



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



EDITION DECEMBRE 2020



PRÉFET
DE LA RÉGION
GUADELOUPE

Direction
de l'Environnement,
de l'Aménagement et du Logement



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.

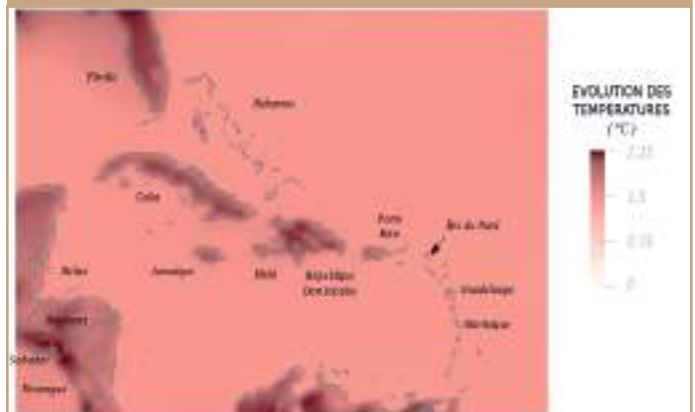
Celui-ci serait de l'ordre de 1,5°C sur l'océan et 2°C sur la terre (îles et continent) en moyenne sur l'année entre les décennies récentes et à venir, avec une accélération du réchauffement attendue à partir de 2050-2055 en faisant l'hypothèse d'un scénario d'émission de gaz à effet de serre pessimiste.

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/nocurnes 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 RCP²8.5 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.

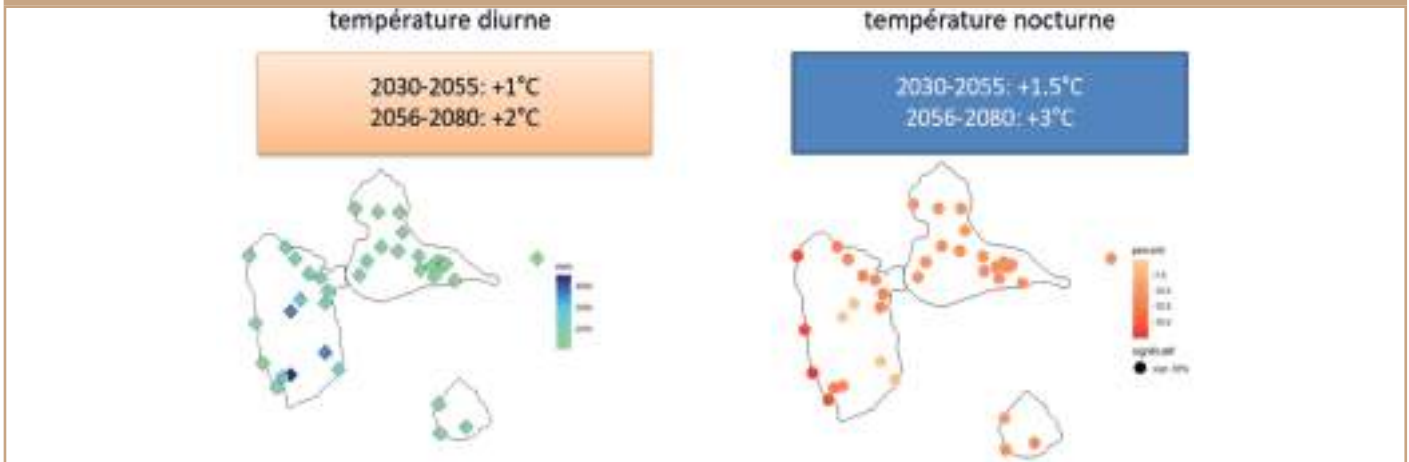
En effet la pluviométrie moyenne annuelle sur la Guadeloupe et ses îles proches met en évidence de grandes disparités induites par la géomorphologie de ces îles, dont vont dépendre les réponses locales au réchauffement climatique.

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).

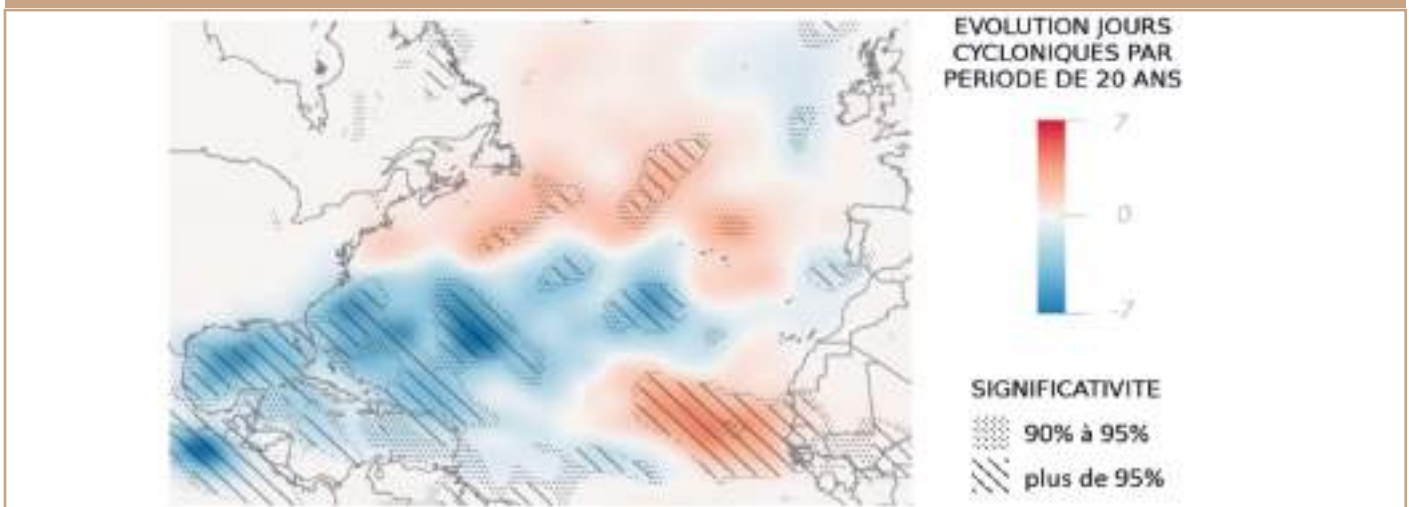
L'activité cyclonique future vue par le modèle Arpege-Climat de Météo-France confirme les conclusions du dernier rapport d'évaluation du GIEC³ publié en 2013.

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.



Vulnérabilité des écosystèmes marins et de la biodiversité marine

2.1- Ecosystèmes marins

2.1.1- Mangroves

Généralités - introduction

Les mangroves ont une valeur écologique, culturelle et économique extrêmement importante. La mangrove est considérée aujourd'hui comme un des écosystèmes les plus importants de notre planète du fait des multiples rôles fonctionnels et d'usages.

En Guadeloupe, les estimations des surfaces de mangroves varient entre 2 325 ha et 3 983 ha ; les données les plus récentes indiquent plutôt 2 950 ha (FAO, 2005 ; Spalding et al., 1997) majoritairement situées dans le Grand Cul-de-Sac Marin (Figure 4). Cela représente près de 42% de l'arc insulaire des petites Antilles (Spalding et al., 1997).

Les mangroves guadeloupéennes s'étendent principalement sur le pourtour du Grand Cul-de-Sac Marin et l'îlet Fajou dans la partie au nord de la Rivière salée, et sur le pourtour du Petit Cul-de-Sac marin dans la partie sud. Des mangroves sont également situées sur la partie sud du littoral de Grande Terre ainsi que sur la commune du Moule au nord-est (voir carte 4).

Carte 4: Localisation des zones de mangrove en Guadeloupe



Source: Pôle relais des zones humides et tropicales

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 sursature 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).

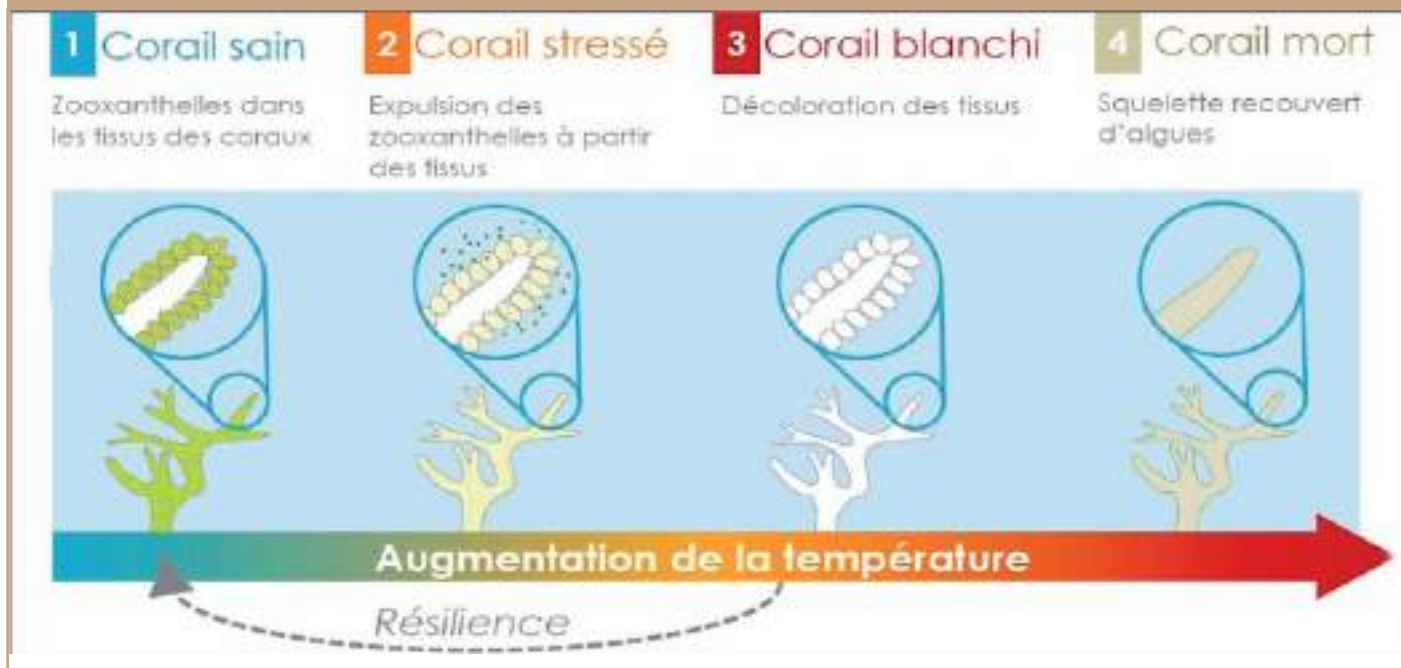


Récifs coralliens mer de la Caraïbe



Coraux mer de la Caraïbe

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).

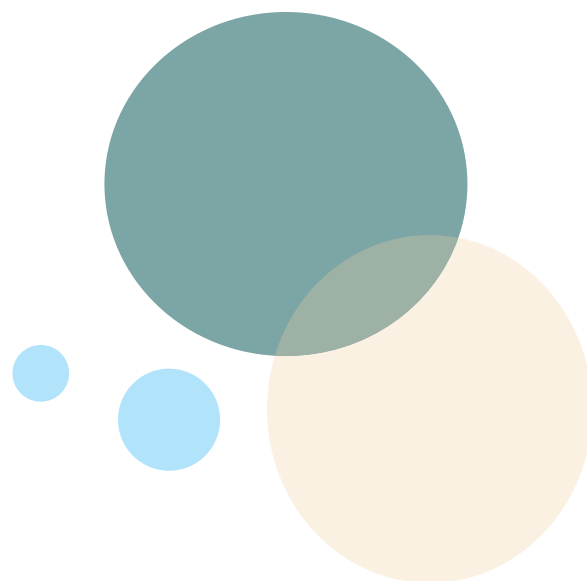
Les récifs sont aussi directement menacés par l'élévation du niveau marin, l'intensification des cyclones et l'acidification des océans. Il est possible que certaines espèces de coraux, dont les populations sont en bonne santé, puissent s'adapter à une élévation lente et progressive du niveau marin, 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).



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 marins mer de la Caraïbe

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.



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).

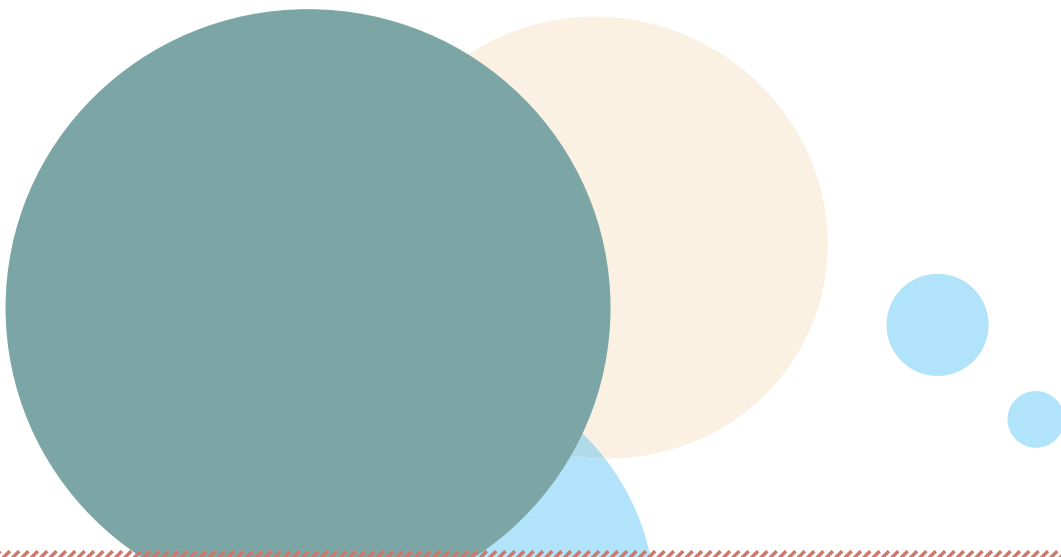
Mesures d'atténuations et solutions vis-à-vis de ces écosystèmes

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.



