



# PROFIL TERRITORIAL DE VULNÉRABILITÉ DE LA GUADELOUPE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Édition 2018





# Préambule

Les collectivités sont incitées, depuis le plan climat national de 2004, à élaborer des plans climat territoriaux déclinant, dans leurs compétences propres, une véritable politique climatique et énergétique locale. La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte modernise les plans climat énergie territoriaux existants (PCET) par la mise en place du Plan climat air énergie territorial (PCAET). Les EPCI, établissements de coopération intercommunale (communauté d'agglomérations et communauté de communes) dotées d'un PCAET deviennent ainsi coordinateurs de la transition énergétique sur leur territoire.

Dans le but d'apporter une aide à la décision dans la définition de leur politique énergétique et climatique, l'OREC, accompagne les agglomérations et communauté de communes de Guadeloupe sur des indicateurs tel que :

- les consommations énergétiques ;
- le déploiement des énergies renouvelables ;
- les émissions de gaz à effet de serre ;
- la vulnérabilité du territoire aux effets du changement climatique.

L'Observatoire Régional de l'Énergie et du Climat (OREC) a souhaité réaliser le premier profil de vulnérabilité au changement climatique à l'échelle des communautés d'agglomérations sur la base de l'outil « Impact Climat », développé par l'ADEME.

## Avertissement au lecteur

La démarche de diagnostic « Impact Climat » a été développée par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) en 2012, afin d'aider les collectivités territoriales à structurer leur réflexion face aux conséquences du changement climatique sur leur territoire et l'adaptation nécessaire pour y faire face.

L'outil permet une analyse sectorielle de l'impact du changement climatique, mais ne couvre pas les interactions entre domaines. En outre, la méthode « Impact Climat » s'appuie sur des indicateurs de sensibilité variés et basés sur des tendances passées qui résultent de nombreux phénomènes « autres que le climat ». Mais surtout sur une méthodologie de cotation qui demeure subjective.

Le premier profil réalisé par l'OREC en 2016 a mis en évidence les limites que présente la méthode face à la disponibilité de la donnée. En effet certaines données ne peuvent être collectées ou, parfois, ne sont pas mesurées.

Dans le but de pallier cette contrainte, les indicateurs retenus dans le cadre de ce profil sont issus de travaux du Groupe Régional d'Expert sur le Climat de la Guadeloupe. Mais également de travaux du comité technique de l'observation territoriale de l'OREC composé des communautés de communes et des communautés d'agglomération de la Guadeloupe.

En résumé, la méthodologie employée n'est pas aussi robuste que la recherche scientifique pourrait le souhaiter. L'objectif poursuivi est de trouver une méthodologie simple visant à agréger des données scientifiques et essayer d'obtenir des informations compréhensibles au plus grand nombre, pour donner un cadrage général des enjeux aux décideurs, afin d'intégrer la problématique du changement climatique dans les politiques publiques.

# SOMMAIRE

## PARTIE 1 : MÉTHODOLOGIE MISE EN PLACE 3

L'outil Impact Climat.....	4
1.1. L'exposition.....	4
1.2. La sensibilité.....	5
1.3. La vulnérabilité.....	6
1.4. Limites de la méthode.....	6
1.5. Indicateurs d'exposition de la Guadeloupe au changement climatique.....	7

## PARTIE 2 : L'EXPOSITION DE LA GUADELOUPE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE 9

2.1. Changement climatique et activité cyclonique.....	9
2.2. Évaluation économique des impacts des risques côtiers.....	20

## PARTIE 3 : DIAGNOSTIC DE VULNÉRABILITÉ DE LA GUADELOUPE 23

3.1. Biodiversité.....	23
3.2. Ressource en eau.....	29
3.3. Aménagement du territoire.....	34
3.4. Santé.....	37
3.5. Économie.....	40
3.6. Tourisme.....	43
3.7. Énergie.....	48
3.8. Pêche.....	51
3.9. Synthèse & Discussion.....	54
Glossaire.....	55

# PARTIE 1 MÉTHODOLOGIE MISE EN PLACE

## L'outil Impact'Climat

La méthodologie utilisée pour réaliser ce diagnostic de vulnérabilité est tirée de l'outil Impact'Climat de l'ADEME. L'outil propose une démarche en 3 étapes.

### 1-L'analyse de l'exposition du territoire.

Le climat actuel, le climat futur et ses conséquences supposées.

### 2-L'analyse de la sensibilité du territoire.

Il s'agit « d'une photographie du territoire à un instant T via des indicateurs sélectionnés pour leur pertinence et leur disponibilité.

Elle permet de caractériser le territoire selon plusieurs domaines :

- milieux : biodiversité & ressource en eau ;
- populations : aménagement du territoire & santé ;
- activités économiques : tourisme, agriculture, activités industrielles, énergie, pêche & aquaculture.

Cette étape permet d'identifier les domaines les plus sensibles sous le climat actuel, concernés par des impacts connus.

Pour le profil de la Guadeloupe :

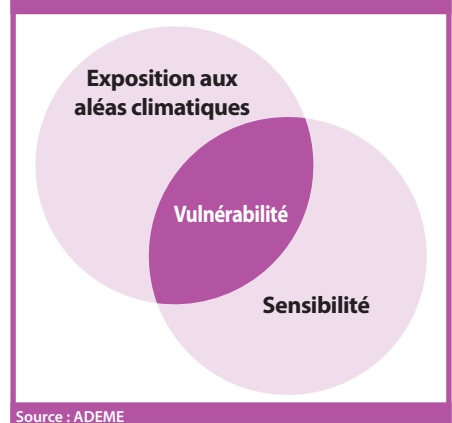
- 30 indicateurs ont été envisagés ;
- 15 indicateurs n'ont pas été retenus, faute de disponibilité ou de pertinence ;
- 14 indicateurs ont été retenus.

### 3-L'évaluation de la vulnérabilité du territoire.

Cette dernière étape consiste à évaluer l'impact attendu, appelé vulnérabilité, sur les domaines identifiés sous le prisme des projections climatiques.

Le terme de « vulnérabilité » peut être défini comme le produit du croisement entre « sensibilité » et « exposition aux aléas climatiques ».

Figure 1 - Lien entre exposition, sensibilité et vulnérabilité

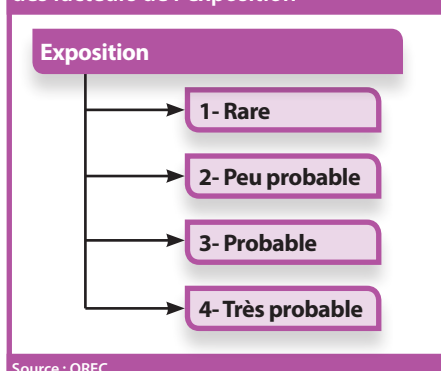


## 1.1. L'exposition

L'exposition correspond à la nature et au degré auxquels un système est exposé à des variations climatiques significatives sur une certaine durée (10, 30 ans et au-delà).

Elle est évaluée selon une échelle de 1 à 4, exprimant les variations climatiques auxquelles le territoire devra faire face, ainsi que sa probabilité d'occurrence.

Figure 2 - Échelle d'évaluation des facteurs de l'exposition



### Quelles seraient en Guadeloupe les conséquences de l'évolution du climat ?

- Élévation du niveau de la mer.
- Événement extrêmes (cyclones).
- Renforcement des contrastes saisonniers des pluies.
- Élévation des températures.
- Augmentation de la température de l'eau de surface.
- Acidification des océans.
- Élévation des températures et augmentation du nombre de jours chauds et de nuits chaudes.
- Élévation du niveau de la mer et érosion du littoral.
- Augmentation de la température des masses d'eau.
- Modification de la circulation thermo haline.

Dans le but d'avoir un suivi plus fin de l'exposition du territoire au changement climatique, 4 indicateurs ont été créés pour ce nouveau profil :

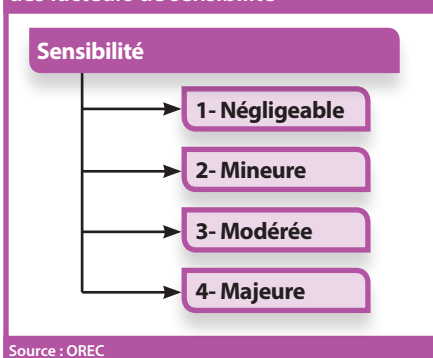
- nombre et typologie des Arrêtés de Catastrophe Naturelle (CANAT) ;
- nombre jours de vigilance météo (mer dangereuse à la côte, cyclonique et pluie) ;
- fréquence d'épisode de pluies remarquables ;
- nombre de jour consécutif en arrêtée sécheresse.

## 1.2. La sensibilité

La sensibilité au changement climatique « fait référence à la proportion dans laquelle un territoire exposé à l'effet du changement climatique est susceptible d'être affecté ».

Elle est évaluée selon une échelle de 1 à 4, exprimant un impact actuel et connu, de négligeable à majeur. Il s'agit de « l'état de santé actuel » du domaine.

Figure 3 - Échelle d'évaluation des facteurs de sensibilité



Source : OREC

La sensibilité d'un territoire est fonction de plusieurs paramètres : son développement économique, le nombre d'habitants, la répartition géographique de ceux-ci...

Son appréciation peut être variable dans le temps : elle est donc évaluée à un instant précis. Dans cette étude, nous considérerons l'instant « T » en fonction de la dernière année d'observation pour chaque indicateur.

Un territoire peut être caractérisé par 3 types de facteurs :

- son milieu ;
- sa population ;
- ses activités économiques.

### a) Sensibilité du milieu

Le milieu est l'ensemble des facteurs environnementaux d'un territoire qui agissent de façon permanente ou durable sur la population et auxquels les habitants doivent s'adapter pour y vivre.

Le milieu ou environnement de la Guadeloupe a été caractérisé par 2 domaines, totalisant 6 indicateurs :

- la biodiversité ;
- la ressource en eau.

DOMAINES	INDICATEURS	EXPLOITATION
BIODIVERSITÉ	Couverture corallienne	Vert
	La surface de la forêt marécageuse	Vert
	Zone humide (marre)	Rouge
RESSOURCE EN EAU	Qualité des eaux de surface	Vert
	Concentration sodium et chlorure des eaux souterraines	Vert
	Niveau piézométrique	Vert

### b) Sensibilité des activités économiques

Les activités économiques sont l'ensemble des activités d'une collectivité humaine relatives à la production, à la distribution et à la consommation des richesses.

Les activités économiques ont été caractérisées selon 5 domaines, totalisant 14 indicateurs envisagés :

- la pêche ;
- le tourisme ;
- l'énergie ;
- l'agriculture *n'a pas été traitée dans ce profil. Elle fait actuellement l'objet d'une étude particulière menée en partenariat avec l'INRA et Météo-France dans le cadre du projet EXPLO-RER. Les premiers résultats seront présentés au cours de l'année 2019 ;*
- les activités industrielles et l'aquaculture *n'ont pu être traitées faute de données ou d'expertises disponibles.*

DOMAINES	INDICATEURS	EXPLOITATION
LE TOURISME	Localisation des hébergements touristiques (hôtels)	Vert
	Répartition des nuitées sur le territoire	Vert
	Nombre de séjours touristiques	Rouge
	Évolution des côtes basses sableuses (plages)	Vert
	Durée moyenne des séjours touristiques	Rouge
L'ÉNERGIE	Transition énergétique	Vert
L'AGRICULTURE	Surface agricole utile	Rouge
	Rendement de la canne à sucre	Rouge
	Rendement de la banane	Rouge
	Autonomie alimentaire (Poids de l'alimentation)	Rouge
L'INDUSTRIE	Prélèvement des eaux de surface par les ICPE	Rouge
PÊCHE ET AQUACULTURE	Évolution du rendement de la pêche (poids vif) par espèce	Vert
	Évolution du rendement de l'aquaculture (poids vif) par espèce	Rouge
	Nombre de jour continu de non sortie	Vert

### c) Sensibilité de la population

La population est l'ensemble des habitants vivant sur le territoire.

La population a été caractérisée par 3 domaines, comptant au total 10 indicateurs envisagés :

- la santé ;
- l'aménagement du territoire ;
- l'économie.

DOMAINES	INDICATEURS	EXPLOITATION
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE	Zone en risque de submersion marine	Rouge
	Zone en risque inondation	Rouge
	Zone en risque de surcote centennale	Vert
	Évolution du trait de côte	Rouge
SANTÉ	Part de personnes âgées de 75 ans et plus vivant seules	Vert
	Part d'adulte handicapé	Rouge
	Nombre de nouvelle admission pour insuffisance respiratoire chronique grave (ALD)	Vert
	Nombre d'épisodes épidémiques d'arboviroses impactant le territoire	Rouge
	Densité des médecins généralistes et spécialistes	Rouge
ÉCONOMIE	Les revenus fiscaux moyens annuels	Vert

### 1.3. La vulnérabilité

La vulnérabilité est obtenue par le produit du facteur de sensibilité et du facteur d'exposition. Les résultats sont présentés sous la forme d'une matrice dite de vulnérabilité. Cette présentation permet de hiérarchiser les niveaux de vulnérabilité et ainsi de mettre en avant les principaux domaines impactés.

Figure 4 - Matrice de vulnérabilité issue du croisement entre exposition et sensibilité

EXPOSITION	Très probable	4	4	8	12	16
	Probable	3	3	6	9	12
	Peu probable	2	2	4	6	8
	Rare	1	1	2	3	4
	Risque limité	Risque modéré	1	2	3	4
	Risque significatif	Risque critique	Négligeable	Mineure	Modérée	Majeure
		SENSIBILITÉ				

Source : ADEME, OREC

### 1.4. Limites de la méthode

Imact'Climat est un outil dynamique, qui doit être utilisé dans une logique d'amélioration continue.

Suivre l'évolution du climat et évaluer les impacts possibles est un exercice complexe. Il faut compter avec de nombreuses incertitudes qui trouvent leur origine, à la fois dans :

- les choix socio-économiques des décideurs de notre région et plus largement de notre planète ;
- les connaissances scientifiques actuelles ;
- la part de variabilité naturelle du climat qui n'est pas liée à l'action de l'Homme.

Le changement climatique est rarement le principal facteur qui agit sur les milieux, les populations ou les activités économiques mais il agit plutôt en tant que pression supplémentaire sur l'indicateur étudié.

La qualité des résultats de cette étude est fortement dépendante :

- de l'avancée des connaissances scientifiques sur les conséquences du changement climatique (agit sur la pertinence des indicateurs choisis) ;
- des données existantes et de la qualité de leur suivi en termes de moyens mis en place (agit sur la disponibilité de la donnée).

Dans le but de pallier ces aspects, l'OREC a souhaité constituer un Groupe Régional d'Experts sur le Climat (GREC) composé d'un expert par domaine étudié. Ce groupe de travail a pour objectifs :

- de valider les indicateurs étudiés ;
- d'apporter les connaissances des experts sur les domaines d'activités ;
- d'évaluer la vulnérabilité de chaque indicateur en participant à la cotation.

Tableau 1 - Composition actuelle du GREC Guadeloupe

DOMAINE	NOM	ORGANISATION
RISQUES NATURELS	Ywenn DE LA TORRE	BRGM
EXPOSITION	Thierry JIMONET	METEO FRANCE
AGRICULTURE	Jean-Marc BLAZY	INRA
TRANSVERSAL	Félix LUREL	SEGE BIODIVERSITÉ
TRANSVERSAL	Janmari FLOWER	FLEUR DE CARBONE
SANTE	Patrick SAINT-MARTIN	ARS
TRANSVERSAL	Elisa RHETIERE	ADEME

Tableau 2 - Experts sollicités dans le cadre du profil climat 2018

DOMAINE	NOM	ORGANISATION
BIODIVERSITÉ	Félix LUREL	SEGE BIODIVERSITÉ
	Janmari FLOWER	FLEUR DE CARBONE
	Florian LABADIE	CREOCEAN
RESSOURCES EN EAU	Laure DUCREUX	BRGM
	Sophie KANOR	OFFICE DE L'EAU
AMÉNAGEMENT	Yann KRIEN	UA- C3AF
SANTE	Patrick SAINT-MARTIN	ARS
	Dr Tatiana BASILEU	CHU Pointe-à-Pitre
TOURISME	Willy ROSIER	CTIG
	Manuel MOISAN	BRGM
PÊCHE	Héloïse MATHIEU	CRPMEM
	Nicolas DIAZ	Région Guadeloupe
ÉNERGIE	Jérôme ROCH	ADEME
	Nicolas POUGET	EXPLICIT Caraïbes (Suez Consulting)

Le travail du GREC a été complété par la sollicitation d'experts pour chaque domaine étudié. Leurs « dire d'expert » apportent une information éclairée sur les indicateurs observés. Ainsi le diagnostic obtenu est qualifié « à dire d'expert ».

## 1.5. Indicateurs d'exposition de la Guadeloupe au changement climatique

Dans le but d'avoir un suivi plus fin de l'exposition du territoire au changement climatique, 4 indicateurs ont été créés pour ce nouveau profil :

- nombre et typologie des Arrêtés de Catastrophe Naturelle (CATNAT) ;
- nombre de jours de vigilance météo (mer dangereuse à la côte, cyclonique et pluie/orages) ;
- fréquence des pluies de forte intensité ;
- nombre de jours consécutifs en arrêté sécheresse.

### Indicateur 1 - Arrêtés de catastrophes naturelles

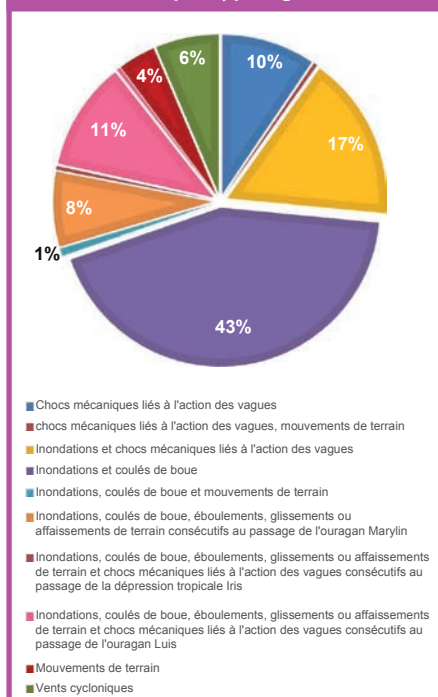
Une catastrophe naturelle est caractérisée par l'intensité anormale d'un agent naturel (inondation, coulée de boue, tremblement de terre, avalanche, sécheresse...) lorsque les mesures habituelles à prendre pour prévenir ces dommages n'ont pu empêcher leur survenance ou n'ont pu être prises. Les communes ayant subi l'impact d'un phénomène climatique envoient au ministère de l'Intérieur une demande

de reconnaissance d'état de catastrophe naturelle. Un arrêté interministériel constate l'état de catastrophe naturelle. Il permet l'indemnisation des dommages directement causés aux biens assurés, en vertu de la loi du 13 juillet 1982, relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles. (Source INSEE)

Entre 1990 et 2017, 264 Arrêtés de Catastrophes Naturelles ont été émis sur le territoire de la Guadeloupe (hors aléas Séisme), avec deux pics d'émission en 1995 et en 2017 dus au passage sur le territoire des phénomènes cycloniques Luis, Marilyn et Maria.

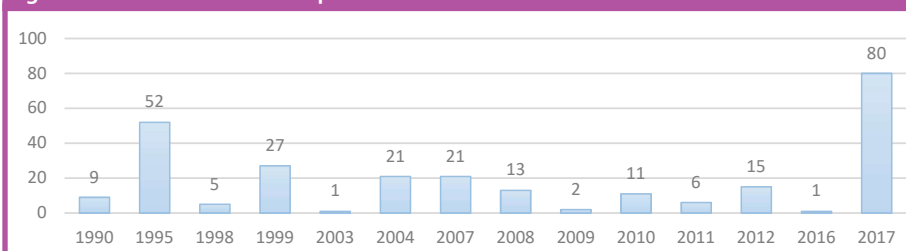
Selon la classification CATNAT, 43 % des arrêtés sont émis à la suite d'événements ayant provoqué des inondations et des coulées de boue. Néanmoins l'impact inondation est associé à 90 % des arrêtés de catastrophe naturelle sur notre territoire. Il représente ainsi le premier impact naturel de Guadeloupe.

Figure 6 - Répartition des CATNAT de 1990 à 2017 par typologie d'aléas



Source : Ministère de la transition écologique et solidaire

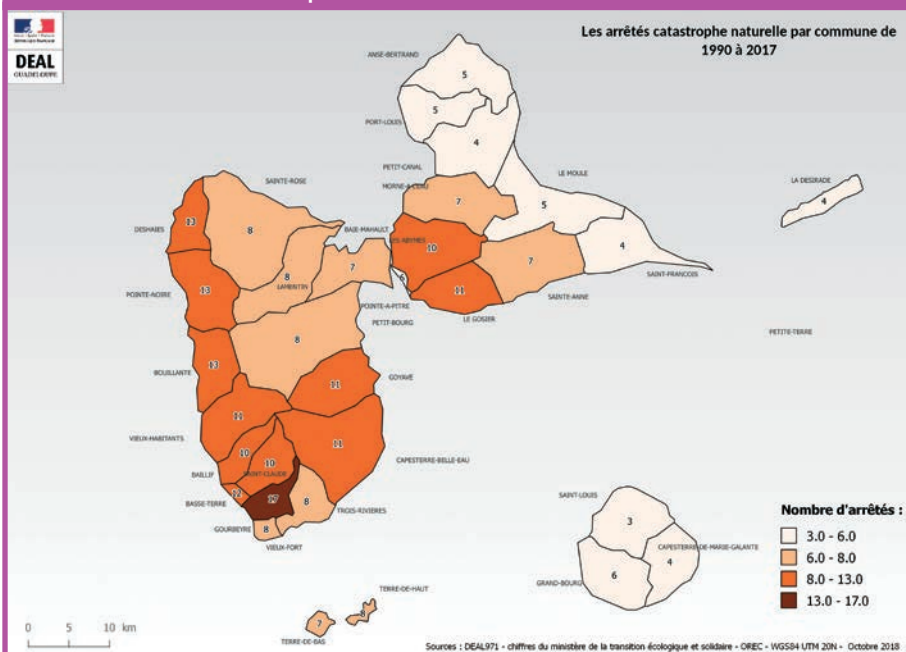
Figure 5 - Nombre de CATNAT par an de 1990 à 2017



Source : Ministère de la transition écologique et solidaire

Le caractère montagneux de l'archipel Guadeloupe crée d'importants contrastes climatiques qui se traduisent par des aléas, dont la variabilité spatiale est importante. La côte au vent, exposée aux alizés, enregistre des précipitations plus élevées que la côte sous le vent. Les façades littorales de l'île sont donc inégalement exposées aux aléas météorologiques.

Carte 1 - Nombre de CATNAT par commune de 1990 à 2017



Source : Ministère de la transition écologique et solidaire

## Indicateur 2 - Nombre jours de vigilance météo

Quand un danger météo survient, c'est le mot vigilance qui s'applique. Des mesures administratives particulières peuvent être prises (vigilance cyclone) par la préfecture. La population est encouragée à suivre des mesures individuelles de comportement indiquées dans les bulletins émis par Météo-France.

La vigilance permet d'avertir le public de l'existence d'un risque météorologique. Elle concerne les 4 phénomènes suivants : vent violent, fortes pluies-orages, mer dangereuse à la côte et cyclone.

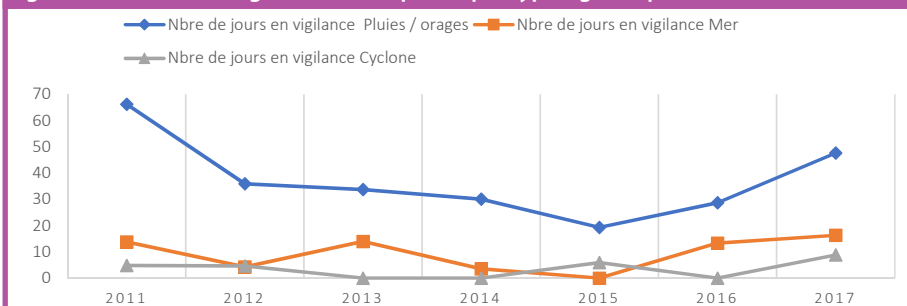
En fonction de l'intensité du risque identifié, un code couleur s'applique. Ainsi nous avons 4 couleurs pour 4 niveaux de vigilance : rouge, orange, jaune et vert.

De 2011 à 2017, la principale vigilance émise sur le territoire de la Guadeloupe est la vigilance Pluie/Orage avec en moyenne 37 jours de vigilance par an.

En 2017, le nombre de jours avec une houle supérieure à 3 m et avec une période supérieure à 10s est de 9.

Le nombre de jours en vigilance cyclone est notamment dû au passage des phénomènes Irma, José et Maria à proximité de nos côtes.

Figure 7 - Nombre de vigilance météo par an par typologie de phénomène



Source : Météo-France

Tableau 3 - Nombre de jours en vigilance

ANNÉE	PLUIES / ORAGES	MER	CYCLONE
2011	66,2	13,8	4,8
2012	35,9	4,3	4,6
2013	33,7	14	0
2014	30,1	3,5	0
2015	19,3	0	5,9
2016	28,7	13,3	0
2017	47,6	16,3	8,8

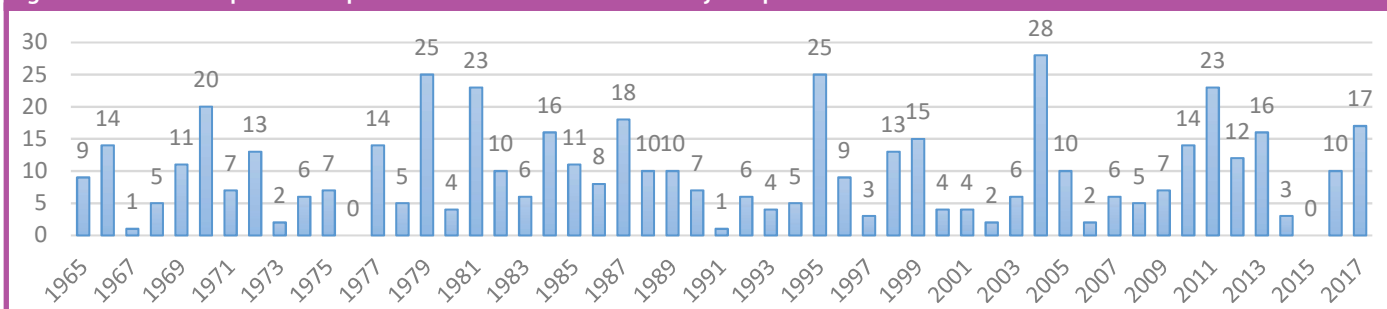
Source : Météo-France

## Indicateur 3 - Nombre d'épisodes de pluie remarquable

Les phénomènes de pluie remarquables sont définis comme des épisodes atteignant un seuil de 140 mm de précipitation sur 2 jours.

Nous considérons les épisodes pour l'ensemble des côtes (Basse-Terre inclus), la Grande-Terre et les îles du Sud. Les épisodes sur le relief de la Basse-Terre ne sont donc pas pris en compte s'agissant d'identifier des événements remarquables à l'échelle de l'archipel guadeloupéen. En 2017, on dénombre 17 épisodes.

Figure 8 - Nombre d'épisodes de pluie avec un seuil > 140 mm sur 2 jours par an



Source : Météo-France

## Indicateur 4 - Nombre de jours consécutifs en arrêté sécheresse

Pour faire face à une insuffisance des ressources en eau, notamment en l'absence de précipitations significatives, certains départements sont amenés à prendre des mesures exceptionnelles de limitation ou de suspension des usages de l'eau.

Pour les usages domestiques et socioprofessionnels, l'arrêté concerne l'ensemble du territoire de la Guadeloupe et limite notamment l'arrosage des potagers et des espaces verts publics ou privés, le lavage des véhicules et bateaux, la mise à niveau des piscines, etc. En 2017, le nombre de jours en arrêté sécheresse est de 0.

### FOCUS : ÉLÉVATION DU NIVEAU DE LA MER

**L'élévation du niveau de la mer résulte à la fois de la dilatation thermique des océans, de la fonte des glaciers de montagnes et des calottes polaires.**

Dans le cadre du projet de recherche « Conséquence du Changement Climatique dans les Antilles Françaises » (C3AF), le BRGM s'est attaché à développer trois scénarios d'élévation du niveau de la mer régionalisés, spécifiques à la Guadeloupe et à l'horizon 2100.

Le scénario d'élévation régional du niveau de la mer retenu correspond au scénario RCP 8.5 (Representative Concentration Pathway) construit par le GIEC et caractérisé par une absence de politiques d'atténuation au niveau global.

Les résultats issus de ce scénario correspondent à une élévation du niveau de la mer estimée à +0.26 m à l'horizon 2050 par rapport à un niveau de référence correspondant au niveau marin global moyen sur la période 1986-2005.



# PARTIE 2 L'EXPOSITION DE LA GUADELOUPE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

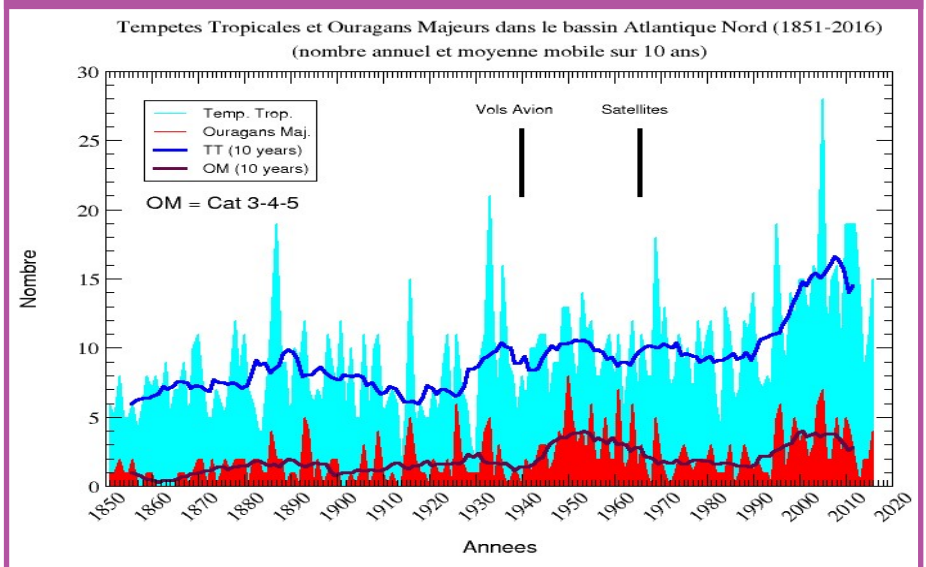
## 2.1. Changement climatique et activité cyclonique

### 2.1.1. Le changement climatique peut-il avoir une influence sur la fréquence et la puissance des cyclones ?

Depuis les années 1970, une tendance à la hausse est apparue dans l'Atlantique Nord, mais le changement climatique n'est pas le seul facteur en jeu.

La détection des cyclones et de leur intensité a été améliorée et renforcée grâce aux images prises par les satellites. Cette tendance à la hausse de l'activité cyclonique peut être imputée, tout au moins en partie, à cette meilleure détection des phénomènes.

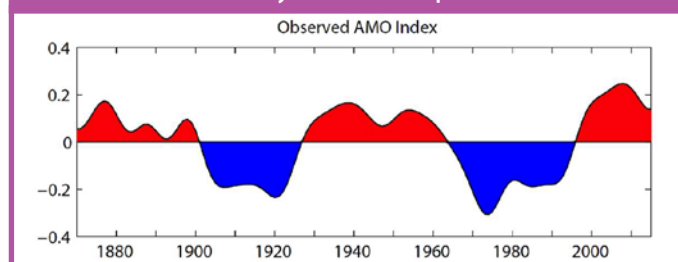
Figure 9 - Hurricane Database - HURDAT (NHC) : Vols avions depuis 1944/ observations satellites depuis 1966



#### a) Cyclones et climat

En l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible d'évaluer quelle est l'influence des activités humaines sur les changements de l'activité cyclonique observés au cours du XX<sup>e</sup> siècle.

