avec les mots-clés "animal" et "bird" le 22/10/2018.

Pourtant il est aujourd'hui reconnu que les oiseaux constituent l'un des groupes les plus diversifiés fournissant les quatre catégories de services écosystémiques définies précédemment (Şekercioğlu, 2006 ; Whelan et al., 2008). En effet, les oiseaux produisent des services d'approvisionnement à travers leur viande et leurs œufs pour l'alimentation et la chasse, leurs plumes et leurs os pour la fabrication de vêtements, de duvets, et d'autres objets d'artisanats, leur guano utilisé comme fertilisant, ou encore les molécules d'intérêt pharmacologiques qu'ils peuvent recéler (e.g. Whelan et al., 2008 ; Wenny et al., 2011 ; Green et Elmberg, 2014 ; Whelan et al, 2016, et les références au sein de ses publications). Ils procurent également une grande variété de services culturels tels que l'observation récréative (bird-watching) et l'éco-tourisme, une source d'inspiration pour la culture, les arts ou la religion, ainsi qu'un objet d'étude pour la recherche et l'éducation en tant qu'espèces sentinelles de leur environnement (e.g. Whelan et al., 2008 ; Wenny et al., 2011 ; Green et

Elmberg, 2014 ; Whelan et al, 2016, et les références au sein de ses publications). Quoique souvent moins connus car plus difficiles à étudier et/ou auxquels on ne pense pas, les oiseaux fournissent aussi un large éventail de **services de régulation et de maintenance**, et **de support et d'habitat**. Parmi ces deux dernières catégories, les services suivants peuvent être cités : la dispersion des graines, la pollinisation, la consommation des charognes et la disposition des déchets organiques, la lutte contre les espèces nuisibles, la déposition et le cycle des nutriments, ou encore la formation et l'ingénierie des sols (e.g., Şkercioğlu et al., 2004 ; Şekercioğlu, 2006 ; Whelan et al., 2008 ; Wenny et al., 2011 ; Green et Elmberg, 2014, et les références au sein de ses publications).

Cette richesse de services tient avant tout à la diversité des caractéristiques et des fonctions écologiques présentées par les oiseaux (Şekercioğlu, 2006 ; Jetz et al., 2012 ; Calba et al., 2014 ; Monnet et al., 2014). Par exemple, leur capacité à voler leur permet de faire le lien entre les écosystèmes aussi bien sur de petites que de grandes échelles spatio-temporelles (e.g. Şekercioğlu, 2006 ; Hahn et al., 2009 ; Zamora et al., 2010). De plus, les oiseaux présentent une grande variabilité inter- et intra- spécifique dans leurs comportements et leurs structures sociales offrant autant de variabilité dans leurs impacts sur l'environnement (Greenwood, 1980 ; Sol et al., 2002 ; Burish et al., 2004 ; Hedenström, 2008 ; Whelan et al., 2008). Plus particulièrement, considérant l'avifaune dans son ensemble, les oiseaux sont capables de se nourrir virtuellement de tout (Robinson et Holmes, 1982 ; Furness et Monaghan, 1987 ; Castro et al., 1989 ; Karasov, 1996 ; Whelan et al., 2008). Ainsi une grande partie des services écosystémiques fournis par les oiseaux sont le fruit de leur comportement alimentaire (Şekercioğlu, 2006 ; Whelan et al., 2008 ; Wenny et al., 2011 ; Green et Elmberg, 2014). Sekercioglu et ses collaborateurs (Şekercioğlu et al. 2004 ; Şekercioğlu, 2006) ont ainsi établit une correspondance entre services écosystémiques et groupes fonctionnels d'oiseaux, basée sur leur comportement alimentaire et présentée ici dans le tableau 53.

La littérature se rapportant à la valeur économique des services écosystémiques rendus par les oiseaux est encore plus mince quant à elle (d'après une recherche sur Web of Science de ISI avec les mots-clé "economic value bird", le 22/10/2018). Quelques études ont pourtant réussi à estimer la valeur des services de régulation et de maintenance offerts par certaines espèces. Par exemple, Takekawa et Garton (1984) ont estimé que le service de contrôle d'invertébrés nuisibles par les oiseaux, et particulièrement le gros-bec errant, *Hesperiphona vespertina*, dans l'état de Washington, USA, s'élevait à au moins 1 820 $/km^2/an, alors que Hougner et al. (2006) ont estimé qu'un couple de geais des chênes, *Garrulus glandarius*, valait entre 4 900 et 22 500 $ de par son service de dispersion de graines dans un parc urbain de Suède. D'autres études encore ont réussi à estimer la valeur récréative du bird-watching qui s'élève à 1 100 000-1 200 000 $/an dans la Gamla Nature Reserve d'Israël (Becker et al., 2005), et au moins 103 000 000 $/an dans le Kuşcenneti National Park de Turquie (Gürlük et Rehber 2008). Mais le gros de la littérature s'est concentré sur l'estimation des valeurs de non-usage via la méthode de "Willingness to Pay" ou "Consentement à Payer" (e.g. Bowker et Stoll, 1988 ; Stevens et al., 1991 ; Loomis et White, 1996 ; Reaves et al., 1999 ; Brouwer at al., 2008 ; Clucas et al., 2015).

Tableau 53 : Services écosystémiques associés aux oiseaux. Adapté d'après Şekercioğlu et al. (2004) et Şekercioğlu (2006).

Groupe fonctionnel	Processus écologiques	Services écosystémiques		Nombre d'espèces*
Frugivores	Dispersion de graines	Services de régulation et de maintenance	• Enlèvement des graines des arbres sources • Soustraction aux prédateurs de graines • Germination améliorée • Meilleur rendement économique • Meilleur flux génétique • Re-colonisation et restauration des écosystèmes perturbés	~ 1350
Nectarivores	Pollinisation	Services de régulation et de maintenance	• Outbreeding d'espèces dépendantes et/ou économiquement importantes	~ 600
Charognards	Consommation de charognes	Services de régulation et de maintenance	• Disposition des carcasses • Diriger les autres charognards vers les carcasses • Hygiène/assainissement	~ 40
		Services de support et d'habitat	• Recyclage des nutriments	
Insectivores	Prédation sur les invertébrés	Services de régulation et de maintenance	• Contrôle des populations d'insectes • Réduction des dégâts causés aux plantes • Alternative aux pesticides	~ 5 700
Piscivores	Prédation sur les poissons et les invertébrés, et production de guano	Services de régulation et de maintenance	• Contrôle d'espèces indésirables	~ 950
		Services de support et d'habitat	• Déposition de nutriments autour des colonies • Formation du sol dans les environnements polaires	
		Services d'approvisionnement	• Guano comme fertilisant	
		Services culturels	• Indicateurs des stocks de poissons • Sentinelles de l'environnement	
Rapaces /Oiseaux de proie	Prédation sur les vertébrés	Services de régulation et de maintenance	• Régulation des populations de rongeurs • Dispersion secondaire	~ 300
Toutes les espèces	Divers	Services d'approvisionnement	• Gibier • Plumes pour duvet • Guano comme fertilisant • Molécules d'intérêt pharmacologique • ...	-
		Services de régulation et de maintenance	• Voir les autres groupes fonctionnels	-
		Services de support et d'habitat	• Formation des sols et ingénierie des écosystèmes • Déposition et cycle des nutriments • ...	-
		Services culturels	• Bird-watching et éco-tourisme • Sentinelles de l'environnement • Indicateurs de zones de pêche abondante • Inspiration pour la culture, les arts et la religion • Recherche et éducation • ...	-

* Nombre d'espèces principalement impliquées dans le service écosystémique associé au groupe fonctionnel. Par exemple, il est estimé qu'il y a environ 1350 espèces qui sont principalement frugivores, ce qui n'empêche pas ces espèces d'être également insectivores par exemple, ou une espèce principalement insectivore d'être également frugivore.

2. Materiel et Methodes

2.1. Site d'étude

Le Parc National du Banc d'Arguin a été fondé en 1976 par décision du Président de la toute jeune République Islamique de Mauritanie, Mokhtar Ould Daddah en concertation avec le naturaliste français Théodore Monod afin de préserver la plus importante zone d'hivernage d'Afrique de l'Ouest pour les oiseaux d'eau migrateurs (Campredon, 2000 ; McInnes et al., 2017). C'est également l'importance ornithologique de cette zone qui lui a permis d'être inscrit comme site Ramsar en 1982 puis sur la Liste du patrimoine mondial de l'Unesco en 1989 (McInnes et al., 2017). En effet, le PNBA accueille chaque année jusqu'à 2,5 millions de limicoles incluant plus des deux tiers de la population mondiale de Barges rousses, *Limosa lapponica*, et la moitié de la population mondiale de Bécasseaux maubèches, *Calidris canutus* (McInnes et al., 2017). Mais le Parc abrite également deux sous-espèces endémiques et emblématiques, le Héron cendré pâle, *Ardea cinerea monicae*, et la Spatule blanche du Banc, *Platalea leucorodia balsaci*, ainsi que de nombreuses espèces d'oiseaux menacées telles que le Vautour de Rüppell, *Gyps rueppeli*, le Vautour percnoptère, *Neophron percnopterus*, le Faucon sacre, *Falco cherrug*, ou encore la Mouette tridactyle, *Rissa tridactyla*. Cependant, malgré la reconnaissance de l'importance du PNBA pour les espèces d'oiseaux qui y sont associées, peu d'études sur l'écologie de ces espèces au sein du PNBA existent (e.g. Ens et al., 1990 ; Zwarts et al., 1990 ; Leyrer et al., 2006 ; Van Den Hout et al., 2008) et à notre connaissance, aucune étude ne traite des services écosystémiques rendus par les oiseaux au sein du PNBA.

2.2. Collecte des données

Dans cette étude, la littérature existante sur les services écosystémiques fournis par les oiseaux et les données écologiques disponibles sur les espèces présentes dans le PNBA a été utilisée pour essayer de mettre en lumière le potentiel de la faune aviaire du PNBA et l'importance qu'elle peut avoir pour celui-ci. Dans un premier temps, la liste des espèces d'oiseaux présents dans le PNBA a donc été définie à partir des données de distribution spatiale de BirdLife International (2018). Puis, pour chaque espèce identifiée, les critères suivants ont été recueillis à partir de BirdLife International (2018), ou, lorsque l'information était manquante, à partir de oiseaux.net, del Hoyo et al. (2018) et Wikipedia :

- Statut dans le PNBA.
- Statut sur la liste rouge de l'UICN (2018).
- Dynamique de la population.
- Domaines auxquels l'espèce est associée.
- Habitats au sein du PNBA.
- Importance relative de ces habitats pour l'espèce.
- Usages de consommation.
- Groupe fonctionnel associé au régime alimentaire principal de l'espèce.

Ces différentes caractéristiques ont été définies comme suit.

Statut de l'espèce dans le PNBA

Cinq statuts possibles ont été définis pour cette catégorie :

- "*Résident*" : espèce nichant dans le PNBA et pouvant y être observées tout au long de l'année.
- "*Reproducteur*" : espèce nichant dans le PNBA mais absente le reste de l'année bien que quelques individus puissent éventuellement être observés en dehors de la saison de reproduction.
- "*Hivernant*" : espèce hivernant dans le PNBA.
- "*Non reproducteur*" : espèce dont la présence ne correspond à aucun pattern lié à la reproduction ou à la migration, souvent une espèce présente dans le PNBA pour de la prospection alimentaire.
- "*Passage*" : espèce dont la présence dans le PNBA est transitoire (souvent une étape sur la route migratoire).

Statut de l'espèce d'après la Liste Rouge des Espèces Menacées de l'UICN (2018)

Les espèces d'oiseaux associées au PNBA identifiées ici ont toutes été évaluées dans la Liste Rouge des Espèces Menacées de l'UICN (2018) et classifiées dans l'une des 5 catégories suivantes, de la moins menacée à la plus menacée d'extinction à l'échelle mondiale :

Dynamique de la population

Quatre catégories de tendance ont été définies ici selon l'évolution de la taille des populations à l'échelle mondiale (en fonction du nombre d'individus ou du nombre d'individus matures) : Croissante, Stable, Décroissante et Inconnue.

Domaine

Domaine auquel une espèce est associée au cours de son cycle de vie pour ses différentes fonctions biologiques (e.g. reproduction, prospection alimentaire, etc.) : Terrestre, Eau Douce, Marin. Une espèce peut être associée à plusieurs domaines au même stade de vie ou à différents stades de vie. Ce critère est défini à l'échelle mondiale.

Habitats au sein du PNBA

Les habitats, tels que définis par l'UICN (2018), au sein desquels on peut trouver les espèces dans le PNBA ont été retenus ici. Une espèce peut se retrouver dans plusieurs habitats au sein du PNBA. Ces habitats sont les suivants :

- *Zones rocheuses* comme par exemple des falaises, montagnes, talus, etc.
- *Zones urbaines*.
- *Déserts chauds.*

- *Cavernes sèches* définies comme des espaces souterrains créés naturellement par l'abri de roches.
- *Littoral sableux* et/ou plages, bancs de sable, flèches littorales, etc. défini comme un littoral intertidal composé majoritairement de sédiments sableux.
- *Littoral rocheux* défini comme un littoral intertidal composé majoritairement de roches consolidées et d'énormes rochers.
- *Falaises et îles rocheuses*.
- *Littoral vaseux* et laisses de vases intertidales défini comme un littoral intertidal composé majoritairement de vase ou de sédiments sablo-vaseux.
- *Dunes sableuses côtières*.
- *Fonds sableux subtidaux* caractérisés par les zones de substrat sous-marin constitué de petits cailloux et de sédiments minéraux.
- *Fonds sablo-vaseux subtidaux* caractérisés par les zones de substrat sous-marin constitué d'un mélange de petits cailloux, de sédiments minéraux, d'argile humide et de sédiments riches en limon.
- *Macroalgues/Kelps* caractérisés par les zones de substrat sous-marin couverts de grandes algues formant des lits ou des forêts denses.
- *Herbiers sous-marins* caractérisés par les zones de substrat sous-marin couverts de phanérogames marines.
- *Pélagique* défini comme la zone de l'environnement marin néritique composée de toute la colonne d'eau.
- *Epi-pélagique* défini comme la zone pélagique océanique comprise entre la surface et environ 200 m de profondeur.
- *Marais salés* caractérisés par une zone herbeuse qui s'étend le long des estuaires et des côtes protégées dans les régions tempérées et sub-polaires avec de la végétation émergente enracinée dans le sol et alternativement inondée et asséchée par l'action des marées.
- *Flaques intertidales* caractérisée par une dépression intertidale sur les plages rocheuses ou sableuses qui retient l'eau à marée basse.
- *Mangroves* subtropicales/tropicales.

Importance de l'habitat

Ce critère détermine l'adéquation de l'habitat au sein du PNBA, défini précédemment, pour l'espèce considérée. Trois catégories ont été retenues : majeur, adéquat, ou marginal.

Usages identifiés

Les catégories d'usages définies et identifiées dans la base de données de BirdLife International (2018) ont été retenues ici :

- Animal de compagnie ou d'exposition.
- Chasse sportive ou collection de spécimens.
- Nourriture pour l'alimentation des Hommes.
- Médicament à usage de l'Homme ou des autres animaux.
- Artisanat, bijoux, décoration, et autres curiosités.
- Autres biens de la vie courante.

- Combustible.

Jusqu'à 4 usages ont pu être identifiés pour une même espèce.

Groupe fonctionnel

Les groupes fonctionnels liés à l'alimentation principale des espèces utilisés par Şerkercioğlu et ses collaborateurs pour établir une correspondance avec certaines catégories de services écosystémiques (voir Tableau 53 dans l'introduction de cette section) ont été retenus ici :

- *Frugivores* : toutes les espèces consommant des fruits, des graines, des racines et tout autre matériel végétal.
- *Insectivores* : toutes les espèces consommant des insectes et d'autres invertébrés.
- *Piscivores* : toutes les espèces consommant du poisson et d'autres organismes marins.
- *Rapaces* : toutes les espèces consommant principalement des vertébrés mais aussi assez souvent des invertébrés voir des charognes.
- *Charognards* : toutes les espèces consommant majoritairement voire exclusivement des charognes.
- *Inconnu* : toutes les espèces pour lesquelles nous n'avons pas pu déterminer le groupe fonctionnel par manque d'information sur leur régime alimentaire.

Une espèce peut aussi bien n'appartenir qu'à un seul groupe fonctionnel qu'à plusieurs en fonction de sa spécialisation alimentaire. Aucune des espèces étudiées ici n'ayant été classifiée comme nectarivore, ce groupe n'est pas présenté.

L'intégralité de ces données est disponible en Annexe 7.

2.3. Analyse des données

Toutes les données collectées ont été analysées et représentées graphiquement à l'aide du logiciel R (R Core Team, 2016) et du package "ggplot2" (Wickham, 2016).

3. Resultats et Discussion

3.1. Le PNBA, un hotspot ornithologique

Au total, 168 espèces d'oiseaux ont été identifiées comme présentes dans le PNBA parmi les 538 espèces présentes sur le territoire mauritanien. A noter que pour de nombreuses espèces d'oiseaux il n'y a pas encore de données de distribution spatiale disponibles. Il y a donc probablement plus d'espèces reliées au PNBA que ce qui a pu être déterminé ici. Parmi les 168 espèces d'oiseaux identifiées dans le PNBA, 40,4 % y sont hivernantes, 28,3 % sont résidentes et 2,4 % sont uniquement reproductrices dans le Parc. La proportion d'espèces non-reproductrices et d'espèces de passage atteint quant à elle 14,5 % dans les 2 cas (Figure 75 - a). Pour deux espèces, le Rollier d'Abyssinie (Coracias abyssinicus), et l'Ibis chauve (Geronticus eremita), ce statut n'a pas pu être confirmé et a donc été considéré comme NA. De plus, 29,1 % des espèces d'oiseaux associées au PNBA dépendent uniquement du domaine terrestre alors que 70,9 % des espèces restantes dépendent d'au moins un domaine lié à l'eau voir des deux en plus du domaine terrestre au cours de leur vie (Figure 75 - b).

Cette tendance se retrouve au niveau des habitats dans lesquels ces espèces seraient présentes au sein du PNBA et de l'importance que revêtent ces différents habitats pour elles (Tableau 54). En effet, sur les 17 habitats identifiés, 13 se rapportent à l'eau directement ou indirectement. Dans le cas du PNBA, il s'agit exclusivement du domaine marin en l'absence de rivière et de retenues d'eau douce de surface. Ainsi, les fonds sableux subtidaux, les fonds sablo-vaseux subtidaux, les macroalgues, les herbiers sous-marins et la zone pélagique sont les 5 habitats au sein desquels on retrouve le plus d'espèces d'oiseaux dans le PNBA.

Bien que la vaste majorité de ces espèces soient classées en 'Préoccupation mineure' par l'UICN (2018), 47,6 % d'entre elles ont vu leur population décroitre ces dernières années (Figure 75 - c et d). De plus, parmi les 7 espèces les plus menacées (Figure 75 - c), l'une est résidente dans le PNBA : le Vautour de Rüppell (Gyps rueppeli, CR) ; trois espèces y hivernent : le Faucon sacre (Falco cherrug, EN), le Vautour percnoptère (Neophron percnopterus, EN) et la Mouette tridactyle (Rissa tridactyla, VU) ; et enfin deux espèces y sont non-reproductrice et de passage : le Pétrel cul-blanc (Hydrobates leucorhous, VU) et le Phragmite aquatique (Acrocephalus paludicola, VU), respectivement. Le statut de la septième espèce, l'Ibis chauve (Geronticus eremita, CR), n'ayant pas pu être confirmé comme nous l'avons vu précédemment.

Ces données viennent conforter le statut du PNBA en tant que "hotspot" ornithologique, et illustre l'importance de cette réserve naturelle pour la préservation et la conservation de ces espèces.

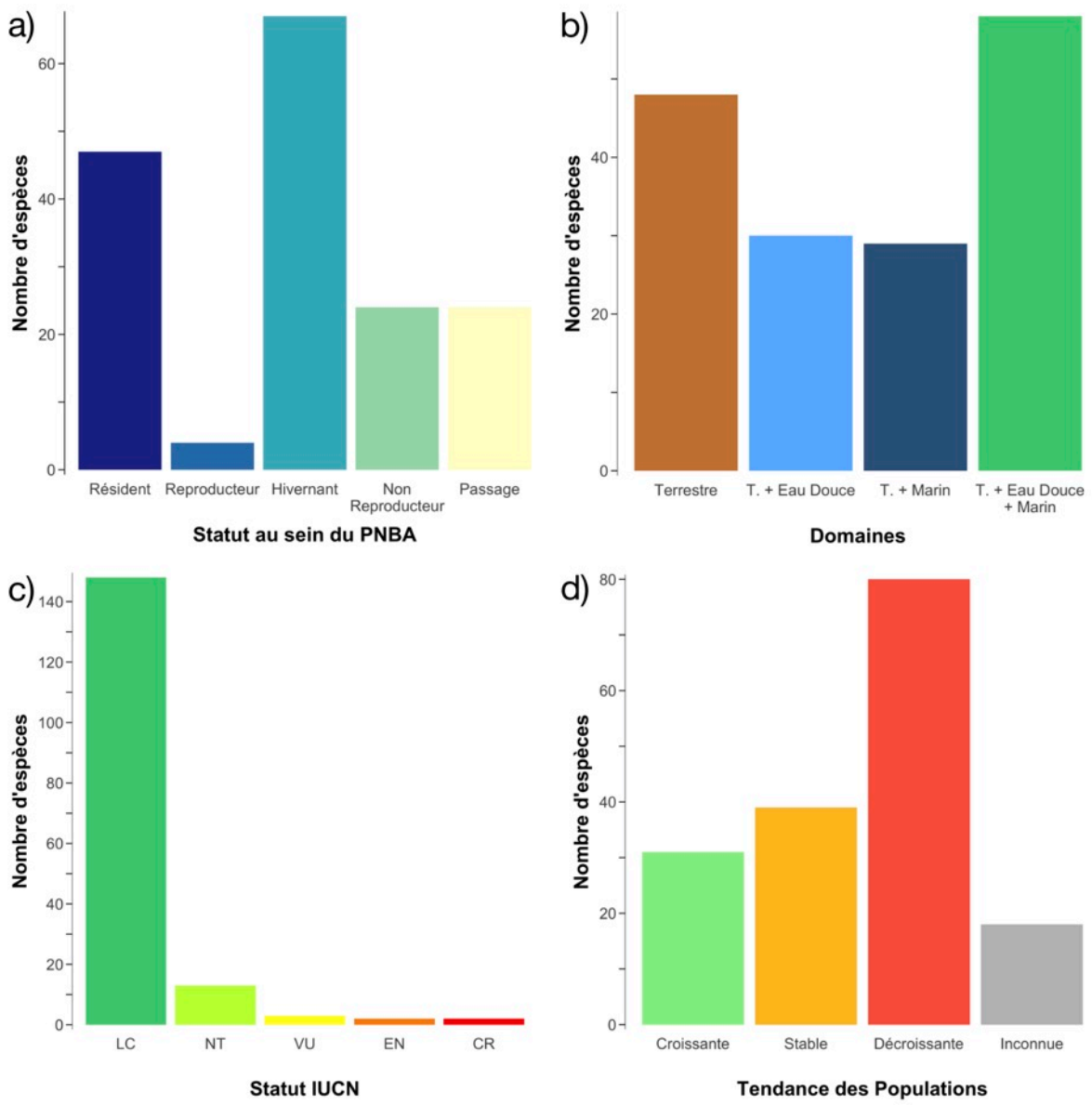


Figure 75 : Caractérisation des espèces d'oiseaux associées au PNBA à travers a) leur statut au sein du PNBA, N = 166 observations ; b) le/les domaine(s) au(x)quel(s) ils sont associés, N = 165 observations ; c) leur statut sur la Liste Rouge des Espèces Menacées de l'UICN (2018), avec LC : Préoccupation Mineure, NT : Quasi Menacée, VU : Vulnérable, EN : En Danger, CR : En Danger Critique, N = 168 observations ; et d) la tendance de la dynamique de leurs populations, N = 168 observations.

Tableau 54 : Répartition des espèces d'oiseaux dans les différents habitats au sein du PNBA, et importance relative de ces habitats pour les espèces considérées. N = 516 observations sur k = 129 espèces.

Habitat au sein du PNBA	Importance pour l'espèce			Total
	majeur	adéquat	marginal	
Zones rocheuses	21	7	-	28
Zones urbaines	1	23	4	28
Déserts chauds	5	18	1	24
Cavernes sèches	-	3	-	3
Littoral sableux	14	20	2	36
Littoral rocheux	7	23	1	31
Falaises et îles rocheuses	18	13	-	31
Littoral vaseux	6	24	-	30
Dunes sableuses côtières	1	4	1	6
Fonds sableux subtidaux	22	21	-	43
Fonds sableux-vaseux subtidaux	22	21	-	43
Macroalgues	22	21	-	43
Herbiers sous-marins	22	21	-	43
Pélagique	22	13	2	37
Epi-pélagique	16	7	3	26
Marais salés	1	24	1	26
Flaques intertidales	1	19	1	21
Mangroves	-	17	-	17

3.2. Les services d'approvisionnement

Sur les 7 catégories d'usages de consommation identifiées par BirdLife International (2018), les animaux de compagnie et/ou d'exposition, la chasse sportive et/ou la collection de spécimens, et la nourriture, comptent pour 96,9 % de la totalité des usages (Figure 76). Ainsi 73,1 % des espèces d'oiseaux étudiées ici sont utilisés à des fins de compagnie et/ou d'exposition, 70,9 % pour la chasse sportive et/ou la collection de spécimens et 62,7 % pour l'alimentation humaine. Bien qu'en moyenne une espèce puisse être utilisée pour 2 catégories d'usages de consommation, jusqu'à 4 types d'usages ont pu être identifiés pour une même espèce (Figure 76). En effet, le Héron cendré, *Ardea cinera*, est utilisé comme animal de compagnie/d'exposition, pour la chasse sportive ou la collection de spécimens, comme nourriture et enfin pour l'artisanat. L'espèce, piscivore et résidente dans le PNBA, est classée en "Préoccupation Mineure" par l'UICN (2018). Pourtant la dynamique des populations de l'espèce reste inconnue et la pression combinée de ces usages de consommation et d'autres pressions d'origine anthropique, telles que la destruction de l'habitat ou encore la diminution des stocks de poissons, pourraient à terme menacer l'espèce (e.g. Owens et Bennett, 2000 ; Croxall et al., 2012).

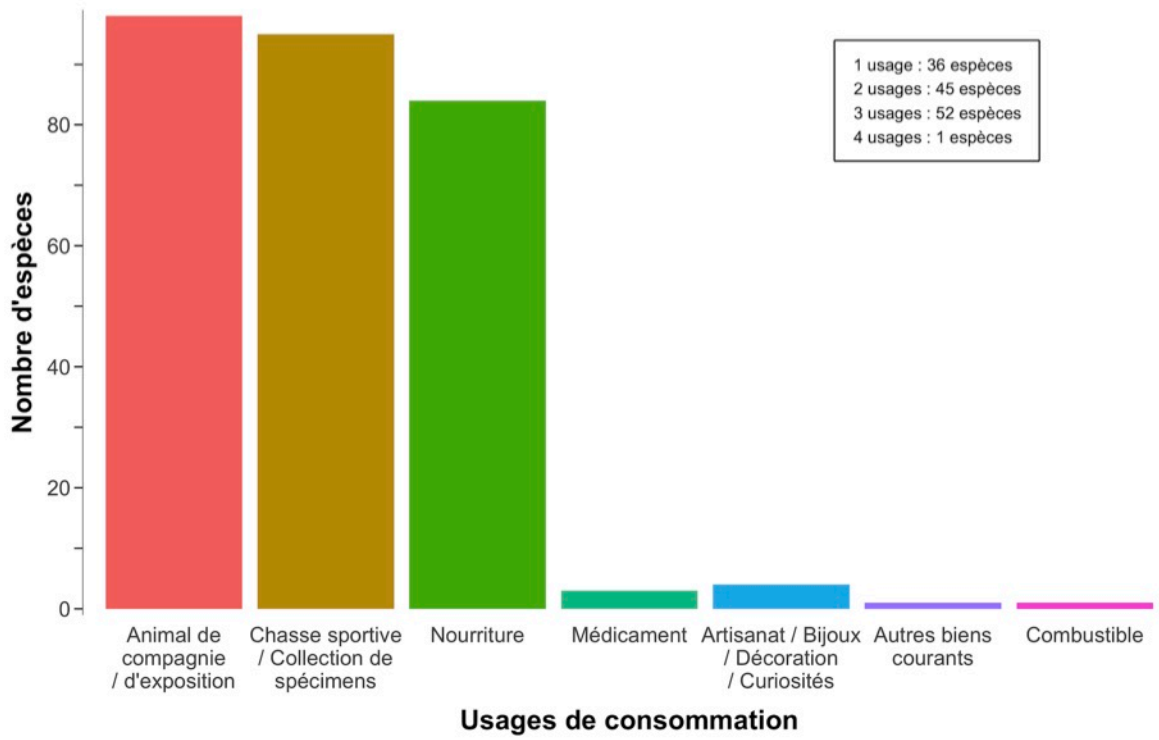


Figure 76 : Usages de consommation des oiseaux du PNBA identifiés dans la base de données BirdLife International (2018), et nombre d'espèces avec un ou plusieurs usages. N = 286 observations sur k = 134 espèces.

Bien que ces usages soient observés à l'échelle internationale, ils peuvent également correspondre aux usages qui en sont faits par les populations locales du PNBA ou qui pourraient en être faits. La littérature à ce sujet est quasi-inexistante mais Campredon (2000, p.37) a déjà observé que : "*Lorsque [les limicoles] arrivent en Afrique, ils sont à peu près tous dans un état proche de l'épuisement. C'est l'époque où l'on peut voir les enfants de Nouadhibou courir sur les plages et les sebkhas pour les capturer : il n'est pas rare alors d'en croiser tenant à la main un bouquet de barges rousses, ou un héron cendré battant des ailes*". Il est alors raisonnable de penser que les usages identifiés pour le Héron cendré et la Barge rousse (*Limosa lapponica*, chasse sportive/collection de spécimens et nourriture) à l'échelle internationale sont applicables à l'échelle du PNBA et que cela peut être le cas pour de nombreuses autres espèces.

3.3. Les services de régulation et de maintenance, et de support et d'habitat

Au sein des espèces d'oiseaux associées au PNBA, 56,5 % ont un régime alimentaire de type "insectivores", 31 % ont un régime de type "piscivores", 24,4 % ont un régime de type "frugivores", 14,9 % ont un régime de type "rapace" et enfin 6,0 % ont un régime de type "charognards" (Figure 77). Une large majorité de ces espèces ont un régime alimentaire relativement spécialisé puisque 70,2 % d'entre elles n'appartiennent qu'à un seul groupe fonctionnel (Figure 77). La Mouette de Sabine, *Xema sabini*, quant à elle, présente un régime alimentaire très omnivore puisqu'elle a pu être rattachée à 4 groupes fonctionnels (insectivores, piscivores, frugivores et charognards). Il est à noter également que les espèces avec un régime alimentaire de type "rapaces" ont généralement un régime alimentaire assez

diversifié en réalité avec des insectes, d'autres invertébrés et des charognes venant compléter le régime principal de vertébrés (Annexe 7).

