



**L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'ECOSYSTEME
ET LES RISQUES LITTORAUX DE LA GUADELOUPE**



EDITION DECEMBRE 2020

REMERCIEMENTS

Merci aux membres du comité technique «Littoral» qui ont permis de réaliser cette publication :

Coordination :

De la Torre Y. (BRGM), Labadie F. (CREOCEAN)

Auteurs :

Adrover Malnoury M.-A. (Conservatoire du Littoral), Belmadani A. et MONTOUT C. (Météo-France), De la Torre Y. (BRGM), Escoute C. (Agence des 50 pas géométriques), Gayot M. (ONF), Labadie F. (CREOCEAN), Moisan M. (BRGM), Vingadassalom M. (Région Guadeloupe), Mirre D. (CANGT), TAUPE A et TARER E. (CAP Excellence).

Contributeurs :

Beaufort O. (KAPNATIREL), Coulon S. (Hydrobiologiste, spécialiste phytoplancton), Dromard C. (Université des Antilles), Feunteun E. (AGOA-OFB), Kerninon F. (Université de Brest), Laigre T. (BRGM), Mannaerts G. (AGOA-OFB), Zahibo N. (Université des Antilles)



Groupe Régional des Experts sur le Climat de la Guadeloupe

Face à l'accélération des changements climatiques, les sociétés n'ont pas d'autre choix que de réorganiser leurs activités, leurs territoires et leurs institutions en vue de se prémunir des impacts et d'accélérer la transition énergétique vers une société sobre en carbone.

Afin d'accélérer l'opérationnalisation de stratégies d'adaptation au changement climatique, plusieurs initiatives visant à rapprocher les connaissances scientifiques des mécanismes décisionnels ont émergé ces dernières décennies dont récemment aux Antilles le «GREC Guadeloupe».

Les objectifs du GREC sont:

- de mobiliser et sensibiliser par l'innovation en quadruple hélice : chercheurs, collectivités, socio-professionnels, société civile, dans le but de transférer les connaissances scientifiques les plus récentes, portant sur les changements climatiques à l'échelle régionale.
- de collecter les besoins des acteurs du territoire et de favoriser leur participation à des projets de recherche.
- d'éclairer les décisions en matière de stratégies d'adaptation et d'actions locales de réorganisation territoriale.

En se positionnant à l'interface entre les sphères académiques et non académiques, le GREC Guadeloupe, véritable organisation frontalière, constitue un catalyseur d'actions en réponse aux impacts des changements climatiques.

PRÉFACE



Les effets du changement climatique sur les risques littoraux et la biodiversité marine de la Guadeloupe

ANTICIPER c'est gouverner ! Et pour anticiper, il faut avoir de la connaissance, des modèles de simulation, de la prospective pour que l'élu(e) politique puisse prendre les bonnes décisions, en temps et en heure, pour protéger nos concitoyens.

Avec la création du GREC-Guadeloupe, voilà un outil précieux qui va permettre de compiler les données à l'échelle planétaire sur le réchauffement climatique et son impact sur les côtes littorales et la biodiversité marine et les redimensionner à l'échelle de l'archipel de la Guadeloupe. Avec un tissu de recherche en Guadeloupe très dense pour une population de 400 000 habitants, un tissu fortement soutenu par la collectivité régionale pour gagner en maturité et en visibilité nationale et internationale, ce tissu doit aussi être en mesure de fournir des données originales en provenance de ce contexte insulaire en milieu tropical.

Confronter les données, produire des modèles d'impact, définir des trajectoires préventives pour éviter la catastrophe annoncée d'un dérèglement climatique qui n'est plus sous contrôle, adapter notre mode de vie, les missions de conseil et d'orientations stratégiques attendues du GREC-Guadeloupe seront fortes et déterminantes, mais tellement essentielles pour notre survie.

Alors longue vie au GREC-Guadeloupe, qui doit emmener l'archipel de la Guadeloupe sur le chemin de la résilience salvatrice !

*Sylvie GUSTAVE DIT DUFLO
8e Vice-Présidente de Région
Présidente du Comité eau et biodiversité de Guadeloupe
Présidente de la Commission régionale Environnement, eau et cadre de vie*

Table des matières

Partie 1- Contexte: Les projections climatiques pour la Guadeloupe	6
1.1- Les températures moyennes, minimales et maximales journalières.....	6
1.2- Évolution des précipitations	7
1.3- Evolution de l'activité cyclonique.....	7
Partie 2- Vulnérabilité des écosystèmes marins et de la biodiversité marine.....	8
2.1- Ecosystèmes marins.....	8
2.1.1- Mangroves.....	8
2.1.2 - Récifs coralliens.....	12
2.1.3 - Herbiers de phanérogames marines.....	15
2.2 - Effets sur la biodiversité.....	18
2.2.1 - Phytoplancton.....	18
2.2.2 - Poissons.....	20
2.2.3 - Tortues marines.....	21
2.2.4 - Mammifères marins.....	24
2.2.5 - Requins.....	26
Partie 3- Les risques littoraux	30
3.1 - Effets sur les aléas littoraux.....	30
3.1.1 - Submersion marine.....	30
3.1.2 - Recul du trait de côte.....	34
Partie 4 -Mesures d'adaptation et de gestion sans regret.....	41
4.1 - Rappel des missions des gestionnaires du littoral.....	41
4.2- Les stratégies de gestion face à l'adaptation au changement climatique.....	41
4.3- Exemples d'actions d'adaptation sur le littoral guadeloupéen.....	43
CONCLUSION.....	48
REFERENCES.....	49

Introduction

La Guadeloupe, en tant qu'archipel, nourrit une relation toute particulière avec son littoral et son environnement marin. La mer est nourricière, source de plaisir mais aussi de crainte et de danger lorsqu'elle se déchaîne. Elle est porteuse de l'histoire de la Guadeloupe et de son avenir. La mer et le littoral constituent un patrimoine naturel et culturel ainsi qu'une ressource fondamentale pour « l'économie bleue » (activités maritimes, touristiques, environnementales...).

C'est pour toutes ces raisons que le GREC Guadeloupe s'est penché sur l'impact du changement climatique sur la biodiversité marine et les risques littoraux de l'archipel. De quelle manière les modifications de l'atmosphère et des océans impactent les espèces et les espaces côtiers ? De combien la mer monte dans notre région ? Quel lien entre changement climatique et surcote cyclonique ?

Après un rappel des effets du changement climatique en termes de températures, de précipitations et de cyclones, ce rapport s'attache à présenter d'une part la vulnérabilité des écosystèmes marins et de la biodiversité marine ; puis d'autre part, les impacts attendus sur les aléas littoraux que sont l'érosion côtière et les submersions marines ; avant de proposer et illustrer des mesures d'adaptation et de gestion dites « sans regret ».



Contexte: Les projections climatiques pour la Guadeloupe

La Guadeloupe, territoire insulaire, est particulièrement vulnérable aux changements climatiques tels que la modification de la saisonnalité des précipitations ou encore le changement de la fréquence des événements extrêmes comme les cyclones.

Dans le cadre du projet C3AF¹, Météo-France développe de nouvelles simulations numériques avec le modèle ARPEGE-Climat pour obtenir des projections climatiques concernant l'évolution notamment des températures, des précipitations, de l'activité cyclonique (chauvin et al.2020) et de la houle associée (Cécé et al.2019). Ces simulations sont complétées par les modèles de submersion marine développés au Laboratoire de Recherche en Géosciences et Energie (LARGE) de l'Université des Antilles.

1.1- Les températures moyennes, minimales et maximales journalières

Selon les projections climatiques de Météo-France, on s'attend à un réchauffement marqué dans toute la région Caraïbe à l'horizon 2080.

Celui-ci serait de l'ordre de 1,5°C sur l'océan et 2°C sur la terre (îles et continent) en moyenne sur l'année entre les décennies récentes et à venir, avec une accélération du réchauffement attendue à partir de 2050-2055 en faisant l'hypothèse d'un scénario d'émission de gaz à effet de serre pessimiste.

Ce réchauffement serait plutôt homogène sur l'océan mais variable sur la terre, notamment à cause du relief.

Le réchauffement est légèrement plus marqué sur les Antilles françaises que sur l'océan adjacent mais cet effet est très réduit en comparaison des masses terrestres plus étendues.

Dans le détail, en Guadeloupe les températures diurnes/nocturnes en saison sèche augmenteraient d'environ 1,5/1,5-2°C à l'horizon 2055 et 2,5-3/2,5-3,5°C à l'horizon 2080 (en saison humide le réchauffement serait d'environ 0,5°C moins fort). Le réchauffement souvent plus fort la nuit entraînerait une réduction de l'amplitude thermique journalière.

Carte 1 : Évolution des températures moyennes annuelles dans la Caraïbe entre les périodes 1965-2013 et 2031-2080 (scénario RCP2.8.5 du GIEC)



Sources : Projet C3AF METEO-FRANCE

Les vagues de chaleur deviendraient aussi beaucoup plus fréquentes. Des températures exceptionnelles aujourd'hui deviendraient courantes dans le futur. Par exemple, la plus forte température observée en Guadeloupe sur les 25 dernières années (environ 34°C à l'ombre le jour, 26-27°C la nuit) serait dépassée quasiment tous les ans.

1.2- Evolution des précipitations

D'après Météo-France, on s'attendrait à une diminution des précipitations toute l'année et particulièrement en saison humide sur la quasi-totalité du territoire, en Guadeloupe comme en Martinique.

En saison sèche en Guadeloupe, cet assèchement projeté est plus fort à l'horizon 2080 (10-15%) qu'à l'horizon 2055 (5%). En saison humide il est à l'inverse légèrement moins marqué à l'horizon 2080 qu'à l'horizon 2055 mais sans grande différence (10-15%). Ces tendances sont globalement plus faibles sur les reliefs de Basse-Terre et plus fortes sur certaines parties de la côte sous le vent.

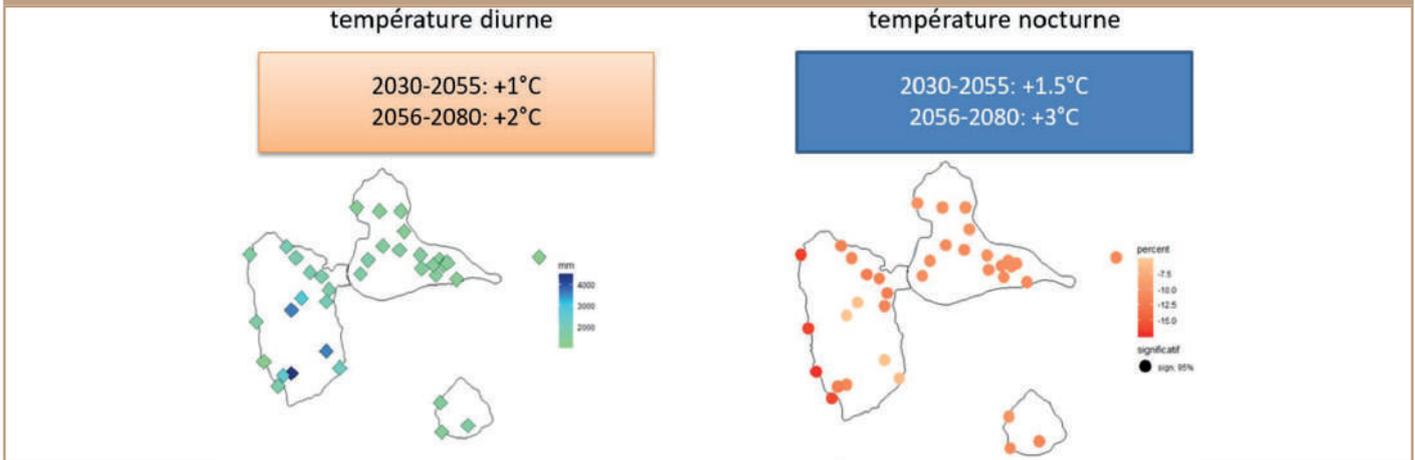
En effet la pluviométrie moyenne annuelle sur la Guadeloupe et ses îles proches met en évidence de grandes disparités induites par la géomorphologie de ces îles, dont vont dépendre les réponses locales au réchauffement climatique.

