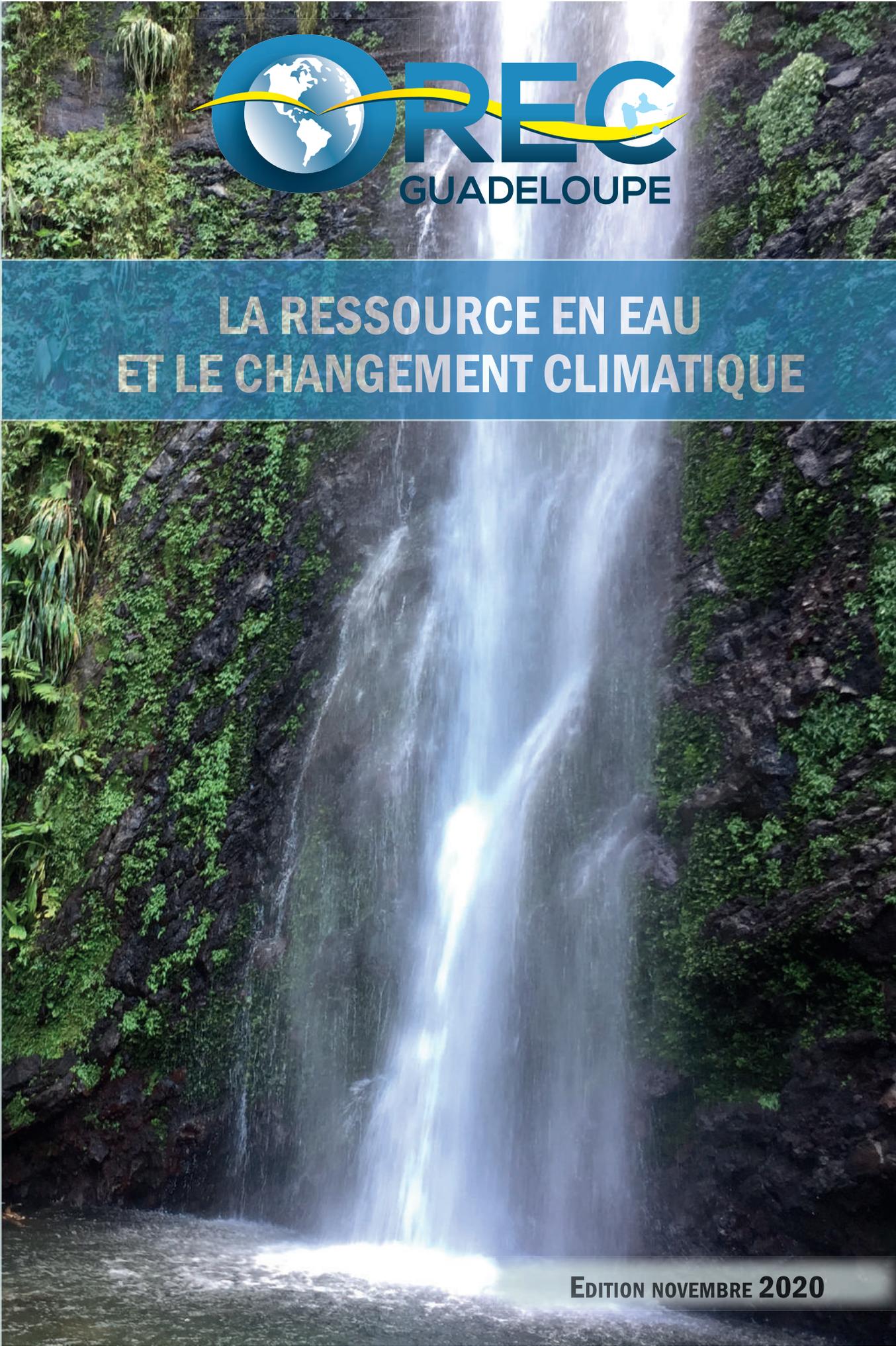


GREC GUADELOUPE

Groupe Régional d'Experts sur le Climat de la Guadeloupe



LA RESSOURCE EN EAU ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE



EDITION NOVEMBRE 2020



PRÉFET
DE LA RÉGION
GUADELOUPE
*Liberté
Égalité
Fraternité*

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



REMERCIEMENTS

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

Rédacteur:

Jean-François Marc DORVILLE, Docteur en Mécanique des fluides, spécialiste en Géophysique - TCG-NRG

Contributeurs:

Ali BELMADANI, Ingénieur de recherche - Météo-France Antilles-Guyane

Benjamin SEUX, Hydrogéologue - chef de projet au BRGM Guadeloupe

Céline DESSERT, chercheuse - IPGP-Observatoire de l'eau et de l'érosion aux antilles,

Didier BERNARD, Maître de Conférences HDR - Université des Antilles

Dominique MONTI, Professeur écologie aquatique - Université des Antilles

Janmari FLOWER, Docteur en Ecologie et comptable carbone - Flè Kawbon

Maurice MAHIEU, Ingénieur - Unité de Recherches Zootechniques INRAe

Office de l'Eau Guadeloupe (support documentaire)

Groupe Régional des Experts sur le Climat de la Guadeloupe

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

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

L'objectif du GREC est:

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

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



Grand Etang du Carbet, Capesterre-Belle-Eau

Préface



Qu'est-ce que la ressource en eau ? D'où vient-elle ? A quoi sert-elle ? Que lui devons-nous ? C'est notamment à toutes ces questions que nous avons tenté de répondre dans ce cahier.

Solides ou encore balbutiantes, ces réponses ne sont que le reflet de l'état actuel des connaissances scientifiques, mais elles se veulent un appel pressant à percevoir autrement cette précieuse ressource, dont nous sommes en définitive totalement dépendants pour nos activités quotidiennes.

Par ailleurs, indépendamment des (més-)usages que nous faisons de cette ressource, la diversité des milieux aquatiques qu'elle génère n'est pas en reste, puisqu'ils incluent tous les intermédiaires entre les habitats pélagiques et les étangs de montagne. Ce sont presque toujours des traits d'union entre systèmes écologiques interdépendants, et leur fragilité en fait des indicateurs remarquables de la qualité des processus écologiques à l'échelle locale.

Parmi les thématiques qui ont orienté la composition de ce cahier figurent notamment le temps nécessaire à l'élaboration d'une ressource hydrique, la vulnérabilité à (et l'irréversibilité de) certaines modifications, la place des sociétés humaines...

Enfin, nous avons aussi voulu questionner notre rapport futur à nos ressources en eau, en rappelant les dilemmes à trancher impérativement pour choisir en toute lucidité et responsabilité le devenir de ce patrimoine naturel inestimable à bien des égards, dans un contexte climatique, écologique, énergétique et sociétal de plus en plus risqué.

S'il ne nous appartient pas de juger de la pertinence des choix passés ou à venir, c'est parce qu'il en va de la responsabilité inaliénable de chaque guadeloupéen(-ne) de « souche » ou de cœur de se forger son intime conviction ; si ce cahier peut valablement y contribuer, nous aurons atteint un objectif fondamental.

Bien sûr, des déceptions ou frustrations seront peut-être à craindre, mais c'est sans doute le prix à payer pour le caractère forcément inachevé de ces premiers jalons d'une transition climatique et solidaire qui nous dépassera toujours.

Dr Janmari Flower
Ecologue, comptable carbone,
réviseur du 6ème rapport du GIEC,
Groupe de travail III (atténuation de la Dérive Climatique).



Table des matières

Partie 1. Climat de l'archipel de la Guadeloupe.....	5
1.1. La pluviométrie.....	8
1.2. Les températures.....	9
1.3. Hydrométrie et bilan hydrique - Le cycle de l'eau -.....	10
Partie 2. La ressource en eau douce de l'archipel de la Guadeloupe.....	13
2.1. Les eaux de surface.....	14
2.2. Les eaux souterraines.....	16
2.3. Les usages de l'eau.....	18
Partie 3. Le changement climatique et ses effets.....	20
3.1. Les techniques de prédiction.....	20
3.2. Les prévisions sur l'évolution des précipitations sur l'archipel de la Guadeloupe.....	22
3.3. Conséquences attendues sur la ressource en eau.....	27
3.4. Conséquences attendues sur les milieux naturels.....	28
3.5. Impacts probables sur nos usages.....	29
3.5.1. Eau potable.....	29
3.5.2. Agriculture.....	29
3.5.3. Production hydroélectrique et géothermique.....	30
3.5.4. Eaux de baignade en rivière.....	30
3.5.5. Concurrence de l'eau entre usages.....	30
Partie 4. Les leviers d'action.....	32
4.1. Vers une gestion intégrée de la ressource en eau.....	32
4.2. Emergence de pratiques vertueuses et économes en eau.....	34
Partie 5. Conclusion.....	36
GLOSSAIRE.....	37
REFERENCES.....	38

Climat de l'archipel de la Guadeloupe

Le climat varie d'un continent à l'autre, d'un pays à l'autre. Il induit des différences au sein d'un même pays, d'une même région et d'un même archipel. Le climat influence les paysages, les modes de vies et la culture d'un pays. La relation à l'eau change d'un pays froid à un pays chaud, d'une région humide à une région sèche. L'archipel de la Guadeloupe a la chance d'avoir un climat avec de nombreuses nuances qui assure à toutes ses composantes une profusion de ressources en eau.

