



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

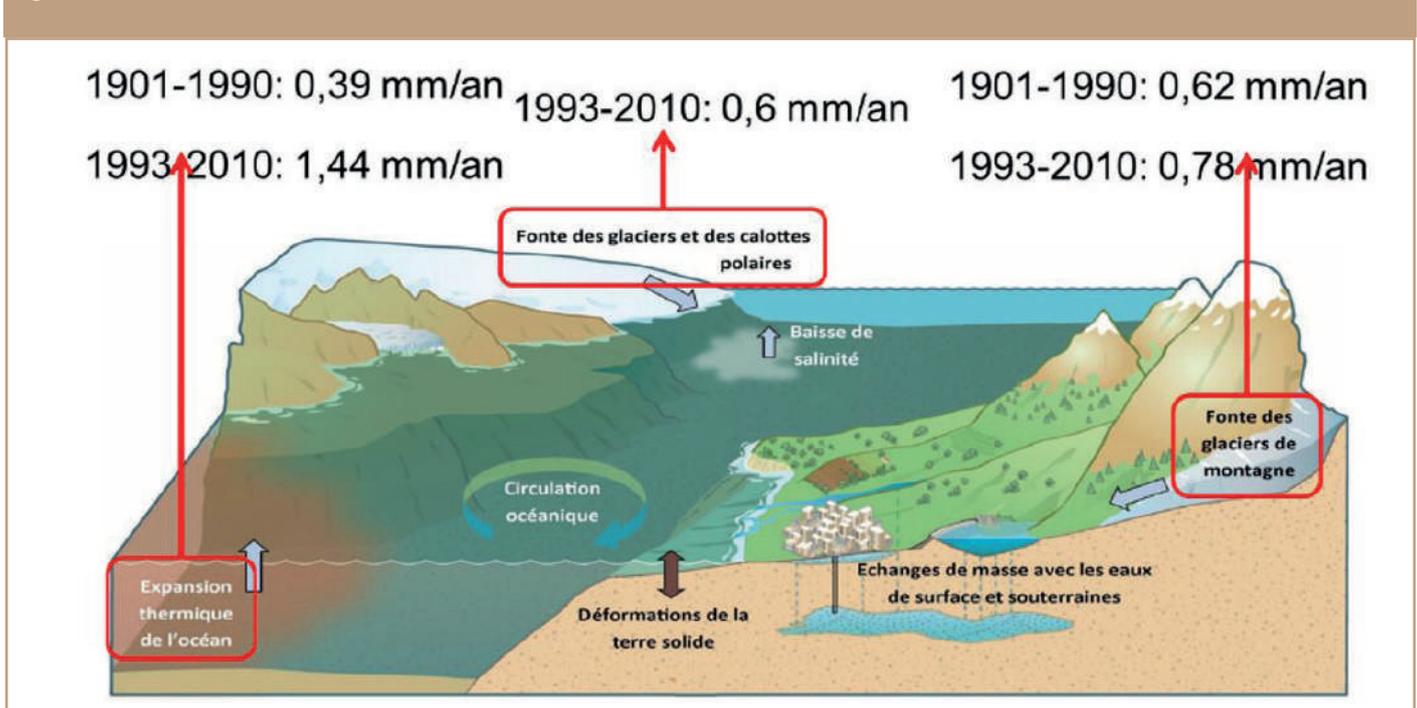
Généralités - introduction

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

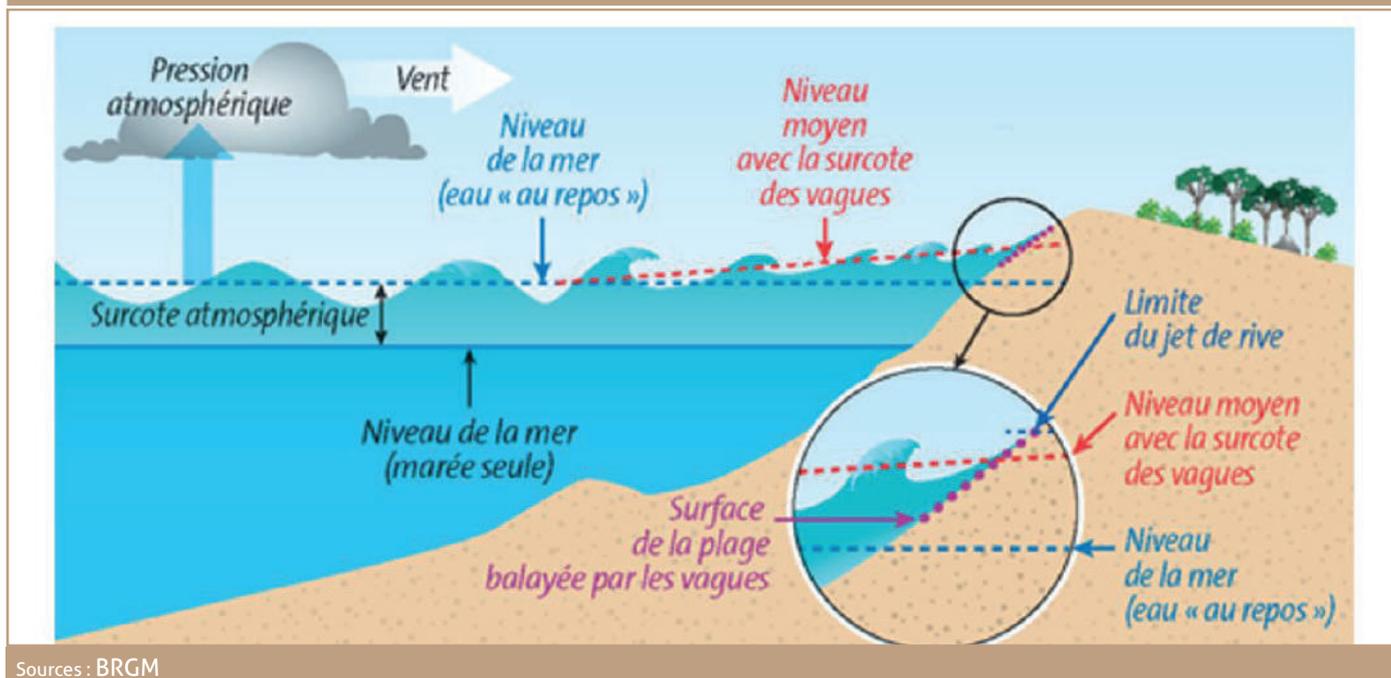
La submersion temporaire de la côte se produit en cas d'élévation brutale du niveau de la mer associée au passage des tempêtes et des cyclones à l'échelle locale (Figure 3).