L'assèchement généralisé va de pair avec une diminution de la fréquence des fortes pluies et une augmentation de celle des sécheresses. En Guadeloupe, le nombre de jours où les précipitations dépassent 10 mm est réduit pendant la saison humide (-2 à -7 jours selon le lieu) pour les 2 horizons temporels (historiquement 20-60 jours). A l'inverse, le nombre d'épisodes secs (4 jours ou plus sans pluie) augmente significativement à l'horizon 2080 (de 58 à 61 jours/an en moyenne).

¹C3AF: Changement Climatique et Conséquences sur les Antilles Françaises. Projet de recherche collaboratif du programme opérationnel FEDER&FSE 2014-2020, porté par un consortium d'experts du monde scientifique et opérationnel (<https://c3af.univ-montp3.fr>).

²RCP : Representative Concentration Pathway, scénario d'émission de gaz à effet de serre.

Carte 2 : Cumul annuel de précipitations moyennes historiques (gauche), différence en pourcentage entre cumuls futurs et historiques (droite)



Sources : Projet EXPLORER, INRAe, Météo-France, OREC

1.3- Evolution de l'activité cyclonique

D'après les archives du Centre des Ouragans (NHC) en Floride, l'activité cyclonique historique (nombre de tempêtes tropicales et ouragans) est surtout concentrée au voisinage de la côte Est des Etats-Unis, dans l'extrême Nord-Ouest de la Mer des Caraïbes et dans le Golfe du Mexique.

Les Petites Antilles sont concernées par une activité plus modérée qui augmente en direction du nord de l'Arc. Elle est essentiellement associée à des cyclones issus de l'Atlantique tropical entre l'Afrique et les Antilles (région dite « de développement principal » des cyclones).

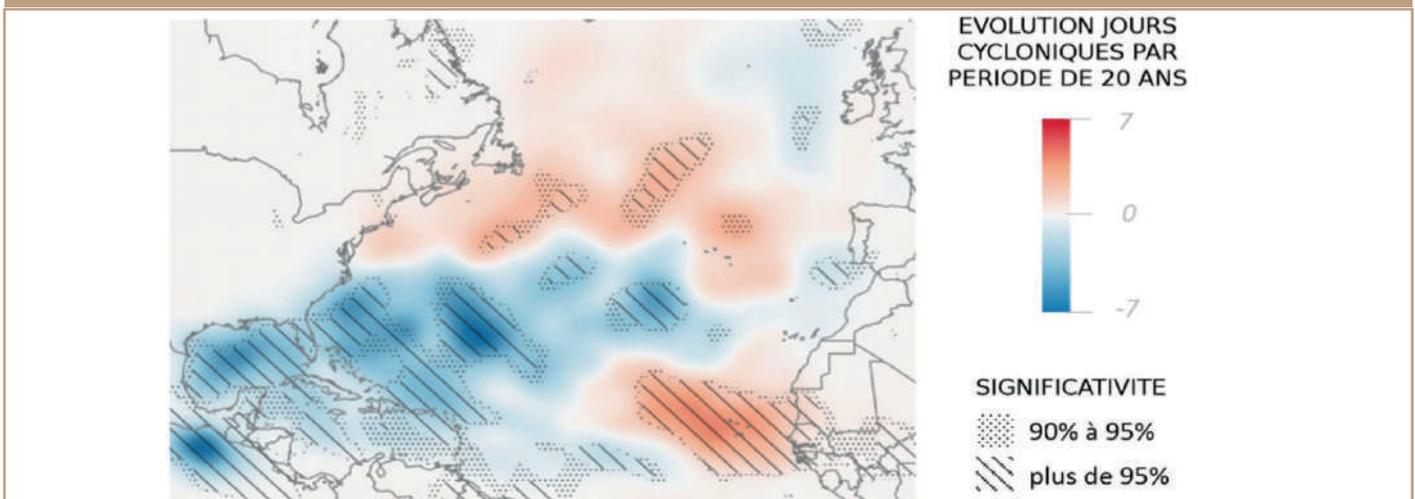
L'activité cyclonique future vue par le modèle Arpege-Climat de Météo-France confirme les conclusions du dernier rapport d'évaluation du GIEC³ publié en 2013.

C'est-à-dire que le nombre de phénomènes cycloniques sur l'ensemble du bassin Atlantique serait en légère diminution tandis que la proportion des ouragans majeurs (classes 4 et 5) deviendrait plus importante.

Il y aurait un raccourcissement de la saison cyclonique de l'ordre de 2 à 3 semaines et un déplacement de l'aléa en direction des zones extra-tropicale (au-dessus du tropique du cancer) et du Cap-Vert (voir carte 3). Les pluies cycloniques seraient par ailleurs plus fortes, bien qu'aucune tendance claire n'apparaisse localement aux Antilles.

La densification des communes littorales à cause de l'accroissement démographique et du développement des activités touristiques et leur situation en première ligne face aux aléas météo-marins font de ces dernières les plus exposées aux risques et donc les plus vulnérables.

Carte 3 : Évolution de l'activité cyclonique dans l'Atlantique entre 1965-2013 et 2031-2080 (scénario RCP 8.5 du GIEC) vue par le modèle Arpège-climat



Sources : Projet C3AF METEO-FRANCE

Toute information en dehors des zones de significativité supérieure à 90 % n'est pas statistiquement fiable et ne doit pas être prise en compte.

³GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat – IPCC en anglais.



La biodiversité en espèces de palétuviers (espèces architecte des mangroves) dans les Antilles est relativement faible. Quatre (4) espèces différentes de palétuviers ont été recensées, dont trois prédominantes:

- *Le palétuvier rouge - Rhizophora mangle L. (Rhizophoraceae)* ;
- *Le palétuvier noir - Avicennia germinans L. (Avicenniaceae)* ;
- *Le palétuvier blanc - Laguncularia racemosa Gaertn (Combretaceae)* .

On trouve également, de façon moins abondante, *le palétuvier gris - Conocarpus erectus L. (Combretaceae)*, dans des milieux sableux ou rocheux (*bords des plages*) et un autre palétuvier noir *Avicennia Schaueriana*, rare, présent dans le même milieu que *Avicennia germinans*. Par contre, ces zones de mangroves abritent une faune diversifiée. Pour les espèces aquatiques, elles constituent une zone de refuge et de nurserie pour les juvéniles de poissons.

Vulnérabilité au changement climatique

Cyclones

Les cyclones constituent la cause naturelle la plus brutale de dégradation des mangroves.

Leurs impacts sont d'autant plus importants et dévastateurs que les cyclones conjuguent les effets des vents violents, de la marée de tempête et la houle cyclonique. Sur le front de mer, les cyclones abattent et déracinent les arbres et plus dans l'intérieur des terres, l'élévation du niveau de la mer peut provoquer des phénomènes de sur-salure (augmentation de la salinité des eaux) en arrière-mangrove qui tuent la végétation qui n'y est pas adaptée.

De plus, les cyclones constituent un facteur limitant la progression de la mangrove sur la mer en détruisant périodiquement les palétuviers du front de mer. L'oblitération des dégâts subis par la forêt de palétuviers suite au cyclone Hugo, est estimée à une trentaine d'années (Bouchon et al., 1991).

Les remblaiements sont nombreux et des décharges, telle la grande décharge de la Gabarre, sont implantées au cœur des mangroves. Les aménagements hydrauliques (lutte contre les inondations, canalisation des eaux de ruissèlement) peuvent perturber les régimes hydrologiques de ces écosystèmes et en modifier la salinité (Roussel et al., 2010).

L'état de santé des mangroves reste pourtant qualitativement bon en Guadeloupe et permet un fonctionnement écologique normal de ces milieux (Borot de Battisti et al., 2013).

Si les ouragans peuvent fortement perturber les peuplements de mangroves (le cyclone Hugo de 1989 a causé une perte de biomasse pouvant atteindre 86 % des mangroves dominées par *Rhizophora*), ils ne les mettent pas en réel danger, mais les maintiennent très en deçà de leurs potentialités de croissance (Imbert, 2002).

Les fonctionnalités de ces espaces naturels sont multiples :

- **hydrologique** : régulation des régimes hydrologique par stockage d'eau lors de fortes pluies et capacité auto-épuratoire physique et biologique vis-à-vis des nutriments et de certains métaux lourds;

- **biologique** : réservoirs de biodiversité en constituant l'habitat, le lieu de reproduction et d'alimentation de nombreuses espèces végétales et animales ;

- **lutte contre le changement climatique** : stabilisation des sédiments, protection de la côte contre les intempéries (c'est-à-dire amortisseur naturel des aléas naturels). En passant à travers 200 mètres de mangroves, 75 % de la puissance d'une vague est dissipée (FAO 2008);

- **économique** : l'impact économique est également incontestable : pêche, aquaculture, agriculture, élevage, écotourisme.



Elévation du niveau de la mer

Face à la hausse du niveau des mers, le degré d'adaptation des mangroves à ce phénomène est mal connu. A l'échelle mondiale, une étude paléo environnementale récente, s'appuyant sur une période de déglaciation antérieure, estime que les mangroves ne peuvent pas s'adapter à une montée des eaux supérieurs à 6mm /an (Saintilan et al. 2020).

D'après le GIEC (2007), le rythme de transgression marine devrait être compris entre +18 cm/siècle et + 59 cm/siècle selon les scénarios. L'élévation du niveau de la mer entrainera également :

- une remontée du biseau salé, menaçant les nappes d'eau douce, qui risque de menacer directement la végétation en arrière mangrove et la mangrove (chaque palétuvier ayant une tolérance différente à la salinité).
- l'érosion du littoral,
- la submersion temporaire lors de tempêtes et la submersion permanente de certaines zones en deçà du niveau de la mer.

Mesures d'atténuations

D'un point de vue général, et par application du code de l'Urbanisme, article L121-50, les mangroves font partie « des espaces et milieux à préserver ». Seuls des aménagements peuvent y être implantés lorsqu'ils sont nécessaires à leur gestion, leur mise en valeur ou à leur ouverture au public. Pratiquement toutes les mangroves ont été classées en espaces littoraux remarquables.

Du fait de leur position sur le domaine public maritime, la préservation de leur état naturel est également régie par les dispositions des articles L321-6 du code de l'Environnement qui prévoit que la préservation de l'état naturel du rivage est réglée par les dispositions de l'article L2124-2 du code général de la propriété des personnes publiques.

La reconstitution de la mangrove par plantation de palétuviers adaptés au sol et au degré de salinité est une solution qui peut être envisagée.

A ce jour, les mangroves de Guadeloupe relèvent du domaine public maritime dont une partie est affectée au conservatoire du littoral et des espaces lacustres littoraux.