Définition du climat

Le climat est une notion complexe, qui dépend à la fois du lieu et de la période que l'on étudie. Une des nombreuses définitions possibles est la moyenne des conditions météorologiques en un lieu sur une période allant de quelques mois à plusieurs milliers d'années. Le climat n'est donc ni la météo d'un lieu, ni le temps qu'il a fait où qu'il fera. L'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) a adopté comme période de référence climatique la durée de trente (30) ans. Dans le présent document c'est elle qui sera la plus fréquemment utilisée.

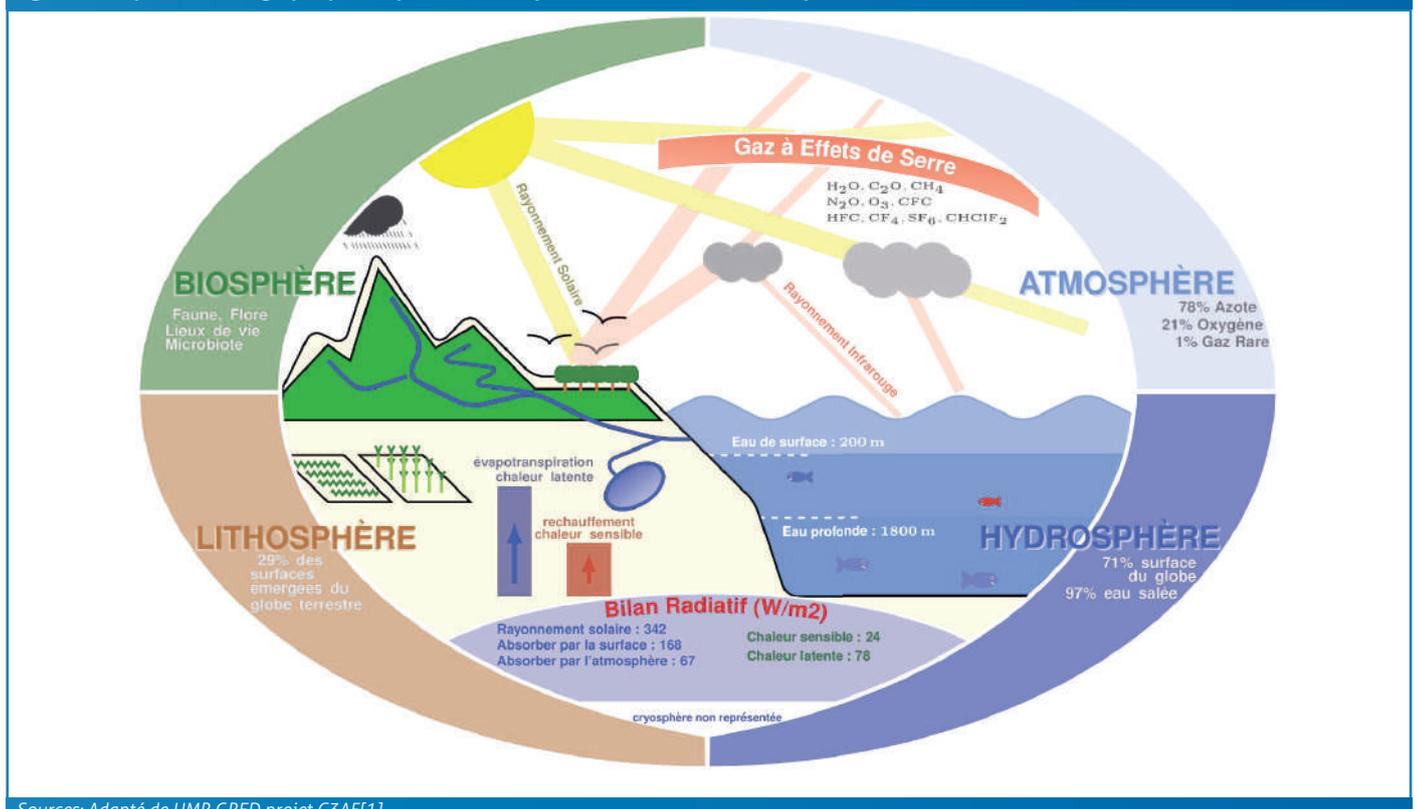
On s'appuiera sur l'analyse des paramètres dits climatiques tels que les précipitations, les températures, l'humidité, mais aussi la pression atmosphérique et les vents, pour le caractériser. Les analyses climatiques seront essentiellement faites à l'aide d'outils statistiques. Le climat peut alors être présenté comme la description des comportements moyens, des tendances, des variations mais aussi par l'évaluation des similitudes des valeurs ou des tendances.

Les composantes du climat

Les sciences du climat mettent en relation l'ensemble des composantes de l'environnement telles que : l'**Atmosphère** (air, nuages, sable du Sahara, pollution atmosphérique,...), l'**Hydrosphère** (la mer, les océans, les rivières et les lacs), la **Cryosphère** (la neige, les glaciers, les icebergs,...) et la **Lithosphère** (croûte et manteau terrestre) (Figure 1).

À l'interface de ces espaces physiques se trouve un espace biologique où la VIE s'épanouit, que l'on appelle **Biosphère**. Elle regroupe l'ensemble des écosystèmes terrestres, marins et humain. Toute perturbation de cet espace par les variations du climat peut avoir des conséquences importantes allant de la sécheresse, à la désertification en passant par des incendies.

Figure 1 : Représentation graphique de quatre des composantes du climat et description de l'effet de serre



Sources: Adapté de UMR GRED projet C3AF[1]

Le climat de la Terre

La planète Terre baigne dans un univers froid. Grâce à ses principales sources de chaleur, elle a pu maintenir une température moyenne à sa surface de l'ordre de 13,4 à 14,8°C durant les 140 dernières années.

La première source de chaleur est interne et est produite dans le noyau de la terre et la croûte terrestre à l'aide de réactions nucléaires. La chaleur remonte à la surface par les flux géothermiques, les volcans et les tremblements de terre [2].

La seconde source est externe et provient des rayons du soleil qui pénètrent l'atmosphère et sont absorbés par la surface de la terre. La température de la troposphère, - la première couche de l'atmosphère comprise entre 0 et 15 kilo-

mètres d'altitude, est maintenue par l'effet de serre (Figure 1).

Les gaz à effet de serre (GES), tels que la vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) ont la capacité de réfléchir les radiations de chaleur (proche infra-rouge) et de conserver ainsi la chaleur de la surface de la terre.

Les changements climatiques en cours sont liés à l'accumulation dans l'atmosphère terrestre de ces gaz, en particulier depuis les révolutions industrielles du 19^{ème} et 20^{ème} siècles [3]. La présence de ces gaz modifie le bilan radiatif, c'est-à-dire, la différence entre la chaleur entrante et sortante de l'atmosphère, ce qui provoque une accumulation d'énergie sous forme de chaleur et un réchauffement global.

Climat de la Guadeloupe

Le climat de la Guadeloupe est défini par Météo-France comme étant tropical maritime [4,5]. Un climat qui est donc chaud toute l'année avec des températures supérieures à 18°C, sans hiver thermique mais avec de fortes précipitations. Cela est dû à un fort ensoleillement toute l'année, plus de six (6) heures en moyenne par jour et au passage fréquent de masses d'air humide maritimes. Dans d'autres systèmes de classification tel que celui de Köppen-Trewartha [6] il est défini comme tropical humide avec une saison sèche en période hivernale.

La Guadeloupe est dotée d'un climat qui se décompose en deux saisons principales et deux phases (ou saisons) de transition. La saison sèche va de janvier à mars avec des températures basses et un taux d'humidité relative faible. La saison des pluies (ou saison humide) va des mois de juillet à octobre avec des températures et des humidités relatives hautes. Les deux saisons de transition respectivement de deux et de trois mois sont caractérisées par les variations de température et de précipitation (Tableau 1) [4].

L'Archipel de la Guadeloupe

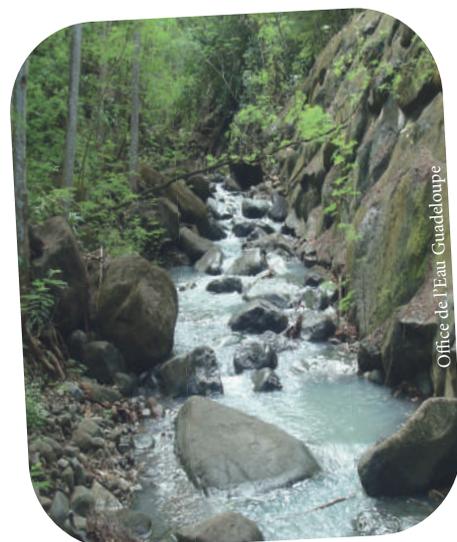
L'archipel de la Guadeloupe est composé de six îles principales proches les unes des autres. De tailles et de formes différentes, ces dispositions géographiques et ces différences morphologiques, influencent la circulation atmosphérique et océanique autour des îles et donc le climat de leurs voisines.