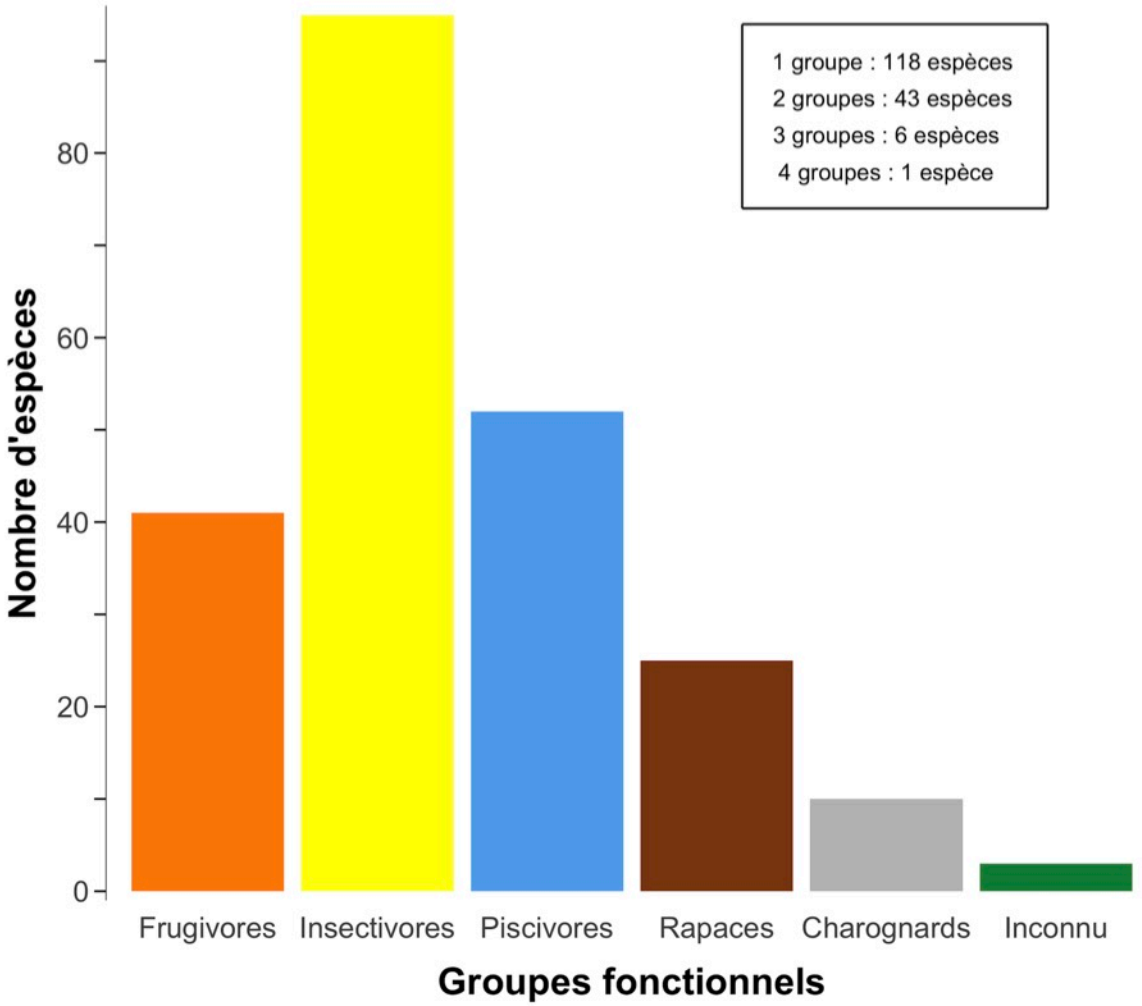


Figure 77 : Répartition des espèces d'oiseaux du PNBA en fonction des groupes fonctionnels définis par Şekercioğlu et ses collaborateurs (Şekercioğlu et al., 2004 ; Şekercioğlu, 2006), et nombre d'espèces appartenant à un ou plusieurs groupes. N = 226 observations sur k = 168 espèces.

Les espèces insectivores offrent avant tout un service de contrôle des insectes nuisibles réduisant ainsi les dommages causés aux végétaux (Şekercioğlu et al., 2004 ; Şekercioğlu, 2006). Principalement associé à l'agriculture, ce service semblerait avoir peu d'intérêt dans le PNBA puisque l'agriculture y est inexistante. Cependant, les insectes nuisibles peuvent impacter des espèces végétales qui ont un intérêt, direct ou indirect, pour l'Homme en dehors de l'agriculture. Par exemple, les graines de l'Acacia faux-gommier (*Acacia tortilis raddiana*), qui présentent de nombreux usages potentiels dans le PNBA, sont la cible du coléoptère *Bruchidius raddianae* (Derbel et al., 2007). En effet, cette variété d'Acacia aide à la lutte contre la désertification, possède de nombreuses vertus thérapeutiques (anti-bactérien, vermifuge, antidiarrhéique), et peut être utilisée pour la consommation (bois pour la construction et comme combustible, graines pour l'alimentation des Hommes, feuilles et fruits pour l'alimentation du bétail, écorce comme source de colorant, etc.) (Jaouadi et al., 2016).

Les espèces piscivores offrent principalement un service de support à travers la déposition de nutriments autour des colonies (Şekercioğlu et al., 2004 ; Şekercioğlu, 2006). En effet, il a été estimé que les oiseaux marins apportent aux sols 10^4 à 10^5 tonnes de phosphore chaque année et que les oiseaux aquatiques contribuent, à hauteur de 40 % pour l'azote et 75 % pour le phosphore, aux apports en nutriments dans les zones humides (Şekercioğlu, 2006, et les références au sein de l'article). Ces espèces peuvent également fournir un service de dispersion secondaire des graines à travers les proies qu'elles peuvent consommer en compléments des poissons et autres organismes marins (Şekercioğlu, 2006, et les références au sein de l'article). Ces espèces ont donc un rôle important pour la productivité des écosystèmes marins du PNBA.

Les espèces frugivores, à travers le service de dispersion des graines qu'elles offrent, permettent quant à elles, d'améliorer le flux génétique entre les espèces végétales, mais aussi de recoloniser et restaurer les écosystèmes perturbés (Şekercioğlu et al., 2004 ; Şekercioğlu, 2006). Il a été montré par exemple, que le Fuligule à tête noire (*Aythya affinis*), une espèce de canard, présentait la plus grande distance de dispersion des graines de la Zostère marine, *Zostera marina*, parmi 5 espèces connues pour être consommatrice des graines de cette phanérogame marine (Sumoski et Orth, 2012). Étant donnée l'importance des herbiers dans le PNBA, et dans une moindre mesure des marais salés et des mangroves (voir Partie 2 de ce rapport), les espèces frugivores ont donc là encore un rôle potentiellement non-négligeable dans la productivité du PNBA.

Les espèces avec un régime alimentaire de type "rapaces" offrent un service de contrôle des vertébrés nuisibles (Şekercioğlu et al., 2004 ; Şekercioğlu, 2006). Par exemple, Brown et al. (1988) ont montré que la chouette effraie (*Tyto alba*), réduisait l'activité de prospection alimentaire de 3 espèces de rongeurs de la famille des Hétéromidés dans les déserts d'Amérique du Nord. Ce service peut s'appliquer à l'échelle du PNBA où la chouette effraie est également présente parmi d'autres espèces ayant un régime alimentaire de type "rapaces". La régulation des mammifères nuisibles est d'une importance non négligeable dans le Parc puisqu'on y retrouve aussi des espèces de rongeurs comme le rat des sables diurnes (*Psammomys obesus*) porteur d'une espèce de parasite responsable de la leishmaniose chez l'Homme, *Leishmania major* (Fichet-Calvet et al., 2003 ; Ghawar et al., 2011). Les espèces avec un régime alimentaire du type "rapaces" apportent également un service de dispersion secondaire des graines, comme les espèces piscivores, de par la diversité généralement observée de leur régime alimentaire comme nous l'avons souligné précédemment.

Les espèces charognards, de par leur régime alimentaire particulier, ont un rôle primordial dans la disposition des carcasses, et donc dans les services d'hygiène et d'assainissement ainsi que dans le recyclage des nutriments (Şkercioğlu et al., 2004 ; Şekercioğlu, 2006 ; Margalida et Colomer, 2012). Dans le PNBA où le système de traitement des déchets est quasi-inexistant, ces espèces offrent donc un service sanitaire primordial aux populations locales en traitant leurs déchets biologiques et en limitant ainsi la prolifération d'autres espèces potentiellement néfastes comme cela fut le cas en Inde où les populations de chiens errants et de rats (vecteurs de maladie) ont explosé avec l'effondrement des populations de vautours (Pain et al., 2003).

Ces résultats viennent illustrer la grande diversité d'espèces d'oiseaux présents dans le PNBA qui offrent un large bouquet de services de régulation et de support, aussi bien à l'échelle du Parc qu'au-delà de ses frontières. Cet éventail de services pourrait même, potentiellement,

être encore plus important étant donné que l'écologie d'un grand nombre de ces espèces est encore mal connue.

3.4. Les services culturels

Bien que les oiseaux offrent une grande variété de services culturels, dans l'ensemble plutôt bien identifiés, ceux-ci sont parmi les plus complexes à évaluer à quelques exceptions près. En effet, parmi les services culturels, les activités récréatives que sont le bird-watching et l'éco-tourisme sont les services les plus étudiés à ce jour (e.g. Becker et al., 2005 ; Gürlück et Rehber, 2008). Au sein du PNBA cependant, bien que la valeur du patrimoine ornithologique soit largement reconnue aussi bien par la communauté locale que par la communauté internationale, aucune évaluation de ces services n'a pu être faite. En effet, bien que ce service soit en général relativement simple à estimer, l'évaluation de toute forme de tourisme au sein du Parc est aujourd'hui difficile dans la pratique, comme souligné dans la section « L'écotourisme au PNBA » de ce rapport.

Parmi les services culturels plus complexes à évaluer, nous pouvons citer la fonction de sentinelles de l'environnement, bien reconnue chez les oiseaux mais moins bien évaluée (e.g. Cairns, 1988, 1992 ; Carere et al., 2010 ; Einoder, 2009 ; Zöckler, 2005). Par exemple, en tant que prédateurs supérieurs, les populations d'oiseaux marins reflètent l'état des ressources, notamment les stocks de certaines espèces de poissons (Cairns, 1988, 1992 ; Einoder, 2009). Étant donné l'activité de pêche soutenue dans les eaux productives de la ZEE Mauritanienne (cf Partie 3, Chapitre 1 et 2), ce service de sentinelle de l'environnement, et en particulier d'indicateur de stock de poissons est particulièrement pertinent dans le PNBA. Étant très étudié dans le domaine de la recherche scientifique, il rejoint donc le service de la recherche et de l'éducation. L'évaluation monétaire de ce dernier service nécessiterait, entre autres, de compiler les budgets alloués aux programmes de recherches sur les oiseaux du PNBA. A titre indicatif, une recherche dans ISI Web of Science en date du 22/10/2018 avec les mots clés "*Banc d'Arguin*" et "*oiseaux*", a fait ressortir 26 publications scientifiques, les plus anciennes datant de 1993. Parmi ces publications, une seule (Camphuysen et van der Meer, 2005) s'est intéressée aux relations entre les oiseaux marins et les pêcheries dans la ZEE Mauritanienne. De plus, les oiseaux marins/piscivores sont historiquement utilisés par les pêcheurs comme indicateurs des zones de pêches à forte productivité (Montevecchi, 2002). Les Imraguens sont déjà connus pour utiliser les dauphins afin de repérer les bancs de mulets jaunes (Campredon, 2000). Il en va de même pour les oiseaux marins qui indiquent aux pêcheurs Imraguens des zones de forte productivité d'autres espèces de poissons d'intérêt commercial.

Enfin, les oiseaux offrent également de nombreux services culturels, qui bien que connus, sont difficiles à évaluer avec les méthodes actuelles, tels que la source d'inspiration qu'ils représentent pour les arts, la culture et la religion (DeVault et al., 2016). Etant donnés la proximité des Imraguens avec leur environnement et le profil des touristes au sein du PNBA, il ne fait aucun doute que les oiseaux jouent là aussi un rôle spirituel important même si la reconnaissance de ce rôle est plus qualitative que quantitative.

4. Conclusion et Perspectives

Cette étude a révélé la richesse des services écosystémiques que fournissent les oiseaux du PNBA. Elle souligne ainsi l'intérêt économique et social de ces espèces, en plus de leur intérêt écologique à l'origine de la création du PNBA. Lister ces services était une première étape importante et nécessaire permettant de les rendre plus "évidents" et donc d'assurer leur reconnaissance par les décisionnaires (Costanza et al., 2017). Ce travail a également permis de mettre l'accent sur les lacunes encore considérables dans les connaissances de cette avifaune et de la valeur économique qui peut lui être attribuée. Les données brutes sur l'écologie de ces espèces sont essentielles pour la quantification de ces services et le développement de méthodes d'évaluation monétaire qui leur sont spécifiques. Il sera donc important à l'avenir de poursuivre l'effort de recherche scientifique et économique afin de combler ces lacunes et d'améliorer l'évaluation de ces services. Par ailleurs, il a été montré que les oiseaux du PNBA pouvaient apporter des services écosystémiques d'importance à l'échelle locale, mais cela est également vrai à l'échelle internationale étant donnée leur grande mobilité. Le Parc a donc un rôle important pour la communauté Imraguen et la communauté Mauritanienne, mais aussi pour la communauté internationale.

De nombreuses pistes pourront être exploitées afin de pallier les lacunes identifiées dans cette étude. Parmi celles-ci, certaines paraissent prioritaires au regard de l'importance pour le PNBA des services qu'elles permettront d'évaluer. Tout d'abord, il semble important de mettre en place un programme de recherche scientifique pour approfondir les connaissances sur les populations de piscivores du PNBA étant donné leurs rôles de sentinelles de l'environnement et d'indicateurs des stocks de poissons, mais aussi la dépendance à la pêche des populations Imraguen. L'étude du comportement de prospection alimentaire couplée à l'étude de la dynamique des populations de certaines de ces espèces résidentes dans le PNBA telles que le Goéland railleur, le Cormoran africain ou encore le Pélican blanc, permettra de les utiliser comme indicateur de l'état des stocks halieutiques et donc comme outil de gestion. L'étude de la composition et de la quantité de guano produit par ce type d'espèces pourra également permettre de quantifier leur contribution à l'enrichissement de leur milieu. Dans la même lignée, une autre piste qu'il sera pertinent de développer, est l'étude du comportement de prospection alimentaire des espèces de type « charognards » résident dans le PNBA. En effet, en quantifiant leur consommation de carcasses et autres déchets organiques, il sera alors possible d'estimer leur participation au traitement des déchets dans le PNBA qui reste à ce jour une des faiblesses du Parc (voir la section « L'écotourisme au PNBA » de ce rapport). De plus, le rétablissement d'un suivi statistique rigoureux du tourisme dans le PNBA pourra permettre d'évaluer la contribution du bird-watching à la valeur économique des oiseaux du PNBA. Couplé à la mise en place d'enquêtes auprès des touristes (nationaux et internationaux) et des populations locales, cela pourra également permettre d'estimer leur valeur de non-usage via une méthode de « Consentement à payer » (voir la section « Evaluation de la valeur de non-usage du PNBA » de ce rapport), ainsi que leur valeur d'usage de consommation (viande, os, plumes, etc.) par les populations locales. Enfin, l'évaluation des budgets alloués aux projets de recherche scientifique et d'éducation liés aux oiseaux du PNBA permettra d'estimer une part supplémentaire de la valeur de ces derniers.

Cette analyse a également donné des pistes pour une exploitation raisonnée du potentiel des oiseaux du PNBA permettant de renforcer encore la conservation de ces espèces dans un cercle vertueux. Une des pistes qui semble la plus prometteuse est celle du développement d'un éco-tourisme inclusif des populations locales dans le PNBA. Comme cela a été présenté en introduction, la valeur récréative du bird-watching peut atteindre des sommes importantes comme par exemple dans la Gamla Nature Reserve d'Israël où l'activité, principalement liée à la présence du Vautour fauve, *Gyps fulvus*, rapporte entre 1 100 000 et 1 200 000 $/an (Becker et al., 2005). Cette espèce de vautour se retrouve également au sein du PNBA, ainsi que plusieurs espèces rares (endémiques), menacées et/ou emblématiques qui sont autant d'atouts, auxquels s'ajoute une exceptionnelle richesse spécifique, pour l'attractivité du Parc aux yeux des amateurs d'ornithologie. Par ailleurs, il a également été montré en Namibie ou au Botswana, le succès de réserves où les populations locales avaient la liberté de gérer par elles-mêmes les mesures d'exploitation et de conservation de la faune sauvage (Ashley et Barnes, 1997 ; Barnes, 2001 ; Barnes et al., 2002). Dans ces réserves, le tourisme de non-consommation de la faune sauvage était la forme de tourisme avec les retombées économiques les plus importantes pouvant même assurer leur autonomie financière. C'est également dans ces réserves que les mesures de conservation les plus efficaces ont été observées, avec des populations de faune sauvage en bonne santé. Le développement de ce type d'éco-tourisme au sein du PNBA permettrait aux populations Imraguen de diversifier leurs activités et de s'adapter à l'évolution de leur activité principale, la pêche. Dans le contexte actuel de surpêche dans la ZEE Mauritanienne (et le PNBA), diversifier les activités des populations Imraguen permettrait de relâcher la pression sur les stocks de poisson et favoriser leur résilience. De nombreux témoignages ont souligné la sensibilité des Imraguen à la protection de leur environnement et leur volonté de voir se développer cette forme de tourisme au sein du PNBA (voir les sections « Evaluation de la valeur de non-usage du PNBA » et « L'écotourisme au PNBA » de ce rapport, McInnes et al., 2017). Le PNBA semble de ce fait un bon candidat pour devenir une destination écotouristique.

CONCLUSION GENERALE : RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

VALEUR ÉCONOMIQUE DES PRINCIPAUX SERVICES ECOSYSTEMIQUES

La valeur annuelle des principaux servies de régulation et d'approvisionnement est estimée à 8,1 milliards MRU par an soit 198,8 millions €/an. Les deux services les plus important sont celui relatif à la séquestration du carbone fournie par les herbiers (3,3 milliards MRU) et celui lié à la contribution du PNBA aux pêcheries de la ZEE de la Mauritanie (3 milliards MRU). Parmi les autres services de support et de régulation évalués, ceux de nurserie et de bioremédiation affichent des valeurs monétaires respectives de 92 et 49 millions MRU/an. Le service de prélèvement par la flotte de pêche artisanale atteint 52 millions MRU/an. La valeur de non-usage du PNBA se situe à 1,6 milliard MRU d'après la perception de l'importance accordée aux différents services écosystémiques par les Mauritaniens.

Les services évalués concernent essentiellement la partie maritime du PNBA qui couvre 5400 km^2. Rapportée au km^2, la valeur économique des principaux services atteint 1,5 millions MRU soit 36 820 €/km^2/an. A titre de comparaison, la valeur au km^2 des services écosystémiques principaux rendus par les 5 aires marines protégées en Afrique de l'Ouest (Langue de Barbarie au Sénégal, Rio Cacheu et Urok en Guinée Bissau, Tristao et Alcatras en Guinée et Santa Luzia au Cap Vert) atteint 26 000 €/km^2 pour une valeur totale de 35 millions €/an pour les 5 AMP combinées.

Tableau 55 : Synthèse des valeurs des principaux services écosystémiques du PNBA

Usages	Service	Valeur totale (MRU/an)	% VET	Surface	MRU/km^2	€/km^2
Usage Direct	Pêche artisanale	52 000 000	0.6%	325	160 000	3 920
	Tourisme	800 000	0.0%	5 400	144	3.528
	Pêche ZEE Mauritanie	3 000 000 000	37.0%	5 400	555 556	13 611
Usage Indirect	Bioremédiation	48 700 784	0.6%	821,8	59 261	1 452
	Séquestration carbone	3 268 063 597	40.4%	700,8	4 663 333	114 252
	Nurserie	92 157 205	1.1%	795	115 921	2 840
Non-Usage	VNU	1 620 000 000	20.0%	5 400	300 000	7350
	Patrimoine halieutique	17 500 000	0.2%	5 400	3 241	79.4045
Total		**8 099 221 586**	100.0%	5 400	1 499 855	36 820

La valeur des oiseaux, hormis pour le tourisme ornithologique, n'a pas pu être prise en compte car ceux-ci assurent également une valeur de fonction (de régulation et de support interne au système) que le cadre standard d'évaluation ne prend pas en compte, seuls sont comptabilisés les flux entrants (carbone, par exemple) et sortants (poissons, par exemple). Dans le même registre, la valeur liée au service de protection côtière n'a pas été évalué du fait de l'hypothèse implicite, dans le cadre d'évaluation, d'un littoral anthropisé, ce qui n'est pas le cas au PNBA. Qui plus est, la lagune de Bellaat, met en avant le paradoxe de l'évaluation : à savoir que la rupture du cordon dunaire et donc du service de protection côtière engendre une création de valeur. La valeur du service de stockage de carbone dans la biomasse et les sédiments, très importante (82 % de la séquestration), n'a pas été prise en compte du fait du doublon avec celle de séquestration. En sus d'approfondissement divers, des travaux supplémentaires doivent dès lors porter en premier lieu sur l'appréhension de la valeur des oiseaux dans le PNBA, qui constituent la valeur fondatrice de l'existence du Parc.

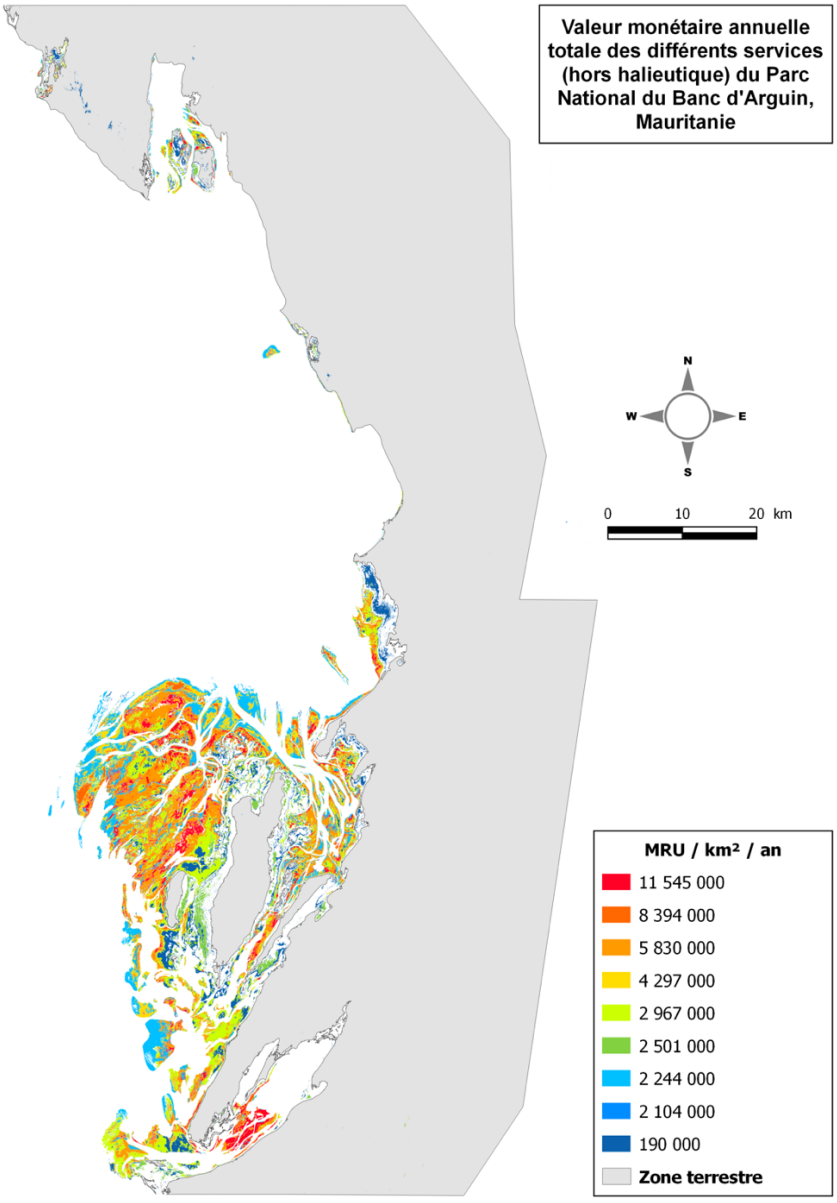


Figure 78 : Valeur monétaire annuelle des différents services, hors halieutiques, du Parc National du Banc d'Arguin

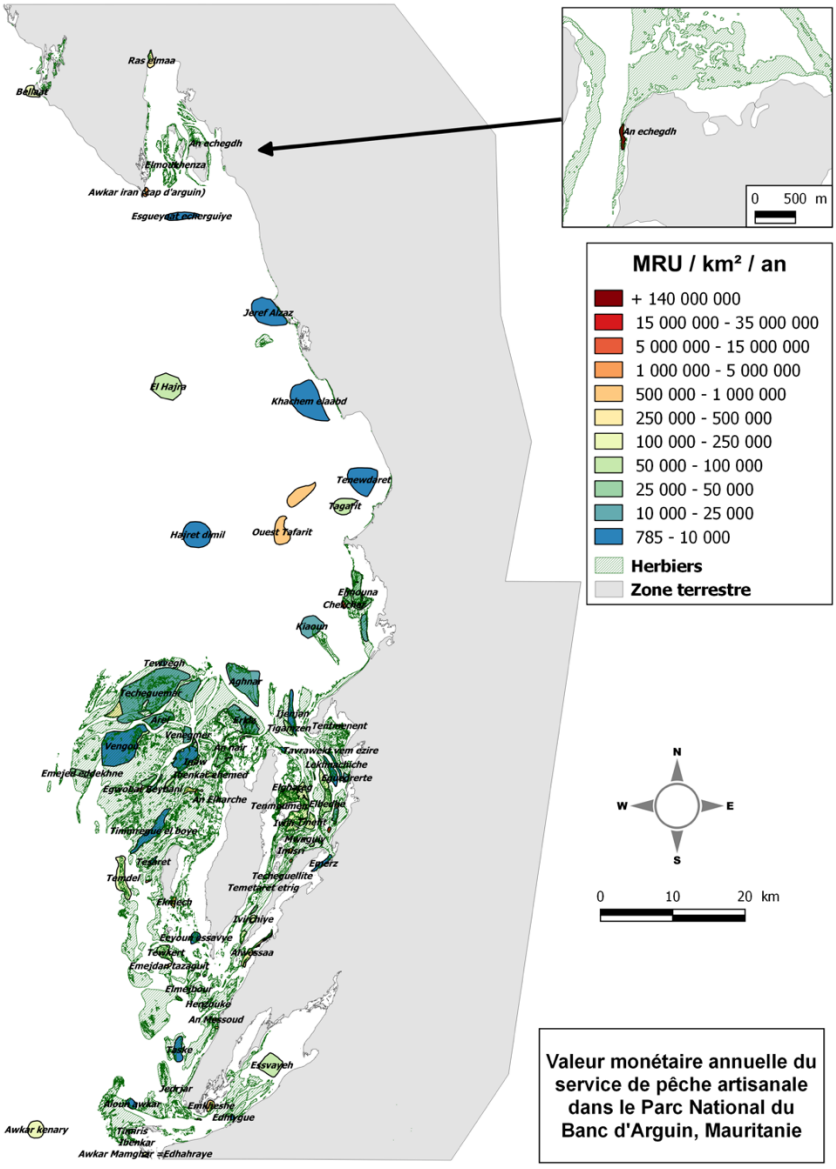


Figure 79 : Valeur monétaire annuelle du service de pêche artisanale dans le Parc National du Banc d'Arguin.

RECOMMANDATIONS DE POLITIQUES PUBLIQUES ET DE GESTION DU PNBA.

En matière de politique publique, des efforts doivent, tout d'abord, être faits afin d'intégrer les écosystèmes qui présentent une forte valeur monétaire unitaire dans le panier des écosystèmes à protéger. Des mesures adéquates doivent être entreprises pour maintenir, voire améliorer la capacité des écosystèmes à fournir les services de support et de régulation. Il est important de souligner que pour maintenir ce potentiel écologique et économique, les écosystèmes protégés doivent être en bon état écologique pour assurer le même niveau de service. En effet, pour le service de séquestration carbone, si l'évaluation se base uniquement sur la surface des écosystèmes, la valeur atteint 7,1 milliards MRU/an, en tenant compte de l'état écologique des écosystèmes du PNBA, la valeur est de 3,3 milliards/an. En conséquence, un suivi de l'état écologique des écosystèmes doit être mis en place, de manière plus poussée avec, par exemple, l'utilisation d'un drone lourd et d'un protocole d'échantillonnage suffisant

pour détecter des changements. En complément, l'utilisation des données Sentinel-2, permet la mise à jour cartographique de l'ensemble du Parc avec une résolution spatiale de 10m, libre d'accès, et une répétitivité temporelle de 12 jours. Pour des analyses ponctuelles sur des zones restreintes : l'utilisation d'images SPOT-6 (résolution spatiale de 1,5 m) peut s'avérer utile, tout en sachant que les images ne sont pas libre d'accès, que l'acquisition se fait sur demande, et que le volume et le temps de calcul sont importants.

Outre la protection des écosystèmes, instaurer des programmes de conservation des espèces emblématiques (oiseaux, tortues, requins et raies, mammifères marins, etc.) sont fondamentaux puisqu'ils axent leurs efforts sur des espèces situées en haut de la chaine trophique et peuvent ainsi donner des indications sur l'état de santé du milieu. Malgré le statut de protection du PNBA et le faible niveau de population humaine sur la côte, les populations d'oiseaux et de sélaciens diminuent, les routes de migrations des poissons changent, ce qui traduit une certaine pression sur l'environnement. Si les indicateurs classiques d'abondance des populations ou de richesse spécifique sont couramment utilisés, ils ne renseignent que trop tard des dégradations et atteintes à l'environnement. D'autres indicateurs de biodiversité, basés sur les traits fonctionnels des espèces, sont plus sensibles aux perturbations (Mouillot et al., 2013 ; Loiseau et Gaertner, 2015). Les programmes de protection des espèces emblématiques doivent, dès lors, être complétés par des programmes plus larges et de long-terme destinés à la préservation des habitats côtiers et marins. D'ailleurs, notre étude sur les oiseaux a également donné des pistes pour une exploitation raisonnée du potentiel des oiseaux du PNBA permettant de renforcer encore la conservation de ces espèces dans un cercle vertueux, celle du développement d'un éco-tourisme inclusif des populations locales dans le PNBA. En effet, le développement de ce type d'éco-tourisme au sein du PNBA permettrait aux populations Imraguen de diversifier leurs activités et de s'adapter à l'évolution de leur activité principale, la pêche. Dans le contexte actuel de surpêche dans la ZEE Mauritanienne (et le PNBA), diversifier les activités des populations Imraguen permettrait de relâcher la pression sur les stocks de poisson et favoriser leur résilience.

Car comme cela est souligné dans le Plan d'Aménagement et de Gestion du PNBA (PNBA, 2014), le PNBA subit, depuis une trentaine d'années, l'augmentation exponentielle des pressions anthropiques : surcapacité de pêche, surpêche, pêche illégale, projets industriels dans la zone Nord, pastoralisme/surpâturage, flux de transit reliant Nouakchott et Nouadhibou, développement urbain à la périphérie du Parc (Chami) etc. A ce titre, il est prévu qu'un consortium/cabinet soit recruté pour la réalisation d'une évaluation environnementale sociale et stratégique de la ville de Chami et de ses impacts sur la Valeur universelle et exceptionnelle du PNBA.

A cela, l'équipe a également pu noter l'abondance excessive de macro-déchets plastiques sur l'ensemble du littoral, et particulièrement autour des villages. Ces macro-déchets plastiques posent un réel problème pour l'environnement (Auta et al., 2017). En effet, outre la pollution visuelle, s'ils ne sont pas ramassés rapidement, ils finissent par se désintégrer en microplastique, soit un plus grand nombre de particules, et un plus grand nombre d'organismes à même de les ingérer. Les microplastiques, lorsqu'ils sont ingérés par des organismes marins, causent des dommages chimiques et physiques, entravant la mobilité et l'obstruction du tube digestif, et entrainant des effets chimiques tels que l'inflammation, le stress hépatique et la diminution de la croissance (Setala et al., 2016). La consommation de microplastiques est commune à un large éventail d'organismes marins représentant différents

niveaux trophiques dont les oiseaux piscivores, les poissons, les tortues et les mammifères marins (Ferreira et al., 2016 ; Batel et al., 2016 ; Fossi et al., 2016 ; Caron et al., 2016). Ces microplastiques interfèrent avec la chaîne alimentaire dans la mesure où les microplastiques ingérés par des organismes du niveau trophique inférieur (zooplancton, copépodes), remontent les maillons vers les plus haut niveaux trophiques (Hollman et al. 2013).

L'ensemble de ces pressions ont rendu de plus en plus évidente la nécessité d'une part, de protéger le site exceptionnel que constitue le Parc National du Banc d'Arguin (PNBA), et, d'autre part, de mieux planifier et structurer l'approche de gestion autour de la compréhension du fonctionnement de son écosystème et sociosystème particulièrement complexe.

La biodiversité du Parc est intrinsèquement liée aux échanges avec les milieux environnants au niveau national, régional et international, eu égard, aux migrations périodiques. La nouvelle stratégie se fera donc, autour d'une collaboration avec l'ensemble des parties prenantes et en conformité avec les politiques nationales, régionales et internationales.

ÉTUDES COMPLEMENTAIRES – PERSPECTIVES FUTURES

Cartographie des écosystèmes marins du PNBA

L'utilisation des imageries satellites pour cartographier les habitats marins peu profonds du PNBA est indispensable pour couvrir les vastes étendus de la zone intertidale et de la zone subtidale peu profonde. Toutefois, des données bathymétriques et de turbidité dans ces milieux intertidaux auraient permis de corriger l'effet de la colonne d'eau sur le signal transmis aux satellites.

L'utilisation de drone couplé avec une caméra hyperspectrale permettrait d'affiner la résolution des images, survoler les écosystèmes intertidaux à marée basse afin de caractériser finement l'état écologiques des communautés, y compris celui des vasières, dont la répartition du microphytobenthos pourrait être déterminée.