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.

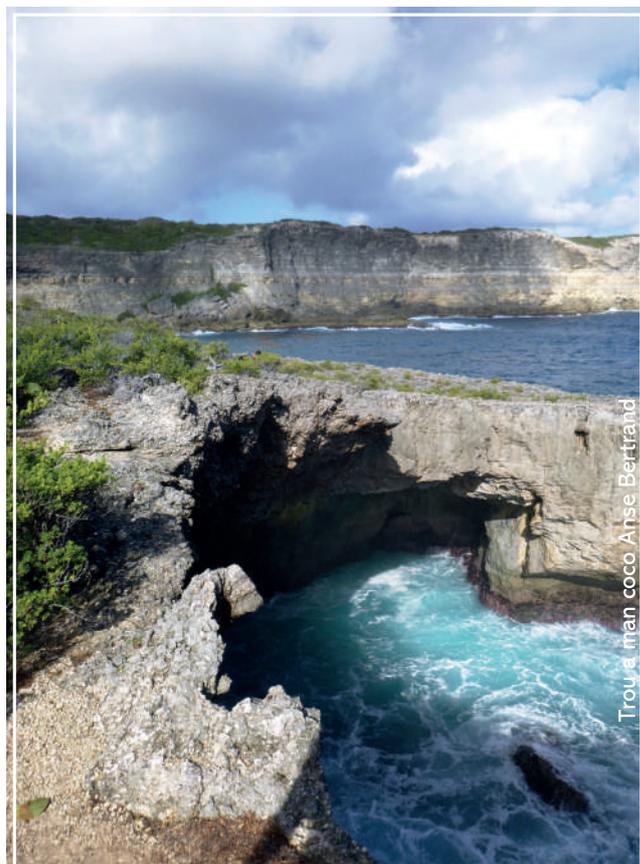
Vulnérabilité en Guadeloupe

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).

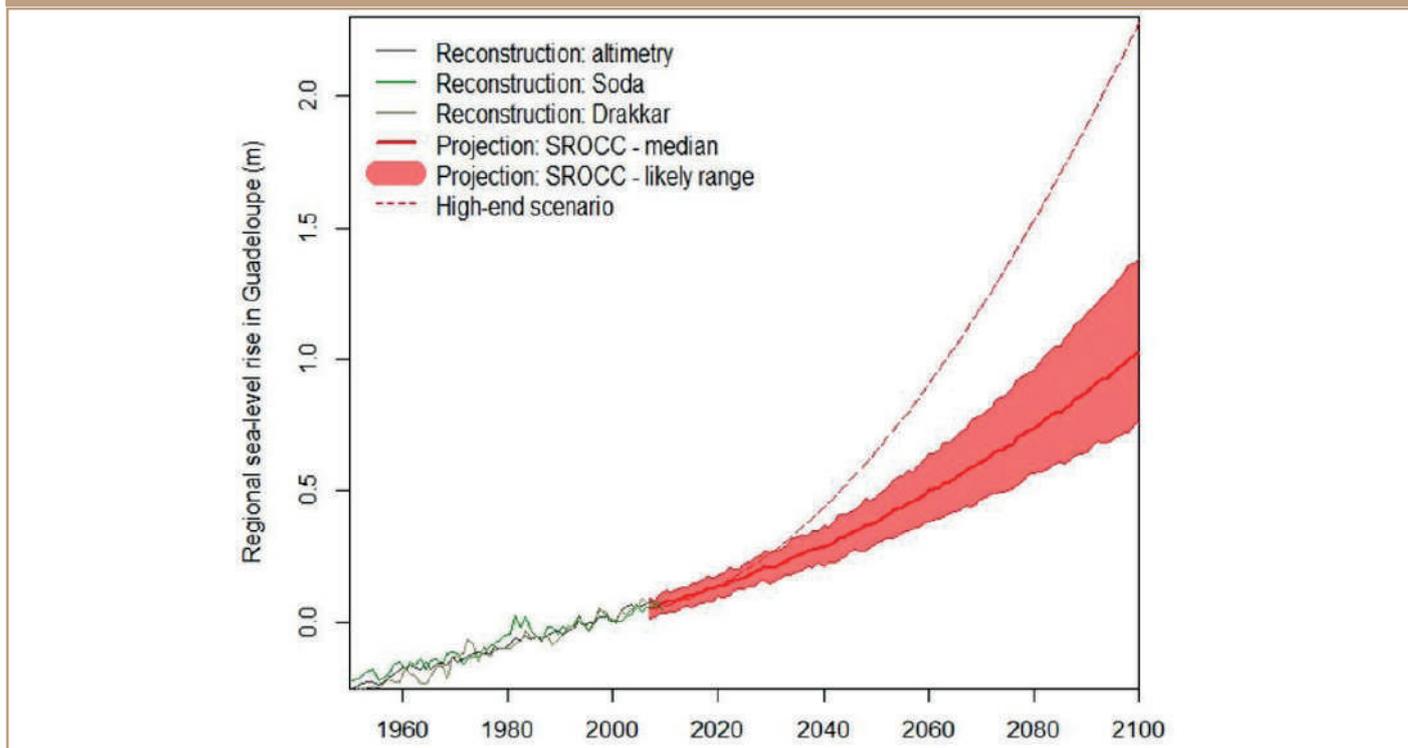
Le BRGM a par ailleurs estimé l'ERNM future à partir des contributions de chacun des forçages d'ENM et des mouvements du sol dans le secteur de l'agglomération pointoise (subsidence locale de 2mm/an). Selon ces calculs, l'ENM est légèrement supérieure aux tendances mondiales avec un intervalle probable 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