La Désirade, Marie-Galante et la Grande-Terre sont recouvertes par la même plateforme carbonatée (c-a-d dépôts sédimentaires calcaires et récifal), abondamment fracturée par des failles qui façonnent leur forme. La Désirade a la forme d'une table ; Marie-Galante est un large disque fracturé, la Grande-Terre a une forme triangulaire. L'île de la Basse Terre est constituée d'une chaîne de massifs volcaniques (dont l'âge varie entre 4,3 millions d'années au nord et 500 ans pour le volcan actif de la Soufrière qui est du type explosif et culmine à 1 467 m au-dessus du niveau de la mer). Les îles des Saintes sont composées de deux îles principales et formées de pitons volcaniques de faible altitude (309 m et 293 m) [7] (Carte 1).

Les conditions climatiques entre la Désirade, les Saintes, Marie-Galante, la Grande-Terre et la Basse-Terre sont toutes spécifiques, avec des différences marquées entre le nord et le sud des îles mais aussi entre les zones au vent et les zones sous le vent. L'exemple de l'île de la Basse-Terre est parlant, avec les communes de Capesterre-Belle-Eau et de Baillif, distantes de moins de 10 km, qui ont des régimes de pluies différents avec deux à trois fois plus de précipitations donnant un espace très humide pour la première et un espace très sec pour la seconde.

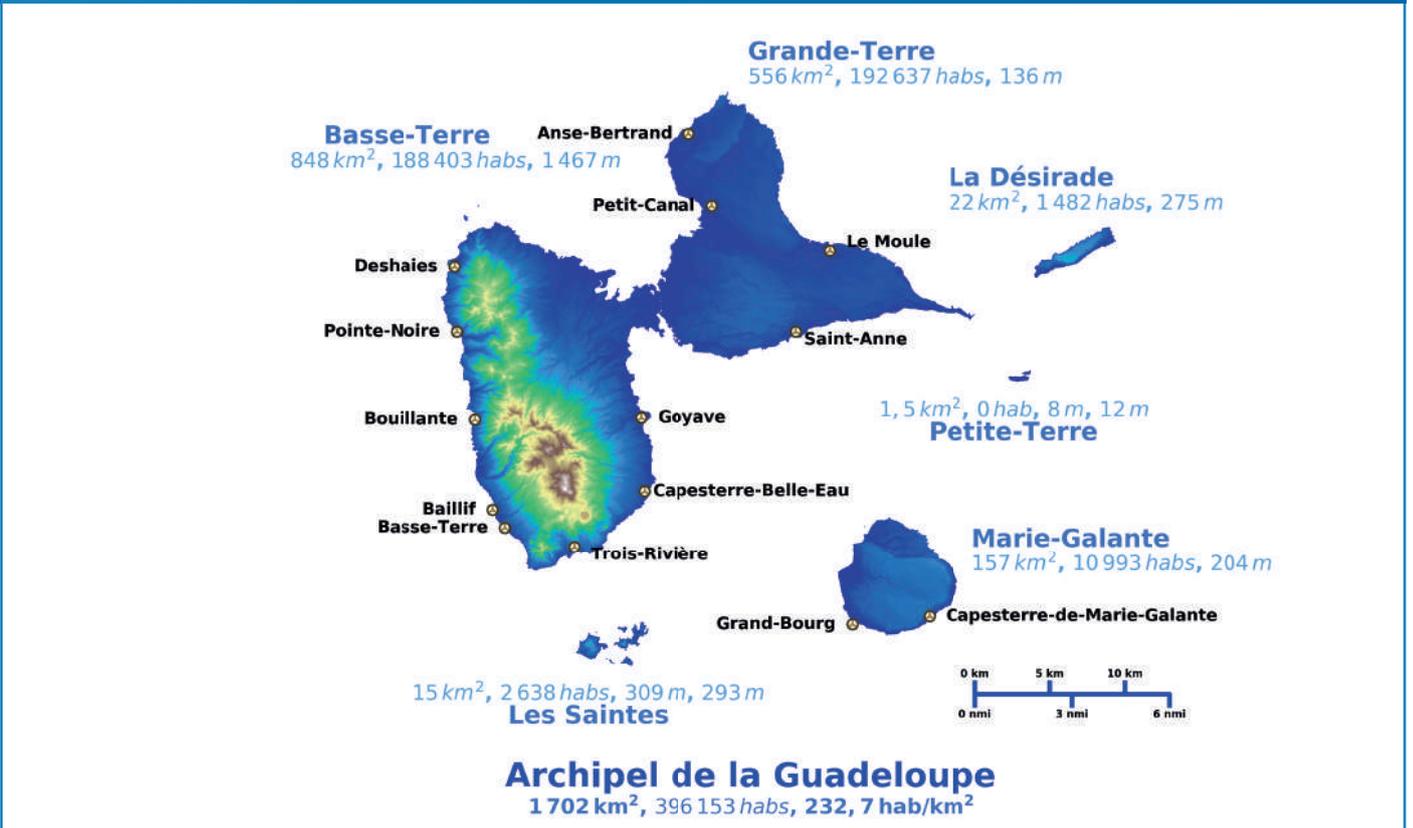


Cascade aux écrevisses, Petit-Bourg



Office de l'Eau Guadeloupe

Carte 1 : Carte Topographique de la Guadeloupe avec la surface, le nombre d'habitants et la hauteur du sommet des îles principales (les couleurs représentent les élévations)



Sources : fond de carte IGN 5m et données INSEE de 2019

Cette première section présente les températures, les précipitations et l'hygrométrie des trente dernières années mesurées dans l'archipel de la Guadeloupe. Elle décrit aussi le cycle de l'eau qui caractérise les échanges entre les différentes composantes du climat et de la biosphère. (Figure 1)

Tableau 1: Principales valeurs décrivant le climat de l'archipel de la Guadeloupe avec la Station du Raizet comme point de référence

Mois	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Saison	Saison sèche			1ère transition			Saison des pluies -saison humide			2ème transition		
Description	Alizé constant et soutenu Temps sec et ensoleillé Petites averses fréquentes en fin de nuit			Averses plus fréquentes Température en hausse			Temps chaud et humide Associées à des ondes d'est et à l'activité cyclonique			Pluie diminue Température en baisse		
Température moyenne*	25,04°C			27,13°C			27,77°C			26,00°C		
Température minimale*	20,77°C			23,37°C			23,88°C			21,85°C		
Température maximale*	29,37°C			30,87°C			31,62°C			30,10°C		
Pluviométrie*	211 mm (70 mm par mois)			338 mm (113 mm par mois)			720 mm (240 mm par mois)			348 mm (116 mm par mois)		
Humidité relative**	77,70 %			76,32 %			80,17 %			81,64 %		
Durée ensoleillement***	6,80 h			7,10 h			6,78 h			6,20 h		
Débit de la Grande Rivière à Capesterre (CBE)****	2,17 m ³ /s			2,71 m ³ /s			2,53 m ³ /s			3,01 m ³ /s		

Sources : Données de METEO-FRANCE et de la Banque Hydro

*Météo-France (Climat Guadeloupe) le Raizet moyenne 1981-2010

** Météo-France : donnée de la station du Raizet (1990-2019)

*** Météo-France (Climat Guadeloupe)le Raizet moyenne 1996-2010

**** BanqueHydro, Grande-Rivière de Capesterre Belle-Eau, moyenne de 2002 à 2020, 9,59 % de données manquantes [8]

1.1. La pluviométrie

Les origines des précipitations

La pluviométrie, plus généralement appelée précipitations, représente le volume d'eau d'origine atmosphérique parvenant au sol à la suite d'une chute plus ou moins longue. Les volumes d'eau se formant directement sur le sol ou à proximité comme la rosée, sont aussi comptabilisés.

Les précipitations peuvent être des gouttes de pluie, des cristaux de neige ou de la glace (exemple la grêle).

Le processus de précipitation intervient quand les masses d'air sont saturées de vapeur d'eau et que l'espace entre les molécules d'eau est suffisamment réduit pour leur permettre de s'agglomérer et de se transformer en liquide ou en solide suivant la température.

Le processus de formation de la pluie fait intervenir de nombreux paramètres. Il est facilité par la présence de microparticules tels que des poussières, des particules de combustion, du sel marin ou des micro-organismes.

La saturation des masses d'air, qui permet à la production de pluie a surtout lieu au cours d'une variation des températures. Elle peut intervenir notamment : quand une masse d'air chaude rencontre une masse d'air froide ; au cours de la réduction du rayonnement solaire à la tombée de la nuit ; dans les phases de dissipation de la chaleur en fin de nuit ; ou à cause de variations d'altitude lors de la rencontre d'un obstacle comme le massif de la Soufrière. On parle dans ce cas de pluie orographique [9].

D'autres facteurs, tels que la présence d'une ville ou de pollution atmosphérique, influencent les précipitations. En effet, l'apport de la chaleur des villes ou des zones urbaines [12] participe à l'augmentation de la température et rend les conditions de précipitations moins favorables. La pollution atmosphérique permet la mise en suspension d'un grand nombre de particules qui sont autant de supports favorables à la coalescence de la vapeur d'eau.