Toutefois, d'autres écosystèmes sont présents au sein du PNBA, avec notamment des fonds coquillers, probablement des algueraies et fonds sablo-vaseux. Afin de cartographier ces écosystèmes, des approches plus lourdes embarquées sont nécessaires avec l'utilisation de sonars multi-faisceaux, de ROV (Remotely Operated Vehicle) etc.

Contribution du PNBA à la production halieutique

Dans cette étude, la contribution du PNBA à la production des ressources halieutiques a été évaluée par sa contribution directe et indirecte.

- La contribution directe a été estimée par la valeur ajoutée découlant des activités de pêche artisanale dans la zone du PNBA (Kane et al. 2018). Toutefois, une évaluation plus complète de la chaine de valeur permettrait de donner plus de poids à l'effet économique (création de richesse) induit, notamment par les activités du mareyage, de transformation des produits, des services (construction navale, réparation et transport), etc.

- La contribution indirecte du PNBA au renouvellement des stocks d'espèces commerciales exploitées à l'extérieur du PNBA dans la ZEE Mauritanienne a été évaluée en réactualisant les modèles EcoPath.

  Cette capacité de renouvellement des stocks halieutiques a également été évaluée d'après le service de nurserie assuré par les habitats côtiers du PNBA (Trégarot et al. 2018). Ces habitats, en particulier les herbiers subtidaux et les flaques intertidales, abritent de nombreux juvéniles d'espèces de poissons et de crevettes, mais la fonction de nurserie d'un habitat ne se justifie pas uniquement par la présence de juvéniles. En effet, une nurserie peut être définie comme un habitat qui contribue davantage, par rapport à d'autres habitats, à la production d'individus d'une espèce donnée, avant qu'ils constituent des populations adultes. Les principaux facteurs qui régissent la survie d'une espèce sont la densité, les taux croissance et de survie des juvéniles, leur déplacement vers les habitats adultes ou une combinaison de ceux-ci (Beck et al., 2001). Des études supplémentaires devraient être mises en œuvre afin d'ajuster les

données d'abondances des poissons, mollusques et crevettes dans les habitats peu profonds du PNBA et porter une attention particulière à certaines espèces comme le maigre et les élasmobranches. Notre étude relève l'importance des herbiers de cymodocées et des flaques intertidales dans le développement des juvéniles d'espèces commerciales, avec un potentiel de rendement économique à l'échelle du PNBA atteignant 57,5 et 139,3 millions MRU/an. À ce jour, aucune étude n'a testé avec succès les quatre facteurs clés caractérisant une nurserie, comme postulé par Beck et al. (2001) et il est encore très difficile de prédire la contribution d'une nurserie au stock d'une population adulte (Nagelkerken et al., 2009). Par conséquent, les protocoles d'échantillonnage terrain doivent être orientés pour définir les différentes caractéristiques d'une nurserie. Il s'agit (1) d'identifier et de quantifier la migration des individus des zones de nurseries vers les habitats adultes ; (2) d'évaluer les taux de croissance et de survie des espèces commerciales ; (3) de comparer les habitats, et (4) de clarifier l'impact du changement climatique et des activités anthropiques sur la fonction de nurserie.

Plusieurs projets, en phase finale ou en cours, ont apporté et apporterons des éléments de réponse à la contribution du PNBA au renouvellement des ressources halieutiques.

A ce titre, le projet AMPHORE, porté par l'IRD, a permis de suivre l'évolution des peuplements de poissons dans les réserves et de mesurer leur impact sur l'enrichissement extérieur (effet spillover) et les activités de pêche. Il a permis également de suivre les conditions économiques et de gouvernance qui assurent la pérennité de ces réserves qui ne peuvent être envisagées que sur des périodes de temps longues.

Le projet AURITA, porté par l'Institut de Recherche et de Développement, a pour objectif de construire la première base de donnée continue des paramètres clefs de la ponte des petits pélagiques dans la principale zone de reproduction d'Afrique de l'Ouest : le Banc d'Arguin. Les principales innovations sont : (1) l'utilisation de drones autonomes à propulsion vélique pour réaliser les observations de manière continue de plusieurs semaines, répétées à chaque saison ; (2) le couplage d'instruments pour mesurer simultanément les paramètres environnementaux, l'agrégation des poissons et la distribution des œufs ; (3) l'intégration en temps réel des observations par une intelligence artificielle qui pilote le drone pour un échantillonnage adaptatif. Ces observations fourniront des données essentielles pour la validation et la calibration des modèles de dynamique de population reproduction des petits pélagiques, et permettrons d'aborder la question des effets relatifs de la pêche et du climat sur la variabilité de l'abondance.

D'autres études doivent être menées dans ce sens, comme la modélisation de la courantologie du Banc d'Arguin afin de caractériser les potentialités d'export des larves de poissons ou encore de réaliser une bathymétrie fine des habitats intertidaux, estimer la turbidité des eaux, déterminer la limite de distribution des herbiers subtidaux.

Carbone Bleu

Dans notre étude, le stock de carbone a été évalué dans la biomasse aérienne, souterraine et le sédiment pour chaque écosystème. Les taux de C_{org} stocké dans les sédiments des herbiers

peuvent varier considérablement selon les habitats et les saisons. Cette capacité d'enfouissement dépend de nombreux paramètres biogéochimiques et physiques, impliqués à différentes échelles spatiales (complexité structurelle, apports en nutriments, hydrodynamisme, profondeur, hétérogénéité des herbiers, surface et densité). Il a été montré que des herbiers à Posidonies pouvaient être source de carbone en hiver et puits de carbone le reste de l'année, mais le manque de connaissances sur le devenir du carbone libéré dans ces processus limite l'utilisation des ratios PPB:RE comme critère de classification des herbiers comme sources ou puits de carbone (Macreadie et al. 2014). Le carbone libéré par les herbiers se retrouve dans l'eau de mer, mais la part rejoignant l'atmosphère est inconnue. Si le C_{org} sédimentaire est reminéralisé en CO_2 et rejoint la colonne d'eau, deux processus sont possibles : (1) le CO_2 rejoint l'atmosphère ou (2) le CO_2 reste dans la colonne d'eau, où il peut être transformé en acide carbonique (H_2CO_3), en bicarbonates (HCO_3^-) ou en carbonates (CO_3^{2-}). Dans ce cas, le carbone serait recyclé, pouvant à nouveau être séquestré par les herbiers sous forme de C_{org} sédimentaire. Toutefois, à l'échelle annuelle, les herbiers sont considérés comme autotrophiques et se comportent comme des puits à carbone, l'excès de C_{org} produit étant soit exporté, soit enfoui.

Le concept de puits de carbone pour les herbiers provient de leur capacité à accumuler le C_{org} dans les sédiments. Toutefois, Gullström et al. (2018), soulignent l'importance du carbone inorganique sédimentaire (carbonate - C_{carb}) dans cette fonction de puits de carbone. Ils accentuent notamment le fait que les processus de calcification qui s'opèrent dans les herbiers précipitent le $CaCO_3$, réduisant ainsi le pH environnant et renvoyant le CO_2 dissous vers l'atmosphère (Frankignoulle et Gattuso 1993). La quantité de carbone extrait de l'eau de mer sous forme de CO_2 en proportion de la quantité de carbone précipité sous forme de $CaCO_3$ dépend de la capacité tampon de l'eau et est très variable dans les systèmes de plantes marines. Il a été montré que les taux de C_{carb} sédimentaire sont corrélés aux taux de C_{org}.

En prenant en compte la relation générale entre fixation et la libération de CO_2 dans les processus de calcification, il a été estimé que pour chaque mole de $CaCO_3$ formée, le pH décroit, résultant dans la libération d'approximativement 0,6 mol de CO_2 dans l'atmosphère (Ware et al. 1992). Les quantités importantes de $CaCO_3$ dans les herbiers tropicaux constituent une forme conséquente de stockage de carbone, mais une partie de ce stock pourrait être considérée comme source de CO_2. Pour bien comprendre les taux de séquestration carbone dans les herbiers, la productivité primaire (importance et variabilité) ainsi que les processus de calcification dans les herbiers devraient être pris en compte. Les herbiers peuvent alors stocker et libérer du CO_2 simultanément, et de forts taux de production de carbonate pourraient convertir le statut des herbiers de puits de carbone en sources de carbone. Si tel est le cas dans les herbiers du PNBA, il convient donc de mener des études complémentaires à ce sujet afin d'ajuster, ou de pondérer les capacités de séquestration carbone.

Services rendus par les oiseaux

De nombreuses pistes pourront être exploitées afin de pallier aux lacunes identifiées dans cette étude. Parmi celles-ci, certaines paraissent prioritaires au regard de l'importance pour le PNBA des services qu'elles permettront d'évaluer.

Tout d'abord, il semble important de mettre en place un programme de recherche scientifique pour approfondir les connaissances sur les populations de piscivores du PNBA étant donné leurs rôles de sentinelles de l'environnement et d'indicateurs des stocks de poissons, mais aussi la dépendance à la pêche des populations Imraguen.

L'étude du comportement de prospection alimentaire couplée à l'étude de la dynamique des populations de certaines de ces espèces résidentes dans le PNBA telles que le Goéland railleur, le Cormoran africain ou encore le Pélican blanc, permettra de les utiliser comme indicateur de l'état des stocks halieutiques et donc comme outil de gestion.

L'étude de la composition et de la quantité de guano produit par ce type d'espèces pourra également permettre de quantifier leur contribution à l'enrichissement de leur milieu. Dans la même lignée, une autre piste qu'il sera pertinent de développer, est l'étude du comportement de prospection alimentaire des espèces de type « charognards » résident dans le PNBA. En effet, en quantifiant leur consommation de carcasses et autres déchets organiques, il sera alors possible d'estimer leur participation au traitement des déchets dans le PNBA qui reste à ce jour une des faiblesses du Parc (voir la section « L'écotourisme au PNBA » de ce rapport).

De plus, le rétablissement d'un suivi statistique rigoureux du tourisme dans le PNBA pourra permettre d'évaluer la contribution du bird-watching à la valeur économique des oiseaux du PNBA. Couplé à la mise en place d'enquêtes auprès des touristes (nationaux et internationaux) et des populations locales, cela pourra également permettre d'estimer leur valeur de non-usage via une méthode de « Consentement à payer » (voir la section « Evaluation de la valeur de non-usage du PNBA » de ce rapport), ainsi que leur valeur d'usage de consommation (viande, os, plumes, etc.) par les populations locales.

Enfin, l'évaluation des budgets alloués aux projets de recherche scientifique et d'éducation liés aux oiseaux du PNBA permettra d'estimer une part supplémentaire de la valeur de ces derniers.

BIBLIOGRAPHIE

Abd Aziz, S.A. et Nedwell, D.B. (1986). The nitrogen cycle of an East Coast, UK saltmarsh: II. Nitrogen fixation, nitrification, denitrification, tidal exchange. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 22, 689-704.

Abdel Hamid, M.L. (2018). Évaluation économique des services écosystémiques offerts par les aires marines protégées en Afrique de l'Ouest : exemple Parc National du Banc d'Arguin - Mauritanie. *Thèse de Doctorat, Faculté d'Economie de Montpellier*, 259 p.

Abdel Hamid, M.L. et Braham C.B. (2015). Étude pour la mise en place d'un système de valorisation des produits de la pêche artisanale dans le cadre de la lutte contre la pauvreté en milieu urbain, 128 p.

Abdulla, A., Gomei, M., Maison, E. et Piante, C. (2008). Statut des Aires Marines Protégées en Mer Méditerranée. UICN, Malaga et WWF, France. 156 p.

Ackerman, J. D. et Okubo, A. (1993). Reduced mixing in a marine macrophyte canopy. *Functional Ecology,* 7, 305-309.

Adame, M.F., Wright, S.F., Grinham, A., Lobb, K., Reymond, C. E. et Lovelock, C.E. (2012). Terrestrial–marine connectivity: Patterns of terrestrial soil carbon deposition in coastal sediments determined by analysis of glomalin related soil protein. *Limnology and Oceanography*, *57*(5), 1492-1502.

Adame, M.F., Cherian, S., Reef, R. et Stewart-Koster, B. (2017). Mangrove root biomass and the uncertainty of belowground carbon estimations. *Forest Ecology and Management*, *403*, 52-60.

AERM (2007). Les procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse – Eléments de comparaison techniques et économiques. *Rapport de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse*, 173 p.

Agawin, N.S.R. et Duarte, C.M. (2002). Evidence of direct particle trapping by a tropical seagrass meadow. *Estuaries*, 25, 1205-1209.

Ahmad, S.A. et Hanley, N. (2009). Willingness to pay for reducing crowding effect damages in marine parks in Malaysia. *The Singapore Economic Review*, 54, 21-39.

Ahmedou Salem, M.V. (2014). Variations saisonnières et interactions proies prédateurs dans un écosystème intertidal du Banc d'Arguin (NW de Mauritanie), *Thèse de doctorat*, 171 p.

Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In J. Kuhl & J. Beckmann (Eds.), Action-control: From cognition to behavior (pp. 11-39). Heidelberg: Springer.

Ajzen, I. et Fishbein, M. (1980). Understanding attitudes and predicting social behaviour. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Alban, F. et Boncoeur, J. (2004). An assessment of the potential interest of fishermen to engage in boat-chartering in the context of a marine park: the case of the Iroise Sea, Western Brittany, France (2004). In: Boissevain, J. et Selwyn, T. (Eds.), Contesting the Foreshore. Tourism (Society and Politics on the Coast. Amsterdam University Press).

Aleman, N., Certain, R., Barusseau, J., Courp, T. et Dia, A. (2014). Post-glacial filling of a semi-enclosed basin: the Arguin Basin (Mauritania). *Marine Geology*, 349, 126-135.

Allain, G. (2004). Modélisation biophysique pour la prévision du recrutement. *Thèse de Doctorat, Agrocampus Ouest, Rennes*, 192 p.

Allain, G., Petigas, P., Grellier, P. et Lazure, P. (2003). The selection process from larval to juvenile stages of anchovy (Engraulis encrasicolus) in the Bay of Biscay investigated by Lagrangian simulations and comparative otolith growth. *Fisheries Oceanography*, 12, 407-418.

Alongi, D.M. (2002). Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental conservation,* 29, 331-349.

Alongi, D. (2009). *The energetics of mangrove forests*. Springer Science & Business Media. Springer Netherlands. 216 p.

Alongi, D.M. et Mukhopadhyay S.K. (2015). Contribution of mangroves to coastal carbon cycling in low latitude seas. *Agricultural and forest meteorology*, 213, 266-272.

Altenburg, W., Engelmoer, M., Mes, R. et Piersma, T. (1982). Wintering waders on the Banc d'Arguin, Mauritania. *Stichting Veth tot Steun aan Waddenonderzoek, Leiden*, 1-283.

Amadou, C.S. (2013). La pêcherie de courbine aux sites d'Arkeiss et d'Agadir du Parc National Banc d'Arguin et savoir écologique des pêcheurs artisans sur les lieux. Rapport d'étude IMROP. 50 p.

Amin, A. (2016). Exploring the role of economic incentives and spillover effects in biodiversity conservation policies in sub-Saharan Africa. *Ecological Economics*, 127, 185-191.

Anderson, I.C., Tobias, C.R., Neikirk, B.B. et Wetzel, R.L. (1997). Development of a process-based nitrogen mass balance model for a Virginia (USA) Spartina alterniflora salt marsh: implications for net DIN flux. *Marine Ecology Progress Series,* 159, 13-27.

Anderson, K. et Gaston, K.J. (2013). Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11, 138-146. DOI: 10.1890/120150.

Anthonioz, R. (1967). Les Imraguen pêcheurs nomades de Mauritanie. Bulletin de l'IFAN, 2, 695-738.

Araujo, A. et Campredon, P. (2016). Banc d'Arguin (Mauritania). In: Finlayson, C. M., et al., Eds.), The Wetland Book: II: Distribution, Description and Conservation. Springer Netherlands, Dordrecht, 1-14.

Ashley, C. et Barnes, J. (1997). Wildlife use for economic gain: The potential for wildlife to contribute to development in Namibia. In F. Smith (Ed.), *Environmental Sustainability: Practical Global Applications* (pp. 163-192). Boca Raton: CRC Press.

Auta, H.S., Emenike, C. et Fauziah, S. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment international,* 102, 165-176.

Avnimelech, Y., Ritvo, G., Meijer, L.E. et Kochba, M. (2001). Water content, organic carbon and dry bulk density in flooded sediments. *Aquacultural Engineering*, 25, 25–33.

Baldwin, K. (2016). Drones for conservation: lessons learned in Antigua and Barbuda. UAS for PA monitoring. Antigua, December 13, 2016, Webinar.

Ball, A.C. (2015). Enquête cadre socioéconomique le long du littoral mauritanien. LESE, du 27 Juillet au 15 Août 2015, 13 p.

Bao, T. Q. (2011). Effect of mangrove forest structures on wave attenuation in coastal Vietnam. *Oceanologia,* 53, 807-818.

Barbier, E. B., Koch, E. W., Silliman, B. R., Hacker, S. D., Wolanski, E., Primavera, J., Granek, E. F., Polasky, S., Aswani, S. et Cramer, L. A. (2008). Coastal ecosystem-based management with non-linear ecological functions and values. *Science,* 319, 321-23.

Barbier, E.B., Hacker, S.D., Kennedy, C., Koch, E.W., Stier, A.C. et Silliman, B.R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs,* 81, 169-193. doi: doi:10.1890/10-1510.1

Barnardon, M. et Vall, M.O.M. (2004). Le Mulet en Mauritanie : biologie, écologie, pêche et aménagement. *FIBA, UICN, PRCM*. 56 p.

Barnes, J.I. (2001). Economic returns and allocation of resources in the wildlife sector of Botswana. *South African Journal of Wildlife Research,* 31, 141-153.

Barnes, J.I., Macgregor, J. et Weaver, L.C. (2002). Economic Efficiency and Incentives for Change within Namibia's Community Wildlife Use Initiatives. *World Development,* 30, 667-681. doi: https://doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00134-6

Barnett, A. (2013). Régulation de l'activité photosynthétique du microphytobenthos et conséquence sur la dynamique temporelle de la production primaire dans les vasières intertidales de la côte atlantique de l'Europe de l'Ouest. *Thèse de doctorat, Université de la Rochelle*, 360 p.

Barusseau, J.P. (1985). Phénomènes d'érosion des côtes en Afrique de l'ouest (Sénégal et Mauritanie). Processus de sédimentation et d'érosion sur le littoral. *In* (Ceccaldi H.J., Champalbert G., Eds) *Actes du colloque pluridisciplinaire franco-japonais d'océanographie. Vie marine*, *Fascicule 1 / Océanographie physique et dynamique sédimentaire.* Annale Fondation Océanographique Ricard, Marseille, p. 63-74.

Batel, A., Linti, F., Scherer, M., Erdinger, L. et Braunbeck, T. (2016). Transfer of benzo [a] pyrene from microplastics to Artemia nauplii and further to zebrafish via a trophic food web

experiment: CYP1A induction and visual tracking of persistent organic pollutants. *Environmental toxicology and chemistry,* 35, 1656-1666.

Batjes, N.H. (1996). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 47, 151–163.

Beck, M.W., Heck, K.L., Able, K.W., Childers, D.L., Eggleston, D.B., Gillanders, B.M., Halpern, B., Hays, C.G., Hoshino, K. et Minello, T.J. (2001). The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates: a better understanding of the habitats that serve as nurseries for marine species and the factors that create site-specific variability in nursery quality will improve conservation and management of these areas. *AIBS Bulletin,* 51, 633-641.

Becker, N., Inbar, M., Bahat, O., Choresh, Y., Ben-Noon, G. et Yaffe, O. (2005). Estimating the economic value of viewing griffon vultures *Gyps fulvus*: a Travel Cost Model study at Gamla Nature Reserve, Israel. *Oryx,* 39, 429-434. doi: 10.1017/S0030605305001122

Benazzouz, A., Mordane, S., Orbi, A., Chagdali, M., Hilmi, K., Atillah, A., Pelegrí, J. L. et Hervé, D. (2014). An improved coastal upwelling index from sea surface temperature using satellite-based approach–The case of the Canary Current upwelling system. *Continental Shelf Research*, 81, 38-54.

Bernardon, M. (1999). Etude socio-économique de la pêcherie Imraguen. *Rapport préliminaire PNBA/CNROP*, 22 p.

Bianchi, G., Carpenter, K., Roux, J., Molloy, F., Boyer, D. et Boyer, H. (1993). FAO species identification field guide for fishery purposes: the living marine resources of Namibia. FAO, Rome, 265 p.

Bierschenk, T., De Sardan, J-P.O. (1998). Les pouvoirs au village : Le Bénin rural entre démocratisation et décentralisation. *Éditions Karthala*, 300 p.

Binet, T., Failler, P., Chavance, P.N. et Mayif, M.A. (2013). First international payment for marine ecosystem services: The case of the Banc d'Arguin National Park, Mauritania. *Global Environmental Change,* 23, 1434-1443.

BirdLife International (2018). IUCN Red List for Birds. Disponible sur : http://www.birdlife.org [consulté entre le 2 août et le 2 septembre 2018]

Blackburn, T., Nedwell, D. et Wiebe, W. (1994). Active mineral cycling in a Jamaican seagrass sediment. *Marine Ecology Progress Series*, 110, 233-239.

Blandin, P. (2009). De la protection de la nature au pilotage de la biodiversité. Éditions Quae.

Blanquet, P. (2008). Revue bibliographique : évaluation des biens et services rendus par les écosystèmes coralliens. *Direction des études Economiques et de l'Evaluation Environnementale*, Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durable.

Blasco, F. (2010). About the mangroves of Banc d'Arguin, Mauritania. *ISME/GLOMIS Electronic Journal*, 8, 13–15.

Blayac, T., Mathé, S., Rey-Valette, H. et Fontaine, P. (2014). Perceptions of the services provided by pond fish farming in Lorraine (France). *Ecological Economics,* 108, 115-123.

Boely, T., Chabanne, J., Fréon, P. et Stéquer, B. (1982). Cycle sexuel et migrations de Sardinella auritus sur le plateau continental ouest-africain des îles Bissagos à la Mauritanie. *Rapport de Procès Verbal du Conseil International pour l'Exploration de la mer*, 180, 350-355.

Boesch, D.F. (2002). Challenges and opportunities for science in reducing nutrient over-enrichment of coastal ecosystems. *Estuaries,* 25, 886-900.

Bonnet M., Duclerc J. et Pichot P. (1971). Nouvelle étude sur les fonds de pêche du banc d'Arguin et de ses abords. Campagne de la «Thalassa», Janvier-février 1971. *Science et Pêche*, 203, 1-15.

Bos, A. R., Bouma, T. J., de Kort, G. L. et van Katwijk, M. M. (2007). Ecosystem engineering by annual intertidal seagrass beds: sediment accretion and modification. *Estuarine, coastal and shelf science***,** 74, 344-348.

Bouché, E. (2009). La nécessaire symbiose du processus et du contexte dans la gestion participative des aires protégées : le cas du Parc national du Banc d'Arguin. *Mémoire de master Institut catholique de Paris,* 83 p.

Bouillon, S., Dahdouh-Guebas, F., Rao, A.V.V.S., Koedam, N. et Dehairs, F. (2003). Sources of organic carbon in mangrove sediments: Variability and possible implications for ecosystem functioning. *Hydrobiologia*, 495, 33–39.

Bouillon, S., Dehairs, F., Velimirov, B., Abril, G. et Borges, A.V. (2007). Dynamics of organic and inorganic carbon across contiguous mangrove and seagrass systems (Gazi Bay, Kenya). *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 112(G2).

Bouillon, S., Borges, A.V., Castañeda-Moya, E., Diele, K., Dittmar, T., Duke, N.C., Kristensen, E., Lee, S.Y., Marchand, C., Middelburg, J.J. et Rivera-Monroy, V.H. (2008). Mangrove production and carbon sinks: a revision of global budget estimates. *Global Biogeochemical Cycles*, 22(2).

Boulay, S. (2008). La valorisation des produits du mulet chez les pêcheurs Imraguen du Parc National du Banc d'Arguin (MAURITANIE) : Une démarche pertinente de conservation de la biodiversité et de développement durable ? *Actes du colloque international pluridisciplinaire "Le littoral : subir, dire, agir"* - Lille, France, 16-18 janvier 2008, 10 p.

Boulay, S. (2011). Le savoir-faire des femmes Imraguen du littoral mauritanien à l'épreuve de la mondialisation. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 5, 492-508.

Boulay, S. (2013). Pêcheurs Imraguen du Sahara Atlantique : Mutations techniques et changements sociaux des années 1970 à nos jours. *Editions Karthala*, 235 p.

Bouma, T., De Vries, M., Low, E., Peralta, G., Tánczos, I. v., van de Koppel, J. et Herman, P. J. *(2005)* Trade-offs related to ecosystem engineering: a case study on stiffness of emerging macrophytes. *Ecology,* 86**,** 2187–2199.

Bouma, T. J., Van Belzen, J., Balke, T., Zhu, Z., Airoldi, L., Blight, A. J., Davies, A. J., Galvan, C., Hawkins, S. J. et Hoggart, S. P. (2014). Identifying knowledge gaps hampering application of intertidal habitats in coastal protection: Opportunities & steps to take. *Coastal Engineering,* 87, 147-157.

Bowker, J. M. et Stoll, J. R. (1988). Use of Dichotomous Choice Nonmarket Methods to Value the Whooping Crane Resource. *American Journal of Agricultural Economics,* 70, 372-381. doi: 10.2307/1242078

Braat, L.C. (2014). The value of the ecosystem services concept in economic and biodiversity policy. *Ecosystem Services*, 97-103.

Braat, L.C. (2018). Five reasons why the Science publication "Assessing nature's contributions to people" (Díaz et al. 2018) would not have been accepted in Ecosystem Services. *Ecosystem Services, 30*, part A, April, A1-A2.

Bradley, K. et Houser, C. (2009). Relative velocity of seagrass blades: Implications for wave attenuation in low-energy environments. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface,* 114*,* F01004, doi:10.1029/2007JF000951.

Braham, C.B., Labrosse, P. et Bouzouma, M. (2005). Catalogue des engins de pêche artisanale en Mauritanie. *IMROP*, 64 p.

Braham, C.B. (2015). Programme Suivi de la Pêcherie Imraguen. *Rapport scientifique IMROP /PNBA*, Chami, 12 au 16 février 2015, 48 p.

Braham, C.B. et Wagne, O.H. (2013). Analyse de l'activité des pêches (efforts et captures) au niveau du Parc National du Banc d'Arguin en 2012 et premier semestre de 2013. 47 p.

Breithaupt, J.L., Smoak, J.M., Smith, T. J., Sanders, C. J. et Hoare, A. (2012). Organic carbon burial rates in mangrove sediments: Strengthening the global budget. *Global Biogeochemical Cycles*, 26, GB3011, doi: 10.1029/2012GB004375.

Bremer, S. et Glavovic B. (2013). Mobilizing knowledge for coastal governance: reframing the science–policy interface for integrated coastal management. *Coastal Management*, 41, 39-56.

Brethes J.C., Ould Habed J., Ould Hamady B., Mint Boujemaa M., Mint Ebbe M., Ould Mahfoudh M., Mint Jiddou A., Ould Yahya Dartige A., Ould Ahmed C.A., Ould Khalifa S., Tounkara H. et Legendre P. (2010). Évolutions majeures de l'environnement marin et incidence éventuelles sur les ressources exploitées et les écosystèmes, pp. 11-20, in P. Labrosse, K. Brahim, M. Ould Taleb Ould Sidi et D. Gascuel (éds), Évaluation des Ressources et Aménagement des Pêcheries de la ZEE mauritanienne, Rapport du sixième Groupe de Travail de l'IMROP, Nouadhibou, Mauritanie, 11–16 décembre 2006, 279 p.

Bridgham, S.D., Megonigal, J.P., Keller, J.K., Bliss, N.B. et Trettin, C. (2006). The carbon balance of North American wetlands. *Wetlands*, 26, 889-916.

Brinkman, R. M., S. R. Massel, P. V. Ridd, et Furakawa K. (1997). Surface wave attenuation in mangrove forests. *Proceedings of the 13th Australasian Coastal and Ocean Engineering Conference*, 2, 941-979.

Brouwer, R., van Beukering, P. et Sultanian, E. (2008). The impact of the bird flu on public willingness to pay for the protection of migratory birds. *Ecological Economics,* 64, 575-585. doi: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.04.001

Brown, J.S., Kotler, B.P., Smith, R.J. et Wirtz, W.O. (1988). The effects of owl predation on the foraging behavior of heteromyid rodents. *Oecologia, 76*(3), 408-415. doi: 10.1007/bf00377036

Brubakker, R. (2002). Au-delà de l'identité. *Acte de la recherche scientifique*, 139, 68-65.

Burish, M.J., Kueh, H.Y. et Wang, S.S.H. (2004). Brain Architecture and Social Complexity in Modern and Ancient Birds. *Brain, Behavior and Evolution,* 63, 107-124. doi: 10.1159/000075674

Caffrey, J.M. et Kemp, W.M. (1990). Nitrogen cycling in sediments with estuarine populations of Potamogeton perfoliatus and Zostera marina. *Marine Ecology Progress Series*, 66, 147-160.

Cairns, D.K. (1988). Seabirds as Indicators of Marine Food Supplies. *Biological Oceanography,* 5, 261-271. doi: 10.1080/01965581.1987.10749517

Cairns, D.K. (1992). Bridging the Gap between Ornithology and Fisheries Science: Use of Seabird Data in Stock Assessment Models. *The Condor,* 94, 811-824. doi: 10.2307/1369279

Calba, S., Maris, V. et Devictor, V. (2014). Measuring and explaining large-scale distribution of functional and phylogenetic diversity in birds: separating ecological drivers from methodological choices. *Global Ecology and Biogeography,* 23, 669-678. doi: doi:10.1111/geb.12148

Camhi, M., Fowler, S., Musick, J., Bräutigam, A. et Fordham, S. (1998). Les requins et autres poissons cartilagineux : Ecologie et conservation. *Groupe de spécialistes des requins de la CSE de l'UICN*. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni, iv + 44 p.

Camphuysen, C. J. et van der Meer, J. (2005). Wintering seabirds in West Africa: foraging hotspots off Western Sahara and Mauritania driven by upwelling and fisheries. *African Journal of Marine Science,* 27, 427-437. doi: 10.2989/18142320509504101

Campredon, P. (2000). *Entre le Sahara et l'Atlantique, le Parc National du Banc d'Arguin.* La Tour du Valat, Arles, France : FIBA.

Capone, D.G., Bronk, D.A., Mulholland, M.R. et Carpenter, E.J. (2008). Nitrogen in the marine environment, Elsevier, 2nd Edition, 1758 p.

Carere, C., Costantini, D., Sorace, A., Santucci, D. et Alleva, E. (2010). Bird populations as sentinels of endocrine disrupting chemicals. *Annali dell'Istituto superiore di sanita,* 46, 81-88.

Carlier, A., Chauvaud, L., Van Der Geest, M., Le Loc'h, F., Le Duff, M., Vernet, M., Raffray, J., Diakhate, D., Labrosse, P., Wague, A., Le Goff, C., Gohin, F., Chapron, B. et Clavier, J. (2015). Trophic connectivity between offshore upwelling and the inshore food web of

Banc d'Arguin (Mauritania): New insights from isotopic analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 165, 149-158.

Carlson, T.N. et Ripley, D.A. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote sensing of Environment*, 62, 241-252.

Caron, A., Thomas, C., Ariel, E., Berry, K., Boyle, S., Motti, C. et Brodie, J. (2016). Extraction and identification of microplastics from sea turtles: method development and preliminary results. *Tropical Water Report* No. 15/52. TropWater.

Castro, G., Stoyan, N. et Myers, J.P. (1989). Assimilation efficiency in birds: A function of taxon or food type? *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology,* 92, 271-278. doi: https://doi.org/10.1016/0300-9629(89)90563-X

CCLME (2014). Évaluation de l'état de la biodiversité marine dans la région du CCLME, 175 p.

Cebrián, J., Duarte, C.M., Marbà, N. et Enríquez, S. (1997). Magnitude and fate of the production of four co-occurring Western Mediterranean seagrass species. *Marine Ecology Progress Series*, 155, 29-44.

Cebrian, J. (1999). Patterns in the fate of production in plant communities. *The American Naturalist*, 154, 449-468.

Cenival, P. et Monod, T. (1938). Description de la Côte d'Afrique de Ceuta au Sénégal produit par Valentin Fernandes (1506 -1507). Paris, Librairies Larosse.

CERTIF (2009). Enquête de référence sur la population Imraguen. *Rapport définitif, Conseils Etudes Réalisation de Travaux d'Ingénierie Financière*, 37 p.