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.

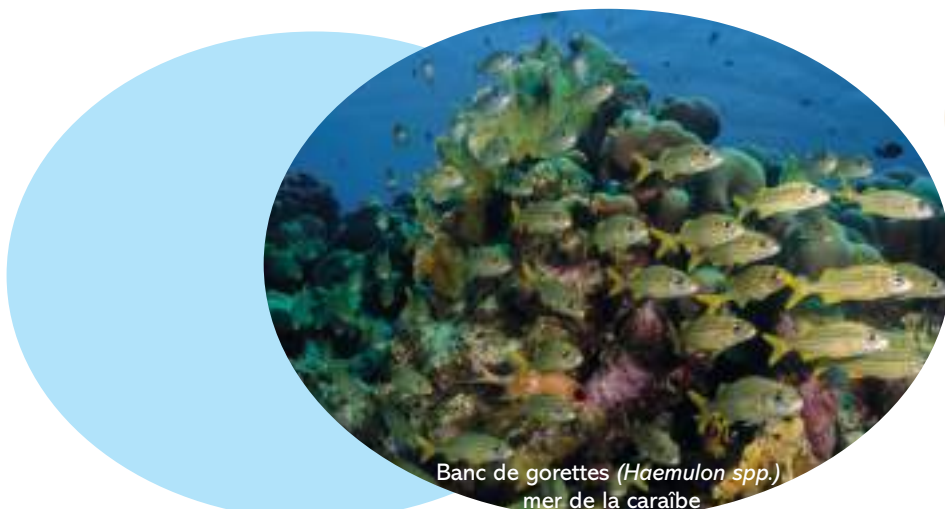
Il apparaît ainsi primordial de protéger ces poissons herbivores des activités de pêche, ou du moins de minimiser leur capture, afin de conserver leur rôle écologique sur les récifs.

A titre d'exemple, plusieurs espèces de *Scaridae* de grande taille, tels que le perroquet bleu (*Scarus coeruleus*), le zawag bleu (*Scarus coelestinus*) et le zawag 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* mer des Caraïbes

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.

In 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 :

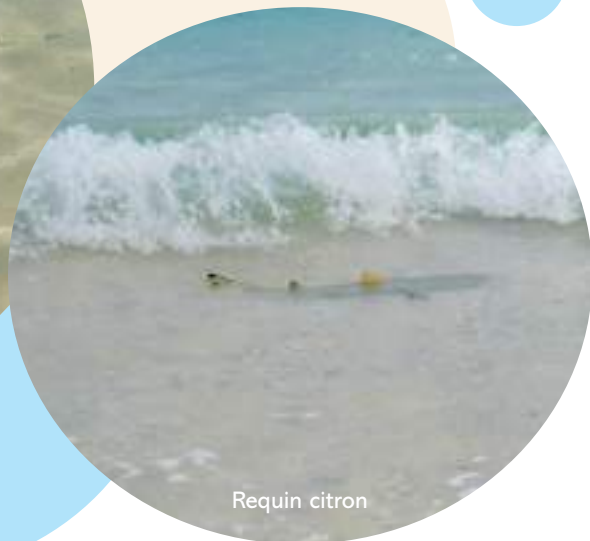
- Renforcement des mesures de gestion et de protection des espèces (limitation des captures)
- Amélioration de la résilience des espèces par une réduction des menaces sur les populations de requins,
- Développement d'aires marines protégées conséquentes, notamment sur les secteurs fonctionnels (nurseries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

Transversalité :

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

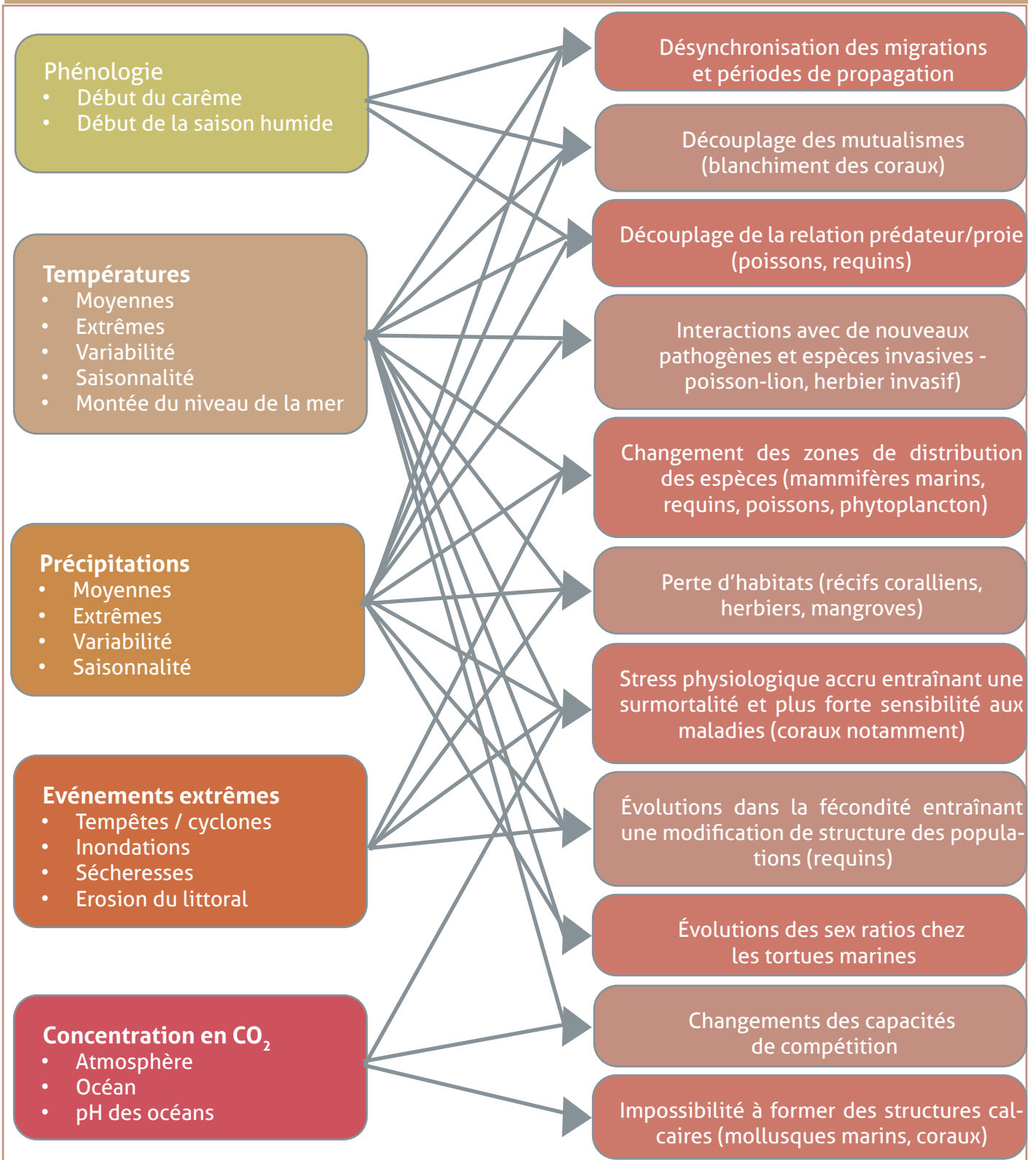


Requin citron



Requin citron

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



3.1- Effets sur les aléas littoraux

Comme abordé précédemment, le changement climatique peut également avoir un impact sur les aléas littoraux en aggravant considérablement le recul du trait de côte et les submersions marines du fait de l'élévation du niveau de la mer (ENM), de l'intensification des cyclones et la fragilisation des écosystèmes côtiers en lien avec l'augmentation de la température de surface et l'acidification des océans.

3.1.1 Submersion marine

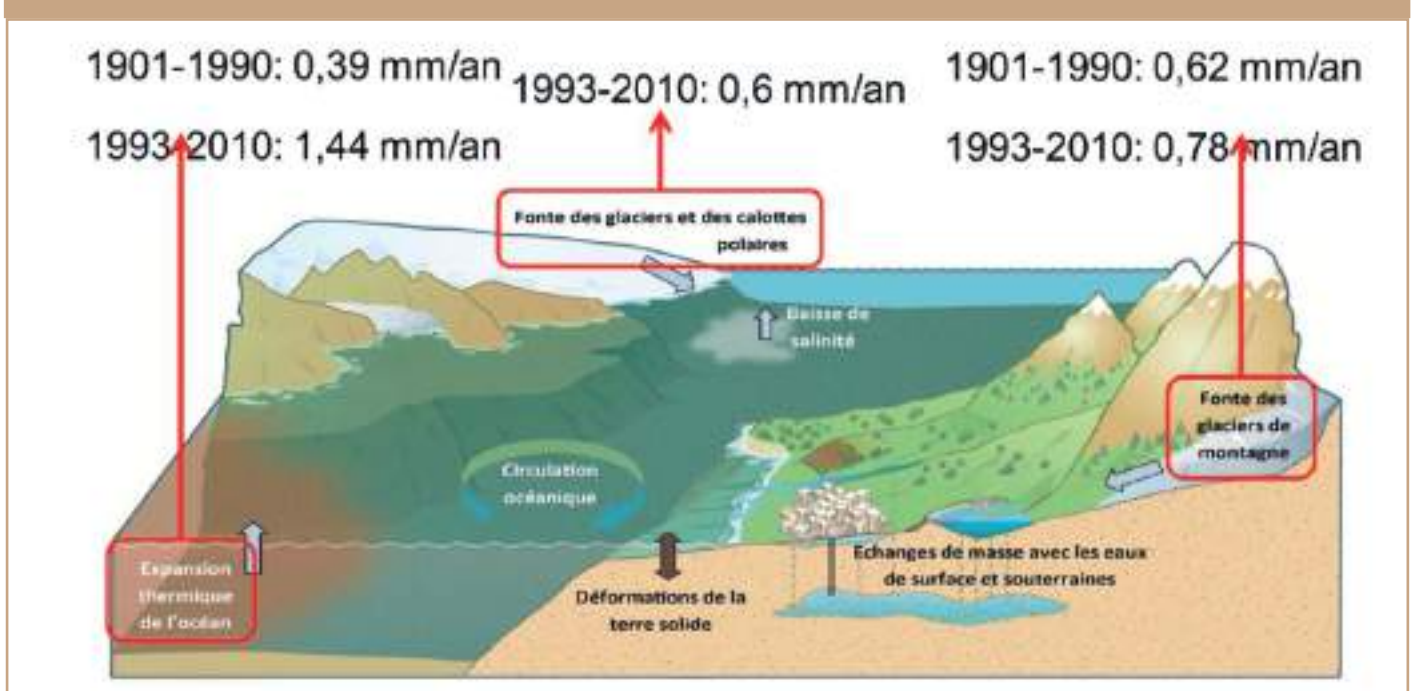
Généralités - introduction

Les submersions marines se définissent par l'inondation de la côte par la mer. Ces submersions peuvent être **permanentes ou temporaires**. Les submersions permanentes s'expliquent sur une tendance longue comme l'impact de l'ENM liée au changement climatique. Les submersions temporaires sont davantage le fait du passage d'une tempête ou d'un cyclone.

La submersion permanente de la côte sous l'effet de l'ENM dépend de plusieurs forçages qui agissent à l'échelle globale : l'expansion thermique des océans, la fonte des glaciers d'altitude

et des calottes polaires, la baisse de la salinité et des échanges de masses d'eau continentales mais aussi de la déformation terrestre à l'échelle régionale (les mouvements du sol). En effet, suivant les secteurs géographiques le sol peut s'enfoncer (sous le poids d'un volcan typiquement) ou alors se rehausser (lorsque la glace fond et pèse moins sur la croûte terrestre par exemple). On parle alors d'élévation relative du niveau de la mer (ERNM), soit le niveau de l'eau compensé par le niveau du sol.

Figure 3: Contribution à l'élévation du niveau de la mer



Sources : Cazenave et Le Cozannet., 2014

La submersion temporaire de la côte se produit en cas d'élévation brutale du niveau de la mer associée au passage des tempêtes et des cyclones à l'échelle locale (Figure 3).