Figure 10 - Atlantic Multi-decadal Oscillation : un mode de variabilité interne du système climatique



Notre climat varie au cours des siècles. Il est soumis à des fluctuations atmosphériques (vent, pression, température etc.) et océaniques (température de l'eau, salinité en surface et profondeur etc.) d'origine naturelle qui se superposent à d'autres signaux, notamment anthropique. Une meilleure connaissance des mécanismes de cette variabilité naturelle permet d'évaluer plus précisément l'impact anthropique sur le changement climatique naturel, d'améliorer la qualité des modèles d'évolution du climat pour nous adapter aux changements à venir. En étudiant l'évolution globale de la pression atmosphérique et de la température des océans au cours du 20<sup>e</sup> siècle, deux signaux climatiques naturels sont mis en évidence.

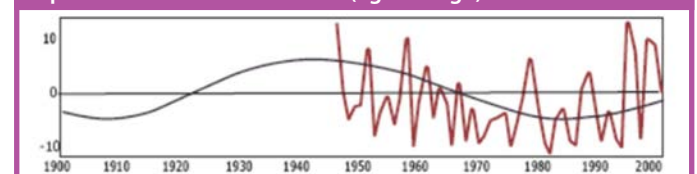
Le premier dit multi-décennal se reproduit avec une période supérieure à 40 ans. Le deuxième dit quasi-décennal est de périodicité plus courte : 8 à 14 ans.

Pour des signaux de ce type, on parle de variabilité climatique naturelle « basses fréquences ».

On peut ainsi remarquer que dans l'océan Atlantique Nord, les anomalies de température de surface de la mer ou SST ont changé trois fois de signe au cours du siècle dernier : La période de 1900 à 1928 (signe négatif) correspond à une phase de refroidissement, celle de 1928 à 1965 (signe positif) à une phase de réchauffement, et celle de 1968 à 1995 (signe négatif) à une nouvelle phase de refroidissement. Cette oscillation Atlantique multi-décennale, aussi appelée AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation), est une composante d'un signal climatique global de périodicité supérieure à 40 ans.

Une diminution générale de la puissance destructrice des cyclones se remarque pendant la phase négative du signal multi-décennal Atlantique. Elle est également modulée par un signal de type quasi-décennal comme on peut par exemple l'observer en 1979 et en 1990. La puissance destructrice a augmenté au début du 21<sup>e</sup> siècle.

Figure 11 - Signal climatique multi-décennal dans l'Atlantique au 20<sup>e</sup> siècle (ligne noire) et puissance destructrice des cyclones tropicaux sur la fin du 20<sup>e</sup> siècle (ligne rouge)



Ainsi, l'interaction entre les deux signaux climatiques basses fréquences dans l'Atlantique Nord tendrait à moduler la puissance destructrice des cyclones tropicaux dans cette région.

## b) Projections climatiques et cyclones

Pour le XXI<sup>e</sup> siècle, les simulations effectuées par les modèles climatiques montrent une possible baisse de la fréquence des cyclones tropicaux sur l'ensemble de la planète. Dans le cinquième rapport du GIEC (2013), les experts estiment aussi que les plus gros cyclones seront probablement plus puissants, avec des vents maximums plus élevés. Les précipitations liées aux systèmes cycloniques devraient être également plus intenses.

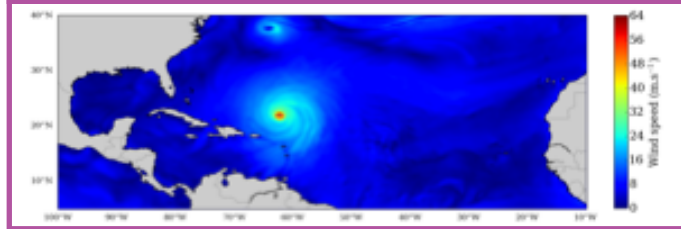
Une température de surface de l'océan plus élevée ne « facilite » en effet pas forcément la naissance de cyclones. Mais un cyclone déjà bien formé « puisera » bien plus d'énergie pour se renforcer dans une atmosphère humidifiée au-dessus d'océans réchauffés. En effet, la capacité de l'atmosphère à contenir de l'humidité augmente avec sa température. Ce supplément d'humidité sera à l'origine d'un renforcement des pluies cycloniques qui elles-mêmes intensifient le système.

On peut donc s'attendre à observer de plus en plus de cyclones très pluvieux tel HARVEY, avec une quantité croissante de dommages liés aux inondations.

## c) Projections sur les Antilles

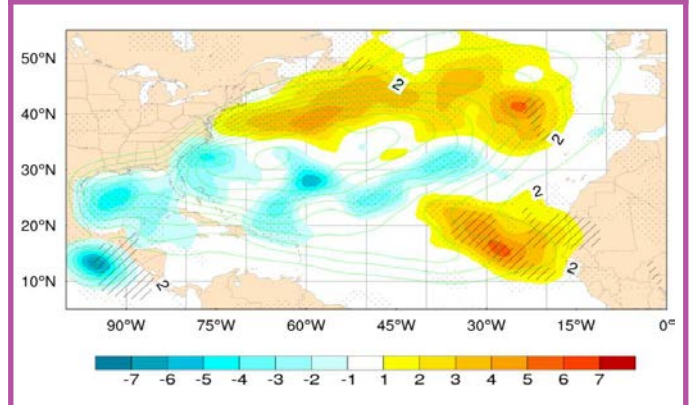
Dans le cadre du projet C3AF (Changement Climatique et Conséquences sur les Antilles Françaises), Météo-France travaille sur de nouvelles simulations numériques avec le modèle ARPEGE-Climat pour obtenir des projections climatiques sur le comportement des phénomènes cycloniques. La résolution du modèle climatique permet maintenant d'identifier des cyclones dans les simulations.

Figure 12 - Exemple d'ouragan de catégorie 4 simulé par ARPEGE



Les premiers éléments de ces nouvelles simulations confirment les conclusions du GIEC en 2013 concernant une augmentation du nombre des ouragans les plus intenses dans l'Atlantique.

Figure 13 - Évolution des densités de trajectoires cycloniques



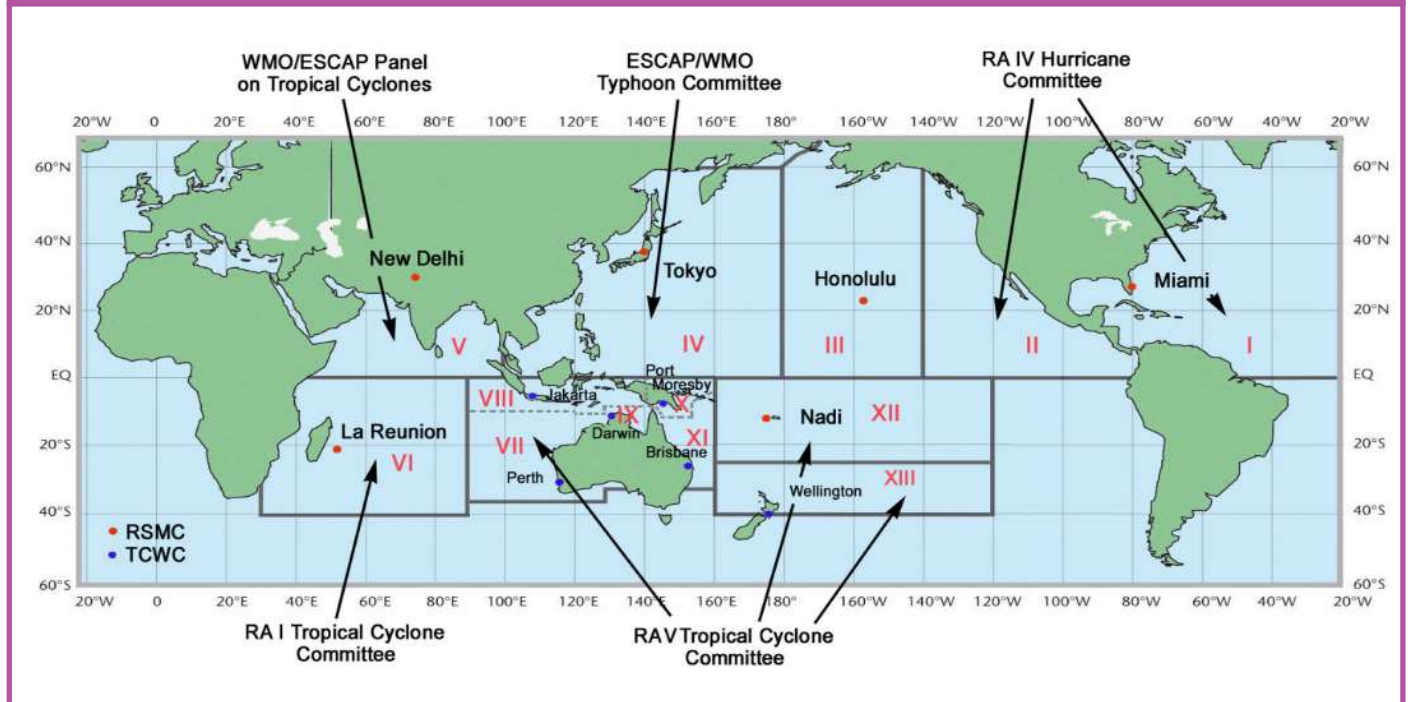
Cependant, les travaux en cours sembleraient montrer qu'il y aurait un raccourcissement de la saison cyclonique de 2 à 3 semaines et un déplacement de l'aléa vers les extra-tropiques et le Cap-Vert

## 2.1.2. Organisation de la surveillance cyclonique : Coopération NHC - Météo-France

L'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) coordonne la veille cyclonique. Elle a désigné dans chaque bassin océanique un Centre Météorologique Régional Spécialisé (CMRS) dans la prévision cyclonique.

Le National Hurricane Center (NOAA/NHC, Miami) est CMRS pour les bassins Atlantique Nord et Pacifique Nord-Est. Et le centre Météo-France de Saint-Denis de La Réunion et le CMRS pour le Sud-Ouest de l'Océan Indien.

Figure 14 - Centre météorologique régional spécialisé (CMRS) l'Organisation Météorologique Mondiale



## a) Le rôle du National Hurricane Center

L'analyse de la situation par le NHC permet d'identifier des phénomènes potentiellement cycloniques sur sa zone de compétence, c'est à dire : un cyclone d'échelle synoptique non frontal à cœur chaud, se formant au-dessus des eaux tropicales ou subtropicales, présentant une convection organisée et une circulation de vent en surface autour d'un centre bien défini (zone dépressionnaire marquée par une cyclonique du vent).

Puis, lorsqu'un phénomène cyclonique est avéré, le NHC élabore une trajectoire prévue du système pour les 5 jours qui suivent. Le Centre Météorologique Régional Spécialisé de Miami est responsable de l'émission des messages d'alerte « advisories » sur l'océan Atlantique Nord, la mer des Caraïbes, le Golfe du Mexique, le nord de l'océan Pacifique à l'est du 140°W.

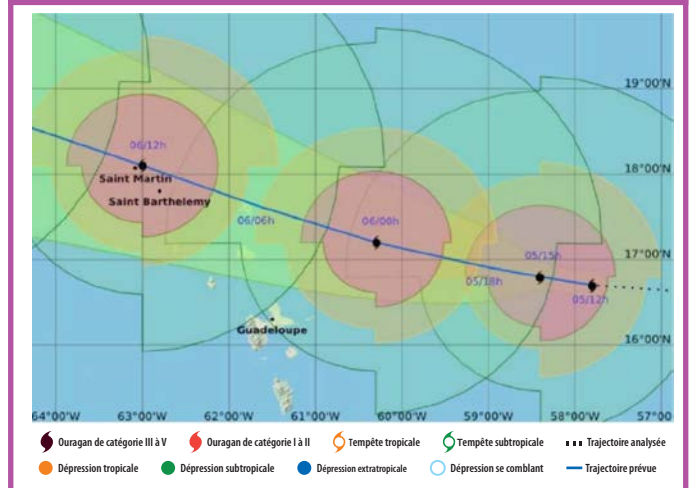
Le cône d'incertitude représente la trajectoire probable du centre du cyclone tropical. Le centre du cyclone tropical reste à l'intérieur du cône environ 60 à 70 % du temps. Ces probabilités sont calculées chaque année à partir de la distribution des erreurs des cinq dernières années.

Météo-France complète cette information par le biais de produits graphiques accessibles sur le site internet [www.meteofrance.gp](http://www.meteofrance.gp).

Figure 15 - NHC : Trajectoire des cyclones et cône d'incertitude



Figure 16 - Météo-France produit un cône d'incertitude de la trajectoire complété de quadrants de vents forts (supérieurs à 34 nœuds (63 km/h), 50 nœuds (90 km/h) et 64 nœuds (120 km/h). Les rafales peuvent être supérieure de 40 à 50 %



## b) Le rôle du NHC – « Les Chasseurs de cyclone »

Au fil du développement d'un cyclone, il devient régulièrement nécessaire d'obtenir des mesures sur l'intensité des vents proche du cœur du système afin d'avoir une bonne connaissance de son évolution. Les mesures au sol sont quasi-inexistantes sur l'Atlantique et seules des données mesurées par satellite permettent d'avoir des indications. C'est là qu'entrent en jeu les mesures effectuées par les avions américains « Hurricane Hunter ».

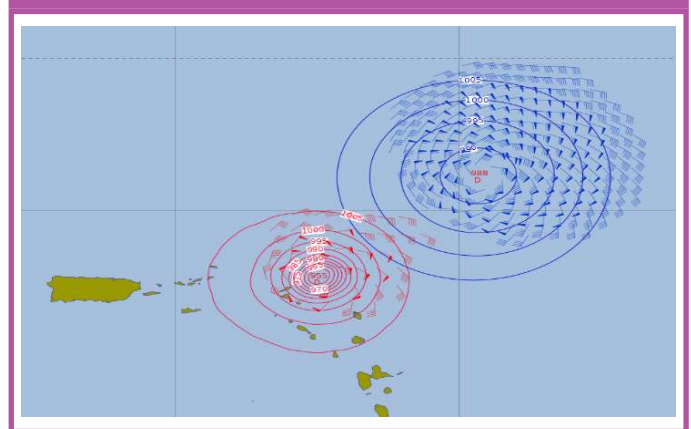
### La reconnaissance aérienne

Des avions de reconnaissance sont envoyés directement à l'intérieur des systèmes tropicaux comme les tempêtes et les ouragans. Ces appareils appartenant à l'US Air Force embarquent deux pilotes, un navigateur, un agent météorologue et un opérateur système pour le largage des dropsondes notamment. Ils sont spécialisés dans les mesures de données météorologiques, bardés de capteurs, et peuvent supporter les conditions extrêmes des ouragans. Durant la saison cyclonique, l'équipe du « Hurricane Hunter » est chargée de récupérer le maximum de données à l'intérieur de systèmes tropicaux en activité, en effectuant des vols d'un bout à l'autre de ces systèmes et en lâchant des sondes de mesure à certains points précis, qui vont enregistrer des profils verticaux. Ces données sont extrêmement utiles pour connaître l'intensité d'un cyclone à un instant donné, mais également pour diminuer la marge d'erreur des prévisions. Selon le NHC, les données des vols de reconnaissance augmenteraient de 30 % la précision de leurs prévisions.

## c) La coopération avec le NHC

Cependant, chaque territoire garde sa souveraineté et son système d'avertissement local s'il existe, le NHC n'est que force de proposition et de coordination. Des discussions de coordination entre le NHC et Météo-France ont lieu chaque fois que nécessaire notamment en ce qui concerne l'intensité des phénomènes et leurs trajectoires.

Figure 17 - IRMA - Prévisions du vendredi 01/09/2017 à 00 utc valables pour le jeudi 07/09/2017 à 00 utc. En bleu, modèle Américain GFS ; En rouge, modèle Européen ECMWF ; Un écart de 400 km entre les deux prévisions



## d) Le rôle de Météo-France

Le CMRS de Miami n'a pas vocation à faire des prévisions locales précises. Celles-ci sont du ressort du service météorologique national. D'ailleurs, le cône d'incertitude du NHC ne montre pas l'étendue de la tempête. Des conditions dangereuses peuvent survenir au-delà du cône. C'est donc l'expertise de Météo-France qui permet de cibler l'étendue probable des impacts sur les territoires français de la Caraïbe : eaux côtières et îles de la Martinique, de la Guadeloupe (Grande Terre et Basse Terre), de Marie-Galante, de la Désirade et des Saintes, de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin.

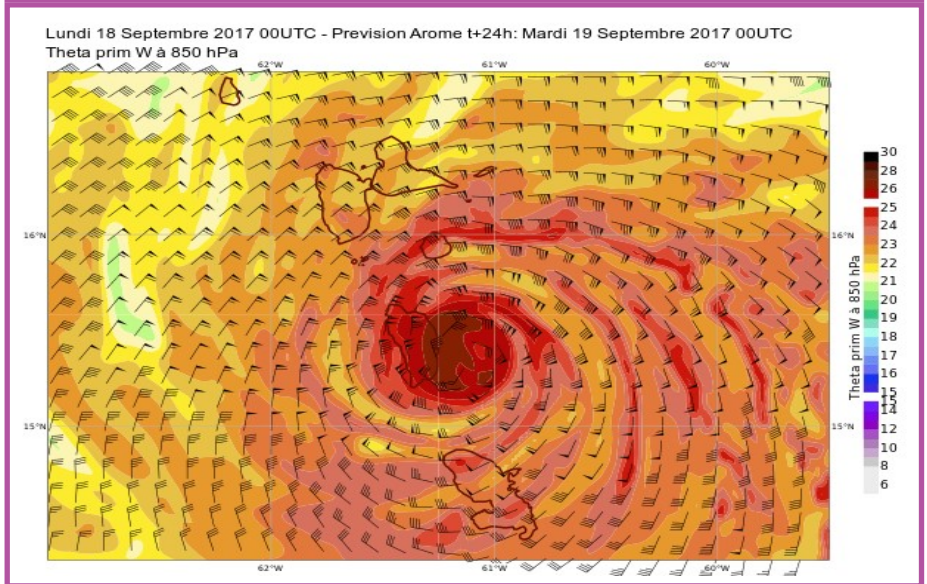
Le cas de Saint-Martin est particulier puisqu'une coordination entre le NHC, Météo Sint Marteen et Météo-France est nécessaire pour qu'une cohérence d'alerte puisse être efficace.

Météo-France dispose de moyens complémentaires en modélisation (modèles atmosphériques et de vagues à haute résolution) qui lui permettent d'affiner les prévisions locales. Ci-après la prévision du modèle AROME qui, avec une résolution de 2,5 km, permet d'avoir

une description des structures de plus petites échelles en localisant plus précisément, par exemple, les zones de vents forts. Pour mémoire, les modèles globaux Américains (GFS) et Européens (ECMWF) qui permettent de suivre les évolutions des

trajectoires des cyclones n'ont qu'une résolution spatiale entre 10 et 50 km selon la configuration. À cette plus faible résolution spatiale et à l'échelle d'une île de l'arc Antillais, la localisation des événements extrêmes ne peut être qu'approximative.

Figure 18 - Prévision du modèle AROME (résolution 2,5 km) le 18/09/2017 – Cyclone MARIA



## e) Le comité des ouragans

Dans le cadre de ses activités, l'OMM réunit annuellement un groupe de travail où les représentants des services météorologiques de tous les pays de la Région « Amérique du Nord /Amérique Centrale / Grande Caraïbe », du Canada au Nord jusqu'au Vénézuéla du sud sont présents. Météo-France y participe activement aux côtés du NHC.

Cette réunion de travail permet de débattre de la coordination régionale et de la planification opérationnelle pour l'amélioration de la gestion du risque cyclonique en temps réel.

À cette occasion, les rapports détaillés émanant de tous les pays et territoires touchés permettent non seulement de faire un bilan mais aussi de tirer les leçons en vue de renforcer la résilience face aux catastrophes.

Grâce à la coopération qui s'est instaurée de longue date au sein de ce comité de l'OMM, tous les pays et territoires de la région ont pu disposer de produits de prévision et d'études d'impact de grande qualité qui ont fortement contribué à empêcher que le bilan des victimes ne soit encore plus lourd, notamment aux passages des cyclones tropicaux Harvey, Irma, Maria et Nate en 2017.

C'est dans ce même comité que sont discutés et élaborés les listes de noms des cyclones. Les listes des années antérieures sont réutilisées. Toutefois, lorsqu'un cyclone tropical a acquis une notoriété particulière, soit du fait de sa violence, des morts qu'il a entraînés, des dégâts provoqués ou pour toute autre raison, son nom peut être retiré de la liste à la demande d'un membre du comité et avec l'accord d'une session du comité des ouragans. Dans ce cas, le comité des ouragans de l'AR IV choisira un nom pour remplacer le nom supprimé.

## 2.1.3. Saison cyclonique 2017 : une année exceptionnelle pour les Antilles

### a) Bilan de la saison 2017

La saison 2017 aura vu la formation sur les bassins Atlantique Nord, Mer des Caraïbes et Golfe du Mexique, de 17 cyclones nommés, 7 tempêtes tropicales et 10 ouragans dont 6 ouragans majeurs : 2 catégories 3 (Lee et Ophelia), 2 catégorie 4 (Harvey et JOSE) et 2 catégorie 5 (IRMA et MARIA).

Figure 19 - Trajectoires et intensités des cyclones de la saison 2017



Source : Météo-France

## b) Les ouragans majeurs IRMA, JOSÉ et MARIA

IRMA est née le 30 août 2017 à proximité de l'archipel du Cap Vert (type « Cap-Verdien »). Cette tempête tropicale est peu à peu devenue un ouragan majeur de catégorie 5 exceptionnellement puissant avec des vents moyens (sur 1 minute) de 295 km/h. Cela le classe au 2<sup>e</sup> rang pour le bassin (ex æquo avec Gilbert en 1988 et Wilma en 2005), juste derrière Allen en 1980 (vents moyens de 305 km/h). Mais IRMA détient également un triste record lié aux dégâts catastrophiques qu'il a engendrés de Barbuda à la Floride en passant par le Sud des Bahamas et le Nord de Cuba : il est l'ouragan avec la plus longue durée observée de vents moyens maximum proches de 300 km/h : 75 heures... soit plus de 3 jours. Si l'on considère l'ensemble des îles de la Caraïbe, c'est le 4<sup>e</sup> atterrissage d'un ouragan catégorie 5 après celui de 1924 (Cuba), de 1928 (Puerto-Rico) et de David en 1979 (République Dominicaine).

JOSÉ est le 11<sup>e</sup> système tropical et le 3<sup>e</sup> ouragan majeur de la saison cyclonique 2017 dans l'océan Atlantique Nord. Formé dans la traînée de l'ouragan IRMA, à partir d'une onde tropicale sortie de la côte africaine, il s'est intensifié rapidement en arrivant près des Petites Antilles. Menaçant de se propager le long de la même trajectoire que son prédécesseur, JOSÉ a soudainement viré vers le Nord-Ouest et a erré plusieurs jours entre les Bahamas et les Bermudes, avant de finir sa vie au large de New-York. Il a atteint la catégorie 4 le 8 septembre, avec des vents maximaux soutenus de 250 km/h.

MARIA fut un cyclone du type barbadien (ayant pris naissance au voisinage de la Barbade, le 16 septembre 2017) qui a eu une intensification rapide exceptionnelle alors qu'il passait à quelques dizaines de kilomètres seulement dans l'Est de la Martinique le 18 septembre. Ses vents moyens maximums sont passés de 130 km/h à 260 km/h en 24 heures. C'est la première fois depuis 1850 qu'un ouragan s'intensifie aussi rapidement à proximité des Petites Antilles et atteint la catégorie 5 juste avant d'impacter une île. Une première aussi, malheureusement catastrophique pour la Dominique qui a vu l'œil traverser d'Est en Ouest la moitié Sud de l'île puis longer la côte Ouest en remontant en direction des Saintes. Après s'être éloigné de la Guadeloupe, l'ouragan est allé dévaster Porto-Rico alors qu'il était encore classé en catégorie 4.

## c) IRMA, catégorie 5

### Évolution et pays touchés

Le 30 août 2017, la tempête tropicale IRMA naît à l'Ouest des îles du Cap Vert.

Pendant 24 heures, elle va suivre une trajectoire vers Ouest-Nord-Ouest et s'intensifier rapidement en ouragan catégorie 2 puis catégorie 3 le 31 août, ce qui en fera le 2<sup>e</sup> ouragan majeur de la saison 2017 après Harvey.

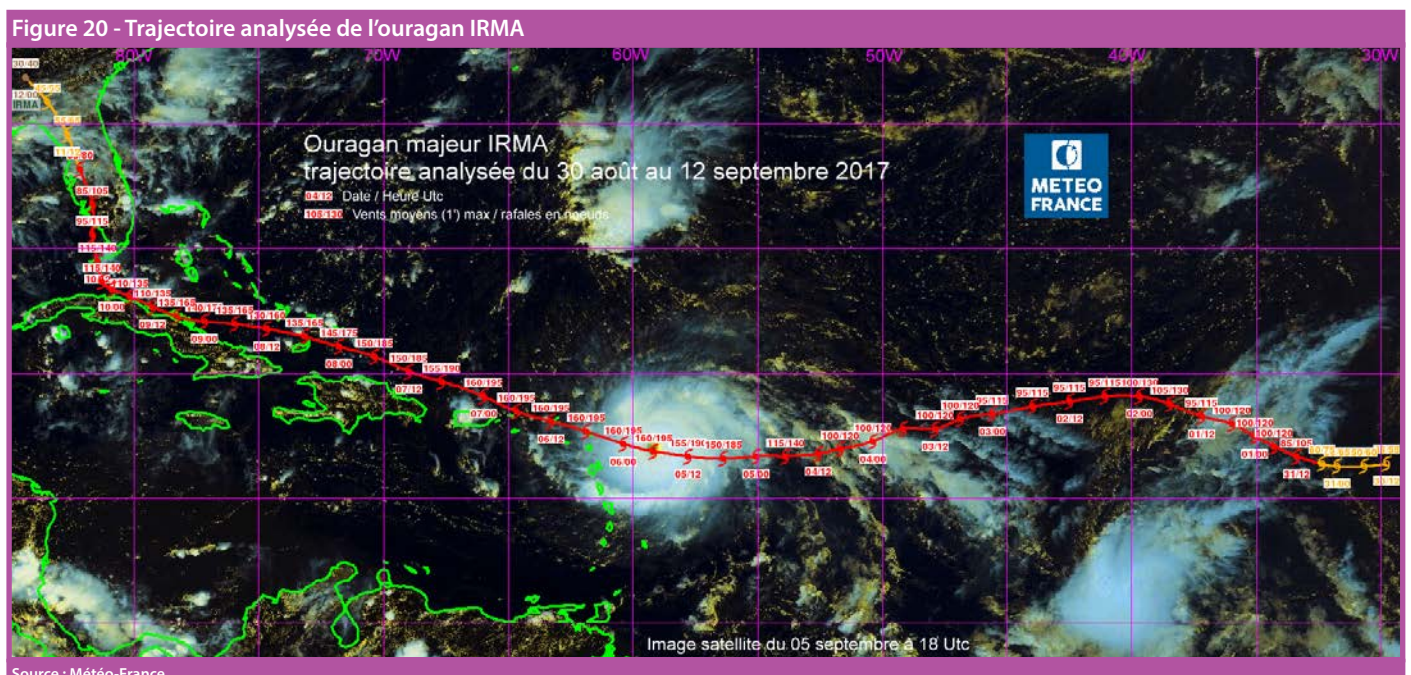
Aux environs du 40<sup>e</sup> degré de longitude et à plus de 19 degrés de latitude, IRMA infléchit sa route vers l'Ouest-Sud-Ouest en faiblissant légèrement (catégorie 2). Il devient alors une menace sérieuse pour l'arc Antillais. IRMA va alors se renforcer continuellement pour atteindre la catégorie 5 sur l'échelle de Saffir-Simpson le 5 septembre, et son maximum d'intensité dans l'après-midi du 5 avec

des vents moyens de l'ordre de 295 km/h (estimation par un avion de reconnaissance). Il gardera cette incroyable intensité à son passage sur Barbuda, St-Barth, St-Martin/Anguilla et les îles Vierges jusque dans la nuit du 6 au 7 septembre.

Il longe ensuite les côtes Nord de Puerto-Rico, République Dominicaine et Haïti à une distance de plusieurs dizaines de kilomètres ce qui limitera un peu l'impact sur ces pays. Cependant, il n'épargnera pas Cuba, surtout le littoral Nord du centre de l'île.

Son virage vers le Nord, plus tardif qu'anticipé, le fera atterrir sur les côtes Ouest de la Floride et non à proximité de Miami.

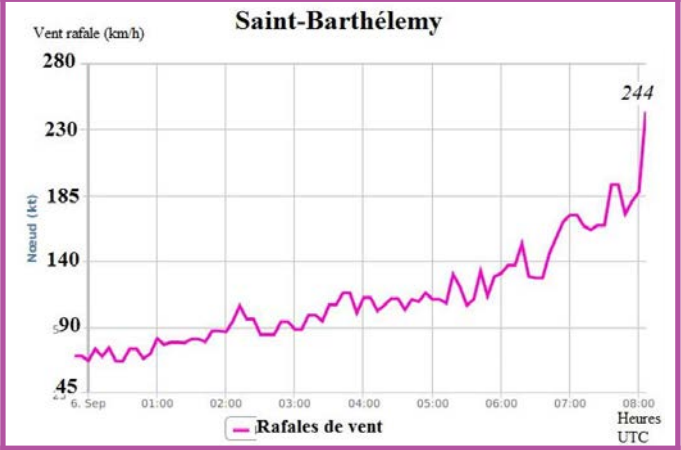
L'intensité atteinte par IRMA dépasse ce qui était prévu par les prévisions. Même si les projections tablaient rapidement sur un système de forte intensité, la catégorie 5 n'était pas envisagée. Les conditions environnementales très favorables permettent d'expliquer cela.



## Conséquences de l'ouragan Irma

Les postes de mesures de Météo France de Saint Barthélemy arrêtent de fonctionner avant le passage de l'œil, avant donc que ne survienne la partie la plus intense qui est le quadrant nord-est de l'ouragan. Toutefois la dernière mesure à la station météo de Gustavia de St Barthélemy, 244 km/h en vent maximal instantané à 4h07 locale (figure 22, données de la station de l'aéro-club de Saint-Martin), témoigne de l'intensité du phénomène. Au même moment on relève 176,8 km/h à l'aéroport de Saint-Jean. Les seuils de 215 km/h sont largement franchis sur les deux îles. Le passage du mur de l'œil intervenant peu avant 5 h, il est vraisemblable que les rafales aient atteint ou dépassé les 300 km/h. Les mesures de la station de Météo France à Saint-Martin aéroport s'arrêtent malheureusement bien trop tôt (13 heures locales la veille) mais des données de la station de l'aéro-club de Saint-Martin donnent une valeur maximale de vent de 135 kt en rafales soit 243 km/h, quasi identique à la dernière valeur mesurée à St-Barthélemy.