Dans le cadre de convention de gestion avec le Conservatoire du littoral, les communes ou les communautés de communes peuvent s'occuper de la gestion des sites. Les agents de l'ONF (Office National des Forêts) interviennent sur des sites pour des missions de surveillance, d'entretien et de police dans le cadre du Code forestier. Et le parc national de Guadeloupe, créé en 1989, veille à la protection des mangroves présentes sur son périmètre.

Certains sites sont préservés par plusieurs outils réglementaires. Par exemple, la plus grande partie de la mangrove et des zones humides associées (3 000ha) se trouve sur le site du Grand cul de sac marin, elle est située à l'intérieur de la Réserve de Biosphère de l'Archipel de Guadeloupe (Programme MAB de l'UNESCO), labellisée zone Ramsar depuis 1993 et située dans le périmètre d'intervention du Parc National de Guadeloupe. La quasi-totalité de la mangrove du Grand Cul de sac est affectée à un établissement public, le Conservatoire du Littoral et des Espaces Lacustres.

Cependant, il est difficile de prévoir à l'échelle locale les effets de l'élévation du niveau marin. En effet, même si les mangroves ont la capacité d'accumuler des sédiments et de la matière organique, aucune étude actuelle ne permet de savoir si la hausse du niveau des mangroves par accumulation de matières, compensera la hausse globale du niveau des mers afin de maintenir le gradient de salinité qui existe dans ces espaces ; ou si l'adaptation des mangroves se fera par colonisation de nouvelles zones qui ne sont actuellement ni salées, ni humides.

De même, la hausse des températures annoncée peut avoir des effets sur les palétuviers similaires aux sécheresses, mais il n'existe pas d'étude sur le sujet à l'échelle de la Guadeloupe ni de la Caraïbe.

Sècheresse

Un manque d'eau lié à des sécheresses chroniques peut provoquer des phénomènes de sursalure et entraîner la mortalité des palétuviers alors inadaptés. Il se produit alors l'apparition de zones désertiques, constituées uniquement de palétuviers morts, appelées les « étangs bois sec » ou tannes.

Au niveau de l'archipel, plusieurs projets ont eu lieu ou sont en cours pour la préservation et la sensibilisation des mangroves :

Aménagement des marais Nord de Port-Louis (Conservatoire du littoral)

Aménagement de l'étang Lambi à Bois Jolan (Conservatoire du littoral)

Aménagement de l'embouchure de la Rivière des marais de Vieux-Fort à Saint-Louis de Marie-Galante et convention avec l'association de réinsertion sociale le CISMAG pour l'animation du site.

Aménagement du site de Babin (Conservatoire du littoral)

Plan de reconquête de Jarry. (Conservatoire du littoral)

Projet Mang, site pilote du marais de folle Anse pour améliorer la gestion des zones humides.

Actions d'associations locales comme Yonn a lot, Zyé a mangrov'la sensibilise à la préservation de la mangrove.

Le Grand Port Maritime de Guadeloupe (GPMG) à travers son projet CAYOLI initié en 2016 a mené des actions de plantation des palétuviers et de sensibilisation. En 2019, ils entament un projet Life sur la protection du trait de côte avec des objectifs de restauration de certains sites.

De 2009 à 2011, le projet INTERREG zones humides littorales Caraïbes, porté par l'ONF, visait à la protection et la valorisation des zones humides littorales de l'espace Caraïbe.

De 2018 à 2021, le projet INTERREG Carib'Coast, a pour objectif d'accroître la capacité de réponse des territoires face aux risques naturels. Une partie du programme prend en compte les solutions fondées sur la nature comme le rôle des mangroves pour protéger les populations des aléas climatiques.

CE QU'IL FAUT RETENIR

Etat actuel :

En Guadeloupe, les mangroves couvrent près de 3 000 ha, majoritairement situées dans le Grand Cul-de-Sac Marin, dans la partie au nord de la Rivière salée, et sur le pourtour du Petit Cul-de-Sac marin.

Les mangroves ont des rôles multiples tant écologiques que fonctionnels, mais sont menacés par de nombreuses pressions.

Projections :

- Elévation du niveau de la mer entre +0,75 et +1,4m aurait des conséquences mal connues sur les mangroves, malgré leur capacité d'adaptation par stockage de sédiments.
- Cyclones : effet potentiellement dévastateur
- Résilience au Changement Climatique dépendant fortement de leur état de santé

Mesures :

- Réduire de manière drastique les pressions s'exerçant sur les mangroves (pollution diffuse, remblaiements, déchets, etc.) ;
- Protéger de manière réglementaire l'ensemble des mangroves ;
- Mettre en place des Plans d'Actions de lutte contre leur déforestation ou remblaiement ;
- Encourager les programmes de restauration et de réhabilitation.

Transversalité :

- Gestion du littoral,
- Gestion de crise,
- Urbanisme,
- Coûts de l'inaction,
- Sensibilisation,
- Sciences participatives.



2.1.2 - Récifs coralliens

Généralités - introduction

Les récifs coralliens sont les écosystèmes marins les plus riches en biodiversité. Ils ne couvrent que 0,2 % de la surface des océans, mais contiennent environ 25 % de leurs espèces (Roberts 2003). Pour cette raison, ils sont souvent qualifiés de « forêts tropicales humides des océans ». Au niveau mondial, près de 500 millions de personnes dépendent des récifs coralliens pour leur subsistance, la protection des côtes, les ressources renouvelables et le tourisme.

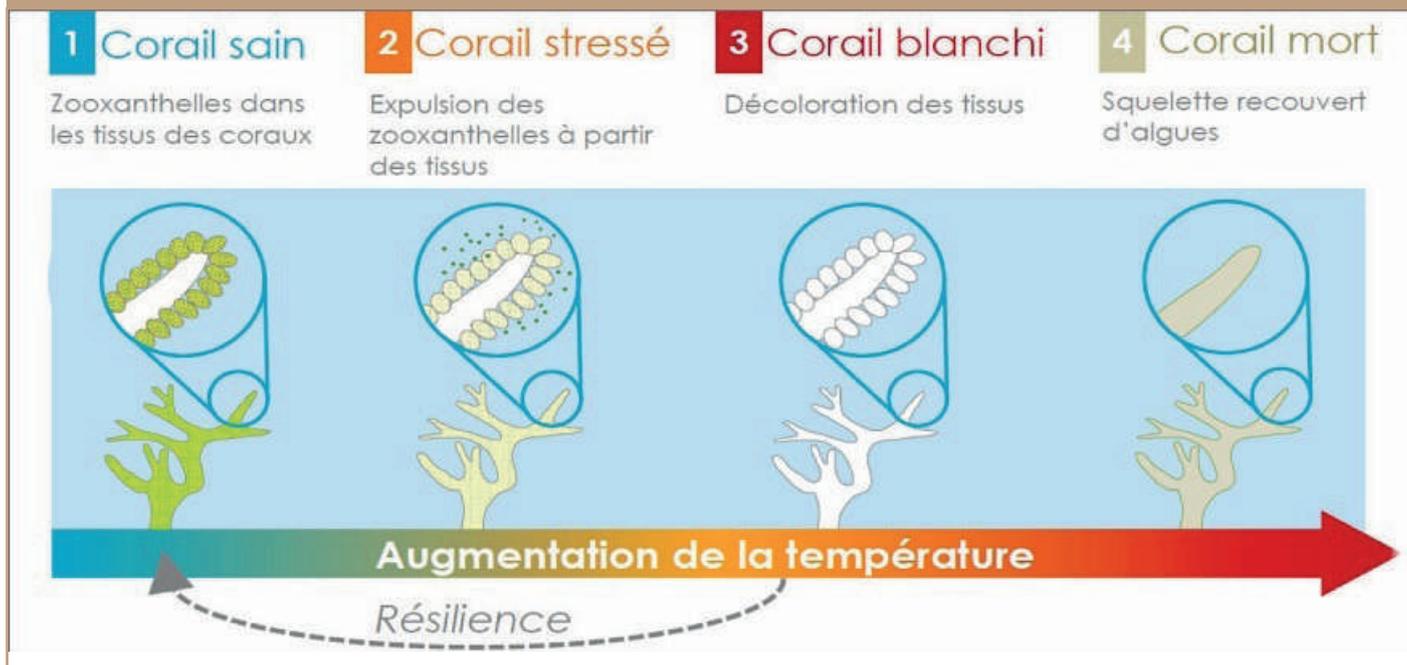
On évalue les biens et services fournis par les coraux à un bénéfice annuel net de 30 milliards de dollars américains à l'économie mondiale (Cesar, 2003). Seulement, les récifs sont aussi les écosystèmes les plus vulnérables du monde.

Aujourd'hui, on estime que 20 % des coraux dans le monde ont déjà été détruits, que 24 % sont en danger imminent de disparition, et que 26 % sont en danger de disparition à plus long terme (Wilkinson 2004).

En effet, les récifs sont sévèrement affectés par la surpêche, les techniques de pêche destructrices (dynamite, cyanure), les pollutions organiques (engrais, eaux usées mal traitées) et chimiques (pesticides, rejets industriels), l'aménagement du littoral (remblais, digues, constructions en bordure de côte), la sédimentation liée à l'érosion des côtes et aux mauvaises pratiques agricoles, les espèces exotiques envahissantes, les épi-zooties et plus récemment par le blanchissement dû au changement climatique (IUCN 2006).



Figure 1: Mécanisme du blanchiment corallien



Source: IFRECOR

Depuis les 15 dernières années, un phénomène de blanchissement des coraux, provoqué par le changement climatique, est rapidement devenu la menace la plus grave pour cet écosystème. Au cours du phénomène El Niño de 2005, une augmentation anormale des températures des eaux pendant plusieurs mois a causé le blanchissement des coraux dans la région Caraïbe.

En Guadeloupe, cet épisode a causé une mortalité importante des coraux déjà très affaiblis par d'autres pressions anthropiques. En effet, la résilience écologique (c'est-à-dire capacité d'un écosystème à se reconstruire après un événement perturbant) des coraux face au blanchissement dépend de la santé générale du récif et des pressions anthropiques annexes qu'il subit.

Une augmentation des températures des eaux tropicales de 2,8°C d'ici 2100 projetée par le GIEC, pourrait rendre les épisodes de blanchissement de 1998 et 2005 plus fréquents : tous les ans ou tous les deux ans d'ici 2030-2050 (UNEP, 2006). De nombreux scientifiques annoncent que le changement climatique pourrait détruire la majeure partie des coraux du monde d'ici 2050 (Hoegh-Guldberg 2005).