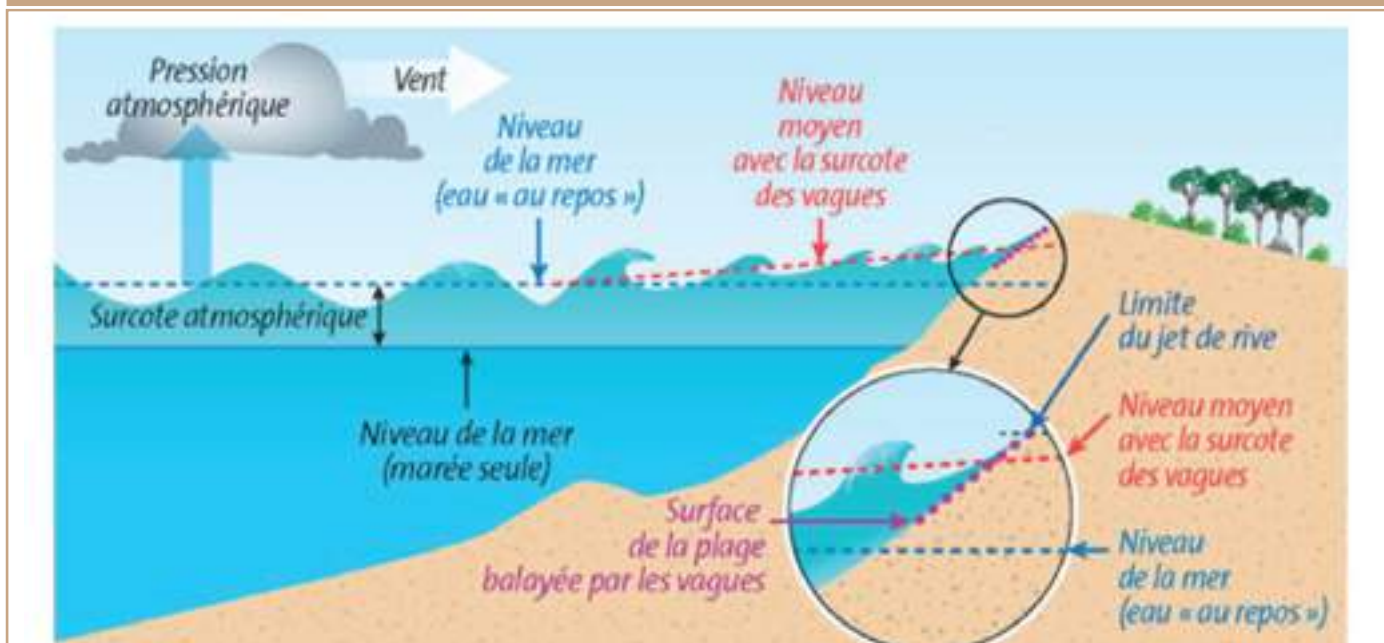
Elle se traduit par deux principaux modes de submersion qui peuvent coïncider selon la configuration des côtes :

- le « débordement » lorsque le niveau marin dépasse l'altitude des zones basses côtières sous l'effet de la marée, de la surcote atmosphérique liée au vent de mer, de la baisse de

la pression barométrique et de la surcote liée aux vagues ;

- le « franchissement » lorsque les paquets de mers engendrent des projections par-dessus les structures côtières sous l'effet du déferlement des vagues.

Figure 4: Effet des tempêtes marines sur le niveau marin



Sources : BRGM

Les scientifiques s'accordent à dire que le changement climatique influe sur l'intensité des cyclones et donc par voie de conséquence sur les submersions marines (Peduzzi et al., 2012; Vousdouskas et al., 2018).

Par ailleurs du fait de l'ENM, les submersions temporaires devraient être plus fréquentes, voire chroniques sous l'effet de la marée pour les secteurs côtiers les plus proches du niveau moyen de la mer (Le Cozannet et al., soumis)

Les études prédictives réalisées dans les différentes régions du globe s'attachent à considérer en premier lieu l'élévation attendue de la mer à horizons de temps selon les scénarios du GIEC (+15 mm/an en moyenne mondiale selon le RCP 8.5 soit environ > 1m en 2100 – Oppenheimer et al., 2019)⁵ et à simuler le passage de tempêtes ou de cyclones sur base de ce niveau moyen futur. Il convient donc de bien distinguer les deux phénomènes : la submersion permanente de la submersion temporaire.

Vulnérabilité en Guadeloupe

En Guadeloupe plusieurs projets de recherche s'intéressent à la question des submersions marines en lien avec le changement climatique.

Le projet C3AF

Citons tout d'abord le projet C3AF (<https://c3af.univ-montp3.fr/>) sur les Conséquences du changement climatique sur les Antilles françaises financé par le FEDER. Météo-France a utilisé le modèle ARPEGE Climat pour simuler les évolutions du climat en Guadeloupe (Chauvin et al., 2019).

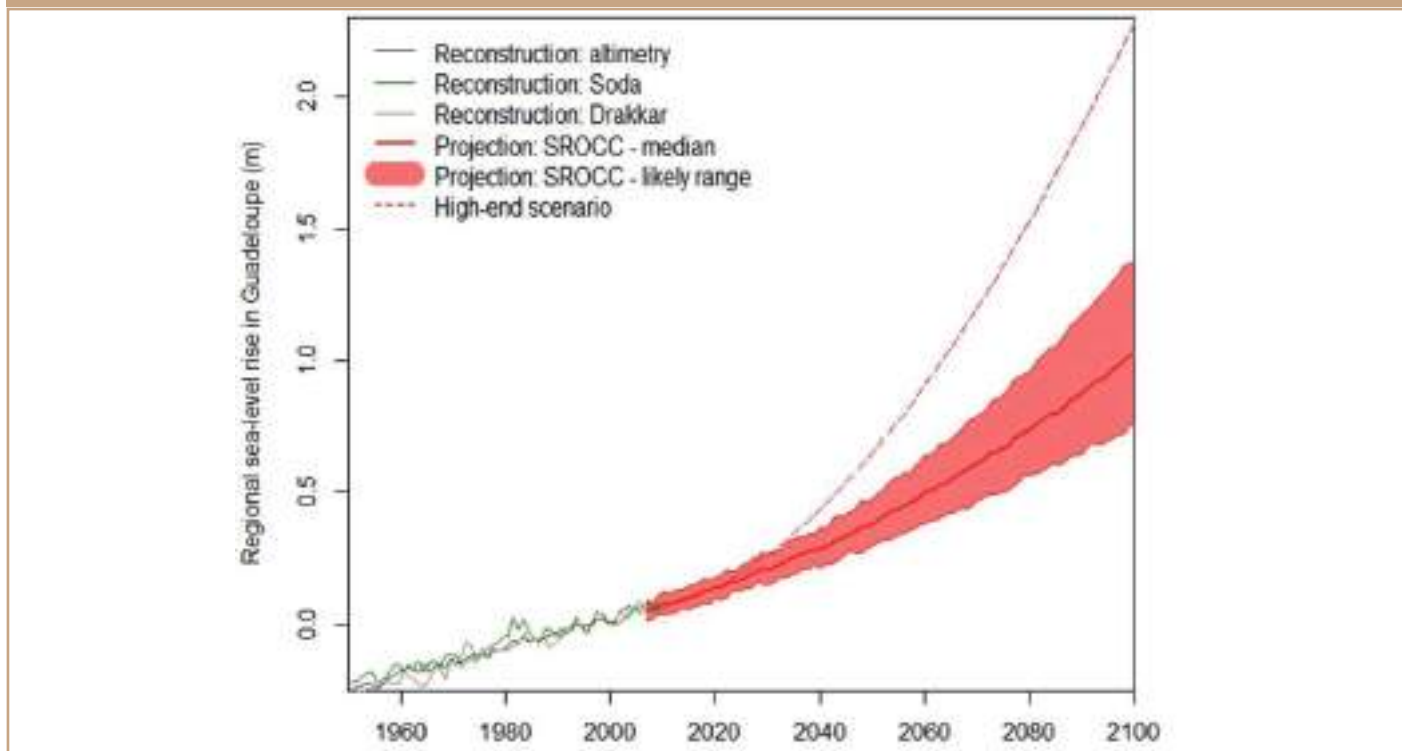
Le BRGM a par ailleurs estimé l'ERNM future à partir des contributions de chacun des forçages d'ENM et des mouvements du sol dans le secteur de l'agglomération pointoise (subsidence locale de 2mm/an). Selon ces calculs, l'ENM est légèrement supérieure aux tendances mondiales avec un intervalle probable entre +0,75 et +1,4m à l'horizon 2100 pour le scénario RCP 8.5 (projection « likely range » GIEC 2019).



Trou à man coco Anse Bertrand

⁵Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, IPCC – 2019.

Figure 5: Elévation du niveau de la mer dans les Antilles selon le scénario RCP 8.5

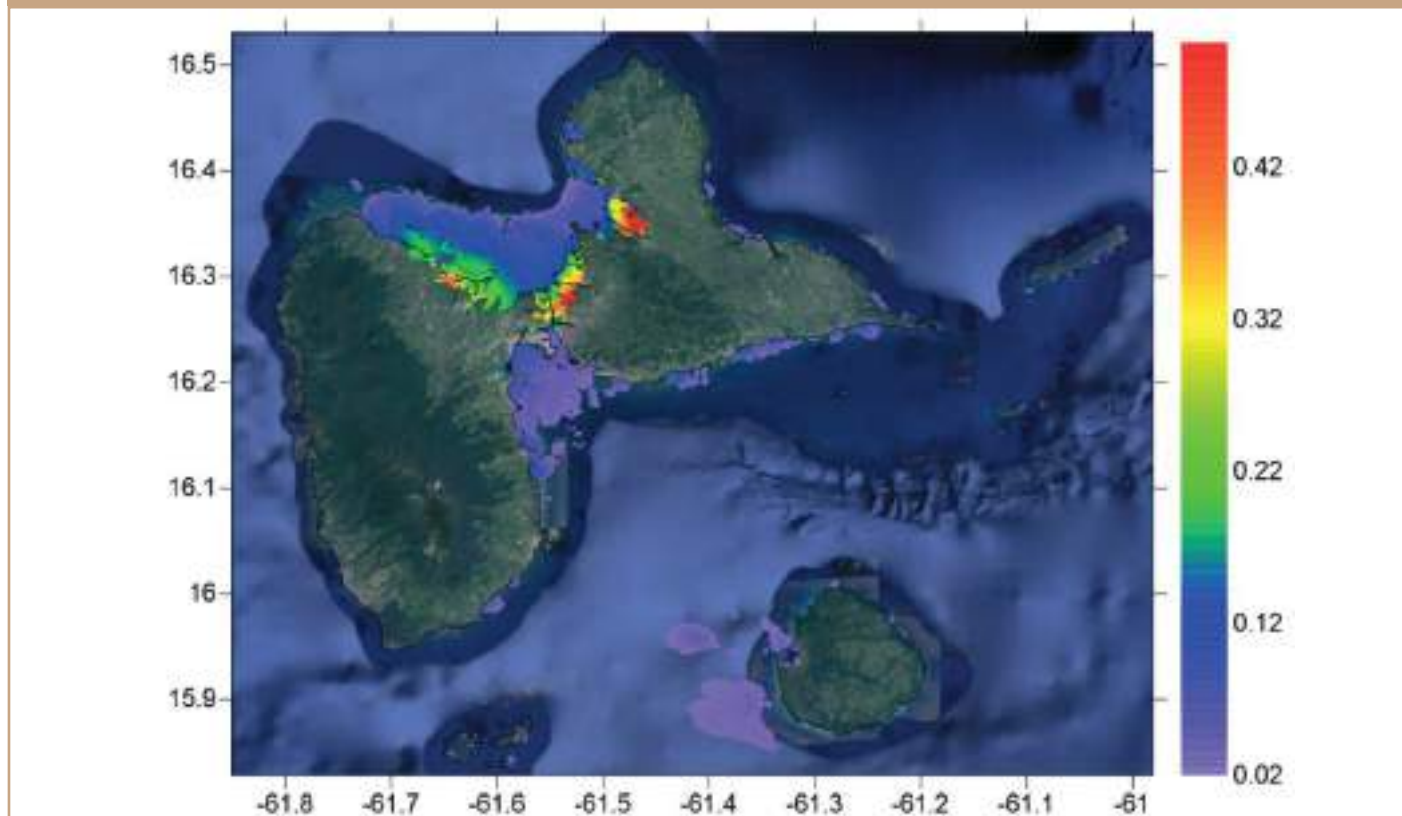


Sources : Le Cozannet et al., soumis.

L'Université des Antilles a en outre réalisé des simulations de l'augmentation du niveau des surcotes centennales à l'horizon 2100, en considérant une élévation du niveau moyen de la mer de 80cm. Les zones de mangrove du Grand Cul de sac marin sont particulièrement touchées (+0,40 m localement). L'évolution des écosystèmes littoraux devrait jouer un rôle important.

Selon l'UA, en faisant l'hypothèse que les mangroves, les coraux et les herbiers auront perdu leur capacité à atténuer les surcotes, les hauteurs d'inondation à terre pourraient augmenter localement de plusieurs dizaines de centimètres supplémentaires.

Carte 5: Augmentation du niveau des surcotes centennales à l'horizon 2100, en mètres, si les mangroves, les coraux et les herbiers sont dégradés. Les zones non colorisées ne sont pas concernées.