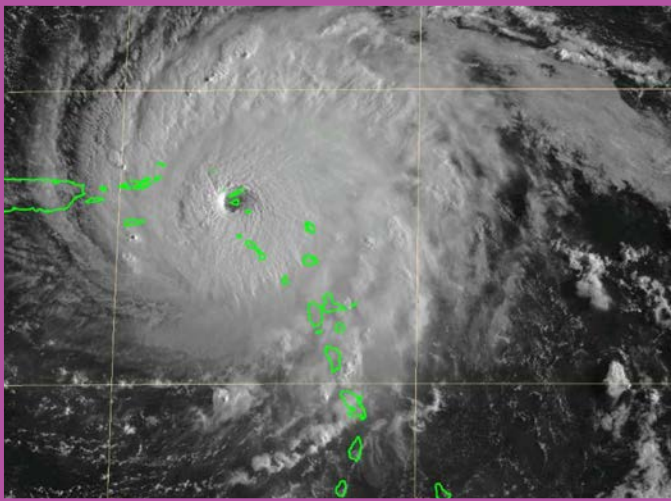
Figure 21 - Rafales de vent enregistrées à Saint-Barthélemy durant IRMA



Source : Météo-France

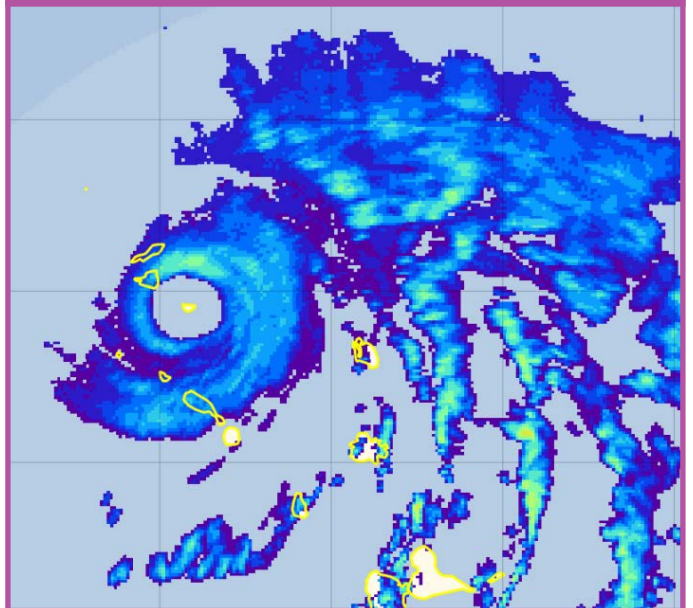
Aucun pluviomètre (hors service pendant l'événement), ni de radar local (non présent sur l'île) n'ont permis de mesures directes des précipitations. Une lame d'eau sur 6 h du radar de l'île de la Guadeloupe nous permet de voir le phénomène lors de son passage au plus près des îles du Nord. Les cumuls maxima alors observés (en rose sur l'image) sont de plus de 150 mm en 6 h. De telles valeurs ont des durées de retour anormales pour les îles du Nord.

Figure 22 - Image visible GOES le 06/09/2017 à 7h30 locales



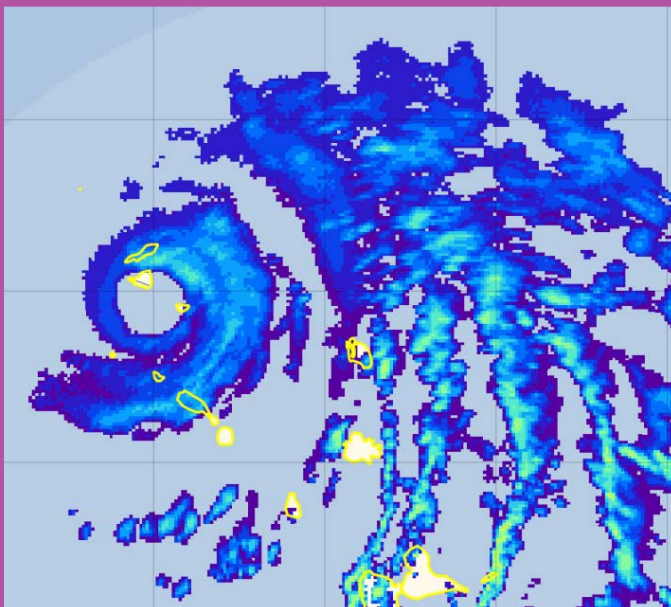
Source : Météo-France

Figure 23 - Image radar du 06/09/2017 à 5h45 locales



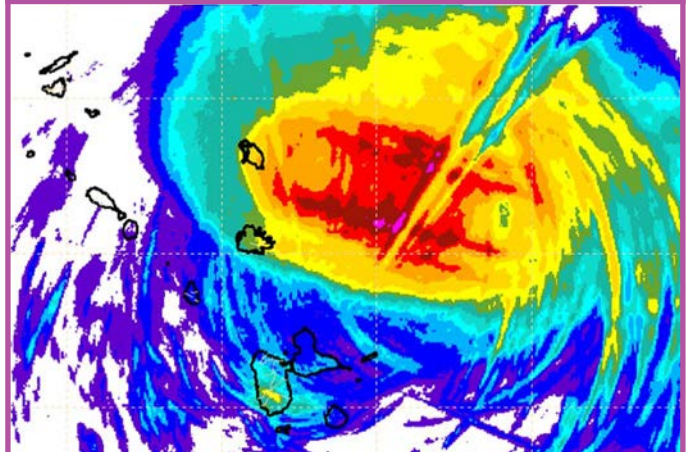
Source : Météo-France

Figure 24 - Image radar du 06/09/2017 à 6h30



Source : Météo-France

Figure 25 - Lame d'eau radar sur une durée de 6h du 05/09/2017 à 0h30 locales



Source : Météo-France

Compte tenu des pluies extrêmes survenues notamment au passage des murs du cyclone, les inondations majeures par ruissellement se sont additionnées à la submersion marine anormale inondant le littoral et déclenché par l'effet des vagues et de la marée de tempête.

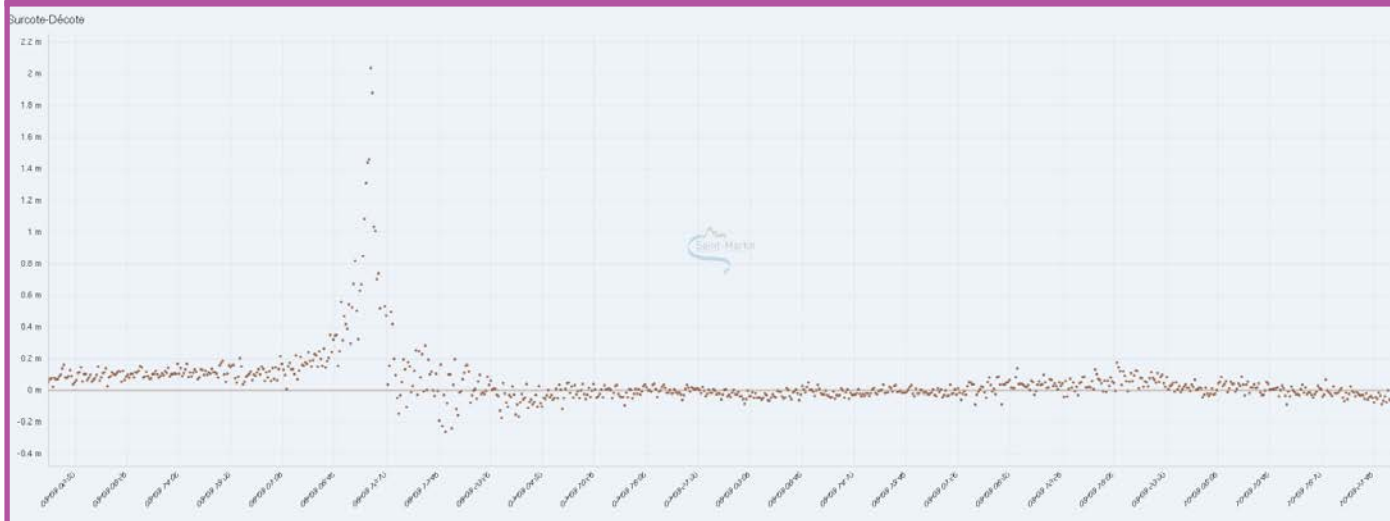
L'arrêt de transmission des données du maré-  
graphe de Saint-Martin à Marigot le 6 sep-  
tembre à 0800UTC n'a pas permis d'avoir  
des observations pendant la phase la plus  
extrême du phénomène. Les mesures ont pu  
être analysées plus tard. Une surcote de 2,50 m  
a été mesurée à Barbuda au passage de l'œil.  
Toutes les simulations faites aux échéances  
d'approche d'IRMA ont convergé et révélé une  
surcote totale anormale. Les trains de vagues

très grosses (les creux avoisinent 12 m) se sont  
donc propagés dans les zones côtières. À l'ap-  
proche du littoral, la chute de pression atmos-  
phérique au centre de l'ouragan (mesuré à  
917hPa à Saint-Barthélemy Aéroport) et le vent  
de surface soutenu ont entraîné une marée de  
tempête maximale (simulée de l'ordre de 3  
mètres sur la partie nord du littoral) et une élé-  
vation du niveau d'eau conjuguée à la réaction  
dynamique de l'océan. Marigot, Grand-Case

et Gustavia ont été particulièrement impac-  
tées. C'est donc un événement de submer-  
sion marine majeure qui s'est déroulé au pas-  
sage d'IRMA sur les îles de Saint-Barthélemy  
et Saint-Martin.

Quant à l'archipel de la Guadeloupe, il aura  
subi l'importante houle cyclonique d'IRMA,  
ainsi que des précipitations intenses dues aux  
bandes convectives spiralées de l'ouragan.

Figure 26 - Surcote enregistrée à Marigot, maximum de 2,04 m le 06/09 à 1031UTC (SHOM)



Source : Météo-France

## Apport de la modélisation très haute résolution pour l'estimation des observations

Pour les ouragans IRMA et MARIA, deux catégorie 5 qui ont ravagé  
des îles des Petites Antilles, des simulations à très haute résolution de  
vent ont été lancées a posteriori pour le projet C3AF par une équipe  
de chercheurs du Laboratoire de Recherche en Géosciences et Éner-  
gies (LARGE) avec le modèle WRF.

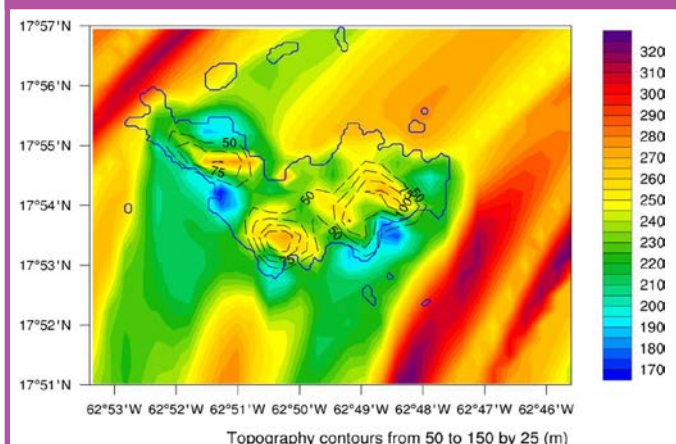
Pour les îles de Saint-Martin et Saint-Barthélemy, une modélisation du  
vent soutenu durant IRMA a été produite à 400 m de résolution avec  
le modèle WRF, avec un schéma de turbulence 1D YSU.

Ces modélisations montrent les îles du Nord lors de l'approche de  
l'œil d'IRMA, alors que les vents violents étaient de secteur Nord-Est.

Elles font ressortir les zones les plus exposées au vent : les hauteurs et  
plus particulièrement les versants au vent, ainsi que les zones côtières  
exposées au vent de secteur Nord-Est. Des lieux plus protégés appa-  
raissent sur des versants sous le vent ou dans la zone de freinage du  
vent causé par un îlet.

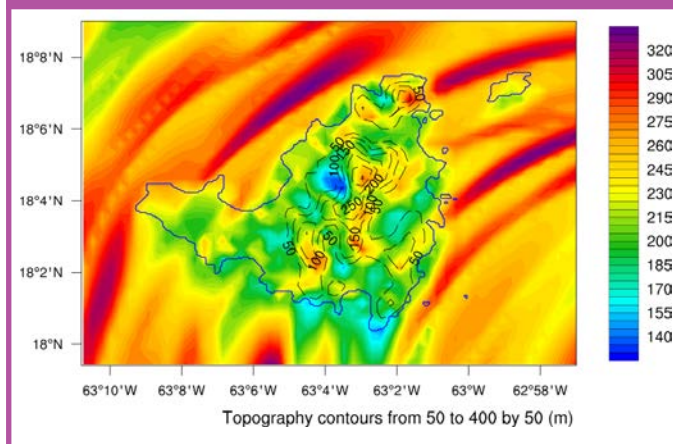
Par ailleurs, ces simulations montrent des vents atteignant les 280  
km/h sur Saint-Barthélemy, voire 300 km/h sur le Nord-Est de l'île de  
Saint-Martin.

Figure 27 - Vent à 10 m maximum sur Saint-Barthelemy durant Irma à 400 m de résolution avec WRF et une modélisation de la turbulence 1D YSU



Source : Université Antilles-Guyane - laboratoire LARGE (projet C3AF)

Figure 28 - Vent à 10 m maximum sur Saint-Martin durant Irma à 400 m de résolution avec WRF et une modélisation de la turbulence 1D YSU



Source : Université Antilles-Guyane - laboratoire LARGE (projet C3AF)

## d) MARIA, catégorie 5

### Évolution et pays touchés

Le samedi 16 septembre 2017 vers 17 heures locales, un avion de reconnaissance de la NOAA (USA) classe un système de dépressionnaire centrée par 12,3° Nord et 52,6° Ouest en tempête tropicale. Baptisée MARIA, elle se déplace à environ 25 km/h vers l'Ouest puis Ouest-Nord-Ouest en direction des Petites Antilles. Le 17 septembre à 17 heures, le phénomène s'intensifie en ouragan de catégorie 1. Alors qu'il se rapproche des côtes de la Martinique, le lundi 18 septembre à 11 heures, MARIA devient ouragan majeur de catégorie 3. Il ralentit alors sa progression avec une vitesse de déplacement de l'ordre de 10 km/h et un cap Ouest-Nord-Ouest et est en phase d'intensification rapide.

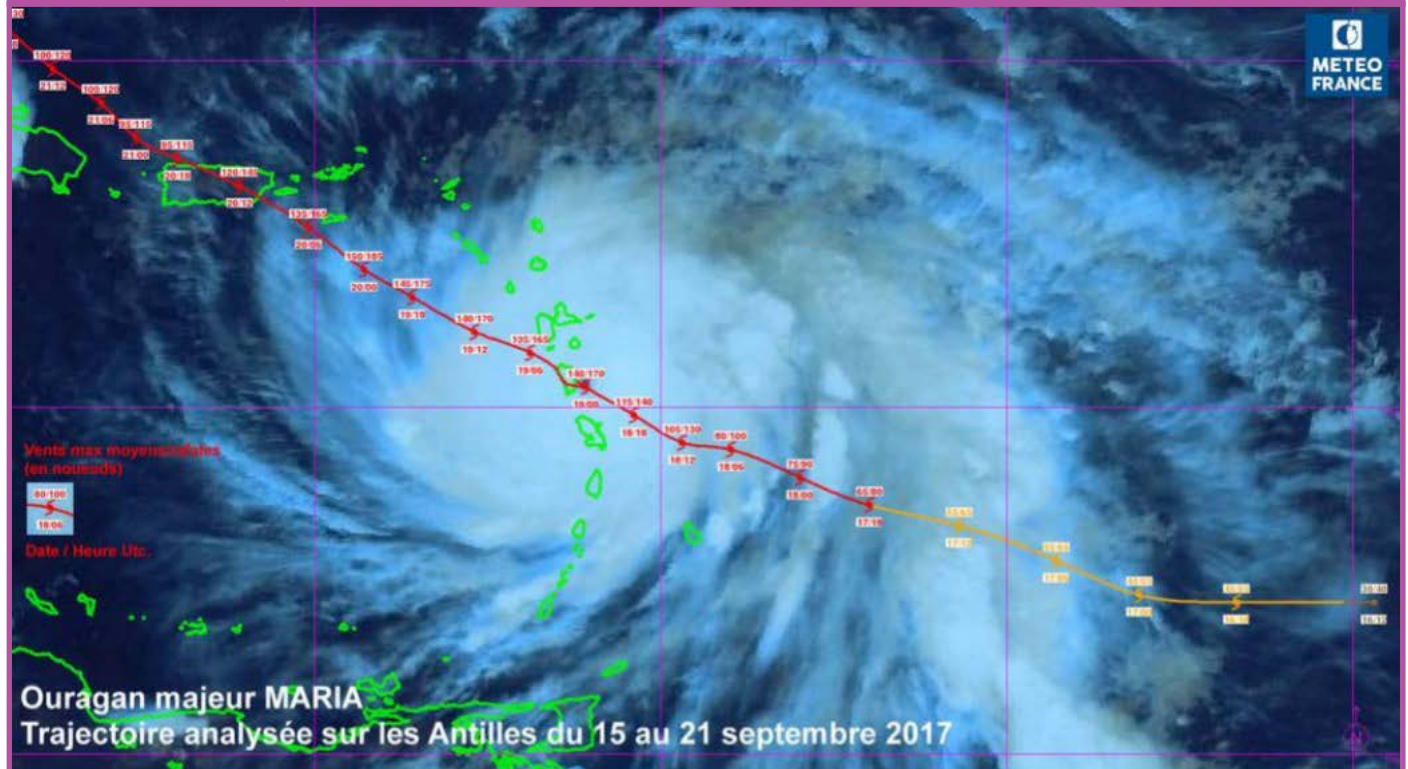
Cette trajectoire l'amène au plus près de la Martinique dans l'après-midi du 18 septembre. En début d'après-midi, MARIA, en catégorie 4 (vents moyens de 210 km/h, rafales 260 km/h) a son mur de l'œil à environ 45 km dans l'Est de la presqu'île de Caravelle. Il longe la côte Nord-Est de l'île en se renforçant et devient catégorie 5 (vents moyens de 260 km/h, rafales supérieures à 300 km/h, pression mer de l'ordre de 920 hPa) en fin de journée à environ 70 km au Nord de Macouba.

MARIA atterrit sur la côte Sud-Est de la Dominique vers 21 heures locales. Son œil traverse l'île de la Dominique d'Est en Ouest en s'affaiblissant légèrement du fait de la structure très montagneuse de l'île, puis longe la côte

« Caraïbe » en remontant vers le Nord. En deuxième partie de nuit du 18 au 19 septembre, le quadrant nord du mur de l'ouragan, alors en catégorie 4, frôle les îles des Saintes, en particulier Terre-de-Bas qui n'est qu'à une vingtaine de kilomètres du centre (par 15,7° Nord et 61,9° Ouest) et à moins de 10 km du mur de l'œil. Dans la matinée du 19, bien que l'ouragan s'éloigne en mer des Caraïbes en direction du Nord-Ouest, les vents violents touchent encore le Sud-Est de la Basse-Terre. Cette trajectoire quasi rectiligne jusqu'à Puerto-Rico, maintiendra le centre de MARIA, toujours ouragan majeur, à plus de 150 km dans le Sud-Ouest de Saint-Martin. Cela limitera les effets hydro-météorologiques sur les îles du Nord.

### Conditions de formation

Figure 29 - Trajectoire analysée de l'ouragan MARIA

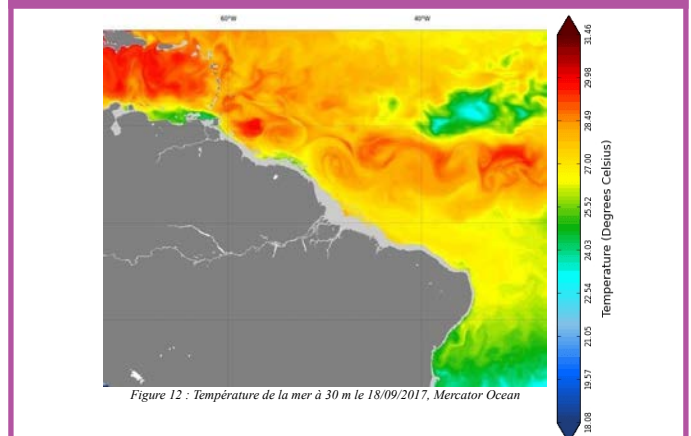


L'élément marquant de l'ouragan MARIA est une exceptionnelle intensification jamais observée au voisinage des Petites Antilles de la catégorie 1 à la catégorie 5 en moins de 24h. Quand cette intensification est explosive et exceptionnelle, on est dans le domaine de l'imprévisible...

Dès la naissance de ce qui était alors l'onde tropicale n°49 le vendredi 15 septembre, son déplacement vers l'Ouest-Nord-Ouest et son intensification à partir du dimanche 17 avaient pourtant été anticipés, mais pas son creusement exceptionnel dans un laps de temps de 15 heures seulement, passant de la catégorie 1 à 5.

Il faut également souligner, qu'en dépit des incertitudes de la prévision, les impacts territoriaux du passage de MARIA près de la Guadeloupe ont été très correctement anticipés et communiqués aux autorités et à la population. Ainsi, il était prévu des cumuls de pluie de 200 à 400 mm, et des submersions marines qui se sont confirmées. De même, il a été annoncé très clairement que les vents les plus violents toucheraient les Saintes et le Sud-Ouest de l'île de la Basse-Terre.

Figure 30 - Température de la mer à 30 m le 18/09/2017, Mercator Ocean





## Conséquences de l'ouragan Maria

### > Vents

Au vu de l'historique de MARIA et de sa trajectoire, on comprend facilement que c'est l'archipel guadeloupéen qui a été le plus touché des territoires français des Petites Antilles, et en particulier les Saintes qui ont vu l'œil de MARIA passer à environ 20 km dans l'Ouest de Terre-de-Bas. Les vents ont atteint ou dépassé les 100 km/h en vitesse moyennée sur 1 minute sur la majorité des postes de mesures de l'île de la Guadeloupe. Ils ont atteint la force d'ouragan (119 km/h ou plus) sur 4 stations de mesures conventionnelles.

Des valeurs de rafales à plus de 150 km/h ont été mesurées sur plusieurs postes de la Basse-Terre. Compte-tenu du relief, on peut affirmer que des rafales ont dépassé les 200 km/h sur cette partie du territoire. Le centre de MARIA est passé à 40 km de la ville de Basse-Terre et à 20 km seulement de l'archipel des Saintes qui a donc subi des vents beaucoup plus violents. Compte-tenu des mesures enregistrées sur l'île de Basse-Terre, on peut estimer que l'archipel des Saintes a subi, pendant plusieurs heures, des rafales supérieures à 215 km/h et probablement bien au-delà.

Tableau 4 - Paramètre « vent » Maria 2017

COMMUNES	ALTITUDE	RAFALE MAXI	HEURE RAFALE LE 19	MAX DU VENT SOUTENU (MOYENNÉ SUR 1 MIN)
LES ABYMES	11 m	125 km/h	1h48	90 km/h
BAILLIF	6 m	148 km/h	3h23	120 km/h
CAP. BELLE-EAU	253 m	136 km/h	1h19	125 km/h
GOURBEYRE	477 m	162 km/h	1h05	110 km/h
MORNE A L'EAU	11 m	X	X	120 km/h
POINTE NOIRE	213 m	159 km/h	2h36	130 km/h
SAINTE-ROSE	10 m	X	X	105 km/h

Source : Météo-France

### > Pluies

Les pluies quotidiennes sur l'archipel guadeloupéen, mesurées par des stations conventionnelles ou estimées par le radar de précipitation, présentent un caractère anormal pour l'ensemble des communes du département. Ci-dessous un tableau des valeurs les plus remarquables enregistrées par les stations (1 mm = 1 litre / m<sup>2</sup>).

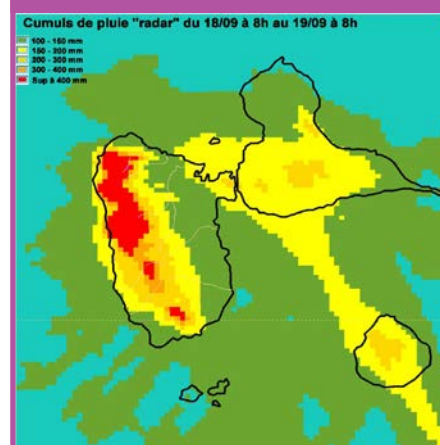
On notera le cumul exceptionnel de 497 mm sur 24 heures à la station de Saint-Claude située sur les reliefs de la Soufrière, et les 404 mm à Deshaies, commune moins habituées aux cumuls extrêmes.

Tableau 5 - Paramètre « pluie » Maria 2017

COMMUNES	ALTITUDE	CUMUL EN 24 HEURES	« VALEUR DÉCENNALE »
LES ABYMES	11 m	237 mm	153 mm
BAILLIF	6 m	261 mm	128 mm
VIEUX HABITANTS	136 m	273 mm	157 mm
SAINT-CLAUDE	650 m	497 mm	171 mm
BAIE MAHAULT	22 m	237 mm	202 mm
DESHAIES	42 m	404 mm	139 mm

Source : Météo-France

Figure 31 - Cumuls de pluie radar du 18/09 8h locales au 19/09 8h locales



### > Submersion marine

Dès le lundi après-midi, une longue houle énergétique de période d'au moins 15 secondes, déferle violemment sur les rivages de Marie-Galante, des Saintes, de l'intérieur du Petit Cul-de-Sac Marin et du Sud de la Basse-Terre. Cette houle s'amplifie en soirée et atteint son maximum dans la nuit de lundi à mardi, tandis que le pic d'énergie est centré sur des périodes de 10 à 12 secondes. En absence de houlographe, les hauteurs moyennes des

vagues au large sont estimées à environ 8 m au plus fort de l'épisode. Ces déferlements provoquent des submersions dont la quantification est difficile.

Une submersion marquée s'est ensuite manifestée en milieu de nuit du 18 au 19 septembre au fond du Petit Cul-de-Sac Marin (rade de Pointe-à-Pitre, zone de Moudong, Petit-bourg) du fait de l'effet de marée de tempête avec

une surcote atmosphérique conjuguée à la réaction dynamique de l'océan. Cette surcote, estimée entre 50 et 70 cm, est confirmée par la mesure du marégraphe de Pointe-à-Pitre (surcote max d'environ 50 cm vers 2 heures locales le 19 septembre). On peut noter que c'est la valeur de surcote la plus élevée depuis celle provoquée par l'ouragan HUGO le 17 septembre 1989 et qu'elle peut donc être qualifiée d'exceptionnelle.

Figure 32 - Données marégraphiques de Pointe-à-Pitre du 18/09 au 19/09 (SHOM)



À peu près au même moment (vers 2h du matin), des trains de vagues de Sud-Sud-Est pénètrent le long de la côte caraïbe de la Guadeloupe (hauteur moyenne estimée par simulation numérique de 8 m environ). Ces vagues, conjuguées à une surcote estimée à 40 cm provoquée par la pression atmosphérique très basse, submergent les parties basses de ce littoral.

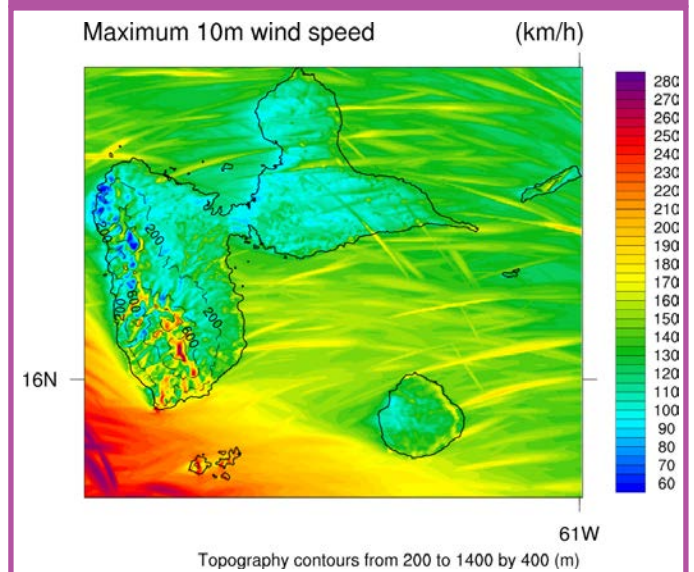
## Apport de la modélisation très haute résolution pour l'estimation des observations

L'ouragan MARIA a d'abord touché la Martinique, sur laquelle les vents n'ont pas dépassé la force de tempête tropicale. Après avoir dévasté la Dominique en catégorie 5, MARIA a durement touché l'archipel guadeloupéen, plus particulièrement les îles de Saintes ainsi que le sud et l'ouest de la Basse-Terre. Cette fois les capteurs de vent et de pluie ont résisté, le vent a atteint la force ouragan sur 4 stations, et des cumuls de pluie sur 24 heures supérieurs à 400 mm ont été relevés sur la Basse-Terre. Cependant, il n'y a pas de station météo sur l'archipel des Saintes qui a été le plus impacté. De plus, les vents ont pu être localement plus forts, sur les reliefs notamment, que ceux enregistrés sur les stations météo de la Basse-Terre.

Une modélisation du vent soutenu durant MARIA a été produite à 300 m de résolution avec le modèle WRF, avec un schéma de turbulence 3D LES. Cette simulation montre les zones les plus exposées au vent de l'archipel guadeloupéen lors du passage au plus près de l'œil de MARIA, alors que les vents violents étaient de secteur Est à Sud-Est.

Nous pouvons d'ores et déjà voir que les îles des Saintes et le relief du Sud de la Basse-Terre ont été les plus touchés avec des vents dépassant les 250 km/h. La Grande-Terre, Marie-Galante et la Désirade ont été relativement épargnées, avec tout de même des vents atteignant les 170 km/h par endroits. Cette simulation modélise également les zones sous les vents des reliefs du nord de la Basse-Terre qui ont été les plus protégées, avec parfois à peine 60 km/h de vent soutenu. Cette modélisation à très haute résolution est un apport extrêmement précieux pour l'estimation des vents durant MARIA.

Figure 33 - Vent à 10 m maximum sur l'archipel guadeloupéen durant Maria à 300 m de résolution avec WRF et une modélisation de la turbulence 3D LES



Une carte des vents maximum à 300 m de résolution zoomée sur l'agglomération pointoise a été produite. Les lignes bleues représentent les zones urbaines (bâti, réseau routier).

Nous pouvons remarquer l'effet négatif de la mangrove sur les rafales maximales : le fort coefficient de friction et les faibles températures de surface en nocturne induites par le flux de chaleur sensible négatif ont pour conséquence de ralentir le vent laminaire du cyclone. Par opposition, les zones urbaines ont un effet positif sur la vitesse du vent, lié au flux chaleur sensible positif durant la nuit. Le bourg de Baie-Mahault semble protégé par la mangrove en amont du vent. Les vitesses modérées simulées dans le centre-ville de Pointe-à-Pitre pourraient avoir une origine dynamique liée au relief du Gosier en amont.