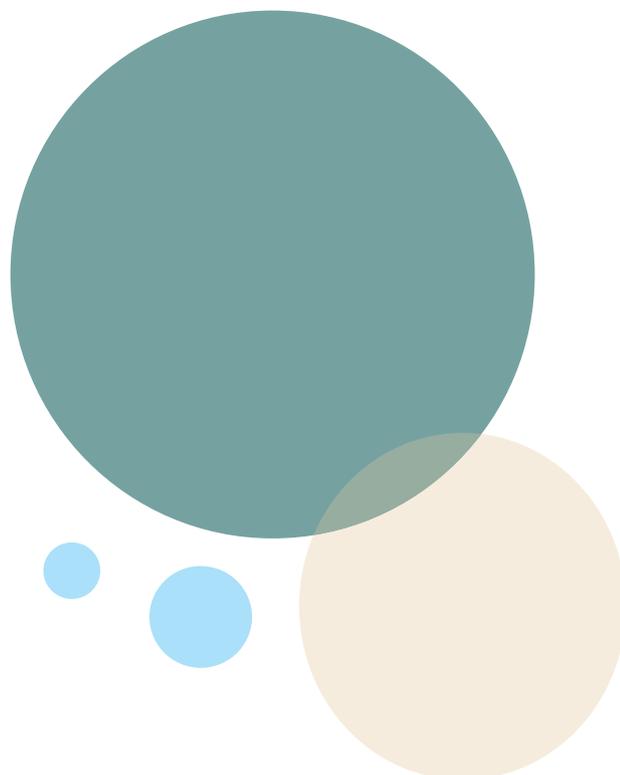
Les récifs sont aussi directement menacés par l'élévation du niveau marin, l'intensification des cyclones et l'acidification des océans. Il est possible que certaines espèces de coraux, dont les populations sont en bonne santé, puissent s'adapter à une élévation lente et progressive du niveau marin, mais les récifs dégradés ne pourront certainement pas contrecarrer la montée des eaux.

Les cyclones ont un impact très fort sur les récifs, particulièrement dans les zones non adaptées à ce type d'événement climatique extrême.

Bien qu'ils soient considérés comme des perturbations naturelles de l'écosystème récifal, ces événements climatiques extrêmes seront très probablement plus violents dans les années à venir, en conséquence directe du réchauffement climatique.

Si les émissions de dioxyde de carbone continuent au rythme

actuel, l'acidification pourrait correspondre à une réduction du pH de 0,5 unité d'ici 2100, risquant d'entraver le processus de calcification de nombreux organismes marins tels que les coraux et certaines espèces planctoniques telles que foraminifères et mollusques ptéropodes (Orr et al. 2005).



Mesures d'atténuations et solutions

Les changements globaux, tel que le réchauffement climatique, représentent une menace considérable à l'échelle mondiale et sont à ce titre difficiles à contrer.

Une des solutions, réalisable à plus petite échelle, pour préserver la structure, le fonctionnement et le rôle écologique des récifs coralliens est d'atténuer les perturbations anthropiques annexes, qui agissent de façon chronique ou ponctuelle.

L'atténuation du plus grand nombre de perturbations possibles, permettant ainsi de maintenir ou de récupérer des récifs en bonne santé, est la seule solution pour ces communautés qui s'adaptent rapidement et développent une résilience optimale.

L'état de santé des récifs peut tout d'abord être maintenue ou améliorée par une meilleure gestion des eaux usées (c'est-à-dire par l'amélioration des systèmes d'assainissement et la révision des normes des STEPS pour les zones tropicales). Les eaux usées, domestiques et industrielles, sont riches en molécules azotées et phosphatées qui boostent la croissance des macro-algues, affaiblissent l'immunité des coraux face aux maladies coralliennes et fragilisent les colonies coralliennes lors des épisodes de blanchissement. Les macro-algues, qui ont une croissance beaucoup plus rapide que celle des coraux, entrent rapidement en compétition avec les coraux pour l'espace, puis pour la lumière. Ce phénomène d'eutrophisation entraîne à long-terme le remplacement total des colonies coralliennes par des communautés algales.

Les récifs eutrophisés meurent, perdent leur structure complexe qui s'érode et provoquent la perte de la biodiversité qui leur est naturellement associée.

La création d'espaces maritimes protégés (Aires Marines Protégées, Parc marin, réserve naturelle) qui facilitent le développement des communautés de poissons, leur permettent d'atteindre sans entrave l'âge de reproduction et favorisent l'exportation d'individus, d'œufs et de larves, aux abords des zones protégées (« effet réserve » en réponse à la densité d'individus dans la zone protégée).

Les atténuations concernent aussi la limitation des destructions physiques et mécaniques des coraux, générées par exemple par les ancrages de bateau.

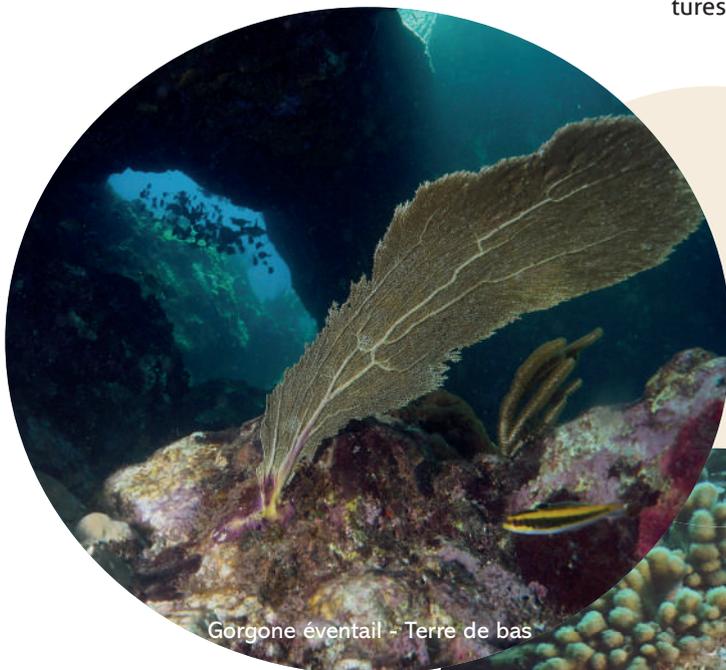
Ce type de dégradation peut être évité par l'installation de mouillages permanents, qui peuvent dans certains cas être également utilisés comme récifs artificiels ou zone de nurserie de remplacement.

Les destructions physiques sont également causées par les aménagements de la zone littorale (construction de digue ou de remblais pour gagner du terrain sur la mer) ou encore par les activités balnéaires et aquatiques (baignade, randonnées palmées, plongées sous-marines) lorsque la fréquentation des sites est intense.

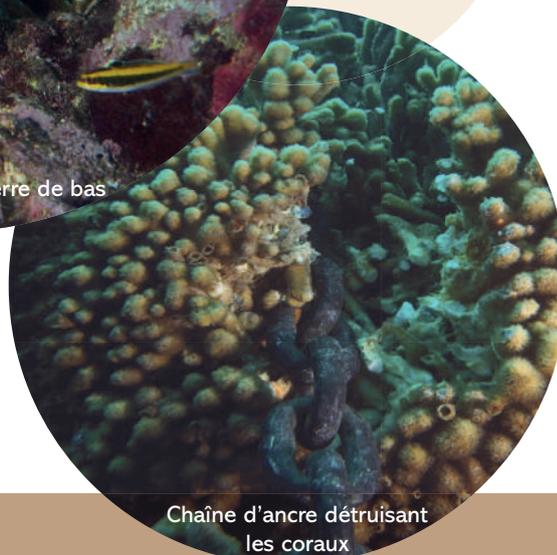
Bonne nouvelle: même si 60 % des récifs pourraient disparaître, les récifs ne disparaîtront probablement pas complètement.

Certaines espèces coralliennes pourront s'associer avec des zooxanthelles plus thermophiles (résistantes à la hausse de température).

Une étude menée par le Dr Andrew Baker (Wildlife Conservation Society - Société de protection de la vie sauvage - USA) a montré que la capacité des récifs coralliens à s'adapter au réchauffement des eaux pourrait dépendre de leur association avec des zooxanthelles génétiquement plus résistantes aux températures élevées (Baker et al. 2004).



Gorgone éventail - Terre de bas



Chaîne d'ancre détruisant les coraux

CE QU'IL FAUT RETENIR

Etat actuel :

Les récifs coralliens possèdent près de 25% de la biodiversité mondiale et assurent la sécurité d'un demi milliard d'habitants.

Ils sont toutefois fortement menacés par les activités anthropiques (pollution diffuse, surpêche, aménagements littoraux,...) qui réduisent leur résilience face au changement climatique.

En Guadeloupe, l'état de santé des coraux est médiocre et plusieurs épisodes de blanchissement se sont produits ayant des impacts forts sur les peuplements de coraux.

Projections :

- 60% des coraux mondiaux sont menacés de disparition dans les 50 prochaines années
- L'intensification des cyclones auront des effets physiques ponctuels, potentiellement dévastateur
- L'élévation de la température et l'acidification des océans participent à la fragilisation des écosystèmes coralliens.

Mesures :

- Réduire de manière drastique les pressions s'exerçant sur les coralliens (pollution diffuse, remblaiements, déchets, etc.)
- Augmenter les aires marines protégées ou mettre en place des contrats de milieu ;
- Encourager les programmes de restauration et de réhabilitation.

Transversalité :

- gestion du littoral,
- gestion de crise,
- développement durable.

2.1.3 - Herbiers de phanérogames marines

Généralités - introduction

Par herbiers marins, on entend « toute étendue fortement colonisée par des plantes à fleurs marines (phanérogames), à distinguer des algues.

Dans les Antilles, on recense cinq (5) espèces de Phanérogames strictement marines réparties dans les quatre (4) genres suivants: *Halophila* (*H. decipiens*, *H. baillonis*, *H. stipulacea*), *Halodule* (*H. wrightii*, *H. beaudetti*), *Syringodium* (*S. filiforme*) et *Thalassia* (*T. testudinum*). Les deux dernières espèces forment les herbiers les plus développés en Guadeloupe.

Parmi les cinq (5) espèces et quatre (4) genres (*Thalassia*, *Syringodium*, *Halophila*, *Halodule*), *Thalassia testudinum* est la plus abondante le long des côtes Caraïbes et de celles du Golfe du Mexique (Green E.Pet al, 2003). Sa distribution bathymétrique s'étend de la surface jusqu'à une dizaine de mètres dans la zone euphotique.

Quatre de ces espèces sont endémiques de la Caraïbe (Hily et al., 2010). L'« herbe à tortue », *T. testudinum*, occupe les fonds sableux et vaseux entre la surface et 10 m de profondeur et *Syringodium filiforme* « l'herbe à lamantin » est observée sur des fonds de sable ou de vase depuis la surface jusqu'à 30 m de profondeur.

Dans le Grand Cul-de-Sac Marin, les herbiers marins de préférence à Magnoliophytes marins, situés sur les hauts fonds de 0 à 5 m de profondeur, occupent 8 200 ha, soit 42% des biocénoses infralittorales et 58% des fonds meubles (Chauvaud et al., 2001).

Parmi ces 8 200 ha, 4 879 ha sont des herbiers denses et 3 341 ha sont des herbiers clairsemés (Bouchon et al., 2002). Ils sont essentiellement constitués par l'espèce climacique *Thalassia testudinum* souvent en cohabitation avec l'espèce opportuniste



Oursins blancs dans herbiers marin - Terre de Haut

Vulnérabilité au changement climatique

De nombreuses études permettent déjà d'évaluer les conséquences du changement climatique sur les herbiers qui pourrait exacerber l'ensemble des effets des pressions naturelles et anthropiques auxquels sont soumis ces habitats, en particulier ceux à faible résilience écologique (Short et Neckles, 1999 ; Waycott et al., 2009 ; Unsworth et al., 2014). En effet, l'augmentation de la température des océans pourrait altérer le taux de croissance et les fonctions physiologiques des phanérogames marines (Short et al., 2001) et modifier les espèces présentes en faveur des espèces plus tolérantes, ainsi que leur abondance et leur distribution géographique (Waycott et al., 2011).