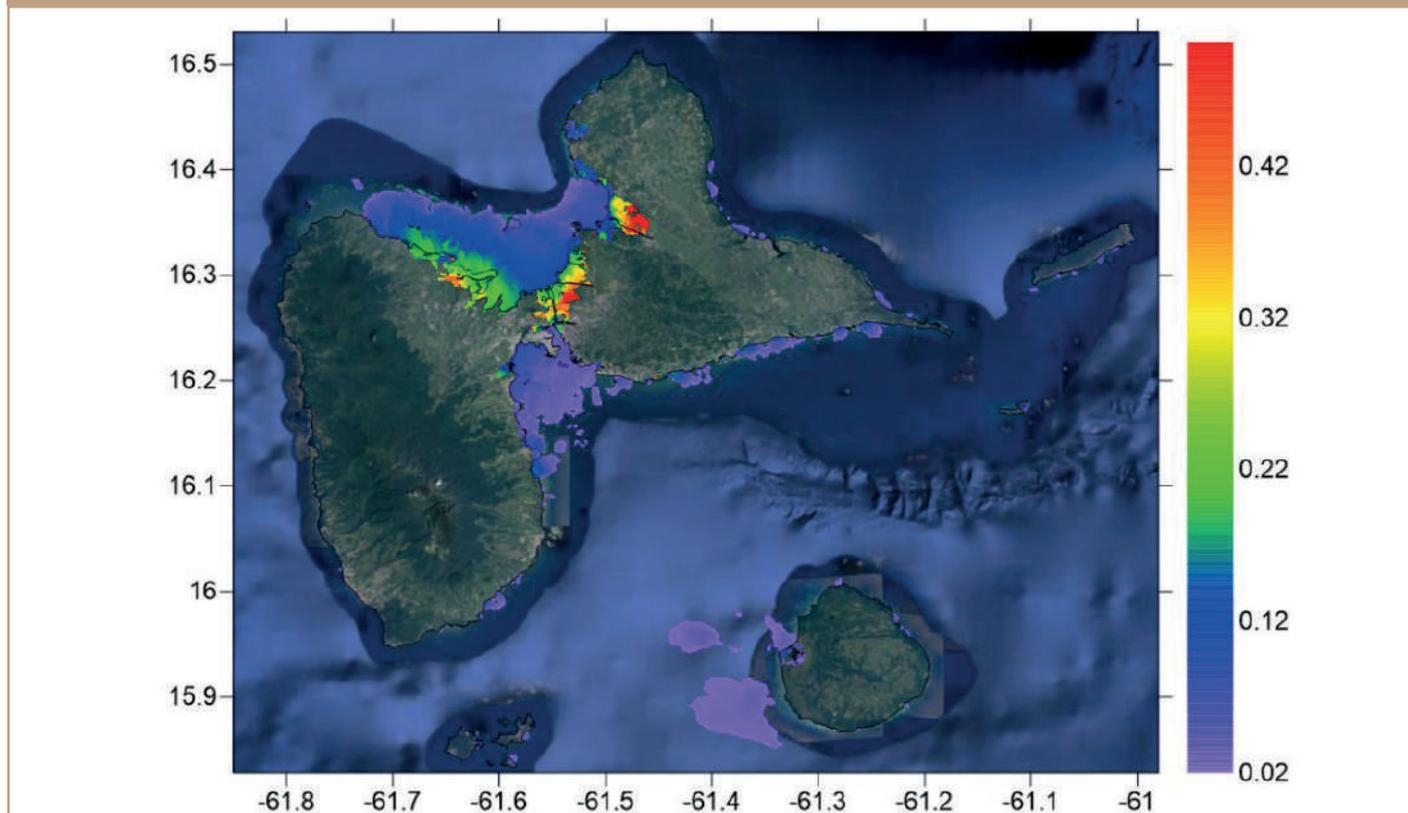


Sources : Le Cozannet et al., soumis.