Source – Cécé et al., 2019

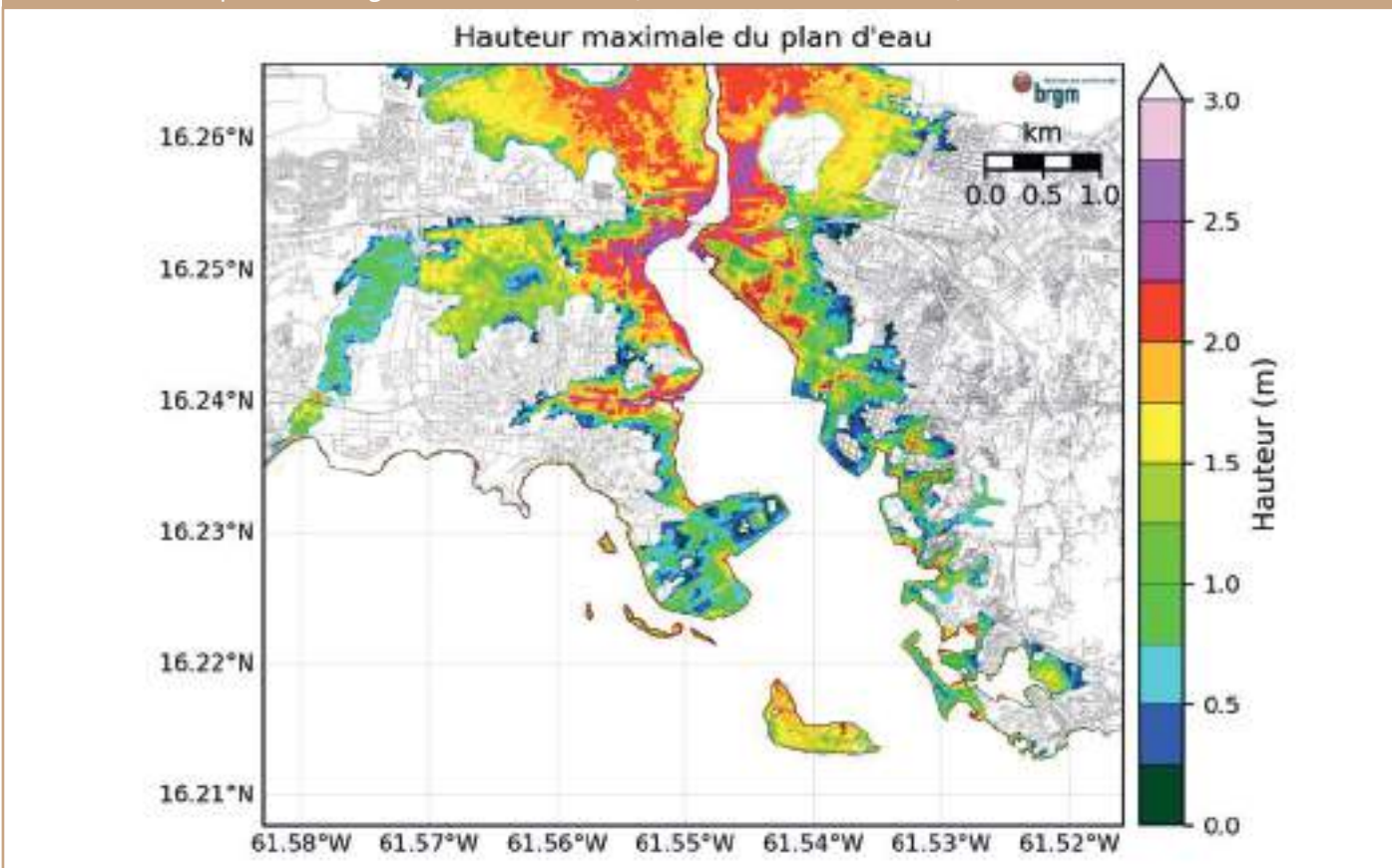
- **Le projet Ouragan 1928**

L'ouragan de 1928 a marqué l'histoire de la Guadeloupe en faisant 1 300 victimes et en détruisant la plupart des bâtiments, en particulier à Pointe-à-Pitre très touchée par les submersions marines (catégorie 3 mais trajectoire faisant passer l'œil sur la Guadeloupe).

Ce projet financé par la Région Guadeloupe permet d'appréhender l'impact de la submersion marine dans le Petit Cul de Sac Marin avec le passage d'un tel ouragan sur les infrastructures d'aujourd'hui avec une élévation du niveau marin de plus de 0,76m.

Il fait la démonstration que si le scénario historique devait se produire à l'horizon 2100, il y aurait alors 51 % de plus de surfaces terrestres submergées sur l'agglomération pointoise que pour le scénario actuel et une hauteur d'eau pouvant atteindre localement les 2 m.

Carte 6 : Submersions marines générées dans le Petit Cul de Sac Marin pour le passage d'un ouragan d'une trajectoire similaire à celui de 1928 mais pour une catégorie 5 à l'horizon 2100 (élévation de 0,76m de la mer)



Sources: Pedreros et Lecacheux, 2018.

- **Le projet ECOCC – une approche économique (Monfort-Climent et al., 2018)**

Ce projet financé par l'ADEME s'attache à évaluer le coût économique de l'inaction d'ici 2050 face aux submersions marines liées au changement climatique sur les infrastructures et les activités commerciales du littoral guadeloupéen.

Il a été estimé que les dommages directs (destruction bâti et stocks) générés par les submersions marines suite au passage d'un cyclone du type de 1928 en 2050 seraient de 23,6M€ à Jarry et 26M€ à Pointe-à-Pitre soit +16 à 21% par rapport à la situation actuelle en prenant en compte une élévation du niveau de la mer de 26 cm à l'horizon 2050.

Ces chiffres ne prennent pas en compte la perte d'activité qui sont en cours d'estimation.

- **Le projet CARIB-COAST**

Ce projet (<https://www.carib-coast.com>) financé par l'INTERREG Caraïbe s'attache à intégrer les données et connaissances à l'échelle de la Caraïbe insulaire afin de produire un catalogue de plusieurs milliers de simulations de submersions cycloniques selon le climat actuel et futur dans le but d'aider à la gestion de crise en disposant d'un référentiel pour anticiper les dommages et victimes potentielles à l'approche d'un cyclone. Les résultats seront disponibles en 2021.

A ce jour, le PPRN⁴ pour l'aléa submersion marine en Guadeloupe est en cours de révision par la DEAL⁵ afin d'intégrer l'impact du changement climatique et du déferlement des vagues et prendre en compte ces phénomènes dans l'aménagement du territoire.

⁴Plan de Prévention des Risques Naturels

⁵Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de l'Etat.

3.1.2 Recul du trait de côte

Généralités - introduction

Le trait de côte se définit globalement comme la limite entre la terre et la mer. Or, cette limite est naturellement fluctuante dans l'espace et dans le temps sous l'effet du déplacement des sédiments par l'action de la mer, chose qui n'est pas en soi problématique pour des espaces naturels mais qui le devient dès lors que la bande côtière est artificialisée par des aménagements. Ces aménagements sont alors exposés aux éléments marins et au recul de la côte.

Les effets directs

Le recul du trait de côte peut se produire de manière progressive ou brutale. Il s'agit dans le premier cas d'un processus lent mais permanent qui affecte le littoral.

En Guadeloupe, la marée jouant peu, ce sont surtout la houle d'alizé⁶ et l'élévation du niveau de la mer qui constituent les forçages hydrodynamiques à long terme. En effet, la houle d'alizé génère un courant de dérive littorale dans la zone côtière, qui est responsable d'un transport des sédiments parallèlement à la côte et qui peut expliquer localement le recul du littoral sur le moyen et long terme, en particulier si des ouvrages côtiers (épis, enrochements, etc.) viennent lui faire obstacle (carte 7).



Carte 7: Transit des sédiments interrompu par la présence du port de Beauséjour à La Désirade



Sources: Ortho HR IGN, 2017

⁶ Petite houle globalement de secteur Est qui est active toute l'année aux Antilles.

L'ENM joue également un rôle sur le recul du trait de côte. La loi de Brunn prédit dès 1962, que le profil de plage s'adapte progressivement en conservant sa forme avec une translation vers le rivage sous l'effet de l'ENM. Un recul brutal se produit en revanche suite au passage d'un événement extrême (tempête ou cyclone) et se manifeste par un transport des matériaux depuis la plage vers l'avant-côte en créant le plus souvent une falaise/microfalaise ou des projections de matériaux sur l'arrière plage lorsque le niveau marin dépasse l'altitude du cordon (Figure 6).

Figure 6: Plage de Raisins Clairs, à Saint-François, après le passage de l'ouragan Maria



Sources: BRGM septembre 2017

Dans les conditions d'équilibre les cordons sableux présentent une certaine résilience face aux tempêtes marines et, généralement, un retour du sable est observé au cours des périodes de temps calmes. Cependant, certains aménagements ou pratiques viennent perturber le fonctionnement naturel de certains sites

en modifiant les courants côtiers et/ou en bloquant le transit des sédiments ne permettant pas à la plage de se reconstituer à la suite de ces événements. Ces perturbations anthropiques contribuent à accélérer le phénomène d'érosion dans des secteurs déjà vulnérables.

Les effets indirects

Les impacts du changement climatique sur les écosystèmes littoraux peuvent également renforcer le recul du trait de côte. Par exemple, les récifs coralliens sont des brise-lames naturels qui atténuent l'énergie des vagues.

Ils subissent une dégradation accélérée en lien avec l'augmentation des températures de surface et l'acidification des océans, tout en étant déjà fragilisés par les perturbations humaines associées à la fréquentation des sites et aux pollutions diffuses (systèmes d'assainissement qui ne sont pas aux normes notamment).

Si les coraux meurent, le récif perd de sa capacité à dissiper l'énergie des vagues, à produire des sédiments et à protéger in fine la plage située en arrière.

Vulnérabilité au changement climatique

Les projections du recul du trait de côte en Guadeloupe se basent sur les travaux réalisés par le BRGM à la demande de la DEAL dans le cadre de la révision du PPRN.

Le BRGM a tout d'abord initié en 2010 (Roque et al.) , puis mis à jour en 2017 (Guillen et al., 2017), une analyse de l'évolution historique du trait de côte en Guadeloupe.

Cette approche basée sur l'interprétation des photographies aériennes et les images satellites du littoral guadeloupéen permet de calculer les vitesses de recul annuel selon le type de côte et de les projeter à échéance 100 ans (Moisan et Guillen, 2019).

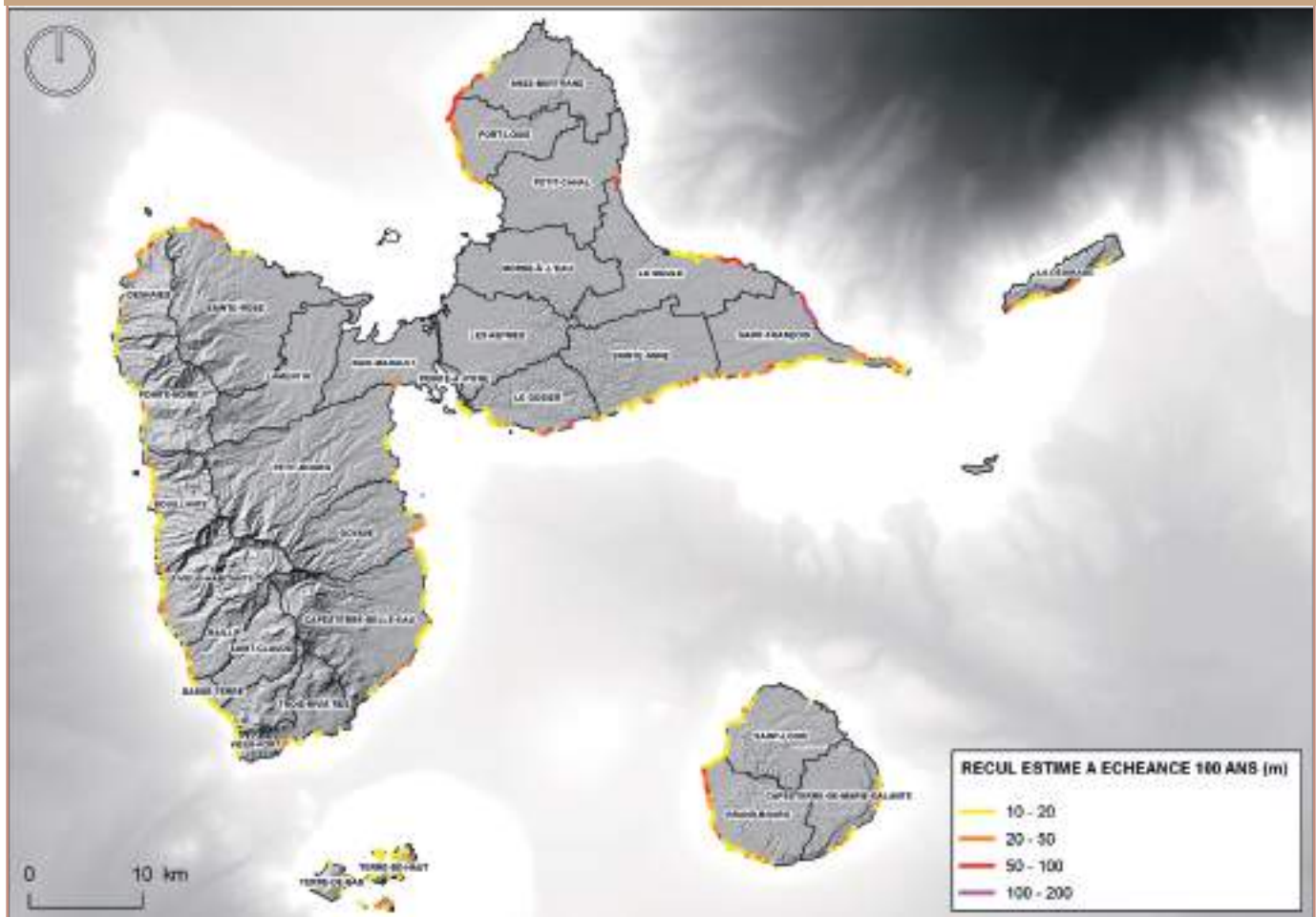
Carte 8: Exemple de représentation du taux d'évolution annuel moyen calculé sur chaque transect sur le site de Folle Anse sur la commune de Grand-Bourg à Marie-Galante



Sources: Moisan et Guillen, 2019

Les environnements côtiers les plus sensibles au phénomène de recul du trait de côte sont les côtes basses sableuses. D'après ces données, un tiers des plages de Guadeloupe présentent une tendance à l'érosion sur la période historique 1950-2013 (Carte 9).