CERTIF (2010). Enquête des ménages du PNBA, 41 p.

Chaboud, C., Kebe, M., Ahmed, A.O. et Diop, H. (1988). Eléments sur la pêche artisanale mauritanienne. *Bulletin CNROP, Nouadhibou*, 16, 1-48.

Chaboud, C. et Ferraris, J. (1995). Rapport d'évaluation des systèmes d'échantillonnage de la pêche artisanale mauritanienne au CNROP. *ORSTOM,* Montpellier, 70 p.

Chakour, S.-C. et Dahou, T. (2009). Gouverner une AMP, une affaire publique ? Exemples sud-méditerranéens. *VertigO-la revue électronique en sciences de* l'environnement - *Hors-série,* 6.

Chan, K.M., Satterfield, T. et Goldstein, J. (2012). Rethinking ecosystem services to better address and navigate cultural values. *Ecological Economics*, 74, 8-18.

Changeux, T. et Zylberblat, M. (1993). Analyse des statistiques de pêche aux engins dans le bassin du Rhône. Seconde partie : Etudes des captures. *Bulletin français de la pêche et de la pisciculture,* 330, 271-294.

Chao, L.N. et Trewavas, E. (1990). Sciaenidae. In: Quero, J.C, Hureau, J.C., Karrer, C., Post, A. et Saldanha, L. (eds), *Check-list of the fishes the eastern tropical Atlantic (CLOFETA)*, 813-826.

Chastain, S.G. (2018). Interactive comment on "Carbon Stocks and Accumulation Rates in Salt Marshes of the Pacific Coast of Canada". *Biogeosciences Discussion*, https://doi.org/10.5194/bg-2018-166 Manuscript under review for journal Biogeosciences

Châtelin, C. (2007). Appui au processus de gestion participative au Parc national du Banc d'Arguin, Programme Gestion des Ressources Naturelles - Composante PNBA Appui Institutionnel et Technique au PNBA (ProGRN - PNBA), 57 p.

Chauveau, J.-P., Jul-Larsen, E. et Chaboud, C. (2000). Les pêches piroguières en Afrique de l'Ouest : dynamique institutionnelle, pouvoirs, mobilité et marché. Paris, Khartala, CMI et IRD (Collection Hommes et Sociétés).

Cheminée, A., Sala, E., Pastor, J., Bodilis, P., Thiriet, P., Mangialajo, L., Cottalorda, J.-M. et Francour, P. (2013). Nursery value of Cystoseira forests for Mediterranean rocky reef fishes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,* 442, 70-79.

Chen, S.N., Sanford, L.P., Koch, E.W., Shi, F. et North, E.W. (2007). A nearshore model to investigate the effects of seagrass bed geometry on wave attenuation and suspended sediment transport. *Estuaries and Coasts*, 30, 296-310.

Chery J.P., Deshayes M. et Taqarort, M. (2012). PACOBA : Projet d'Approfondissement des COnnaissances scientifiques des écosystèmes du Golfe du Banc d'Arguin*, Rapport final du projet.*

Chmura, G.L., Anisfeld, S.C., Cahoon, D.R. et Lynch, J.C. (2003). Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils, *Global Biogeochemical Cycles*, 17, 1111, doi:10.1029/2002GB001917.

Choi, A.S. et Fielding, K.S. (2013). Environmental attitudes as WTP predictors: A case study involving endangered species. *Ecological Economics*, 89, 24-32.

Choi, Y. et Wang, Y. (2004). Dynamics of carbon sequestration in a coastal wetland using radiocarbon measurements. *Global Biogeochemical Cycles*, 18, GB4016, doi:10.1029/2004GB002261.

Christianen M.J., van Belzen J., Herman P.M., van Katwijk M.M., Lamers L.P., van Leent P.J. et Bouma T.J. (2013). Low-canopy seagrass beds still provide important coastal protection services, *Plos One,* 8, e62413.

Christie, M., Fazey, I., Cooper, R., Hyde, T. et Kenter, J.O., 2012. An evaluation of monetary and non-monetary techniques for assessing the importance of biodiversity and ecosystem services to people in countries with developing economies. *Ecological Economics*, 83, 67-78.

Church, J.A., Gregory, J.M., Huybrechts, P., Kuhn, M., Lambeck, K., Nhuan, M.T., Qin, D. et Woodworth, P.L. (2001). Changes in sea level. In: Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J.,

Noguer, M., Van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K. et Johnson, C.A. (eds.): Climate Change 2001: The Scientific Basis. *Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental* Panel, 639-694.

Church, J.A. et White, N.J. (2011). Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century. *Surveys in geophysics,* 32, 585-602.

CID et SCET-Rim (2007). Réactualisation de l'étude du Plan Directeur de l'Assainissement de la ville de Nouakchott. *Note de synthèse, version définitive*, 14 p.

Clavier, J., Chauvaud, L., Amice, E., Lazure, P., Van Der Geest, M., Labrosse, P., Diagne, A., Carlier, A. et Chauvaud, S. (2014). Benthic metabolism in shallow coastal ecosystems of the Banc d'Arguin, Mauritania. *Marine Ecology Progress Series*, 501, 11-23. doi:10.3354/meps10683

Clucas, B., Rabotyagov, S. et Marzluff, J.M. (2015). How much is that birdie in my backyard? A cross-continental economic valuation of native urban songbirds. *Urban Ecosystems,* 18, 251-266. doi: 10.1007/s11252-014-0392-x

Collins, S. L., Carpenter, S.R., Swinton, S.M., Orenstein, D.E., Childers, D.L., Gragson, T.L., Grimm, N.B., Grove, J.M., Harlan, S.L., Kaye, J.P., Knapp, S.L., Kofinas, G.P., Magnuson, J.J., McDowell, W.H., Melack, J.M., Ogden, L.A., Robertson, G.P., Smith, M.D. et Whitmer, A.C. (2011). An integrated conceptual framework for longterm social–ecological research. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9, 351-357.

Cooper, D.J. et Kagel, J.H. (2016). Other-regarding preferences. *The handbook of experimental economics*, 2, 217.

Cormier, S.M.C., Juhé-Beaulaton D., Boutras, J. et Roussel B. (2002). Patrimonialiser la nature tropicale : dynamiques locales, enjeux internationaux. Paris (FRA) ; Paris : IRD ; MNHN, Séminaire ISBN 2-7099-1496-4, 267 p.

Corredor, J.E. et Morell, J.M. (1994). Nitrate depuration of secondary sewage effluents in mangrove sediments. *Estuaries,* 17, 295– 300. doi: 10.2307/1352579

Corredor, J.E., Morell, J.M. et Bauza, J. (1999). Atmospheric nitrous oxide fluxes from mangrove sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 38, 473–478. doi: 10.1016/S0025-326X(98)00172-6

Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'neill, R.V. et Paruelo, J. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253.

Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S. et Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28, 1-16.

Craft, C., Megonigal, P., Broome, S., Stevenson, J., Freese, R., Cornell, J., Zheng, L. et Sacco, J. (2003). The pace of ecosystem development of constructed Spartina alterniflora marshes. *Ecological applications*, 13, 1417-1432.

Croxall, J.P., Butchart, S.H.M., Lascelles, B.E.N., Stattersfield, A.J., Sullivan, B.E.N., Symes, A. et Taylor, P. (2012). Seabird conservation status, threats and priority actions: a global assessment. *Bird Conservation International,* 22, 1-34.

Dahdouh-Guebas, F. et Koedam, N. (2001). Are the northernmost mangroves of West-Africa viable? A case study in Banc d'Arguin National Park, Mauritania. *Hydrobiologia*, 458, 241-253.

Dahdouh-Guebas, F., Jayatissa, L. P., Di Nitto, D., Bosire, J. O., Seen, D. L. et Koedam, N., (2005). How effective were mangroves as a defence against the recent tsunami? *Current Biology,* 15, 1337-1338.

Dahl, M., Deyanova, D., Gütschow, S., Asplund, M.E., Lyimo, L.D., Karamfilov, V., Santos, R., Björk, M., Gullström, M. (2016). Sediment properties as important predictors of carbon storage in Zostera marina meadows: a comparison of four European areas. *PLoS ONE*, 11, e0167493.

Dahou, T., Weigel, J.-Y., Mohamed Ould Saleck, A., Da Silva, A. S., Mbaye, M. et Noël, J.-F. (2004). La gouvernance des aires marines protégées : leçons ouest africaines. *VertigO,* 5, URL : http://vertigo.revues.org/3327 ; doi : 10.4000/vertigo.3327.

Dauwalter, D.C.; Fesenmyer, K.A.; Bjork, R. (2015). Using aerial imagery to characterize redband trout habitat in a remote desert landscape. *Transactions of the American Fisheries Society*, 144, 1322-1339.

Davidson, M.D. (2013). On the relation between ecosystem services, intrinsic value, existence value and economic valuation. *Ecological Economics*, 95, 171-177.

Davis, J.L., Nowicki, B. et Wigand, C. (2004). Denitrification in fringing salt marshes of Narragansett Bay, Rhode Island, USA. *Wetlands,* 24, 870-878.

Dedah, S. (1993). Wind, surface water temperature, surface salinity and pollution in the area of the Banc d'Arguin, Mauritania. *Ecological studies in the coastal waters of Mauritania, Springer,* p. 9-19.

De la Torre, Y., Belon, R., Balouin, Y. et Stepanian, A. (2014). Inventaire et analyse des solutions douces de lutte contre l'érosion côtière et applicabilité au littoral corse. *Rapport final. BRGM/RP-63034- FR*, 59 p.

DeLaune, R., Feijtel, T. et Patrick, W. (1989). Nitrogen flows in Louisiana Gulf Coast salt marsh: Spatial considerations. *Biogeochemistry,* 8, 25-37.

Delegido, J., Verrelst, J., Alonso, L. et Moreno, J.F. (2011). Evaluation of Sentinel-2 Red-Edge Bands for Empirical Estimation of Green LAI and Chlorophyll Content. *Sensors*, 11, 7063-7081.

del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A. et de Juana, E. (eds.) (2018). *Handbook of the Birds of the World Alive.* Barcelona: Lynx Edicions. Disponible sur : http://www.hbw.com [consulté entre le 2 août et le 2 septembre 2018]

de los Santos, C. B., Brun, F. G., Vergara, J. J. et Perez-Llorens, J. L. (2013). New aspect in seagrass acclimation: leaf mechanical properties vary spatially and seasonally in the temperate species Cymodocea nodosa Ucria (Ascherson), Marine Biology, 160, 1083–1093, doi:10.1007/s00227-012-2159-3.

Demarcq, H. et Faure, V. (2000). Coastal upwelling and associated retention indices derived from satellite SST. Application to Octopus vulgaris recruitment. *Oceanologica acta*, 23, 391-408.

Derbel, S., Noumi, Z., Werner Anton, K. et Chaieb, M. (2007). Life cycle of the coleopter *Bruchidius raddianae* and the seed predation of the *Acacia tortilis* Subsp. *raddiana* in Tunisia. *Comptes Rendus Biologies,* 330, 49-54.

Desaigues, B. et Lesgards, V. (1992). L'évaluation contingente des actifs naturels. *Revue d'économie politique,* 102, 99-122.

DeVault, T.L., Beasley, J.C., Olson, Z.H., Moleón, M., Carrete, M., Margalida, A. et Sánchez-Zapata, J.A. (2016). Ecosystem services provided by avian scavengers. In Ç. H. Şekercioğlu, D. G. Wenny & C. J. Whelan (Eds.), *Why Birds Matter: Avian Ecological Function and Ecosystem Services* (pp. 235-270). Chicago: University of Chicago Press.

Dewsbury, B.M., Bhat, M. et Fourqurean, J.W. (2016). A review of seagrass economic valuations: gaps and progress in valuation approaches. *Ecosystem Services,* 18, 68-77.

Diagana, F.A. (1999). Etude sur la problématique du crédit sur la zone du Parc Banc d'Arguin (PNBA). Rapport de consultation.

Diagne, A. (2010). Métabolisme benthique des herbiers du Banc d'Arguin (Mauritanie). Rapport de stage Master Océanographie. Université de la Méditerranée – Aix-Marseille II, 30 p.

Diagne, A., Samba, A.O. et Niang, A. (2012). Inventaire des différentes espèces de poissons juvéniles des herbiers de la baie de l'Etoile. *Rapport de Mission*, IMROP, 12 p.

Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., Larigauderie, A., Adhikari, J. R., Arico, S. et Báldi, A. 2015. The IPBES Conceptual Framework—connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 1-16.

Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R. T., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K. M., Baste, I. A., Brauman, K. A., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P.W., van Oudenhoven, A.P.E., van der Plaat, F., Schröter, M., Lavorel, S., Aumeeruddy-Thomas, Y., Bukvareva, E., Davies, K., Demissew, S., Erpul, G., Failler, P., Guerra, C.A., Hewitt, C.L., Keune, H., Lindley, S. et Shirayama, Y. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359, 270-272.

Diop M. (1989) The shrimps in Mauritania, Biology and Fishing. *Bulletin Scientifique CNROP*, 18, 28-40.

Dixon, P. (2003). VEGAN, a package of R functions for community ecology. *Journal of Vegetation Science,* 14, 927-930.

Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. et Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature geoscience*, 4, 293-297.

Doughty, C.L., Langley, J.A., Walker, W.S., Feller, I.C., Schaub, R. et Chapman S.K. (2016). Mangrove range expansion rapidly increases coastal wetland carbon storage. *Estuaries and Coasts*, 39, 385-396.

Duarte, C.M., Marbà, N., Gacia, E., Fourqurean, J.W., Beggins, J., Barrón, C. et Apostolaki, E.T. (2010). Seagrass community metabolism: Assessing the carbon sink capacity of seagrass meadows. *Global Biogeochemical Cycles*, 24, GB4032.

Duarte, C.M., Middelburg, J.J. et Caraco, N. (2004). Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences discussions*, 1, 659-679.

Duarte, C.M. et Cebrián, J. (1996). The fate of marine autotrophic production. *Limnology and Oceanography*, 41, 1758-1766.

Duarte, C.M. et Chiscano, C.L. (1999). Seagrass biomass and production: a reassessment. *Aquatic botany*, 65, 159-174.

Duarte, C. M., Losada, I. J., Hendriks, I. E., Mazarrasa, I. et Marbà, N. (2013). The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change,* 3, 961-968.

Ducrocq, M., Ould Sidi, M.L. et Ould Yarba, L. (2004). Comment le Parc National du Banc d'Arguin est devenu le plus grand sanctuaire d'Afrique pour les requins. *FIBA, IUCN, PRCM*, 54 p. ISBN : 2-95149 14-5-X.

Dunlap, R.E., Van Liere, K.D., Mertig, A.G. et Jones, R.E. (2000). Measuring endorsement of the New Ecological Paradigm: A revised NEP scale. *Journal of Social Issues*, 56, 425-442.

Eid, E.M. et Shaltout, K.H. (2016). Distribution of soil organic carbon in the mangrove Avicennia marina (Forssk.) Vierh. along the Egyptian Red Sea Coast. *Regional Studies in Marine Science*, 3, 76-82.

Einoder, L. D. (2009). A review of the use of seabirds as indicators in fisheries and ecosystem management. *Fisheries Research,* 95, 6-13.

En Haut! (2016). Bellaat, une nouvelle lagune au Banc d'Arguin – Un phénomène qui interpelle sur les effets du changement climatique. *Présentation pour le PNBA*. Décembre 2016.

Ens, B.J., Piersma, T., Wolff, W.J. et Zwarts, L. (1990). Homeward bound: problems waders face when migrating from the Banc d'Arguin, Mauritania, to their northern breeding grounds in spring. *Ardea,* 78, 1-364.

Ericksson, P.G., Svensson, J.M. et Carrer, G.M. (2003). Temporal changes and spatial variation of soil oxygen consumption, nitrification and denitrification rates in a tidal salt marsh of the Lagoon of Venice, Italy. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58, 861-871.

Erler, D.V., Duncan, T., Murray, R., Maher, D.T., Santos, I.R., Gatland, J., Mangion, P. et Eyre, B.D. (2015). Applying cavity ring-down spectroscopy for the measurement of dissolved

nitrous oxide concentrations and bulk nitrogen isotopic composition in aquatic systems: Correcting for interferences and field application. *Limnology and Oceanography: Methods,* 13, 391-401.

Eyre, B.D. et Ferguson, A.J.P. (2002). Comparison of carbon production and decomposition, benthic nutrient fluxes and denitrification in seagrass, phytoplankton, benthic microalgae- and macroalgae-dominated warm-temperate Australian lagoons. *Marine Ecology Progress Series*, 229, 43-59.

Faidherbe (1854). Les berbères et les Arabes au bord du Sénégal. Bulletin de la société de géographie de Paris, 89-112.

Failler, P., Diop, M., Dia, M.A., O/Inejih, C.A. et Tous, P. (2002). Évaluation des stocks et aménagement des pêcheries de la ZEE mauritanienne. *Rapport du cinquième Groupe de travail IMROP*. Nouadhibou, Mauritanie, 9-17 décembre 2002. *COPACE/PACE Séries.* No. 06/66, Rome, FAO, 2006, 197 p.

Failler, P. et Pan, H. (2007). Global value, full value and societal costs: capturing the true cost of destroying marine ecosystems. *Social Science Information,* 46, 109-134.

Failler, P., Pètre, E. et Maréchal, J.P. (2010). Détermination de la valeur socio-économique des récifs coralliens, des mangroves et des herbiers de phanérogames de la Martinique. *Rapport final, IFRECOR*.

Fall, A. (2014). Le Parc National du Banc d'Arguin : pêche, conservation et développement durable dans une aire marine et côtière protégée. *Thèse Doctorat en Sciences Sociales de l'EHESS*, Paris, 268 p.

Fall, A.D. et Dia, A.D. (2015). Estimation et catégorisation socioprofessionnelle des emplois dans le secteur de la pêche au parc national du banc d'Arguin. *Rapport d'étude, programme convention IMROP_PNBA, projet PSI*, septembre 2015, 26 p.

Fall, A., Kane, E. et Haidallah, M. (2017). Les produits traditionnelles de pêche Imraguen à l'heure de la maximisation de la rente économique dans l'Aires Marines Protégées du Banc d'Arguin, 18 p. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01451846v1/document

Fall, A.D. (2017). L'utopie de l'idéal de développement dans les Aires Marines Protégées : L'évidence dans le Parc National du Banc d'Arguin en Mauritanie. *Editions universitaires européennes*, 96 p.

FAO (1998). Rapport du Groupe de travail technique sur la conservation et la gestion des requins. *Tokyo, Japon, 23-27 avril 1998. FAO Rapport sur les pêches*, 583, 32 p.

FAO (2007). The world's mangroves 1980-2005. *ISBN 987-92-5-105856-5*, Rome, 89 p.

Farikou, O., Sawadogo, S., Niang, A., Brajard, J., Mejia, C., Crépon, M. et Thiria, S. (2013). Multivariate analysis of the Senegalo-Mauritanian area by merging satellite remote sensing ocean color and SST observations. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences,* 5, 756-768.

Fatoyinbo, T. E. et Simard, M. (2013). Height and biomass of mangroves in Africa from ICESat/GLAS and SRTM. *International Journal of Remote Sensing,* 34, 668-681.

Faye, I. (2010). Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie à la Guinée-Bissau (Afrique de l'Ouest) : Approches régionale et locale par photo-interprétation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes. *Thèse de Doctorat, Géographie. Université de Bretagne occidentale – Brest*, 322 p.

Feagin R.A. (2008). Vegetation's role in coastal protection. *Science,* 320, 176-77.

Feagin, R.A., Martinez, M.L., Mendoza-Gonzalez, G. et Costanza, R. (2010). Salt Marsh Zonal Migration and Ecosystem Service Change in Response to Global Sea Level Rise, A Case Study from an Urban Region. *Ecology and Society,* 15 (4), 14.

Fernandes, S.O., LokaBharathi, P.A., Bonin, P.C. et Michotey, V.D. (2010). Denitrification: an important pathway for nitrous oxide production in tropical mangrove sediments (Goa, India). *Journal of Environmental Quality*, 39, 1507-1516. doi : 10.2134/jeq2009.0477

Fernandez, S. (2009). Vers une estimation de la valeur économique totale du Parc National du Banc d'Arguin. *Rapport de Stage M2 « économie et développement international »*, Centre d'études et de Recherche en Développement International, Université d'Auvergne, Clermont Ferrand, France, et Parc National du Banc d'Arguin, Nouakchott, Mauritanie, 94 p.

Ferreira, P., Fonte, E., Soares, M.E., Carvalho, F. et Guilhermino, L. (2016). Effects of multi-stressors on juveniles of the marine fish Pomatoschistus microps: gold nanoparticles, microplastics and temperature. *Aquatic Toxicology*, 170, 89-103.

FIBA (2004). Évolution des stratégies de pêche au PNBA. *Projet RARES « Régulation de l'accès aux Ressources naturelles et Surveillance dans le PNBA ». Fondation Internationale du Banc d'Arguin*, 112 p.

Fichet-Calvet, E., Jomâa, I., Ben Ismail, R. et Ashford, R. W. (2003). *Leishmania major* infection in the fat sand rat *Psammomys obesus* in Tunisia: interaction of host and parasite populations. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology,* 97, 593-603. doi: 10.1179/000349803225001517

Fischer, J.R., Krogman, R.M. et Quist, M.C. (2013). Influences of native and non-native benthivorous fishes on aquatic ecosystem degradation. *Hydrobiologia,* 711, 187-199. doi: 10.1007/s10750-013-1483-z

FitzGerald, D. M, Fenster, M.S., Argow, B.A. et Buynevich, I.V. (2008). Coastal impacts due to sea-level rise. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 36, 601-647.

Foley, J.A., Asner, G. P., Costa, M.H., Coe, M.T., DeFries, R., Gibbs, H.K., Howard, E.A., Olson, S., Patz, J., Ramankutty, N. et Snyder, P. (2007). Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Frontiers in Ecology and the Environment,* 5, 25-32. doi: doi:10.1890/1540-9295(2007)5[25:ARFDAL]2.0.CO;2

Fonseca, M.S. et Cahalan, J.A. (1992). A preliminary evaluation of wave attenuation by four species of seagrass. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 35, 565-576.

Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Berntsen, T., Betts, R., Fahey, D.W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D.C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M., Van Dorland, R. et Miller, H.L. (Ed.). (2007). Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing, Chapter 2. United Kingdom: Cambridge University Press.

Fossi, M. C., Marsili, L., Baini, M., Giannetti, M., Coppola, D., Guerranti, C., Caliani, I., Minutoli, R., Lauriano, G. et Finoia, M.G. (2016). Fin whales and microplastics: The Mediterranean Sea and the Sea of Cortez scenarios. *Environmental Pollution*, 209, 68-78.

Fowler, D., Steadman, C. E., Stevenson, D., Coyle, M., Rees, R. M., Skiba, U., Sutton, M., Cape, J., Dore, A. et Vieno, M. (2015). Effects of global change during the 21st century on the nitrogen cycle. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15, 13849-13893.

Frankignoulle, M. et Gattuso, J.-P. (1993). Air-sea CO_2 exchange in coastal ecosystems. In: Wollast, R., Mackenzie, F.T., Chau, L., (Eds.) Interactions of C, N, P and S biogeochemical cycles and global change. *Berlin, Springer*, 233–248.

Frisk, M.G., Miller, T.J. et Fogarty, M.J. (2001). Estimation and analysis of biological parameters in elasmobranch fishes: a comparative life history study. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 58, 969-981.

Froese, R. et Pauly, D. (2018). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, (06/2018).

Furness, R.W. et Monaghan, P. (1987). Seabird Feeding Ecology. In R.W. Furness & P. Monaghan (Eds.), *Seabird Ecology* (pp. 23-34). Boston, MA: Springer US.

Garcia, S.M., Gascuel, D., Mars Henichart, L., Boncoeur, J., Alban, F. et De Monbrison, D. (2013). Les aires marines protégées dans la gestion des pêches : Synthèse de l'état de l'art. 83 p. <hal-01103270>

Gascuel, D., Labrosse, P., Meissa, B., Taleb Sidi, M. et Guénette, S. (2007). Decline of demersal resources in North-West Africa: an analysis of Mauritanian trawl-survey data over the past 25 years. *African Journal of Marine Science,* 29, 331-345.

Geffen, A., Van der Veer, H. et Nash, R. (2007). The cost of metamorphosis in flatfishes. *Journal of Sea Research,* 58, 35-45.

Getzin, S., Wiegand, K. et Schöning, I. (2012). Assessing biodiversity in forests using very high-resolution images and unmanned aerial vehicles. *Methods in Ecology and Evolution*, 3, 397-404.

Ghawar, W., Toumi, A., Snoussi, M.-A., Chlif, S., Zâatour, A., Boukthir, A., Hamida, N. B.H., Chemkhi, J., Diouani, M.F. et Ben-Salah, A. (2011). *Leishmania Major* Infection Among *Psammomys Obesus* and *Meriones Shawi*: Reservoirs of Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis in Sidi Bouzid (Central Tunisia). *Vector-Borne and Zoonotic Diseases,* 11, 1561-1568. doi: 10.1089/vbz.2011.0712

GIEC, (2007). Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur

l'évolution du climat *[Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A.]. GIEC, Genève, Suisse,* 103 p.

Gilmore, D.W. (1997). Ecosystem management – a needs driven, resource-use philosophy. *The Forestry Chronicle*, 73, 560-564.

GIZ (2013). Le patrimoine maritime, une opportunité pour la valorisation du territoire du Banc d'Arguin, 55 p.

Gleyzes, M.A., Perret, L. et Kubik, P. (2012). Pleiades system architecture and main performances. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* 39, 537-542.

Gómez-Baggethun, E., De Groot, R., Lomas, P. L. et Montes, C., 2010. The history of ecosystem services in economic theory and practice: from early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, 69, 1209-1218.

Grabowski, J.H., Brumbaugh, R.D., Conrad, R.F., Keeler, A.G., Opaluch, J.J., Peterson, C.H., Piehler, M.F., Powers, S.P. et Smyth, A.R. (2012). Economic valuation of ecosystem services provided by oyster reefs. *BioScience*, 62, 900-909.

Green, A.J. et Elmberg, J. (2014). Ecosystem services provided by waterbirds. *Biological Reviews,* 89, 105-122.

Greenwood, P. J. (1980). Mating systems, philopatry and dispersal in birds and mammals. *Animal Behaviour,* 28, 1140-1162. doi: https://doi.org/10.1016/S0003-3472(80)80103-5

Greiner, J.T., McGlathery, K.J., Gunnell, J. et McKee, B.A. (2013). Seagrass restoration enhances "Blue Carbon" sequestration in coastal waters. *PLoS ONE*, 8, e72469. doi:10.1371/journal.pone.0072469

Gribsholt B. et Kristensen E. (2003). Benthic metabolism and sulfur cycling along an inundation gradient in a tidal Spartina anglica salt marsh. *Limnology and Oceanography*, 48, 2151-2162.

Gruber, N. et Galloway, J.N. (2008). An Earth-system perspective of the global nitrogen cycle. *Nature,* 451, 293-296.

Gruvel, A. et Chudeau, R. (1905). Conférence sur la mission effectuée sur les côtes de l'Afrique occidentale en Afrique, 11 p.

Gruvel, A. et Chudeau, R. (1909). A travers la Mauritanie occidentale. Paris, Librairies Larosse.

Guannel, G., Ruggiero, P., Faries, J., Arkema, K., Pinsky, M., Gelfenbaum, G., Guerry, A. et Kim, C. K., (2015). Integrated modeling framework to quantify the coastal protection services supplied by vegetation. *Journal of Geophysical Research: Oceans,* 120, 324-345.

Guenette, S., Meissa, B. et Gascuel, D. (2014). Assessing the Contribution of Marine Protected Areas to the Trophic Functioning of Ecosystems: A Model for the Banc d'Arguin and the Mauritanian Shelf. *PloS One*, 9 (4), 10.1371/journal.pone.0094742.

Gullström, M., Lyimo, L.D., Dahl, M., Samuelsson, G.S., Eggertsen, M., Anderberg, E., Rasmusson, L.M., Linderholm, H.W., Knudby, A., Bandeira, S. et Nordlund, L.M. (2018). Blue carbon storage in tropical seagrass meadows relates to carbonate stock dynamics, plant–sediment processes, and landscape context: insights from the western Indian Ocean. *Ecosystems*, 21, 551-566.

Gürlük, S. et Rehber, E. (2008). A travel cost study to estimate recreational value for a bird refuge at Lake Manyas, Turkey. *Journal of Environmental Management,* 88, 1350-1360. doi: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.07.017

Habermas, J. (1991). De l'éthique de la discussion. *Paris, Flammarion*.

Hadker, N., Sharma, S., David, A. et Muraleedharan, T.R. (1997). Willingness-to-pay for Borivli National Park: evidence from a contingent valuation. *Ecological Economics*, 21, 105-122.

Haffray, P., Malha, R., Sidi, M.O.T., Prista, N., Hassan, M., Castelnaud, G., Karahan-Nomm, B., Gamsiz, K., Sadek, S. et Bruant, J.-S. (2012). Very high genetic fragmentation in a large marine fish, the meagre Argyrosomus regius (Sciaenidae, Perciformes): impact of reproductive migration, oceanographic barriers and ecological factors. *Aquatic Living Resources,* 25, 173-183.

Hahn, S., Bauer, S. et Liechti, F. (2009). The natural link between Europe and Africa – 2.1 billion birds on migration. *Oikos,* 118, 624-626. doi: doi:10.1111/j.1600-0706.2008.17309.x

Haines, E., Chalmers, A., Hanson, R. et Sherr, B. (1977). Nitrogen pools and fluxes in a Georgia salt marsh. In ''Estuarine Processes, Vol. II. Circulation, Sediments, and Transfer of Material in the Estuary.'' *Academic Press, Inc., New York*, 241–254.

Hamersley, M.R. et Howes, B.L. (2003). Contribution of denitrification to nitrogen, carbon, and oxygen cycling in tidal creek sediments of a New England salt marsh. *Marine Ecology Progress Series*, 262, 55-69.

Hamersley, M. R. et Howes, B. L. (2005). Coupled nitrification-denitrification measured in situ in a Spartina alterniflora marsh with a 15NH4+ tracer. *Marine Ecology Progress Series,* 299, 123-135.

Hanebuth, T. J. J. et Lantzsch, H. (2008). A Late Quaternary sedimentary shelf system under hyperarid conditions: Unravelling climatic, oceanographic and sea-level controls (Golfe d'Arguin, Mauritania, NW Africa). *Marine Geology*, 256, 77-89.

Hanebuth, T.J.J., Mersmeyer, H., Kudrass, H.R. et Westphal, H. (2013) Aeolian to shallow-marine shelf architecture off a major desert since the Late Pleistocene (northern Mauritania). *Geomorphology,* 203, 132-147.

Harding, D. et Talbot, J.W. (1973). Recent studies on the eggs and larvae of the plaice (Pleuronectes platessa L.) in the Southern Bight. *Rapport de Procès-Verbal du Conseil International pour l'Exploration de la mer,* 164, 261-269.

Heck Jr, K., Hays, G. et Orth, R.J. (2003). Critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. *Marine Ecology Progress Series,* 253, 123-136.

Heck Jr, K.L. et Valentine, J.F. (2006). Plant–herbivore interactions in seagrass meadows. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,* 330, 420-436.

Hedenström, A. (2008). Adaptations to migration in birds: behavioural strategies, morphology and scaling effects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences,* 363, 287-299. doi: 10.1098/rstb.2007.2140

Hein, L., van Koppen, K., de Groot R.S. et van Ierland, E.C. (2006), Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. *Ecological Economics,* 57, 209-228.

Heithaus, M., Frid, A., Wirsing, A. et Worm, B. (2008). Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in Ecology & Evolution,* 23, 202-210.

Hemminga, M.A. et Duarte, C.M. (2000). Seagrass ecology. *Cambridge University Press*, 298 p.

Hempel, G. (Ed.). (1982). The Canary Current: Studies of an upwelling system. Symposium Las Palmas, 11-14 April 1978. Conseil International pour l'Exploration de la Mer Palægade 2-4 Dk-1261 Copenhague K Danemark.

Hendriks, I.E., Sintes, T., Bouma, T.J. et Duarte, C.M. (2008). Experimental assessment and modeling evaluation of the effects of the seagrass Posidonia oceanica on flow and particle trapping. *Marine Ecology Progress Series*, 356, 163-173.

Hernández-Guerra, A., Fraile-Nuez, E., López-Laatzen, F., Martínez, A., Parrilla, G. et Vélez-Belchí, P. (2005). Canary Current and North Equatorial Current from an inverse box model. *Journal of Geophysical Research: Oceans,* 110(C12).

Hily, C. et Kerninon, F. (2012). RESOBS Herbiers. Présentation UMR 6539 UBO, CNRS, IRD, IFREMER. TIT IFRECOR. 37 p.