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

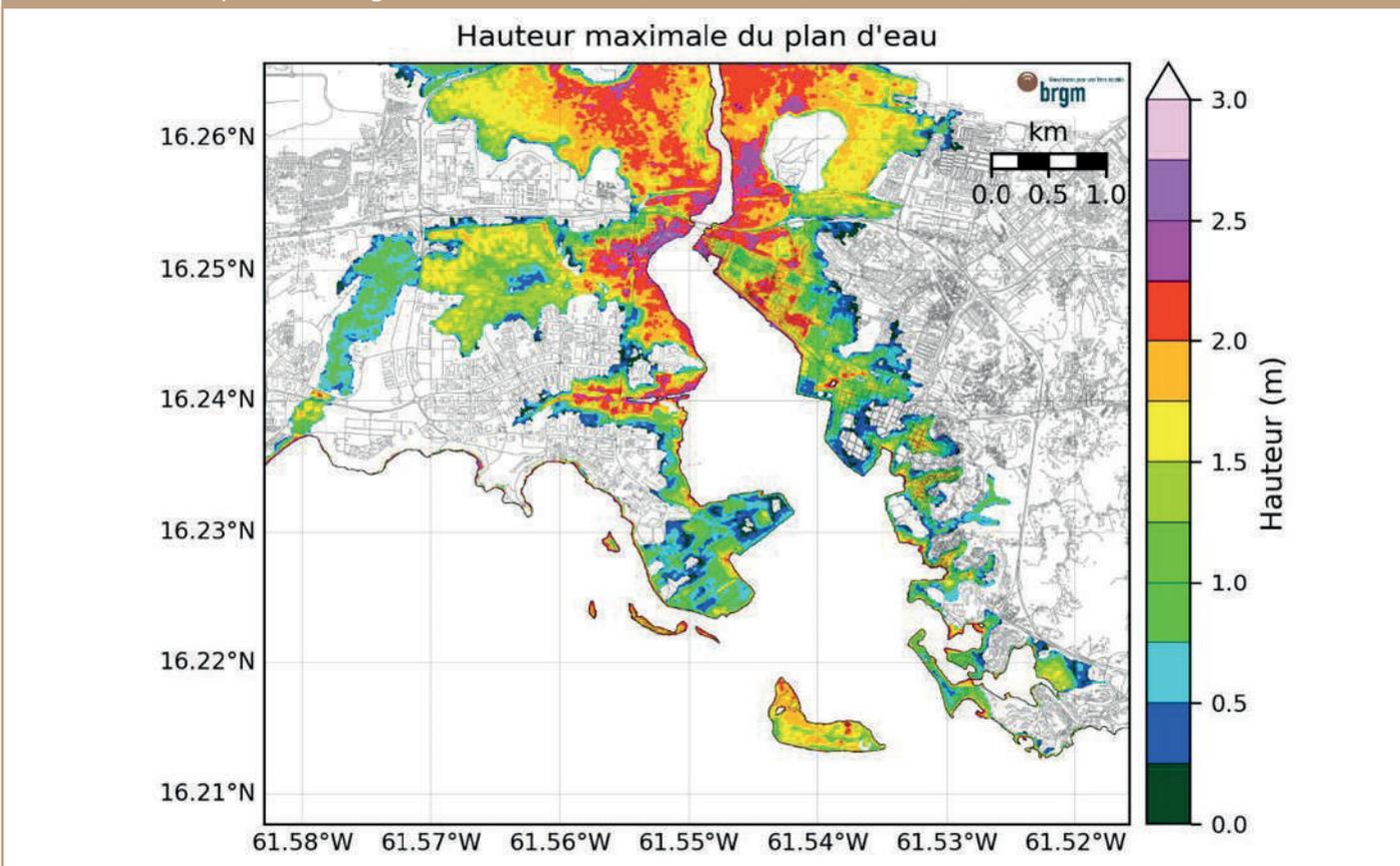
- **Le projet Ouragan 1928**

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

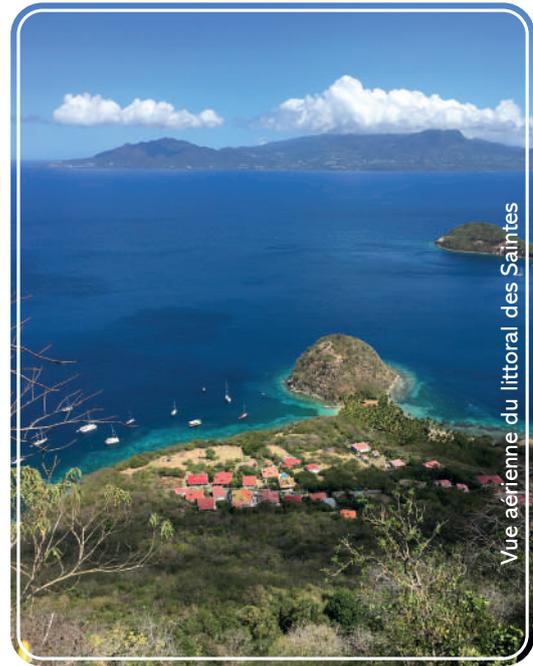
Généralités - introduction

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.



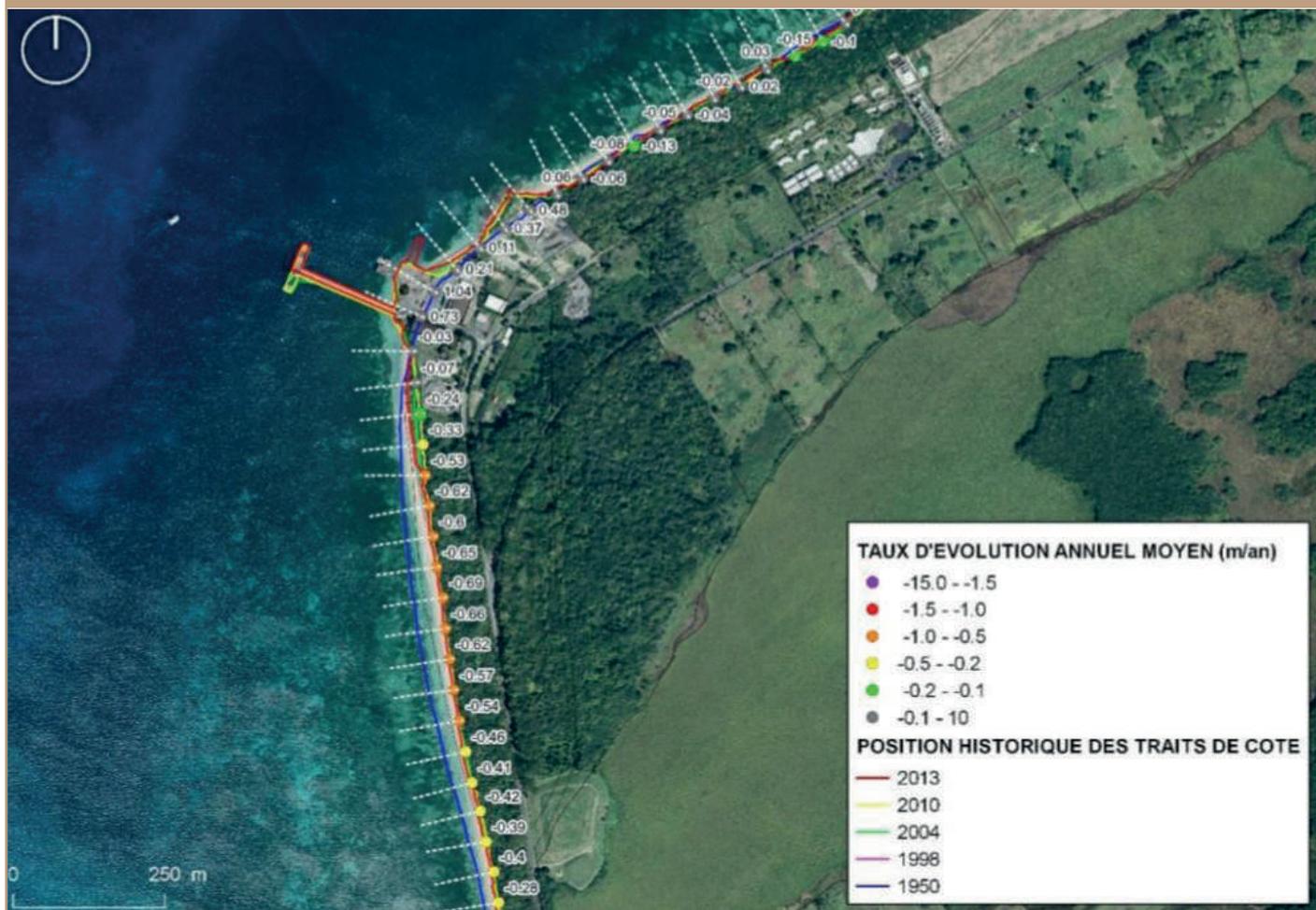
Vulnérabilité au changement climatique

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).