Carte 10: Projection du recul du trait de côte à échéance 100 ans sur les côtes basses meubles de la Guadeloupe



Sources: Guillen et al, 2017

Ainsi, les côtes basses meubles de certains secteurs apparaissent particulièrement vulnérables au recul du trait de côte, il s'agit par exemple :

- la façade nord de la Grande-Terre (littoral de Port-Louis, du Moule et de Saint-François)
- plus ponctuellement la façade sud de la Grande-Terre (littoral de Saint-Anne et du Gosier)
- la façade nord de de la Basse-Terre (littoral de Sainte-Rose et de Deshaies) ;
- le secteur de Folle Anse sur la commune de Grand-Bourg de Marie Galante.

A noter également que des actions d'observation sont mises en œuvre sur les sites sensibles à l'érosion à l'aide de suivis topographiques saisonniers et de suivis vidéos haute fréquence.

Mesures d'atténuations et solutions

L'atténuation des aléas côtiers passe en premier lieu par la diminution des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle globale qui sont responsables du réchauffement climatique et par conséquent de l'élévation du niveau de la mer et de l'intensification des phénomènes extrêmes.

Les événements récents d'Irma et Maria en 2017 ou de Dorian en 2019 doivent nous rappeler que les ouvrages de protection sont souvent insuffisants face à la force des éléments et que l'intensification des aléas en lien avec le changement climatique doit nous conduire à plus d'humilité dans nos stratégies d'occupation du territoire.

Ces informations sont recueillies dans des bases de données permettant d'ores et déjà d'accompagner l'aide à la décision pour la gestion du trait de côte.

Ces données permettent de mieux comprendre les processus côtiers à l'échelle locale et ainsi identifier les interventions les plus appropriées en tenant compte de la dynamique naturelle des sites.

Le projet CARIB-COAST prévoit également de stocker des informations sur les impacts associés aux épisodes de fortes intensités à travers la mise en place d'un « réseau tempête » permettant d'activer des observations à l'annonce d'un événement.

Des solutions doivent tout d'abord être recherchées afin de permettre aux écosystèmes côtiers de mieux nous protéger. En effet, les mangroves, les récifs coralliens et les cordons sableux dissipent l'énergie des vagues et ainsi atténuent naturellement l'impact des phénomènes de submersions et d'érosion.

Il convient donc de les préserver afin qu'ils puissent nous protéger en retour (Barbier et al., 2016; Ferrario et al., 2014 ; Spalding et al., 2014).

Les écosystèmes côtiers insulaires caribéens sont particulièrement menacés. Les récifs coralliens représentent le groupe le plus endommagé.

Le déclin général des structures coralliennes vivantes de la Caraïbe s'observe depuis le milieu des années 1970 avec une réduction de 80% de leur couverture, (Perry et al., 2013; Wilkinson, 2008).

Ils recouvrent aujourd'hui (sans distinction d'état de santé) environ 20 000 km² soit 7% de la superficie mondiale (Burke et Maidens, 2004).

Les mangroves témoignent d'une couverture en diminution de 42% au cours des vingt-cinq dernières années. Aujourd'hui, elles représentent 22 000 km² (Spalding, et al., 2010), soit 13 % des mangroves mondiales. 37% de ces zones se trouvent sur les littoraux insulaires caribéens (Agard et Cropper, 2007).

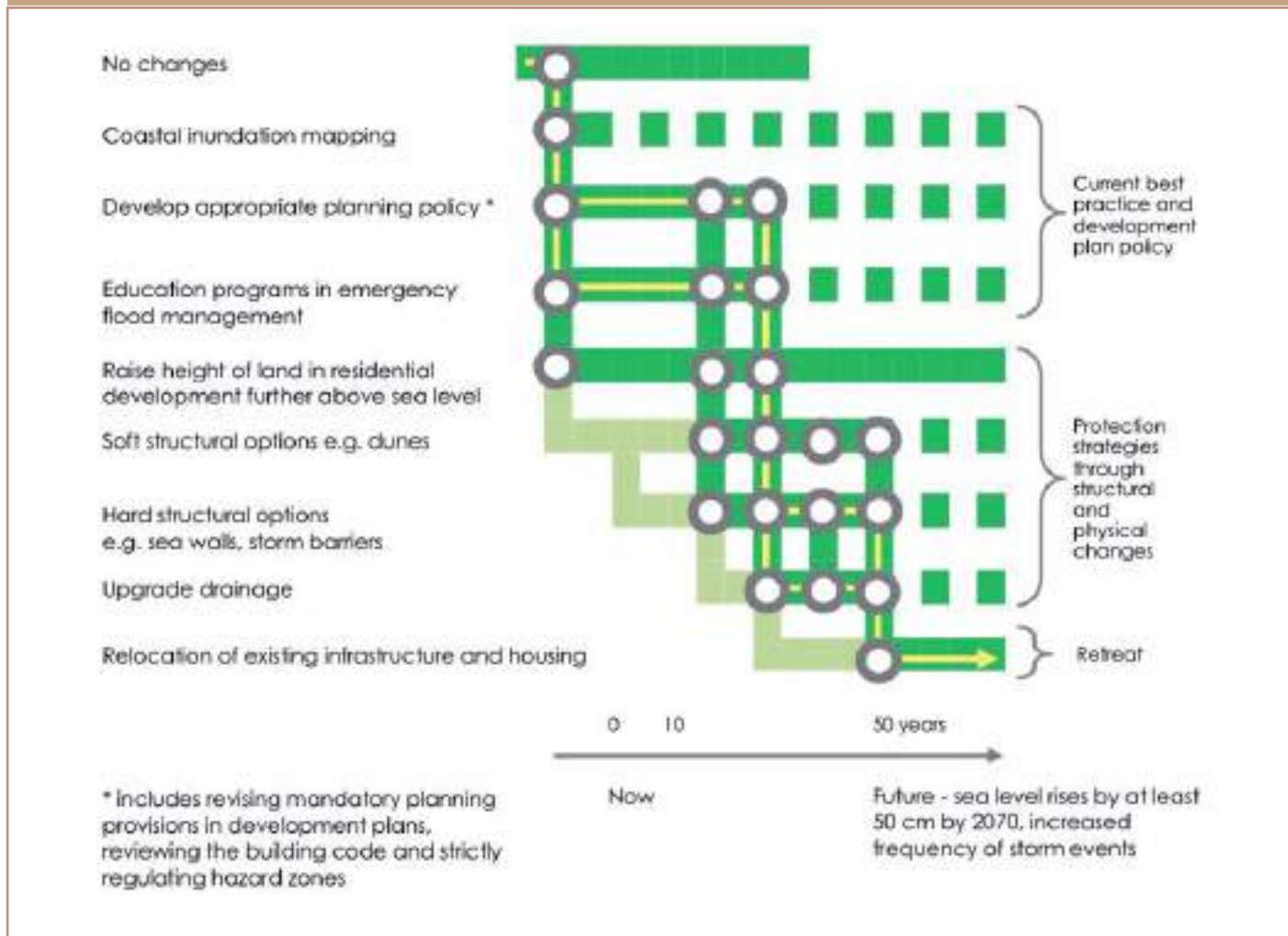
En outre, l'adaptation doit se faire en premier lieu à partir des politiques publiques d'aménagement du territoire visant à limiter le développement des nouveaux enjeux dans les zones les plus exposées, réduire la vulnérabilité des biens et infrastructures existants en limitant les dommages et le délai de retour à la normale, envisager la relocalisation dans les secteurs les plus fréquemment exposés ou présentant un risque important pour les vies humaines et en dernier cas protéger les enjeux essentiels au fonctionnement du territoire ne pouvant pas être déplacés.

Le développement de la connaissance, à travers l'élaboration de projections, est un préalable indispensable pour la mise en œuvre des politiques d'adaptation afin de partager un diagnostic avec l'ensemble des parties prenantes et adopter les choix de gestion dits « sans regrets ».

En effet, suivant les caractéristiques de chaque territoire des « chemins d'adaptation » différents peuvent être définis.

Par ailleurs, dans un contexte de fortes incertitudes et afin de mieux orienter ces stratégies d'adaptation dans une démarche évolutive, il est primordial de mettre en place et pérenniser les suivis de terrain permettant de bancaiser les informations relatives aux évolutions observées. Les réseaux « tempête » et de suivi du littoral guadeloupéen participent à cet effort de connaissance.

Figure 7: Exemple de chemin d'adaptation pour la Péninsule de l'Eyre



Source: Siebentritt et al. 2014.

Les stratégies d'adaptation doivent s'appuyer sur une analyse coût-bénéfice et multicritère intégrant des paramètres socio-économiques mais aussi historiques, culturels (représentations, attachement, etc.) et environnementaux.

Dans ce cadre, le BRGM a organisé en 2017 avec l'ADEME et l'association EUCC France, un atelier sur ces questions à destination des scientifiques, des techniciens et des élus (<https://eucc-franceguadeloupe.wordpress.com/>).

Enfin, la sensibilisation sur l'impact du changement climatique, visant à développer la conscience du risque, doit s'adapter à différents publics cibles (les décideurs, les techniciens, le grand public, les scolaires).

CE QU'IL FAUT RETENIR

Etat actuel :

- Les zones basses des Petit et Grand Cul de Sac Marin sont des secteurs de submersions privilégiés, avec notamment une forte exposition de Jarry et de Pointe-à-Pitre (voire de l'extrémité de la piste de l'aéroport).
- 30% des plages de Guadeloupe connaissent d'ores et déjà un recul (observations de 1950 à nos jours). Les reculs peuvent atteindre des vitesses moyenne de l'ordre de -1 à -2m/an dans les cas les plus extrêmes.

Projections :

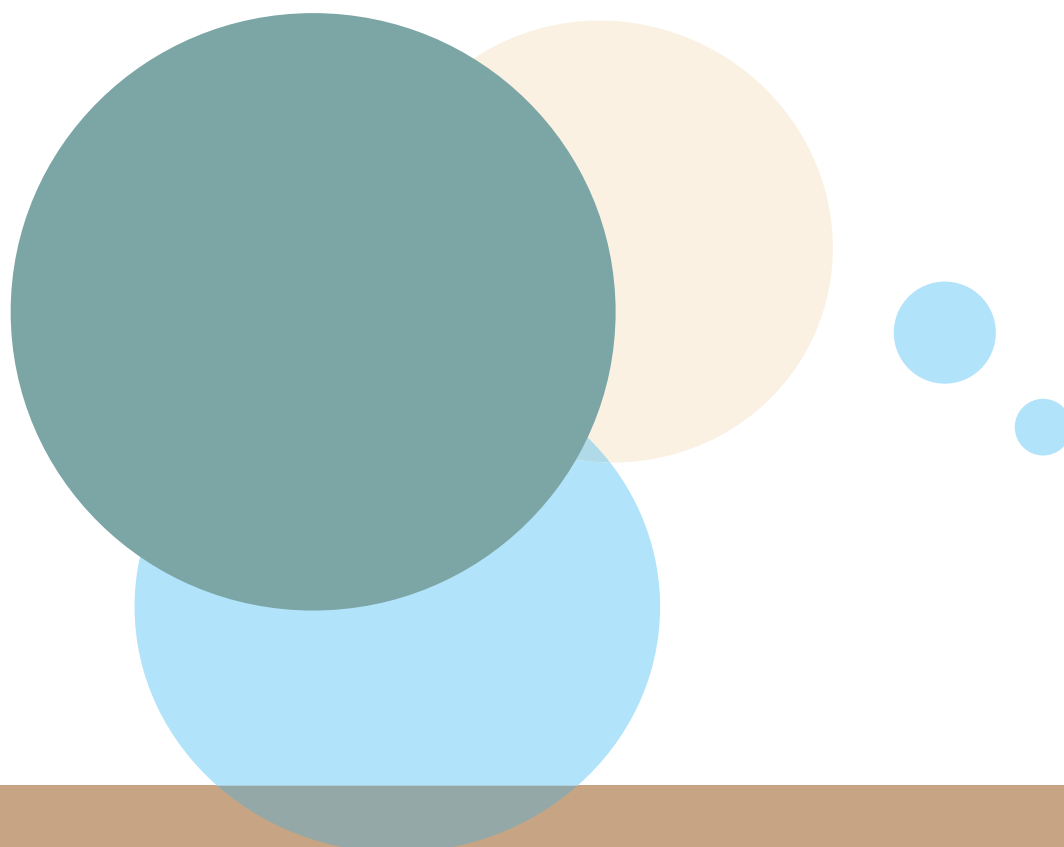
- Elévation du niveau de la mer entre +0,75 et +1,4m à l'horizon 2100 (projection « likely range » GIEC 2019) ;
- Submersion de 2m à Pointe-à-Pitre en 2100 au passage d'un cyclone type 1928 avec +51% de surface inondées par rapport au niveau moyen actuel ;
- Jusqu'à + 21% de coûts liés aux dommages directs des submersions à Jarry et Pointe-à-Pitre en 2050 ;
- La Grande-Terre, la Basse-Terre et Marie-Galante possèdent des sites de reculs importants du trait de côtes avec une évolution de -50m et + d'ici 2100.