Les précipitations en Guadeloupe

Les précipitations sont présentes toute l'année sur la Guadeloupe avec des zones qui peuvent ne recevoir aucune précipitation pendant plusieurs semaines telles que Les Saintes et La Désirade. L'amplitude des précipitations mesurée pour la station de référence du Raizet est de 150 mm avec moins de 50 mm en février (saison sèche) et jusqu'à 220 mm en octobre (saison humide).

Au regard des quantités de précipitations, on peut définir au moins quatre zones en Guadeloupe. Une zone sèche totalisant entre 1000 et 1200 mm par an c'est le cas de La Désirade et les Saintes, une zone intermédiaire avec de 1200 à 1600 mm entre les Grands-Fonds et le nord Basse-Terre incluant Marie-Galante, une zone humide sur la côte au vent de la Basse-Terre avec 1600 à 3500 mm et enfin, une zone très humide avec entre 3500 et 10.000 mm par an au-dessus de 600 m d'altitude incluant le sommet de la Soufrière. (Carte 2)

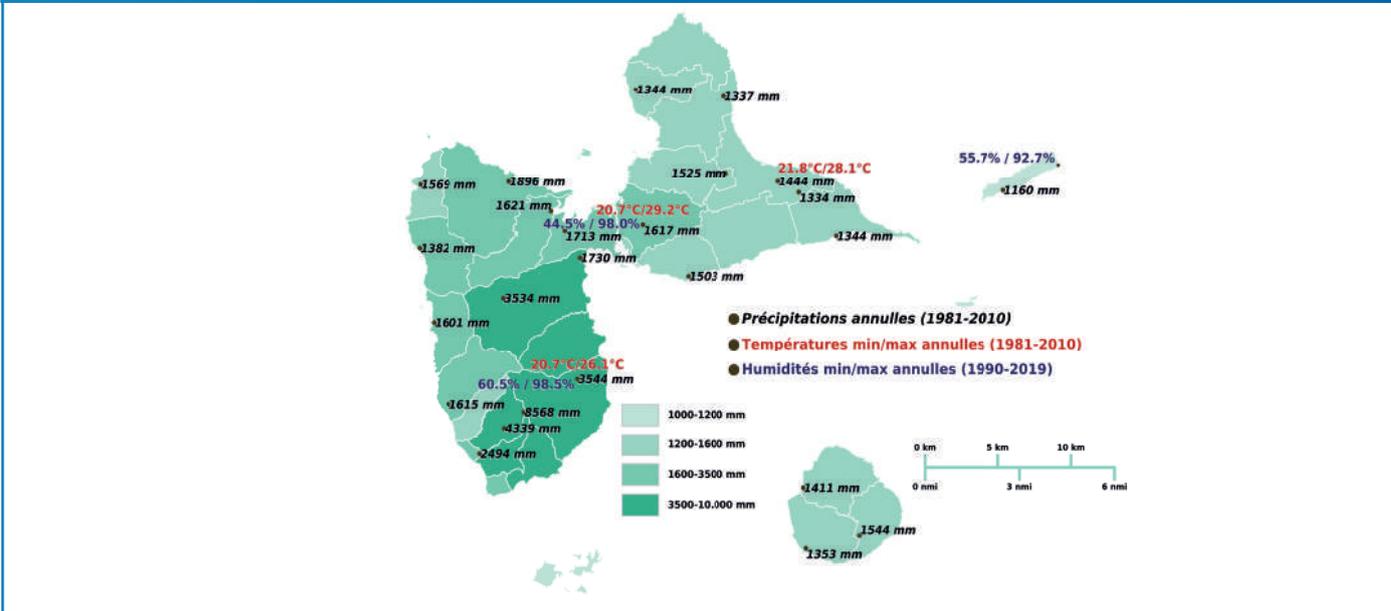
Les précipitations d'une année à l'autre sont fortement impactées par le passage de phénomènes cycloniques

qui peuvent produire en une ou deux journées l'équivalent d'un à deux mois de précipitations, (Maria 2017, 221 mm ; Lenny 1999, 241 mm, José 1999, 130 mm) [10].

D'autres paramètres climatiques influencent la pluviométrie telle que l'Oscillation Australe ou ENSO (sigle anglo-saxon pour El Niño Southern Oscillation) qui se produit dans la zone tropicale Est de l'océan Pacifique. Cette oscillation provoque des variations de température de la surface de la mer et des modifications de la circulation atmosphérique. Les changements entre les trois phases de cette oscillation El Niño (phase positive), La Niña (phase négative) et la phase neutre ont des effets en mer des Caraïbes. Elles provoquent des assèchements de l'air et des réductions de précipitations.

On observe malheureusement, depuis 1951 une tendance à la baisse des volumes de précipitations. Cette diminution est aujourd'hui estimée à -6,6 mm par an à la station du Raizet.

Carte 2: Carte des moyennes de précipitations, de températures et d'humidités relatives



Sources : fond de carte BDTPOPO 2016 données MÉTÉO-FRANCE (1981-2010 et 1990-2019)

1.2. Les températures

Les sources de chaleur

La température en un lieu dépend principalement du bilan radiatif de la zone. C'est-à-dire, de la quantité de chaleur reçue par le rayonnement solaire et de la quantité évacuée par dissipation thermique. Toutefois, d'autres sources et formes de chaleur peuvent modifier la température, comme la chaleur contenue dans les masses d'air advectées par le vent ou celle contenue dans la vapeur d'eau (chaleur latente). Rappelons ici que l'eau liquide absorbe de la chaleur pour se transformer en vapeur, ce qui provoque un léger refroidissement de la masse d'air locale ambiante mais, après condensation cette chaleur est libérée et provoque un réchauffement local.

Par ailleurs, comme signalé plus haut, la composition de l'atmosphère joue aussi un rôle sur la température. La présence de polluants (exemple : sable du Sahara) ou de nuage peut modifier le bilan radiatif et augmenter localement les températures. Enfin, La nature du sol peut aussi influencer la température en accumulant de la chaleur en particulier dans les matériaux de construction (roche, béton, bitume,...) et fonctionner comme des condensateurs thermiques qui relâcheraient leur chaleur en fin de journée (Îlot de Chaleur Urbaine [12]). L'ensemble de ces processus font que les températures sont le plus souvent inhomogènes et qu'elles peuvent varier d'un point à l'autre.

Température dans l'archipel de la Guadeloupe

Le climat marin de la Guadeloupe rend les températures fortement dépendantes de celles de la surface de la mer. Les masses d'air humides jouent un rôle aussi important que les radiations solaires dans les variations diurnes. En moyenne les températures mesurées sous abris ventilés varient de 24,9 à 28°C avec des minimales entre 20,7 et 24,3°C (moyenne de 24,8°C) et des maximales entre 29,2 et 31,9°C (moyenne de 31,6°C). Les températures les plus basses se rencontrent dans les zones en altitude et les températures les plus élevées se retrouvent dans les zones sèches, les plus urbanisées et les plus proches du niveau de la mer où la pression atmosphérique est la plus forte.

À l'année, les températures les plus basses surviennent pendant la saison sèche (janvier à mars) et les températures les plus chaudes entre juin et septembre ce qui correspond à la première phase de transition et à la saison des pluies (Tableau 1). En Guadeloupe, la température est un paramètre important dans la définition du climat, mais elle n'en est pas l'élément clé. La station du Raizet (Les Abymes) a été choisie historiquement comme station de référence climatique alors que compte tenu de

sa localisation, les paramètres qu'on y mesure ne permettent pas de caractériser de manière exhaustive l'ensemble de l'archipel. Il convient d'en tenir compte avant toute analyse de données. Durant la période 1987-2010, la température moyenne a été évaluée à 26,6°C, la moyenne des températures maximales (T_x) à 30,6°C et moyenne des températures minimales (T_n) à 22,6°C [13]. Sur la base des températures moyennes au Raizet on peut conclure que, la Guadeloupe a connu en soixante ans entre 1951 et 2011, une augmentation de sa température de **+1,77°C soit 0,3°C** par décennie.

Pour comparaison la Martinique a connu elle une augmentation de +1,47°C soit 0,33°C par décennie sur la période de 44 ans entre 1965 et 2009 [14]. À l'échelle de la Caraïbe les variations de température des 40 dernières années sont estimées à +0,75°C [15, 16] avec une augmentation de l'ordre 0,3°C par décennie pour les Petites-Antilles et 0,1°C par décennie pour les Grande-Antilles [17]

Les températures jouent un rôle important dans la production et la conservation de la ressource en eau, car elles impactent l'évaporation (passage de l'état liquide à l'état gazeux des volumes d'eau) et l'évapotranspiration (passage de l'état liquide à l'état gazeux des volumes d'eau contenue dans la sève des plantes). Elles contribuent ainsi à la variation des volumes de vapeur d'eau dans l'atmosphère.



1.3. Hygrométrie et bilan hydrique

-Le cycle de l'eau-

Humidité de l'air

Plus d'une vingtaine de paramètres atmosphériques sont utilisés pour décrire le temps et le climat. Ils sont mesurés à des hauteurs et à des fréquences différentes. La pluviométrie et la température ont été présentées dans les deux premières sections de ce chapitre. Le troisième paramètre de base présenté ici sera l'humidité. Il est en relation directe avec la ressource en eau et correspond à la quantité d'eau contenue dans l'air sous forme gazeuse.