Par ailleurs, l'augmentation du niveau des océans aura probablement un effet sur la répartition en profondeur des espèces dont l'activité photosynthétique et la productivité seront réduites. Les espèces les plus tolérantes au manque de lumière (*Halophila sp.* et *Halodule sp.*) seront ainsi potentiellement favorisées au détriment des espèces dont ces besoins sont plus importants (*Thalassia*) (Björk et al., 2008).

Cette augmentation du niveau des océans pourrait également entraîner un recul des limites inférieures des herbiers (Waycott et al., 2011) et profonds (Pergent et al., 2015).

Le changement climatique modifiera également la fréquence et l'intensité des précipitations, ce qui augmentera à certaines périodes les flux d'eau douce et de nutriments vers les zones côtières, entraînant à la fois une baisse de la salinité et une hausse des nutriments disponibles, affectant les phanérogames marines présentes dans les zones estuariennes (Villazán et al., 2016).

Dans certaines études, les herbiers figurent comme les moins impactés, voire bénéficiaires de l'acidification des océans en raison de la disponibilité accrue de CO₂ et de bicarbonate pour la photosynthèse (Guinotte et Fabry, 2008 ; Koch et al., 2013 ; Kroeker et al., 2013 ; Brodie et al., 2014). Par contre, l'acidification des océans pourrait contribuer à une baisse des substances phénoliques protectrices des feuilles des phanérogames marines et estuariennes, pouvant générer une augmentation de la pression d'herbivorie, des taux de décomposition et de la mortalité chez ces plantes (Arnold et al., 2012).

Les tempêtes et les cyclones constituent des perturbations potentiellement très destructrices pour les herbiers du fait de l'impact de la forte houle et des pluies abondantes générées lors de ces événements climatiques exceptionnels.



Oursins blancs dans herbiers marins

L'action physique des vagues, en particulier dans le cas des événements extrêmes, peut conduire localement à une diminution de la biomasse, du recouvrement et de la distribution des herbiers. Les causes de ces perturbations sont multifactorielles (p. ex. érosion, enfouissement, baisse de l'irradiance) et se traduisent par des réponses variables selon les caractéristiques biologiques des espèces.

Ces événements climatiques conduisent fréquemment à la fragmentation, l'érosion ou l'ensevelissement des herbiers, notamment lorsqu'ils sont situés en zone peu profonde (inférieure à 10 mètres) (Preen et al., 1995 ; Ridler et al., 2006 ; Yamakita et Nakaoka, 2008). Les herbiers subtidiaux, sont quant à eux davantage impactés par le manque de lumière résultant de la turbidité de l'eau (Preen et al., 1995) que par ces effets mécaniques. Les ensablements peuvent avoir des répercussions à long terme avec une faible recolonisation de l'herbier (Fourqurean et Rutten, 2004), en particulier si les banques de graines et la qualité des sites de germination sont affectées (Bell et al., 2008).



Ancre de bateau dans un herbier Malendure

Mesures d'atténuations et solutions vis-à-vis de ces écosystèmes

Globalement, les principales pressions et menaces agissant à l'échelle locale sont majoritairement d'origine anthropique. Les Antilles sont toutes concernées par le développement croissant des activités humaines et les dégradations engendrées sur l'environnement littoral, se manifestant par des perturbations physiques ou par la dégradation de la qualité de l'eau (augmentation de la charge en nutriment, turbidité et envasement), constituant les principales menaces pour les herbiers.

Tout comme pour les coraux, une des solutions, réalisable à plus petite échelle, pour préserver la structure, le fonctionnement et le rôle écologique des récifs coralliens est d'atténuer les perturbations anthropiques annexes, qui agissent de façon chronique ou ponctuelle.

Dans ce contexte, les principaux enjeux des herbiers sont à la fois :

- l'acquisition de connaissances de cet écosystème pour mieux comprendre leur fonctionnalité,
- de la gestion, en mettant notamment en place une surveillance pérenne et efficace des herbiers, mais également des conditions environnementales et des sources directes de pressions. Cela permettra d'évaluer finement leur état de santé et leur tendance évolutive sur la base d'indicateurs adaptés aux différentes problématiques,
- d'une limitation et de réduction des pressions anthropiques.



CE QU'IL FAUT RETENIR

Etat actuel :

L'herbe à tortue et l'herbe à lamantin sont les deux principales espèces endémiques de la Caraïbe, présentes en Guadeloupe. Les herbiers couvrent une grande superficie notamment dans le Grand Cul-de-Sac Marin (8200 ha). Les herbiers ont un rôle fonctionnel important, tant d'un point de vue écologique (nourricerie, zone de reproduction, nurserie) que physique (maintien du sédiment, lutte contre l'érosion..).

Les herbiers sont toutefois menacés par l'hypersédimentation et certaines activités humaines (pollution diffuse, destruction physique).

Leur surface régresserait selon un taux de 110 km² par an depuis 1980.

Projections :

- Altération possible du taux de croissance du fait du réchauffement climatique
- Acidification des océans avec une augmentation des taux de décomposition et de mortalité
- L'augmentation de l'intensité des cyclones provoquerait fragmentation et ensevelissement des herbiers
- Compétition avec des espèces exotiques envahissantes

Mesures :

- Réduire de manière drastique les pressions exercées sur les herbiers (pollution diffuse, remblaiements, mouillages forains, etc.).
- Renforcer le suivi des aires marines protégées ou mettre en place des contrats de milieu ;
- Encourager les programmes de restauration et de réhabilitation.

Transversalité :

Gestion du littoral, gestion de crise, développement durable.

2.2- Effets sur la biodiversité

2.2.1 Phytoplancton

Généralités - introduction

Le phytoplancton est l'élément de base du réseau trophique dans les eaux océaniques et une des plus importantes sources d'oxygène atmosphérique, avec la végétation terrestre.

Le phytoplancton est responsable de l'absorption de quantités considérables de dioxyde de carbone, au même titre que les arbres.

Lorsqu'il meurt, il sédimente au fond des océans et piège donc ce carbone pour des milliers d'années. Si le phytoplancton disparaît, migre ou que sa biomasse diminue, le dioxyde de carbone ne sera pas capté (ou moins) et s'intensifiera donc d'autant plus dans l'atmosphère.

Vulnérabilité au changement climatique

Augmentation du taux de CO₂ : Même si l'augmentation du taux de CO₂ peut favoriser la croissance du phytoplancton dans certaines zones du globe, l'augmentation de la température conduit à un océan plus « stratifié », avec des eaux chaudes en surface qui se mélangeront moins avec les eaux froides des profondeurs, riches en nutriments (contrairement à la surface). Les communautés de phytoplancton, disposant alors de moins de nutriments, seront fortement perturbées.

Cyclones et ouragans : les tempêtes tropicales provoquent des mouvements importants des masses d'eaux océaniques, faisant remonter, des profondeurs vers la surface, des nutriments nutritifs comme l'azote, le phosphate (ainsi que du fer) servant au développement phytoplanctonique. En conséquence, des blooms⁴ de phytoplancton apparaissent et se propagent, et c'est toute la vie dans les océans qui en profite.

Modification de la physico-chimie des océans : le changement climatique entraîne également des modifications de la chimie et de la physique des eaux océaniques qui auront des impacts sur le phytoplancton depuis les individus jusqu'à l'écosystème en général, notamment en termes de disponibilité des ressources (nutriments et luminosité) mais également au niveau de la pression du zooplancton brouteur et de la sélection naturelle.

Les principales réponses du phytoplancton face au changement climatique seront :

- **Au niveau des communautés phytoplanctoniques**, des changements dans la structure (taille, composition, diversité) et la distribution biogéographique des espèces vers de nouvelles interactions interspécifiques et au sein du réseau trophique. Plusieurs études indiquent que le changement climatique, et particulièrement la réduction de la circulation thermohaline, pourrait diminuer sérieusement la biomasse de phytoplancton dans le monde (Behrenfeld 2006). D'un point de vue géographique, des disparités dans la répartition du phytoplancton en fonction de la latitude avec une hausse de la production liée au phytoplancton dans les hautes latitudes mais une baisse de production dans les basses latitudes sont à envisager et donc une tendance globale à la baisse du puits de carbone par les océans dans le futur.

- **Au niveau individuel, des changements au niveau physiologique, morphologique et comportemental**, tandis qu'au niveau du peuplement, les gammes de tolérance et les niches écologiques seront modifiées, ce qui influencera la dispersion et le recrutement de l'espèce.

- Des apparitions plus fréquentes de pics de biomasse ou de mini-blooms et de phytoplancton nuisible ou potentiellement toxique dans les systèmes côtiers liés à des conditions plus chaudes, à l'eutrophisation et / ou à des changements dans les régimes de vent. Ce développement accru de taxons potentiellement toxiques, ce qui entraînerait des impacts dévastateurs sur les écosystèmes côtiers et l'aquaculture (poissons, conchyliculture,...). C'est le cas de *Pyrodinium* par exemple, une espèce de phytoplancton qui provoque des marées rouges dans la région Caraïbe comme dans beaucoup d'autres régions du monde. Ce phytoplancton toxique prolifère parfois en efflorescence et atteint des concentrations telles que l'eau est décolorée.

- Par ailleurs, d'autres algues microscopiques dans les régions tropicales pourraient profiter de la dégradation des coraux liée au changement climatique pour se développer. C'est le cas des dinoflagellés, et en particulier de *Gambierdiscus toxicus* qui cause la ciguatera, une intoxication alimentaire dont les conséquences pourraient s'amplifier dans les années à venir.

Des altérations des taux de croissance et de photosynthèse et des processus de calcification liés à l'augmentation du CO₂ et à l'acidification des océans (modification des peuplements de Coccolithophoridés, phytoplancton calcaire) ;

- La dominance d'espèces plus petites dans des conditions plus chaudes (liées à la stabilité de l'eau et / ou à la pression de broutage) ;

- Des changements dans la phénologie, l'ampleur et la composition en espèces des blooms de phytoplancton en raison d'une stratification thermique plus marquée et / ou d'une activité modifiée du zooplancton ;

⁴BLOOM: Anglicisme qui désigne l'accroissement rapide de la concentration de phytoplancton

CE QU'IL FAUT RETENIR

Etat actuel :

Phytoplancton : élément de base du réseau trophique dans les eaux océaniques et responsable de l'absorption de dioxyde de carbone.