Mesures :

- Pérenniser les observations de terrain et bancariser les données liées aux évolutions du littoral ;
- Favoriser la protection naturelle offerte par les écosystèmes littoraux (mangroves, récifs coralliens, plages végétalisées, herbiers) ;
- Adapter la planification spatiale et l'occupation du littoral en adoptant des chemins d'adaptation et des stratégies de gestion sans regrets ;
- Favoriser la sensibilisation des élus, du grand public, des scolaires.

Transversalité :

Biodiversité et préservation des écosystèmes littoraux, gestion du littoral, préparation à la gestion de crise, l'aménagement du territoire, coûts de l'inaction, sensibilisation et sciences participatives.



4.1- Rappel des missions des gestionnaires du littoral

Dès 1681, une ordonnance de Colbert définit le Domaine public maritime (ci-après DPM) comme « tout ce que la mer couvre et découvre et jusqu'où le grand flot de mars peut étendre sur les grèves » et déclare que ces espaces ne peuvent faire l'objet d'une appropriation privée. Il concerne tout ce qui est (ou a été) couvert par la mer calme pendant les plus hautes marées possibles (coefficient 120). La limite au large se situe à la limite de la mer territoriale.

Dans les départements d'Outre-mer, le Domaine Public Maritime comprend depuis la loi « littoral » de 1986 la réserve domaniale des « cinquante pas géométriques » qui constitue une bande de terrain comptée à partir de la limite des hautes mer d'une largeur de 81,20 mètres comptée à partir de la limite du rivage de la mer.

En Guadeloupe, la majeure partie du littoral fait partie des cinquante pas géométriques et appartient donc au domaine public de l'État, soit 4 278 ha (600 km de côte). Au sein de ce domaine, les espaces urbains sont gérés par l'Agence des 50 pas et les espaces naturels (soit 77%) sont constitués de la forêt domaniale du littoral (domaine privé de l'Etat géré par l'ONF) ou de terrain affectés au Conservatoire du Littoral proposés en gestion aux collectivités locales.

Le reste du littoral correspond à des espaces communaux ou privés ou aux mangroves du domaine public maritime et lacustre, lequel est en grande partie affecté au Conservatoire du Littoral ou à la DEAL qui en confie la gestion à l'ONF, au Parc national de Guadeloupe ou aux collectivités.

Le domaine public portuaire est une composante du domaine public maritime.

Les collectivités locales assurent la gestion du littoral à différents niveaux territoriaux. En terme de planification en particulier, le Schéma de Mise en Valeur de la Mer, le Plan Climat Air Energie Territorial ou le Plan Local d'Urbanisme sont différents outils et supports permettant de mettre en œuvre une stratégie d'adaptation au changement climatique sur le littoral.

Les collectivités peuvent également se doter d'un Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) qui doit servir de cadre de référence pour les différentes politiques sectorielles, notamment celles centrées sur les questions d'organisation de l'espace et d'urbanisme, d'habitat, de mobilités, d'environnement, etc.

Selon l'ordonnance du 17 juin 2020 de modernisation des SCoT le document permet de définir les orientations et les objectifs :

- « en matière d'équilibre entre les enjeux environnementaux et climatiques, d'une part, et les activités notamment économiques, résidentielles et touristiques, d'autre part » ;
- « relatives à l'accès au littoral et au partage des usages, notamment dans le cadre du développement des énergies marines renouvelables, du maintien et du développement des activités de loisirs, aquacoles ou halieutiques » ;
- « de gestion des milieux aquatiques et la prévention des risques liés à la mer ainsi que, s'il y a lieu, l'organisation du retrait stratégique, notamment par l'identification des zones rétro-littorales propices au développement de l'habitat. »

La Région Guadeloupe est actuellement dans la phase de bilan de son Schéma d'Aménagement Régional (SAR) qui fixe les orientations fondamentales de l'aménagement, de la protection et de la mise en valeur du littoral. Il tient lieu, pour les secteurs qu'il détermine, de schéma de mise en valeur de la mer. Le prochain SAR fixera, entre autres, la stratégie du territoire en matière d'adaptation au changement climatique et remplacera le schéma régional climat air énergie (SRCAE).

4.2- Les stratégies de gestion face à l'adaptation au changement climatique

L'Etat, ses opérateurs et les collectivités partagent des enjeux communs que sont la protection et la mise en valeur de la bande littorale.

• Protection de la bande littorale, de ses habitats naturels et de ses occupants :

Le littoral constitue un milieu sensible et fragile car soumis à des conditions climatiques sévères et des aléas naturels forts, dont l'intensité et la fréquence sont accentués par le changement climatique. À ceci s'ajoutent les pressions anthropiques fortes qui augmentent la vulnérabilité du littoral, celle de ses occupants et celle de ses habitats naturels et de leurs espèces.

L'adaptation au changement climatique passe donc en priorité :

- d'une part par le contrôle de l'occupation humaine des littoraux exposés pour sécuriser leurs occupants au regard de leur exposition aux risques naturels, ce qui constitue un enjeu fort en contribuant à leur relogement ou à l'amélioration de leur habitat pour en limiter leur vulnérabilité.

raux exposés pour sécuriser leurs occupants au regard de leur exposition aux risques naturels, ce qui constitue un enjeu fort en contribuant à leur relogement ou à l'amélioration de leur habitat pour en limiter leur vulnérabilité.

- d'autre part par la préservation et la restauration des littoraux naturels afin d'en garantir la résilience et la pérennité, car ceux-ci protègent à la fois les écosystèmes côtiers et les activités humaines en atténuant notamment les phénomènes climatiques, sédimentaires et érosifs, qu'ils soient ponctuels ou chroniques. Ceci nécessite en outre une gestion concertée des littoraux naturels et des littoraux urbanisés pour garantir les continuités écologiques sans lesquelles les habitats naturels seront insuffisamment résilients face aux changements climatiques qui aggravent les pressions anthropiques.

• **Mise en valeur du littoral :**

Le littoral concentre la majorité des fonctions écologiques, sociales et économiques primordiales pour l'archipel. Il est ainsi le lieu privilégié du développement et de l'attractivité de la Guadeloupe, ce qui a cependant conduit à une dégradation du patrimoine naturel que représente cet espace sensible. Le littoral s'est en effet largement développé sans réflexion d'aménagement d'ensemble, au gré des opportunités foncières.

D'un point de vue urbain, cette situation a eu notamment pour conséquences :

- l'absence ou la mauvaise gestion des réseaux ;
- des accès ne répondant pas bien souvent aux normes de sécurité ;
- des logements présentant les caractéristiques de l'indignité (69 % des quartiers sont touchés par l'insalubrité) et ainsi plus globalement un manque de mise en valeur des espaces urbanisés du littoral.

Dans le cadre de sa mission d'aménagement, l'Agence des 50 pas participe à l'amélioration du cadre de vie des occupants en mettant notamment en œuvre des actions globales sur la résorption de l'habitat indigne, l'amélioration de l'habitat et la recomposition de la frange littorale libérée en raison de son exposition aux risques naturels en partenariat avec les gestionnaires concernés.

Concernant les espaces naturels et leurs espèces, le développement du littoral (urbanisation, fréquentation de loisirs, pâturage, etc.) a fragilisé une grande partie des milieux et menace leurs multiples fonctions socio-économiques et écologiques, notamment en raison de l'appauvrissement de la biodiversité, du mitage des paysages et des ruptures de continuités terrestres et marines.

Dans le cadre de sa mission de gestion durable, au-delà de ses actions de protection et de restauration, l'ONF valorise les atouts paysagers et économiques du littoral grâce à des solutions évolutives capables de s'adapter à la dynamique littorale : aménagements légers et diversifiés, sentiers et accès en constante évolution et concessions temporaires pour les opérateurs économiques. Ces solutions souples permettent de valoriser les milieux naturels sans grever leur résilience face aux impacts des changements climatiques.

Pour disposer d'une vision à long terme, le Conservatoire du littoral a mis en place une stratégie d'intervention foncière sur la période 2015-2050 qui vise à conforter la préservation des grands sites naturels et paysagers ainsi que l'éventail des écosystèmes représentatifs de la biodiversité des territoires. Par l'acquisition de ces grands ensembles naturels cohérents, il s'agit de préserver définitivement et pour les générations futures une ressource biologique indispensable mais également l'équilibre écologique nécessaire pour faire face aux enjeux climatiques.

En termes d'adaptation et de protection du littoral, les collectivités peuvent également s'orienter vers les outils et appels à projets Adaptation Changement Climatique (ACC) de l'ADEME. Les communes et collectivités peuvent notamment définir des stratégies d'adaptation via l'élaboration de fiches actions pour définir les priorités d'actions sur leur territoire. Il s'agit notamment pour les communes particulièrement sensibles aux submersions marines et l'érosion du littoral, d'élaborer des plans d'adaptation et de protection de leur territoire via la préservation et revalorisation du littoral.



Stratégie 2015-2050 du Conservatoire du Littoral

Outre la prise en compte des risques naturels, la restructuration du quartier de Rivière Sens s'inscrit dans le cadre d'une Approche Urbaine Durable (AUD), outil élaboré et financé par l'ADEME. Son but est d'intégrer des objectifs environnementaux ambitieux traduits sous forme d'actions qui sont suivies tout au long du projet. Parmi les différentes actions préconisées, la mise en place de mesures sur l'efficacité énergétique permet d'agir sur l'atténuation du changement climatique. Pour compléter et poursuivre cette démarche environnementale, la municipalité de Gourbeyre souhaite aller plus loin en labellisant le quartier de Rivière Sens en éco-quartier. La labellisation montre une réelle prise de conscience de la municipalité de Gourbeyre aux enjeux environnementaux et liés aux risques naturels littoraux.

En complément, une sensibilisation aux éco-gestes pour limiter l'impact du changement climatique et plus largement à la prise en compte de l'environnement sera assurée auprès des occupants du quartier via l'organisation d'une réunion dédiée à l'engagement des actions inscrites dans une charte de développement durable et la réalisation d'un guide de sensibilisation.

Par ailleurs, l'Agence des 50 pas géométriques conduit un volet de valorisation économique du quartier. Ce projet s'inscrit dans la volonté de valoriser les espaces libérés afin de contribuer à la mise en valeur du littoral mais également d'éviter toute nouvelle occupation spontanée à l'issue de cette libération.

La mairie de Gourbeyre souhaite poursuivre sa démarche de prise en compte de l'environnement dans le cadre du projet de restructuration de Rivière Sens, en faisant du quartier un éco-quartier. L'adaptation au changement climatique et les questions énergétiques seront au cœur du projet.

• Restauration de la Forêt Domaniale du Littoral :

L'ONF contribue à l'atténuation des effets du changement climatique en Guadeloupe en préservant et en restaurant la Forêt Domaniale du Littoral. En ce sens, une attention particulière est portée sur les littoraux présentant un couvert végétal dégradé (pour des raisons principalement d'origine anthropique : urbanisation diffuse et incontrôlée, piétinement de la régénération, circulation de véhicules motorisés, coupe de branchages). Différents types d'actions y sont mis en place :

- Pose de blocs rocheux en arrière plage pour réguler les circulations d'engins motorisés et favoriser les accès piétons au cordon littoral ;
 - Mise en défens d'espaces pour une reprise naturelle de la végétation par l'intermédiaire d'enclos de régénération, notamment dans une optique de lutte contre l'érosion;
 - Plantation d'espèces inféodées au littoral pour maximiser la biodiversité, recréer une variété de milieux recherchés par la faune et rétablir des continuités écologiques.
- L'ensemble de ces actions vise à diminuer les pressions exercées sur les écosystèmes littoraux et favoriser leur résilience face aux évolutions climatiques. Une forte densité d'espèces végétales agit en effet comme une barrière naturelle aux aléas en provenance du milieu marin accentués par le changement climatique (houle cyclonique, submersion marine) ; alors qu'une présence maximale de diversité favorise une adaptation des écosystèmes littoraux à l'évolution des conditions du milieu (température, sécheresses, précipitations, sursalure, ...).

Carte 13: Menace sur l'espace des 50 pas géométriques & Reprise de la végétation suite à la mise en place d'enclos de régénération - Plage de Cluny, Sainte-Rose



Sources : BRGM - BDOrtho IGN 2004 & 2017



Délimitation d'un enclos de régénération - 2015 (source ONF)



Plants en pépinière - Le Moule, mai 2020
(Photo Leclérot Charlie)



Blocs rocheux en arrière plage - Pointe d'Antigue, Port Louis - oct. 2019
(Photo Gibaud Adam)

• Zone humide de Jarry :

La zone industrielle de Jarry, située à proximité de Pointe-à-Pitre, s'est développée à partir de la fin des années 1960 sur les pourtours, et en partie en comblement, d'une mangrove. C'est aujourd'hui le premier pôle économique de Guadeloupe, qui concentre le quart de la valeur ajoutée de la région et 11% des emplois. De nombreuses infrastructures essentielles à la vie de l'île y sont implantées (centrale EDF, terminal pétrolier, grand port maritime, ...).