Hollman, P. C., Bouwmeester, H. et Peters, R.J.B. (2013). Microplastics in aquatic food chain: sources, measurement, occurrence and potential health risks. RIKILT Re- port 2013.003. RIKILT Wageningen UR (University & Research Centre), Wageningen.

Holthuis, L.B. (1980). FAO species catalogue. Vol.1. Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO Fisheries Synopsis*, 125, Vol. l, 271 p.

Honkavaara, E., Saari, H., Kaivosoja, J., Pölönen, I., Hakala, T., Litkey, P., Mäkynen, J. et Pesonen, L. (2013). Processing and assessment of spectrometric, stereoscopic imagery collected using a lightweight UAV spectral camera for precision agriculture. *Remote Sensing*, 5, 5006-5039.

Honkoop, P.J.C., Berghuis, E.M., Holthuijsen, S., Lavaleye, M.S.S. et Piersma, T. (2008). Molluscan assemblages of seagrass-covered and bare intertidal flats on the Banc d'Arguin, Mauritania, in relation to characteristics of sediment and organic matter. *Journal of Sea Research*, 60, 235-243. doi: 10.1016/j.seares.2008.07.005

Houde, E.D. (2002) Mortality. In: The unique contributions of early life stages. Fishery science (éditions Fuiman, L.A. et Werner, R.G.), *Blackwell Publishing, Oxford,* 64–87.

Hougner, C., Colding, J. et Söderqvist, T. (2006). Economic valuation of a seed dispersal service in the Stockholm National Urban Park, Sweden. *Ecological Economics,* 59, 364-374. doi: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.11.007

Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M. et Pidgeon, E. (eds.) (2014). Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses. *Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA*. 182 p.

Hu, H., Wang, G., Liu, G., Li, T., Ren, D., Wang, Y., Cheng, H. et Wang, J. (2009). Influences of alpine ecosystem degradation on soil temperature in the freezing-thawing process on Qinghai–Tibet Plateau. *Environmental Geology,* 57, 1391-1397. doi: 10.1007/s00254-008-1417-7

Hudon, C., De Sève, M. et Cattaneo, A. (2014). Increasing occurrence of the benthic filamentous cyanobacterium *Lyngbya wollei*: a symptom of freshwater ecosystem degradation. *Freshwater Science,* 33, 606-618. doi: 10.1086/675932

IFREMER Environnement (2018). Équivalent habitant : unité d'évaluation de la pollution correspondant à celle d'un habitant réel. Accès au site le 03/10/2018. http://envlit.ifremer.fr/infos/glossaire/e/equivalent_habitant

Iizumi, H. (1986). Soil nutrient dynamics. *Workshop on Mangrove Ecosystem Dynamics*. UNDP/UNESCO Regional Project (RAS/79/002), New Delhi, 171-180.

Iizumi, H., Hattori, A. et McRoy, C.P. (1980). Nitrate and nitrite in interstitial waters of eelgrass beds in relation to the rhizosphere. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 47, 191-201.

IMROP (2010). 7ème groupe de travail sur l'évaluation des ressources, l'aménagement des pêcheries mauritaniennes et la gestion de leur environnement. *Nouadhibou, 5 au 11 décembre 2010.*

IMROP (2014). L'évaluation et l'aménagement des pêcheries mauritaniennes et la gestion de leur environnement. *Rapport provisoire de synthèse du 8ème groupe de travail de l'IMROP*, Nouadhibou 30 novembre au 05 décembre 2014. *Document technique*, 38 p.

IMROP (2017). Base de données pêche au PNBA : prix moyen au débarquement. *Institut Mauritanien de Recherches Océanographiques et des Pêches.* Données non-publiées.

IPCC (2007). Contribution of Working Group II. In: *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds. Parry, M.L., Canziani, O.F, Palutikof, J.P., PJvd, L. et Hanson, C.E.). Cambridge University Press Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC (2013). Summary for policymakers, Climate Change 2013: The Physical Science Basis (Ed) Stocker T.F. et al. (Cambridge: Cambridge University Press).

IPCC (2018). Summary for Policymakers. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, Y. Chen, S. Connors, M. Gomis, E. Lonnoy, J. B. R.

Matthews, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, N. Reay, M. Tignor, T. Waterfield et X. Zhou (Eds.), *Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*.

Jackson, E.L., Rees, S.E., Wilding, C. et Attrill, M.J. (2015). Use of a seagrass residency index to apportion commercial fishery landing values and recreation fisheries expenditure to seagrass habitat service. *Conservation Biology,* 29, 899-909.

Jager, Z. (1993). The distribution and abundance of young fish in the Banc d'Arguin, Mauritania. *Hydrobiologia,* 258, 185-196.

Jaouadi, W., Mechergui, K., Ammari, Y., Hamrouni, L., Hanana, M. et Khouja, M. L. (2016). Étude ethnobotanique et ethnopharmacologique d'*Acacia tortilis* (Forssk) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) de la steppe arborée du Nord de l'Afrique. *Phytothérapie,* 14, 285-292. doi: 10.1007/s10298-015-0951-1

Jeanson M. (2009). Morphodynamique du littoral de Mayotte : des processus au réseau de surveillance. *Thèse de doctorat : Université du Littoral Côte d'Opale*, 353 p.

Jennerjahn, T.C. et Ittekkot, V. (2002). Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins, *Naturwissenschaften*, 89, 23-30.

Jentoft, S., van Son, T.C. et M. Bjørkan, M. (2007). Marine Protected Areas: A Governance System Analysis. *Human Ecology,* 35, 611-622.

Jeschke, S., Wojtan, C., (2015). Water wave animation via wavefront parameter interpolation. *ACM Transactions on Graphics* (TOG) 34, Article 27.

Jetz, W., Thomas, G.H., Joy, J.B., Hartmann, K. et Mooers, A.O. (2012). The global diversity of birds in space and time. *Nature,* 491, 444-448. doi: 10.1038/nature11631

J.J. Environmental (2015). Low cost retrofits for nitrogen removal at wastewater treatment plants in the Upper Long Island Sound Watershed. *Final report*, prepared by JJ Environmental, LLC for NEIWPCC, Mars 2015, 110 p.

Johnson, M.D. et Hackett, S.C. (2016). Why birds matter economically: values, markets, and policies. In Ç.H. Şekercioğlu, D.G. Wenny & C.J. Whelan (Eds.), *Why birds matter: avian ecological functions and ecosystem services.* (pp. 27-48). Chicago: University of Chicago Press.

Jones, G.P.I., Pearlstine, L.G. et Percival, H.F. (2006). An Assessment of Small Unmanned Aerial Vehicles for Wildlife Research. *Wildlife Society Bulletin*, 34, 750-758.

Joye, S.B. et Paerl, H.W. (1994). Biological N cycling in a marine microbial mat: Contemporaneous rates and patterns of denitrification and N2 fixation. *Marine Biology*, 119, 285-295.

Kalmár S. (2012). Different applications of aerial photography using radio-controlled model airplanes. In: International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint; 26-27 May 2012; Sopron, Hungary, 1-4.

Kahneman, D., Ritov, I., Jacowitz, K.E. et Grant, P. (1993). Stated willingness to pay for public goods: A psychological perspective. *Psychological Science*, 4, 310-315.

Kalaora, B. et Lionel, C. (2000). Intervention sociologique et développement durable : le cas de la gestion intégrée des zones côtières. *Nature, Sciences et Sociétés*, 8, 31-38.

Kane, E.A. (2014). Contribution du secteur des pêches à l'économie nationale. Chapitre dans le Rapport du 8ème Groupe de Travail de l'IMROP, Nouadhibou, 30 novembre-05 décembre 2014. IMROP, 2014, 14 p.

Kane, E.A., Ball, A.C., Haidallah, M.S., et Fall, A.D (2016). Analyse des données économiques et sociales de l'Aire Marine Protégée du Parc National du Banc d'Arguin. *Groupe de Travail IMROP-PNBA*, Réunion de Chami, 2-4 Décembre 2016.

Kane, E.A., Ball, A.C., Haidallah, M.S. et Fall, A.D (2016). Indicateurs socio-économiques de la pêche artisanale et côtière maritime en Mauritanie. *Résultats des enquêtes effectuées en avril et juillet 2016*, 31 p.

Kane, E.A., Haidallah, M.S. et Fall, A.D. (2015). Étude sur la commercialisation des produits de pêches transformés par les Imraguen et écoulés dans les grandes agglomérations du littoral (Mauritanie). *Document technique, Projet régional de Gouvernance, Politiques de gestion des ressources marines et réduction de la pauvreté (GOWAMER)*, 31 p.

Kane, E.A. (1998). Étude socioéconomie de la pêche artisanale maritime en Mauritanie : Coûts et revenus. *Rapport de maitrise, Université de Nouakchott*, FSJE, 39 p.

Kane, E.A. (2009). Étude de faisabilité concernant la mise en place d'un système d'indicateurs de tendance socioéconomique pour l'efficacité de l'Aire Marine Protégée de la pêche au parc national du banc d'Arguin. *Rapport d'étude, projet AMPHORE*, septembre 2009, 105 p.

Kane, E.A. (2014). Performance économique des unités artisanales du Golfe d'Arguin. *Commission socioéconomie - 8ème Groupe de Travail de l'IMROP*, Nouadhibou, 30 novembre-05 décembre 2014.

Kane, E.A., Roncin N. et Boncoeur, J. (2011). Évaluation de l'efficacité des Aires Marines Protégées par les indicateurs socioéconomiques : Cas du Parc National du Banc d'Arguin. *Colloque de clôture AMPHORE, Dakar, 13-15 décembre 2011*, 11 p.

Kannan, N., Thirunavukkarasu, N., Suresh, A. et Rajagopal, K. (2016). Analysis of heavy metals accumulation in mangroves and associated mangroves species of Ennore mangrove ecosystem, east coast India. *Indian Journal of Science and Technology,* 9(46). doi: 10.17485/ijst/2016/v9i46/101551

Kaplan, W., Valiela, I. et Teal, J. (1979). Denitrification in a salt marsh ecosystem. *Limnology and Oceanography*, 24, 726-734.

Karasov, W.H. (1996). Digestive Plasticity in Avian Energetics and Feeding Ecology. In C. Carey (Ed.), *Avian Energetics and Nutritional Ecology* (pp. 61-84). Boston, MA: Springer US.

Kasper, H.F. (1983). Denitrification, nitrate reduction to ammonium, and inorganic nitrogen pools in intertidal sediments. *Marine Biology*, 74, 133–139.

Kelleher, G., Bleakley, C. et Wells, S.M. (1995). A global representative system of marine protected areas. *Ocean & Coastal Management*, 32, 123-126.

Kellert, S.R. et Wilson, E.O. (Eds.). (1995). *The biophilia hypothesis*. Island Press.

Kemp, W.M. et Cornwell, J.C. (2001). Role of Benthic Communities in the Cycling and Balance of Nitrogen in Florida Bay. *Final report to the U.S. Environmental Protection Agency*, Region 4, Atlanta, GA, 53 p.

Kennedy, H., Beggins, J., Duarte, C.M., Fourqurean, J.W., Holmer, M., Marbà, N. et Middelburg, J.J. (2010). Seagrass sediments as a global carbon sink: Isotopic constraints. *Global Biogeochemical Cycles*, 24, GB4026, doi:10.1029/2010GB003848.

Kennedy H. et Björk M. (2009). Seagrass meadows. In: Laffoley, D. et Grimsditch, G. (Eds). The management of natural coastal carbon sinks, IUCN, Gland, Switzerland. 53 p.

Kinadjian, L., Ould Tarbiya, M.L., Ould Sidina, E., Ould Haidalla, M.S., Ould Yarba, L. et Ould Yehdih, M.M. (2012). Étude sur analyse économique des principales filières de pêche au PNBA pour évaluer les richesses et retombées tirées, leur répartition entre les bénéficiaires et leur mode l'investissement, dans un objectif d'assurer une pêche durable. *Rapport final, Projet d'Appui à la GEstion des Pêches Artisanales Transfrontalières (PARTAGE) : Volet 1.4 du Projet AFD/CSRP « Cogestion et AMP ». PNBA, IUCN, CSRP*, 41 p.

Klicpera, A., Michel, J. et Westphal, H., (2015). Facies patterns of a tropical heterozoan carbonate platform under eutrophic conditions: The Banc d'Arguin, Mauritania. *Facies*, 61, 421, doi 10.1007/s10347-014-0421-5.

Kniivilä, M. (2006). Users and non-users of conservation areas: Are there differences in WTP, motives and the validity of responses in CVM surveys? *Ecological Economics*, 59, 530-539.

Koch, M., Maltby, E., Oliver, G. et Bakker, S. (1992). Factors controlling denitrification rates of tidal mudflats and fringing salt marshes in South-west England. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 34, 471-485.

Koch, E.W., Sanford, L.P., Chen, S.-N., Shafer, D.J. et Smith, J.M. (2006). Waves in seagrass systems: review and technical recommendations. *Maryland University, Cambridge Center for Environmental Science*.

Koch, E. W., Barbier, E. B., Silliman, B. R., Reed, D. J., Perillo, G. M., Hacker, S. D., Granek, E. F., Primavera, J. H., Muthiga, N. et Polasky, S. (2009). Non-linearity in ecosystem services: temporal and spatial variability in coastal protection. *Frontiers in Ecology and the Environment,* 7, 29-37.

Koh, L.P. et Wich, S.A. (2012). Dawn of drone ecology: Low-cost autonomous aerial vehicles for conservation. *Tropical Conservation Science*, 5, 121-132.

Komar, P.D. (1998). Wave erosion of a massive artificial coastal landslide. *Earth Surface Processes and Landforms,* 23, 415-428.

Kotchen, M.J. et Reiling, S.D. (2000). Environmental attitudes, motivations, and contingent valuation of nonuse values: a case study involving endangered species. *Ecological Economics*, 32, 93-107.

Koutsikopoulos, C., Desaunay, Y., Dorel, D. et Marchand, J. (1989). The role of coastal areas in the life history of sole (Solea solea L.) in the Bay of Biscay. *Scientia marina*, 53, 567-575.

Koutsikopoulos, C., Fortier, L. et Gagne, J.A. (1991). Cross-well dispersion of dover sole (Solea solea (L.)) eggs and larvae in Biscay Bay and recruitment to inshore nurseries. *Journal of plankton research,* 13, 923-945.

Kreuzwieser, J., Buchholz, J. et Rennenberg, H. (2003). Emission of methane and nitrous oxide by Australian mangrove ecosystems. *Plant Biology,* 5, 423-431.

Krutilla, J.V. (1967). Conservation reconsidered. *The American Economic Review*, 57, 777-786.

Kyoto Protocol (1998). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change (ed. Nations, U).

Labrosse, P., Brahim, K., Ould Taleb Ould Sidi, M. et Gascuel, D. (2010). Évaluation des Ressources et Aménagements des Pêcheries de la ZEE Mauritanienne. *Rapport du 6ème Groupe de Travail de l'IMROP*, Nouadhibou, Mauritanie, 11-16 décembre 2006, Document technique Février 2010, 279 p.

Laffoley D. et Grimsditch G.D. (2009). The management of natural coastal carbon sinks. IUCN, Gland, Switzerland, 53 p.

Lafontaine, R.-M., Beudels-Jamar, R. C., Devillers, P. et Wacher, T. (2006). Gazella dorcas. Sahelo-Saharan Antelopes: Status and Perspectives. Report on the Conservation Status of the Six Sahelo-Saharan Antelopes. UNEP/CMS Secretariat, Bonn, Germany.

Laliberte, A., Laliberte, A., Herrick, J.E., Winters, C., Havstad, K., Steele, C. et Browning, D. (2009). Unmanned aerial vehicle-based remote sensing for rangeland assessment, monitoring, and management. *Journal of Applied Remote Sensing*, 3, e033542.

La Nafie, Y. A., Carmen, B., Brun, F. G., Van Katwijk, M. M. et Bouma, T. J. (2012) Waves and high nutrient loads jointly decrease survival and separately affect 2 morphological and biomechanical properties in the seagrass Zostera noltii. Limnology and Oceanography, 57, 1664-1672.

Lathuilière, C., Echevin, V., et Lévy, M. (2008). Seasonal and intraseasonal surface chlorophyll-a variability along the northwest African coast. *Journal of Geophysical Research: Oceans,* 113**,** (C5).

Launeau, P., Méléder, V., Verpoorter, C., Barillé, L., Kazemipour-Ricci, F., Giraud, M., Jesus, B. et Le Menn, E. (2018). Microphytobenthos Biomass and Diversity Mapping at Different Spatial Scales with a Hyperspectral Optical Model. *Remote Sensing*, 10, 716.

Lebigre, J.M. (1991). Les marais maritimes de Mauritanie : Protection et valorisation. *Les cahiers d'outre-mer*, 44, 379-400.

Le Cœur, C. (2011). La côte mauritanienne au début des années 1990 - Appropriation du littoral par de nouvelles communautés de pêcheurs, In S. Boulay et B. Lecoquierre, Le littoral mauritanien à l'aube du XXIe siècle - Peuplement, gouvernance de la nature, dynamiques sociales et culturelles, Paris : Karthala, 2011, 432 pages, pp. 151- 172.

Le Douget, L. (2008). Contribution pour une proposition des engins de pêche autorisés sur le PNBA et vers une conformité de leurs principales caractéristiques technique. *Document provisoire, NBA, PRCM, FIBA*, 22 p.

Le Hir, P., Roberts, W., Cazaillet, O., Christie, M., Bassoullet, P. et Bacher, C. (2000). Characterization of intertidal flat hydrodynamics. *Continental shelf research,* 20, 1433-1459.

Lemaire, R., Zhao, H., Thomson, C., Christensson, M., Piveteau, S., Hemmingsen, S., Veuillet, F., Zozor, P. et Ochoa, J. (2014). Mainstream deammonification with ANITA™ Mox process. *Proceedings of the Water Environment Federation, 2014*, 2183-2197.

Leyrer, J., Spaans, B., Camara, M. et Piersma, T. (2006). Small home ranges and high site fidelity in red knots (*Calidris c. canutus*) wintering on the Banc d'Arguin, Mauritania. *Journal of Ornithology,* 147, 376-384. doi: 10.1007/s10336-005-0030-8

Ligeza, S. et Smal, H. (2003). Accumulation of nutrients in soils affected by perennial colonies of piscivorous birds with reference to biogeochemical cycles of elements. *Chemosphere, 52*, 595-602.

Linchant, J., Lisein, J., Semeki, J., Lejeune, P. et Vermeulen, C. (2015). Are unmanned aircraft systems (UASs) the future of wildlife monitoring? A review of accomplishments and challenges. *Mammal Review*, 45, 239–252.

Linot, J.L. (1968). Les Imraguen. In : Mauritanie (divers) p 59.

Liquete, C., Piroddi, C., Drakou, E.G., Gurney, L., Katsanevakis, S., Charef, A. et Egoh, B. (2013). Current status and future prospects for the assessment of marine and coastal ecosystem services: a systematic review. *PLOS ONE,* 8, e67737.

Liquete, C., Cid, N., Lanzanova, D., Grizzetti, B. et Reynaud, A. (2016). Perspectives on the link between ecosystem services and biodiversity: The assessment of the nursery function. *Ecological indicators,* 63, 249-257.

Loiseau, N. et Gaertner, J.C. (2015) Indices for assessing coral reef fish biodiversity: the need for a change in habits. *Ecology and evolution* 5, 4018-4027.

Loomis, J.B. et White, D.S. (1996). Economic benefits of rare and endangered species: summary and meta-analysis. *Ecological Economics,* 18, 197-206.

Lotte, L. (1937). Coutumes des Imraguen (côtes Mauritanie). Journal de la société des Africanistes, tome 1, fascicule 1, Paris.

Lourenço, P.M., Catry, T., Piersma, T. et Granadeiro, J.P. (2016). Comparative feeding ecology of shorebirds wintering at Banc d'Arguin, Mauritania. *Estuaries and Coasts,* 39, 855-865.

Mace, G.M., Norris, K. et Fitter, A.H. (2012). Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in Ecology & Evolution,* 27, 19-26.

Macreadie, P.I., Baird, M.E., Trevathan-Tackett, S.M., Larkum, A.W.D. et Ralph, P.J. (2014). Quantifying and modelling the carbon sequestration capacity of seagrass meadows - A critical assessment. *Marine pollution bulletin*, 83, 430-439.

Macreadie, P.I., Nielsen, D.A., Kelleway, J.J., Atwood, T.B., Seymour, J.R., Petrou, K., Connolly, R.M., Thomson, A.C., Trevathan-Tackett, S.M. et Ralph, P.J. (2017). Can we manage coastal ecosystems to sequester more blue carbon? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15, 206-213.

Maigret, J. (1972). *Campagne expérimentale de pêche des sardinelles et autres espèces pélagiques, juillet 1970-octobre 1971 : Observations concernant l'océanographie et la biologie de espèces* : Ministère des Pêches et de la Marine marchande, Laboratoire des pêches de Nouadhibou.

Maigret, J. et Abdallahi, A.O. (1976). La pêche des Imaraguen sur le Banc d'Arguin et au Cap Timiris. Techniques et méthodes de pêche. *Bulletin du laboratoire des pêches Nouadhibou*.

Maigret, J. (1984). Les Imraguen pêcheurs des côtes de Mauritanie, une technique ancestrale. Communication présentée aux Xème rencontres d'histoire et d'archéologie d'Antibes "l'exploitation de la mer" du 24 au 26 octobre, 10 p.

Maigret, J. (1990). Les Imraguen pêcheurs des côtes de Mauritanie. *Chasse-Marée*, 50, 64-70.

Manfreda, S., McCabe, M.F., Miller, P.E., Lucas, R., Pajuelo Madrigal, V., Mallinis, G., Ben Dor, E., Helman, D., Estes, L. et Ciraolo, G. (2018). On the Use of Unmanned Aerial Systems for Environmental Monitoring. *Remote Sensing*, *10*, 641.

Margalida, A. et Colomer, M.À. (2012). Modelling the effects of sanitary policies on European vulture conservation. *Scientific Reports,* 2, 753. doi: 10.1038/srep00753

Marion, S. R. et Orth, R. J. (2010). Innovative techniques for large-scale seagrass restoration using Zostera marina (eelgrass) seeds. *Restoration Ecology,* 18, 514-526.

Maris, V. (2014). *Nature à vendre : Les limites des services écosystémiques*. Editions Quae.

Martín-López, B., Gómez-Baggethun, E., García-Llorente, M. et Montes, C. (2014). Trade-offs across value-domains in ecosystem services assessment. *Ecological indicators,* 37, 220-228.

Martínez, M.L., Pérez-Maqueo, O., Vázquez, G., Castillo-Campos, G., García-Franco, J., Mehltreter, K., Equihua, M. et Landgrave, R. (2009). Effects of land use change on biodiversity and ecosystem services in tropical montane cloud forests of Mexico. *Forest*

Ecology and Management, 258, 1856-1863. doi: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.02.023

Massel, S.R., Furukawa, K. et Brinkman, R.M. (1999). Surface wave propagation in mangrove forests. *Fluid Dynamics Research,* 24, 219-249.

Mateo, M.A. et Romero, J. (1997). Detritus dynamics in the seagrass Posidonia oceanica: elements for an ecosystem carbon and nutrient budget. *Marine Ecology Progress Series*, 151, 43-53.

Maurel, F., Bouscasse, H., Defrance, P., Duprez, C., Strosser, P., Beley, Y. et Morardet, S. (2011), Évaluation économique des services rendus par les zones humides – Enseignements méthodologiques de monétarisation. Etudes & documents CGDD N° 49, septembre 2011, 220 p.

Mayer, F.S. et Frantz, C.M. (2004). The connectedness to nature scale: A measure of individuals' feeling in community with nature. *Journal of environmental psychology*, 24, 503-515.

Mayer, F.S., Frantz, C.M., Bruehlman-Senecal, E. et Dolliver, K. (2009). Why is nature beneficial? The role of connectedness to nature. *Environment and behavior*, 41, 607-643.

Mbarek, M. (2016). Évaluation économique des aires marines protégées : apports méthodologiques et applications aux îles Kuriat (Tunisie). Thèse de Doctorat, *Economies et finances*, Université d'Angers, 264 p.

Mbaye, M. et Noël, J-F. (2004). La gouvernance des aires marines protégées : leçons ouest africaines, *VertigO - Volume 5 Numéro 3 | décembre 2004, mis en ligne le 01 décembre 2004, consulté le 26 janvier 2014*. URL : http://vertigo.revues.org/3327 ; DOI : 10.4000/vertigo.3327

McFeeters, S.K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International journal of remote sensing*, 17, 1425-1432.

McGranahan, G., Balk, D. et Anderson, B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. Environment and Urbanization, 19, 17-37.

McGlathery, K.J., Sundback, K. et Anderson, I.C. (2007). Eutrophication in shallow coastal bays and lagoons: the role of plants in the coastal filter. *Marine Ecology Progress Series*, 348, 1-18.

McInnes, R., Ali, M. et Pritchard, D. (2017). Ramsar et la Convention du patrimoine mondial : au confluent du succès. Secrétariat de la Convention de Ramsar.

McIvor, A., Möller, I., Spencer, T. et Spalding, M. (2012). Reduction of wind and swell waves by mangroves. *Natural Coastal Protection Series: Report 1. Cambridge Coastal Research* Unit Working Paper 40, ISSN 2050-7941.

McKee, K.L., Cahoon, D.R., et Feller, I. (2007). Caribbean mangroves adjust to rising sea level through biotic controls on change in soil elevation. *Global Ecology and Biogeography,* 16, 545–56.

McKee, K.L. (2011). Biophysical controls on accretion and elevation change in Caribbean mangrove ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 91, 475-483.

Mcleod E., Chmura G.L., Bouillon S., Salm R., Björk M., Duarte C.M., Lovelock C.E., Schlesinger W.H. et Silliman B.R. (2011). A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO_2. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9, 552–560, doi:10.1890/110004

McLusky D.S., Elliott M. et Elliott M. (2004). *The estuarine ecosystem: ecology, threats and management*. Oxford University Press on Demand.

Mehvar, S., Filatova, T., Dastgheib, A., de Ruyter van Steveninck, E. et Ranasinghe, R. (2018). Quantifying Economic Value of Coastal Ecosystem Services: A Review. *Journal of Marine Science and Engineering,* 6, 5.

Mendez, F. J. et Losada, I. J. (2004). Transformation of random and non-random breaking waves over vegetation fields. *Coastal Engineering,* 51**,** 103-118.

Mercier, P. et Balandier, G. (1947). Emancipation par rachat des pêcheurs Imraguen. *Notes africaines*, IFAN, 33.

Michel, J., Westphal, H. et Hanebuth, T. J. J. (2009). Sediment partitioning and winnowing in a mixed eolian-marine system (Mauritanian shelf). *Geomarine letters*, 29, 221-232.

Middelburg, J.J., Soetaert, K. et Herman, P.M.J. (1997). Empirical relationships for use in global diagenetic models. *Deep-Sea Research Part I*, 44, 327–344.

Middleton, B.A. et McKee, K.L. (2001). Degradation of mangrove tissues and implications for peat formation in Belizean island forests. *Journal of Ecology*, 89, 818-828.

Miyajima, T., Suzumura, M., Umezawa, Y. et Koike, I. (2001). Microbiological nitrogen transformation in carbonate sediments of a coral-reef lagoon and associate seagrass beds. *Marine Ecology Progress Series*, 217, 273-286.

Moberg, F. et Rönnbäck, P. (2003). Ecosystem services of the tropical seascape: interactions, substitutions and restoration. *Ocean & Coastal Management,* 46, 27-46. doi: https://doi.org/10.1016/S0964-5691(02)00119-9

Mol, A.C.S. (2003). Wave attenuation by vegetation. *Hydraulic Engineering Reports*, Deltares (WL), 119 p.

Moller, I. (2006). Quantifying saltmarsh vegetation and its effect on wave height dissipation: results from a UK East coast saltmarsh. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 69, 337-351.

Möller, I., Spencer, T. et French, J.R. (1996). Wind wave dissipation over saltmarshes surfaces: preliminary results from Norfolk, England. *Journal of Coastal Research,* 12, 1009-1016.

Möller, I, Spencer, T, French, J.R., Legget, D.J. et Dixon, M. (2001). The sea-defence value of salt marshes: Field evidence from North Norfolk. Water and Environment Journal, 15, 109-116.

Monnet, A.-C., Jiguet, F., Meynard, C.N., Mouillot, D., Mouquet, N., Thuiller, W. et Devictor, V. (2014). Asynchrony of taxonomic, functional and phylogenetic diversity in birds. *Global Ecology and Biogeography,* 23, 780-788. doi: doi:10.1111/geb.12179

Montevecchi, W.A. (2002). Interactions between fisheries and seabirds. In E.A. Schreiber & J. Burger (Eds.), *Biology of marine birds* (pp. 527-557). Boca Raton, London, New York and Washington, D.C.: CRC Press.

Mouillot, D., Graham, N.A., Villéger, S., Mason, N.W. et Bellwood, D.R. (2013) A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends in ecology & evolution* 28, 167-177.

Moussa, A. (1992). Mécanismes et flux de commercialisation des produits de la pêche mauritanienne. Rapport de stage, CNROP, 143 p.

Murray, B., Linwood, P., Jenkins, W.A. et Sifleet, S. (2011). Green payments for blue carbon economic incentives for protecting threatened coastal habitats. *Nicholas Institute Report*. NI R 11-04.

Murray, R.H., Erler, D.V. et Eyre, B.D. (2015). Nitrous oxide fluxes in estuarine environments: response to global change. *Global change biology,* 21, 3219-3245.

Musick, J.A. (1999). Ecology and conservation of long-lived marine animals. *American Fisheries Society Symposium*, 23, 1-10.

Myers, R.A., Baum, J.K., Shepherd, T.D., Powers, S.P. et Peterson, C.H. (2007). Cascading effects of the loss of apex predatory sharks from a coastal ocean. *Science,* 315, 1846-1850.

Nagelkerken, I. (2009). Evaluation of nursery function of mangroves and seagrass beds for tropical decapods and reef fishes: patterns and underlying mechanisms. *Ecological connectivity among tropical coastal ecosystems,* Springer, 357-399.

Nations Unies (1990). Commission Économique pour l'Afrique (1990-02). Charte Africaine de la participation populaire au développement et à la transformation (Arusha 1990). NU.CEA Conférence internationale sur la participation populaire dans le processus de redressement et de développement en Afrique (1990, février 12 – 16 : Arusha, République Unie de Tanzanie). Arusha© NU. CEA. http://hdl.handle.net/10855/794.

Negrin, V.L., Botté, S.E., La Colla, N.S. et Marcovecchio, J.E. (2018). Uptake and accumulation of metals in Spartina alterniflora salt marshes from a south American estuary. *Science of The Total Environment*, 649, 808-820.

Nellemann, C. et Corcoran, E. (Eds) (2009). Blue carbon. A rapid response assessment. *GRID-Arendal: United Nations Environment Programme*. ISBN: 978-82-7701-060-1.

Niklas, K.J. (1992). Plant biomechanics: An engineering approach to plant form and function. *University of Chicago Press*.

Noël, J.-F. (2006). Valeur économique des services écologiques rendus par la biodiversité marine à l'homme. *Université Versailles*, 12 p.

Nouaceur, Z. (2009). Évolution des précipitations depuis plus d'un demi-siècle en Mauritanie. *Geographica Technica*, 361-366.

Nowicki, B.L., Requintina, E., Van Keuren, D. et Portnoy, J. (1999). The role of sediment denitrification in reducing groundwater-derived nitrate inputs to Nauset marsh estuary, Cape Cod, Massachusetts. *Estuaries,* 22, 245-259.

Oakes, J.M. et Eyre, B.D. (2014). Transformation and fate of microphytobenthos carbon in subtropical, intertidal sediments: potential for long-term carbon retention revealed by 13 C-labeling. *Biogeosciences*, 11, 1927-1940.

Obanawa, H., Hayakawa, Y.S. et Gomez, C. (2014). 3D modelling of inaccessible areas using uav-based aerial photography and structure from motion. In Chikei/Transactions, *Japanese Geomorphological Union*, 35, 283–294.

Oiseaux.net [en ligne]. Oiseaux.net, 1996, (2018). Disponible sur : http://www.oiseaux.net [consulté entre le 2 août et le 2 septembre 2018]

Ojea, E. et Loureiro, M.L. (2007). Altruistic, egoistic and biospheric values in willingness to pay (WTP) for wildlife. *Ecological Economics*, 63, 807-814.

Orth, R.J., Carruthers, T.J.B., Dennison, W.C., Duarte, C.M., Fourqurean, J.W., Heck Jr., K.L., Hughes, A.R., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., Olyarnik, S., Short, F.T., Waycott, M. et Williams, S.L. (2006). A global crisis for seagrass ecosystems. *Bioscience,* 56, 987-996.