Projections :

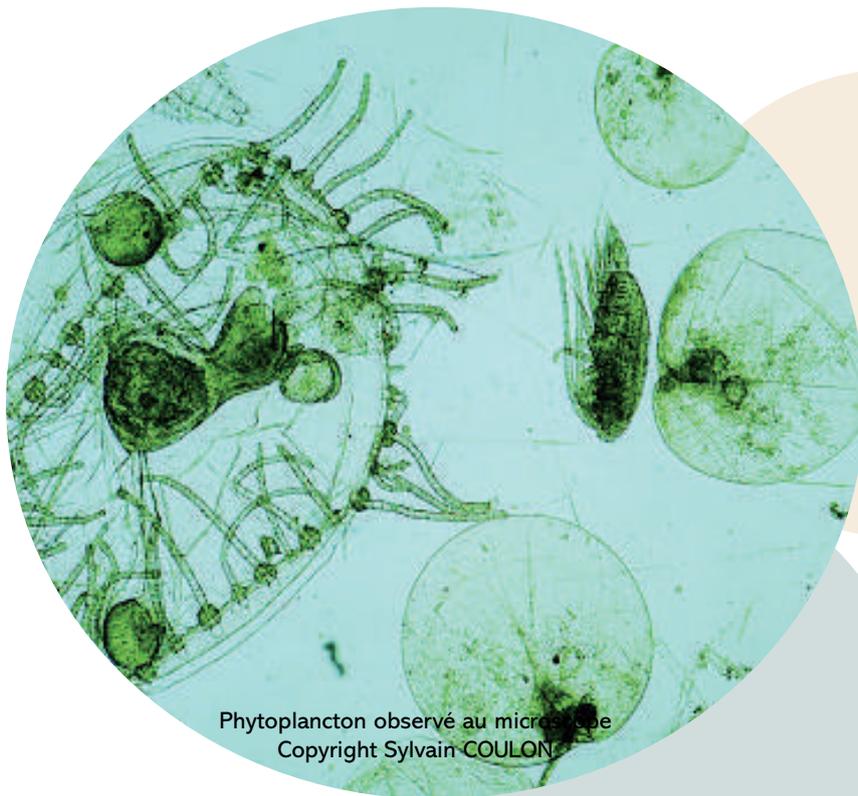
- Modification mondiale de la structuration des peuplements phytoplanctoniques
- Altération de la biomasse phytoplanctonique mondiale
- Développement probable de blooms phytoplanctoniques
- Recrudescence des cas de ciguatera, en lien avec la dégradation des récifs coralliens

Mesures :

- Peu de mesure envisageable,
- Lutter contre les pressions anthropiques
- Préserver l'état de santé des récifs coralliens pour limiter la propagation de dinoflagellés ciguatériques.

Transversalité :

Limitation des pollutions, protection des récifs coralliens.



Phytoplancton observé au microscope
Copyright Sylvain COULON

2.2.2 Poissons

Généralités - Contexte

Environ 4 000 espèces de poissons vivent dans ou aux abords des récifs corallien apportant une source de subsistance importante à quelque 500 millions de personnes à travers le monde.

Près de 350 espèces de poissons ont été recensées dans les eaux côtières de la Guadeloupe dont près de 250 observées sur des zones coralliennes, 120 dans les herbiers de phanérogames marines et 130 dans les mangroves.

Environ 80 % des espèces pêchées dans le monde sont exploitées au-delà de leurs capacités de régénération (UNEP 2006). Au total 24 espèces des eaux côtières de Guadeloupe sont classées sur liste rouge par l'UICN.

En Guadeloupe, près de 2 700 tonnes de poissons ont été pêchées en 2018 (Ifremer, 2019).

Vulnérabilité au changement climatique

La dégradation généralisée des coraux, et en particulier les épisodes de blanchissement, pourrait affecter certaines espèces de poissons de récif qui dépendent du corail pour leur survie. Deux études, réalisées aux Seychelles et aux Caraïbes, mettent en évidence des diminutions significatives de la diversité et de l'abondance des poissons de récif suite au blanchissement de 1998 et de 2005. Le déclin de ces populations menace directement leurs prédateurs, poissons ou oiseaux, et affecte ainsi l'ensemble de la chaîne alimentaire des océans tropicaux.

Les poissons marins pourraient aussi être affectés par une réduction de la circulation thermohaline (courants marins convectifs à l'échelle mondiale). Environ 75 % des zones de pêche seraient touchées par les effets de la réduction de la circulation thermohaline (UNEP 2006).

Enfin, le changement climatique pourrait également provoquer un déplacement de l'aire de répartition de certaines espèces de poissons, dû à une augmentation des températures.

Mesures d'atténuations et solutions

La transition entre les coraux et les algues peut, dans certaines situations, être ralentie voire inversée par l'action des poissons herbivores, qui régulent la biomasse algale des récifs par leur action de broutage. Dans la Caraïbe, la guildes des poissons herbivores inclut les poissons perroquet (*Scaridae*) et les poissons chirurgiens (*Acanthuridae*).

Ces espèces sont souvent complémentaires dans leur rôle fonctionnel au sein des récifs, en consommant des espèces algales différentes ou à des stades de croissance différents (Burkepile et Hay 2011 ; Dromard et al. 2015). Il est ainsi important de préserver l'intégralité de la communauté des herbivores, en conservant la diversité au sein de ce groupe fonctionnel.

Les poissons herbivores sont communément consommés dans la Caraïbe et les méthodes de pêche, bien que artisanales, sont peu sélectives.

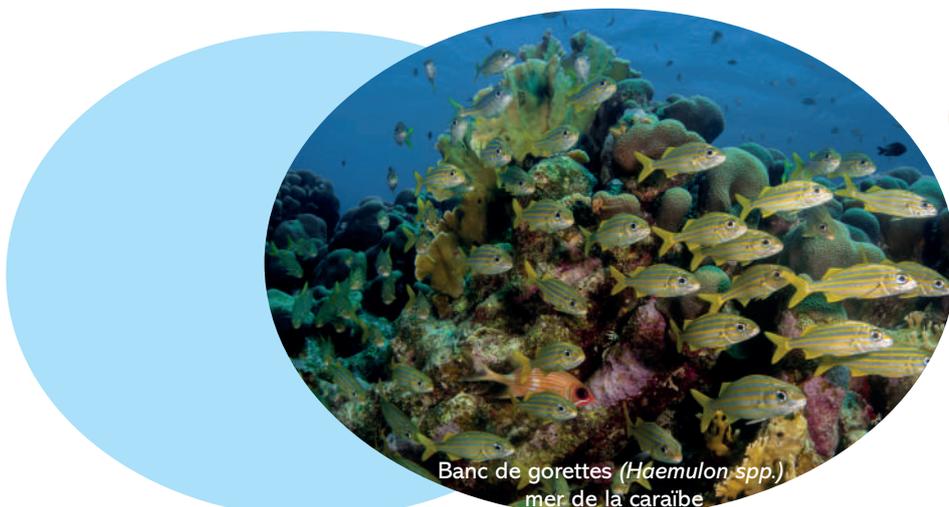
Il apparaît ainsi primordial de protéger ces poissons herbivores des activités de pêche, ou du moins de minimiser leur capture, afin de conserver leur rôle écologique sur les récifs.

A titre d'exemple, plusieurs espèces de *Scaridae* de grande taille, tels que le perroquet bleu (*Scarus coeruleus*), le zaway bleu (*Scarus coelestinus*) et le zaway flamand (*Scarus guacamaia*) ont drastiquement diminué en abondance dans les Petites Antilles.

Ces espèces, devenues rares, ont pourtant une action prépondérante dans la régulation de la biomasse algale, du fait de leur taille imposante et de leur pression de broutage intense.

Au-delà des limitations au niveau de l'activité de pêche, le stock de ces populations peut être maintenu par la préservation des zones de « nurseries » (herbiers, récifs peu profonds et mangrove) qui permettent aux jeunes « recrues » d'atteindre le stade adulte (en évitant la prédation) et de renouveler le nombre de poissons au sein de la communauté (Lecchini et Galzin 2003 ; Leis et al. 2011).

Ces zones de nurseries sont malheureusement fortement impactées par les activités humaines, du fait de leur proximité de la côte et des aménagements du littoral en pleine expansion.



Banc de gorettes (*Haemulon spp.*)
mer de la caraïbe

CE QU'IL FAUT RETENIR

État actuel :

Peuplement de poissons : riche et diversifié aux Antilles (hot spot - point chaud - de diversité) mais tendance générale à une diminution de la biomasse moyenne.

Projections :

- Blanchissement corallien affectera la diversité et l'abondance des peuplements de poissons
- Surpêche limite la capacité de résilience des peuplements
- Modification de l'aire de répartition des certaines espèces
- Compétition trophique et spatiale avec des espèces exotiques envahissantes

Mesures :

- Limiter la pêche des espèces «structurantes» des récifs coralliens (tels que les brouteurs)
- Réduire les pollutions diffuses qui dégradent l'état de santé des récifs coralliens et des herbiers
- Renforcer le réseau d'aires marines protégées sur les zones d'Intérêt halieutique.

Transversalité :

Limitation des pollutions, protection des récifs coralliens, aires marines protégées

2.2.3 Tortues marines

Généralités - Contexte

L'archipel guadeloupéen abrite une biodiversité exceptionnelle et riche, ce qui lui confère un rôle important en matière de conservation et de valorisation du patrimoine naturel. Il accueille cinq (5) des six (6) espèces de tortues marines de l'Atlantique dont trois (3) d'entre elles pondent sur les plages. Il s'agit de la tortue imbriquée *Eretmochelys imbricata*, communément nommée Karet, de la tortue verte *Chelonia mydas* et de la tortue luth *Dermochelys coriacea*.

Les tortues marines sont souvent utilisées comme indicateur biologique pour mesurer les impacts du changement climatique sur le milieu naturel, car elles subissent les effets de ce phénomène à tous les stades de leur cycle biologique.



Tortue verte sur un herbier de *Syringodium filiforme* - Îles des Grenadines

Rendement des reproducteurs

Le réchauffement progressif des océans au cours des 50 dernières années est un facteur de risque important qui doit être considéré sur les déclin à long terme de certaines populations de tortues marines. Il a ainsi été montré que la probabilité de nidification des tortues vertes, pour une année donnée est corrélée aux températures de surface hivernales du nord-est des Caraïbes (Solow et al, 2002).

Il est donc devenu de plus en plus apparent que la température dans les aires de nourrissage est un facteur important qui influence la capacité des tortues marines à se reproduire, que ce soit pour les tortues vertes (Solow et al, 2002), les tortues luth (Saba et al, 2007) ou les caouannes (Wallace & Jones, 2008).

Disponibilité des sites de pontes

Le cycle de vie des tortues marines comporte une phase terrestre qui, même si elle est courte, nécessite un accès aisé à certaines zones littorales de basse altitude par les femelles adultes venant pondre.

L'un des impacts les plus importants de la montée des eaux sera la perte des plages et des zones de ponte qui y sont associées. D'autres impacts, tels qu'une modification de l'équilibre sédimentaire des plages (IPCC 1997) ou une augmentation des chances d'inondation côtière, pourraient également avoir des conséquences significatives sur la reproduction des tortues.

L'altération généralisée des plages a des effets importants pour la faune et la flore inféodées à ces milieux, et en particulier pour les populations de tortues marines qui viennent y déposer leurs œufs. Une érosion finale du replat de la plage (le point le plus haut), laisse les terrains de faible altitude et les communautés terrestres situées derrière ce replat dans une position très vulnérable aux vagues et à l'intrusion d'eau salée, ce qui peut menacer la végétation, les ressources en eau douce et le bien-être des populations humaines.

Ainsi, l'ouragan Maria en 2017 a eu des conséquences notables, avec une érosion globalement importante sur les plages du Sud de Basse-Terre, des Saintes et de Marie-Galante avec le signalement de la destruction de plus d'une dizaine de nids de tortues.

Une étude scientifique sur l'hydro-sédimentaire de 200 plages caribéennes entre 1985 et 1995 a montré que 70% des plages étudiées s'étaient érodées (Cambers 1997). Une autre étude scientifique (Fish, 2005 in UICN,2010) a montré qu'une élévation du niveau marin de 0,5 mètres entraînerait la disparition d'environ un tiers des plages des Caraïbes, et avec elles de nombreux sites de pontes de tortues marines.