Figure 34 - Vent à 10 m maximum sur l'agglomération de Pointe-à-Pitre durant Maria à 300m de résolution avec WRF et une modélisation de la turbulence 3D LES

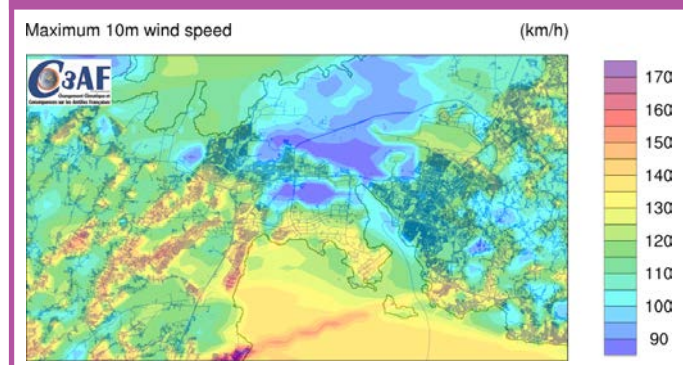
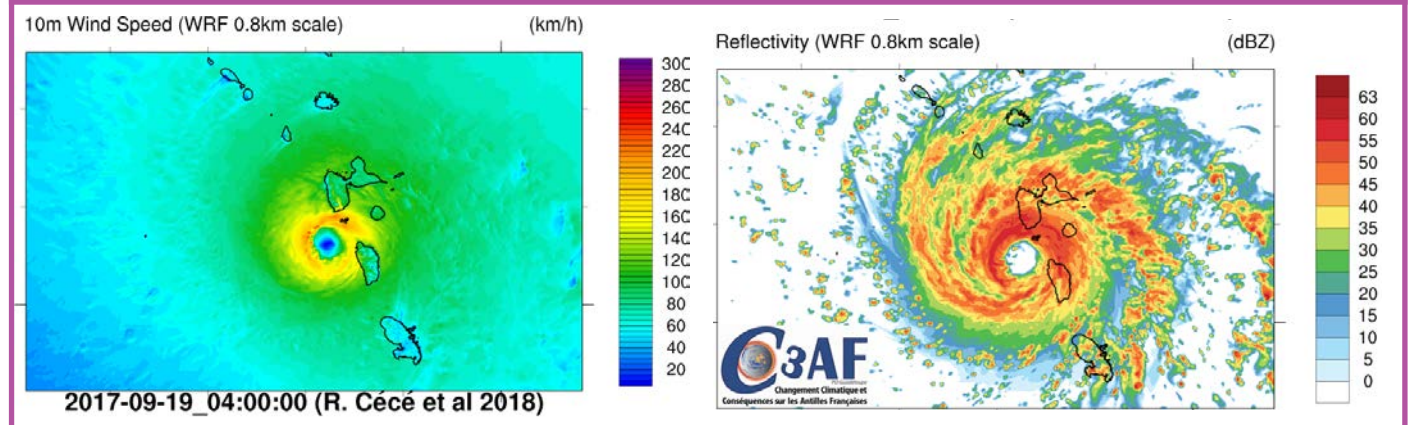


Figure 35 - Guadeloupe durant Maria le 19 sep à minuit heure locale : vitesse du vent à 10m et reflectivité modèle (WRF à 0.8 km de résolution schéma 1D YSU)



Bien sûr, ces modélisations à haute résolution ne permettent pas encore de représenter des phénomènes de micro-échelle qui ont lieu au sein d'un cyclone tropical. Ces tourbillons ou micro-rafales d'échelle inférieure à la centaine de mètres peuvent avoir de forts impacts très

localisés s'ils s'ajoutent au vent laminaire, et sont encore peu étudiés car très difficilement observables. Malgré tout, la modélisation à très haute résolution démontre un réel progrès et pourrait apporter beaucoup à l'estimation des observations en post-événement.

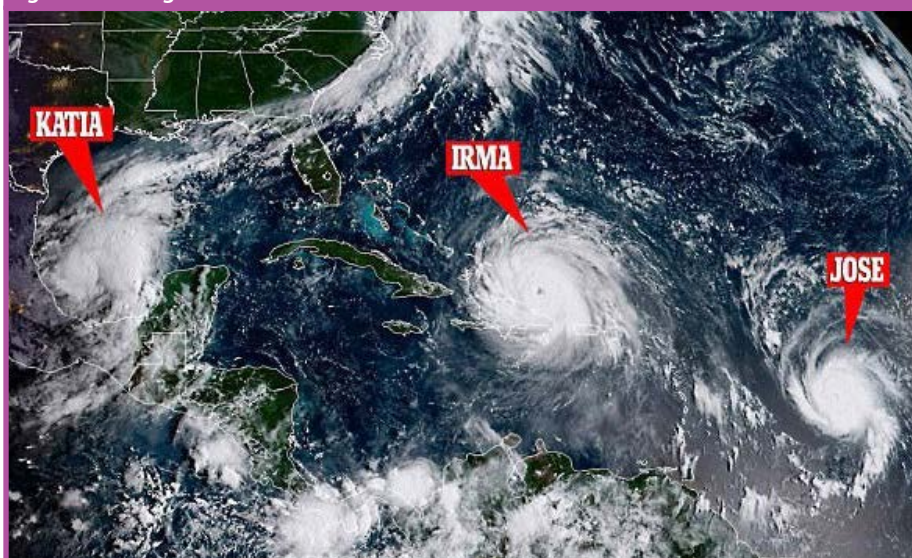
## 2.1.4. Aspect exceptionnel de la saison 2017

La saison cyclonique 2017 aura vu 17 cyclones baptisés, ce qui est assez rare. La normale de la période 1981-2010 se situe autour de 12 cyclones nommés par an et le record lors de la saison 2005 est de 28. Voir évoluer 10 ouragans dont 6 majeurs en une saison est également rare mais pas exceptionnel : cela s'est produit 8 fois auparavant sur ce bassin (depuis que les données sur les cyclones tropicaux sont enregistrées), le record étant de 15 ouragans en 2005 dont 7 ouragans majeurs.

Le mois de septembre sur les Antilles a quant à lui été exceptionnel à plus d'un titre. C'est la première fois depuis 1850 que 3 ouragans majeurs menacent et impactent l'arc Antillais sur une même saison. Encore plus exceptionnel : cette activité cyclonique s'est concentrée sur 2 semaines.

On retiendra notamment l'image satellite des ouragans KATIA, IRMA et JOSÉ, tous présents au même moment, ce qui est assez rare.

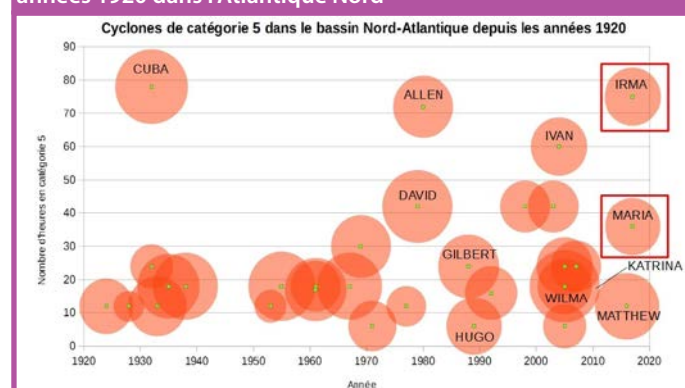
Figure 36 - Image satellite GOES du 08/09/2017



Juste avant cela, l'ouragan de catégorie 4 HARVEY faisait des ravages sur les côtes américaines. Le 25 août, l'ouragan a atteint la catégorie 4 à l'approche des côtes du Texas. Il repasse rapidement au stade de tempête tropicale lors de son entrée dans les terres, mais reste stationnaire un long moment au-dessus de la même région, au Sud-Est de l'État du Texas. HARVEY y déverse alors des trombes d'eau pendant plusieurs jours. Le National Weather Service relèvera la valeur exceptionnelle de 1 250 mm de pluie au bout de 4 jours sur un site au Sud-Est de Houston. Le record absolu du continent nord-américain sera finalement battu avec 1 318 mm de pluie au total, détrônant ainsi le précédent record tenu par la tempête tropicale Amelia qui avait déjà noyé le Texas sous 1 219 mm de pluie en 1978. D'intenses précipitations ont également affecté l'ouest de la Louisiane, l'Alabama, le Mississippi et le Tennessee, alors qu'HARVEY se trouvait encore au stade de dépression tropicale. Aux États-Unis on dénombre au moins 90 morts liés à HARVEY.

Pour IRMA, il s'agit de la première fois qu'un cyclone de catégorie 5 atterrit sur une île des Petites Antilles depuis le début des mesures météo en 1850. Cet événement a été suivi du passage de MARIA, également cyclone de catégorie 5, sur la Dominique. De plus, une intensification aussi rapide que celle de MARIA n'avait jamais été observée aux abords des Petites Antilles. Les ouragans majeurs qui passent proche de ces territoires proviennent de perturbations cap-verdiennes qui ont cheminé sur tout l'Atlantique tropical et se sont intensifié progressivement. Les cyclones barbadiens, qui naissent directement aux abords des Petites Antilles, sont souvent assez délicats à prévoir au niveau de leur trajectoire, mais sont des phénomènes qui d'ordinaire n'atteignent pas le stade d'ouragan majeur.

Figure 37 - Chaque cercle représente un ouragan qui a été classé en catégorie 5 – selon l'échelle de Saffir-Simpson – depuis les années 1920 dans l'Atlantique Nord



Source : Le Monde, NHC

L'axe des heures correspond au nombre d'heures passées en catégorie 5 par les ouragans. La taille du cercle est proportionnelle au coût des dégâts et nombre de décès. Le nombre de décès dus à l'ouragan MARIA est aujourd'hui évalué à 112 morts, contre 134 pour IRMA.

À noter qu'avant les années 1950, les ouragans n'ont pas de prénoms mais se voient attribuer un nom de lieu.

Tableau 6 - Cyclones de catégorie 5 dans le bassin Atlantique Nord

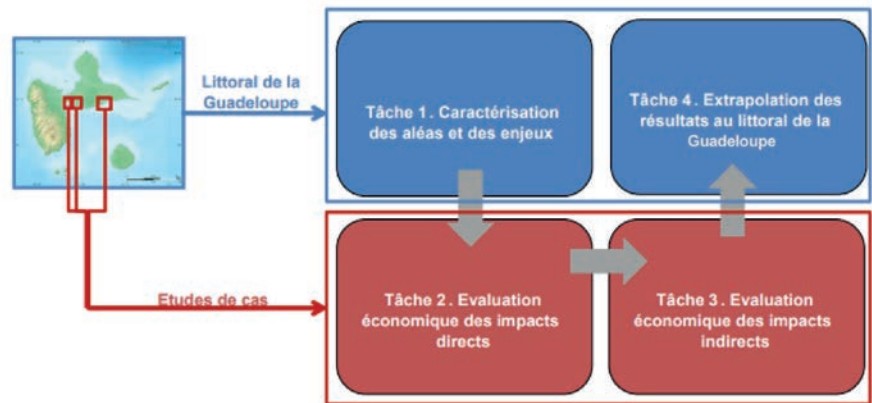
CYCLONE	SEASON	PEAK 1-MIN SUSTAINED WINDS	PRESSURE
Allen	1980	305 km/h (190 mph)	899 hPa (26.55 inHg)
Wilma	2005	295 km/h (185 mph)	882 hPa (26.05 inHg)
Gilbert	1988	295 km/h (185 mph)	888 hPa (26.22 inHg)
« Labor Day »	1935	295 km/h (185 mph)	892 hPa (26.34 inHg)
Irma	2017	295 km/h (185 mph)	914 hPa (26.99 inHg)
Rita	2005	285 km/h (180 mph)	895 hPa (26.43 inHg)
Mitch	1998	285 km/h (180 mph)	905 hPa (26.72 inHg)
Camille	1969	280 km/h (175 mph)	900 hPa (26.58 inHg)
Katrina	2005	280 km/h (175 mph)	902 hPa (26.64 inHg)
Dean	2007	280 km/h (175 mph)	905 hPa (26.72 inHg)
María	2017	280 km/h (175 mph)	908 hPa (26.81 inHg)
Janet	1955	280 km/h (175 mph)	914 hPa (26.99 inHg)
« Cuba »	1932	280 km/h (175 mph)	915 hPa (27.02 inHg)
Andrew	1992	280 km/h (175 mph)	922 hPa (27.23 inHg)
David	1979	280 km/h (175 mph)	924 hPa (27.29 inHg)
« Cuba »	1924	270 km/h (165 mph)	910 hPa (26.87 inHg)
Ivan	2004	270 km/h (165 mph)	910 hPa (26.87 inHg)
Isabel	2003	270 km/h (165 mph)	915 hPa (27.02 inHg)

Source : Météo-France

Dans le bassin Atlantique-Nord, 33 cyclones de catégorie 5 ont déjà vu le jour depuis les années 1920, mais aucun n'avait directement atterri sur une île des Petites Antilles. Dans l'histoire plus anciennes de ces îles, seul le Grand Ouragan de 1780 qui a dévasté la Martinique et fortement touché la Guadeloupe (l'œil serait passé sur Sainte-Lucie) pourrait avoir atteint la catégorie 5 au moment de son passage sur les îles, au vu des témoignages des dégâts et de la violence des vents.

## 2.2. Évaluation économique des impacts des risques côtiers

L'archipel de la Guadeloupe est particulièrement exposé aux risques côtiers dont l'intensité tend à s'accroître avec l'élévation du niveau de la mer et le changement climatique. Les résultats présentés sont une synthèse d'une étude réalisée par le BRGM en partenariat avec l'ADEME et la CCI-IG dont l'objectif est d'évaluer le coût de l'inaction face à l'augmentation des risques côtiers sur le littoral de la Guadeloupe à l'horizon 2050. Il s'agit en particulier d'évaluer l'impact économique que pourraient générer la submersion marine et le recul du trait de côte si aucune action d'adaptation n'est mise en place pour réduire les effets.



Cette synthèse présente les résultats des tâches 1 et 2 achevées en 2018. Les prochaines étapes de cette étude consisteront à estimer les coûts directs des dommages physiques sur la troisième étude de cas, en intégrant notamment à la méthode un volet relatif à l'évaluation des dommages causés par le recul du trait de côte, estimer le coût des dommages indirects sur les trois études de cas, et enfin extrapoler ces résultats à l'ensemble du littoral.





**Retrouver l'ensemble de l'étude :** *Évaluation économique des impacts des risques côtiers en lien avec le changement climatique sur le littoral de la Guadeloupe – Année 1 - Rapport final – BRGM/RP-67868-FR-Avril 2018.*

### 2.2.1. Typologie des dommages estimés

Les phénomènes naturels génèrent plusieurs types de dommages sur les biens et les populations (Christin et al, 2014 ; Van der Veen, 2004). Ce projet s'intéresse aux coûts directs et indirects des dommages tangibles :

- **les dommages tangibles** correspondent à des effets pouvant faire l'objet d'une évaluation monétaire (dégradations physiques de l'habitat, pertes d'exploitations, etc.) ;
- **les dommages directs** sont imputables à l'impact physique de l'aléa. Ils correspondent notamment à des dégâts matériels ou à des dommages aux personnes ;
- **les dommages indirects** sont les effets subis dans l'attente du remplacement des biens détruits. Il s'agit par exemple des conséquences économiques des interruptions de réseaux pour leurs usagers ou encore, des pertes d'exploitation des entreprises dont les outils de production sont directement impactés par le phénomène naturel.

Figure 38 - Classification des dommages causés par les risques naturels

		Peuvent faire l'objet d'une évaluation monétaire		Pas de système de prix	
		Focus du projet			
		Tangibles		Intangibles	
Impacts physiques	Directs	Destruction d'un bâtiment Endommagement d'une route  <i>Véranda détruite par la tempête Xynthia en 2010 à l'Aiguillon.</i>	Perte d'une vie humaine Destruction des écosystèmes  <i>Mémorial des victimes du séisme Anatrice en 2016 (Italie)</i>		
	Indirects	Pertes d'exploitation Achat d'eau en bouteille (Pertes imputables au non-usage d'un bien impacté physiquement)  <i>Banque fermée 1 mois après l'inondation de la Garonne à Saint-Béat en 2013 (Haute Garonne).</i>	Perte de temps, stress, pénibilité Augmentation de la vulnérabilité des populations touchées après la crise  <i>Dégradation des conditions d'apprentissage dans une école suite au séisme de Lorca en 2011 (Espagne).</i>		

Source : BRGM/RP-67868-FR

### 2.2.2. Sélection des études de cas Typologie des dommages estimés

La caractérisation des aléas et des enjeux sur les 630 km de côtes de l'archipel a permis de construire une typologie de territoire littoraux puis de sélectionner trois sites d'études représentatifs de la diversité des problématiques rencontrées sur le littoral :

1. une zone d'activités économiques exposée au risque de submersion marine : la zone industrielle de Jarry ;
2. une zone urbaine à forte densité de population résidente, exposée au risque de submersion marine : le centre de Pointe-à-Pitre ;
3. une zone à forte densité touristique, exposée au risque de recul du trait de côte : le bourg de Sainte-Anne.

## 2.2.3. Focus sur l'étude de cas n° 2 : centre-ville de Pointe-à-Pitre

Il s'agit d'une zone fortement exposée au risque de submersion marine, dont la nature des enjeux exposés est caractéristique des zones urbaines à forte densité de population, composée notamment d'habitats collectifs, d'infrastructures de tourisme et de patrimoine culturel.

Les résultats sont présentés pour deux scénarios :

- le scénario actuel qui correspond à l'occurrence de l'événement de référence en 2015 ;
- le scénario 2050 qui correspond à l'occurrence de l'événement de référence, compte tenu de l'élévation du niveau de la mer à horizon 2050.

### a) Présentation du site d'étude

Le site d'étude de Pointe-à-Pitre comprend plusieurs quartiers :

- **La Gabarre** : il s'agit d'un ancien quartier de pêcheurs composé majoritairement de zones résidentielles d'habitat individuel.
- **Lauricisque** : à vocation résidentielle et commerciale, le quartier est constitué essentiellement d'habitats collectifs et de logements sociaux construits dans les années 70, et pour partie en cours de rénovation. Classés en zone urbaine sensible, les bâtiments se caractérisent par une forte obsolescence et un taux de vacance élevé.
- **La Cité Bergevin** comprend de grands ensembles de logements sociaux en habitat collectif ainsi qu'une zone d'activité.
- **Le centre-ville ancien** constitue une zone d'habitat très dense et disparate (individuel et petit collectif, présence de cases traditionnelles) dotée de nombreux commerces de proximité (marchés, commerces d'alimentation, restaurants, services), d'établissements publics et de quelques bâtiments culturels. Ce type de tissu socio-économique est relativement similaire à celui présent dans les centres bourgs d'autres communes de l'île (Sainte-Anne, Saint-François, Basse-Terre, Deshaies).

Le bord de mer comprend l'esplanade du port et le boulevard Chanzy qui est aménagé en zone de promenade. Du fait de leurs spécificités, la gare maritime et les parkings associés sont exclus du périmètre d'étude.

Le site se compose ainsi d'une diversité d'enjeux (logements, activités économiques, infrastructures de tourisme, patrimoine culturel) dont l'évaluation par type d'enjeux contribuera à l'extrapolation des résultats sur l'ensemble du littoral.

### b) Caractérisation fine des aléas à horizon 2050

#### Recul du trait de côte

La côte de Pointe-à-Pitre est peu exposée à l'érosion du trait de côte, compte tenu de sa localisation dans un environnement protégé (Petit Cul-de-Sac Marin) et de son artificialisation importante et continue depuis la Gabarre au Nord-Ouest jusqu'à la marina au Sud-Est. Dans la zone d'étude de Pointe-à-Pitre, le trait de côte à horizon 2050 est supposé fixe et identique à celui de 2013, le littoral n'étant plus exposé à l'érosion naturelle.

La mangrove présente en dehors de la zone d'étude, au Nord de la commune de Pointe-à-Pitre, au niveau de la déchèterie et de l'aéroport, présente un taux de recul entre 1998 et 2013 de -0.20 m/an, soit environ -7 m à l'horizon 2050 par rapport au trait de côte de 2013. Si l'on prend en compte un recul maximal Max de 5 m résultant d'un phénomène extrême, le trait de côte reculerait de 12 m.

La variation de coûts entre ces scénarios correspond au surcoût généré par le changement climatique.

Les résultats présentés dans cette section sont issus des simulations mathématiques de ces deux scénarios choisis comme référence. Ces résultats ne constituent pas des prédictions. Ils décrivent un futur probable parmi un ensemble plus large de scénarios plausibles.

Figure 39 - Périmètre de la zone d'étude de Pointe-à-Pitre



Source : BRGM/RP-67868-FR

Figure 40 - Comparaison des positionnements des trait de côte entre 1950 (vert) et 2013 (jaune) sur le secteur de Pointe-à-Pitre, sur un fond ortho photographique de 1950 (IGN)



Source : BRGM/RP-67868-FRLa

## Submersion marine

Les résultats de la submersion marine pour le scénario actuel et pour le scénario à horizon 2050 indiquent que les surfaces urbanisées inondées passent ainsi de 42 ha à 48 ha avec le changement climatique. La principale différence entre les deux scénarios porte sur l'extrême nord-ouest du centre-ville qui serait fortement inondé à horizon 2050 alors qu'il ne serait pas affecté par l'évènement de référence dans le scénario actuel.

Figure 41 - Submersion marine sur la zone d'étude de Pointe-à-Pitre pour le scénario actuel

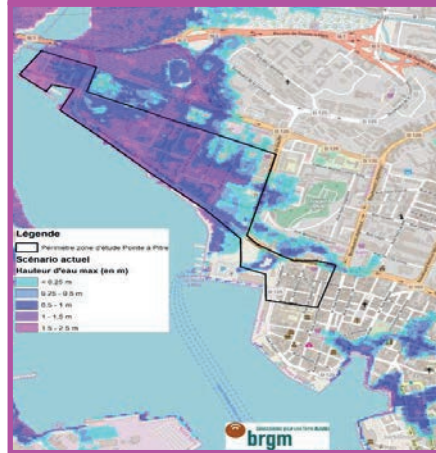
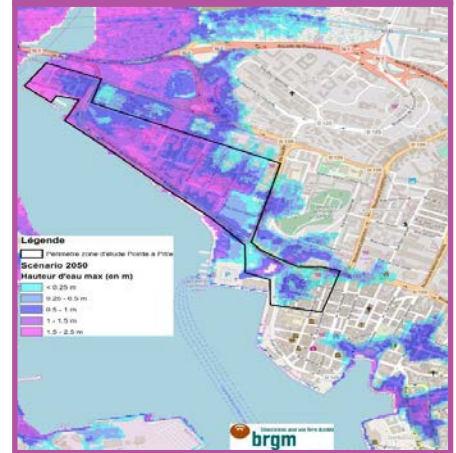


Figure 42 - Submersion marine sur la zone d'étude de Pointe-à-Pitre pour le scénario à horizon 2050



## c) Caractérisation des impacts physiques

### Impacts sur les logements

Du fait de la forte densité de bâtiments d'habitation collectifs comportant plusieurs étages dans la zone d'étude, le nombre de logement situés en zone inondée diffère du nombre de logement effectivement inondés. Parmi les logements situés en zone inondée seuls les logements en rez-de-chaussée sont physiquement endommagés par la submersion. Les ménages habitant dans les logements situés dans les étages ne sont impactés que de façon indirecte, du fait des effets cascades et de la gêne occasionnée par la submersion.

### Impacts sur les activités économiques

À horizon 2050, les effets du changement climatique induisent une augmentation de 36 % du nombre d'établissements impactés par les risques côtiers, et une augmentation de 15 % de l'effectif salarié.

Ce différentiel s'explique par la structure du tissu économique du nord du centre-ville (principale zone nouvellement submergée à horizon 2050) qui comprend de petits établissements dont le nombre moyen de salariés est deux fois moins élevé que le nombre de salariés des établissements situés dans le reste de la zone inondée. Le commerce, essentiellement le commerce de détail, et les établissements de santé, notamment les centres médicaux, sont les secteurs les plus impactés en nombre d'établissement dans les deux scénarios. Parmi les établissements publics situés en zone inondée figurent une école primaire et un collège.

À horizon 2050, 173 logements seraient directement inondés tandis que la submersion affecterait indirectement 1 129 logements, soit une augmentation respective de 20 % et 16 % par rapport au scénario actuel.

Tableau 7 - Nombre de logement inondés dans le centre de Pointe-à-Pitre, par scénario

ENJEUX INONDÉS	SCÉNARIO ACTUEL	SCÉNARIO 2050	VARIATION ENTRE SCÉNARIOS
Nombres de logements inondés	144	173	+20 %
Nombre de logements situés en zone inondée	973	1 129	+16 %

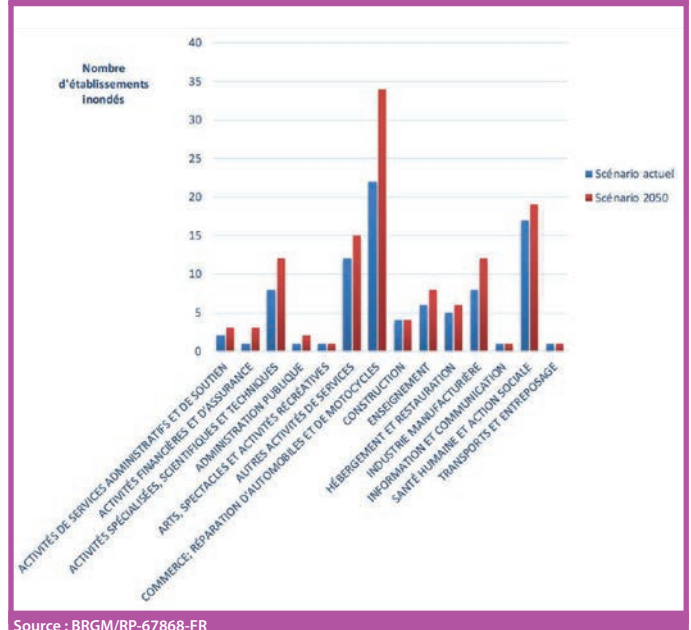
Source : BRGM/RP-67868-FR

Tableau 8 - Nombre d'enjeux en lien avec les activités économiques inondés dans le centre de Pointe-à-Pitre, par scénario

ENJEUX INONDÉS	SCÉNARIO ACTUEL	SCÉNARIO 2050	VARIATION ENTRE SCÉNARIOS
Établissements inondés (entreprises et établissements publics)	89	121	+36 %
Effectif salarié	665	766	+15 %

Source : BRGM/RP-67868-FR

Figure 43 - Répartition du nombre d'établissements inondés dans le centre de Pointe-à-Pitre, par secteur d'activité



Source : BRGM/RP-67868-FR

## Impacts sur les véhicules personnels

Le nombre de véhicules personnels situés en zone inondée est estimé à 608 dans le scénario actuel et 705 dans le scénario 2050. Cette estimation ne tient pas compte des voitures de passage. Seule les véhicules dont la hauteur d'eau est supérieure à l'assise du véhicule sont supposés endommagés.

Le nombre de véhicules endommagés est ainsi estimé à 494 véhicules dans le scénario 2050, soit une augmentation de 55 % par rapport au scénario actuel.

## Impacts sur les réseaux routiers

Les surfaces de voiries inondées sont estimées à 114 000 m<sup>2</sup> dans le scénario actuel, contre 128 000 m<sup>2</sup> dans le scénario 2050.

## d) Estimation des coûts directs

### Coûts directs sur les logements

Les dommages physiques aux logements s'élèvent en moyenne à 4,1 M€ dans le scénario actuel et 4,8 M€ dans le scénario 2050.

Les résultats varient toutefois selon les méthodes utilisées. La méthode du Joint Research Center (JRC) aboutit à des dommages plus élevés que la méthode du Centre Européen de Prévention de Risque d'Inondation (CEPRI). Ceci s'explique par les fonctions de dommages utilisées par le JRC dont les pertes sont très élevées pour les faibles hauteurs d'eau. Les dommages moyens par logement sont compris entre 29 k€ dans le scénario actuel et 28 k€ à horizon 2050.

Le changement climatique génère un surcoût de 16 % à horizon 2050.

### Coûts directs sur les activités économiques

Les dommages sur les activités commerciales et les établissements sont estimés à 13,9 M€ dans le scénario actuel et 16,2 M€ à horizon 2050, soit un surcoût de 16 % lié à l'élévation du niveau de la mer.

Les pertes de stocks et d'équipements contribuent respectivement à 20 % et 33 % des coûts, contre 47 % pour les destructions physiques sur les bâtiments.

De nombreux établissements exerçant dans le secteur des services et de la finance sont situés dans la zone inondée. C'est notamment le cas de la Poste centrale de Bergevin dont la valeur des équipements est considérable (camions, machines, etc.). La Poste de Bergevin est ainsi le plus grand établissement (en nombre de salariés) exposé à la submersion marine dans le secteur d'étude. Les dommages associés aux équipements étant estimés en fonction de l'effectif salarié, la Poste contribue à près de 30 % du total des dommages aux équipements de la zone.

### Coûts directs sur les réseaux routiers

Les coûts directs liés à l'endommagement des voiries sont estimés à 695 k€ pour le scénario actuel et 806 k€ pour le scénario 2050.

### Coûts directs sur les véhicules personnels

Les coûts directs liés à l'endommagement des véhicules personnels sont estimés à 2,7 M€ dans le scénario actuel et 4,2 M€ à horizon 2050.

**Tableau 9 - Nombre de véhicules personnels inondés dans le centre de Pointe-à-Pitre**

ENJEUX INONDÉS	SCÉNARIO ACTUEL	SCÉNARIO 2050	VARIATION ENTRE SCÉNARIOS
Véhicules en zone inondée	608	705	+16 %
Véhicules endommagés	319	494	+55 %

Source : BRGM/RP-67868-FR

Ce résultat doit toutefois être interprété avec prudence, le nombre de véhicules endommagés étant probablement surévalué.

**Tableau 10 - Coûts directs des risques côtiers sur les logements du centre de Pointe-à-Pitre, par méthode d'estimation**

LOGEMENTS INONDÉS	SCÉNARIO ACTUEL	SCÉNARIO 2050	VARIATION ENTRE SCÉNARIOS
Méthode CEPRI	2 718 k€	3 415 k€	+26 %
Méthode JRC	5 534 k€	6 168 k€	+11 %
Moyenne des deux méthodes	4 126 k€	4 792 k€	+16 %
Dommages par logement	29 k€	28 k€	-3 %

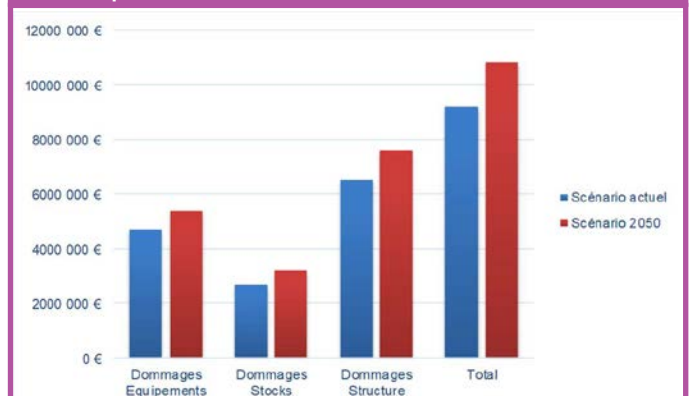
Source : BRGM/RP-67868-FR

**Tableau 11 - Coûts directs des risques côtiers sur les activités économiques de Pointe-à-Pitre**

	SCÉNARIO ACTUEL	SCÉNARIO 2050	VARIATION ENTRE SCÉNARIOS
Dommages aux équipements	4 704 k€	5 368 k€	+20.5 %
Dommages aux stocks	2 665 k€	3 212 k€	+14.1 %
Dommages à la structure	6 525 k€	7 604 k€	+16.5 %
<b>Total</b>	<b>13 894 k€</b>	<b>16 183 k€</b>	<b>+16 %</b>
Dommages par établissement	156 k€	134 k€	-14 %
Dommages par salarié	21 k€	21 k€	+1 %

Source : BRGM/RP-67868-FR

**Figure 44 - Coûts directs des risques côtiers sur les activités économiques de Pointe-à-Pitre**



Source : BRGM/RP-67868-FR

## e) Synthèse

### Coûts directs sur les logements

Le coût direct des risques côtiers dans le centre de Pointe-à-Pitre est compris entre 21,4 M€ dans le scénario actuel et 26 M€ dans le scénario 2050.

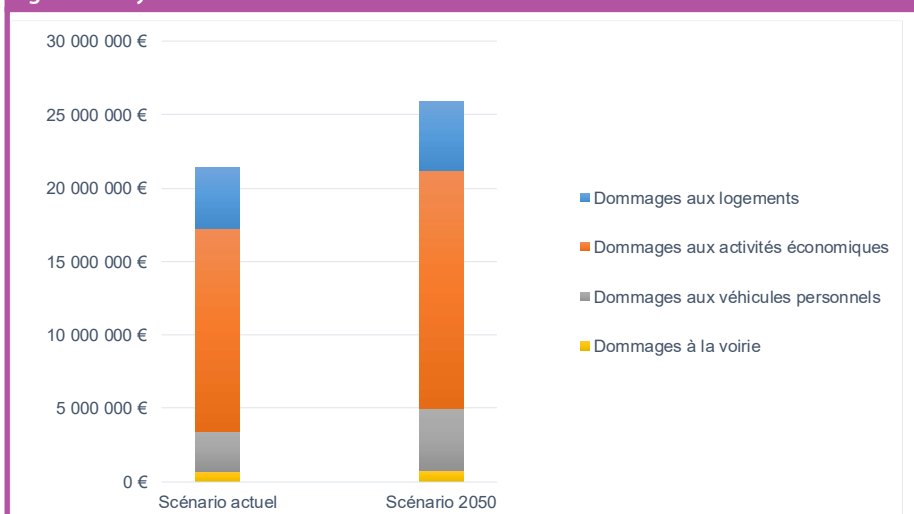
Cela représente une densité de dommages à l'hectare situées entre 514 k€ et 544 k€, selon les scénarios.