Otero, V., Quisthoudt, K., Koedam, N. et Dahdouh-Guebas, F. (2016). Mangroves at their limits: Detection and area estimation of mangroves along the Sahara desert coast. *Remote Sensing,* 8, 512, doi:10.3390/rs8060512.

Ottosen, L.D.M., Risgaard-Petersen, N. et Nielsen, L.P. (1999). Direct and indirect measurements of nitrification and denitrification in the rhizosphere of aquatic macrophytes. *Aquatic Microbial Ecology*, 19, 81–91.

Ould Cheikh, A.W.O (2002a). L'Identité imraguen et la gestion locale de l'aire du PNBA: approche historique et sociologique. *Nouakchott, Parc national du banc d'Arguin*.

Ould Cheikh, A.W.O (2002b). Création, évolution, peuplement et identité imraguen, gestion de l'espace. *Le Parc national du Banc d'Arguin, Nouakchott, CONSDEV*.

Ould Cheikh, A.W.O. (2003). Modes d'accès et de régulation de l'accès aux ressources naturelle renouvelables. Le Parc National du Banc d'Arguin. *CONSDEV, Document de travail/WP3/01, Nouakchott*, PNBA/IRD, 54 p.

Ould Cheikh, A.W. ould M. Saleck, A. (2002). Approche historique : Création et évolution du PNBA, peuplement et Identité lmraguen, gouvernance locale. *CONSDEV Document de travail/WPI/02, Nouakchott, Université de Nouakchott/PNBA*, 28 p.

Ould Dedah, S. (1993). Wind, surface water temperature, surface salinity and pollution in the area of the Banc d'Arguin, Mauritania. *Hydrobiologia,* 258, 9-19.

Ould Hamadi, A. (2009). Compte rendu de fin de la mission de la brigade mobile du 26-03 au 22-04-2009. PNBA, 7 p.

Ould Mohamedou, F. et Ould Inejih, C.A. (2009). Performances économiques des unités de pêche artisanales et côtières ciblant le Mulet et la Courbine à Nouadhibou en 2007, et à Iwick et Teichott. *Rapport Groupe de Travail Scientifique,* annexe 3.2, Novembre 2009, 16 p.

Ould Taleb Ould Sidi, M.M. (2003). Etude de la diversité biologique des poissons juvéniles de la baie du Lévrier, Mauritanie. In: Palomares MLD, Samb B, Diouf T, Vakily JM, Pauly D, editors. Fish biodiversity: Local studies as basis for global inferences. *Brussels: ACP – EU Fisheries Research Report*, 14, 89-97.

Ould Tarbiya, M.L. (2010). Analyse des coûts et résultats économiques des unités des pêches artisanale et côtière. *Rapport final*, 32 p.

Ould Tarbiya, M.L., Ould Sidina, E., Ould Haidalla, M.S., Ould Yarba, L. et Ould Yehdih, M.M. (2012). Analyse économique des principales filières de pêche au PNBA pour évaluer les richesses et retombées tirées, leur répartition entre les bénéficiaires et leur mode d'investissement, dans un objectif d'assurer une pêche durable. *Rapport des notes de synthèse des experts nationaux*, 177 p.

Ouyang, X. et Lee, S.Y. (2014). Updated estimates of carbon accumulation rates in coastal marsh sediments. *Biogeosciences*, 11, 5057-5071.

Owens, I.P.F. et Bennett, P.M. (2000). Ecological basis of extinction risk in birds: Habitat loss versus human persecution and introduced predators. *Proceedings of the National Academy of Sciences,* 97, 12144-12148. doi: 10.1073/pnas.200223397

Pain, D.J., Cunningham, A.A., Donald, P.F., Duckworth, J.W., Houston, D.C., Katzner, T., Parry-Jones, J., Poole, C., Prakash, V., Round, P. et Timmins, R. (2003). Causes and Effects of Temporospatial Declines of *Gyps* Vultures in Asia. *Conservation Biology, 17*, 661-671. doi: doi:10.1046/j.1523-1739.2003.01740.x

Palomares, M.L.D. et Pauly, D., (2018). SeaLifeBase. http://www.sealifebase.org/, Consulté le 17 août 2018.

Pascual, U., Balvanera, P., Díaz, S., Pataki, G., Roth, E., Stenseke, M., Watson, R.T., Dessane, E. B., Islar, M., Kelemen, E. (2017). Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 26, 7-16.

Pelletier, F.X. (1986). Les hommes qui cueillent la vie : les Imragen. *Paris : Flammarion, 1986*, 230 p.

Peña, J.M., Torres-Sánchez, J., de Castro, A.I., Kelly, M. et López-Granados, F. (2013). Weed Mapping in Early-Season Maize Fields Using Object-Based Analysis of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Images. *PLoS ONE*, 8, e77151.

Pestre, D. (2013). A contre-science : Politiques et savoirs des sociétés contemporaines. *Editions du Seuil*, 256 p.

Peterman, R., Bradford, M., Lo, N.C.H. et Methot, R.D. (1988). Contribution of early life stages to interannual variability in recruitment of Northern Anchovy. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 45, 8-16.

Peters, H. (1976). The spreading of the water masses of the Banc d'Arguin in the upwelling area off the northern Mauritanian coast. *Meteor-Forschungsergebnisse,* 18, 78-100.

Phang, V.X., Chou, L.M. et Friess, D.A. (2015). Ecosystem carbon stocks across a tropical intertidal habitat mosaic of mangrove forest, seagrass meadow, mudflat and sandbar. *Earth Surface Processes and Landforms*, 40, 1387-1400.

Piehler, M. et Smyth, A. (2011). Habitat-specific distinctions in estuarine denitrification affect both ecosystem function and services. *Ecosphere, 2*, 1-17.

PNBA (2002). Rapport du groupe de travail recherche IMROP-PNBA-DEARH Nouadhibou : 05-10 octobre 2002. Rapport No : IMROP/VPDI 001/08/04.

PNBA (2009). Plan d'Aménagement et de Gestion 2010-2014 du Parc National du Banc d'Arguin. *Programme Gestion des Ressources Naturelles (ProGRN)* - Composante « Appui institutionnel et technique au PNBA », 115 p.

PNBA (2011). Enquête ménage, population Imraguen du parc. *Rapport provisoire*, mai 2011, 41 p.

PNBA (2014). Plan d'Aménagement et de Gestion du PNBA (2015-2019), 124 p.

PNBA (2015). Enquête ménage, population Imraguen du parc. *Rapport*, 11 p.

Point, P. (1998). La place de l'évaluation des biens environnementaux dans la décision publique. *Economie Publique,* 1, 13–46.

Poutignat, P. et Streiff-Fenart, J. (1995). Théories de l'ethnicité. *Le Sociologue, PUF,* 129 p.

Prévot A.C., Geijzendorffer I. (2016). Biodiversité, services écosystémiques et bien-être. In Valeur de la biodiversité et services écosystémiues. Perspectives interdisciplinaires. Roche P., Geijzendorffer I., Levrel H., Maris V., eds. sci., Quae , Paris, 89-101.

Quartel, S., Kroon, A., Augustinus, P., Van Santen, P. et Tri, N. (2007). Wave attenuation in coastal mangroves in the Red River Delta, Vietnam. *Journal of Asian Earth Sciences,* 29, 576-584.

Quero, J.-C. et Vayne, J.-J. (1987). Le maigre, Argyrosomus regius (Asso, 1801) (Pisces, Perciformes, Sciaenidae) du Golfe de Gascogne et des eaux plus septentrionales. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches maritimes,* 49, 35-66.

R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible sur : https://www.R-project.org/.

R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/

Ravishankara, A., Daniel, J.S. et Portmann, R.W. (2009). Nitrous oxide (N2O): the dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century. *Science,* 326, 123-125.

Ray, R., Ganguly, D., Chowdhury, C., Dey, M., Das, S., Dutta, M.K., Mandal, S.K., Majumder, N., De, T.K., Mukhopadhyay, S.K. et Jana, T.K. (2011). Carbon sequestration and annual increase of carbon stock in a mangrove forest. *Atmospheric Environment,* 45, 5016-5024.

Reaves, D.W., Kramer, R.A. et Holmes, T.P. (1999). Does Question Format Matter? Valuing an Endangered Species. *Environmental and Resource Economics,* 14, 365-383. doi: 10.1023/a:1008320621720

Reis, C.R.G., Nardoto, G.B. et Oliveira, R.S. (2017). Global overview on nitrogen dynamics in mangroves and consequences of increasing nitrogen availability for these systems. *Plant and soil,* 410, 1-19.

Revillion, C. (2010). Spatialisation des activités et des prélèvements de la pêche artisanale sur le Parc National du Banc d'Arguin (Mauritanie). Thèse professionnelle SILAT, IRD - AgroParisTech - PNBA, Maison de la Télédétection, Montpellier, 33 p., annexes.

Revillion, C., Kide, A. et Ould Yarba, L. (2011). Une base de données spatiales sur la pêche artisanale dans le Parc national du Banc d'Arguin (Mauritanie), outil au service d'une gestion durable de la ressource. *Communication au Congrès international ICCAFFE*, 19-21 mai 2011, Agadir, Maroc.

Revol, L. (1937). Etudes sur les fractions d'Imraguen de la côte mauritanienne. *Bulletin du Comité d'études historiques et scientifiques de l'AOF*, Paris, Librairies Larosse.

Ribaudo, C., Plus, M., Ganthy, F. et Auby, I. (2016). Carbon sequestration loss following Zostera noltei decline in the Arcachon Bay (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 179, 4-11.

Risgaard-Petersen, N. et Ottosen, L.D.M. (2000). Nitrogen cycling in two temperate Zostera marina beds: Seasonal variation. *Marine Ecology Progress Series*, 198, 93-107.

Risgaard-Petersen, N., Dalsgaard, T., Rysgaard, S., Christensen, P.B., Borum, J., McGlathery, K.J. et Nielsen, L.P. (1998). Nitrogen balance of a temperate eelgrass Zostera marina bed. *Marine Ecology Progress Series,* 174, 281-291.

Rivera-Monroy, V.H. et Twilley, R.R. (1996). The relative role of denitrification and immobilization in the fate of inorganic nitrogen in mangrove sediments (Terminos lagoon, Mexico). *Limnology and Oceanography*, 41, 284–296. doi:10.4319/lo.1996.41.2.0284

Rivera-Monroy, V.H., Day, J.H., Twilley, R.R., Boustany, R.G., Day, J.W., Vera-Herrera, F. et del Ramirez, M.C. (1995). Direct denitrification in mangrove sediments in Terminos lagoon, Mexico. *Marine Ecology Progress Series*,126, 97–109. doi:10.3354/meps126097

Robinson, S.K. et Holmes, R.T. (1982). Foraging Behavior of Forest Birds: The Relationships Among Search Tactics, Diet, and Habitat Structure. *Ecology,* 63, 1918-1931. doi: doi:10.2307/1940130

Rochette, S., Rivot, E., Morin, J., Mackinson, S., Riou, P. et Le Pape, O. (2010). Effect of nursery habitat degradation on flatfish population: Application to Solea solea in the Eastern Channel (Western Europe). *Journal of Sea Research*, 64, 34-44.

Rohatgi, A. (2011). WebPlotDigitizer. Version 4.1 Released (January 8, 2018).

Rose, K.A., Tyler, J.A., Chambers, R.C., Klein-MacPhee, G. et Danila, D.J. (1996). Simulating winter flounder population dynamics using coupled individual-based young-of- the-year and age-structured adult models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53, 1071-1091.

Roughan, B.L., Kellman, L., Smith, E., Chmura, G.L., (2018). Nitrous oxide emissions could reduce the blue carbon value of marshes on eutrophic estuaries. *Environmental Research Letters,* 13.

Rudloff, M.A. et Salles, J.M. (1992). Analyse de la valeur patrimoniale d'espaces littoraux. Une application à l'Etang de Thau. *Université de Montpellier I. Centre régional de la productivité et des études économiques. Faculté de droit et des sciences économiques de Montpellier I.* 29 p.

Rysgaard, S., Risgaard-Petersen, N. et Sloth, N.P. (1996). Nitrification, denitrification, and nitrate ammonification in sediments of two coastal lagoons in Southern France. *Hydrobiology*, 329, 133-141.

Salamí, E., Barrado, C. et Pastor, E. (2014). UAV flight experiments applied to the remote sensing of vegetated areas. *Remote Sensing*, 6, 11051–11081.

Salem, M. V. A., van der Geest, M., Piersma, T., Saoud, Y. et van Gils, J. A. (2014). Seasonal changes in mollusc abundance in a tropical intertidal ecosystem, Banc d'Arguin (Mauritania): testing the 'depletion by shorebirds' hypothesis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 136, 26-34.

Sandoval-Gil, J.M., Camacho-Ibar, V.F., del Carmen Ávila-López, M., Hernández-López, J., Zertuche-González, J.A. et Cabello-Pasini, A. (2015). Dissolved inorganic nitrogen uptake kinetics and δ15N of Zostera marina L. (eelgrass) in a coastal lagoon with oyster aquaculture and upwelling influence. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 472*, 1-13. doi: 10.1016/j.jembe.2015.06.018.

Sarr, O. (2016). Un SIG dans une perspective de gestion et d'aménagement de la pêche artisanale et côtière en Mauritanie. *Rapport de stage de Master. Université d'Orléans (France).* 63 p.

Schaffmeister, B.E., Hiddink, J.G. et Wolff, W.J. (2006). Habitat use of shrimps in the intertidal and shallow subtidal seagrass beds of the tropical Banc d'Arguin, Mauritania. *Journal of Sea Research,* 55, 230-243.

Schröter, M., van der Zanden, E.H., van Oudenhoven, A.P., Remme, R.P., Serna-Chavez, H.M., De Groot, R.S., Opdam, P. (2014). Ecosystem services as a contested concept: a synthesis of critique and counter-arguments. *Conservation Letters*, 7, 514-523.

Seitzinger, S., Harrison, J.A., Böhlke, J., Bouwman, A., Lowrance, R., Peterson, B., Tobias, C., Drecht, G.V. (2006). Denitrification across landscapes and waterscapes: a synthesis. *Ecological applications*, 16, 2064-2090.

Şekercioğlu, Ç.H. (2006). Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology & Evolution,* 21, 464-471.

Şekercioğlu, Ç.H., Daily, G.C. et Ehrlich, P.R. (2004). Ecosystem consequences of bird declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences,* 101, 18042-18047. doi: 10.1073/pnas.0408049101

Serrano, O., Mateo, M.A., Renom, P., Julia, R. (2012). Characterization of soils beneath a Posidonia oceanica meadow. *Geoderma*, 185-186, 26-36.

Setälä, O., Norkko, J. et Lehtiniemi, M. (2016). Feeding type affects microplastic ingestion in a coastal invertebrate community. *Marine pollution bulletin*, 102, 95-101.

Sevrin Reyssac, J., et Richer de Forges, B. (1985). Particularités de la faune ichtyologique dans un milieu sursalé du parc national du banc d'Arguin (Mauritanie). *Océanographie tropicale*, 20, 85-90.

Sevrin-Reyssac, J. (1993). Hydrology and underwater climate of the Banc d'Arguin, Mauritania: a review. *Hydrobiologia*, 258, 1-8.

Shepard, C.C., Crain, C.M., Beck, M.W. (2011). The protective role of coastal marshes: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One,* 6, e27374. doi:10.1371/journal.pone.0027374.

Sidi Cheikh, M.A., Ould Yarba, L. et Ould Senhoury, L. (2009). Spatialisation des activités de pêches au Parc National du Banc d'Arguin. *Journées d'Animation Scientifique (JAS09) de l'AUF Alger Novembre 2009*, 6 p.

Siikamäki, J., Sanchirico, J.N. et Jardine, S.L. (2012). Global economic potential for reducing carbon dioxide emissions from mangrove loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109, 14369-14374.

Slovic, P. et Weber, E.U. (2002). Perception of risk posed by extreme events. In Risk Management strategies in an Uncertain World, IBM Palisades, New York, 12-13 April 2002.

SMCP (2018). Prix des diverses espèces jusqu'au 20 septembre 2018 – Marché Europe et Afrique, *Société Mauritanienne de Commercialisation de Poissons*, 4 p.

Smit, C.J. et Piersma, T., (1989). Numbers, midwinter distribution, and migration of wader populations using the East Atlantic flyway. Flyways and reserve networks for water birds. *IWRB Special Publication*, 9, 24-63.

Smith, E. (2018). Heavy Metal Accumulation in Seagrasses in Southeastern Florida. M.S. thesis, Nova Southeastern University, 64 p.

Smith, C.J., DeLaune, R.D. et Patrick, W.H. Jr. (1985). Fate of riverine nitrate entering an estuary: 1. Denitrification and nitrogen burial. *Estuaries,* 8, 15–21.

Sol, D., Timmermans, S. et Lefebvre, L. (2002). Behavioural flexibility and invasion success in birds. *Animal Behaviour,* 63, 495-502.

Somé, B. (2010). La réalité du changement climatique et ses impacts sur les rendements agricoles des céréales au Sahel. *Présentation lors de la 4ème édition SEDECO.*

Sousa, A.I., Santos, D.B., Da Silva, E.F., Sousa, L.P., Cleary, D.F., Soares, A.M. et Lillebø, A.I. (2017). 'Blue Carbon' and Nutrient Stocks of Salt Marshes at a Temperate Coastal Lagoon (Ria de Aveiro, Portugal). *Scientific reports*, 7, 41225.

Spalding, M. D., Ruffo, S., Lacambra, C., Meliane, I., Hale, L. Z., Shepard, C. C. et Beck, M. W. (2014). The role of ecosystems in coastal protection: adapting to climate change and coastal hazards. *Ocean & Coastal Management,* 90, 50-57.

Spellerberg, I.F. et Fedor, P.J. (2003). A tribute to Claude Shannon (1916-2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the 'Shannon-Wiener' Index. *Global Ecology and Biogeography*, 12, 177-179.

Spencer, K.L. et Harvey, G.L. (2012). Understanding system disturbance and ecosystem services in restored saltmarshes: Integrating physical and biogeochemical processes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 106*, 23-32. doi: https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.04.020

Spurgeon, J. (1998). The socio-economic costs and benefits of coastal habitat rehabilitation and creation. *Marine Pollution Bulletin,* 37, 373-382.

Stern, P.C., Dietz, T. et Kalof, L., 1993. Value orientations, gender, and environmental concern. *Environment and Behavior*, 25, 322-348.

Stern P.C., Dietz, T., Guagnano, G.A. (1995). The new Ecological Paradigm in Social-Psychological Context. *SAGE Journals*, 27, 723-743.

Stevens, T.H., Echeverria, J., Glass, R.J., Hager, T. et More, T.A. (1991). Measuring the Existence Value of Wildlife: What Do CVM Estimates Really Show? *Land Economics,* 67, 390-400. doi: 10.2307/3146546

Sumoski, S.E. et Orth, R.J. (2012). Biotic dispersal in eelgrass *Zostera marina*. *Marine Ecology Progress Series,* 471, 1-10.

Takekawa, J. Y. et Garton, E. O. (1984). How Much is an Evening Grosbeak Worth? *Journal of Forestry,* 82, 426-428. doi: 10.1093/jof/82.7.426

Talbot, J.W. (1977). The dispersal of plaice eggs and larvae in the Southern Bight of the North Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 37, 221-248.

Taleb Ould Sidi, M. (2007). Synthèse et analyse des travaux scientifiques menés par l'IMROP au PNBA : période 1997-2006. IMROP. Projet Régulation de l'Accès aux Ressources naturelles et Surveillance dans le PNBA (RARES), 51 p.

Thiam, I. et Haidalla, M.S. (2009). La Rentabilité des unités artisanales dans la zone du PDPAS durant la période (2001-2007). *Rapport de synthèse projet PDPAS*, juillet 2009, 15 p.

Thomas, Y.-F. et Senhoury, E.A. (2007). La hauteur significative des vagues en Afrique de l'ouest, observation par altimetrie radar. *Photo interprétation,* 43, 25-32.

Thompson, W., Paerl, H. et Go, M. (1995). Seasonal patterns of nitrification and denitrification in a natural and a restored salt marsh. *Estuaries,* 18, 399-408.

Thompson P.R., Merrifield M.A., Leuliette E., Sweet W., Chambers D.P., Hamlington B.D., Jevrejeva S., Marra J.J., Mitchum G.T. et Nerem R.S. (2017). Sea level variability and change. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98, S93-S98, doi:10.1175/2017BAMSStateoftheClimate.1.

Thomson, C. (2016). Cost-effective nitrogen removal: Durham, N.C., facility installs sidestream deammonification system to meet strict TN limits. URL : www.wwdmag.com/channel/casestudies/cost-effective-nitrogen-removal, consulté le 04 septembre 2018

Tixerant, G. (1974). Contribution à l'étude de la biologie du maigre ou courbine *Argyrosomus regius* (Asso 1801) (= *Sciaena aquila* Lacép.) sur la côte mauritanienne. Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille.

Tobias, C., Giblin, A., McClelland, J., Tucker, J. et Peterson, B. (2003). Sediment DIN fluxes and preferential recyling of benthic microalgal nitrogen in a shallow macrotidal estuary. *Marine Ecology Progress Series*, 257, 25-36.

Trégarot, E., Failler, P. et Maréchal, J.-P. (2017). Evaluation of coastal and marine ecosystem services of Mayotte: Indirect use values of coral reefs and associated ecosystems. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management,* 13, 19-34. doi:10.1080/21513732.2017.1407361.

Trotignon, E. (1981). Données socio-économiques sur le village Imraguen d'Iwik (Mauritanie). *Bulletin de l'IFAN*, 43-B, 319 - 359.

Twilley, R.R., Chen, R.H. et Hargis, T. (1992). Carbon sinks in mangroves and their implications to carbon budget of tropical coastal ecosystems. *Water, Air, and Soil Pollution*, 64, 265-288.

UICN (2018). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1. Disponible sur : www.iucnredlist.org [consultée entre le 2 août et le 2 septembre 2018]

UNDP [United Nations Development Program] (2007/2008). Human Development Report 2007/2008. Fighting climate change: human solidarity in a divided world. http://hdr.undp.org/en/media/HDR_20072008_Summary_English.pdf

Valadou, B., Brêthes, J.-C. et Inejih, C.A.O. (2006). Observations biologiques sur cinq espèces d'Élasmobranches du Parc National du Banc d'Arguin (Mauritanie). *Cybium,* 30, 313-322.

Valentine, J.F. et Heck, K.L. (1999). Seagrass herbivory: evidence for the continued grazing of marine grasses. *Marine Ecology Progress Series*, 176, 291-302.

Van Den Hout, P.J., Spaans, B. et Piersma, T. (2008). Differential mortality of wintering shorebirds on the Banc d'Arguin, Mauritania, due to predation by large falcons. *Ibis,* 150(s1), 219-230. doi: doi:10.1111/j.1474-919X.2008.00785.x

van der Geest, M. (2013). Multi-trophic interactions within the seagrass beds of Banc d'Arguin, Mauritania - A chemosynthesis-based intertidal ecosystem. Thèse de Doctorat, Université de Groningen, Groningen, Pays-Bas, 254 p.

van der Laan, B. et Wolff, W.J. (2006). Circular pools in the seagrass beds of the Banc d'Arguin, Mauritania, and their possible origin. *Aquatic Botany,* 84, 93-100.

van Etten, J.P.C. (2003). Banc d'Arguin, a Nursery for fish species. Rapport de Master, Université de Groningen, Pays-Bas, 174 p.

van Lent, F., Nienhuis, P.H. et Verschuure, J.M. (1991). Production and biomass of the seagrasses Zostera noltii Hornem. and Cymodocea nodosa (Ucria) Aschers. at the Banc d'Arguin (Mauritania, NW Africa): a preliminary approach. *Aquatic Botany*, 41, 353-367.

Ventura, D., Bonifazi, A., Gravina, M.F. et Ardizzone, G.D. (2017). Unmanned Aerial Systems (UASs) for Environmental Monitoring: A Review with Applications in Coastal Habitats. *Aerial Robots-Aerodynamics, Control and Applications*. InTech.

Ventura, D., Bonifazi, A., Gravina, M. F., Belluscio, A., Ardizzone, G., (2018). Mapping and Classification of Ecologically Sensitive Marine Habitats Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery and Object-Based Image Analysis (OBIA). *Remote Sensing*, 10, 1331.

Vermaat, J., Beijer, J., Gijlstra, R., Hootsmans, M., Philippart, C., Van den Brink, N. et Van Vierssen, W. (1993). Leaf dynamics and standing stocks of intertidal Zostera noltii Hornem. and Cymodocea nodosa (Ucria) Ascherson on the Banc d'Arguin (Mauritania). *Hydrobiologia,* 258, 59-72.

Vollgger, S.A.; Cruden, A.R. (2016). Mapping folds and fractures in basement and cover rocks using UAV photogrammetry, Cape Liptrap and Cape Paterson, Victoria, Australia. *Journal of Structural Geology*, 85, 168–187.

Vo-Luong, P. et Massel, S.R. (2006). Experiments on wave motion and suspended sediment concentration at Nang Hai, Can Gio mangrove forest, Southern Vietnam. *Oceanologia,* 48, 23-40.

Vo-Luong, P. et Massel, S. (2008). Energy dissipation in non-uniform mangrove forests of arbitrary depth. *Journal of Marine Systems,* 74, 603-622.

Wagne, O.H. (2016). Enquête cadre le long du littoral, Mai 2016, 12 p.

Wagne, O.W. et Sarr, O. (2018). Rapport de l'Enquête Cadre. *Service Statistiques de l'IMROP*, 16 p.

Wang, X.C., Litz, L., Chen, R.F., Huang, W., Feng, P. et Altabet, M.A. (2007). Release of dissolved organic matter during oxic and anoxic decomposition of salt marsh cordgrass. *Marine Chemistry*, 105, 309-321.

Wangai, P.W., Burkhard, B. et Müller, F. (2016). A review of studies on ecosystem services in Africa. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 5, 225-245.

Ward, L.G., Kemp, W.M. et Boynton, W.R. (1984). The influence of waves and seagrass communities on suspended particulates in an estuarine embayment. *Marine Geology,* 59, 85-103.

Ware, J.R., Smith, S.V. et Reaka-Kudla, M.L. (1992). Coral reefs: sources or sinks of atmospheric CO_2? *Coral Reefs*, 11, 127–130.

Wayne, C.J. (1976). The effects of sea and marsh grass on wave energy. *Coastal Research Notes,* 14, 6-8.

Weber, J. (2003). L'évaluation contingente : les valeurs ont-elles un prix ? http://www.ceri-sciences-po.org

Wells, S. et Ravilious, C. (2006). In the front line: shoreline protection and other ecosystem services from mangroves and coral reefs. UNEP/Earthprint.

Welsh, D.T., Bartoli, M., Nizzoli, D., Castaldelli, G., Riou, S. A. et Viaroli, P. (2000). Denitrification, nitrogen fixation, community primary productivity and inorganic N and oxygen fluxes in an intertidal Zostera noltii meadow. *Marine Ecology Progress Series*, 208, 65-77.

Wenny, D.G., DeVault, T.L., Johnson, M.D., Kelly, D., Şekercioğlu, Ç.H., Tomback, D. F. et Whelan, C.J. (2011). The Need to Quantify Ecosystem Services Provided by Birds. *The Auk,* 128, 1-14. doi: 10.1525/auk.2011.10248

Whelan, C.J., Şekercioğlu, Ç.H. et Wenny, D. G. (2016). Bird Ecosystem Services : Economic Ornithology for the 21st Century. In Ç. H. Şekercioğlu, D. G. Wenny & C. J. Whelan (Eds.), *Why Birds Matter: Avian Ecological Function and Ecosystem Services* (pp. 1-26). Chicago: University of Chicago Press.

Whelan, C.J., Wenny, D.G. et Marquis, R.J. (2008). Ecosystem Services Provided by Birds. *Annals of the New York Academy of Sciences,* 1134, 25-60. doi: doi:10.1196/annals.1439.003

White, D. et Howes, B. (1994). Long-term 15N-nitrogen retention in the vegetated sediments of a New England salt marsh. Limnology and Oceanography, 39, 1878-1892.

White, R. et Stoecklin, V. (1998). Children's outdoor play & learning environments: Returning to nature. *Early Childhood News*, 10, 24-30.

Wickham, H. (2016). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. New York : Springer-Verlag. ISBN 978-3-319-24277-4. Disponible sur : http://ggplot2.org.

Widegren, O. (1998). Environmentally friendly behaviour as collective action: Some aspects of "non-rational" motivation. *Tidsskrift for Samfunnsforskning*, 39, 231-258.

Widegren, O. (1998). The new environmental paradigm and personal norms. *Environment and Behavior*, 30, 75–100.

Wijnsma, G., Wolff, W. J., Meijboom, A., Duiven, P. et De Vlas, J. (1999). Species richness and distribution of benthic tidal flat fauna of the Banc d'Arguin, Mauritania. *Oceanologica Acta,* 22, 233-243.

Wikipedia Contributors, *Wikipedia, the Free Encyclopedia*. [en ligne]. Wikipedia the Free Encyclopedia, 2018. Disponible sur : http://www.wikipedia.org [consulté entre le 2 août et le 2 septembre 2018]

Wilson, E.O. (2017). Biophilia and the conservation ethic. In *Evolutionary perspectives on environmental problems* (pp. 263-272). Routledge.

Wolff, W. et Smit, C. (1990). The Banc d'Arguin as an environment for coastal coastal birds. *Ardea,* 78, 17-38.

Wolff, W., Duiven, A., Duiven, P., Esselink, P., Gueye, A., Meijboom, A., Moerland, G. et Zegers, J. (1993). Biomass of macrobenthic tidal flat fauna of the Banc d'Arguin, Mauritania. *Hydrobiologia,* 258, 151-163.

Wolff W.J., Van der Land J., Nienhuis P.H. et De Wilde P.A.W.J. (1993). The functioning of the ecosystem of the Banc d'Arguin, Mauritania: a review. *Hydrobiologia*, 258, 211-222.

Wolff, W.J. et Michaelis, H. (2008). Do shorebirds graze down zoobenthic biomass at the Banc d'Arguin tidal flats in Mauritania? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79, 491-495.

World Resources Institute (2005). *Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.* Washington, D.C.: Island Press. Disponible sur : http://www.millenniumassessment.org

Worms, J. et Ould Eida A.M. (2002). Savoirs traditionnels des Imraguen liés à la pêche (PNBA). *CONSDEV. Document de travail /WP1/05, Nouakchott, PNBA*, 14 p.

Yang, S.L. (1998). The role of Scirpus marsh in attenuation hydrodynamics and retention of fine sediment in the Yangtze estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 47, 227-233.

Zamora, R., Hódar, J.A., Matías, L. et Mendoza, I. (2010). Positive adjacency effects mediated by seed disperser birds in pine plantations. *Ecological Applications,* 20, 1053-1060. doi: doi:10.1890/09-0055.1

Zöckler, C. (2005). Migratory bird species as indicators for the state of the environment. *Biodiversity,* 6, 7-13. doi: 10.1080/14888386.2005.9712769

Zwarts, L., Blomert, A.-M., Ens, B. J., Hupkes, R. et Van Spanje, T.M. (1990). Why do waders reach high feeding densities on the intertidal flats of the Banc d'Arguin, Mauritania. *Ardea,* 78, 39-52.