La zone humide de Jarry fait l'objet de pressions très importantes : modification ou blocage des circulations hydrauliques par les infrastructures routières, extension des installations commerciales ou industrielles en remblai sur la zone humide, décharges sauvages et pollutions (hydrocarbures, métaux lourds, ...). Les enjeux rattachés à cette zone humide restent cependant majeurs : capture de la pollution des milieux marins situés en aval (Petit-Cul de Sac), limitation des effets de l'élévation du niveau de la mer (qui devrait toucher directement une partie significative de la ZI au cours du 21ème siècle), préservation du cadre de vie et de travail de dizaines de milliers de personnes, protection de la biodiversité rattachée à la zone humide.

Le Conservatoire du Littoral est affectataire de plus de 200ha de cette zone humide à Jarry ; il travaille sur une perspective de reconquête du domaine public maritime en vue de restaurer les espaces dégradés afin de retrouver un fonctionnement hydraulique, les fonctions initiales de protection des populations, et une mise en valeur et pour le public, par des aménagements piétons légers permettant de sensibiliser les usagers aux richesses et au rôle indispensable de ces milieux humides.

• Le PCAET de la CANGT :

Le Plan Climat Air Energie Territoire (PCAET) est un projet territorial de développement durable dont l'objectif est l'atténuation au changement climatique. À la fois stratégique et opérationnel, il prend en compte l'ensemble de la problématique climat-air-énergie autour de plusieurs axes d'actions :

- la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES)
- l'adaptation au changement climatique
- la sobriété énergétique
- la qualité de l'air
- le développement des énergies renouvelables

Le programme d'actions qui en découle, permettant à la Communauté d'Agglomération du Nord Grande-Terre d'obtenir le label « Territoire Engagé pour la Nature » en juin 2019, a été lancé, avec réalisation en priorité des actions visant à prendre en compte une fréquentation croissante du littoral du Nord Grande-Terre liée notamment aux épisodes de sargasses de plus en plus réguliers avec :

- l'élaboration de plans de gestion de la fréquentation de sites naturels du Nord Grande-Terre (en zone littorale) ;
- la réalisation de diagnostics écologiques des îlets du littoral ouest de la CANGT ;
- l'actualisation de l'inventaire des beach-rocks.

Par ailleurs, un Plan de Paysage du Nord Grande Terre est en cours d'élaboration. Cet outil transversal et prospectif, permettant notamment d'appréhender les évolutions et les transformations des paysages terrestres et littoraux, viendra renforcer les actions de la CANGT sur le littoral par la définition de stratégies d'adaptation pour une préservation de la qualité des paysages. Enfin, à l'aune des enjeux liés aux façades littorales Est et Ouest, une délibération a été prise pour élaborer le Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) du Nord Grande-Terre avec un « Volet littoral et maritime » afin de déterminer la vocation générale des différentes parties de cet espace ainsi que les normes et prescriptions s'y rapportant. Il contribuera à capitaliser dans la politique d'aménagement du territoire, en complément les études environnementales d'ores et déjà menées sur le littoral dans le cadre du Plan Stratégique de conservation des milieux naturels et littoraux pour un développement coordonné, harmonieux et résilient.



• **Vulnérabilité du littoral de Pointe-à-Pitre et Baie-Mahault :**

La Communauté d'Agglomération Cap Excellence, compétente en matière de protection et de mise en valeur de l'environnement et du cadre de vie a assuré la coordination d'études de vulnérabilité face au changement climatique portées sur Pointe-à-Pitre et Baie-Mahault, communes regroupant les façades littorales de l'EPCI.

Conscient des enjeux économiques, sociaux et environnementaux que constituent ces espaces, l'EPCI et ses villes membres ont tenu à concrétiser la réflexion autour de leur gestion adaptative grâce à la définition d'actions à mener, à savoir :

- déployer des solutions d'aménagement et de protection du littoral alternatives à l'enrochement tout en limitant les incidences sur la biodiversité et les milieux littoraux ;
- protéger la zone de mangrove en favorisant son expansion (un indicateur chiffré de 1% a pu être défini) et en maintenant sa qualité environnementale globale grâce à des procédés de dépollution de réhabilitation ou simplement de préservation ;
- sensibiliser les publics et valoriser ces espaces via la création d'un parcours littoral ou de mangrove à Baie-Mahault par exemple.



• Définition d'une stratégie d'adaptation pour les communes de Pointe-à-Pitre et de Petit-Bourg :

La commune de Pointe-à-Pitre présente des risques importants de submersion marine. En effet, en 2050, les surfaces urbanisées inondées pourraient passer à 48 ha avec le changement climatique et l'extrême nord-ouest du centre-ville serait fortement inondé. De même, l'eau pourrait monter jusqu'à 2,5 mètres près du quartier de la Gabarre et de Lauricisque et du centre-ville sud.

Pour remédier à ce scénario, la commune s'est engagée à répondre à l'appel à projet lancé par l'ADEME pour l'aider à structurer son Plan d'Adaptation au changement climatique.

La stratégie a mené à l'élaboration d'un plan d'actions contenant 6 fiches d'actions parmi lesquelles plusieurs volets consacrés à la protection du littoral ont été prévus. En effet, dans le cadre de la révision de son PLU, Pointe-à-Pitre doit intégrer les enjeux liés au changement climatique, au développement de la nature en ville, à la gestion et préservation du littoral, des îlets et de la biodiversité dans la politique d'aménagement et d'urbanisme de la ville.

De même, une des actions consiste à définir des solutions d'aménagements et de protection du littoral, alternatives aux travaux d'enrochements. L'objectif est alors de définir au moins une solution alternative qui sera testée sur le littoral de la ville dans les 5 ans à venir.

De même, Petit-Bourg est aujourd'hui directement impacté par les conséquences du changement climatique. Face à ces contraintes et menaces nouvelles, la commune s'est engagée à répondre à l'appel à projet lancé par l'ADEME et la Région Guadeloupe pour l'aider à structurer son Plan d'Adaptation au changement climatique.

En effet, la population pâtit déjà des épisodes de très fortes précipitations, des sources de glissement de terrain et d'inondation des chaussées mais aussi de la montée des eaux. C'est pourquoi la commune s'est lancée dans une démarche d'intégration des bonnes pratiques à tenir et de réorientation de la stratégie des actions en cours ou en prévision pour limiter durablement la vulnérabilité des territoires les plus exposés de la commune.

Le diagnostic de vulnérabilité doit notamment :

- établir l'état des lieux des évolutions climatiques passées
- caractériser la vulnérabilité du territoire par identification des impacts passés et à venir
- évaluer les conséquences possibles pour le territoire face au changement climatique

Carte 14: Submersion marine sur la zone d'étude de Pointe-à-Pitre pour le scénario à horizon 2050, BRGM



Sources : BRGM



CONCLUSION

Le changement climatique influe donc sur les milieux littoraux et marins guadeloupéens à la fois sur l'élévation du niveau de la mer (jusqu'à +1,4m en 2100), l'intensification des cyclones (plus de classe 4 et 5) mais aussi sur l'acidification des océans (pH -0,5 d'ici 2100), sans parler des modifications des conditions environnementales associées à la hausse des températures (jusqu'à 3,5° à terre à l'horizon 2080) et à la baisse des précipitations (jusqu'à -15% à l'horizon 2080).

De plus, au niveau des écosystèmes marins et des espèces associées, il faut noter une très grande transversalité dans les problématiques, avec des effets à la fois directs (blanchissement corallien du au réchauffement des eaux, modification des communautés phytoplanctoniques,...) et indirects (diminution des populations de tortues marines du fait d'une modification d'un sex-ratio et donc de l'équilibre mâle/femelle, fragilité des organismes constructeurs de calcaires (bivalves, coraux, etc.)) par rapport à l'acidification des océans, etc.

Bien que les grandes incidences ont été identifiées depuis plusieurs années, l'effet « cocktail » de l'ensemble de celles-ci n'est pas entièrement appréhendé à une échelle mondiale.

En termes d'aléas littoraux, l'érosion côtière se poursuivra au rythme des tempêtes et ouragans tant que le niveau de la mer continuera de s'élever et que le disponible sédimentaire sera amoindri par l'occupation et les activités humaines. Certains sites présentent des tendances au recul du trait de côte de l'ordre de -50m et plus à l'horizon 2100. Les submersions marines sont également amenées à se renforcer sous l'effet de l'élévation du niveau de la mer (niveau moyen permanent) et des submersions temporaires de tempêtes et cyclones. A titre d'exemple, il est estimé qu'un cyclone de type de celui de 1928 (catégorie 3 passant sur Pointe-à-Pitre) générerait en 2100 une submersion de +2m par rapport au niveau actuel soit +51% de surface inondée. A Jarry, les coûts directs d'un tel cyclone seraient de +20%.

Il s'avère donc plus qu'urgent de mettre en place des chemins d'adaptation et des stratégies dites « sans regret », c'est-à-dire d'ores et déjà utiles aujourd'hui. Un prérequis fondamental consiste tout d'abord dans la pérennisation des outils de suivi des indicateurs du changement climatique (observatoires). L'adaptation passe ensuite par une planification spatiale prenant en compte les risques actuels et futurs (SAR/SMVM, PCAET, SCOT, etc.).

Le rôle des activités humaines comme aggravatrices des déséquilibres climatiques doit être diminué par tous les moyens (gestion des déchets, des effluents, de la fréquentation, etc.). La capacité d'adaptation et de survie des écosystèmes marins tels que les herbiers, récifs coralliens, mangroves dépend grandement de leur état de santé général (c'est-à-dire résilience) : une mangrove de « bonne qualité » protège beaucoup mieux les zones côtières (houle, tsunami, pollution des eaux...) qu'une mangrove clairsemée, avec une arrière-forêt dégradée et polluée. Ainsi, il est primordial de s'appuyer sur les services que nous rend la nature (nurseries, filtration de l'eau, protection vis-à-vis des tempêtes, etc.) pour s'adapter, en favorisant la conservation des milieux, y compris dans les zones urbaines, et les solutions fondées sur la nature (solution qui se sert de la dynamique naturelle plutôt que de la bloquer ; ex : plantation de mangrove, rechargement en sable, etc.). Enfin, cette nécessaire adaptation ne pourra se faire sans une sensibilisation de la population, des plus jeunes jusqu'à nos élus.