L'humidité absolue représente la quantité de vapeur d'eau généralement présentée en gramme de vapeur d'eau par ki-

logramme d'air sec. Cette valeur dépend des conditions de température et de pression atmosphérique. On lui préfère l'humidité relative qui est le pourcentage de vapeur d'eau contenue dans une masse d'air en fonction de la quantité de vapeur maximale. Une humidité relative de 100 % indique une saturation de la masse d'air en eau qui se manifeste par de la condensation avec apparition de gouttes de rosée ou de brouillard.

À pression atmosphérique constante : plus un gaz est chaud et plus il pourra accumuler une masse de vapeur d'eau importante ; une masse d'air froid est moins chargée en humidité qu'une masse d'air chaud !

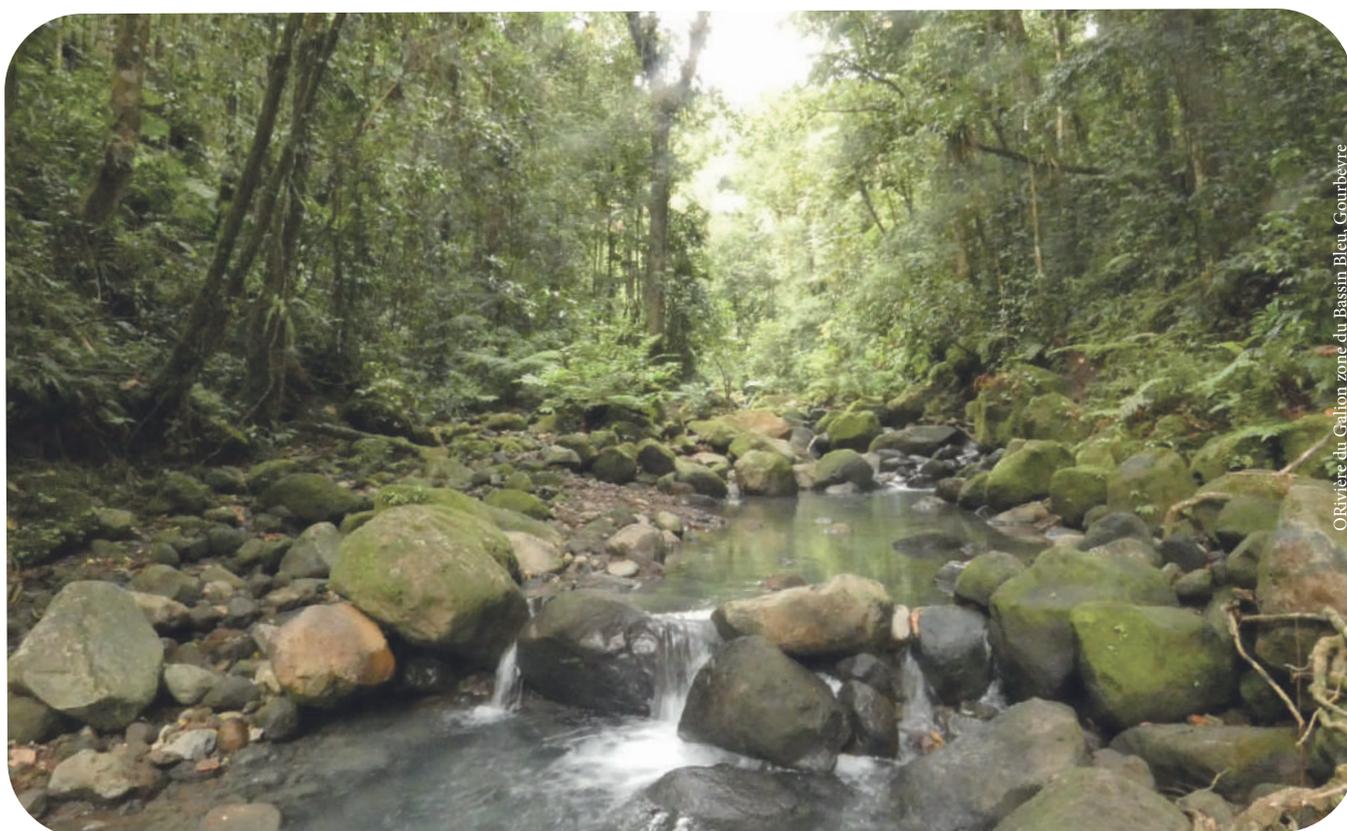
Humidité en Guadeloupe

Le taux d'humidité est un paramètre difficile à mesurer sur le long terme. Les taux d'humidité sont en général plus élevés dans les hauteurs ou au vent d'un édifice montagneux et plus bas dans les plaines.

Les données d'humidité dans l'archipel de la Guadeloupe sont peu nombreuses et le plus souvent discontinues. D'après les données brutes obtenues de Météo France (1990-2019), l'humidité quotidienne à la station de référence du Raizet varie entre 52,14% (mars) et 96,06 % (novembre) tandis que le taux moyen à Capesterre-Belle-Eau située en zone montagneuse est de 83,74 %, plus élevé que celui des plaines (78,88 % au Raizet et 75,53 % à la Désirade) (Carte 2). Cependant les variations restent fortes au cours d'une journée ou d'une saison.

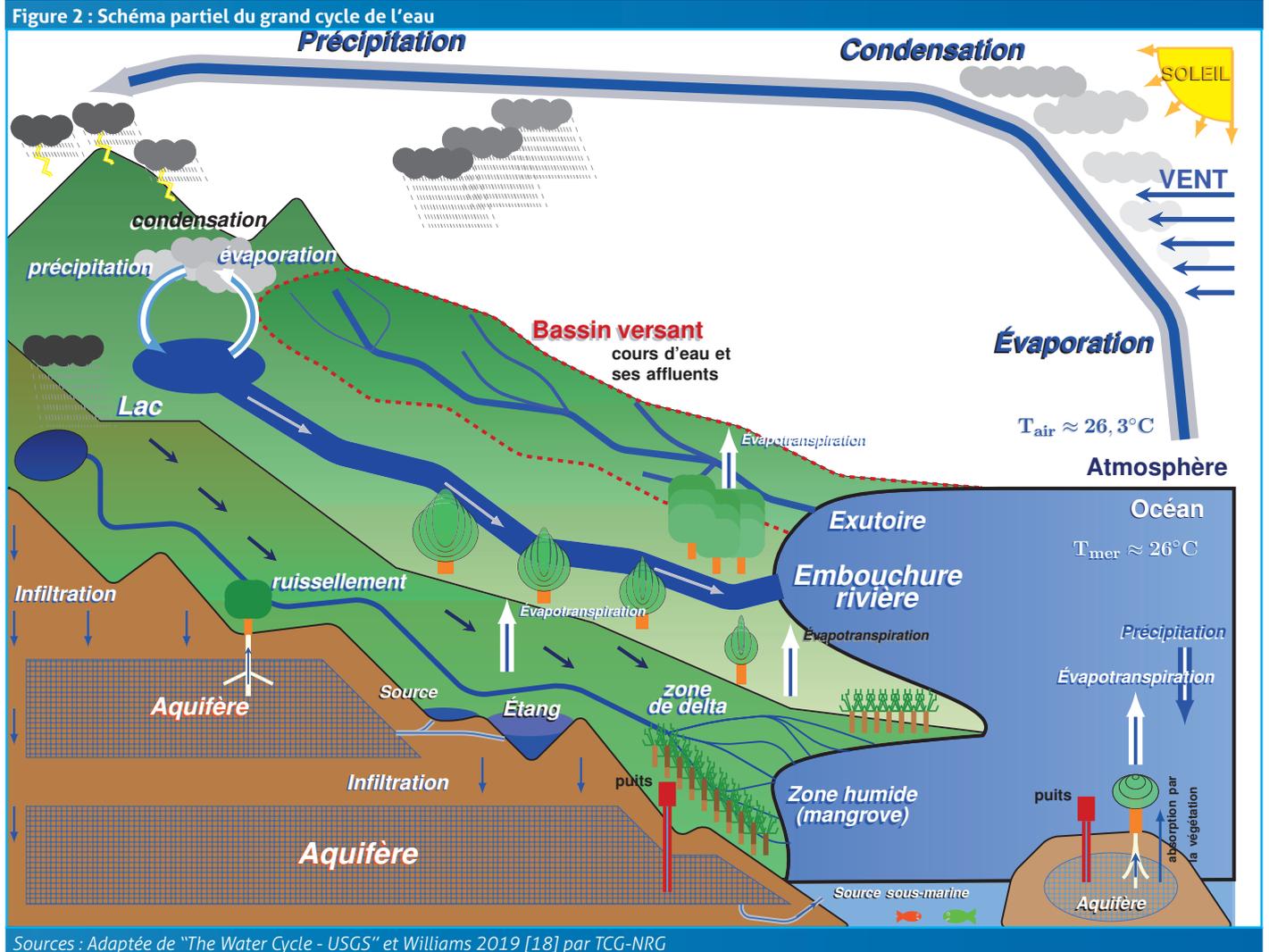
La tendance sur les vingt-quatre dernières années à la station de référence du Raizet (altitude de 11 m) montre une réduction de l'ordre de 0,049 point par an, confirmé par la station de la Désirade (27 m) -0,228 point par an. À l'inverse la station de Neuf-Chateau à Capesterre-Belle-Eau (altitude 253 m) affiche une croissance de 0,19 point par an sur les huit (8) dernières années.