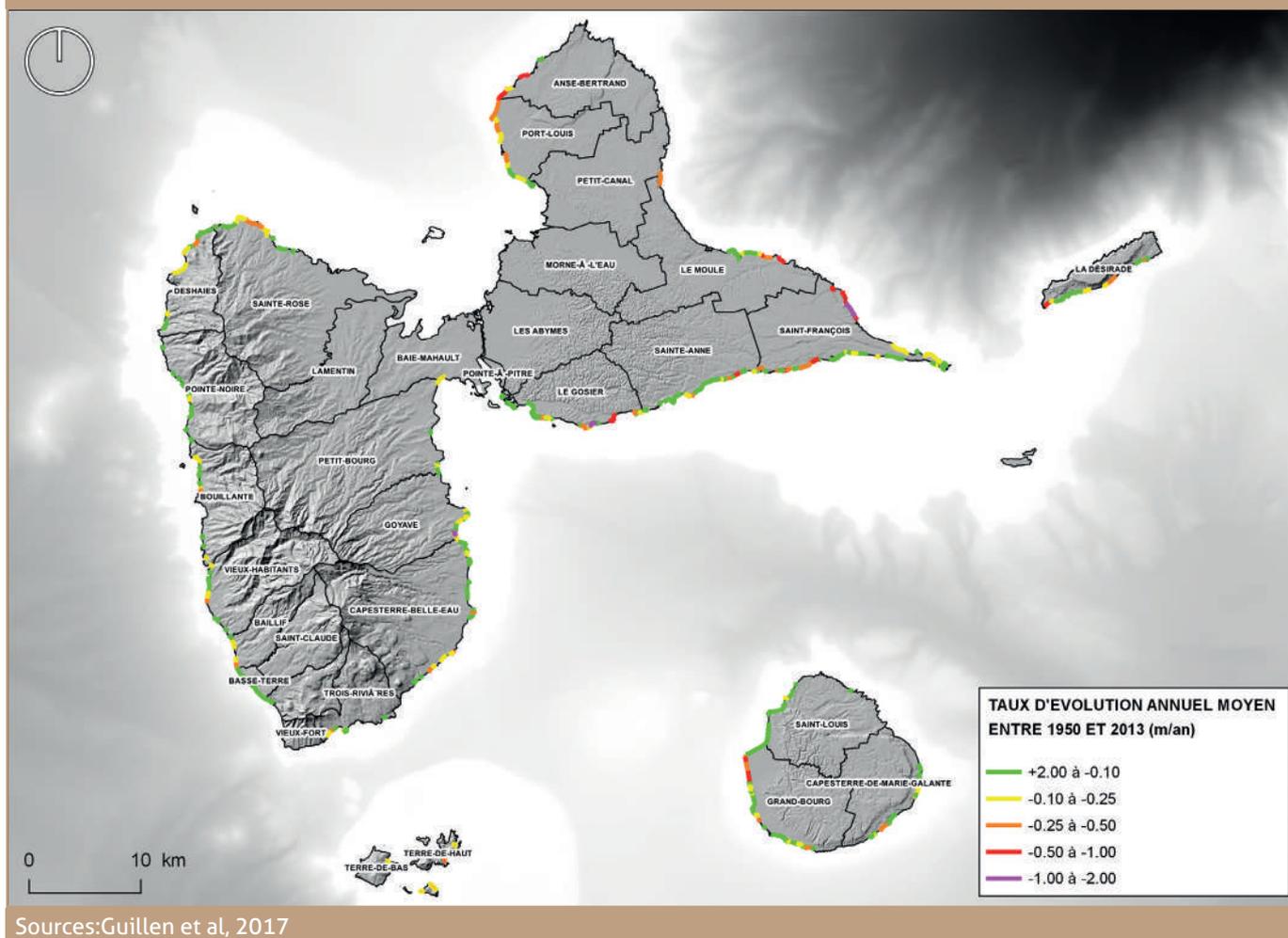
Carte 8: Exemple de représentation du taux d'évolution annuel moyen calculé sur chaque transect sur le site de Folle Anse sur la commune de Grand-Bourg à Marie-Galante



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 9 : Taux d'évolution annuel moyen des côtes basses sableuses en Guadeloupe sur la période 1950-2013



Sources: Guillen et al, 2017

Parmi les sites présentant un recul important on peut citer par exemple :

- le secteur côtier entre Anse à la Croix et Baie Olive (-1,75 m/an) et Anse à l'eau (-1m/an) à Saint-François ;
- Anse Salmon (-0,80m/an) et Anse Montal (-0,80 m/an) au Moule ;
- Bois Jolan (-0,60 m/an) à Sainte-Anne ;
- Saint-Félix (-1,20 m/an) et les Salines (-1m/an) à Gosier ;
- Christophe à Petit-Bourg (-1,20 m/an) ;
- Folle Anse (-0,70m/an) à Grand-Bourg de Marie-Galante ;
- Anse Lavolvaine (0,70 m/an) à Port-Louis

A noter que les environnements côtiers de falaises meubles de la Basse-Terre sont également très sensibles aux phénomènes de glissement de terrain (Petit-Bourg et Capesterre-Belle-Eau) avec des reculs ponctuels pouvant atteindre 10 à 20 m localement (Carangaise et Sainte-Marie sur la commune de Capesterre-Belle-Eau par exemple).

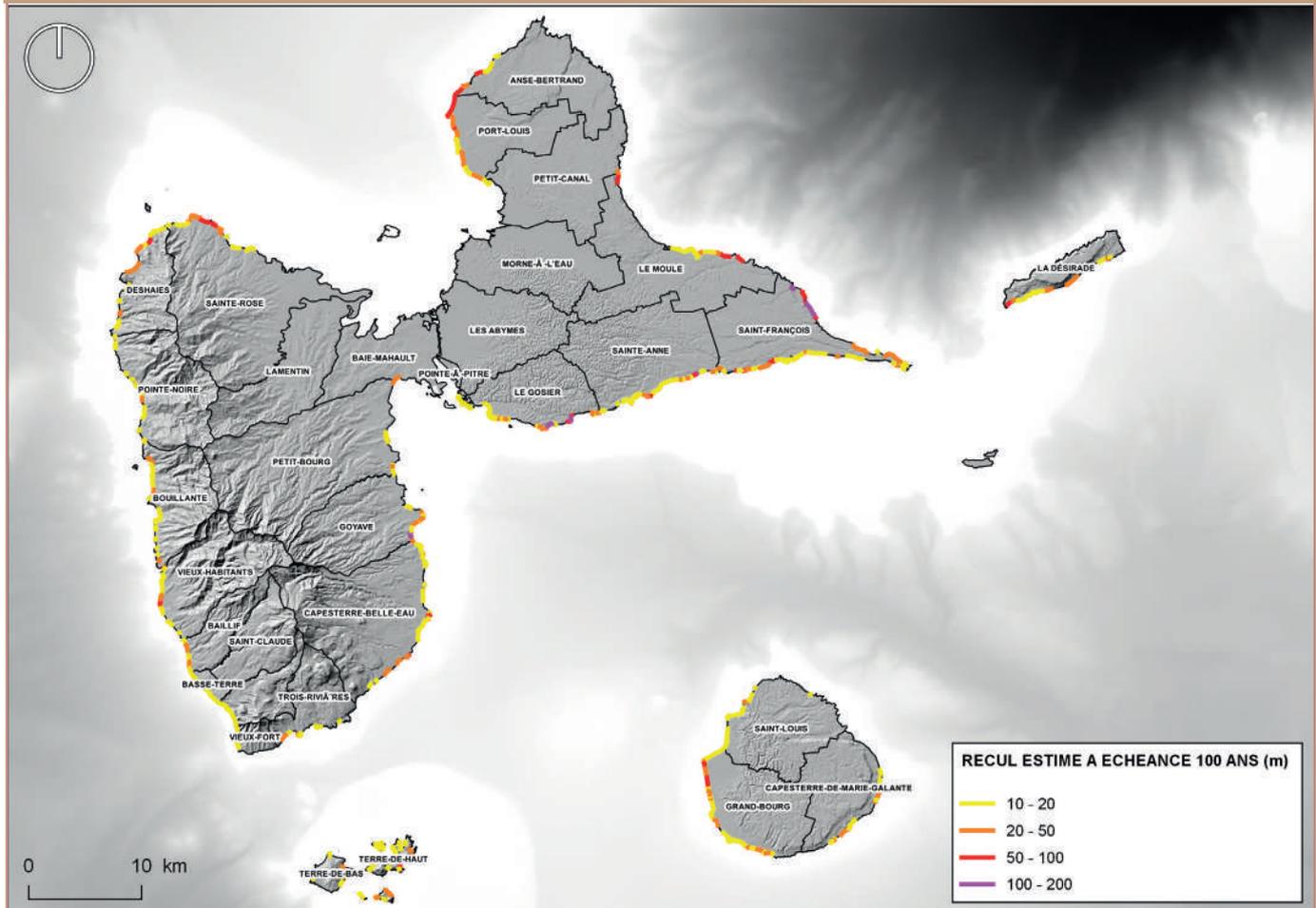
D'une manière générale, dans un contexte cyclonique, l'ensemble des côtes basses meubles sont potentiellement exposées au recul du trait de côte.