Incubateur et sex-ratio

Contrairement aux autres vertébrés amniotiques, dont le sexe est déterminé génétiquement à la conception, le sexe de nombreux reptiles est déterminé de manière irréversible par les températures rencontrées durant le second tiers du développement embryonnaire (Janzen & Paukstis, 1991).

L'élévation de la température du sable pourrait déséquilibrer le ratio mâle/femelle. Le sexe des tortues est déterminé par la température d'incubation des œufs pendant le développement de l'embryon. Ainsi plus la température du nid est élevée, plus il y aura de tortillons femelles et, inversement, plus la température du nid est faible plus il y aura de tortillons mâles.

Le rapport du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) de 2014 prévoit une hausse des températures moyennes de 2,6°C et le projet C3AF une augmentation de 2°C d'ici à 2080 en Guadeloupe, ce qui pourrait avoir pour conséquence une augmentation du taux de mortalité des œufs et l'augmentation de la proportion de tortues femelles (Lovich 1996). En outre, une augmentation des températures pourrait se traduire, d'une manière plus radicale, par une forte mortalité embryonnaire si les températures se rapprochaient des températures léthales à savoir supérieures à 34°C (Limpus et al, 1985; Matsuzawa et al, 2002).

Autres effets

- **Modifications du régime trophiques des juvéniles** (par modification des communautés planctoniques): Les juvéniles de tortues marines (ainsi que les adultes des espèces dérivantes comme la tortue luth) vont donc se trouver confrontés à des changements de distribution de leurs proies, à des modifications de leurs abondances ou tout simplement à une disparition de certaines espèces au profit de nouvelles. Ils risquent également de se retrouver au sein de réseaux trophiques totalement perturbés, le plancton en étant la base structurale.
- **Impacts sur les aires de nourrissage:** L'impact de la diminution de la production des récifs sur les tortues marines qui les fréquentent devrait être considérable, celles-ci se trouvant alors confrontées à une diminution importante de la disponibilité en proies et de zones de refuges contre les prédateurs. Les modifications de la distribution, de la biomasse et de la productivité des herbiers marins va donc toucher les populations de tortues marines et notamment les tortues vertes, directement dépendantes des phanérogames pour leur alimentation à l'état adulte.
- **Routes migratoires:** Le changement climatique pourrait avoir une influence importante sur la dynamique des populations de tortues marines par des changements dans le comportement migratoire (McMahon & Hays, 2006). Les tortues pourront en effet soit modifier leurs trajets suite à une baisse du recrutement des habitats de nourrissage existants, une diminution des ressources en nourriture ou une disparition des sites de ponte, soit (pour les espèces qui se laissent dériver) se laisser emporter dans des zones inhabituelles suite à une modification des courants océaniques.

Mesures d'atténuations et solutions

Au niveau réglementaire français, les tortues marines sont protégées et un Plan national d'Action en faveur des tortues marines des Antilles est en cours sur la période 2020-2029. Il a pour objectif d'améliorer l'état de conservation des populations de tortues vertes et de tortues imbriquées.

Afin d'y parvenir, la stratégie adoptée pour les dix prochaines années est de lutter contre les pressions anthropiques directes et indirectes s'exerçant sur les populations de tortues marines et leurs habitats.

Il constitue un outil de gestion pour l'ensemble des acteurs des territoires concernés et vise à apporter une cohérence aux actions de gestion des espèces et de leurs habitats dans le cadre de la stratégie définie à long terme.

Lutte contre l'érosion des plages

Afin de lutter contre l'érosion des plages liée à l'élévation du niveau de la mer, des mesures de renforcement des plages ont été entreprises dans de nombreux pays. Elles consistent à alimenter certaines plages avec du sable extrait des fonds marins. C'est un exemple de mesure visant à lutter contre les effets du réchauffement climatique mais qui peuvent en aggraver les effets sur certains animaux.

Ainsi, le sable extrait est souvent noir ou de couleur plus foncée et il entraîne alors des températures d'incubation plus chaudes pour les nids de tortues marines, aggravant alors les phénomènes de modification de la sex-ratio et de mortalité embryonnaire (Godfrey in ISTS 2007).

Cette lutte peut passer par des opérations de végétalisation du littoral pour limiter l'érosion et optimiser les habitats de pontes des tortues marines. Des actions de la sorte ont été menées par l'Office National des Forêts (ONF) en Guadeloupe, sur plusieurs plages de Guadeloupe.



Tortue verte sur l'herbier de Malendure

CE QU'IL FAUT RETENIR

Etat actuel :

Trois (3) espèces de tortues pondent sur les plages guadeloupéennes.
Les herbiers et les zones coralliennes sont des espaces de nourrissage importantes
Il existe un Plan National d'Actions pour les tortues marines des Antilles allant de 2020 à 2029.

Projections :

- Forte vulnérabilité au Changement Climatique
- Incidence élevée de la température sur le sex-ratio des tortues (plus de femelles que de mâles)
- Les cyclones auront pour conséquences une fortes sur l'érosion du trait de côte et la perte de la disponibilité des sites de pontes
- Le changement climatique influence les routes migratoires et les aires de répartition.

Mesures :

- Gestion du trait de côte
- Réduire des pressions anthropiques
- Protection du littoral
- Opérations de réhabilitation de plage

Transversalité :

Gestion du littoral, protection des récifs coralliens, aires marines protégées

2.2.4 Mammifères marins

Généralités - Contexte

Il existe plus d'une centaine d'espèces de mammifères marins dans le monde, et parmi celles-ci, 85 espèces de cétacés.

De nombreuses campagnes scientifiques d'observation en mer ont révélé la présence de plus d'une vingtaine d'espèces dans les Antilles françaises, soit un tiers de la totalité des espèces mondiales. Le Sanctuaire AGOA, Aire Marine Protégée dédiée à la gestion conservatoire des mammifères marins, recouvre la ZEE (Zone économique exclusive) de ces quatre territoires français (Guadeloupe, Martinique, Saint-Martin et Saint-Barthélemy).

Toutes les espèces n'utilisent pas le milieu de la même façon ni à la même fréquence. Certaines espèces sont dites résidentes, comme le Dauphin tacheté pantropical, le Grand cachalot, ou encore le Grand dauphin. D'autres espèces, migratrices, viennent dans les eaux chaudes de la Caraïbe pour assurer leur reproduction comme la Baleine à bosse, présente de décembre à juin (avec un pic d'observations en mars et en avril) chaque année après avoir traversé l'Atlantique, ou encore le Dauphin tacheté de l'Atlantique (Peltier et al., 2015).

En Guadeloupe, la majorité des observations de cétacés s'effectue en côte sous le vent de la Basse-Terre. Cela s'explique notamment par le profil des fonds marins. Les grands plongeurs tels que le Grand cachalot utilisent un milieu où la profondeur varie autour de 2000m. Le sec de Pointe noire est donc une zone propice à l'alimentation pour ces espèces teutophages (consommation de calmars). D'autres secteurs sont utilisés par les cétacés comme zone d'alimentation, de chasse ou de repos, tels que la réserve de Petite Terre, où un grand groupe de Grand dauphins y est résidant, le sec Pâté entre le Sud de Basse-Terre et les Saintes, ou encore le Nord Grande Terre où un groupe de Sténo rostrés y est régulièrement observé.

Les baleines à bosse quant à elles utilisent particulièrement à la saison sèche les secteurs suivants : canal des Saintes, le Banc Colombié et de manière générale la zone à l'Ouest de Marie-Galante, la réserve de la Petite-Terre, la zone autour de la Pointe des châteaux, ainsi que la zone en côte Est de la Désirade.

Vulnérabilité au changement climatique

Le processus d'acidification des océans pourrait affecter gravement les populations de mammifères marins en raison de son impact sur les proies (WWF, 2015). Beaucoup d'invertébrés fabriquent et consolident leur squelette interne ou externe (coquille) via des processus chimiques complexes, comme le zooplancton constitué de micro-organismes à la base de la chaîne alimentaire. L'acidification des océans bouleverse cet équilibre et fragilise ces structures, diminuant ainsi le taux de survie et de reproduction de ces espèces. Par exemple, une étude révèle l'impact de l'acidification des océans sur les calmars, qui constituent le régime alimentaire de plusieurs espèces de mammifères marins, tels que le cachalot.

Les mammifères marins, comme tous les êtres vivants, se répartissent à la surface du globe selon des barrières géographiques (différences thermiques entre les masses d'eau, créant notamment les grands courants marins) et des conditions environnementales liées à leur cycle de vie.

Si ces conditions changent, alors leur répartition et leurs déplacements en seront impactés. Ainsi, toute une chaîne alimentaire peut être déséquilibrée, du plancton aux mammifères marins, par le remaniement des courants marins et leur température et leur salinité, et par l'élévation du niveau de la mer dû notamment à la fonte des glaces.

Les impacts sur les mammifères marins proviennent d'un changement dans la distribution et l'abondance des ressources alimentaires. Les mammifères marins pourraient être amenés dans certains cas à parcourir entre 200km et 500km de distance supplémentaire (WWF, 2015) afin de trouver leur nourriture. En découle une dépense énergétique plus élevée, affectant entre autres leur succès reproducteur. Il a été démontré que les femelles de la baleine à bosse ne mettent bas que lorsque les conditions pour alimenter leur petit sont favorables.

En fine, certaines espèces ou populations pourraient disparaître des eaux chaudes actuelles des Antilles. Cela aurait potentiellement à son tour un impact socio-économique, puisque ces animaux suscitent un intérêt touristique.

Mesures d'atténuations et solutions

La responsabilité de la Caraïbe et particulièrement des Petites Antilles vis-à-vis des mammifères marins est ainsi très forte compte tenu de la représentativité de ces espèces par rapport à l'échelle mondiale.

Les biologistes marins ont récemment découvert que les baleines, notamment les baleines à bosse, jouent un rôle significatif dans la capture du carbone atmosphérique (Roman et al., 2014). Les baleines accumulent du carbone dans leurs tissus au cours de leur longue vie. Lorsqu'elles meurent, leur corps coulent jusqu'au plancher océanique et se dégrade lentement, libérant le carbone qui sédimentera sur les fonds marins.

Chaque baleine peut séquestrer ainsi environ 33 tonnes de CO₂. En comparaison, un arbre peut séquestrer environ 22 kilos de CO₂ atmosphérique en une année.

La protection de ces mammifères marins et l'augmentation des effectifs à l'échelle mondiale, pourraient accroître significativement la capture de ce gaz à effet de serre, car la population mondiale actuelle des baleines ne constitue aujourd'hui qu'une petite fraction de ce qu'elle représentait auparavant (Ralph Chamie et al., 2019). De plus, les fèces de ces grands animaux contiennent de grandes quantités de fer, élément essentiel pour la croissance d'algues marines à la base de chaînes alimentaires.

De manière globale, il est nécessaire d'améliorer les méthodes de gestion conservatoire de ces animaux, afin de protéger et conserver leurs ressources et leurs aires d'alimentation, de repos, et de reproduction au sein du Sanctuaire Agoa (aire marine protégée dédiée aux mammifères marins dans les Antilles françaises), mais aussi de toute structure œuvrant pour la protection et l'amélioration des connaissances sur les mammifères marins.

Ce niveau de protection doit être poursuivi au-delà de l'échelle régionale, car les mammifères marins peuvent se déplacer sur des territoires hors de la ZEE (zone économique exclusive) française.