ANNEXE 1 : ALGORITHMES DE CLASSIFICATION

Sentinel-2 : classification du milieu terrestre

```
library(raster)
library(rgdal)

setwd('D:/Aurea/Projets/PNBA/Data/Satellite/S2/Process/S2_Resample_Mosaic_Stack/Mask')
lf <- list.files(path = ".", pattern = "MaskTerre.tif$")

#e <- extent(297606.1, 410856.1, 2089374, 2200000) # Sud
e <- extent(297606.1, 410856.1, 2200000, 2300994) # Nord

# raster as matrix
B2 <- as.matrix(crop(raster(lf, band = 1), e)) ; B3 <- as.matrix(crop(raster(lf, band = 2), e)) ; B4 <- as.matrix(crop(raster(lf, band = 3), e))
B8 <- as.matrix(crop(raster(lf, band = 4), e))

# template
modele = crop(raster(lf, band = 2), e)

# classification
Classif = B2 ; Classif[Classif] <-  0

Classif[B2 > 0.05 & B3 > 0.15 & B4 > 0.30 & B8 < 0.70] <- 13 # Sable rocheux
Classif[B2 > 0.10 & B3 > 0.25 & B4 > 0.40 & B8 > 0.50] <- 12 # Sable nu
Classif[B2 > 0.20 & B3 > 0.30 & B4 > 0.40 & B8 > 0.50] <- 14 # Sol sableux à végétation plus ou moins dense


Classif[B2 == 0] <- 0 # NoData

# matrix to raster
r <- raster(Classif, template = modele)
plot(r)
rm(Classif)

# save classification
output = "D:/Aurea/Projets/PNBA/Data/Satellite/S2/Process/S2_Resample_Mosaic_Stack_Classif/DecisionTree/"
writeRaster(r, filename = paste0(output, "S2_20170227_Classif_DecisionTree_MaskLand_Nord", sep = ''), format = "GTiff", overwrite = TRUE)
 #rm(r)
gc()
```

Sentinel-2 : classification de la zone de transition

```
library(raster)
library(rgdal)


setwd('D:/Aurea/Projets/PNBA/Data/Satellite/S2/Process/S2_Resample_Mosaic_Mask')
lf <- list.files(path = ".", pattern = "MaskMangrove.tif$")

# on divise l'image en deux pour réduire la puissance demandée à la mémoire vive (RAM)
#e <- extent(297606.1, 410856.1, 2089374, 2200000) # Sud
e <- extent(297606.1, 410856.1, 2200000, 2300994) # Nord

# raster bands as matrix
B2 <- as.matrix(crop(raster(lf[4]), e)) ; B3 <- as.matrix(crop(raster(lf[5]), e)) ; B4 <- as.matrix(crop(raster(lf[6]), e))
B8 <- as.matrix(crop(raster(lf[10]), e)) ; ndvi <- as.matrix(crop(raster(lf[15]), e)) ; NDWI2 <- as.matrix(crop(raster(lf[16]), e))

# template
modele = crop(raster(lf[4]), e)

#classification
Classif = B2 ; Classif[Classif] <-  0

Classif[B4 < 0.25 & B3 < 0.20 & B8 > 0.20 & ndvi >= 0.15] <- 11.5  # Végétation grasse peu dense (Marais salés)
Classif[B4 < 0.15 & B3 < 0.20 & B8 > 0.10 & ndvi >= 0.15] <- 11  # Végétation grasse dense (Marais salés)
Classif[B3 <= 0.09 & B4 < 0.10 & B8 < 0.12] <- 2  # Herbiers zostères
Classif[B2 < 0.10 & B4 < 0.15 & B8 > 0.10 & ndvi > 0.30] <- 9.5  # Mangrove peu dense
Classif[B2 < 0.07 & B4 < 0.11 & B8 > 0.22 & ndvi > 0.30] <- 10  # Mangrove moyennement dense
Classif[B2 < 0.07 & B4 < 0.08 & B8 > 0.22 & ndvi > 0.30] <- 10.5  # Mangrove dense
Classif[B4 > 0.10 & B8 > 0.10 & ndvi <= 0.15] <- 7  # Sebkha
Classif[B4 > 0.20 & B8 > 0.25 & ndvi <= 0.15 & NDWI2 > -0.27] <- 6  # Sables
Classif[B3 > 0.09 & B2 < 0.15 & B8 < 0.25 & NDWI2 > -0.15] <- 8 # Chenal
Classif[(B4 < 0.24 & B4 > 0.10) & B8 < 0.30 & ndvi < 0.15 & (NDWI2 < -0.15 & NDWI2 > -0.25)] <- 5  # Vasière
Classif[B2 == 0] <- 0 # NoData

r <- raster(Classif, template = modele)
rm(Classif)
#plot(Classif)

output = "D:/Aurea/Projets/PNBA/Data/Satellite/S2/Process/S2_Resample_Mosaic_Stack_Classif"
writeRaster(r, filename = paste0(output, "S2_20170227_Classif_DecisionTree_MaskMangrove_Nord", sep = ''), format = "GTiff", overwrite = TRUE)
rm(r)
gc()
```

Sentinel-2 : classification du milieu marin

```
library(raster)
library(rgdal)

# vider la session
rm(list = ls())

# définit l'emplacement de travail = là où sont les fichiers
setwd('D:/Aurea/Projets/PNBA/Data/Satellite/S2/Process/S2_Resample_Mosaic_Mask')
# liste tous les fichiers .tif ayant "MaskEau" dans leur nom
lf <- list.files(path = ".", pattern = "MaskEau.*tif$")

e <- extent(297606.1, 410856.1, 2089374, 2200000) # Sud
#e <- extent(297606.1, 410856.1, 2200000, 2300994) # Nord

# lire les raster comme des matrices afin de réduire les temps de calcul
B2 <- as.matrix(crop(raster(lf[4]),e)) ; B3 <- as.matrix(crop(raster(lf[5]),e)) ; B4 <- as.matrix(crop(raster(lf[6]),e)) ; B8 <- as.matrix(crop(raster(lf[10]),e))s
gc()

# raster que nous allons utiliser comme modele lors de la transformation de la matrice en image
modele = crop(raster(lf[4]), e)

Classif = B2 ; Classif[Classif] = 0

Classif[B2 < 0.05 & B3 < 0.1 & B4 >= 0.0001] <- 2  # Herbiers Zosteress faible
Classif[B2 < 0.05 & B3 < 0.1 & B4 >= 0.0001] <- 1  # Herbiers Cymodocée moyennement dense
Classif[B2 > 0.03 & B3 > 0.08 & B4 > 0.001] <- 5  # Vasière
Classif[B2 > 0.03 & (B3 < 0.125 & B3 > 0.03) & B4 > 0.030] <- 5 # Vasière
Classif[(B2 < 0.045 & B2 > 0.035) & (B3 < 0.075 & B3 > 0.045) & B4 > 0.0015] <- 5 # Vasière
Classif[B2 < 0.05 & B3 > 0.030 & B4 < 0.023] <- 6  # Sable au fond de l'océan/sous l'eau
Classif[B2 < 0.035 & B3 < 0.045  & B4 <= 0.015] <- 1.5  # Herbiers Cymodocée faible
Classif[B2 < 0.02 & B3 < 0.025 & B4 <= 0.020] <- 1  # Herbiers Cymodocée moyen
Classif[B2 < 0.015 & B3 < 0.020 & B4 <= 0.020] <- 0.5  # Herbiers Cymodocée dense
Classif[B2 < 0.04 & (B3 < 0.090 & B3 > 0.035) & B4 >= 0.01] <- 2  # Herbiers Zosteres faible
Classif[B2 < 0.03 & (B3 < 0.055 & B3 > 0.035) & B4 >= 0.01] <- 3  # Herbiers Zosteres moyen
Classif[B2 < 0.02 & (B3 < 0.045 & B3 > 0.025) & B4 >= 0.009] <- 4  # Herbiers Zosteres dense
Classif[B2 < 0.03 & B3 > 0.055 & B4 >= 0.0001] <- 9  # Algue
Classif[B2 > 0.03 & B3 > 0.09 & B4 > 0.001] <- 6  # Sable découvert
Classif[B2 == 0] <- 0 # NoData
gc()

# si on veut afficher la classification
#plot(Classif)

# transforme la matrice en image matricielle
r <- raster(Classif, template = modele)

# chemin où on va sauvegarder le raster
output = "D:/Aurea/Projets/PNBA/Data/Satellite/S2/Process/S2_Resample_Mosaic_Stack_Classif/"
# fonction pour sauvegarder le raster
writeRaster(r, filename = paste0(output, "Test_Sud", sep = ''), format = "GTiff", overwrite = TRUE)
```

Classification SPOT-6

```
library(raster)
library(rgdal)
#setwd('D:/Aurea/Projets/PNBA/Data/Satellite/SPOT-6_7/Process/Thibault_Mauritanie_Fusion_Ortho_2/PROD_SPOT6_001/VOL_SPOT6_001_A/IMG_SPOT6_PMS_001_A')
setwd('D:/Aurea/Projets/PNBA/Data/Satellite/SPOT-6_7/Process/Thibault_Mauritanie_Fusion_Ortho_1/PROD_SPOT6_001/VOL_SPOT6_001_A/IMG_SPOT6_PMS_001_A')
lf <- list.files(path = ".", pattern = "R7C3.*TIF$")
#lf <- list.files(path = ".", pattern = "R5C1.*TIF$")

for (i in 1:length(lf)){
print(names(raster(lf[i])))

# lecture des données
B2 <- as.matrix(raster(lf[i], band = 3)) ; B3 <- as.matrix(raster(lf[i], band = 2)) ; B4 = as.matrix(raster(lf[i], band = 1)) ; B8 = as.matrix(raster(lf[i], band = 4))
gc()

# raster qu'on va utiliser comme modèle pour transformer les matrices en images matricielles (raster)
modele = raster(lf[i], band = 1)

# calcul des indices
NDWI = (B3-B8)/(B3+B8) # Normalized Difference Water Index
NDVI = (B8-B4)/(B8+B4) # Normalized Difference Vegetation Index
#NDTI = (B4-B3)/(B4+B3) # Normalized Difference Turbidity Index
gc()

# classification
Classif = B2 ; Classif[Classif >= 0] <- 0
gc()

Classif[NDWI > 0] <- 0.5
Classif[NDWI <= 0] <- 0.5

Classif[B4 >= 200 & B3 >= 375 & B2 > 350 & B8 > 200] <- 4 # H. Zostères denses
Classif[B4 >= 415 & B3 >= 475 & B2 > 400 & B8 > 300] <- 3 # H. Zostères moyennement denses
Classif[B4 > 470 & B3 > 500 & B2 > 450 & B8 > 600 & NDVI > 0] <- 2 # H. Zostères peu denses
Classif[B4 >= 375 & B3 >= 475 & B2 > 400 & B8 > 200 & NDWI > 0.15] <- 3 # H. Zostères moyennement denses sous l'eau

Classif[B4 > 350 & B3 >= 500 & B2 > 475 & B8 > 200 & NDWI > 0.045] <- 5 # Vasiere

Classif[(B4 < 400 & B4 > 225) & (B3 < 425 & B3 > 325) & (B2 < 450 & B2 > 300) & (B8 < 550 & B8 > 125) & (NDWI < 0.3 & NDWI > 0.1)] <- 0.5 # H. Cymodocées denses (dans les trous au milieu des Zosteres)
Classif[(B4 < 350 & B4 > 235) & B3 < 500 & (B2 < 500 & B2 > 410) & B8 <= 500 & (NDWI < 0.55 & NDWI > 0.1)] <- 3 # H. Zostères moyennement denses sous l'eau
Classif[(B4 < 375 & B4 > 270) & (B3 < 450 & B3 > 400) & (B2 < 475 & B2 > 400) & (B8 < 400 & B8 > 250) & (NDWI < 0.55 & NDWI > 0.2)] <- 0.5 # H. Cymodocées denses
#Classif[B4 < 350 & B3 < 425 & B2 < 450 & B8 < 250 & (NDWI < 0.55 & NDWI > 0.1)] <- 0.5 # Herbiers à Cymodocées (Uniquement pour la partie EST de l'image)
Classif[B4 > 200 & B3 >= 355 & B2 > 385 & B8 > 100 & NDWI > 0.52] <- 1 # H. à Cymodocées peu denses

Classif[B4 > 200 & B3 >= 355 & B2 > 385 & B8 > 100 & NDWI > 0.57] <- 6 # Sable marin immergé
Classif[B4 >= 230 & B3 > 385 & B2 > 400 & B8 > 100 & NDWI > 0.555] <- 6 # Sable marin immergé
Classif[B4 > 350 & B3 >= 570 & B2 > 475 & B8 > 170 & NDWI > 0.35] <- 6 # Sable marin immergé
Classif[B4 > 750 & B3 >= 700 & B2 > 600 & B8 > 800] <- 6 # Sable marin émergé

Classif[B4 > 600 & B3 >= 500 & B2 > 400 & B8 > 700] <- 7 # Sebkha
Classif[B4 > 600 & B3 >= 600 & B2 > 500 & B8 > 800 & NDVI >= 0.1] <- 11 # Marais salés
Classif[(B4 < 770 & B4 > 600) & B3 >= 585 & B2 > 500 & B8 < 950 & NDVI < 0.2] <- 5 # Vasière  & NDVI < 0.25

Classif[B4 > 875  & B3 >= 800 & B2 > 500 & B8 > 1100] <- 13 # Sable rocheux
Classif[B4 > 1200 & B3 >= 900 & (B2 < 750 & B2 > 500) & B8 > 1400] <- 12 # Sable nu

# pour éliminer la bande noire sur le côté
Classif[B2 == 0] <- NA
gc()

r = raster(Classif, template = modele)
rm(Classif)
output = "D:/Aurea/Projets/PNBA/Data/Satellite/SPOT-6_7/Process/Classification/"
writeRaster(r, filename = paste0(output, names(modele), "_Classif_3", sep =""), format = "GTiff", overwrite = T)
gc()

}
```

ANNEXE 2 : AUTORISATION SPECIALE D'UTILISATION D'UN DRONE

République Islamique de la Mauritanie
Honneur – Fraternité – Justice

Premier Ministère

Ministère Secrétariat Général du Gouvernement

Parc National du Banc d'Arguin

N° 80 /PM /MSGG/ PNBA

بسم الله الرحمن الرحيم

الجمهورية الإسلامية الموريتانية
شرف – إخاء – عدل

الوزارة الأولى

الوزارة الأمانة العامة للحكومة

الحظيرة الوطنية لحوض آرغين

Chami, le 20 AVR 2018 الشامي, في

Le Directeur المديـــر

Autorisation spéciale d'utilisation d'un drone

Vu l'autorisation accordée par le Ministère de la Défense N°0418/MDN/SG en date du 19/04/2018 , le Directeur du Parc National du Banc d'Arguin (PNBA), Maitre Aly Ould Mohamed Salem, autorise le consortium composé de l'université de Porthmouth (Angleterre), Université de Montpellier (France), Nova Blue Environment (Martinique), IRD-UMR Espace Dev./Maison de la télédétection (France) et l'Institut Mauritanien des Recherches Océanographiques et des Pêches (IMROP) qui réalise, sur financement du Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM), une étude scientifique portant sur l'évaluation économique des services rendus par les écosystèmes du PNBA à utiliser du 20 au 27 avril 2018 le drone (semi-professionnel Inspire-2 DJI équipé d'une caméra haute résolution Zenmuse-X5S avec ses équipements – batteries, chargeurs, pièces de rechange – pilote : Mr Vincent Fayad) pour la prise d'images des herbiers du Banc d'Arguin.

Les chefs de département opérationnels Centre et Sud sont priées de leur accorder les facilités requises pour mener à bien le travail de terrain prévu dans cette étude.

Le Directeur
Maitre Aly Ould Mohamed Salem

Le Directeur
Parc National du Banc d'Arguin

PNBA BP : 5355 – Nouakchott – République Islamique de la Mauritanie – Tél : (+222) 4525 85 41 – Fax 4528 85 42 www.pnba.mr

ANNEXE 3 : LISTE DES ESPECES DE POISSONS JUVENILES

Prix de vente au kg et valeur monétaire maximale par individu adulte (MRU correspond à la nouvelle monnaie : 1 MRU = 10 MRO)

Espèces	Prix vente MRU/kg	LT max (cm)	a	b	Wmax(g)	Prix de vente max par individu (MRU/ind)
Arius latisculatus	9,6	85	0,00955	3,02	6409,86	61,5
Arius heudeloti	16,0	83	0,00912	2,96	4369,84	69,9
Atherina sp.	ND	20	0,0055	3,07	54,27	ND
Bathysolea polli	15,0	25	0,01122	3,07	219,62	3,3
Boops boops	ND	40	0,01047	3	670,08	ND
Chaetodipterus goreensis	10,0	30	0,02455	2,96	578,54	5,8
Cynoglossus sp. senegalensis*	43,3	66,5	0,00389	3,09	1669,05	72,3
Dactylopterus volitans	10,0	50	0,01023	2,98	1182,51	11,8
Dagetichthys lusitanicus	20,0	40	0,01122	3,07	929,64	18,6
Dicentrarchus punctatus	10,4	70	0,00646	3,08	3112,68	32,4
Diplodus bellottii	7,0	30	0,01413	3,05	452,23	3,2
Diplodus sargus	10,0	45	0,01202	3,04	1275,47	12,8
Ephippion guttifer	9,0	80	0,0164	3	8396,80	75,6
Epinephelus sp. aeneus*	60,9	120	0,01148	3,04	24024,42	1463,1
Ethmalosa fimbriata	7,8	45	0,00977	3,04	1036,72	8,1
Galeoides decadactylus	10,0	50	0,00832	3,1	1537,91	15,4
Loligo vulgaris	10,0	42	-	-	1500,00	15,0
Mugil cephalus	15,9	100	0,01202	2,97	10468,98	166,5
Neochelon falcipinnis	10,0	41	0,01072	2,96	636,85	6,4
Pegusa triophtalma	9,0	30	0,01122	3,07	384,37	3,5
Pomadasys incisus	10,0	50	0,0123	2,9	1039,72	10,4
Psettodes belcheri	15,1	80	0,01995	3,01	10671,95	161,1
Pseudotolithus sp.	30,0	230	0,00993	3	120818,31	3624,5
Rhinoptera marginata	9,7	200	0,01	2,13	817,90	7,9
Sardinella aurita	24,4	30	0,00759	3,02	219,36	5,4
Sarotherodon melanotheron	10,0	28	0,01413	3,03	342,79	3,4
Sciaena umbra	10,3	70	0,00871	3,08	4196,82	43,2
Scorpaena angolensis	5,0	25	0,01318	3,01	212,67	1,1
Sepia officinalis	40,0	49	0,1833	2,82	10744,98	429,8
Sepia sp.	25,0	49	0,1833	2,82	10744,98	268,6
Serranus scriba	6,0	36	0,00977	3,05	545,28	3,3
Solea senegalensis	44,2	60	0,00851	3,04	2165,26	95,7
Solea solea	50,0	70	0,00776	3,06	3434,49	171,7
Sparus sp. aurata*	31,3	70	0,01259	3,02	4701,34	147,2
Spondyliosoma cantharus	12,5	60	0,01259	3,03	3074,85	38,4
Stephanolepis hispidus	5,0	27,5	0,0182	2,89	262,87	1,3
Syacium micrurum	5,0	40	0,00813	3,1	752,45	3,8
Zanobatus schoenleinii	9,7	200	0,01	2,13	817,90	7,9

ANNEXE 4 : SYNTHESE ANOVA A PLUSIEURS FACTEUR DES ENGINS (FILET MULET, FILET COURBINE ET FILET TOLLO)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
an	3	1.633	0.5444	2.213	0.110555	
Zone	2	6.215	3.1075	12.631	0.000147	***
prof	9	11.091	1.2324	5.009	0.000584	***
sa	2	0.372	0.1861	0.757	0.479335	
T	2	0.655	0.3274	1.331	0.28172	
ox	2	0.949	0.4744	1.928	0.165656	
ph	1	2.896	2.8959	11.771	0.002021	**
engin	1	0.845	0.8446	3.433	0.075292	.
an:Zone	6	0.331	0.0551	0.224	0.965379	
an:prof	24	13.756	0.5732	2.33	0.018827	*
Zone:prof	5	2.421	0.4841	1.968	0.117193	
an:sa	4	1.35	0.3375	1.372	0.270906	
Zone:sa	1	0.583	0.5834	2.371	0.135679	
prof:sa	1	0.294	0.2943	1.196	0.284121	
an:T	6	0.951	0.1585	0.644	0.693962	
Zone:T	1	0.525	0.5247	2.133	0.156181	
an:ox	6	1.235	0.2059	0.837	0.552815	
T:ox	1	2.828	2.8275	11.493	0.00224	**
an:ph	3	0.971	0.3236	1.315	0.290695	
an:engin	3	0.442	0.1473	0.599	0.621577	
Zone:engin	2	0.222	0.1109	0.451	0.641909	
prof:engin	5	1.444	0.2887	1.174	0.348779	
sa:engin	2	0.546	0.2729	1.109	0.344867	
T:engin	1	0.31	0.31	1.26	0.271907	
ox:engin	1	0.071	0.0713	0.29	0.594951	
ph:engin	1	0.856	0.8559	3.479	0.073484	.
an:Zone:prof	9	2.778	0.3087	1.255	0.306845	
an:Zone:sa	1	0.03	0.0299	0.122	0.730055	
an:prof:sa	2	0.493	0.2463	1.001	0.381181	
an:Zone:T	3	0.175	0.0584	0.237	0.869421	
an:T:ox	1	0.412	0.4124	1.676	0.20678	
an:Zone:eng	5	3.324	0.6647	2.702	0.04279	*
an:prof:engi	8	1.438	0.1797	0.73	0.663831	
an:sa:engin	3	1.338	0.446	1.813	0.16957	
an:ph:engin	3	0.601	0.2003	0.814	0.497791	
Residuals	26	6.397	0.246			

ANNEXE 5 : QUESTIONNAIRE DESTINE A LA POPULATION DE NOUAKCHOTT ET DE TIDJIKJA

Nom de l'enquêteur …….

Code : ECSEPNBA0…….

Lieu /Nom de la ville : ……. Nom du quartier :……..

Date : ……/……/……

Heure Début ….. H/……mn **Fin**……H/……..mn

Introduction *(à faire oralement par l'enquêteur)*

Ce questionnaire a pour objectif de connaitre l'intérêt que vous accordez à la protection de l'environnement et votre disposition à participer au financement de la conservation du Parc National du Banc d'Arguin. Merci de nous accorder un peu de votre temps et répondre à toutes les questions avec franchise, il n'y a pas des bonnes ou des mauvaises réponses. Sachez que vos réponses seront complètement anonymes et confidentielles.

Première partie : informations générales relatives à l'évaluation des connaissances de l'enquêté sur l'environnement et son lien avec le PNBA

Q1. Connaissez-vous le Parc National du Banc d'Arguin (PNBA) ?

- Oui
- Non
  Si NON passez directement à la question Q7

Q2. Avez-vous déjà visité le PNBA ?

- Oui
- Non
  Si NON passez à la question Q6

Q3. Combien de fois êtes-vous rendus au PNBA sur les cinq dernières années ?

- J'y vais régulièrement au moins une fois par an
- Je suis allé au moins trois fois
- Je suis allé une seule fois

Q4. Combien de temps au total avez-vous passé au PNBA au cours de 3 dernières années ?

- 1-2 jours
- Une semaine
- 2-3 semaines
- Un mois
- Plus d'un mois

Q5. Quel est le plus souvent le motif de votre visite du PNBA ?

- Dans le cadre professionnel (missions officielles)
- Dans le cadre familial (voir un proche, participer à un événement familial, etc.)
- Pour la promenade et la baignade
- Pour observer la faune et découvrir les plages
- Pour passer des vacances dans sa partie continentale
- Pour acheter du lait de chamelle
- Pour pratiquer des cures de médecine traditionnelle à base de poisson séché (Guetna)
- Autre à préciser……

Q6. Comment avez-vous connu le PNBA ?

- A travers un ami ou un proche
- A la télévision, à la radio, dans un journal
- Par Internet
- Autre à préciser : ……

Q7. Comptez- vous visitez le PNBA prochainement ?

- Oui
- Non

Q8. A partir de la liste des services ci-après quels sont ceux qui, selon vous symbolisent le plus le PNBA ? *(L'enquêteur présente la liste des services identifiés et demande à l'enquêté de sélectionner ceux qui sont selon lui (elle) symbolisent le plus le PNBA puis les hiérarchiser selon leur importance sur une échelle de 0 à 10.*

Services	***Score/10***
Pêche (poisson)	
Elevage (viandes et lait)	
Bois (ramassage du bois)	
Nidification pour les oiseaux	
Reproduction pour le poisson	
Protection contre l'érosion du sol (Mangroves)	
Régulation de l'air : captage des particules de la poussière	
Refuge pour les espèces menacées (Tortues, dauphins, Gazelles…)	
Séquestration du carbone (herbiers et mangrove)	
Dépollution des eaux (fonction d'épuration)	
Tourisme	
Paysage	
Education et recherche	
Imraguen (identité locale)	
Médecine traditionnelle à base de mulet jaune : (savoirs traditionnels)	
Patrimoine (Amas coquiller, Ile de Tidra)	

Q9. Personnellement, à quel point vous sentez-vous concernés par la protection de la nature ?

- Très concerné
- Assez concerné
- Pas tellement concerné
- Pas du tout concerné

Q10. Si vous êtes appelés à exprimer votre intérêt à la conservation de l'environnement sur une échelle de 1 à 10 mettez-vous quel chiffre ? /...../

Q11. Avez-vous suivi la COP21 dont la réunion s'est déroulée en France Novembre-décembre 2015 ?

- Oui
- Non

Q12. Est-ce que vous êtes au courant des risques liés à la dégradation des écosystèmes du PNBA ?

- Oui
- Non

Q13. Participez-vous ou avez-vous participé aux activités associatives ou solidaires (dons humanitaires, bénévolat, etc.) ?

- Oui
- Non

Deuxième partie : Programme hypothétique de financement de la conservation du PNBA :

mesure du consentement à payer

Présentation orale du PNBA et du scénario

Créé en 1976, le PNBA est la plus ancienne et plus grande aire marine protégée en Afrique de l'Ouest. Sa superficie de 12 000 km² est répartie équitablement entre le continent et l'océan. Classé site Ramsar en 1982 puis patrimoine de l'Humanité en 1989 et Don à la terre en 2001, le PNBA est le lieu de vie des Imraguens (environ 1300 personnes) répartis sur 8 villages, qui pratiquent une pêche traditionnelle de mulet jaune (Ezole) depuis plusieurs siècles. Le Parc National du Banc d'Arguin joue un rôle capital pour le maintien de la biodiversité, Il contribue ainsi significativement au renouvellement des ressources halieutiques à l'échelle de la ZEE Mauritanienne et plus largement à une échelle sous-régionale. Il est également, l'habitat le plus important de l'Atlantique oriental pour les oiseaux nicheurs de l'Afrique de l'Ouest et les échassiers migrateurs. Le PNBA abrite aussi quelques espèces menacées d'extinction comme la tortue verte, les requins, des gazelles dorcas et des dauphins. En fin, le PNBA abrite en son sein l'île de TIDRA considérée comme le berceau de l'Etat Almoravides.

Malgré son importance écologique et culturelle, le PNBA est soumis actuellement à plusieurs enjeux qui risqueraient de compromettre la politique de sa conservation initiée depuis plus de 40 ans. Il s'agit des risques suivants :

- Intensification de l'activité de pêche à ses alentours,
- Risque de pollution liée à l'exploitation pétrolière et minière (industrielle et artisanale)
- Intensification des transports maritime et terrestre
- Extension urbaine du fait du développement de la nouvelle ville de Chami

Selon une étude réalisée en 2014 par des chercheurs halieutes de l'IMROP et de l'Agro campus de Rennes (Guenette, Meissa and Gascual, 2014) la dégradation de l'état des écosystèmes du PNBA aura un impact important sur l'économie mauritanienne et particulièrement le secteur des pêches qui risquerait de perdre 18% de ses captures totales et 50% des captures de la pêche artisanale et côtière, qui constitue le premier secteur d'emploi en Mauritanie.

(L'enquêteur montre les images qu'illustrent l'importance du PNBA et les enjeux auxquels il est confronté)

Les risques que nous avons évoqués nécessitent de maintenir voire de renforcer les activités de surveillance qui sont primordiales mais très couteuses. Or, compte tenu de la diminution progressive des appuis internationaux, qui constituent une source importante de financement du PNBA dont le budget propre est relativement faible, il est envisagé de créer un fonds national de conservation du parc, qui serait financé à travers l'instauration d'une taxe annuelle payée par les contribuables mauritaniens et avec un comité de contrôle de l'utilisation des fonds.

Q14. Seriez-vous prêts de payer pour la conservation du PNBA ?

- o Oui
- o Non
  Si la réponse est NON passer à la question Q17

Q15. Pourquoi vous acceptez de payer pour la conservation du PNBA ?

- o Pour pouvoir continuer de disposer d'un lieu de promenade pour moi et ma famille
- o Pour assurer la pérennité de l'activité de pêche de Mauritanie
- o Parce que c'est un devoir de conserver un écosystème aussi riche pour les générations futures
- o Parce que c'est un lieu emblématique pour la Mauritanie
- o Parce que c'est la condition de maintien des imraguen
- o Parce que c'est un atout pour développer le tourisme en Mauritanie
- o Autre à préciser…….

Q16. Quel est le montant maximal que vous accepteriez de payer annuellement ?

L'enquêteur propose le montant de 1000 MRO (Enchère N° 5) comme valeur de départ et demande à l'enquêtée s'il est prêt à payer ce montant si oui il propose un montant plus élevé ainsi de suite jusqu'à que l'enquêté refuse le montant proposé. Si l'enquêté refuse le montant de départ il lui propose un montant inférieur (Enchère N° 4) ainsi de suite jusqu'à l'enchère N°1 (comme illustré dans le tableau ci-dessous)

L'enquêteur doit cocher ou encadrer le montant de la dernière enchère acceptée par l'enquêté

N° Enchère	Montant proposé
1	70 MRO
2	100 MRO
3	200 MRO
4	500 MRO
5	**1000 MRO**
6	2000 MRO
7	3000 MRO
8	4000 MRO
9	5000 MRO
10	6000 MRO
11	7000 MRO
12	8000 MRO
13	9000 MRO
14	10000 MRO
..	
..	
N	Montant Maximal Consenti

Q17. Pourquoi vous refusez de payer pour la conservation du PNBA ?

- Ce n'est pas à moi de payer, c'est plutôt à l'Etat de le faire
- Je suis contre le fait de protéger le PNBA <u>pour les raisons suivantes</u> :
  ……
  ……
- Je veux bien mais mon revenu ne me le permet pas
- Je ne suis pas sûr que le montant sera utilisé pour financer la conservation du PNBA
- Autres à préciser : ……

Troisième Partie : Informations générales relatives à la personne enquêtée.

Q18. Vous êtes :

- Un homme
- Une femme

Q19. Quel est votre âge ?

- Moins de 18 ans
- Entre 18 et 30 ans
- Entre 30 et 40 ans
- Entre 40 et 50 ans
- Entre 50 et 60 ans
- Entre 60 et 70 ans
- Plus de 70 ans

Q20. Quelle est votre situation matrimoniale ?

- Seul (e) sans enfants
- Seul (e) avec enfants
- En couple avec enfants
- En couple sans enfants

Q21. Êtes-vous/votre mari (si l'enquêté est une femme) **polygame ?**

Vous-même (homme)

- Oui
- Non

Votre mari (pour les femmes)

- Oui
- Non

Q22. Combien des personnes dépendent de vous régulièrement ?

N.B à 100% veut dire que les personnes n'ont aucune source de revenu autre que la personne enquêtée (par exemple femme et enfants qui ne travaillent pas, sœurs, frères, cousins, cousines logés et nourris par la personne). 50% veut dire qu'ils ont une source de revenu mais dépendent partiellement de la personne enquêtée

- A 100% /……../
- A 50% /…….

Q23. Quel est votre niveau d'éducation ?

- Primaire
- Collège (Brevet)
- Lycée (Bac)
- Universitaire
- Formation professionnelle
- Ecole Coranique
- Néant

Q24. Indiquer le domaine de votre occupation professionnelle principale

- o Employé dans l'administration
- o Employé dans le privé
- o Commerçant
- o Pêcheur, mareyeur, transformateur de poisson ou autres métiers liés à la mer
- o Chercheur (Institutions de recherches fondamentales ou appliquées)
- o Employé dans les organisations internationales d'aide au développement
- o Retraité
- o Sans occupation (chômeur)
- o Au foyer
- o Autre à préciser…….

Q25. Quel est votre principal domaine d'intérêt ?

- o Pêche
- o Environnement
- o Tourisme
- o Autre à préciser : …….

Q26. Pratiquez-vous une activité secondaire ?

- o Oui
- o Non

  Si Oui indiquer le domaine de votre activité secondaire : …….

Q27. Êtes-vous originaire de la zone (lieu de l'enquête) ?

- o Oui
- o Non

  Si Non indiquez votre région d'origine ……..

Q28. Dans quelle catégorie situez-vous le revenu mensuel de votre ménage pour l'année 2015 ? (revenu total du ménage : sommes des salaires de tous les membres, recettes des activités informelles, dons des proches, etc.)

- o Moins de 30.000 MRO
- o Entre 30.000 et 100.000 MRO
- o Entre 101.000 et 200.000 MRO
- o Entre 201.000 et 500.000 MRO
- o Plus de 500.000 MRO

Merci beaucoup de votre participation

ANNEXE 6 : GUIDE D'ENTRETIEN POUR ESTIMER LA VALEUR PATRIMONIALE DES PRINCIPALES PECHERIES DES IMRAGUEN DU PNBA

Institut Mauritanien de Recherches Océanographiques et des Pêches

---

Laboratoire des Études Sociales et Économiques (LESE)

Guide d'entretien pour estimer la valeur des principales pêcheries des Imraguen du Parc National du Banc d'Arguin (PNBA)

Date de l'enquête :...../ /2018.