Ces tendances ne peuvent pas être validées statistiquement du fait du manque de données. Cela constitue une des nombreuses limites du système d'observation météo dans l'archipel de la Guadeloupe.



ORivière du Gailon zone du Bassin Bleu, Gourbeyre

Le grand cycle de l'eau



Les échanges d'eau entre l'atmosphère, la lithosphère, et l'hydrosphère sont du type thermodynamique (Figure 1). C'est-à-dire qu'ils concernent à la fois l'énergie et la matière. Dans l'étude du temps et du climat, l'eau est la principale matière échangée entre ces trois milieux sous forme liquide, gazeuse (vapeur d'eau) et solide (cristaux de neige ou de glace). L'eau aide aussi au transport de l'énergie, sous forme de chaleur interne et latente. Pour décrire les échanges de chaleur et d'eau à la surface de la Terre on parle du cycle de l'eau.

Une atmosphère humide facilite la génération de nuages, de brouillard, de rosée et/ou de pluie. Une atmosphère très sèche va favoriser l'évaporation et l'évapotranspiration des végétaux. C'est d'ailleurs un des paramètres qui détermine le niveau de sécheresse.

L'humidité de l'air est importante. Il en est de même de celle du sol qui peut servir de réservoir pour les plantes mais aussi pour l'atmosphère. Les mouvements de va-et-vient de l'eau sous forme liquide, solide et gazeux entre l'atmosphère, la lithosphère et l'hydrosphère qualifient le cycle de l'eau. Ils existent depuis plusieurs centaines de millions d'années et sont essentiels pour la biosphère et nos espaces de vie.

Le cycle de l'eau comprend un grand cycle et une infinité de cycles plus petits que l'on peut définir à l'échelle de chaque système tels : le cycle de l'eau potable, le cycle de l'eau agricole, etc. (Figure 4).

La surface de la terre est recouverte de plus de 71 % d'eau, dont 97,25 % de cette quantité est de l'eau salée, répartie entre les lacs d'eau salée, les mers et les océans (Figure 1).

Les rayons du soleil réchauffent la surface des océans et provoquent l'évaporation de l'eau de mer. La vapeur d'eau plus chaude et plus légère que l'air ambiant flotte. Elle s'élève jusqu'à se stabiliser et commencer à se condenser en gouttes d'eau et cristaux de glace au sein des nuages. La vapeur d'eau est aussi produite par le sol, les lacs, mares, mangroves et les plantes via l'évapotranspiration, une évaporation qui se produit sur le sol et sur les surfaces végétales.

Les nuages de pluie sont advectés par la circulation atmosphérique globale (vents d'altitude) sur de très grandes distances. Suivant les conditions atmosphériques, le poids des gouttes d'eau peut croître et les précipiter vers la mer et le sol sous forme de pluie, de glace ou de neige.

Une fois tombée, une partie de l'eau (10-55 % en fonction de la nature du sol) ruisselle à la surface de la terre en suivant les pentes des volcans, des montagnes, des vallées, des plateaux pour former des ruisseaux, rivières, torrents, mares, lacs, ou fleuves le plus souvent jusqu'à la mer.

Une autre partie des précipitations s'infiltré dans le sous-sol (10-25 %) en fonction de la porosité des couches de sol et de la présence de fractures. L'eau souterraine s'accumule et forme

des nappes phréatiques au sein des aquifères, mais aussi des sources d'eau chaudes ou froides. Comme l'eau de surface, l'eau souterraine cherche à rejoindre la surface de mer par effet de la gravité terrestre pour refermer le cycle.

Le reste de l'eau précipitée est absorbé par la végétation (arbre, forêt, exploitation agricole,...) pour ses besoins biologiques avant d'être transpiré.

Une dernière partie de l'eau, initialement faible, mais de plus en plus importante, est captée par des dispositifs humains. Elle rentre alors dans le cycle de l'eau potable, pour la consommation

domestique et l'utilisation dans l'industrie avant d'être rejetée après ou sans traitement dans les rivières ou en mer.

En proportion le volume d'eau contenu dans l'atmosphère est très faible par rapport aux océans (presque cent mille fois moins). Mais le rôle des masses d'air est essentiel dans le transport de l'eau vers la terre. Le temps de résidence d'une particule d'eau dans chacune des parties du cycle de l'eau est variable, mais indicateur des risques de pollution. Plus le temps d'exposition à des matières polluantes est grand, plus le risque d'avoir une eau chargée de ces polluants est fort.

Le cycle de l'eau potable

L'homme récupère de plus en plus d'eau à l'aide de captages installés sur des rivières et des pompes puissantes dans les puits de nappes d'eau souterraines. Ces accroissements de volume sont liés à la démographie mais aussi aux concentrations de l'habitat et aux besoins d'hygiène. L'eau est transportée via des canalisations jusqu'aux stations de traitement. Dans ces stations, elle subit une batterie de traitements à savoir : le dégrillage, le tamisage, la flottation, le chaulage, la coagulation, la floculation, la décantation, la filtration et en dernier lieu la désinfection. Après ces multiples étapes de traitement, l'eau obtenue doit être d'une bonne qualité et exempte de tout élément nuisible à court et à long terme. L'eau potable produite est stockée dans des réservoirs construits en hauteur (du type château d'eau) afin de faciliter sa distribution par gravitation.

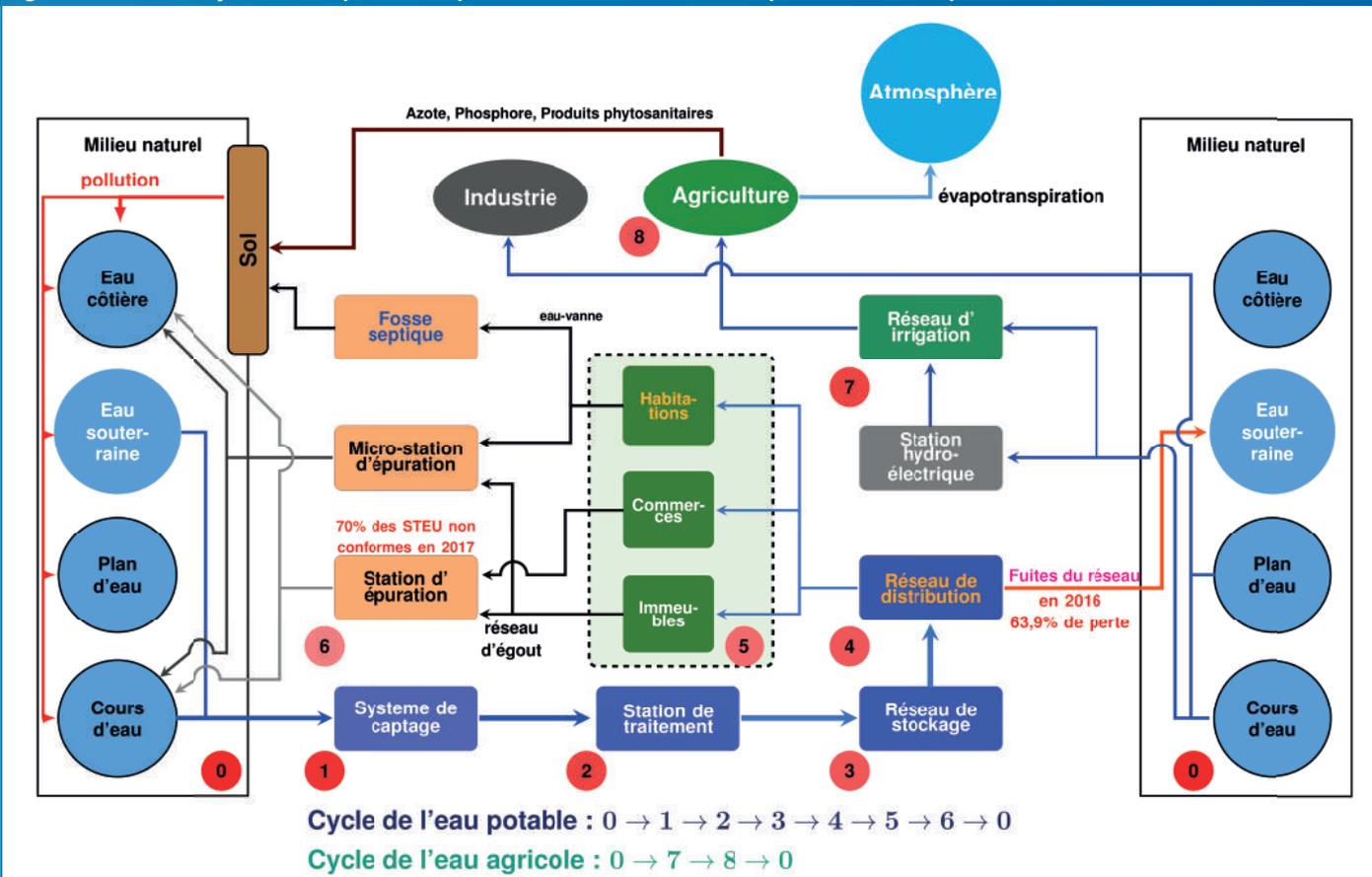
Cette eau traitée sera utilisée dans tous les secteurs d'activité

à la fois pour les activités domestiques, l'hygiène (nettoyage), l'agroalimentaire, la filtration, dans le bâtiment et dans l'industrie (énergie).