Tableau 12 - Synthèse des coûts directs dans le centre de Pointe-à-Pitre

	SCÉNARIO ACTUEL		SCÉNARIO 2050		VARIATION ENTRE SCÉNARIOS
Dommages aux logements	4 126	19 %	4 792	18 %	+16 %
Dommages aux activités économiques	13 894	65 %	16 183	62 %	+16 %
Dommages aux véhicules personnels	2 695	13 %	4 170	16 %	+55 %
<b>Dommages à la voirie</b>	<b>695</b>	<b>3 %</b>	<b>806</b>	<b>3 %</b>	<b>+16 %</b>
Dommages directs totaux (k€)	21 411	100 %	25 951	100 %	+21 %
Surface urbanisée inondée (ha)	41,7	47,7	14 %		+1 %
<b>Densité de dommages (k€/ha)</b>	<b>514</b>		<b>544</b>		<b>6 %</b>

Source : BRGM/RP-67868-FR

Figure 45 - Synthèse des coûts directs dans le centre de Pointe-à-Pitre



Source : BRGM/RP-67868-FR



## PARTIE 3 DIAGNOSTIC DE VULNÉRABILITÉ TERRITORIALE DE LA GUADELOUPE

### 3.1. La biodiversité

Un fort degré d'endémisme caractérise la faune et la flore Guadeloupéenne. Le caractère archipélagique de la Guadeloupe a permis le développement d'espèces que l'on ne retrouve pas ou plus sur d'autres territoires.

Depuis 1992, la diversité de notre écosystème a permis à la Guadeloupe d'être désignée « Réserve de Biosphère d'Archipel de la Guadeloupe » par l'UNESCO ; Ce qui lui confère une reconnaissance internationale.

Néanmoins, la biodiversité locale est soumise à de fortes pressions environnementales : la pollution, la destruction d'habitats, les espèces exotiques envahissantes et la surexploitation des ressources.

Les dégradations induites par ces pressions environnementales sont d'autant plus accentuées par le changement climatique.

L'étude a permis d'observer 2 indicateurs pour le domaine biodiversité.

Il s'agit :

1. La couverture corallienne vivante
2. La surface de forêt marécageuse

## FOCUS : ZONE HUMIDE

Selon la Convention Internationale sur les zones humides (ratifiée en 1971 à Ramsar en Iran) dont la France est adhérente depuis octobre 1986, les zones humides comprennent tous les lacs et cours d'eau, les aquifères souterrains, les marécages et marais, les prairies humides, les tourbières, les oasis, les estuaires, les deltas et étendues intertidales, les mangroves et autres zones côtières, les récifs coralliens et tous les sites artificiels tels que les étangs de pisciculture, les rizières, les retenues et les marais salés.

Actuellement sur l'Archipel Guadeloupe, nous ne pouvons suivre l'indicateur zone humide car la connaissance structurant le suivi de ces écosystèmes est relativement récente et encore peu diffusée.

Pour avancer vers cette connaissance depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2016, les collectivités sont incitées à

réaliser l'inventaire (dont la surface) des zones humides à travers leur Plan Local d'Urbanisme (PLU), qui a pour objectif de répondre :

- au renforcement de la mixité fonctionnelle et sociale ;
- à la maîtrise de la ressource foncière et la lutte contre l'étalement urbain ;
- à la préservation et la mise en valeur du patrimoine environnemental, paysager et architectural.

La Guadeloupe fait partie des territoires détenant des écosystèmes inondables diversifiés. Parmi ces écosystèmes il y a ceux qui sont en première ligne sur le littoral avec les mangroves maritimes ayant un contact plus ou moins étroit avec la mer puis les forêts marécageuses en retrait ou au bord des rivières. Ceci concerne les zones bordant le Grand et le Petit Cul-de-Sac Marins.

À ces formations s'ajoutent des marais, des salines et des lagunes qui s'échelonnent sur d'autres parties du littoral.

À l'intérieur, nous retrouvons aussi des zones humides constituées par les nombreux cours d'eau, les étangs d'altitude, mais aussi, et surtout en Grande Terre et dans les autres îles de l'archipel, une multitude de mares et les canaux de la Grande Terre qui jouent un rôle majeur en termes d'équilibre écologique.

Toutes ces zones sont d'extraordinaires réservoirs de biodiversité en termes de reproduction, d'alimentation, de repos pour les espèces, elles contribuent à l'auto épuration de l'eau, elles ont un rôle régulateur sur la disponibilité de la ressource en eau, elles protègent les populations sur le bord de mer. Elles jouent aussi un rôle non négligeable dans l'économie de façon directe ou indirecte. Entre 1970 et 2015, environ 35 % des zones humides ont disparu dans le monde. Et le rythme de disparition s'est accéléré depuis le début du siècle.

Pour les experts, il est d'autant plus important de préserver les zones humides qu'elles jouent un rôle essentiel de "puits de carbone" dans les efforts déployés en vue d'une régulation du climat mondial.

## INDICATEUR LA COUVERTURE CORALLIENNE VIVANTE

Les coraux, indicateurs biologiques ou bio-indicateurs, sont des espèces animales dont les préférences ou exigences écologiques en font des témoins précoces des variations des facteurs de leur environnement.

La couverture corallienne vivante correspond à la proportion de corail vivant (dur et mou) par rapport au substrat colonisable par les coraux (roche par exemple) qui est exprimé en pourcentage.

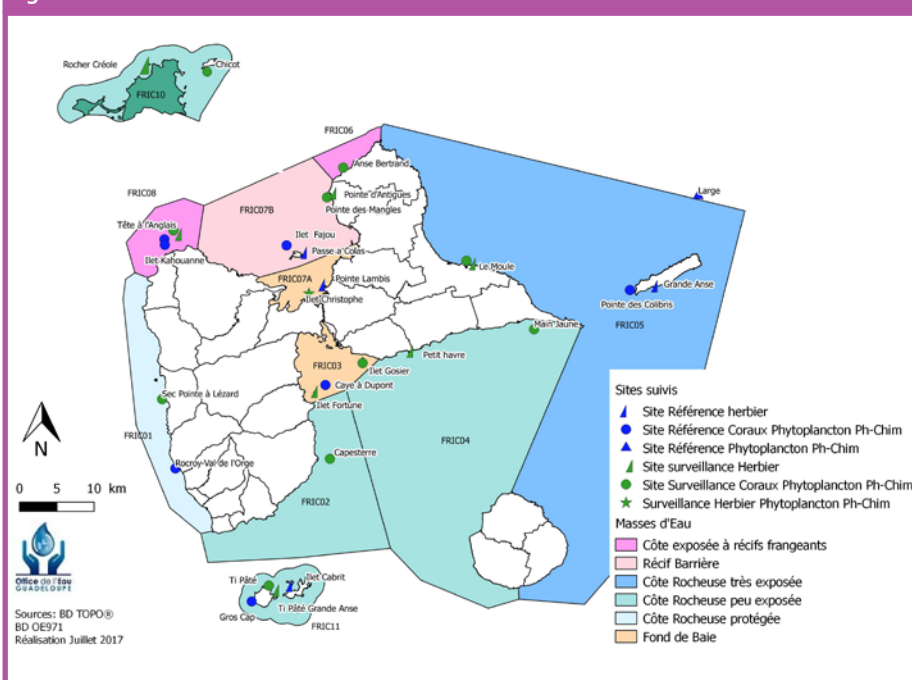
### Sensibilité de l'indicateur

Cet indicateur ne traduit pas à lui seul l'état de santé du récif mais apporte un premier élément de réponse que l'on peut associer au développement des macro-algues ou encore à l'observation des phénomènes de blanchiment et des maladies coralliennes (e.g. « bande noire » et « bande blanche »). (Réseau REEF CHECK)

Depuis 2007, la Direction de l'environnement de l'aménagement et du logement (DEAL Guadeloupe) développe un programme de sensibilisation et de suivi des récifs coralliens selon la méthode « Reef-Check ». Les objectifs du programme « Reef-Check » sont de suivre annuellement l'état de santé des récifs coralliens sur 8 stations pérennes réparties sur le territoire, et de sensibiliser les usagers et gestionnaires sur la préservation des récifs.

Dans le cadre de la Directive européenne Cadre sur l'Eau (DCE), un suivi du réseau de surveillance des eaux littorales est mené en Guadeloupe depuis 2008 par le bureau d'études CREOCEAN en utilisant notamment le paramètre « Recouvrement corallien » sur 16 stations récifales.

Figure 46 - Site de Contrôle de surveillance des masses d'eau cotières

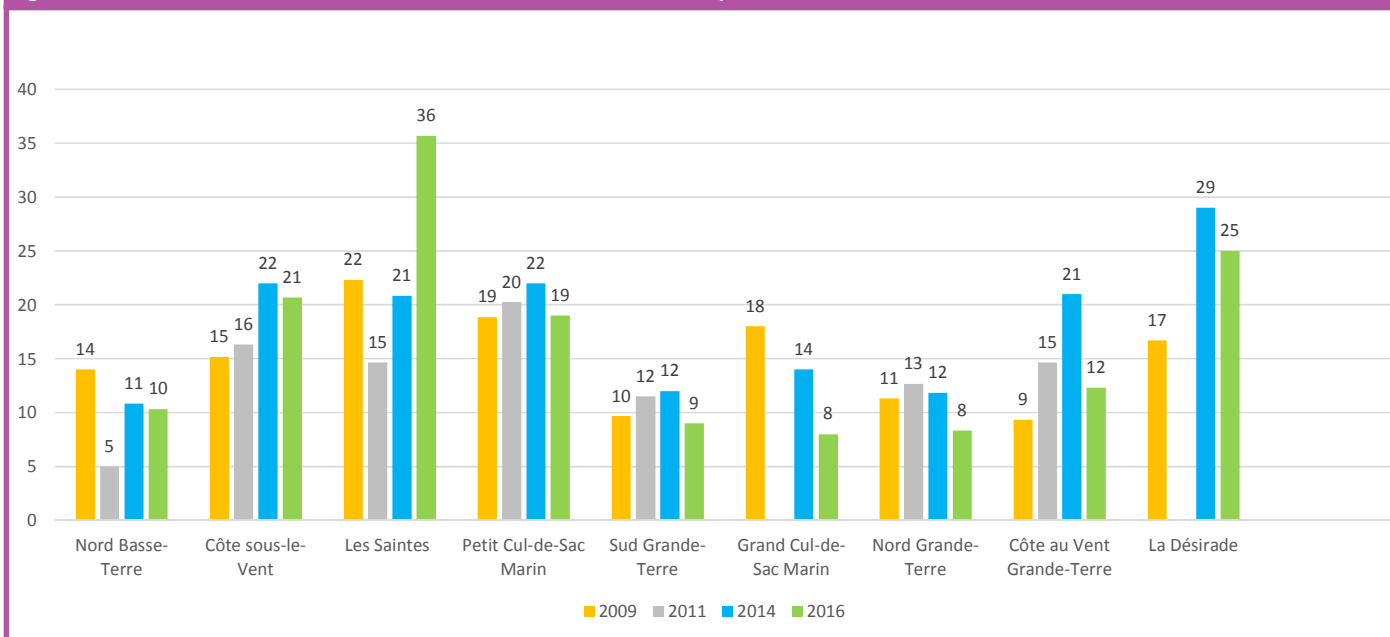


Source : Office de l'eau

Sur la période d'observation de 2008 à 2016, le recouvrement corallien par secteur varie dans un intervalle de 5 % à 36 %, l'ensemble de ces secteurs corallien fluctuant chaque année. La couverture moyenne annuelle y est faible mais constante entre 14 % en 2009 et 17 % en 2016.

Selon les éléments présentés ci-dessus, en 2016, les secteurs de Saintes, de la Désirade et Saint-Martin présentent les proportions de corail vivant les plus importantes (> 20 %), contrairement au secteur du Nord Grande-Terre et Nord Basse-Terre qui présentent un recouvrement faible (< 10 %).

Figure 47 - Évolution 2009-2016 de la couverture corallienne vivante par station de suivi DCE



Source : DCE Rapport de Synthèse BC n°1 par l'office de l'eau

### La sensibilité des masses d'eau est considérée comme « Majeure »

**SENSIBILITÉ** 4/4

**DIRE D'EXPERT** : l'analyse des données DCE acquises entre 2008 et 2018 pour l'indicateur corallien met en évidence que :

- 25 % des stations sont jugées en « bon état » de santé ;
- 50 % en état jugé « moyen » ;
- 25 % en état « médiocre ».

Cet indicateur, doit prochainement être complété par des éléments complémentaires (nécroses et maladies coralliennes) pour affiner les résultats.

La dégradation des récifs, au travers de la diminution du recouvrement en corail vivant aura des conséquences multiples, aussi bien écologiques (perte de biodiversité), sociales (diminution de l'activité de pêche professionnelle) qu'économiques (diminution des bénéfices écosystémiques rendus par les récifs). Cette dégradation est également fortement corrélée aux activités humaines. Une diminution des pollutions sur les récifs coralliens permettrait une meilleure « défense » des écosystèmes marins (récifs, herbiers, mangroves) contre le changement climatique.

Florian LABADIE, CREOCEAN

### Exposition à l'horizon 2030

L'exposition est considérée comme « Très probable »

**EXPOSITION** 4/4

Augmentation de la température de l'eau de surface



Une augmentation de la température de l'eau menacerait le fragile équilibre qui relie les polypes et les zooxanthelles, provoquant le phénomène de blanchissement des coraux et leur mort si cette situation dure plus d'un mois.

Acidification des Océans



L'acidification des océans pourrait entraîner une diminution des carbonates, principal composant du squelette et les coquilles des organismes marins.

Événement extrêmes (cyclones)



L'agitation des vagues peut induire la cassure ou l'arrachage du squelette et indirectement la remise en suspension de sédiments facteur de stress. Par ailleurs, les récifs coralliens constituent une protection naturelle des zones côtières faces aux aléas climatiques et limite l'érosion côtière.

### Vulnérabilité

La vulnérabilité de la couverture corallienne vivante est évaluée à :

**4 X 4 = 16/16**

## INDICATEUR LA SURFACE DE FORÊT MARÉCAGEUSE

La forêt marécageuse fait suite à la mangrove dans les espaces demeurants inondables mais hors d'atteinte de la marée. Le long des rivières et dans les plaines côtières, approvisionnée en d'eau douce et saumâtre, elle est dominée par le Mangle médaille ou Sang-Drac.

Ce milieu a la particularité de représenter un refuge pour la biodiversité, il abrite de nombreuses espèces, aide à lutter contre les inondations, atténue les crues, soutient l'étiage quand il manque d'eau et a la capacité de piéger un certain pourcentage de carbone dans le sol. Ainsi, il participe à l'atténuation du changement climatique.

### Sensibilité de l'indicateur

Le Parc National a réalisé un état des lieux en 2010 de la forêt marécageuse de Guadeloupe, estimant celle-ci sur une vaste étendue pouvant atteindre 2 600 ha essentiellement autour du lagon du Grand Cul-de-sac Marin.

Elle joue un rôle important dans la régulation des écoulements terrigènes qui affectent les écosystèmes marins côtiers. Dans le contexte du réchauffement climatique en cours et de ses effets attendus à moyen terme, cette formation paraît particulièrement menacée car elle serait prise en étau entre l'expansion des formations halophytes accompagnant le relèvement du milieu marin en aval, herbiers marins et mangroves, et les contraintes anthropiques et les reliefs montagneux empêchant sa progression vers l'amont.

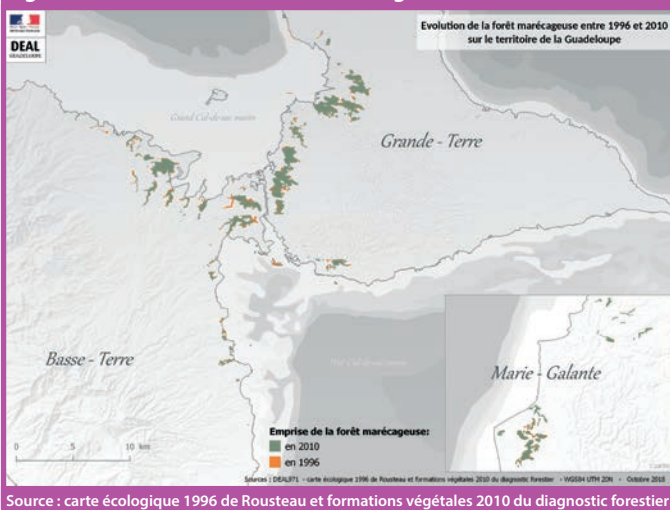
À titre d'exemple sur la période d'observation entre 1996 (la carte écologique de Guadeloupe) et 2010 (état des lieux des zones humides), la Guadeloupe a perdu 461,27 ha en surface de forêt marécageuse.

Tableau 13 - Surface de forêt marécageuse en ha par communauté d'agglomération en 1996 et 2010

	1996	2010
CA Cap Excellence	881,64	941,07
CA Nord Basse-Terre	496,19	473,32
CA Nord Grande-Terre	681,19	651,69
CC Marie-Galante	105,79	73,67
CA "La Riviera du Levant"	496,19	63,61
CA Grand Sud Caraïbe	3,63	0

Source : carte écologique 1996 de Rousteau et formations végétales 2010 du diagnostic forestier

Figure 48 - La surface de forêt marécageuse en 1996 et 2010



Source : carte écologique 1996 de Rousteau et formations végétales 2010 du diagnostic forestier

La sensibilité est considérée comme « Mineure »

SENSIBILITÉ 3/4

**DIRE D'EXPERT :** l'archipel compte encore les plus grandes surfaces de forêt marécageuse des Petites Antilles, auxquelles on peut ajouter quelques peuplements ponctuels trop petits pour être cartographiés ou masqués par la végétation le long des cours d'eau. Cependant, les superficies régressent partout, ou bien se dégradent par morcellement et mitage, surtout du côté de leur bordure amont, en conflit avec les activités anthropiques (pâturage, cultures, aménagements urbains et péri-urbains...).

Il faut veiller à réserver suffisamment de zones à topographie et hydrologie adaptées aux plantules.

Pour autant, même s'il est difficile d'estimer le retrait côté aval dû à l'élévation accélérée du niveau marin sur la courte période considérée, il ne fait aucun doute que ce phénomène va s'accroître dans les décennies qui viennent, notamment à l'occasion de phénomènes météorologiques extrêmes (cyclones, sécheresses...), cela exigera de plus en plus d'efforts en termes d'aménagement du territoire, pour maintenir habitable une fraction suffisante des zones de basse altitude du territoire.

Janmari FLOWER, Fleur de Carbone

### Exposition à l'horizon 2030

L'exposition est considérée comme « Peu probable »

EXPOSITION 2/4

Élévation des températures, renforcement du contraste saisonniers des pluies et événement extrêmes (cyclones)



La température et la disponibilité de l'eau conditionnent directement la physiologie et la biologie des végétaux. Ces deux aléas auraient pour conséquence de modifier la stabilité du milieu.

### Vulnérabilité

La vulnérabilité de la forêt marécageuse est évaluée à :

3 X 2 = 6/16

A photograph of a waterfall cascading down a rocky ledge in a dense, green forest. The water is white and frothy as it falls. The background is filled with various shades of green foliage and trees. The image is partially obscured by a large, curved purple graphic element on the right side of the page.

## 3.2. Ressource en eau

La forte irrégularité spatiale des précipitations et la disparité des reliefs sont à l'origine du réseau hydrographique très diversifié de l'archipel. L'île volcanique de Basse-Terre est drainée par plus de 50 cours d'eau à écoulement permanent, alors que le réseau hydrographique des autres îles de l'archipel est essentiellement composé de « ravines » qui ne coulent que lors de précipitations importantes, lorsque les sols sont saturés en eau.

Les cours d'eau de Basse-Terre se caractérisent par de faible linéaire et des bassins versants de petite taille (10 à 30 km<sup>2</sup>). Seule exception, le bassin versant de la Grande Rivière à Goyave dont la surface atteint 158 km<sup>2</sup>. La Grande Rivière à Goyave est ainsi le plus important cours d'eau de la Guadeloupe.

Le réseau hydrographique de Basse-Terre est alimenté principalement par les eaux de ruissellement, mais est également soutenu par de petites nappes perchées. Son régime hydrologique est de type torrentiel et largement influencé par les pluies journalières et les variations climatiques saisonnières.

Enfin les nappes souterraines de la Grande-Terre, de Marie-Galante permettent de compléter la ressource disponible pour satisfaire les besoins en eau potable et en irrigation.

*Source : comité de bassin de la Guadeloupe*

L'étude a permis de sélectionner 3 indicateurs pour le domaine « eau » :

- la qualité des eaux de surface : indice biologique marqueur des Diatomées ;
- la teneur en sodium et chlorure (évolution de la salinisation des nappes souterraines et du biseau salé) ;
- l'évolution du niveau piézométrique des nappes phréatiques (évolution de la recharge des aquifères).

Les eaux de surface également appelées eaux superficielles, se trouvent à la surface ou proche de la surface du sol. Il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des retenues d'eau, étangs et mares, des eaux de ruissellement...

La qualité de l'eau varie de la surface jusqu'au fond de la retenue (température, pH, O<sub>2</sub>, Fe, Mn, oxydabilité, plancton). Le profil de ces paramètres varie lui-même en fonction des périodes de stratification ou de circulation des couches d'eau suivant les saisons.

Ce programme repose sur la réalisation de prélèvements et d'analyses sur des supports différents (eau, sédiments, biocénoses, biotes). Le suivi des biocénoses comprend le suivi des communautés de diatomées, de macro-invertébrés benthiques et de l'ichtyofaune et de la carcinofaune.

L'indicateur « diatomées » évalue la qualité des sites prospectés en fonction du peuplement de diatomées benthiques présentes. Ces peuplements sont intégrateurs des conditions locales du milieu du mois ou des deux mois qui précèdent le prélèvement. Les diatomées sont sensibles à l'enrichissement en matière organique. Ainsi la prolifération de formes saprophytes ou hétérotrophes peut indiquer une telle pression, les formes halophiles indiquent des contaminations salines, la diminution de la taille des espèces et la présence de formes anormales (formes tératogènes) pourraient indiquer une pollution par les pesticides.

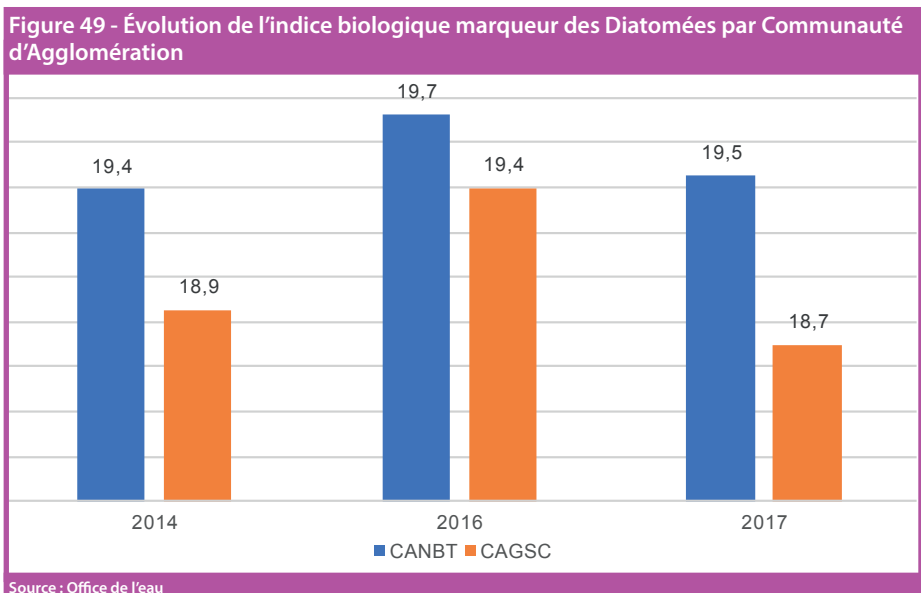
Dans le cas de l'indicateur « diatomées » mis en œuvre en Guadeloupe, ce dernier est sensible aux altérations anthropiques du milieu et particulièrement des pollutions d'origine organiques.

Actuellement 20 stations sont suivies en Guadeloupe dans le cadre du réseau RCS (Réseau de Contrôle de Surveillance), situées sur la zone de Basse-Terre.

**Sensibilité de l'indicateur**

Cet indicateur seul ne permet pas d'évaluer le « bon état » des ressources en eau, mais il reste un des indicateurs biologiques de la qualité des cours d'eau.

Dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE), un programme de surveillance a été établi pour suivre l'état écologique et l'état chimique des milieux aquatiques de Guadeloupe. Ces analyses contribuent à dresser un tableau de la contamination du bassin, et à mesurer l'efficacité des actions mises en œuvre pour atteindre le « bon état » en 2027.



**Tableau 14 - Echelle d'évaluation de l'indice biologique marqueur des Diatomées**

Très bonne	>17
Bonne	>13
Moyenne	>9
Médiocre	>5
Mauvaise	<5

Source : Office de l'eau

Ainsi nous constatons que sur les 20 stations suivies :

- 1 station est classée en qualité « moyenne » ;
- 10 stations sont classées en qualité « bonne » ;
- 9 stations sont classées en qualité « très bonne ».

La sensibilité est considérée comme « **Négligeable** »

**SENSIBILITÉ** 1/4

**DIRE D'EXPERT** : une chronique de données plus robuste pourrait indiquer une augmentation de pression anthropique ou des conditions physico-chimiques du milieu. Il s'avère que l'indice biologique marqueur des Diatomées chute de façon significative pour l'ensemble des sites, une augmentation de la température de l'eau pourrait conduire à une telle tendance.

Sophie KANOR, Observatoire de l'eau

**Exposition à l'horizon 2030**

L'exposition est considérée comme « **Probable** »

**EXPOSITION** 3/4

Élévation des températures  
Événement extrêmes (cyclones)



La température et la disponibilité de l'eau conditionnent directement la physiologie et la biologie des végétaux. Ces 2 aléas auraient pour conséquence de modifier la stabilité du milieu.

**Vulnérabilité**

La vulnérabilité de la qualité des eaux de surface est évaluée à :

**1 X 3 =** 3/16

## INDICATEUR CONCENTRATION EN SODIUM ET CHLORURE DES EUX SOUTERRAINS

Le sodium et chlorure (Na<sup>+</sup> & Cl<sup>-</sup>) sont des éléments chimiques naturellement présents, sous forme ionique, dans l'eau de mer. Le suivi de la concentration de ces éléments dans les nappes d'eau souterraines, notamment en domaine côtier, permet d'évaluer l'impact de l'invasion marine sur la ressource en eau douce.

La maîtrise d'ouvrage est assurée par l'Office de l'Eau.

En Guadeloupe, les nappes d'eau douce sont en équilibre fragile sur l'eau de mer, par différence de densité. La salinisation des nappes, en conditions naturelles et sous l'effet de pressions anthropiques (pompage d'eau excessifs

en l'occurrence), est observée grâce au suivi régulier des concentrations en ions Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> et de l'évolution du faciès hydro chimique de l'eau. Difficilement réversible, le phénomène de salinisation des masses d'eau souterraines est une des principales causes de dégradation de la ressource en eau douce dans le monde.

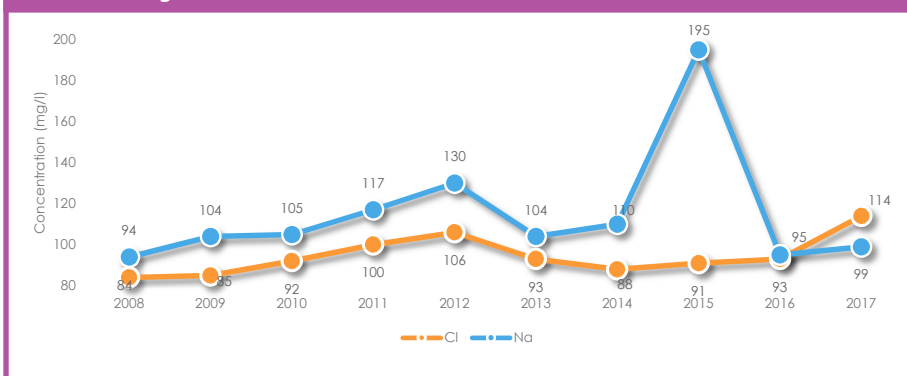
### Sensibilité de l'indicateur

Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) est l'établissement public de référence dans les applications des sciences de la Terre pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol. Il produit et diffuse les données pour la gestion du sol, du sous-sol et des ressources.

Le suivi des masses d'eau superficielle et souterraine du bassin de Guadeloupe a démarré en 2008 pour répondre aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau : sur les masses d'eau souterraine de Grande-Terre, de Marie-Galante et extension du suivi à la masse d'eau de la Désirade.

### a) Suivi au point de Duchassaing (le Moule) de 2008 à 2017

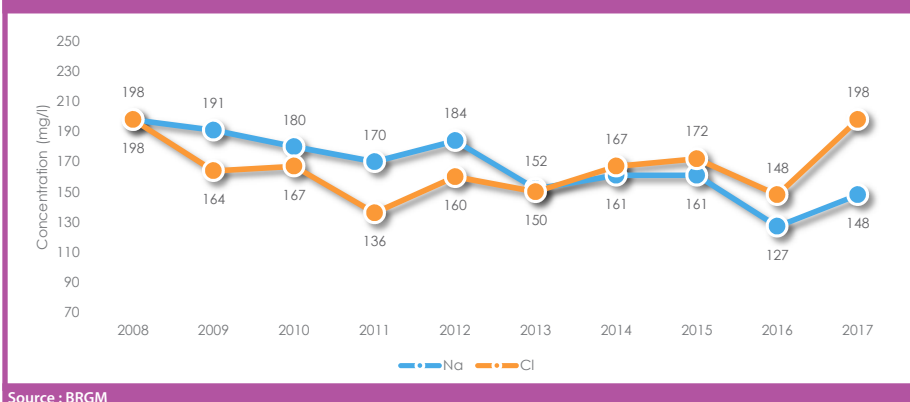
Figure 50 - Évolution de la concentration en chlorure et sodium au point de Duchassaing de 2008 à 2017



Source : BRGM

### b) Suivi au point Pelletan (Port-Louis) de 2008 à 2017

Figure 51 - Évolution de la concentration en chlorure et sodium au point Pelletan de 2008 à 2017



Source : BRGM

La concentration de sodium et la concentration de chlorure présentent des profils d'évolution similaire sur la période observée. On note une légère augmentation en 2017 de la concentration en sodium et chlorure témoignant potentiellement d'une amorce d'intrusion marine à cette période.

La sensibilité est considérée comme « Mineure »

SENSIBILITÉ 2/4

**DIRE D'EXPERT :** depuis quelques années, des paramètres indicateurs d'intrusion saline ont été observés en fortes concentrations et en augmentation continue dans certains secteurs de la masse d'eau souterraine de Grande-Terre. C'est notamment le cas dans les Plateaux du Nord, en raison de prélèvements d'eau par forages dans un secteur vulnérable de la nappe (tranche d'eau douce peu épaisse). Toutefois, à ce jour, la surface dégradée reste inférieure à 20% et la masse d'eau reste globalement en « bon état » au titre de la Directive Cadre sur l'Eau.

BRGM

### Exposition à l'horizon 2030

L'exposition est considérée comme « Très probable »

EXPOSITION 4/4

Élévation du niveau de la mer



L'augmentation du niveau de la mer augmentera mécaniquement les intrusions salines (migration du biseau salin plongeant vers l'intérieur des terres). La qualité des masses d'eau se verra davantage dégradée par l'augmentation des concentrations en sodium et chlorure.