Il est souvent difficile d'identifier précisément les facteurs à l'origine des reculs observés sur le long terme en Guadeloupe car les causes associées sont multiples et complexes :

- élévation du niveau de la mer et mouvements verticaux du sol sur le long terme ;
- impacts des épisodes de forte intensité à l'échelle d'un évènement ou d'une saison ;
- modification des courants par les aménagements côtiers ;
- prélèvement direct de sable pour la construction ;
- dégradation des environnements côtiers (récifs, herbier, mangrove et végétation de haut de plage).

A partir des données historiques sur l'évolution du trait de côte, il est possible de projeter ces évolutions dans le temps afin d'identifier les secteurs qui seront les plus vulnérables au recul du trait de côte dans le futur. Ce travail a été réalisé pour l'ensemble des côtes basses meubles dans le cadre de la révision du PPRN de la Guadeloupe, avec une projection à échéance 100 ans des tendances observées sur la période 1950-2013.

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).

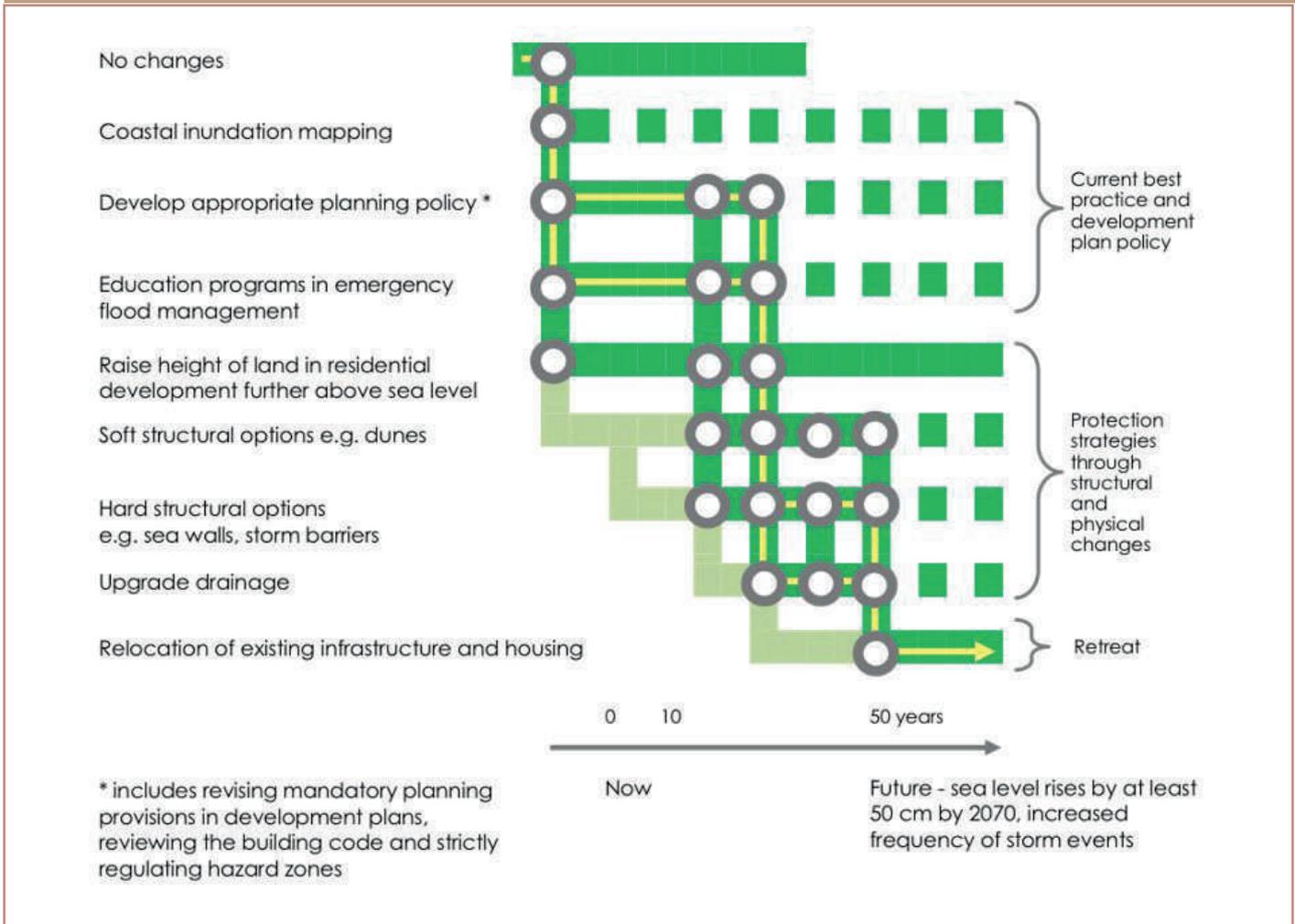
En outre, l'adaptation doit se faire en premier lieu à partir des politiques publiques d'aménagement du territoire visant à limiter le développement des nouveaux enjeux dans les zones les plus exposées, réduire la vulnérabilité des biens et infrastructures existants en limitant les dommages et le délai 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 :