Dauphin OFB



Baleines OFB

Références

- Arnold T, Mealey C, Leahey H, Miller AW, Hall-Spencer JM, Milazzo M, et al. (2012) Ocean Acidification and the Loss of Phenolic Substances in Marine Plants. *PLoS ONE* 7(4): e35107. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035107>
- Baker, A., Starger, C., McClanahan, T. et al. Corals' adaptive response to climate change. *Nature* 430, 741 (2004). <https://doi.org/10.1038/430741a>
- Bell, Susan & Fonseca, Mark & Motten, Little. (2008). Linking Restoration and Landscape Ecology. *Restoration Ecology*. 5. 318 - 323. [10.1046/j.1526-100X.1997.00545.x](https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.1997.00545.x).
- Björk, M., Short, F., Mcleod, E., & Beer, S. (2008). Managing Seagrasses for Resilience to Climate Change. Gland, Switzerland : IUCN.
- Borot de Battisti, A., T. Binet, P. Failler, J.-P. Maréchal et T. Therme (2013). Détermination de la valeur d'usage indirect et de non-usage des récifs coralliens et écosystèmes associés de Guadeloupe, Rapport final, IFRECOR.
- (Bouchon et al., 1991).
- Bouchon C., Y. Bouchon-Navaro, M. Louis, M. et D. Imberts, "L'impact de l'ouragan Hugo sur les écosystèmes côtiers de la Guadeloupe in L'ouragan Hugo. Genèse, incidences géographiques et écologiques sur la Guadeloupe.," Géoprodig, portail d'information géographique, consulté le 26 novembre 2020, <http://geoprodig.cnrs.fr/items/show/108997>.
- Bouchon C., Bouchon-Navaro Y. Louis M., 2002. Les écosystèmes marins côtiers des Antilles. Pp 21-43. In : La pêche aux Antilles.
- Brodie et al., (2014) *Ecology and Evolution* 2014; 4(13): 2787– 2798. <https://doi.org/10.1002/ece3.1105>
- Burkepile, D.E., Hay, M.E. Feeding complementarity versus redundancy among herbivorous fishes on a Caribbean reef. *Coral Reefs* 30, 351–362 (2011). <https://doi.org/10.1007/s00338-011-0726-6>
- Managing beach resources in the smaller Caribbean islands. Workshop Papers. Edited by Gillian Cambers. 1997. 269 pp. (anglais). www.unesco.org/csi/pub/papers/papers1.htm
- Cazenave, A. and Le Cozannet, G. Sea level rise and its coastal impacts. 15–34 (2013) [doi: 10.1002/2013EF000188](https://doi.org/10.1002/2013EF000188)
- Cesar, H. (2003) Economic valuation of the coral reefs of Egypt. Report prepared for the MVE-unit of EPPP, funded by USAID. Preliminary version, January 2003 (mimeo).
- Chin, Andrew & Kyne, Peter. (2007). Vulnerability of chondrichthyan fishes of the Great Barrier Reef to climate change.
- Chauvaud, Sylvain & Bouchon, Claude & Manière, Roger. (2001). Cartographie des biocénoses marines de Guadeloupe à partir de données SPOT (récifs coralliens, phanérogames marines, mangroves). *Oceanologica Acta - OCEANOL ACTA*. 24. 3-16. [10.1016/S0399-1784\(01\)00079-2](https://doi.org/10.1016/S0399-1784(01)00079-2).
- Green E.P., Short F.T., (eds.). 2003. *World Atlas of Seagrasses*. University of California Press, Los Angeles, 298 pages.
- Donelson Jennifer, Munday P. and McCormick, Mark. (2012). Climate change affects fish through an interaction of parental and juvenile environments. *Coral Reefs*. 31. 753-762. [10.1007/s00338-012-0899-7](https://doi.org/10.1007/s00338-012-0899-7).
- Dromard, Charlotte & Bodiguel, Xavier & Lemoine, Soazig & Bouchon-Navaro, Yolande & Reynal, Lionel & Thouard, Emmanuel & Bouchon, Claude. (2015). Assessment of the contamination of marine fauna by chlordecone in Guadeloupe and Martinique (Lesser Antilles). *Environmental science and pollution research international*. 23. [10.1007/s11356-015-4732-z](https://doi.org/10.1007/s11356-015-4732-z).
- FAO (2005) Évaluation Des Ressources Forestières Mondiales 2005, Étude Thématique Sur Les Mangroves Guadeloupe :Profil National, Version Préliminaire. Département des forêts, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Aout 2005 <http://www.fao.org/forestry/9288-01256b0a1a0aac7704715bf5d8ac484db.pdf>
- Fourqurean, J. and Rutten, L. (2004). The Impact of Hurricane Georges on Soft-Bottom, Back Reef Communities: Site- and Species-Specific Effects in South Florida Seagrass Beds. *Bulletin of Marine Science*, 75.
- Gardiner JM, Atema J, Hueter RE, Motta PJ (2014) Multisensory Integration and Behavioral Plasticity in Sharks from Different Ecological Niches. *PLOS ONE* 9(4): e93036. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093036>
- Godfrey in *ISTS* 2007
- Guinotte JM, Fabry VJ. Ocean acidification and its potential effects on marine ecosystems. *Ann N Y Acad Sci*. 2008;1134:320-42. [doi: 10.1196/annals.1439.013](https://doi.org/10.1196/annals.1439.013). PMID: 18566099.
- (Hily et al. 2010)
- Hily C., Duchène J., Bouchon-Navaro Y., Gigou A., Payri C., Védie F., 2010. Les herbiers de phanérogames marines de l'outre-mer français. Hily C., Gabrié C., Duncombe M. coord. IFRECOR, Conservatoire du littoral. 140 p
- Hoegh-Guldberg, Ove. (2005). Low coral cover in a high-CO2 world. *Journal of Geophysical Research C: Oceans*. 110. [10.1029/2004JC002528](https://doi.org/10.1029/2004JC002528).
- Daniel Imbert (2002). Impact des ouragans sur la structure et la dynamique forestières dans les mangroves des Antilles, Bois Et Forêts Des Tropiques, 2002, N° 273 (3). <https://doi.org/10.19182/bft2002.273.a20139>
- International Plant Protection Convention -New Revised Text-(1997) <https://www.ippc.int/en/publications/131/>
- Janzen, F. J., & Paukstis, G. L. (1991). Environmental sex determination in reptiles: evolution, and experimental design. *The Quarterly review of biology*, 66(2), 149-179.
- Simon Jennings, Keith Brander (2010) Predicting the effects of climate change on marine communities and the consequences for fisheries, *Journal of Marine Systems* 79 (3–4). <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2008.12.016>.
- Kibria, Golam & Haroon, A K & Nuggeoda, Dayanthi. (2017). Climate change and its effects on global shark fisheries. *Oceanography and Marine Biology: An Interdisciplinary Journal*. 55. 2.15363.81441.
- Koch, M., Bowes, G., Ross, C. and Zhang, X.H. (2013). Climate change and ocean acidification effects on seagrasses and marine macroalgae. *Glob Change Biol*, 19: 103-132. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2012.02791.x>
- Kroeker, K.J., Kordas, R.L., Crim, R., Hendriks, I.E., Ramajo, L., Singh, G.S., Duarte, C.M. and Gattuso, J.P. (2013). Impacts of ocean acidification on marine organisms: quantifying sensitivities and interaction with warming. *Glob Change Biol*, 19: 1884-1896. <https://doi.org/10.1111/gcb.12179>
- Lecchini D. & R. Galzin, 2003. Influence of pelagic and benthic, biotic and abiotic, stochastic and deterministic processes on the dynamics of auto-recruitment of coral reef fish. *Cybium*, vol. 27 : 167-184
- Jeffrey M. Leis, Ulrike Siebeck, Danielle L. Dixon, How Nemo Finds Home: The Neuroecology of Dispersal and of Population Connectivity in Larvae of Marine Fishes, *Integrative and Comparative Biology*, Volume 51, Issue 5, November 2011, Pages 826–843, <https://doi.org/10.1093/icb/icr004>
- Limpus, C. J., & Reed, P. C. (1985). Green Sea Turtles Stranded by Cyclone Kathy on the South-Western Coast of the Gulf of Carpentaria. *Wildlife Research*, 12(3), 523-533.
- Lovich, J. E., S. W. Gotte, C. H. Ernst, J. Harshbarger, A. F. Laemmerzahl, and J. W. Gibbons. 1996. Prevalence and histopathology of shell disease in turtles from Lake Blackshear, Georgia. *J. Wildl. Diseases* 32:259-265.
- Matsuzawa, Y. & Sato, Katsufumi & Sakamoto, W. & Bjornal, K.A.. (2002). Seasonal fluctuations in sand temperature: Effects on the incubation period and mortality of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) pre-emergent hatchlings in Minabe, Japan. *Marine Biology*. 140. 639-646. [10.1007/s00227-001-0724-2](https://doi.org/10.1007/s00227-001-0724-2).
- McMAHON, C. R., & Hays, G. C. (2006). Thermal niche, large-scale movements and implications of climate change for a critically endangered marine vertebrate. *Global Change Biology*, 12(7), 1330-1338.
- Micheal, Oppenheimer & Glavovic, Bruce & Hinkel, Jochen & Roderik, van & Magnan, Alexandre & Abd-Elgawad, Amr & Rongshu, Cai & Miguel, Cifuentes-Jara & Robert, De & Ghosh, Tuhin & Hay, John & Ben, Marzeion & Meyssignac, Benoit & Sebesvari, Zita & A.J., Smit & Dangendorf, Sönke & Frederikse, Thomas. (2019). Sea Level Rise and Implications for Low Lying Islands, Coasts and Communities.

- Orr, James et al. (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*. 437. 681-686. 10.1038/nature04095.
- Peltier et al., 2015
- Pergent G, Pergent-Martini C., Bein A., Dedeken M., Oberti P., Orsini A., Santucci J.F., Short F., 2015. Dynamic of *Posidonia oceanica* seagrass meadows in the northwestern Mediterranean: Could climate change be to blame? *Comptes rendus biologiques*, 338 (7) : 484-93.
- Pistevos, J., Nagelkerken, I., Rossi, T. et al. Ocean acidification and global warming impair shark hunting behaviour and growth. *Sci Rep* 5, 16293 (2015). <https://doi.org/10.1038/srep16293>
- A.R. Preen, W.J. Lee Long, R.G. Coles (1995) Flood and cyclone related loss, and partial recovery, of more than 1000 km² of seagrass in Hervey Bay, Queensland, Australia, *Aquatic Botany* 52(1-2), 3-17. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(95\)00491-H](https://doi.org/10.1016/0304-3770(95)00491-H).
- Ridler, M.S., Dent, R.C. & Arrington, D.A. Effects of two hurricanes on *Syringodium filiforme*, manatee grass, within the Loxahatchee River estuary, Southeast Florida. *Estuaries and Coasts*: J ERF 29, 1019-1025 (2006). <https://doi.org/10.1007/BF02798664>
- Roberts E, (2003). Scientists warn of coral reef damage from climate change. *Marine Scientist* 2, 21-23.
- Roussel, E., M. Duncombe et C. Gabri   (2010). Les mangroves de l'outre-mer française.   cosyst  mes associés aux récifs coralliens, Conservatoire du Littoral.
- Saba, V.S., Santidri  n-Tomillo, P., Reina, R.D., Spotila, J.R., Musick, J.A., Evans, D.A. And Paladino, F.V. (2007), The Effect Of The El Niño Southern Oscillation On The Reproductive Frequency Of Eastern Pacific Leatherback Turtles. *Journal Of Applied Ecology*, 44: 395-404. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2664.2007.01276.X>
- N. Saintilan, N. S. Khan, E. Ashe, J.J. Kelleway, K. Rogers, C. D. Woodroffe and B.P. Horton (2020). Thresholds of mangrove survival under rapid sea level rise. *Science* Vol. 368, Issue 6495, pp. 1118-1121. DOI: 10.1126/science.aba2656
- Sculthorpe, C. D.: *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. 610 S. London: Edward Arnold Ltd. 1967
- Short F.T., Neckles H., 1999. The Effects Of Global Climate Change On Seagrasses. *Aquatic Botany*, 63, P. 169-196
- Short, Frederick & Coles, Robert & Pergent-Martini, Christine. (2001). Global seagrass distribution. doi : 10.13140/2.1.2569.6324.
- Solow, Andrew & Bjorndal, Karen & Bolten, Alan. (2002). Annual Variation in Nesting Numbers of Marine Turtles: The Effect of Sea Surface Temperature on Re-Migration Intervals. *Ecology Letters*. 5. 742 - 746. 10.1046/j.1461-0248.2002.00374.x.
- Spalding, Mark. (1997). The global distribution and status of mangrove ecosystems. *Intercoast Network*. 1 (Spec. Ed.). 20-1.
- UICN (2006). Travailler Pour La Conservation Rapport De Programme 2006, Union Mondiale pour la Nature <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2007-007-Fr.pdf>
- UNEP (2006), Rapport Annuel 2006, Programme Environnement des Nations Unies. <https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/10905/retrieve>
- Unsworth Richard, Hinder Stephanie, Bodger Owen and Cullen-Unsworth Leanne. (2014). Food supply depends on seagrass meadows in the coral triangle. *Environmental Research Letters*. doi : 9. 094005. 10.1088/1748-9326/9/9/094005.
- Villaz  n B, Brun F, González-Ortiz V, Moreno-Marín F, Bouma T, Vergara J. Flow velocity and lightlevel drive non-linear response of seagrass *Zostera noltei* to ammonium enrichment. *Mar Ecol ProgSer*. 2016; 545: 109-12
- Wallace, Bryan P. and T. Jones. "What makes marine turtles go: A review of metabolic rates and their consequences." *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 356 (2008): 8-24.
- Waycott M., Duarte C., Carruthers T., Orth R., Dennison W., Olyarnik S., Calladine A., Fourqurean J., Heck K., Hughes A., Kendrick G., Kenworthy W., Short F., and Williams S., (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems, *PNAS* vol. 106 n   30, p 12377-12381.
- Waycott Michelle, McKenzie Len, Mellors Jane, Ellison Joanna, Sheaves Marcus, Collier Catherine, Schwarz Anne-Maree, Webb Arthur, Johnson Johanna and Payri Claude. (2011). in Book : Vulnerability of mangroves, seagrasses and intertidal flats in the tropical Pacific to climate change. (Chapter 6, pp.97-168)
- Weiss Jerome, Duchene Julie, Le Blond Samuel, Guyader Olivier, Demaneche Sebastien, Berthou Patrick, Le Roy Emilie, Leblond Emilie (2019). Situation de la p  che en Guadeloupe en 2018. *Ifremer-sih-2019.04*. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00492/60343/>
- Wilkinson, Clive. (2004). Status of Coral Reefs of the World: 2004. Status of Coral Reefs of the World: 2002.
- Wilkinson, C. (2000). Status of coral reefs of the world: 2000.
- WWF, Rapport Plan  te Vivante Océans; Espèces, habitats et bien-être humain . ISBN 978-2-940529-24-7 https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2017-08/15_rapport_planete_vivante_oceans.pdf
- Yamakita, Takehisa & Nakaoka, Masahiro. (2008). Scale dependency in seagrass dynamics: How does the neighboring effect vary with grain of observation?. *Population Ecology*. 51. 33-40. 10.1007/s10144-008-0119-z.
- Yoppaf et al, 2014





L'observatoire régional de l'énergie et du climat (OREC) est un outil partenarial d'aide à la décision créé dans le but d'observer l'évolution énergétique et climatique de notre territoire.

Il vise à centraliser des données afin de les analyser et d'en assurer la diffusion.
Les données peuvent être collectées, mesurées ou issues d'études spécifiques.

Ressources documentaires OREC



Les membres du Comité de l'observatoire



Mécènes

L'OREC remercie les entreprises du territoire qui par leur soutien à l'activité de l'observatoire permettent :

- de pérenniser le fonctionnement de l'observatoire ;
- d'assurer le développement de ses missions et la montée en compétence de la structure.



Observatoire régional de l'énergie et du climat de la Guadeloupe

Synergîle

19 et 20 lots Immeuble Ary Encelade – Rue Ferdinand Forest
ZI Jarry - 97122 Baie-Mahault, Guadeloupe

www.synergile.fr

Rédaction : M. Ywenn DELA TORRE et M. Florian LABADIE
Crédit photo : Florian LABADIE, BRGM, OFB, Synergîle