Après utilisation, les eaux dites usées, chargées de composés organiques et chimiques plus ou moins toxiques, sont collectées via un réseau dédié (égout, canalisation). Elles doivent être traitées par des stations d'épuration afin de pouvoir être réinjectées dans le grand cycle de l'eau via les rivières ou des canalisations vers la mer, et cela sans perturber l'environnement.

Malheureusement la vétusté ou l'absence des réseaux d'assainissements font qu'une quantité plus ou moins importante de ces eaux usées est directement rejetée dans les milieux naturels (les sols, les rivières ou les mers) provoquant ainsi la pollution des eaux de surface et souterraines mais aussi la dégradation des sols et des écosystèmes (Figure3).

Figure 3: Schéma du cycle de l'eau potable adapté à l'environnement de l'archipel de la Guadeloupe



Source: Adaptée de l'Agence de l'Eau Artois-Picardie par TCG-NRC

Les caractéristiques du cycle de l'eau pour l'archipel de la Guadeloupe étant posé, l'inventaire de la ressource en eaux peut être mené pour l'ensemble de l'archipel.

La ressource en eau douce de l'archipel de la Guadeloupe

L'origine de l'eau douce

Il pleut en Guadeloupe entre 1 200 et 8 000 mm par an (moyenne entre 1981 et 2010), soit une moyenne spatiale de 1 500 mm. Toute cette pluie qui tombe sur les 1 438 km² de terres émergées de la Guadeloupe représente un volume d'eau de l'ordre de 2,157 milliards de m³ par an, soit 1,2% de la consommation d'eau en 2016.

Seule une partie de cette eau va ruisseler, s'infiltrer dans le sol et être captée par la végétation, les nappes phréatiques ou par des dispositifs humains. L'évapotranspiration va transférer une partie de cette eau vers l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau, le reste va rejoindre les masses d'eau côtières en suivant le grand cycle de l'eau (Figure 2).

Les précipitations sont composées d'une eau très peu minéralisée, avec quelques éléments de l'atmosphère notamment en cas de forte pollution. L'eau de pluie analysée en Guadeloupe comme dans d'autres îles de la Caraïbe peut contenir du sel marin et des traces de poussières du Sahara [19, 20].

Ce sont les minéraux dissous dans l'eau qui lui donnent des qualités gustatives et nutritives. Le goût d'une eau de rivière, de source, de mare ou souterraine n'est pas le même.

Au cours de son parcours dans le sous-sol, l'eau acquiert sa minéralité qui va dépendre : du temps de transfert et du trajet, de la quantité d'eau infiltrée, de la perméabilité du sous-sol et de la nature des roches présentes dans le sous-sol [19]. L'eau se charge au fur et à mesure de son trajet sous-terrain en minéraux solubles et nutritifs (calcium, potassium, magnésium, soufre, phosphore, ...).

L'altération chimique et l'érosion mécanique dans les bassins versants sont à l'origine du transport des produits dissous (ions) et solides (matières organiques et minérales en suspension) dans les nappes, sources et rivières. Le passage de l'eau par les premières couches du sol est essentiel pour la qualité finale de l'eau [19, 21]. La nature et la qualité des sols sont des paramètres clé dans la qualité de la ressource en eau.

Une eau douce est une eau avec une salinité suffisamment basse qui permet sa consommation. La limite utilisée aujourd'hui est fixée à ~0,3 g de sel par kg d'eau par l'Union Européenne [Directive du conseil 98/83/EC]. A titre de comparaison une eau de mer à une salinité qui varie entre 30 et 40g de sel par kilogramme d'eau.

Principales ressources en eau

La pluviométrie est favorisée par la présence de sommets qui vont aider la condensation de la vapeur d'eau par effet orographique ou par la présence de températures plus basses.

L'île de la Basse-Terre, avec ses sommets volcaniques récents est drainée par plus de 47 cours d'eau qui représentent la principale source d'eau douce de la Guadeloupe. La Basse-Terre fournit à ce jour 90 % du volume prélevé pour l'Alimentation en Eau Potable (AEP).

En plus des rivières de la Basse-Terre l'archipel de la Guadeloupe compte une autre source d'eau de surface, c'est la réserve que constitue la retenue de Gachet, en Grande-Terre (2,5 millions

de m³), en grande partie alimentée par de l'eau transportée depuis la Basse-Terre. À ce plan d'eau il faut rajouter la multitude de bassins et mares répartis surtout sur toute la Grande-Terre et Marie-Galante. Le recensement de 2007 a dénombré près de 2000 mares et autres points d'eau dans l'archipel [22].

La troisième source d'eau douce est celle des nappes d'eau souterraines, six sont comptabilisées : deux en Grande-Terre (nappes dites supérieures et inférieures) ; une à Marie-Galante ; deux sur la Basse-Terre (au nord et au sud) ; et une à la Désirade. Trois de ces nappes sont actuellement exploitées pour l'Alimentation en Eau Potable (AEP).

L'eau participe directement ou indirectement à la quasi-totalité des activités économiques de la Guadeloupe. Il est essentiel de pouvoir décrire et quantifier cette ressource naturelle afin d'évaluer les effets à venir du changement climatique.



2.1. Les eaux de surface

Masse d'eau cours d'eau

Sur l'ensemble du territoire on dénombre 47 cours d'eau à écoulement permanent sur la base de la Directive-Cadre sur l'Eau (2000/60/CE). C'est-à-dire des cours d'eau suffisamment alimentés pour toujours avoir un niveau d'eau visible au cours d'une année. Ces cours d'eau sont aussi appelés masse d'eau cours d'eau. Dans le cas de la Guadeloupe il s'agit de rivières de tailles significatives au sein de bassins versants offrant de nombreux affluents. Elles sont toutes localisées entre les sommets et le littoral de la Basse-Terre. Ces masses d'eau sont alimentées par les pluies régulières, l'humidité d'altitude produite par les masses d'air marines et les ondes et dépressions tropicales.

Les masses d'eau cours d'eau sont incluses dans des bassins versants qui constituent des unités hydrographiques et permettent de caractériser les paramètres tel que la pluviomé-

trie. On distingue sur la Basse-Terre pas moins de 76 bassins versants le plus souvent de petite taille (10 à 30 km²) à l'exception du bassin de la grande rivière à Goyave de 156 km². Les bassins versants de petite taille concentrent dans leur cours d'eau principal une masse d'eau limitée, qui correspond à un volume partiel des précipitations reçues sur leur surface.

Les masses d'eau cours d'eau sont plus importantes en nombre dans le sud de la Basse-Terre que dans le nord du fait de la topographie et des niveaux de pluviométries qui varie de 1 à 4 du nord au sud (1990 mm à Deshaies et 7700 mm au sommet de la Soufrière).

Ces cours d'eau ont des débits de l'ordre du mètre cube par seconde. La rivière Bras David de Petit-Bourg par exemple, à un débit moyen qui varie de 0,2 m³/s à 2,8 m³/s [8]

Qualité et quantité des Cours d'eau

En 2010, l'Office de l'Eau Guadeloupe a estimé le volume d'eau disponible en période normale en respectant la réglementation à 1,73 million de m³ par jour [23].

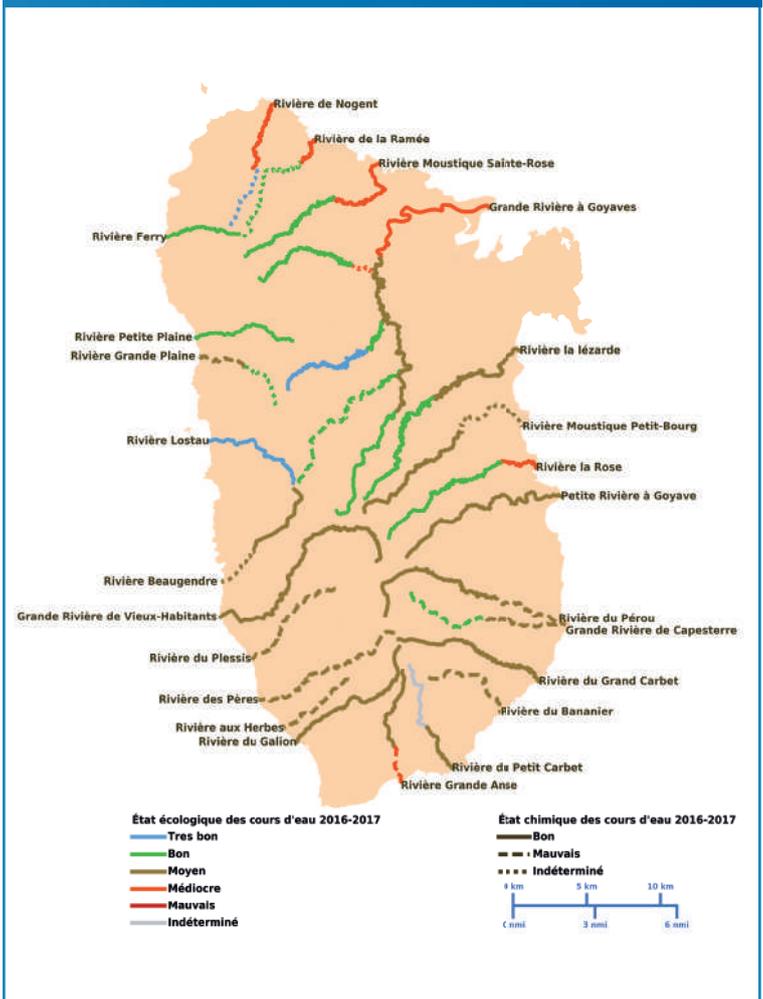
Les volumes prélevés totaux pour AEP étaient de 58,374 millions de m³ et 9,6 millions de m³ pour l'irrigation en 2016.