### Vulnérabilité

La vulnérabilité de la concentration en sodium et chlorure est évaluée à :

2 X 4 = 8/16

## INDICATEUR NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE

La piézométrie correspond à l'altitude de la surface de la nappe (par rapport au niveau 0 de la mer en m NGG\*) ou encore sa profondeur (par rapport au sol, en m). Le niveau piézométrique caractérise la pression de la nappe en un point donné.

\* Nivellement général de Guadeloupe

### Sensibilité de l'indicateur

Le réseau piézométrique de Guadeloupe existe depuis 1975 sur les nappes de Grande-Terre (MESO FRIG001) et de Marie-Galante (MESO FRIG002). Il comptait à l'origine 35 points de suivi manuel, dont 21 en Grande-Terre et 14 à Marie-Galante.

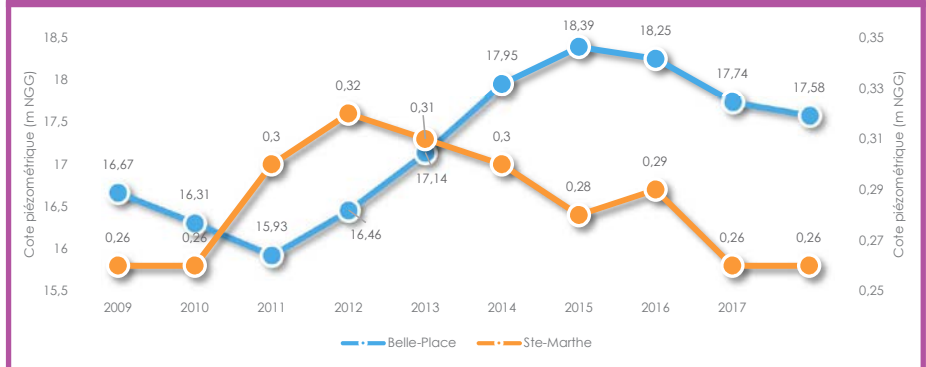
Depuis 2008, le réseau de surveillance de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine répond aux exigences de la DCE : diminution des points de suivi sur les masses d'eau souterraine de Grande-Terre (FRIG001), de Marie-Galante (FRIG002) et extension du suivi à la masse d'eau de la Désirade (FRIG004).

En 2012, il a été étendu aux masses d'eau souterraine de Saint-Martin (FRIG005), du Sud Basse-Terre (FRIG003) et du Nord Basse-Terre (FRIG006) et comprenait alors un total de 26 points de suivi. En raison de la disparition des deux stations de surveillance installées sur l'île de Saint-Martin (aménagement d'un axe routier sur la première et vandalisme sur la seconde) et de l'ajout d'une nouvelle station de surveillance en Grande-Terre en 2017 (BSS002NKZW, FRIG001), le réseau piézométrique est constitué de 25 points d'eau automatisés et télétransmis à fin décembre 2017.

La surveillance de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine de Guadeloupe est réalisée par le BRGM, dans le cadre de la convention nationale annuelle de partenariat entre l'AFB et le BRGM. L'ensemble de ces points est déclaré sous ADES ([www.ades.eaufrance.fr](http://www.ades.eaufrance.fr) - banque de données sur les eaux souterraines).

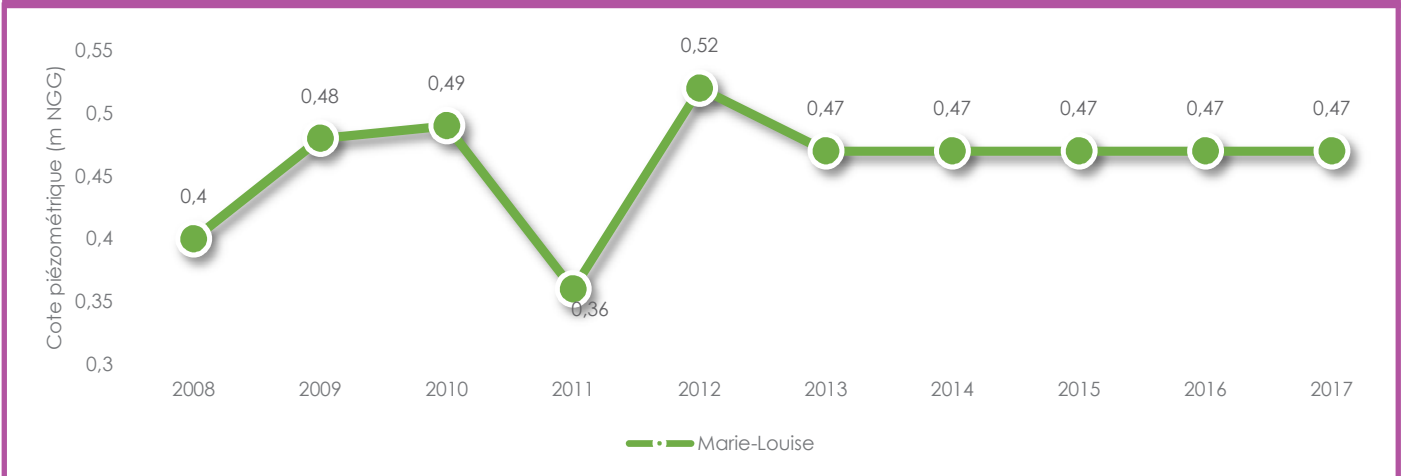
Cf. rapport « Lacaze T. et Ducreux L. (2018) – Réseau de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines du bassin Guadeloupe – Rapport de gestion 2017, rapport BRGM/RP-67753-FR, 94 p., 37 ill., 2 ann » sur Infoterre pour + d'informations. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-67753-FR.pdf>

Figure 52 - Niveau piézométrique en Grande-Terre de 2009 à 2017



Source : BRGM

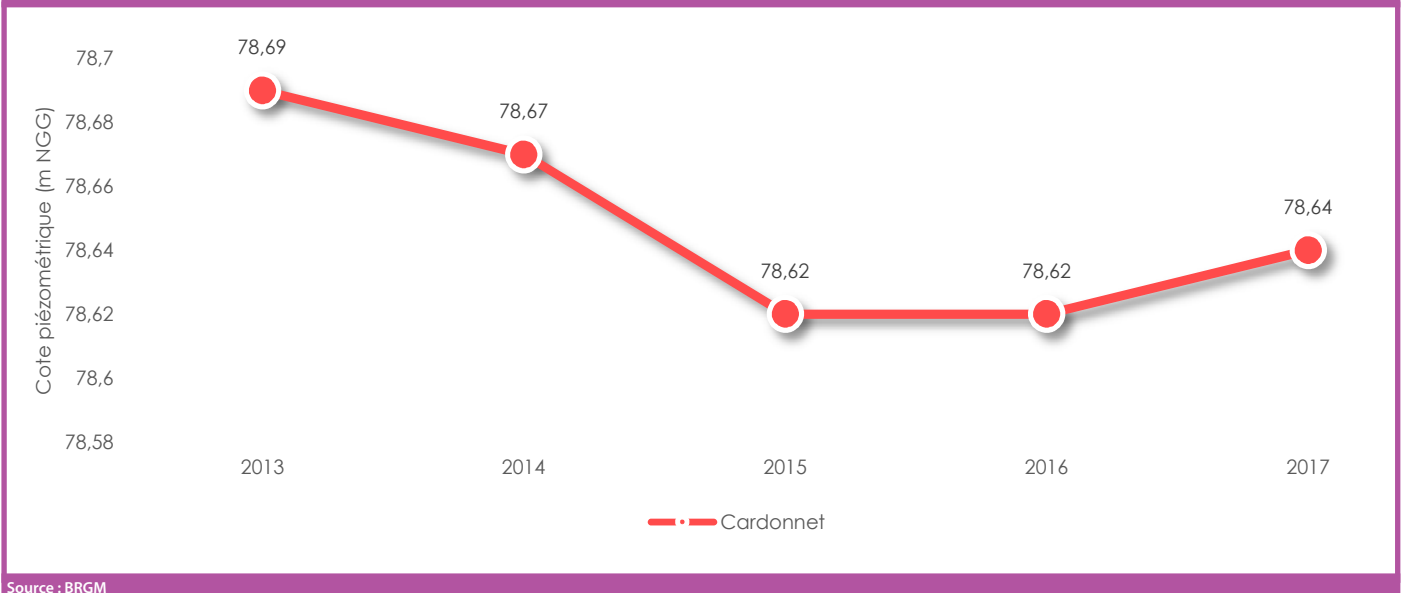
Figure 53 - Niveau piézométrique à Marie-Galante de 2008 à 2017



Source : BRGM

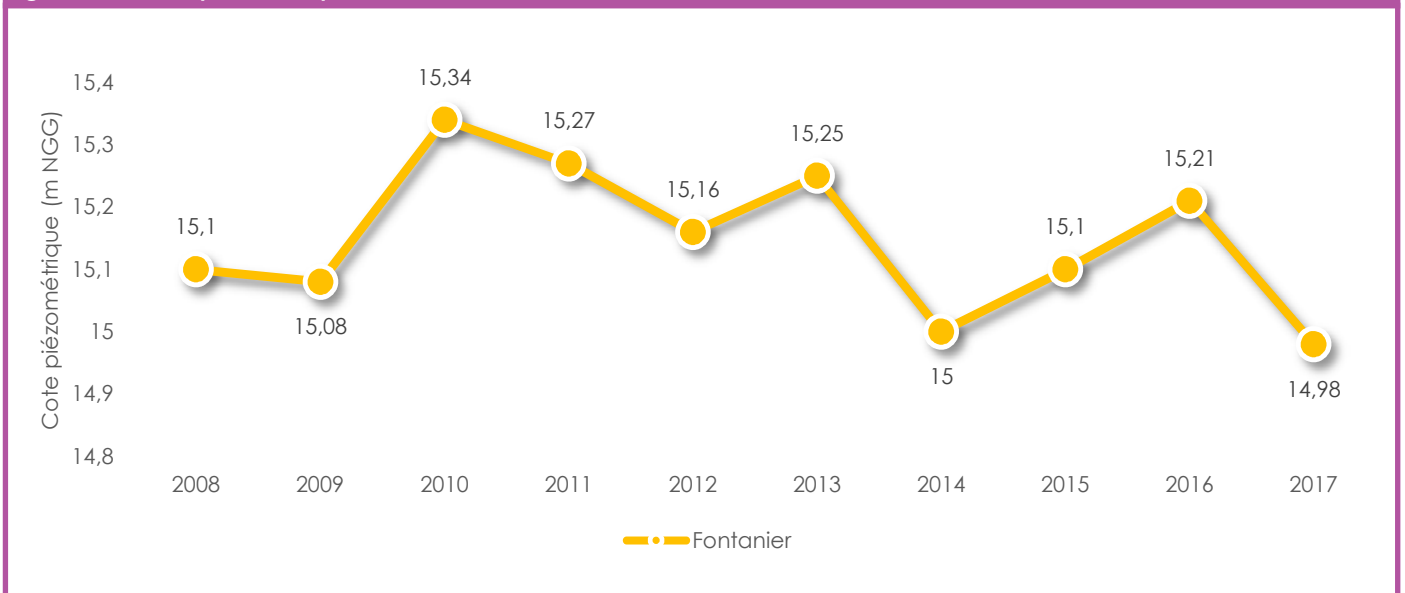


Figure 54 - Niveau piézométrique à Basse-Terre de 2013 à 2017



Source : BRGM

Figure 55 - Niveau piézométrique à Désirade de 2008 à 2017



Source : BRGM

La sensibilité est considérée comme « Mineure »

SENSIBILITÉ **2/4**

**DIRE D'EXPERT :** la recharge de la nappe de Grande-Terre est uniquement assurée par l'infiltration d'eau météorique et l'analyse de la pluviométrie depuis 2008 rend compte de l'évolution de son alimentation. Les prélèvements en nappe ont par ailleurs diminué depuis quelques années, ce qui explique cette tendance relativement stable des niveaux d'eau.

BRGM

## Exposition à l'horizon 2030

L'exposition est considérée comme « Probable »

EXPOSITION **3/4**

Renforcement du contraste saisonnier des pluies



Le risque majeur de cet aléa est la baisse de la recharge de la nappe. En saison humide, les pluies plus intenses augmentent le phénomène de ruissellement et réduisent les infiltrations. En saison sèche, le manque d'eau pourrait compromettre la recharge de la nappe.

## Vulnérabilité

La vulnérabilité du niveau piézométrique est évaluée à :

**2 X 3 = 6/16**



### 3.3. Aménagement du territoire

L'aménagement du territoire est la politique publique qui consiste à planifier et coordonner l'utilisation du sol, l'organisation du bâti, ainsi que la répartition des équipements et des activités dans l'espace géographique.

Liées à l'évolution de notre cadre de vie et de notre société, les questions d'aménagement portent sur des aspects complexes et interdépendants.

L'étude a permis de sélectionner 1 indicateur pour le domaine aménagement du territoire :

- les zones en risque de surcote centennale.

## INDICATEUR ZONES EN RISQUE DE SURCOTES CENTENNALES

Le terme « **surcote** » désigne la différence entre le niveau marin observé et le niveau marin qui existerait en présence de la marée astronomique seule. Lorsque cette différence est positive, on parle de surcote.

La surcote a principalement une origine météorologique : elle est générée lors de passage de dépression ou d'anticyclone. Elle peut avoir également d'autres origines : vagues, seiches, tsunamis...

Les travaux réalisés dans le cadre du projet FEDER C3AF indiquent que les surcotes centennales devraient assez peu varier dans les prochaines décennies, compte tenu des connaissances actuelles sur l'évolution de l'activité cyclonique. En revanche, l'élévation du niveau de la mer aura pour conséquences qu'une surcote aura un impact beaucoup plus important qu'aujourd'hui. L'évolution des zones de mangrove et des barrières de corail peut aussi jouer un rôle, qui reste encore à quantifier.

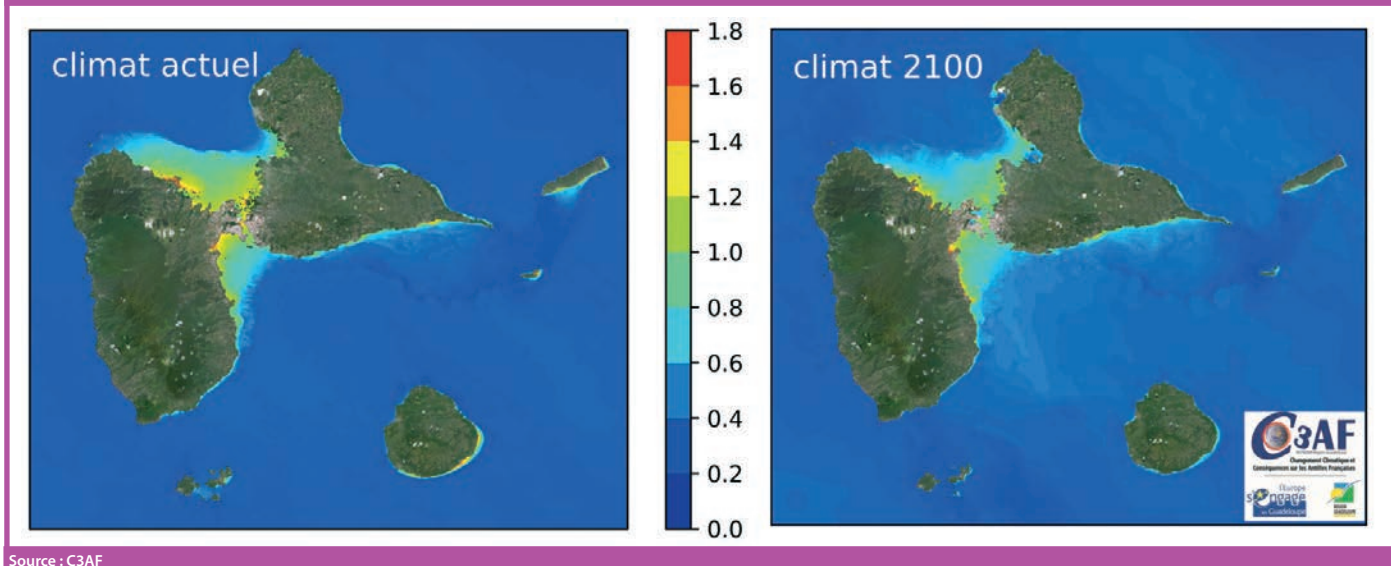
### Sensibilité de l'indicateur

En Guadeloupe, les surcotes atmosphériques (c'est-à-dire les élévations du niveau d'eau dues au passage d'un ouragan) peuvent atteindre voire dépasser les 4 mètres localement. Les zones littorales avec les pentes les plus douces, comme celles du grand et

du petit cul de sac marins, sont les plus sensibles. C'est le cas aussi des côtes exposées aux houles, comme le Sud Grande-Terre, ou encore le Sud-est de Marie-Galante. Pour le climat actuel, les surcotes centennales peuvent y atteindre voire y dépasser les 1,5 mètres.

Figure 56 - Surcote centennale (en mètres) pour le climat actuel et à l'horizon 2100

Hypothèses de changement climatique : 80 cm d'élévation du niveau de la mer, +15 % de cyclones extrêmes, -10 % du nombre moyen de cyclones.



La sensibilité est considérée comme « **Majeure** »

**SENSIBILITÉ 4/4**

**DIRE D'EXPERT** : les zones basses concentrant une partie importante de la population guadeloupéenne, des réseaux de transport (axes routiers, aéroport), ou encore des infrastructures (touristiques en particulier, mais aussi mairies, ou encore établissements de santé) sont les plus exposées aux surcotes.

Yann KRIEN, UA

### Exposition à l'horizon 2030

L'exposition est considérée comme « **Très probable** »

**EXPOSITION 4/4**

Élévation du niveau de la mer  
Événement extrême (cyclone)



L'intensification des événements cycloniques pourrait entraîner des phénomènes de submersion marines lors de leurs passages sur l'Archipel.

### Vulnérabilité

La **vulnérabilité** des zones en risque surcote centennale est évaluée à :

**4 X 4 = 16/16**



## 3.4. Santé

La santé est définie par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) comme « un état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité. Pour être en bonne santé, il faut que les besoins nutritionnels, sanitaires, éducatifs, sociaux et affectifs soient satisfaits. »

Le changement climatique et ses impacts provoquent des modifications de notre environnement qui de fait impactent la santé humaine. Les impacts potentiels sur les conditions de vie sont multiples : les ressources alimentaires, l'eau, l'air, les infrastructures, ... L'évolution des conditions de vie détermineront l'état de santé global de la population, et sa vulnérabilité face à l'émergence de nouvelles maladies.

L'étude a permis de retenir 2 indicateurs pour le domaine « santé » :

- la part des personnes âgées de 75 ans et plus vivant seules (vieillesse de la population) ;
- nombre de nouvelles admissions en ALD pour insuffisance respiratoire chronique grave.

**La part de 75 ans et plus**, dans la population traduit le phénomène de vieillissement de la population. Il s'agit de l'affaiblissement naturel des facultés physique et psychique de l'âge. Il réduit la capacité à se prendre en charge au quotidien, notamment pour les personnes vivant seules.

**Sensibilité de l'indicateur**

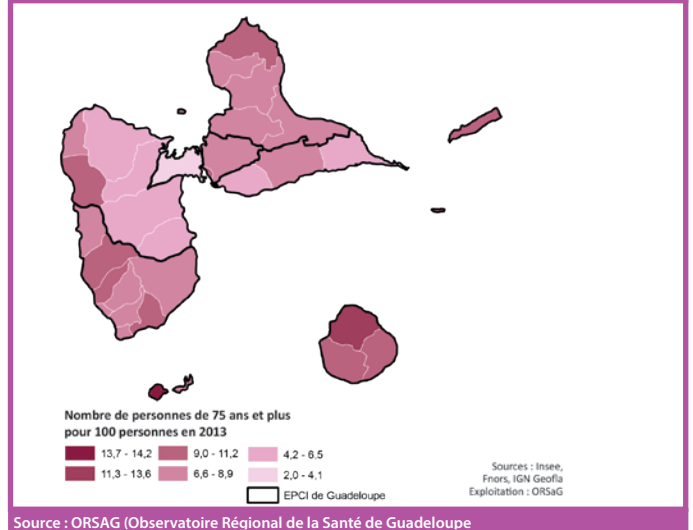
Le recensement de la population Guadeloupe de 2013, présente 7 % des personnes âgées de 75 ans et plus contre 9 % en France Hexagonale. Selon l'Insee, l'archipel Guadeloupe en 2030, représenterait plus de 28 % de personne âgées de plus de 65 ans et plus dans la population totale guadeloupéenne.

**Tableau 15 - Nombre et part de personnes âgées de 75 ans et plus dans la population Guadeloupe en 2013**

EPCI	NOMBRE DE PERSONNES ÂGÉES DE 75 ANS ET PLUS PAR EPCI	PART DE PERSONNES ÂGÉES DE 75 ANS ET PLUS DANS LA POPULATION GUADELOUPE PAR EPCI EN %
Cap Excellence	6 530	6,2 %
CA Nord Basse-Terre	4 970	6,3 %
CA Nord Grande-Terre	4 380	7,6 %
CA Grand Sud Caraïbes	7 056	8,5 %
CA Riviera du Levant	4 113	6,1 %
CC Marie-Galante	1 160	10,2 %

Source : ORSAG

**Figure 57 - Répartition du nombre de personnes de 75 ans et plus en 2013**



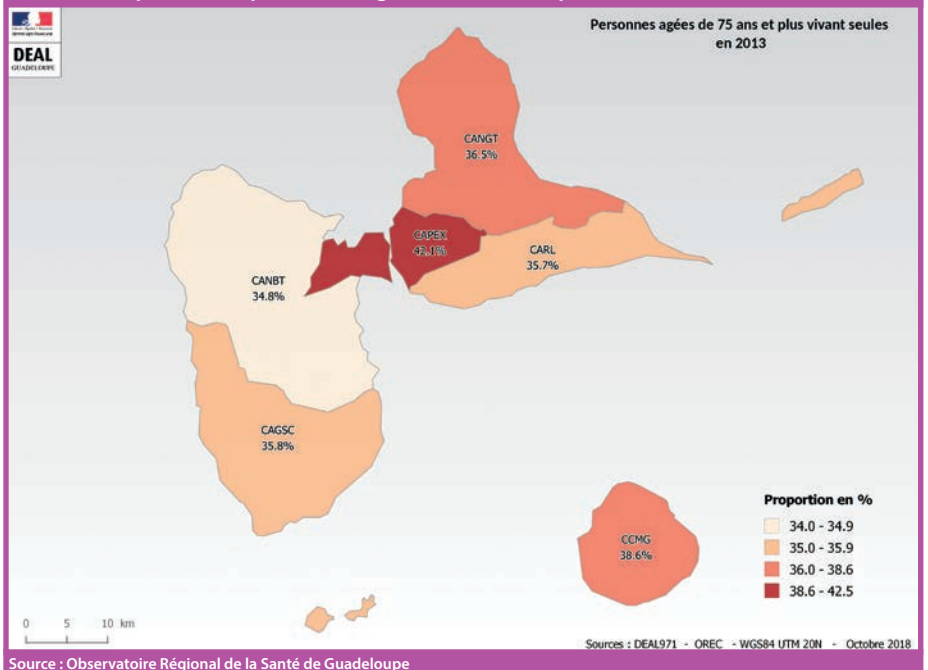
**Tableau 16 - Nombre et part de personnes âgées de 75 ans et plus vivant seules en 2013**

EPCI	NOMBRE DE PERSONNES ÂGÉES DE 75 ANS ET PLUS VIVANT SEULES	PART DE PERSONNES ÂGÉES DE 75 ANS ET PLUS VIVANT SEULES DANS LA PART DES PERSONNES ÂGÉES EN %
Cap Excellence	2 743	42 %
CA Nord Basse Terre	1 730	35 %
CA Nord Grande Terre	1 586	36 %
CA Grand Sud Caraïbes	2 455	37 %
CA Riviera du Levant	1 497	36 %
CC Marie Galante	448	39 %

Source : ORSAG, OREC

Actuellement, le territoire de Cap Excellence présente la proportion de personnes âgées de 75 ans et plus vivant seules la plus élevée de la région avec 42 %. Il est suivi de Marie Galante, Nord Grand-Terre et du Grand Sud Caraïbes, ayant une proportion de personnes âgées de 75 ans et plus vivant seules entre 36 % et 38 %.

**Carte 2 - Proportion de personnes âgées de 75 ans et plus vivants seules en (%)**



La sensibilité est considérée comme « Majeure »

SENSIBILITÉ 4/4

**DIRE D'EXPERT** : le vieillissement humain correspond à l'ensemble des modifications physiologiques subies par l'organisme au cours du temps, impactant la santé des individus. Ce vieillissement peut être réussi, fragile ou pathologique conditionnant les capacités des personnes âgées à vivre seules à domicile. En termes de santé publique, l'enjeu de cette transition démographique se jouera essentiellement dans le maintien de cette autonomie et dans la part de dépendance que développeront ces classes d'âges.

La particularité de la Guadeloupe réside en un vieillissement « accéléré » d'une part et le retard pris en termes d'offres de soins ou de services, d'aménagement

du territoire et d'organisation du transport adaptés à la dépendance de ces personnes âgées d'autre part.

L'augmentation à venir de la part des plus de 75 ans est certaine et connue. La proportion d'entre eux qui sera dépendante, fragile ou autonome ne l'est pas encore. Cette évolution sera conditionnée par les politiques de santé publique et les orientations faites dès à présent. La vulnérabilité globale de la population en sera directement impactée.

Dr BASILEU, Praticien hospitalier spécialisé en Gériatrie au CHU de PAP

## Exposition à l'horizon 2030

L'exposition est considérée comme « Probable »

EXPOSITION 3/4

Augmentation des températures, du nombre de jours chauds et de nuits chaudes



Les 75 ans et plus vivant seules peuvent présenter des facteurs de fragilité au cours du vieillissement. L'augmentation des températures pourraient avoir pour conséquence une diminution du confort thermique.

## Vulnérabilité

La vulnérabilité des personnes âgées de 75 ans et plus vivant seules est évaluée à :

4 X 3 = 12/16

**DIRE D'EXPERT** : les changements climatiques à venir impacteront le maintien à domicile des personnes âgées, notamment les personnes âgées dépendantes et isolées. Plus les personnes âgées seront fragiles et dépendantes, plus elles seront à risque de subir les méfaits des changements climatiques avec les conséquences des « cascades » gériatriques classiquement décrites. Les complications habituelles liées aux changements climatiques sur le grand âge doivent être connues et anticipées : effet « canicule » - adaptation des organismes de plus de 80 ans en situation d'hyperthermie - impact des changements de température sur les pathologies les plus répandues ou les plus lourdes (ex : majoration des troubles du comportement chez les patients porteurs de MND ...) entre autres.

Les mesures à prendre sont à réfléchir avec les collectivités, les établissements d'offre de soins et les usagers (ex à titre non exhaustif : adaptation habitat et aménagement territoire - climatiseur - usage des nouvelles technologies dans les EHPAD via la télésurveillance et la télémétrie - gestes clés du domicile - politique de « bien boire en EHPAD » etc.).

Les actions à mener dès à présent, doivent cibler à la fois les professionnels et la population, en responsabilisant chaque acteur avec pour cible le « bien vieillir ».

Dr BASILEU, Praticien hospitalier spécialisé en Gériatrie au CHU de PAP



## INDICATEUR

# NOMBRE DE NOUVELLES ADMISSIONS EN ALD POUR INSUFFISANCE RESPIRATOIRE CHRONIQUE GRAVE

L'Insuffisance Respiratoire Chronique (IRC) se définit par l'incapacité de l'appareil respiratoire à assurer des échanges gazeux permettant, en état stable, en ventilation spontanée et en air ambiant, de satisfaire les besoins métaboliques de l'organisme en toute circonstance physiologique.

### Sensibilité de l'indicateur

Indicateur qui part du postulat que les changements climatiques sont susceptibles d'impacter la santé des habitants.

Sur la période 2012-2014, en moyenne, chaque année 189 personnes ont bénéficié d'une admission en ALD (Affection Longue Durée) pour insuffisance respiratoire chronique grave, soit 2,2 % du nombre total des nouvelles admission en ALD de Guadeloupe.

Tableau 17 - Taux d'admission en ALD pour insuffisance respiratoire

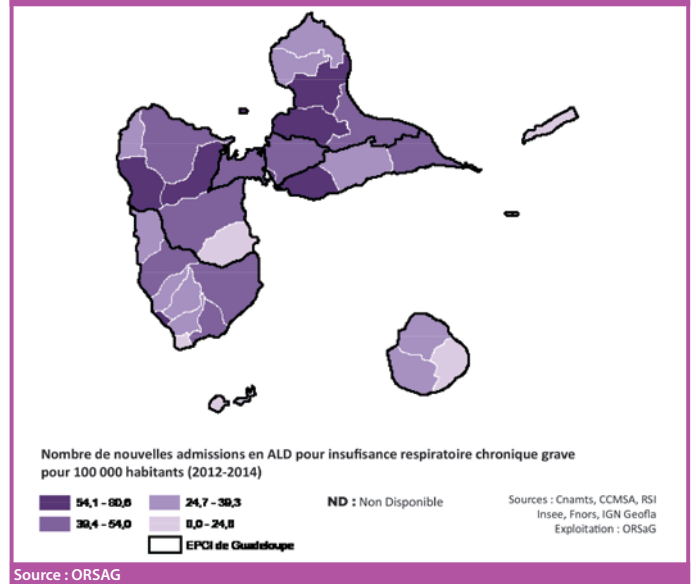
TAUX STANDARDISÉ POUR 100 000 HABITANTS	2006-2008	2012-2014
Cap excellence	100	51
CANBT	88	44
CANGT	78	50
GSC	57	42
CARL	92	49
CCMG	76	29
GUADELOUPE	83	47

Source : ARS

La communauté d'agglomération de Cap Excellence, du Nord Grande-Terre et de la Riviera du Levant présentent le plus fort taux d'admission pour insuffisance respiratoire chronique grave soit un taux compris entre 49 et 51 pour 100 000 habitants, contrairement à Marie-Galante qui présente un taux de 29 pour 100 000.

L'ensemble des EPCI Guadeloupe connaissent une diminution significative de leur taux d'admission en ALD pour insuffisance respiratoire par rapport à la période 2006-2008.

Figure 58 - Nombre de nouvelle admission en ALD pour insuffisance respiratoire chronique grave pour 100 000 habitants en Guadeloupe



La sensibilité est considérée comme « Modérée »

SENSIBILITÉ 3/4

**DIRE D'EXPERT** : l'ALD n° 14 relative à « l'insuffisance respiratoire chronique grave » recense toutes les affections de la sphère ORL impactant la capacité respiratoire des individus (bronchopneumopathie, asthme, autre insuffisance respiratoire).

Le nombre de personnes touchées et la gravité des cas sont fonction du nombre de phénomènes environnementaux impactant, au-delà des prédispositions individuelles, des facteurs génétiques.

Patrick Saint-Martin, ARS

### Exposition à l'horizon 2030

L'exposition est considérée comme « Probable »

EXPOSITION 3/4

Augmentation des phénomènes de brumes de sable en Guadeloupe.

Selon leur taille (granulométrie), les particules fines pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes.

L'augmentation de l'exposition à ces particules pourraient fortement impacter les personnes fragiles telles que les enfants et les personnes âgées.

Sur l'environnement : les effets de salissure des bâtiments et des monuments sont les atteintes à l'environnement les plus évidentes.

### Vulnérabilité

La vulnérabilité de la population en ALD pour insuffisance respiratoire chronique grave est évaluée à :

3 X 3 = 9/16

**DIRE D'EXPERT** : une seule étude a été réalisée dans le bassin caribéen à ce jour. Il s'agit de « l'effet sanitaire des brumes de sable à la Martinique 2001-2006 A. Blateau, D. Bouopda, A. Letetre, S. Gandar, P. Quénel 3 es JIRVS Antilles Guyane – 26-27 Octobre 2012 »

Elle avait pour objectif de mettre en évidence une éventuelle relation entre la survenue de brumes de sable d'origine désertique et une augmentation des admissions à l'hôpital pour pathologies respiratoires et/ou cardiovasculaires dans l'agglomération de Fort-de-France.