CE QU'IL FAUT RETENIR

Etat actuel :

Plus de 20 espèces fréquentent les eaux antillaises.
Fréquentation fortement dépendant de la saisonnalité
Nombreuses espèces migratrices dont la Baleine à bosse.

Projections :

- Changement physico-chimique de l'eau (température/acidification) : modification du régime de proies
- Modification de la répartition des espèces migratrices
- Changement climatique : influence des routes migratoires et les aires de répartition.

Mesures :

- Renforcer les mesures de protection des espèces
- Améliorer la résilience des espèces par un développement des populations de mammifères marins.

Transversalité :

Aires marines protégées



Grand Dauphin



Dauphin de Fraser

2.2.5 Requins

Généralités - Contexte

Bien que l'état des populations de requins semble inquiétant (avec une faible abondance par rapport à d'autres îles de la Caraïbe), l'archipel guadeloupéen présente une grande diversité d'espèces de requins (plus de 40 espèces identifiées dont plus de 10 espèces côtières) qui vivent au moins une partie de leur vie en milieu côtier et qui sont dépendants des mangroves et des structures récifales (source: REGUAR [<https://kapnatirel.org/reguar>]).

Vulnérabilité au changement climatique

Ces espèces présentent des caractéristiques qui les rendent particulièrement vulnérables au changement climatique (fidélité au site, philopatrie, stade du cycle de vie considéré comme vulnérable sur des zones côtières, régime alimentaire sélectif et spécifique, ...).

1-La modification de l'aire de répartition

L'augmentation de la température des océans peut entraîner un changement dans la répartition des requins vers des températures plus basses (donc vers les pôles nord/sud ou vers des eaux plus profondes). La température est un facteur important dans la répartition des populations de requins car elle influe directement sur leur métabolisme. En dehors des valeurs optimales de température, le métabolisme va consommer plus d'énergie pour certains processus (la digestion, la respiration, ...) au détriment d'autres (comme la croissance et la reproduction) (Portner et al, 2007).

2-La dégradation/modification des habitats des requins

D'après la littérature et les diverses recherches menées sur le sujet, les habitats côtiers comme les mangroves, les herbiers et les récifs coralliens sont particulièrement vulnérables au changement climatique (Jackson, 2008). Ces habitats sont essentiels à la survie de plusieurs espèces de requins : ce sont des nurseries qui abritent les nouveaux nés, ce sont des « garde-manger » qui permettent aux requins de subvenir à leurs besoins alimentaires et ce sont également des lieux de reproduction qui assurent la continuité des populations.

Ainsi, la dégradation/destruction de ces habitats pourrait entraîner de graves conséquences sur les populations de requins.

L'impact est d'autant plus important pour les espèces qui passent toute leur vie dans ces habitats (comme le requin nez noir, *Carcharhinus acronotus*, régulièrement rencontré sur la Grande Terre) mais aussi pour des espèces dont certains stades importants du cycle de vie sont côtiers (comme le requin marteau halicorne, *Sphyrna lewini*, avec des femelles gestantes occasionnellement observées près des côtes guadeloupéennes). De même pour les espèces « philopatriques », comme le requin citron, *Negaprion brevirostris*, avec les femelles qui utilisent leur site de naissance pour mettre au monde leur propre descendance. L'impact sera également plus important pour des espèces « fidèles » à leur site qui auront tendance à rester sur le site modifié et à s'adapter aux modifications environnementales au détriment de certains processus métaboliques (comme l'alimentation, voir 3-).

3-La modification du régime alimentaire

La modification des conditions environnementales peut entraîner un changement dans la composition des communautés de proies (Jennings and Brander, 2010, Chin and Kyne, 2007).

Par ailleurs, d'après les données disponibles, la Guadeloupe possède le plus grand nombre de nurseries de requins identifiées à ce jour dans les Antilles françaises (plus de 8 zones de nurseries pour au moins 4 espèces de requins côtiers).

Elle abrite également la plus grande nursery des Antilles françaises (plus de 28 requins citron nouveaux-nés recensés en 2016 sur Petite Terre).

Ce même site accueille durant quelques mois des agrégations de

Si l'espèce ne peut pas modifier son régime alimentaire elle va modifier son aire de répartition pour suivre ses proies (voir §1). Si l'espèce est fidèle à son site, elle devra adapter son régime alimentaire. Cette adaptation peut avoir des conséquences sur la capacité d'un individu à se reproduire, si les nouvelles proies n'apportent pas tous les éléments essentiels au bon fonctionnement du métabolisme du prédateur.

C'est le cas du requin citron, qui reste sur le même site de naissance durant les 3-4 premières années de vie. Une étude réalisée au Bahamas a montré l'adaptation des juvéniles à la dégradation de l'habitat (destruction de la mangrove pour la création d'un complexe hôtelier).

Les modifications environnementales ont entraîné une modification des communautés de proies et par conséquent du régime alimentaire des juvéniles. Ces derniers ont présenté une diminution du fitness avec une diminution du taux de croissance et une augmentation de la mortalité, entraînant une diminution des populations (Jenning et al, 2014).

4-La diminution de l'olfaction

L'augmentation du CO2 pourrait entraîner une diminution de l'olfaction chez les requins (Pistevos et al, 2015) et par conséquent une diminution du fitness et une augmentation de la prédation (principalement pour les juvéniles). L'olfaction joue un rôle important dans la capacité à localiser les proies à distance, car les signaux d'odeur se dispersent plus que la plupart des autres signaux (Gardinier et al, 2014).

La diminution du taux de réussite de chasse va entraîner une augmentation du temps passé à chasser et donc une augmentation de la consommation d'énergie, au détriment d'autres processus (comme la croissance) et diminuer le fitness (Pistevos et al, 2015).

L'olfaction est également importante pour éviter les prédateurs et pour la communication chimio-sensorielle avec les congénères de la même espèce (Yoppaf et al, 2014). Ces modifications induites par le changement climatique concernent la Guadeloupe.

D'autant que les espèces tropicales sont considérées comme plus sensibles que les espèces tempérées car elles ont évolué dans un environnement plus stable ce qui réduit leur capacité à faire face à des modifications comme des températures supérieures à leur optimum thermique (Donelson et al, 2011).

De même pour les espèces récifales (Kibria et al, 2017). A noter également que les écosystèmes côtiers de l'archipel sont déjà soumis à de fortes dégradations et des modifications environnementales (notamment via la pression de pêche et la pollution côtière).

Mesures d'atténuations /solutions

- Préservation des habitats clés : herbiers, mangroves et récifs coralliens pour les juvéniles, en tant que nurserie
- Préservation des populations (réduction des captures et protection des espèces)
- Préservation des proies indispensables pour un réseau trophique complet.

CE QU'IL FAUT RETENIR

Etat actuel :

Plus de 40 espèces fréquentent les eaux antillaises.
Un grand nombre de nurseries présentes en Guadeloupe
Nombreuses espèces migratrices dont le requin.

Projections :

- Modifications des régimes alimentaires
- Modification de l'olfaction
- Le changement climatique influence les routes migratoires

Mesures :

- Renforcement des mesures de gestion et de protection des espèces (limitation des captures)
- Amélioration de la résilience des espèces par une réduction des menaces sur la populations de requins,
- Développement d'aires marines protégées conséquentes, notamment sur les secteurs fonctionnels (nurseries notamment)

Transversalité :

Aires marines protégées, réduction de la pressions sur les habitats fonctionnels des requins (notament les mangroves/herbiers/récifs coralliens).

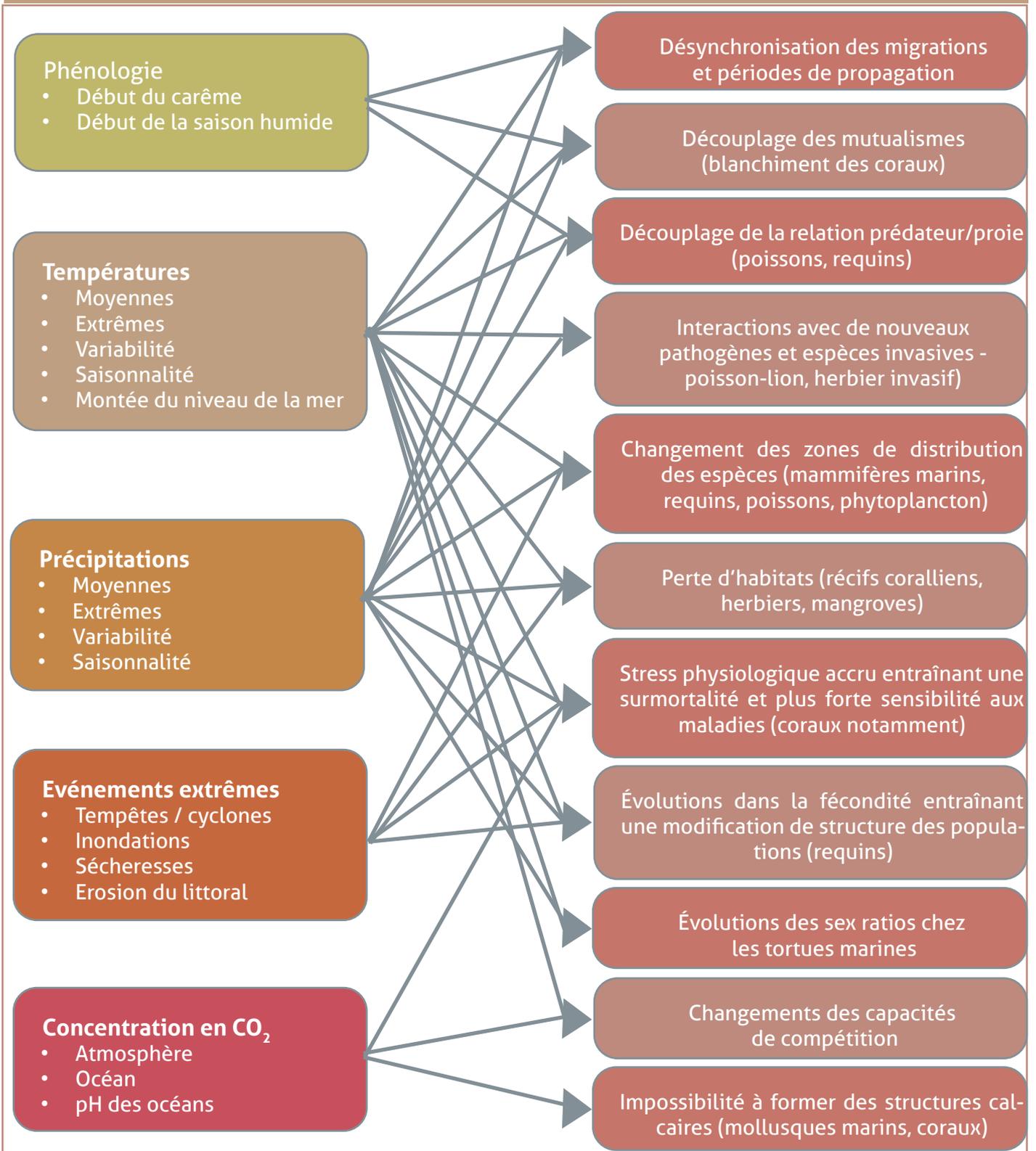


Requin citron



Requin nourisse

Figure 2: Synthèse des effets attendus du changement climatique et exemples d'impacts probables qu'ils auront sur les espèces



Source: IFRECOR adapté par CREOCEAN