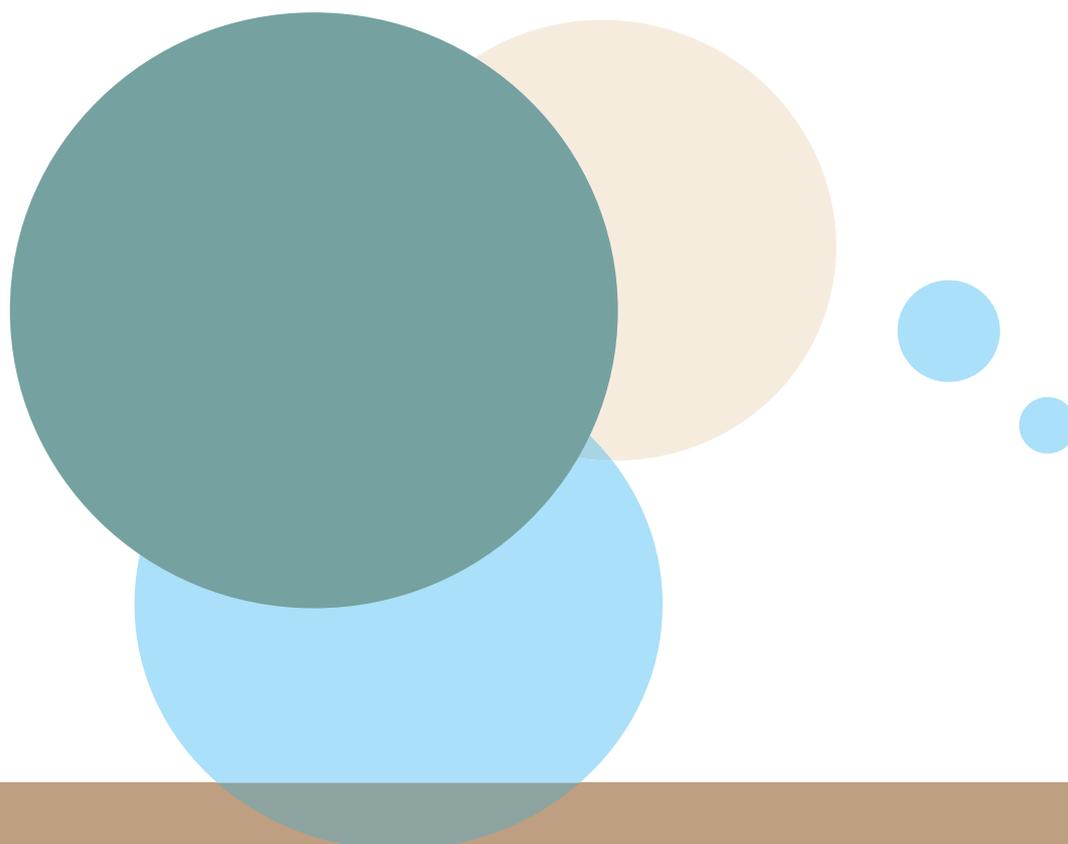
- Elévation du niveau de la mer entre +0,75 et +1,4m à l'horizon 2100 (projection « likely range » GIEC 2019) ;
- Submersion de 2m à Pointe-à-Pitre en 2100 au passage d'un cyclone type 1928 avec +51% de surface inondées par rapport au niveau moyen actuel ;
- Jusqu'à + 21% de coûts liés aux dommages directs 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

4.3- Exemples d'actions d'adaptation sur le littoral guadeloupéen

• Le quartier de Rivière Sens à Gourbeyre :

L'Agence des 50 pas géométriques mène en partenariat avec l'ADEME et la municipalité de Gourbeyre, un projet de restructuration du quartier de Rivière Sens. Parmi les objectifs du projet validés en conseil municipal, la mise en sécurité des personnes et des biens face aux risques naturels et aux effets du changement climatique constitue une priorité.

Depuis la loi d'actualisation du droit des Outre-mer n° 2015-1268 du 14 octobre 2015, « La cession du terrain à des personnes privées ne peut être effectuée lorsque la construction est située dans une zone exposée à un risque naturel grave et prévisible menaçant des vies humaines. » Dans ces conditions, il revient donc à l'État de fonder ses régularisations sur l'exposition de la parcelle à un risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines.

Le site de Rivière-Sens est exposé à des phénomènes d'intensité fortes à très fortes et dont la dangerosité vis-à-vis des vies

humaines est importante, pour les aléas inondation par débordement de cours d'eau, recul du trait de côte et choc mécanique des vagues.

Face à ces phénomènes, les populations exposées ne peuvent se mettre en sécurité dans leur propre habitation, ce qui implique une menace pour la vie humaine.

Pour assurer la sécurité des occupants et au titre de la méthodologie sur les zones de menaces graves pour les vies humaines, six (6) logements ne pourront faire l'objet d'une régularisation (sur les huit (8) logements en zone de menace grave, deux (2) parcelles sont privées) et doivent ainsi faire l'objet d'une relocalisation.

Après concertation avec les habitants, un terrain disponible a été identifié dans le cadre du projet au sein du quartier pour reloger les occupants exposés à une menace pour leurs vies dans un environnement sécurisé tout en bénéficiant des mêmes commodités et du cadre de vie. Le terrain ainsi libéré de toutes constructions sera destiné à être cultivé et planté pour les occupants du quartier.