Les principales conclusions de l'étude suggèrent un impact des brumes de sable, notamment sur les pathologies cardiaques qui seraient similaires à l'impact de la pollution automobile.

Néanmoins les résultats restent non significatifs.

OREC – d'après Institut de veille sanitaires

## 3.5. Économie

L'économie de la Guadeloupe est principalement axée autour de l'agriculture, l'industrie agro-alimentaire et le tourisme.

La Guadeloupe est caractérisée par un dynamisme économique, avec un fort taux de création d'entreprises, le développement de certains secteurs, la structuration et la modernisation d'autres. Néanmoins, notre archipel doit faire face à plusieurs défis liés notamment à son insularité, son éloignement avec l'Hexagone, au premier rang desquelles figure un taux de chômage très élevé : 22,4 % en 2017. La prolifération des sargasses et les problématiques de la gestion et de la distribution de l'eau sont par ailleurs des défis que la Guadeloupe doit relever pour préserver son attractivité, essentielle pour l'économie touristique.

En 2017, le climat des affaires de la Guadeloupe est affecté par des événements sociaux, politiques et climatiques. En début d'année, le risque de propagation de la crise guyanaise. En fin d'année, ce sont les épisodes cycloniques Irma et Maria suivis de l'incendie du CHU régional qui fragilisent l'archipel.

L'étude a permis de retenir 1 indicateur pour le domaine « économie » :

- la part des foyers fiscaux déclarant moins de 10 000 € par an.



## INDICATEUR LA PART DES FOYERS FISCAUX DÉCLARANT MOINS DE 10 000 €

Un foyer déclarant un revenu final de moins de 10 000 €, vit donc avec un revenu moyen de 833 € par mois. En France, selon le seuil de pauvreté adopté, un individu est considéré comme pauvre quand ses revenus mensuels sont inférieurs à 855 euros (seuil à 50 % du revenu médian) ou à 1 026 euros (seuil à 60 %).  
Observatoire des inégalités

### Sensibilité de l'indicateur

La Direction Générale des Finances Publiques (DGFiP) est une administration publique centrale française qui dépend du ministère de l'économie et des Finances.

Elle gère la fiscalité de l'État français et des collectivités territoriales qui s'impose aux particuliers et aux entreprises, en définit les règles juridiques, en assure le recouvrement, et en instruit les contentieux fiscaux.

Entre 2011 et 2017, nous observons que la part des foyers fiscaux déclarant moins de 10 000 € est relativement stable.

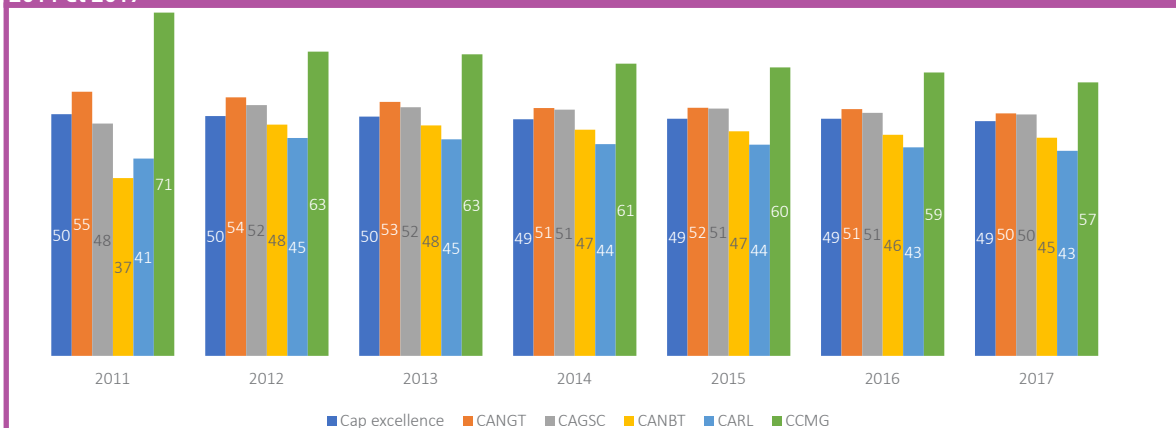
En 2017, nous remarquons que les territoires de Cap Excellence, du Nord Grande-Terre et du Sud Basse-Terre présentent 50 % des foyers fiscaux déclarant moins de 10 000 € par an. La communauté de communes de Marie-Galante présente sur son territoire 57 % de ces foyers.

Tableau 18 - Nombre de foyer fiscaux inférieur à 10 000€ et le nombre de foyer fiscaux total par EPCI Guadeloupe de 2011 à 2017

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Cap excellence	Foyer de -10 000€	30 276	29 752	30 074	29 930	30 374	30 321	29 716
	Foyer total Cap ex	60 329	59 753	60 500	60 914	61 655	61 520	60 940
CANBT	Foyer de -10 000€	18 224	17 736	17 559	17 380	17 939	17 949	17 615
	Foyer total CANGT	33 213	33 028	33 265	33 767	34 788	35 022	34 973
CANGT	Foyer de -10 000€	24 816	26 551	26 307	26 360	26 752	25 956	26 000
	Foyer total CAGSC	51 438	50 947	50 953	51 515	52 099	51 395	51 825
GSC	Foyer de -10 000€	16 051	20 723	21 151	21 027	21 248	20 871	20 762
	Foyer total CANBT	43 496	43 128	44 198	44 757	45 545	45 426	45 844
CARL	Foyer de -10 000€	16 751	18 470	18 817	18 637	18 805	18 561	18 292
	Foyer total CARL	40 895	40 798	41 839	42 371	42 879	42 862	42 936
CCMG	Foyer de -10 000€	5 194	4 564	4 618	4 457	4 496	4 372	4 063
	Foyer total CCMG	7 284	7 221	7 372	7 338	7 500	7 428	7 152

Source : Direction générale des finances publiques (DGFiP)

Figure 59 - Part des foyers fiscaux déclarant moins de 10 000 € dans les foyers fiscaux des EPCI Guadeloupe entre 2011 et 2017



Source : La Direction générale des finances publiques (DGFiP)

### Exposition à l'horizon 2030

L'exposition est considérée comme « Très probable »

EXPOSITION 4/4

Renforcement du contraste saisonnier des pluies et événement extrême (cyclone), augmentation des températures et du nombre de jours chauds et nuits chaudes



L'augmentation des températures augmenterait le besoin de rafraîchissement des ménages et provoquerait en parallèle l'augmentation de la demande électrique des ménages. L'augmentation en intensité de phénomènes extrêmes comme les cyclones, les inondations fragilise potentiellement la structure résidentielle et le confort matériel des ménages.

### Vulnérabilité

La vulnérabilité des foyers fiscaux déclarant moins de 10 000 € est évaluée à :

3 X 4 = 12/16





## 3.5. Tourisme

D'après le baromètre de l'Organisation Mondiale du Tourisme (OMT), le tourisme est en forte progression dans la Caraïbe (+7 %) dépassant le rythme de croissance annuel des grandes régions du tourisme dans le monde (entre +4 % et +5 %). La Guadeloupe n'est pas à l'écart de cette dynamique avec des indicateurs de fréquentation touristique (trafics aéroportuaire et maritime) en hausse.

Cette évolution favorable s'accompagne d'une amélioration de l'activité dans l'hôtellerie.

Le patrimoine naturel est considéré comme étant la principale ressource de l'industrie touristique des Outre-mer et les conditions climatiques sont des déterminants de ce patrimoine.

En Guadeloupe, 31 % des touristes choisissent les îles de Guadeloupe pour la plage, la mer et les loisirs marins, mais 27 % la choisissent avant tout pour la diversité des paysages qu'offre la destination.

L'étude a permis de retenir 2 indicateurs pour le domaine tourisme :

- la répartition des nuitées sur le territoire ;
- l'évolution du trait de côte (côte basse sableuse ou à galet).

## INDICATEUR RÉPARTITION DES NUITÉES SUR LE TERRITOIRE

La répartition de nuitées correspond à la localisation de nuits passées par le touriste sur les lieux situés en dehors de son environnement habituel.

### Sensibilité de l'indicateur

L'observatoire régional du tourisme a pour mission de mesurer les effets de la politique touristique menée par la Région Guadeloupe. Il aide notamment à porter un jugement sur la politique mise en place. Le deuxième objectif de cette structure est de fournir aux acteurs du secteur touristique les données économiques qui permettent de qualifier l'état du tourisme en Guadeloupe.

En termes de localisation, les visiteurs de notre destination choisissent plutôt des hébergements situés dans les communes du Gosier, de Saint-François et de Sainte-Anne. Les agglomérations du Nord et du Sud Basse-Terre tirent leur épingle du jeu, grâce à la fréquentation des hébergements situés à Deshaies et Bouillante.

Les communes du Gosier (21 % des touristes y ont résidé), de Sainte-Anne (13 %) et de Saint-François (11 %) attirent près de la moitié des visiteurs.

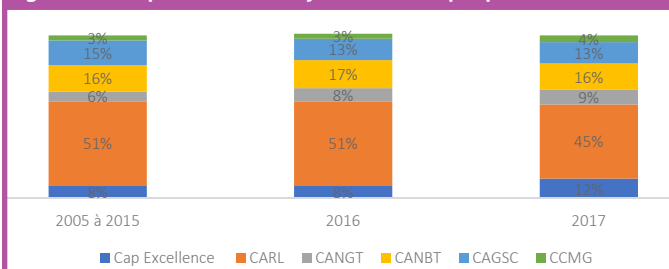
Les communes de Deshaies (6 %) puis celle des Abymes (5 %) et de Bouillante (3 %) permettent d'équilibrer quelque peu la carte touristique de la Guadeloupe.

Le Nord Grande-Terre est essentiellement présent grâce à la commune du Moule (4 % des séjours).

Les îles du sud tirent bien leur épingle du jeu : Marie-Galante accueille 4 % des touristes, les Saintes 2 %.

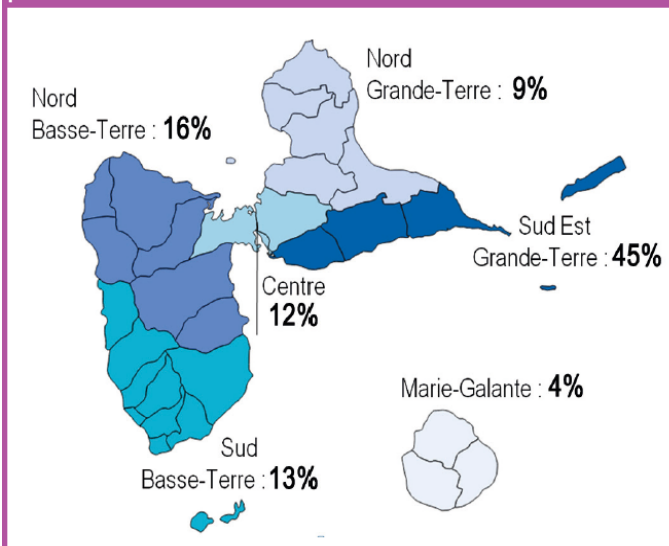
Enfin la Désirade héberge 0,4 % des visiteurs.

Figure 60 - Répartition des séjours touristique par EPCI



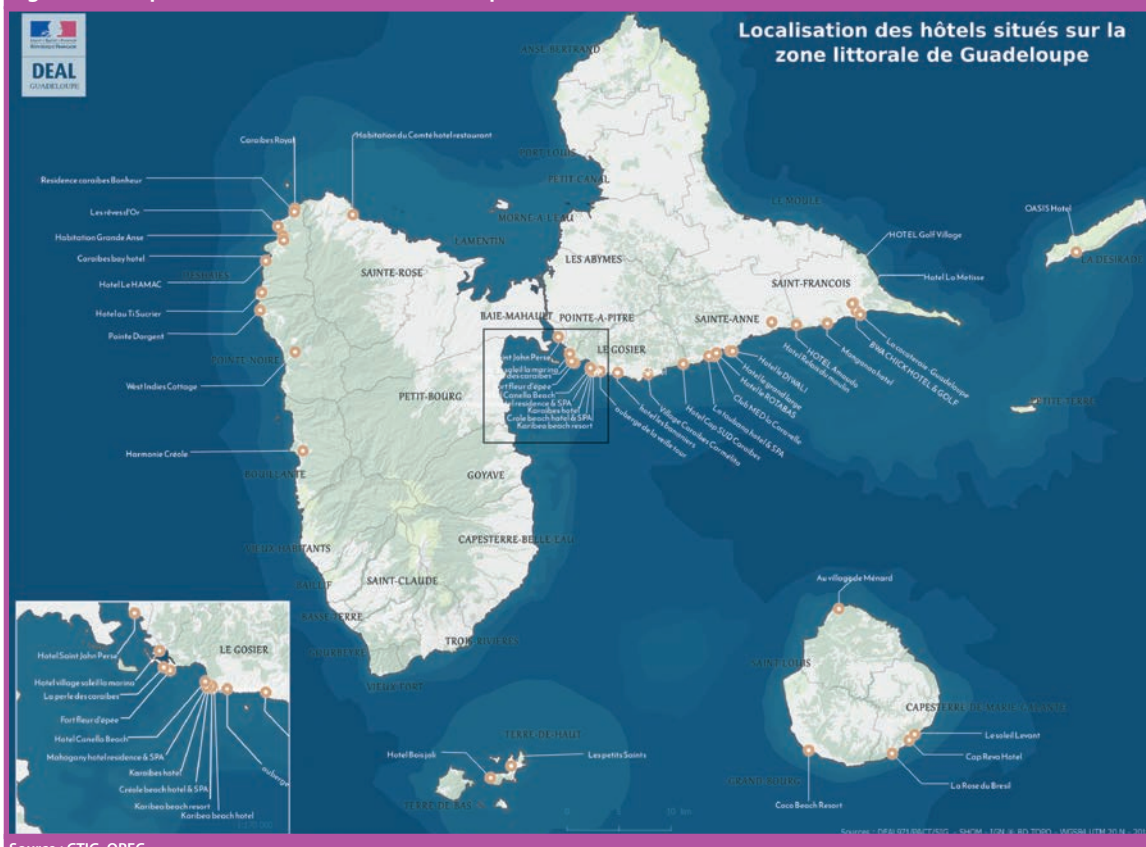
Source : ORT

Figure 61 - Répartition de la répartition des séjours touristiques par EPCI en 2017



Source : ORT

Figure 62 - Répartition des hôtels en Guadeloupe en 2018



La sensibilité est considérée comme « Mineure »

SENSIBILITÉ 2/4

**DIRE D'EXPERT** : la politique marketing de la destination, centrée autour de la grande diversité du patrimoine naturel et culturel des Îles de Guadeloupe, porte ses fruits avec une répartition de l'hébergement des touristes sur l'ensemble de l'archipel.

Chiffres clés 2016- CTIG

## Exposition à l'horizon 2030

L'exposition est considérée comme « Peu probable »

EXPOSITION 2/4

Renforcement du contraste saisonnier des pluies

L'impact de ces aléas sur le secteur touristique devrait se concrétiser :

Dans un premier temps en termes de dégradation du confort thermique pour les visiteurs. La haute saison (mi-décembre – mi-avril), devrait être particulièrement impactée par les fortes chaleurs (besoin en climatisation) et la sécheresse (besoin en eau).

Augmentation des températures, augmentation du nombre de jours chauds et de nuits chaudes

Dans un second temps de nombreuses conséquences induites pourraient avoir un impact sur le tourisme dans nos îles : la gestion de la ressource en eau en période de sécheresse, l'évolution du trait de côte et le risque pour les plages en érosion (Sainte-Anne, La Perle, Raisin clairs...), impacts sur la biodiversité locale.

## Vulnérabilité

La vulnérabilité de la répartition des nuitées sur le territoire est évaluée à :

2 X 2 = 4/16

**DIRE D'EXPERT** : la fréquentation touristique dépend des conditions sociales, économiques et climatiques de la destination d'accueil.

La répartition géographique des séjours se diversifie, en 2017, 45 % des touristes séjournent dans le Sud Est de la Grande-Terre (Gosier, Sainte-Anne, Saint-François).

Enfin, l'arrivée de bande de sargasses sur nos îles fait émerger un nouveau phénomène négatif qui impacte dès aujourd'hui la fréquentation touristique de nos îles en particulier sur les hébergements et activités touristiques en zone littorale.

Willy ROSIER, CTIG



## ÉVOLUTION HISTORIQUE DU TRAIT DE CÔTE SUR LES CÔTES BASSES SABLEUSES ET/OU GALETS

Les littoraux sont des milieux attractifs mais également fragiles et sensibles. Ils sont notamment exposés à de nombreux aléas tels que la submersion d'origine météorologique (tempête et cyclone) ou sismique et volcanique (tsunami), les mouvements de terrains et l'érosion côtière. Le littoral se situe à l'interface entre le milieu marin et terrestre et la notion de trait de côte est généralement utilisée pour définir la limite entre la terre et la mer. Cette délimitation permet d'étudier dans le temps l'évolution du littoral et le phénomène d'érosion. Pour cela, plusieurs indicateurs peuvent être utilisés selon les types d'environnements côtiers et les échelles spatiales et temporelles étudiées. En effet, selon les domaines d'application, le trait de côte n'a pas forcément la même définition (limite de végétation, délimitation morphologique, hydrodynamique ou encore réglementaire).

### Sensibilité de l'indicateur

En Guadeloupe, le littoral concentre les principaux enjeux socio-économiques et environnementaux de l'archipel. C'est un milieu très important pour l'attractivité du territoire liée à l'activité touristique. À titre d'exemple, 80 % des activités effectuées pendant le séjour en 2017 sont prioritairement consacrées aux activités balnéaires (plages, rivières et sport d'eau confondus).

À l'image de sa géologie complexe, le littoral de l'archipel de la Guadeloupe est particulièrement diversifié. On y retrouve des environnements de falaise, de mangroves, des aménagements urbains et portuaires ainsi que de nombreuses plages. Parmi ces environnements, les côtes basses sableuses et à galets représentent 18 % du littoral de la Guadeloupe, soit un linéaire de 110 km.

Source : BRGM

Les plages sont des dépôts sédimentaires meubles, constituant des côtes basses sableuses et à galets, qui évoluent en fonction de l'évolution des conditions hydrodynamiques (houle, courant, niveau d'eau) selon des processus complexes qui interagissent à différentes échelles dans le temps et l'espace. Pour étudier l'évolution de ce type d'environnement côtier on choisit généralement la limite de végétation comme indicateur de la dynamique du trait de côte sur long (pluri-décennal) et moyen (décennal) termes.

Les résultats présentés ici sont une synthèse d'une étude réalisée par le BRGM sur l'évolution historique du trait de côte à une échelle pluri-décennale (1950-2013) et décennale (1998-2013). Une étude qui permet d'apprécier l'érosion du littoral à l'échelle régionale.

Figure 63 - Morphotype du littoral Guadeloupéen modifiés d'après Roques et al .2010



Source : ORT

Globalement, il est constaté qu'un peu plus de la moitié des plages sont dans une situation de relative stabilité sur le moyen et le long terme (tendance d'évolution comprise sous le seuil d'incertitude). Entre un quart et un tiers des plages présentent une situation d'érosion sur le moyen et long terme.

Tableau 19 - Dynamique des côtes basses sableuses ou à galets de la Guadeloupe

PÉRIODE D'OBSERVATION	AVANCÉE		RECU		STABILITÉ RELATIVE	
	%	KM	%	KM	%	KM
Long terme (1950-2013)	8	9	32	33	60	62
Moyen terme (1998-2013)	27	27	21	21	52	51

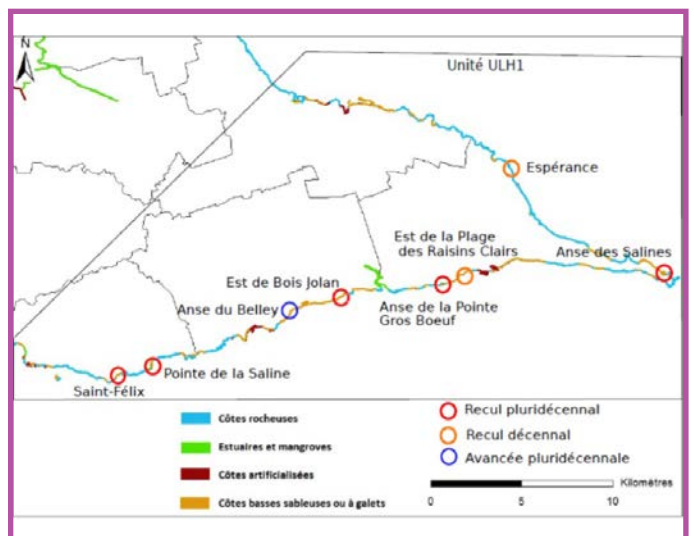
Source : BRGM (Guillen et al., 2017)

### Sud Grande-Terre : ULH1

Les côtes basses sableuses ou à galets de l'unité du Sud de la Grande-Terre sont concernées par des reculs importants entre 1950 et 2013, allant de 1 m à 7 m par an, sur des zones situées le long de la Riviera du Levant et à la Pointe des Châteaux. La plage de Saint-Félix, la Pointe de la Saline, l'Est de la plage du Bois Jolan, l'Anse à l'Ouest de la Pointe Gros Boeuf et l'Anse des Salines sont exposées à de forts taux de recul sur la période pluri-décennale.

Entre 1998 et 2013, des reculs importants (entre 1 m et 3 m par an) des côtes basses sableuses ou à galets ont également été remarqués, à l'est de la plage des Raisins Clairs et vers le lieu-dit Espérance à Saint-François. L'unique secteur présentant une avancée significative au sein de cette unité se situe à l'Anse du Belley, avec des taux supérieurs à 1 m par an d'avancée entre 1950 et 2013.

Il est intéressant de noter que les variations maximales du rivage entre 1950 et 2013 permettent d'estimer que les sites de Saint-Félix, l'Anse des Salines, la Pointe de la Saline et l'Anse de Belley ont subi des variations de l'ordre de 50 à 150 m.



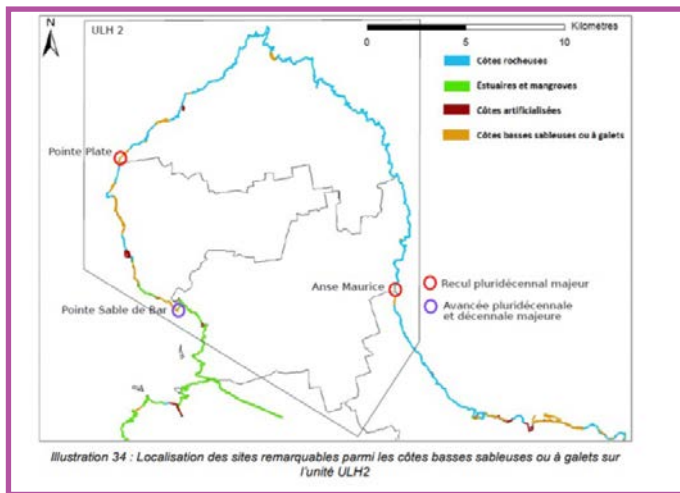


Illustration 34 : Localisation des sites remarquables parmi les côtes basses sableuses ou à galets sur l'unité ULH2

## Côte de la Basse-Terre : ULH5

Les côtes basses sableuses ou à galets de la Basse-Terre présentent un site de recul supérieur à 1 m par an sur le long et le moyen terme, au niveau de la plage du Morne Rouge à Goyave. Le Morne Rouge est d'ailleurs identifié comme un site avec une variation maximale du rivage comprise entre 30 et 63 m entre 1998 et 2013.

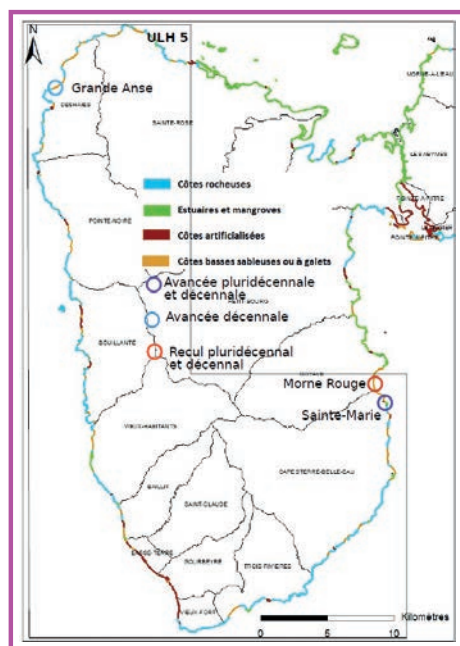
Une avancée supérieure à 1 m par an sur ces deux mêmes périodes de temps est également présente sur le site de Sainte-Marie à Capes-terre Belle-Eau. Une avancée entre 1998 et 2013, supérieure à 1 m par an est également identifiée au Sud-Ouest de la plage de Grande Anse à Deshaies.

## Nord Grande-Terre : ULH2

Les côtes basses sableuses ont fortement reculé au sein de l'unité ULH2 sur les sites de Pointe Plate et de l'Anse Maurice, pour des taux supérieurs à 1 m par an entre 1950 et 2013. La Pointe Plate présente une variation maximale du rivage comprise entre 50 et 150 m entre 1950 et 2013.

Entre 1998 et 2013, des taux supérieurs à un recul d'un mètre par an n'ont pas été observés sur cette unité pour les côtes basses sableuses ou à galets.

Une avancée d'un taux supérieur à 1 m par an a été observée au sein de cette unité dans le secteur de la Pointe de Bar à Port-Louis sur le moyen et le long terme.



La sensibilité des plages à l'érosion considérée comme « **Modérée à forte** »

**SENSIBILITÉ** 3/4

**DIRE D'EXPERT** : les côtes basses sableuses et à galets représentent environ 20 % du littoral guadeloupéen. Actuellement, il est estimé qu'environ un tiers des plages est en situation d'érosion sur le long terme (1950-2013). Les plages jouent un rôle fonctionnel important pour certaines espèces emblématiques (site de pontes des tortues marines) ainsi que pour l'attractivité économique du territoire (tourisme et activités balnéaires).

Manuel MOISAN, BRGM

## Exposition à l'horizon 2030

L'exposition des plages à l'érosion est considérée comme « **Très probable** »

**EXPOSITION** 4/4

Élévation du niveau de la mer

Augmentation de l'intensité des événements extrêmes (cyclones)

Réchauffement des eaux de surface et acidification des océans

L'augmentation du niveau moyen de la mer ainsi que l'intensification des événements de fortes intensités pourraient aggraver l'érosion des plages déjà observée sur certains sites.

Par ailleurs, le réchauffement des eaux de surfaces ainsi que l'acidification des océans pourraient affecter le développement des récifs coralliens. Ceci pourra avoir des conséquences sur la production de sédiment, la morphologie ainsi que la courantologie locale avec des effets indirects sur les plages associées à ce type d'environnement.

## Vulnérabilité

La vulnérabilité des côtes basses sableuses ou à galets est évaluée à :

**3 X 4 =** 12/16

**DIRE D'EXPERT** : l'évolution du littoral dépend de facteurs et processus multiples et complexes qui interagissent de manière dynamique avec la morphologie existante selon des échelles temporelles et spatiales différentes. Parmi les facteurs et les processus qui peuvent être amenés à évoluer de par les effets du changement climatique, il est possible d'identifier :

- les facteurs hydro-climatiques en lien avec l'élévation du niveau de la mer et la modification des états de mer (modification des climats de houle et l'intensité des événements extrêmes)
- les processus biologiques qui interviennent dans la production de sédiment et la morphologie côtière.

À ces facteurs climatiques et processus biologiques, s'ajoutent également les interventions humaines qui peuvent dans certains cas réduire la capacité de résilience des milieux littoraux en modifiant les équilibres sédimentaires et aggraver les conséquences potentielles du réchauffement climatique (destruction de la mangrove, artificialisation du trait de côte, blocage du transit sédimentaire).

Manuel MOISAN, BRGM



## 3.7. Énergie

En 2016, le volet énergie du Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE) et le Plan Régional de l'Énergie (PRERURE) de Guadeloupe ont été remplacés par un seul outil de planification, la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE), prévue par la Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

Le décret n°2017-570 validant la PPE de Guadeloupe 2016-2023 a été adopté le 19 avril et publié au journal Officiel n°94 du 21 avril 2017.

La PPE de Guadeloupe vise à renforcer l'action du territoire en matière de :

- maîtrise de la demande d'énergie ;
- efficacité énergétique ;
- développement des énergies renouvelables.

Elle pose le nouveau cadre de développement dans ces domaines et vise l'autonomie énergétique à l'horizon 2030. La PPE de Guadeloupe entend faire évoluer le paysage énergétique de la Guadeloupe vers une moindre dépendance aux combustibles fossiles afin de réduire les émissions locales de gaz à effet de serre et de polluants.

L'étude a permis de sélectionner 1 indicateur pour le domaine « énergie » :

- la transition énergétique de la Guadeloupe.



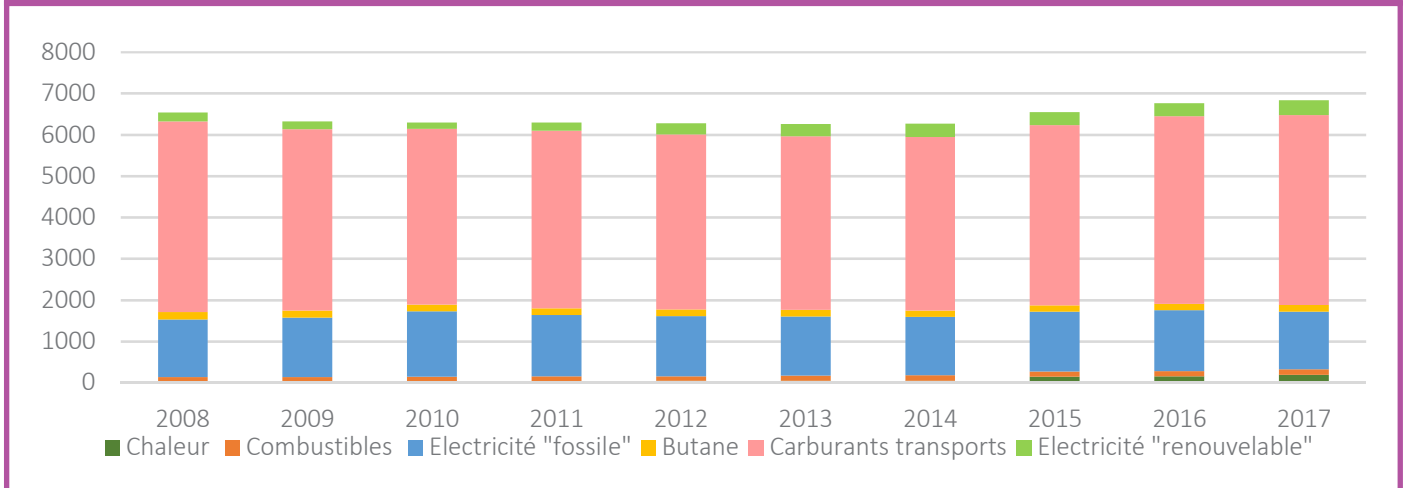
La transition énergétique vise à préparer l'après pétrole et à instaurer un modèle énergétique robuste et durable face aux enjeux d'approvisionnement en énergie, à l'évolution des prix, à l'épuisement des ressources et aux impératifs de la protection de l'environnement.

**Sensibilité de l'indicateur**

La Guadeloupe se caractérise par la diversité de ses sources d'énergie, et en particulier les énergies renouvelables. En plus du fuel et du charbon, qui constituent l'essentiel des ressources énergétiques, la Guadeloupe a su développer de nombreuses sources d'énergies

renouvelables : la géothermie, la biomasse, mais également l'hydraulique, l'éolien, le photovoltaïque. 6 % de l'énergie consommée en Guadeloupe en 2017 est d'origine renouvelable.