Localité :_____

Nom et Prénom de l'enquêtée :_____

Nationalité :_____

Age :_____Lieu de naissance : _____

Sexe : M ☐ F☐

Situation matrimoniale : 1. Marié(e) ; 2. Célibataire ; 3. Divorcé (e) ; 4. Veuf (ve)

Niveau de formation : 1. Primaire/ 2 Secondaire : 3. Supérieur ;

4. Coranique

5. Autres à préciser ?

I. Identification du Lieu de Pêche

Village : _____

1.1 Site de pêche : _____

II. Présentation et explication du contexte de l'étude (Durée (5-15 mn):

Remarques constatées :

III. Quelle relation avez-vous avec votre territoire :

- juste pour pêcher ?
- Non expliquez ?

1- Est-ce que vous vous souciez de son avenir ?

2- Quel est l'avenir de la pêche dans le PNBA ?

3- Est-ce que vous être prêts à abandonner votre activité ?

4- Présentation et explication du contexte de l'étude :

IV. Recensement des connaissances écologique
Quels sont les différents types de connaissances dont vous faites recours lors de vos activités de pêche :

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____

V. Information sur les principaux Pêcherie (métiers) du PNBA ?

Pêcherie (métiers) que vous excercez dans le PNBA ? pêche	Description	Quelle est la somme d'argent que vous accepteriez de recevoir pour abandon ce métier ?

VI. Recueil d'information sur les lanches :

Vous êtes ? Capitaines _1 Propriétaire de lanches_2

1) Si oui combien de lanches disposez-vous ?

2) Quels sont espèces que vous ciblez ?

3) Quels sont les problèmes que vous rencontrez dans l'exercice de votre activité ?

4) Que pensez-vous de l'avenir de la pêche Imraguen ?

5) Est-ce vous êtes prêts à vous reconvertir vers une autre activité moyennant une indemnité ?

6) Combien vous souhaitez recevoir ?

VII. Information ménage dans le PNBA :

1. Indentification du chef de Ménage :

2. Homme Femme

3. Combien de personnes votre famille est constituée ?

4. Que pensez-vous de la vie dans le Parc ?

5. Quelles sont difficultés que vous rencontrez ?

6. Est-ce vous êtes prêts à quitter le PNBA pour aller dans une autre localité moyennant une indemnité ?

7. Quelle localité allez-vous ?

8. Combien d'argent vous souhaitez recevoir comme indemnité ?

VIII. Comment pouvez-vous nous présenter la culture Imraguen ?

1. Comment elle se manifeste ?

2. Avez-vous une association culturelle ?

3. Est-ce que vous organisez des manifestions culturelles ?

Autres informations utiles :

ANNEXE 7 : DONNEES COLLECTEES SUR LES OISEAUX DU PNBA

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Acrocephalus arundinaceus	Rousserolle turdoïde ou Rossignol des rivières	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Insectivores	Insectes et autres invertébrés
Acrocephalus paludicola	Phragmite aquatique	Passage	Vulnérable (VU)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition	Insectivores	Insectes et autres invertébrés
Acrocephalus schoenobaenus	Phragmite des joncs	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce	NA	NA	NA	Insectivores	Insectes et autres invertébrés
Acrocephalus scirpaceus	Rousserolle effarvatte	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce	NA	NA	NA	Insectivores	Insectes et autres invertébrés
Actitis hypoleucos	Chevalier guignette	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral sableux Marais salés Mangroves	adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes et autres invertébrés, Crustacés
Alaemon alaudipes	Sirli du désert	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	Déserts chauds	majeur	NA	Insectivores	Insectes
Alaudala rufescens	Alouette pispolette	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Marin	Marais salés	adéquat	NA	Insectivores Frugivores	Insectes et graines, saisonnier
Ammomanes cinctura	Ammomane élégante	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	Déserts chauds	majeur	NA	Insectivores	Insectes
Ammomanes deserti	Ammomane du désert	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre	Zones rocheuses Déserts chauds	majeur majeur	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Insectivores Frugivores	Insectes et graines, saisonnier
Anthus cervinus	Pipit à gorge rousse	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral vaseux	adéquat	Chasse sportive/collection de spécimens	Insectivores	Insectes et autres invertébrés
Anthus pratensis	Pipit des prés	Hivernant	Quasi Menacée (NT)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral sableux Littoral rocheux Dunes sableuses côtières Marais salés Flaques intertidales	adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes et parfois des graines, saisonnier

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Anthus trivialis	Pipit des arbres	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	NA	NA	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes et autres invertébrés
Apus affinis	Martinet des maisons	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre	Mangoves	adéquat	NA	Insectivores	Invertébrés
Apus pallidus	Matinet pâle	Reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Marin	Zones rocheuses Zones urbaines Falaises et îles rocheuses	majeur adéquat majeur	NA	Insectivores	Insectes et autres invertébrés
Aquila fasciata	Aigle de Bonelli	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce	Zones rocheuses	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition	Rapaces	Oiseaux, mammifères, reptiles, insectes, parfois des charognes
Ardea cinerea	Héron cendré	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral vaseux Marais salés Mangroves	adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme) Artisanat, bijoux, décoration et autres curiosités	Piscivores	Poissons, anguilles et autres organismes aquatiques
Ardea purpurea	Héron pourpré	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral vaseux Mangroves	adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons principalement, salamandres, grenouilles, insectes, etc.
Ardenna gravis	Puffin majeur	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Marin	Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	adéquat adéquat adéquat adéquat majeur majeur	Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons et autres organismes aquatiques
Ardenna grisea	Puffin fuligineux	Non reproducteur	Quasi Menacée (NT)	Décroissante	Terrestre + Marin	Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	majeur majeur majeur majeur majeur majeur	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme) Combustible	Piscivores	Poissons et autres organismes aquatiques

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Arenaria interpres	Tournepierre à collier	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral sableux Littoral rocheux Littoral vaseux Marais salés Flaques intertidales	adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, organismes aquatiques, saisonnier
Aythya nyroca	Fuligule nyroca	Hivernant	Quasi Menacée (NT)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Frugivores	Omnivore, graines, racines, insectes, etc.
Bubo ascalaphus	Grand-duc ascalaphe	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce	Zones rocheuses Zones urbaines Déserts chauds	adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition	Rapaces	Oiseaux, mammifères, reptiles, insectes
Bucanetes githagineus	Bouvreuil à ailes roses	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre	Déserts chauds	majeur	Chasse sportive/collection de spécimens	Frugivores	Graines, et parfois des insectes
Bulweria bulwerii	Pétrel de Bulwer	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Marin	Littoral sableux Littoral rocheux Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Hérbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	majeur majeur majeur adéquat adéquat adéquat adéquat majeur majeur	Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons et autres organismes aquatiques
Burhinus oedicnemus	Oedicnème criard	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes, et parfois limaces, escargots, grenouilles, etc.
Calandrella brachydactyla	Alouette calandrelle	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre	NA	NA	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	invertebrates and some seeds seasonal

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Calidris pugnax	Chevalier combattant	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Marais salés	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Frugivores	Insectes, autres invertébrés, organismes aquatiques, graines, saisonnier
Calidris alba	Bécasseau sanderling	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral sableux Littoral rocheux Littoral vaseux Flaques intertidales	majeur adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes et autres invertébrés, et parfois graines, saisonnier
Calidris alpina	Bécasseau variable	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral vaseux Marais salés	adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Insectivores	Insectes et autres invertébrés, et parfois graines, saisonnier
Calidris canutus	Bécasseau maubèche	Hivernant	Quasi Menacée (NT)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral sableux Littoral rocheux Littoral vaseux Flaques intertidales	adéquat adéquat majeur adéquat	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Frugivores	Insectes, autres invertébrés, graines et organismes aquatiques, saisonnier
Calidris ferruginea	Bécasseau cocorli	Hivernant	Quasi Menacée (NT)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral sableux Littoral rocheux Littoral vaseux Flaques intertidales	adéquat adéquat majeur adéquat	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, organismes aquatiques, saisonnier
Calidris minuta	Bécasseau minute	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral sableux Littoral rocheux Littoral vaseux Flaques intertidales	adéquat adéquat majeur adéquat	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes et autres invertébrés
Calonectris borealis	Puffin cendré ou Puffin boréal	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre + Marin	Zones rocheuses Cavernes sèches Littoral rocheux Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	majeur adéquat majeur majeur majeur majeur majeur majeur majeur majeur	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Principalement des calamars

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Calonectris diomedea	Puffin de Scopoli	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Marin	Zones rocheuses Cavernes sèches Littoral rocheux Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	majeur adéquat majeur majeur majeur majeur majeur majeur majeur majeur	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Principalement des calamars
Calonectris edwardsii	Puffin du Cap-Vert	Non reproducteur	Quasi Menacée (NT)	Décroissante	Terrestre + Marin	Zones rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	majeur majeur majeur majeur majeur majeur majeur	Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons et calamars
Caprimulgus ruficollis	Engoulevent à collier roux	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	NA	NA	NA	Insectivores	Insectes
Catharacta skua	Grand Labbe	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Marin	Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	adéquat adéquat adéquat adéquat majeur adéquat	Animal de compagnie/d'exposition	Rapaces Piscivores	Opportuniste et parasitique, oiseaux et leurs œufs, mammifères, poissons
Charadrius alexandrinus	Gravelot à collier interrompu	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Déserts chauds Littoral vaseux Marais salés	adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, organismes aquatiques
Charadrius dubius	Petit gravelot	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce + Marin	Zones urbaines Mangroves	adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, organismes aquatiques

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Charadrius hiaticula	Grand gravelot	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral rocheux Littoral vaseux Marais salés Flaques intertidales	adéquat adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, organismes aquatiques
Chelictinia riocourii	Elanion naucler	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	Déserts chauds	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition	Rapaces	Lézards, serpents, insectes, autres invertébrés, petits rongeurs
Chlidonias hybrida	Guifette moustac	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce + Marin	Marais salés	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, organismes aquatiques
Chlidonias leucopterus	Guifette leucoptere	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral rocheux Flaques intertidales	adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, organismes aquatiques
Ciconia ciconia	Cigogne blanche	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Eau Douce	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Rapaces	Mammifères, insectes, oiseaux, reptiles
Ciconia nigra	Cigogne noire	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre + Eau Douce	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons, insectes, autres invertébrés, reptiles, mammifères, oiseaux
Circus aeruginosus	Busard des roseaux	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Eau Douce	Marais salés	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Rapaces	Mammifères, oiseaux
Circus pygargus	Busard cendré	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Rapaces	Mammifères, oiseaux

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Coracias abyssinicus	Rollier d'Abyssinie	NA	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Eau Douce	Zones urbaines	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition	Insectivores	Insectes et autres invertébrés
Coracias garrulus	Rollier d'Europe	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes
Corvus ruficollis	Corbeau brun	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Eau Douce	Zones rocheuses Zones urbaines Déserts chauds	adéquat adéquat adéquat	NA	Insectivores Frugivores	Omnivore, charognes, insectes, serpents, fruits, grains volés
Cursorius cursor	Courvite isabelle	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	Déserts chauds	adéquat	NA	Insectivores Frugivores	Insectes, autres invertébrés et graines
Delichon urbicum	Hirondelle de fenêtre	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce	Zones rocheuses Zones urbaines	majeur adéquat	NA	Insectivores	Insectes
Egretta garzetta	Aigrette garzette	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Eau Douce	Falaises et îles rocheuses Littoral vaseux Flaques intertidales Mangroves	adéquat adéquat adéquat adéquat	NA	Piscivores Insectivores	Poissons, insectes, autres invertébrés, organismes aquatiques, reptiles, oiseaux
Egretta gularis	Aigrette des récifs	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral rocheux Falaises et îles rocheuses Littoral vaseux Marais salés Flaques intertidales Mangroves	majeur adéquat adéquat adéquat majeur adéquat	Animal de compagnie/d'exposition	Piscivores	Poissons, organismes aquatiques, parfois des invertébrés
Emberiza hortulana	Bruant Ortolan	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Frugivores	Invertébrés, graines, saisonnier
Eremalauda dunni	Alouette de Dunn	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	NA	Déserts chauds	adéquat	NA	Frugivores Insectivores	Graines, insectes
Eremophila bilopha	Alouette hausse-col du désert	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	Déserts chauds	adéquat	NA	Insectivores Frugivores	Insectes, graines, fruits
Eremopterix nigriceps	Alouette-moineau à front blanc	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre	NA	NA	NA	Frugivores Insectivores	Graines, insectes et autres invertébrés

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Falco biarmicus	Faucon lanier	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre	Zones rocheuses Zones urbaines Déserts chauds	adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Rapaces	Petits oiseaux
Falco cherrug	Faucon sacre	Hivernant	En Danger (EN)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Zones urbaines Littoral vaseux	marginal adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Rapaces	Rongeurs, oiseaux
Falco naumanni	Faucon crécerellette	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre	Zones rocheuses Zones urbaines Déserts chauds	majeur adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Rapaces	Petits mammifères, insectes
Falco peregrinus	Faucon pèlerin	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce + Marin	Zones rocheuses Zones urbaines Déserts chauds Littoral rocheux Falaises et îles rocheuses Littoral vaseux Marais salés	majeur adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Rapaces	Oiseaux
Falco subbuteo	Faucon hobereau	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce	Zones urbaines	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Rapaces	Insectes, oiseaux
Falco vespertinus	Faucon kobez	Passage	Quasi Menacée (NT)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Rapaces	Insectes, petits vertébrés
Ficedula hypoleuca	Gobemouche noir	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	Zones urbaines	adéquat	NA	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, et parfois céréaleses, fruits
Galerida cristata	Cochevis huppé	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Marin	Zones urbaines	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Frugivores	Invertébrés, graines

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Gelochelidon nilotica	Sterne hansel	Reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Dunes sableuses côtières Pélagique	majeur marginal	NA	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, serpents, grenouilles, poissons
Geronticus eremita	Ibis chauve	NA	En Danger Critique (CR)	Décroissante	Terrestre	Zones rocheuses Cavernes sèches Falaises et îles rocheuses	majeur adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Nourriture (pour l'Homme)	Rapaces Charognards	Invertébrés, vertébrés, vivants or morts, omnivore
Gyps fulvus	Vautour fauve	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre	Zones rocheuses	majeur	Animal de compagnie/d'exposition	Charognards	Charognes
Gyps rueppelli	Vautour de Rüppell	Résident	En Danger Critique (CR)	Décroissante	Terrestre	Zones rocheuses Déserts chauds	majeur marginal	Animal de compagnie/d'exposition Médicament (pour l'Homme ou les autres animaux) Autres bien de la vie courante	Charognards	Charognes
Haematopus ostralegus	Huîtrier-pie	Hivernant	Quasi Menacée (NT)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral rocheux Littoral vaseux Marais salés Flaques intertidales	adéquat adéquat majeur adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Piscivores	Organismes aquatiques, parfois insectes
Hieraaetus pennatus	Aigle botté	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre	Déserts chauds	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition	Rapaces	Petits oiseaux
Himantopus himantopus	Echasse blanche	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral vaseux	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	insects other invertebrates aquatic organisms
Hippolais polyglotta	Hypolaïs polyglotte	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre	NA	NA	NA	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, et parfois céréaleses et fruits
Hydrobates castro	Pétrel de Castro	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Marin	Zones rocheuses Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	majeur majeur adéquat adéquat adéquat adéquat majeur majeur	NA	Piscivores	Organismes marins, poissons, abats

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Hydrobates leucorhous	Pétrel cul-blanc	Non reproducteur	Vulnérable (VU)	Décroissante	Terrestre + Marin	Littoral rocheux Falaises et îles rocheuses Pélagique Epi-pélagique	majeur majeur majeur majeur	NA	Piscivores	Organismes marins, poissons, abats
Hydrobates pelagicus	Pétrel tempête	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre + Marin	Littoral rocheux Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	majeur majeur majeur majeur majeur majeur majeur majeur	Chasse sportive/collection de spécimens	Piscivores	Organismes marins, poissons
Hydrocoloeus minutus	Mouette pygmée	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral sableux Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	adéquat majeur majeur majeur majeur majeur marginal	Chasse sportive/collection de spécimens	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, parfois organismes aquatiques, saisonnier
Hydroprogne caspia	Sterne caspienne	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Marais salés	adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Piscivores Rapaces	Poissons, œufs et poussins, charognes, invertébrés
Iduna opaca	Hypolaïs obscure	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	NA	NA	NA	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, parfois fruits
Lanius excubitor	Pie-grièche grise	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce	Zones rocheuses Déserts chauds	adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Nourriture (pour l'Homme)	Rapaces	Petits vertébrés, oiseaux, lézards, amphibiens, gros insectes

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Lanius senator	Pie-grièche à tête rousse	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	NA	NA	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Rapaces	Insectes, autres invertébrés, mammifères, reptiles, grenouilles, parfois baies
Larus audouinii	Goéland d'Audouin	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Marin	Zones rocheuses Littoral sableux Littoral rocheux Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	adéquat adéquat adéquat majeur majeur majeur majeur majeur marginal	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons, invertébrés, oiseaux, matériel végétal
Larus cirrocephalus	Mouette à tête grise	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral sableux Littoral rocheux Falaises et îles rocheuses Dunes sableuses côtières Flaques intertidales	adéquat adéquat majeur marginal adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Nourriture (pour l'Homme) Médicament (pour l'Homme ou les autres animaux)	Rapaces Charognards	Poissons, invertébrés, œufs, charognes
Larus fuscus	Goéland brun	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Zones urbaines Littoral sableux Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	adéquat majeur majeur adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Piscivores Rapaces Charognards	Poissons, organismes aquatiques, invertébrés, œufs, mammifères, baies, charognes, abats

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Larus genei	Goéland railleur	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral sableux Littoral rocheux Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Flaques intertidales	adéquat adéquat adéquat majeur majeur majeur majeur adéquat	Chasse sportive/collection de spécimens	Piscivores	Poissons, insectes, invertébrés marins
Larus melanocephalus	Mouette mélanocéphale	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Marais salés	adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Piscivores Frugivores	Insectes, autres invertébrés, poissons, organismes marins, rongeurs, baies, graines, saisonnier
Larus michahellis	Goéland leucophée	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Zones urbaines Littoral sableux Littoral rocheux Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique	adéquat majeur adéquat majeur adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat	NA	Piscivores Rapaces	Poissons, invertébrés, organismes marins, reptiles, mammifères, œufs
Larus ridibundus	Mouette rieuse	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre + Eau Douce + Marin	Zones urbaines Littoral sableux Littoral rocheux Dunes sableuses côtières Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Marais salés Flaques intertidales	adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Charognards	Insectes, autres invertébrés, poissons morts, rongeurs, grain, abats, charognes

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Limosa lapponica	Barge rousse	Hivernant	Quasi Menacée (NT)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral sableux	majeur	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Piscivores	Insectes, autres invertébrés, organismes marins
Limosa limosa	Barge à queue noire	Hivernant	Quasi Menacée (NT)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Zones urbaines Littoral vaseux Marais salés	NA majeur adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Piscivores Frugivores	Insectes, autres invertébrés, organismes marins, baies, graines, saisonnier
Linaria cannabina	Linotte mélodieuse	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Nourriture (pour l'Homme)	Frugivores	Graines, bourgeons, parfois invertébrés
Locustella luscinioides	Locustelle luscinioïde	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce	NA	NA	NA	Insectivores	Insectes, parfois autres invertébrés, organismes marins
Locustella naevia	Locustelle tachetée	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce	NA	NA	NA	Insectivores	Insectes, parfois autres invertébrés et organismes marins
Mareca penelope	Canard siffleur	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral vaseux Marais salés	adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Frugivores	Végétarien, graines, racines, etc.
Melanitta nigra	Macreuse noire	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre + Eau Douce + Marin	Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique	majeur majeur majeur majeur adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Piscivores	Invertébrés et organismes marins, insectes, poissons, parfois graines
Microcarbo africanus	Cormoran africain	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Mangroves	adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition	Piscivores	Poissons, organismes aquatiques, parfois petits oiseaux
Mirafra cordofanica	Alouette du Kordofan	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	NA	NA	NA	Frugivores Insectivores	Graines, insectes

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Monticola solitarius	Merle bleu	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre	Zones rocheuses Zones urbaines	majeur marginal	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Frugivores	Invertébrés, petits vertébrés, fruits
Morus bassanus	Fou de Bassan	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Marin	Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	majeur adéquat adéquat adéquat adéquat majeur majeur	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons
Motacilla alba	Bergeronnette grise	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce	Déserts chauds Littoral sableux Littoral rocheux Flaques intertidales	adéquat adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Charognards	Invertébrés, petits poissons, déchets ménagers
Motacilla cinerea	Bergeronnette des ruisseaux	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce	Zones urbaines	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes et autres invertébrés
Motacilla flava	Bergeronnette printanière	Reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Invertébrés, parfois graines
Muscicapa striata	Gobemouche gris	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	Zones urbaines	adéquat	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, parfois fruits
Neophron percnopterus	Vautour percnoptère	Hivernant	En Danger (EN)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce	Zones rocheuses Zones urbaines	majeur adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Médicament (pour l'Homme ou les autres animaux)	Charognards	Charognes, tortues terrestres, déchets organiques, insectes, vertébrés, œufs, fèces

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Neotis nuba	Outarde de Nubie ou Outarde nubienne	Résident	Quasi Menacée (NT)	Décroissante	Terrestre	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Frugivores	Insectes, graines, fruits
Numenius arquata	Courlis cendré	Hivernant	Quasi Menacée (NT)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral vaseux Dunes sableuses côtières Marais salés Mangroves	majeur adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Frugivores	Insectes, autres invertébrés, organismes marins, baies, graines, saisonnier
Numenius phaeopus	Courlis corlieu	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral rocheux Littoral vaseux Flaques intertidales Mangroves	adéquat adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Frugivores	Insectes, autres invertébrés, baies, graines, organismes marins, saisonnier
Nycticorax nycticorax	Héron bihoreau	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Marais salés Mangroves	adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Nourriture (pour l'Homme) Artisanat, bijoux, décoration et autres curiosités	Rapaces	Poissons, amphibiens, reptiles, insectes, organismes marins, mammifères, œufs
Oceanites oceanicus	Océanite de Wilson	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Marin	Zones rocheuses Littoral rocheux Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	majeur adéquat majeur majeur majeur majeur majeur majeur majeur	NA	Piscivores	Crustacés planctoniques, poissons
Oena capensis	Tourterelle à masque de fer	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition	Frugivores	Herbes, graines, occasionnellement insectes
Oenanthe hispanica	Traquet oreillard	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	Zones rocheuses	majeur	Chasse sportive/collection de spécimens	Insectivores Frugivores	Invertébrés, baies, graines

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Oenanthe leucopyga	Traquet à tête blanche	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre	Zones rocheuses Déserts chauds	majeur majeur	NA	Insectivores	Insectes, parfois graines et baies
Oenanthe leucura	Traquet rieur	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Marin	Zones rocheuses Falaises et îles rocheuses	majeur adéquat	NA	Insectivores	Invertébrés, petits lézards, matières végétales
Oenanthe moesta	Traquet à tête grise	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce	Zones rocheuses Déserts chauds	adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition	Insectivores	Insectes
Oenanthe oenanthe	Traquet motteux	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Zones rocheuses Déserts chauds Falaises et îles rocheuses Dunes sableuses côtières	majeur adéquat adéquat adéquat	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes et autres invertébrés
Oenanthe seebohmi	Traquet de Seebohm	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	NA	Zones rocheuses	majeur	Nourriture (pour l'Homme)	Inconnu	NA
Onychoprion anaethetus	Sterne bridée	Reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre + Marin	Littoral sableux Littoral rocheux Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique Flaques intertidales	majeur adéquat adéquat majeur majeur majeur majeur majeur adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition	Piscivores	Poissons, organismes marins
Oriolus oriolus	Loriot d'Europe	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre	Zones urbaines	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Frugivores	Petits invertébrés, fruits, parfois graines
Otus scops	Hibou Petit-duc	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	Zones urbaines	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition	Rapaces	Insectes, rongeurs, lézards, grenouilles
Pandion haliaetus	Balbuzard pêcheur	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Mangroves	adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Piscivores	Poissons

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Passer simplex	Moineau blanc	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	Zones urbaines Déserts chauds	marginal adéquat	NA	Frugivores	Graines, végétation
Pelagodroma marina	Océanite frégate	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Marin	Littoral sableux Littoral rocheux Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	majeur adéquat majeur adéquat adéquat adéquat adéquat majeur majeur	Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Crustacés planctoniques, poissons
Pelecanus onocrotalus	Pelican blanc	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral vaseux Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins	adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons
Pernis apivorus	Bondrée apivore	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Insectivores	Insectes et autres invertébrés
Phaethon aethereus	Phaéton à bec rouge	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Marin	Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	majeur majeur majeur majeur majeur majeur majeur	Animal de compagnie/d'exposition Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons, organismes marins
Phalacrocorax carbo	Grand cormoran	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique	majeur majeur majeur majeur majeur	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons, organismes marins
Phoeniconaias minor	Flamant nain ou Petit flamant	Non reproducteur	Quasi Menacée (NT)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral vaseux	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Nourriture (pour l'Homme)	Inconnu	Petites algues, diatomées

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Phoenicopterus roseus	Flamant rose	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores Insectivores Frugivores	Organismes aquatiques, insectes, graines
Phoenicurus ochruros	Rougequeue noir	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Marin	Zones rocheuses Zones urbaines Falaises et îles rocheuses	majeur majeur adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Frugivores	Invertébrés, baies
Phylloscopus bonelli	Pouillot de Bonelli	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre	NA	NA	NA	Insectivores	Insectes et autres invertébrés
Phylloscopus collybita	Pouillot véloce	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre	Mangroves	adéquat	Chasse sportive/collection de spécimens	Insectivores Frugivores	Insectes, autres invertébrés, mollusques, céréaleses, baies
Phylloscopus sibilatrix	Pouillot siffleur	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	NA	NA	Chasse sportive/collection de spécimens	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, parfois fruits, saisonnier
Phylloscopus trochilus	Pouillot fitis	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce	Mangroves	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens	Insectivores	Insectes, parfois matières végétales
Platalea leucorodia	Spatule blanche	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre + Eau Douce + Marin	Mangroves	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, organismes aquatiques
Plegadis falcinellus	Ibis falcinelle	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, organismes aquatiques
Pluvialis squatarola	Pluvier arrgenté	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral sableux Littoral rocheux Littoral vaseux Flaques intertidales	adéquat adéquat majeur adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Frugivores	Insectes, graines, organismes marins, autres invertébrés, saisonnier
Ptyonoprogne obsoleta	Hirondelle du désert	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre + Eau Douce	Zones rocheuses Zones urbaines Déserts chauds	majeur adéquat adéquat	NA	Insectivores	Insectes

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Puffinus lherminieri	Puffin d'Audubon	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Marin	Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	majeur majeur majeur majeur majeur majeur majeur	Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons, organismes marins
Puffinus puffinus	Puffin des Anglais	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre + Marin	Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Epi-pélagique Pélagique	adéquat majeur majeur majeur majeur majeur majeur	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons, organismes marins
Recurvirostra avosetta	Avocette à tête noire	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral vaseux	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores Insectivores Frugivores	Invertébrés aquatiques, poissons, graines
Rissa tridactyla	Mouette tridactyle	Hivernant	Vulnérable (VU)	Décroissante	Terrestre + Marin	Littoral sableux Littoral rocheux Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique Flaques intertidales	marginal marginal majeur adéquat adéquat adéquat adéquat majeur adéquat marginal	Animal de compagnie/d'exposition Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons, organismes marins, mammifères, matières végétales
Saxicola torquatus	Traquet pâtre ou Tarier africain	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce	Zones urbaines	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes, autres invertébrés, occasionnellement vertébrés, graines, fruits

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Stercorarius pomarinus	Labbe pomarin	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce + Marin	Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	majeur majeur majeur majeur adéquat adéquat	Chasse sportive/collection de spécimens	Rapaces Piscivores Charognards	Mammifères, oiseaux, œufs, poissons, charognes, saisonnier
Sterna dougallii	Sterne de Dougall	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre + Marin	Littoral sableux Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique Marais salés	majeur majeur majeur majeur majeur majeur adéquat adéquat marginal	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons, organismes marins
Sterna hirundo	Sterne pierregarin	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral sableux Littoral rocheux Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique	adéquat adéquat adéquat majeur majeur majeur majeur adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons, occasionnellement crustacées et insectes
Sternula albifrons	Sterne naine	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique	adéquat adéquat adéquat adéquat marginal	Chasse sportive/collection de spécimens	Piscivores Insectivores	Poissons, organismes marins, insectes
Streptopelia decipiens	Tourterelle pleureuse	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition	Frugivores	Graines, céréales, autres végétaux
Struthio camelus	Autruche d'Afrique	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Nourriture (pour l'Homme) Artisanat, bijoux, décoration et autres curiosités	Frugivores	Graines, fruits, fleurs, parfois invertébrés

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Sula leucogaster	Fou brun	Non reproducteur	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Marin	Falaises et îles rocheuses Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	adéquat majeur majeur majeur majeur majeur majeur	Animal de compagnie/d'exposition Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons, organismes marins
Sylvia atricapilla	Fauvette à tête noire	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre	Zones urbaines Mangroves	adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Frugivores	Insectes, fruits, saisonnier
Sylvia borin	Fauvette des jardins	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre	NA	NA	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores	Insectes, parfois fruits, saisonnier
Sylvia cantillans	Fauvette passerinette	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre	NA	NA	Chasse sportive/collection de spécimens	Insectivores Frugivores	Insectes, baies, fruits, saisonnier
Sylvia communis	Fauvette grisette	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Frugivores	Insectes, baies, fruits, saisonnier
Sylvia deserticola	Fauvette du désert	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre	Déserts chauds	adéquat	NA	Insectivores Frugivores	Insectes, fruits, graines, herbe
Sylvia melanocephala	Fauvette mélanocéphale	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre	NA	NA	Chasse sportive/collection de spécimens	Insectivores Frugivores	Invertébrés, fruits
Sylvia subalpina	Fauvette de Moltoni	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	NA	NA	NA	Chasse sportive/collection de spécimens	Insectivores Frugivores	Insectes, baies
Thalasseus bengalensis	Sterne voyageuse	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Marin	Littoral sableux Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique	majeur majeur majeur majeur majeur adéquat	NA	Piscivores	Poissons, organismes marins

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Thalasseus sandvicensis	Sterne caugek	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Marin	Littoral sableux Littoral rocheux Littoral vaseux Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	majeur majeur adéquat majeur majeur majeur majeur adéquat marginal	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores	Poissons, organismes marins
Thalasseus maximus	Sterne royale	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Marin	Littoral sableux Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Marais salés	majeur majeur majeur majeur majeur adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition	Piscivores	Poissons, organismes marins
Tringa erythropus	Chevalier arlequin	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral vaseux Marais salés	adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Piscivores	Insectes, organismes marins, poissons, amphibiens
Tringa nebularia	Chevalier aboyeur	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral rocheux Littoral vaseux Marais salés Flaques intertidales Mangroves	adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Piscivores	Insectes, organismes marins, poissons, amphibiens
Tringa stagnatilis	Chevalier stagnatile	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral vaseux	adéquat	Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Piscivores Insectivores	Poissons, organismes marins, insectes
Tringa totanus	Chevalier gambette	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Inconnue	Terrestre + Eau Douce + Marin	Littoral vaseux Marais salés	adéquat adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Piscivores	Insectes, autres invertébrés, organismes marins

Nom latin	Nom vernaculaire français	Statut au sein du PNBA	Statut UICN	Dynamique de la population mondiale	Domaine(s)	Habitat(s) au sein du PNBA	Importance relative de l'habitat pour l'espèce	Usages de consommation	Groupe(s) fonctionnel(s)	Régime alimentaire
Turdus philomelos	Grive musicienne	Hivernant	Préoccupation Mineure (LC)	Croissante	Terrestre	Zones urbaines	adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Insectivores Frugivores	Invertébrés, fruits
Tyto alba	Chouette effraie	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce	Zones urbaines Cavernes sèches	marginal adéquat	Animal de compagnie/d'exposition Chasse sportive/collection de spécimens Nourriture (pour l'Homme)	Rapaces	Petits rongeurs, parfois insectes et grenouilles
Urocolius macrourus	Coliou huppé	Résident	Préoccupation Mineure (LC)	Décroissante	Terrestre + Eau Douce	NA	NA	Animal de compagnie/d'exposition	Inconnu	NA
Xema sabini	Mouette de Sabine	Passage	Préoccupation Mineure (LC)	Stable	Terrestre + Eau Douce + Marin	Fonds sableux subtidaux Fonds sablo-vaseux subtidaux Macroalgues/Kelps Herbiers sous-marins Pélagique Epi-pélagique	adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat adéquat	NA	Insectivores Piscivores Frugivores Charognards	Insectes, autres invertébrés, poissons, organismes marins, œufs, graines, charognes