Carte 11: Cartographie de la zone de menace grave et prévisible pour les vies humaines sur le secteur de Rivière-Sens



Sources : BRGM - Etude sur la caractérisation des zones de menaces graves et prévisibles pour la vie humaine - 2020

Carte 12: Plan d'aménagement visant la reconstruction du quartier de rivière-Sens



Sources : BRGM - Etude sur la caractérisation des zones de menaces graves et prévisibles pour la vie humaine - 2020

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 (Chartie))



Blocs rocheux en arrière plage - Pointe d'Antigüe, 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 copyright OFB



Baleines à bosse copyright 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).
- Beer, S., Koch, E., 1996. Photosynthesis of marine macroalgae and seagrasses in globally changing CO2 environments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 141, 199–204. <https://doi.org/10.3354/meps141199>
- 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>
- Brodie, J., Williamson, C.J., Smale, D.A., Kamenos, N.A., Mieszkowska, N., Santos, R., Cunliffe, M., Steinke, M., Yesson, C., Anderson, K.M., Asnaghi, V., Brownlee, C., Burdett, H.L., Burrows, M.T., Collins, S., Donohue, P.J.C., Harvey, B., Foggo, A., Noiset, F., Nunes, J., Razzola, F., Raven, J.A., Schmidt, D.N., Suggett, D., Teichberg, M., Hall-Spencer, J.M., 2014. The future of the northeast Atlantic benthic flora in a high CO2 world. *Ecol Evol* 4, 2787–2798. <https://doi.org/10.1002/ece3.1105>
- Burkpile, 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).
- Collier, C.J., Waycott, M., Ospina, A.G., 2012. Responses of four Indo-West Pacific seagrass species to shading. *Marine Pollution Bulletin* 65, 342–354. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.017>
- 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>
- Diaz-Pulido, G., McCook, L., Larkun, A., Lotze, H., Raven, J., Schaffelke, B., Smith, J., Steneck, R., 2007. Vulnerability of macroalgae of the Great Barrier Reef to climate change. pp. 153–192.
- Djakouré, S., Araujo, M., Hounsou-Gbo, A., Noriega, C., Bourlès, B., 2017. On the potential causes of the recent Pelagic Sargassum blooms events in the tropical North Atlantic Ocean. *Biogeosciences Discuss.* 1–20. <https://doi.org/10.5194/bg-2017-346>
- 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).
- Extrait Chapitre 3 thèse F. Kerninon. Développement d'outils méthodologiques pour le suivi et l'évaluation de l'état de santé des herbiers d'outre-mer français et de leur environnement, dans un contexte de perturbations multiples. Thèse Doctorat, UBO.
- 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>
- Gao, K., Zheng, Y., 2010. Combined effects of ocean acidification and solar UV radiation on photosynthesis, growth, pigmentation and calcification of the coralline alga *Corallina sessilis* (Rhodophyta). *Global Change Biology* 16, 2388–2398. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02113.x>
- Godfrey in ISTS 2007
- Green E.P, Short F.T., (eds.). 2003. *World Atlas of Seagrasses*. University of California Press, Los Angeles, 298 pages.
- Grégory Beaugrand et Eric Goberville, « Conséquences des changements climatiques en milieu océanique », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Hors-série 8 | octobre 2010, mis en ligne le 22 octobre 2010, consulté le 03 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/10143> ; DOI : 10.4000/vertigo.10143
- Guinder V.A., Molinero J.C., 2013. Climate change effects on marine phytoplankton. Chapter 3, *Marine ecology in a changing world*.
- 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., Duchêne 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).
- Jennifer C. A. Pistevos, Ivan Nagelkerken, Tullio Rossi, Maxime Olmos & Sean D. Connell . Ocean acidification and global warming impair shark hunting behaviour and growth. *Scientific Reports* volume 5, Article number: 16293 (2015)
- Joe Roman ,James A Estes ,Lyne Morissette ,Craig Smith ,Daniel Costa ,James McCarthy ,JB Nation ,Stephen Nicol , Andrew Pershing ,Victor Smetacek. 2014. Whales as marine ecosystem engineers. *Frontiers in Ecology and Environment*
- 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: ecology,

- 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 & Nugegoda, Dayanthi. (2017). Climate change and its effects on global shark fisheries. 10.13140/RG.2.2.15363.81441.
- 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>
- Kroecker, 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. *Cybiurn*, 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. & Bjorndal, 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.
- 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 biologies*, 338 (7) : 484-93.
- Peter G. H. Evans,a and Arne Bjørgec . Impacts of climate change on marine mammals aSea Watch Foundation, Amlwch, LL68 9SD, UK
bSchool of Ocean Sciences, University of Bangor, Menai Bridge, LL59 5AB, UK
cInstitute of Marine Research, Nordnes,, 5817 Bergen, Norway
- PETIT M., 2009. Le réchauffement climatique et les tortues marines, synthèse bibliographique des connaissances actuelles. *Te mana o te moana*. 35p.
- Petit, J. et Prudent, G. (dir.). *Changement climatique et biodiversité dans l'outre-mer européen*. Gland, Suisse et Bruxelles, Belgique : UICN. Réimpression, Gland, Suisse et Bruxelles, Belgique :
- 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).
- Ralph Chami, Thomas Cosimano, Connel Fullenkamp, and Sena Oztosun, 2019. Nature's Solution to Climate Change A strategy to protect whales can limit greenhouse gases and global warming
- Ridler, M.S., Dent, R.C. & Arrinton, 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. Gabrié (2010). Les mangroves de l'outre-mer française. *Écosystèmes associés aux récifs coralliens*, Conservatoire du Littoral.
- Saba, V.S., Santidrián-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.
- Simon Jennings, Keith Brander, 2010. Predicting the effects of climate change on marine communities and the consequences for fisheries. National Institute of Aquatic Resources ANDREW CHIN , PETER M. KYNE , TERENCE I. WALKER , RORY B. McAULEY, 01 June 2010. An integrated risk assessment for climate change: analysing the vulnerability of sharks and rays on Australia's Great Barrier Reef. *Global Change Biology*. Volume 16, Issue 7
- 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.
- Thabard, M., Pouget-Cuvelier, A., 2014. Incidences des échouages de sargasses pélagiques sur les côtes martiniquaises 20.
- 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>
- University of Pennsylvania, 2015 – Tiny phytoplankton have big influence on climate change.
- 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.
- Van Tussenbroek, B.I., Hernández Arana, H.A., Rodríguez-Martínez, R.E., Espinoza-Avalos, J., Canizales-Flores, H.M., González-Godoy, C.E., Barba-Santos, M.G., Vega-Zepeda, A., Collado-Vides, L., 2017. Severe impacts of brown tides caused by *Sargassum* spp. on near-shore Caribbean seagrass communities. *Marine Pollution Bulletin* 122, 272-281. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.057>

Villazán, B., Salo, T., Brun, F., Vergara, J., Pedersen, M., 2015. High ammonium availability amplifies the adverse effect of low salinity on eelgrass *Zostera marina*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 536, 149–162. <https://doi.org/10.3354/meps11435>

Villazán 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.

Watts S., 2017 – Global warming is putting the ocean's phytoplankton in danger. *Pacific standard.*

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 pêche 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 Planète 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

WWF, 2015. *Impact du changement climatique sur les espèces.*

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](https://doi.org/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