**Figure 64 - Evolution de la consommation d'énergie finale en Guadeloupe de 2008 à 2017, en GWh**



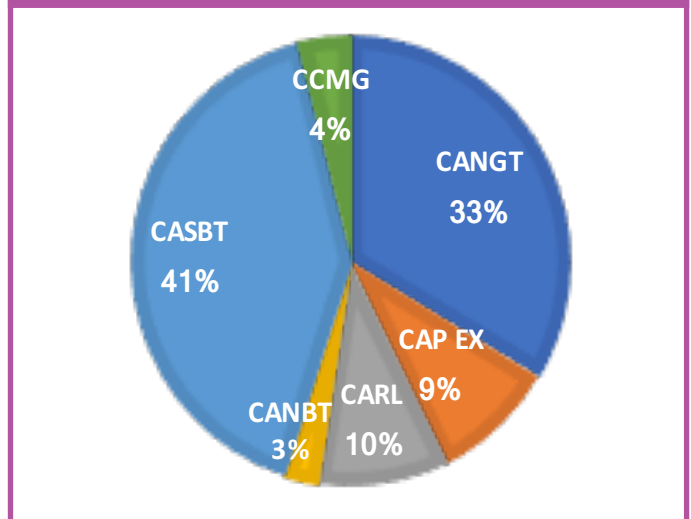
Source : EDF, GEOTHERMIE BOUILLANTE, ALBIOMA LE MOULE, ALBIOMA CARAIBES, SARA, GPAP, SIGL, GARDEL, SIS BONNE MERE, SYVADE, QUADRAN, EDF EN, SEC

L'augmentation des consommations d'énergie amorcée en 2015 se confirme en 2017 : +1,1 %.

Cette évolution des consommations cache une grande disparité selon les types d'usage de l'énergie : le domaine des transports progresse en moyenne (+1,5 %), alors que le domaine de l'électricité diminue (-1,9 %). La production d'électricité à partir d'énergies renouvelables augmente de 14 % en un an et atteint son plus haut niveau, avec une part de 20,49 % dans le mix électrique.

En 2016, 74 % de la productions d'électricité à partir d'énergie renouvelable est réalisé dans 2 agglomérations du territoire : la communauté d'agglomération du Nord Grande-Terre et la communauté d'agglomération Grand Sud Caraïbe.

**Figure 65 - Part des énergies renouvelables produites par territoire**



Source : OREC

**Tableau 20 - Productions et consommations électriques par agglomération en 2016**

EN KWH	CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ	PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ À PARTIR D'UNE SOURCE D'ÉNERGIE FOSSILE	PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ À PARTIR D'UNE SOURCE D'ÉNERGIE RENOUVELABLE
CANGT	198 388	511 802	105 668
CAP EX	709 921	964 501	29 152
CARL	297 183	-	30 112
CANBT	263 388	-	8 130
CASBT	280 630	-	130 030
CCMG	41 894	-	12 008
Guadeloupe	1 791 358	1 476 303	315 055

Source : OREC

La sensibilité de la transition énergétique est considérée comme « Mineure »

SENSIBILITÉ 2/4

**DIRE D'EXPERT** : ces bons résultats sur l'électricité, contribuent à l'atteinte des objectifs de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), publiée au journal officiel le 21 avril 2017. Mais ils ne suffiront pas à en maintenir la trajectoire sans l'engagement d'une transition énergétique dans le secteur des transports.

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

**DIRE D'EXPERT** : il n'existe pas de définition officielle de la notion « d'autonomie énergétique ». Toutefois l'article 1er de la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte du 17 août 2015 prévoit « de parvenir à l'autonomie énergétique dans les départements d'Outre-mer à l'horizon 2030, avec, comme objectif intermédiaire, 50 % d'énergies renouvelables à l'horizon 2020 » sans apporter plus de précisions.

Dans ces conditions, la PPE de Guadeloupe propose et utilise la définition suivante : l'autonomie énergétique est définie par la quantité d'énergies renouvelables produite et consommée localement à laquelle s'ajoute la quantité d'énergie

importée de manière sécurisée pour répondre à l'ensemble des besoins en énergies primaires du territoire.

Cette définition reprend celle de la dépendance énergétique et y ajoute une dimension qualitative relative à la capacité du territoire à « sécuriser » ses approvisionnements. Un territoire tend vers « l'autonomie » sur le plan énergétique lorsqu'il valorise en priorité et au maximum son potentiel local en énergies renouvelables et sécurise au maximum les besoins en importations complémentaires.

Nicolas POUGET, EXPLICIT Caraïbes (Suez Consulting)

## Exposition à l'horizon 2030

L'exposition de la transition énergétique est considérée comme « Très probable »

EXPOSITION 3/4

Evènement extrême (cyclone)	Les périodes de sécheresses impactent les productions renouvelables telles que l'hydroélectricité et la bagasse. L'hydroélectricité pourrait être impactée par la baisse de débit des cours d'eau
Renforcement du contraste saisonnier des pluies	La production d'électricité à partir de la bagasse est directement corrélée au rendement de la canne. Une diminution du rendement pourrait de fait impacter la quantité de bagasse produite et ainsi sa valorisation énergétique. L'ensemble des sources d'énergie peut être impacté par les évènements extrêmes que sont notamment les cyclones.
Augmentation des températures, augmentation du nombre de jours chauds et de nuits chaudes	L'augmentation des températures augmenterait le besoin de rafraîchissement des ménages et provoquerait l'augmentation de la demande électrique.

## Vulnérabilité

La vulnérabilité de l'autonomie énergétique est évaluée à :

2 X 3 = 6/16

**DIRE D'EXPERT** : le recours à l'énergie pour se rafraîchir ou se déplacer est une nécessité. Les évolutions supposées du climat en Guadeloupe nous poussent à faire les constats suivants :

- L'augmentation des températures va induire une consommation électrique supplémentaire (recours à la climatisation plus systématique),
- La multiplication possible de phénomènes extrêmes comme les cyclones fragilise potentiellement la production et la distribution d'électricité dont on dépend de plus en plus.

Le système électrique et énergétique est un élément essentiel de mesure de notre vulnérabilité au changement climatique tant notre dépendance est importante. L'augmentation des températures laisse penser que le recours à la climatisation sera encore plus important, nous rendant ainsi encore un peu plus dépendants. En outre, l'augmentation probable des phénomènes extrêmes doit nous pousser trouver et mettre en œuvre les moyens d'améliorer la résilience de notre système électrique. Le chantier d'enfouissement des lignes basses tensions entamé par le SYMEG est une bonne façon de rendre notre réseau plus résilient.

ADEME



## 3.8. Pêche

En 2011, la pêche et l'aquaculture ont produit 32% de la richesse créée par le secteur primaire. En Guadeloupe, les activités de pêche ont conservé leur caractère artisanal. La pêche se pratique à petite échelle, à la journée sur des embarcations inférieures à 12 mètres, propulsées par des moteurs hors-bords, et composées à 95% d'unités non pontées, les « saintoises ».

Elle se répartit en deux catégories :

- la pêche côtière exercée dans les 12 miles à proximité des côtes de l'île. Les prises sont les espèces démersales côtières (lambis, langoustes, mérours, ainsi que d'autres espèces liées aux récifs coralliens) ;
- la pêche au large, qui se caractérise par des sorties en mer d'une durée comprise entre 24 et 120 heures. Les prises sont composées essentiellement d'espèces hauturières migratrices dites pélagiques (marlins, bonites, thons, thazards...).

La production moyenne est de 3 526 tonnes annuelles : 2 197 tonnes de pêche pélagique et 1 329 tonnes de pêche côtière. Cette production est destinée en quasi-totalité à l'approvisionnement du marché local.

Le développement du secteur de la pêche se voit aujourd'hui limité par :

- la contamination des sols et du milieu marin à la chlordécone (pesticide organochloré utilisé pour le traitement des bananeraies) ;
- l'apparition d'une espèce invasive, le poisson lion, depuis 2009 ;
- la prolifération des algues cyguatoxiques et l'arrivée des algues sargasses ;
- La densification des usages des eaux côtières et l'étroitesse de la zone économique exclusive (95 978 km<sup>2</sup>) française dans cette région.

*Source : Plan de compensation des surcoûts des Iles de Guadeloupe.*

L'étude a permis de retenir 2 indicateurs pour le domaine « pêche » :

- la production estimée en poids vif par espèce ;
- le nombre de jour de non sortie.

Les données ne sont pas disponibles à l'échelle territoriale et sont donc présentées à l'échelle régionale.

## INDICATEUR LA PRODUCTION PÊCHE ESTIMÉE EN POIDS VIF PAR ESPÈCE

Le poids vif correspond au poids du poisson pêché et non transformé (ni éviscéré, ni écaillé). Il permet d'avoir une indication sur le stock de poisson.

### Sensibilité de l'indicateur

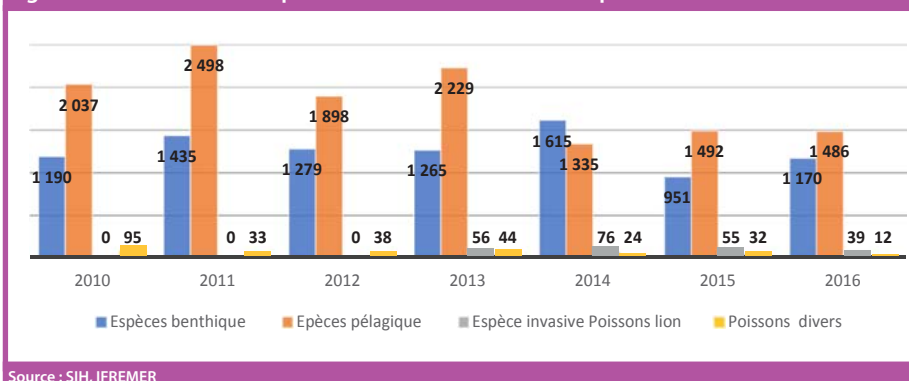
Le Système d'Information Halieutique (SIH) constitue le réseau d'observation des ressources halieutiques et des usages associés de l'Ifremer. Il répond à une des missions de service d'intérêt public de l'Ifremer visant à connaître, évaluer, mettre en valeur les ressources des océans et permettre leur exploitation durable.

En 2016, la répartition entre les espèces pélagiques et espèces côtières pêchées tend vers une rupture de l'équilibre observé les années précédentes. En effet, 46 % des espèces pêchées sont des « côtières », qui vivent pour la plupart en interaction avec le sol et le récif

corallien qui constituent leurs zones refuges. Les pélagiques migrateurs représentent, 54 % des volumes pêchés et sont fortement dépendants des paramètres physiques et chimiques des masses d'eau dans lesquelles elles circulent : circulation, température, teneur en oxygène et teneur en phytoplancton et zooplancton.

La pêche guadeloupéenne s'oriente progressivement vers une pêche plus au large, ce qui s'explique notamment par les interdictions et restrictions de la pêche côtière en conséquence de la contamination à la chlordécone. On note également une diminution de 18 % de la production de pêche entre 2010 et 2016.

Figure 66 - Evolution de la production marine estimée en poids vif



La sensibilité de la production issue de la pêche est considérée comme « Majeure »

**SENSIBILITÉ** 4/4

**DIRE D'EXPERT** : la sensibilité est très forte car il n'y a pas de stratégie adaptative possible étant donné qu'il ne s'agit pas d'une production (que l'on peut adapter pour mieux résister aux impacts du réchauffement) mais d'un prélèvement.

Nicolas DIAZ, Direction de la Croissance Bleue Région Guadeloupe

**DIRE D'EXPERT** : la production locale est d'autant plus sensible qu'elle est en permanence en concurrence avec les produits de la mer importés mis sur le marché à des prix imbattables. Le prix de vente est la variable d'ajustement par rapport à l'offre et la demande, lorsque la disponibilité de la ressource diminue les prix devraient augmenter.

Héloïse Mathieu, Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins des Îles de Guadeloupe

### Exposition à l'horizon 2030

L'exposition de la production issue de la pêche est considérée comme « probable »

**EXPOSITION** 3/4

Augmentation de la température des masses d'eau

Ces trois phénomènes pourraient provoquer une forte mortalité corallienne par blanchissement, voire la disparition des récifs coralliens. Les poissons côtiers seraient directement impactés par les bouleversements induits des écosystèmes côtiers.

Acidification des océans

Pour les écosystèmes pélagiques, l'acidification des océans qui fragilise les organismes à squelette calcaire dont les microalgues, bases de la pyramide trophique (ex : Diatomées).

Événements extrêmes (cyclones)

L'intensification des épisodes cycloniques entraînerait l'intensification des phénomènes de houle (cyclonique) qui provoqueraient à leur tour la destruction des parcs d'engins, des installations aquacoles en mer (cages). Les navires, les infrastructures et les équipements portuaires seraient également exposés et de ce fait vulnérables. La production de pêche pourrait ainsi fortement diminuer.

Modification de la circulation thermo haline

La modification de la circulation thermo haline pourrait modifier les aires de répartition des espèces et serait propice au développement d'espèces invasives telles que le poisson lion.

### Vulnérabilité

La vulnérabilité de la pêche est évaluée à :

**4 X 3 =** 12/16

**DIRE D'EXPERT** :

Les difficultés à concevoir l'adaptation

Les stratégies adaptatives pour se prémunir de ces effets sont particulièrement difficiles à concevoir étant donné que la pêche est un prélèvement de ressources naturelles et non une production, qu'il serait possible d'orienter ou d'adapter aux conditions climatiques nouvelles. Ce constat aggrave la vulnérabilité de la filière.

Une faible anticipation

La pêche des Antilles françaises est peu structurée et connaît des carences d'appui technique et scientifique.

Les moyens humains et financiers sont intégralement mobilisés pour faire face aux impacts environnementaux immédiats : pollutions à la chlordécone, espèces invasives, aménagements majeurs, traitement des conséquences des ouragans...

Il en résulte une très faible anticipation des effets du réchauffement climatique sur nos filières : connaissance, sensibilisation des acteurs, élaboration de stratégies et investissements adaptatifs. Cette thématique doit devenir prioritaire pour nos filières et les stratégies doivent se concevoir en coopération à l'échelle régionale.

Nicolas DIAZ, Direction de la Croissance Bleue Région Guadeloupe

**DIRE D'EXPERT** : la filière pêche est directement liée à l'état de santé du milieu marin. La combinaison d'une forte exposition aux aléas climatiques et la sensibilité de l'indicateur majeure induit une vulnérabilité très importante au réchauffement climatique. Cependant, il est difficile de faire une corrélation directe entre production de pêche et réchauffement climatique, d'autres facteurs de pollution affectent la santé des ressources halieutiques telle que la pollution des micro-plastiques et la prolifération des algues sargasses.

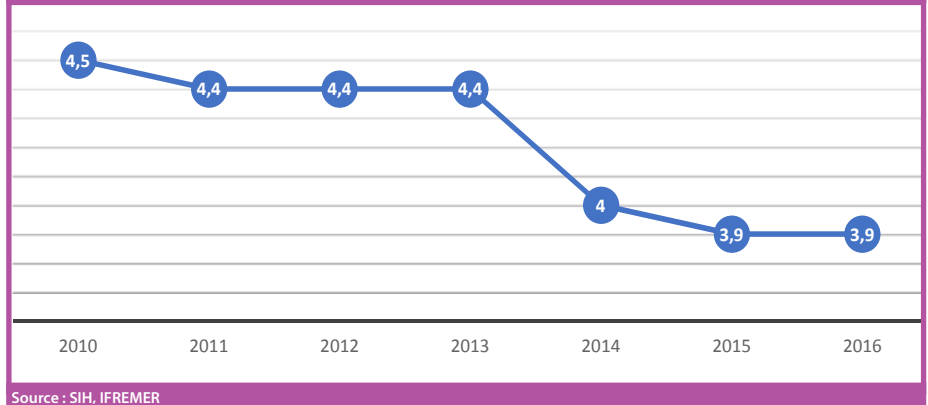
Nicolas DIAZ, Direction de la Croissance Bleue Région Guadeloupe

## INDICATEUR LE NOMBRE DE JOURS DE NON SORTIE DES PÊCHEURS

Le nombre de jour de non sortie des pêcheurs est considéré comme une période de non activité.

Sur la période de 2010 à 2016, la période d'inactivité des bateaux de pêche diminue de 13 %. Néanmoins, bien que le nombre de jour de sortie des pêcheurs soit plus important les produits issus de la pêche diminuent. En 2010, la période d'activité de la pêche permettait de produire 430 tonnes/mois (7.5 mois), alors qu'en 2016 bien que la période soit plus longue (8.1 mois) la production ne permet de produire que 328 tonnes/mois. Les pêcheurs guadeloupéens sortent plus et pourtant pêchent moins.

Figure 67 - Évolution de la période d'inactivité des bateaux de pêche en Guadeloupe de 2010 à 2016



Source : SIH, IFREMER

La sensibilité est considérée comme « Majeure »

**SENSIBILITÉ 4/4**

**DIRE D'EXPERT** : de manière générale les sorties des saintoises sont étroitement en lien avec les conditions météorologiques.

Héloïse MATHIEU, Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins des Îles de Guadeloupe

## Exposition à l'horizon 2030

L'exposition de la production issue de la pêche est considérée comme « probable »

**EXPOSITION 3/4**

Événements extrêmes (cyclones)  
Sargasses



L'intensification des épisodes cycloniques entraînerait l'intensification des phénomènes de houle (cyclonique) qui provoqueraient à leur tour la destruction des parcs d'engins, des installations aquacoles en mer (cages). Les navires, les infrastructures et les équipements portuaires seraient également exposés et de ce fait vulnérables.  
On note également que le nombre de jour de sortie est fortement corrélé à l'indicateur de production.  
L'invasion de sargasses est directement liée aux sorties des navires de pêche.

## Vulnérabilité

La vulnérabilité de la pêche est évaluée à :

**4 X 3 = 12/16**

**DIRE D'EXPERT** :

*Une vulnérabilité liée à la nature de l'activité*

La qualité et la quantité de la production halieutique dépendent strictement de la qualité des milieux exploités et de leur stabilité.

La vulnérabilité de la pêche et de l'aquaculture au réchauffement climatique et à ses effets induits est, en conséquence, particulièrement élevée avec une incidence prévisible sur les productions et des impacts économiques sur la filière :

- exposition des matériels et équipements à l'intensification des phénomènes cycloniques et à l'érosion des protections naturelles de la côte ;
- dégradation des écosystèmes récifaux et côtiers et donc de leur productivité halieutique ;
- modifications profondes de la circulation thermo haline océanique et effets sur les stocks pélagiques ;
- acidification des océans qui fragilise les organismes à squelette calcaire dont les microalgues, bases de la pyramide trophique.

Nicolas DIAZ, Direction de la Croissance Bleue Région Guadeloupe

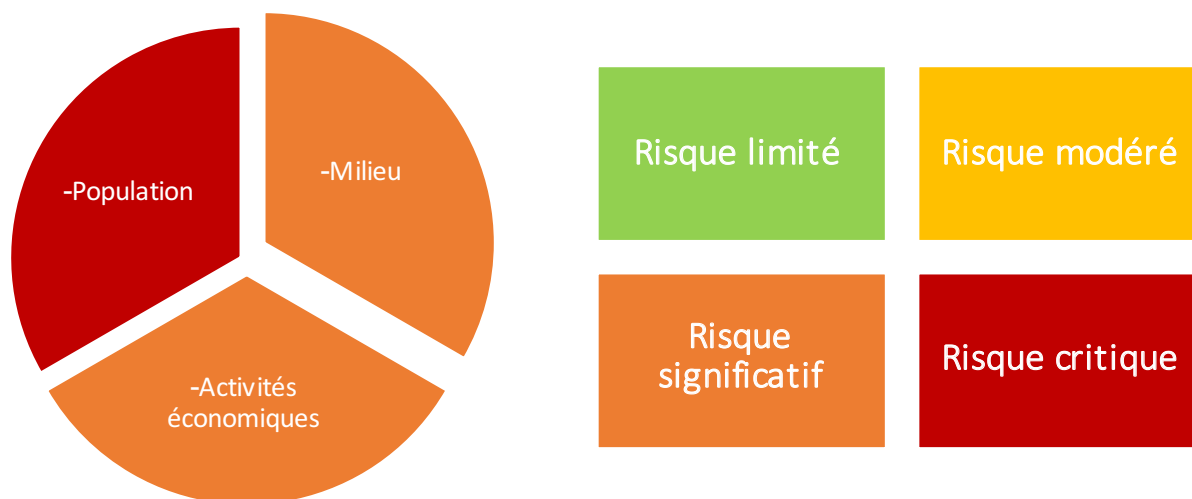
**DIRE D'EXPERT** : cet indicateur est important à suivre notamment pour mieux interpréter le premier indicateur. En effet, la production de pêche est étroitement liée à l'effort de pêche. En mesurant cet indicateur on peut savoir si la production est plus faible notamment parce que l'effort de pêche a diminué ou pour d'autres raisons.

Héloïse MATHIEU,  
Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins des Îles de Guadeloupe

## 3.9. Synthèse & Discussion

La matrice permet d'apprécier le profil général de la vulnérabilité de la Guadeloupe au changement climatique.

Au regard des indicateurs retenus et des données disponibles, la Guadeloupe possède de multiples caractéristiques qui la rendent aujourd'hui vulnérable. Les 3 grands domaines développés présentent des vulnérabilités différentes :



VULNÉRABILITÉ 16	VULNÉRABILITÉ 12	VULNÉRABILITÉ 9	VULNÉRABILITÉ 8	VULNÉRABILITÉ 6	VULNÉRABILITÉ 4	VULNÉRABILITÉ 3
Zones en risque de surcotes centennales	Part de personnes âgées de 75 ans et plus vivant seules	Nombre de nouvelles admissions en ALD pour insuffisance respiratoire chronique grave	Teneur en sodium & chlorure	Niveau piézométrique	Répartition des nuitées sur le territoire	Indice biologique marqueur des Diatomées
Couverture corallienne vivante	Production estimée par espèce			Transition énergétique	Surface de forêt marécageuse	
Evolution du trait de côte (côte basses sableuses ou à galets)	Nombre de jour de non sortie des pêcheurs					
	Part des foyers fiscaux déclarant moins de 10 000 €/an					



Risque limité

Risque modéré

Risque significatif

Risque critique

Figure 68 - Matrice de vulnérabilité de la Guadeloupe au changement climatique

EXPOSITION	Très probable	4		RESSOURCE EN EAU : Teneur en sodium & chlorure		AMENAGEMENT : Zones en risque de surcotes centennales BIODIVERSITÉ : La couverture corallienne vivante TOURISME : Évolution du trait de côte (côtes basses sableuses ou à galets)
	Probable	3	RESSOURCE EN EAU : Indice biologique marqueur des Diatomées	RESSOURCE EN EAU : Niveau piézométrique ÉNERGIE : Transition énergétique	SANTÉ : Nombre de nouvelles admissions en ALD pour insuffisance respiratoire chronique grave	SANTÉ : Part de personnes âgées de 75 ans et plus vivant seules PÊCHE : Production estimée par espèce ; Le nombre de jours de non sortie des pêcheurs ÉCONOMIE : Part des foyers fiscaux déclarant moins de 10 000 €/an
	Peu probable	2		TOURISME : Répartition des nuitées sur le territoire BIODIVERSITÉ : La surface de forêt marécageuse		
	Rare	1				
				1	2	3
			Négligeable	Mineure	Modérée	Majeure
SENSIBILITÉ						

## Glossaire

**Aléa** : au sens large constitue un phénomène, une manifestation physique ou une activité humaine (par ex. : accidents industriels ou actes terroristes) susceptible d'occasionner des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques voire des pertes en vies humaines ou une dégradation de l'environnement.

Les aléas peuvent avoir des origines naturelles ou anthropiques selon l'agent en cause. De plus, les aléas se caractérisent notamment par leur intensité, leur probabilité d'occurrence, leur localisation spatiale, la durée de l'impact (foudre vs. Inondation), leur degré de soudaineté.

Ils peuvent être soudains, comme la foudre, ou progressifs, comme la sécheresse ou l'érosion littorale, ou ils peuvent prendre la forme de conditions latentes ou qui évoluent lentement, pouvant causer ultérieurement des préjudices ou des dommages dans le milieu concerné, par exemple la pollution ou la hausse du niveau de la mer. Le changement climatique affectera leur intensité et leur probabilité<sup>1</sup>.

**Biseau salé** : partie d'un aquifère côtier envahi par de l'eau salée (marine) comprise entre la base de l'aquifère et une interface eau douce / eau salée. Le coin d'eau salée étant sous l'eau douce. L'apparition d'un biseau salé est généralement consécutive à la surexploitation de l'aquifère (Source : *Aquaportail*)

**Climat** : il est caractérisé par les conditions météorologiques moyennes observées durant une longue période, 30 ans selon l'Organisation Météorologique Mondiale, en un lieu ou une région.

Les principaux paramètres utilisés pour décrire le climat sont les valeurs moyennes :

- des quantités de précipitations (mm)
- de la température sous abri (°C)
- du régime des vents (km/h)
- de l'humidité relative (%), de l'ensoleillement ou encore de la pression atmosphérique (hPa).

Au niveau de la planète, on peut déterminer des zones au sein desquelles les paramètres caractérisant le climat présentent une certaine concordance. On définit ainsi les grands types de climats : océanique, continental, équatorial, tropical sec, méditerranéen, tempéré, etc...

**Dépression thermique** : région de l'atmosphère caractérisée par une pression atmosphérique plus basse que celle de l'ensemble des régions adjacentes situées à la même altitude en conséquence d'une température très élevée et persistante sur la surface terrestre et qui se communique à l'air sus-jacent.

**Forçage radiatif** : il est défini comme la différence entre l'énergie reçue du soleil sur la Terre et l'énergie renvoyée par le système climatique et le sol (albedo).

**Grain** : coup de vent violent durant au plus quelques minutes qui commence et se termine soudainement. Il est généralement accompagné de précipitations.

**Humidité relative** : pourcentage de la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air à la pression maximale possible (saturation) de cette vapeur d'eau (à la même température).

**La normale** : elle désigne la valeur moyenne établie sur 30 ans de paramètres climatiques : température, humidité, précipitation, pression, force du vent et insolation.

**Vulnérabilité** : dans le cas du changement climatique, la vulnérabilité est le degré auquel les éléments d'un système (éléments tangibles et intangibles, comme la population, les réseaux et équipements permettant les services essentiels, le patrimoine, le milieu écologique...) sont affectés par les effets des changements climatiques (y compris la variabilité du climat moyen et les phénomènes extrêmes). La vulnérabilité est fonction à la fois de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat (alias l'exposition) à laquelle le système considéré est exposé et de la sensibilité de ce système.

Le niveau de vulnérabilité (ou niveau de risque dans la terminologie de la littérature relative aux risques naturels) s'évalue en combinant la probabilité d'occurrence et l'importance d'un aléa (l'exposition) et l'ampleur des conséquences (ou sensibilité) d'une perturbation ou d'un stress sur des éléments du milieu en un temps donné. (Source : ADEME, *Diagnostic de vulnérabilité d'un territoire au changement climatique*).

# Qu'est-ce que l'observatoire de l'énergie et du climat de la Guadeloupe ?

Observer l'évolution énergétique et climatique de notre territoire est une préoccupation primordiale des pouvoirs publics. À ce titre, dans un but d'accompagnement à la mise en œuvre des politiques publiques, il s'est avéré nécessaire de disposer d'un outil d'observation. C'est ainsi qu'en décembre 2013, l'ADEME Guadeloupe, la Région Guadeloupe, Météo-France, EDF Archipel Guadeloupe et la DEAL ont décidé de créer l'Observatoire de l'Énergie et du Climat de la Guadeloupe (OREC).

L'Observatoire Régional de l'Énergie et du Climat (OREC) est un outil d'observation et d'information qui a pour objectif de répondre chaque année aux grandes questions qui se posent en matière d'énergie et de climat :

Comment évolue la consommation d'énergie en Guadeloupe, quels sont les secteurs et les usages les plus consommateurs ? Quelles sont les évolutions du climat sur notre territoire ? Quelles sont les sources de production de notre électricité ? Quel est notre impact en matière d'émissions de gaz à effet de serre ?

L'Observatoire de l'Énergie et du Climat de la Guadeloupe est composé :

- d'un **secrétariat**, assuré par Synergile, qui coordonne administrativement l'observatoire et assure la collecte des données ;
- d'un **Comité de l'Observatoire Régional de l'Énergie et du Climat**, composé de la Région Guadeloupe, de la Direction de l'Environnement de l'Aménagement et du logement (DEAL), d'EDF Archipel Guadeloupe, de Météo-France, de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), de Synergile et, du Syndicat Mixte d'électricité de la Guadeloupe (SYMEG) ;
- d'un **Comité technique de l'observation territoriale**, composé de l'ADEME, de CAP Excellence, de la CANGT, de la CARL, de la CCMG, de la CANBT, de la CAGSC, du Conseil Départemental et de la Région Guadeloupe ;
- d'un **Groupe Régional d'Expert sur le Climat**, composé de Fleur de CARBONE, de l'INRA, de l'ADEME, de Météo-France, de SEGE Environnement, de l'ARS et du BRGM.

## Activités de l'observatoire

### Collecte de données et diffusion

L'observatoire a également pour objectif de diffuser au plus grand nombre des données sur les évolutions énergétique et climatique de notre archipel.

Pour ce faire, l'observatoire de l'énergie et du climat de la Guadeloupe collecte des données et analyse dans les champs d'observation suivants :

- Consommation et production d'énergie
- Émissions de gaz à effet de serre
- Économie de l'énergie
- Impacts du changement climatique

### Études prospectives

L'observatoire développe également une mission prospective au service des politiques publiques du territoire.

## Partenaires

### Partenaires publics :

BRGM, Conservatoire du littoral, ARS, DAAF, DEAL, IEDOM, INRA, INSEE, Météo-France, Observatoire des énergies renouvelables, Préfecture, Région Guadeloupe, ADEME, SHOM, Agence des 50 Pas Géométriques, commune de Saint-Louis, de Deshaies, Petit-Canal, Port-Louis, Morne-à-l'Eau, d'Anse-Bertrand, CIRAD, CCI-IG, CANGT, Cap Excellence, CARL, le Conseil départemental, CCMG, SYMEG, Routes de Guadeloupe, Guadeloupe Formation, le SYVADE, OMEGA, OER, GEC, OREGES de Corse, Direction générale des douanes et droits indirects département des statistiques et des études économiques, Direction régionale des douanes de Guadeloupe, Ministère de la transition écologique et solidaire, Gwad'air.

### Partenaires privés :

Albioma Caraïbes, Albioma le Moule, CITEPA, distillerie Longueteau, distillerie Poisson Père Labat, distillerie Damoiseau, distillerie Reimoneiq, EDF, ESSO Antilles Guyane, Géothermie Bouillante, GPAP, SARA, SIGL, Rubis Antilles Guyane, Quadran Caraïbes, Synergile, Valorem SAS, Tecol SAS, Gardel, EDF EN, Séché Environnement, SEC, H3C-Caraïbes, Équinoxe, Explicit Caraïbes.

*Merci aux fournisseurs de données et experts qui ont permis de réaliser ce bilan climatique en Guadeloupe.*

*Créocéan, UA, Sege Biodiversité, Fleur de Carbone, Office de l'eau, BRGM, Parc National, ARS, CHU, ORSAG, CTIG, ORT, DAAF, CRPMEM, ADEME, IEDOM, CRPMEM IG, Explicit Caraïbe et Météo-France, Région Guadeloupe*

## Mécène

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.



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

### Synergile

*Lots 19 et 20, immeuble Ary Encelade, rue Ferdinand Forest, ZI de Jarry, 97122 Baie-Mahault*

*Rédaction : Thierry JIMONET (Météo-France), Cynthia BONINE, Amélie BELFORT (Synergile), avec l'appui du groupe régional d'expert climat de la Guadeloupe (BRGM, INRA, ARS, SEGE Biodiversité, Fleur de Carbone, ADEME) et l'ensemble des experts thématiques.*

*Réalisation cartes : Namik SCHERZL (DEAL/PACT/SIG)*

*Credit photo : OREC, ONFCS, OCEAN, office de l'eau, CRPMEM*

*Conception, mise en page et impression : AJN+ Communication & design (www.ajnplus.com / 0590 85 74 61 / ZI Jarry).*