17 cours d'eau soient 36 % de l'existant, sont en très bon ou au moins en bon état écologique, 29 cours d'eau sont de qualité moyenne à médiocre soient 66 %, ce qui est inquiétant pour l'avenir [22] (Carte 3).

La présence de divers composés chimiques persistants, rend le bilan encore plus inquiétant. Le Chlordécone est détecté dans 20 masses d'eau cours d'eau sur 47 et le Lidane (utilisé avant le Chlordécone) dans 11 masses d'eau cours d'eau sur 47. Des concentrations significatives de Cuivre et Zinc sont aussi détectées.



Carte 3: Qualité écologique et chimique des Masses d'eau cours d'eau sur l'île de la Basse-Terre en 2016-2017



Sources : fond de carte BD TOPO 2016, données de l'Office de l'Eau Guadeloupe

Masse d'eau plan eau

Une seule masse d'eau plan d'eau est inventoriée dans l'archipel selon la DCE, le plan d'eau de Gachet de 1 km². Il est alimenté à 20 % par le ruissellement des deux bassins-versants sur lequel il est à cheval (surface de 18,90 km²) et à 80 % des eaux de captage de la Grande Rivière à Goyave pour un volume de 2,5 millions de m³. La masse d'eau de Gachet a de nombreuses pertes par infiltration mais aide au rechargement de la nappe phréatique du Nord de la Grande-Terre.

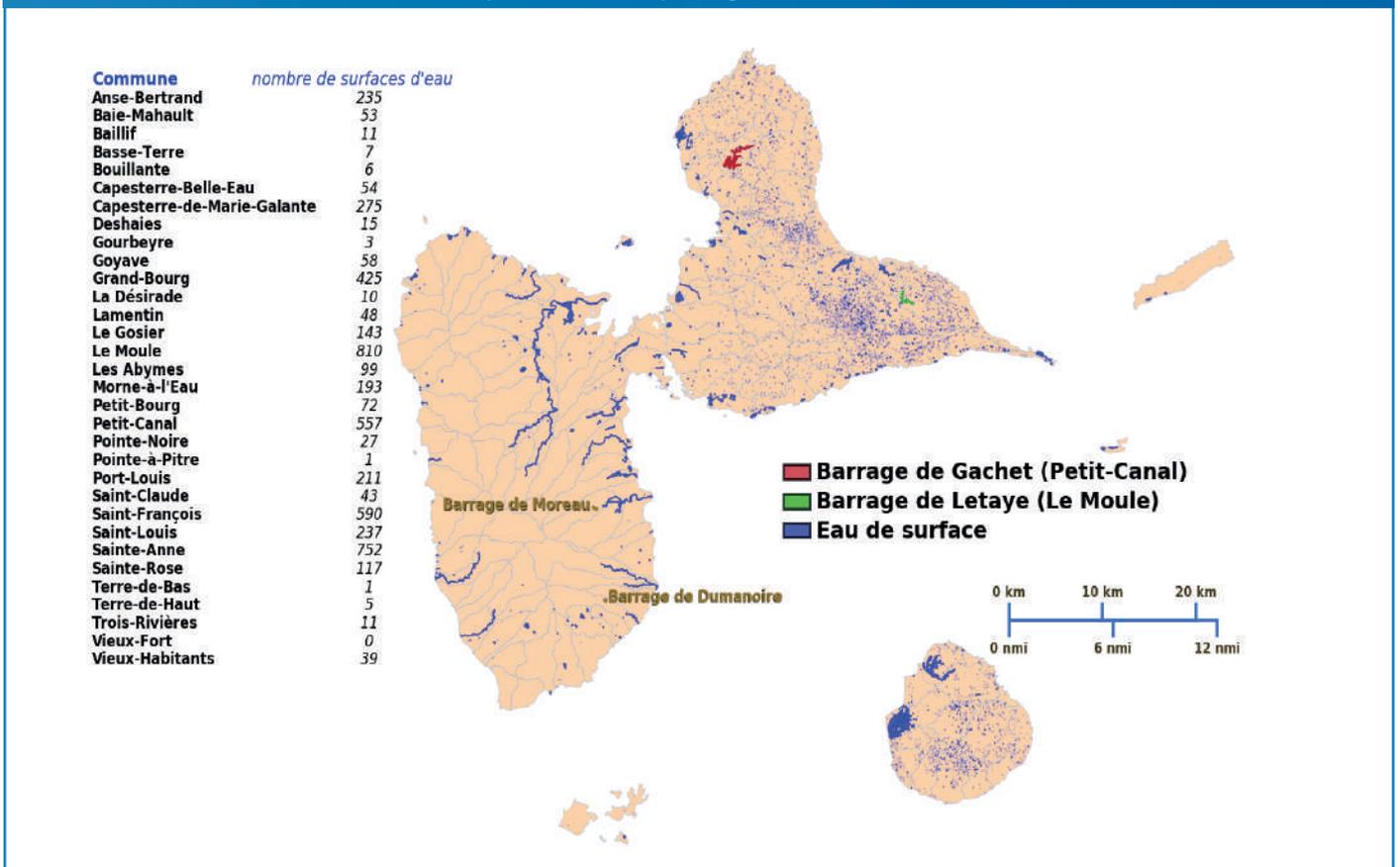
La qualité de l'eau de Gachet est considérée comme écologiquement moyenne et chimiquement bonne [24] (Carte 4).

Des milliers de plans d'eau existent en Guadeloupe avec les mares et les étangs tel Grand-Étang, Étang-Zombis, Étang de

l'As de Pique ou autre source comme Poucette au Gosier (Carte 4). Mais leur taille ne permet pas de les considérer comme des masses d'eau. Ils constituent malgré tout une ressource en eau pour la flore, la faune mais aussi certaines activités humaines, baignade, tourisme, agriculture, pêche et aquaculture. Une autre retenue d'eau doit être mentionnée, Letaye au Moule (535 000 de mètres cubes d'eau, 0,18 km²). Il participe au système d'irrigation de la Grande-Terre, ce qui lui vaut d'être mentionné ici.

La contribution des eaux de surface (cours d'eau et plan d'eau) à la production en eau potable était de 69,1 million de m³ en 2016.

Carte 4 : Localisation des eaux de surface de l'archipel de la Guadeloupe (rouge) sur les bassins versants



Sources : fond de carte BD TOPO 2016 et donnée de l'Office de l'Eau Guadeloupe

Toutes ces masses d'eau plan eau, se déplacent ou sont stockées à l'interface entre l'atmosphère et le sol. En conséquence, de nombreux échanges sont possibles à l'interface de ces trois milieux tel que l'infiltration ou l'évaporation, provoquant d'importantes pertes !

Pertes, qualité et quantité de la ressource

La surface d'un plan d'eau est en contact avec l'air ambiant (atmosphère) et est soumise au rayonnement du soleil et au vent qui favorisent l'évaporation (Figure 2). On estime que le niveau d'évaporation d'un archipel tel que la Guadeloupe peut varier de 2 à 7 mm par jour [25].

Une partie de l'eau du plan d'eau est captée par les végétaux, arbres, arbustes et autres herbacés. Et, une autre partie sera peut-être absorbée par le sol via l'infiltration à travers des couches poreuses, telles que les zones sableuses ou fracturées en fonction de l'état de bassin de rétention.

En conclusion le stockage d'eau dans des plans d'eau n'est pas stable et dépend fortement de l'environnement qui peut favoriser les pertes.

2.2. Les eaux souterraines

Nature des aquifères

La principale caractéristique des eaux souterraines est qu'elles s'infiltrent dans le sol et sont stockées dans des zones poreuses et/ou fracturées le plus souvent invisible à l'œil : les aquifères (Figure 2). Les mouvements dans les sols à l'opposé des mouvements à la surface libre sont beaucoup plus lents. Les vitesses de déplacement de l'eau à la surface sont de l'ordre du mètre par seconde alors que les vitesses de déplacement de l'eau dans un sol fracturé ou poreux sont de l'ordre du mètre par jours.

L'Aquifère repose sur un support, un substratum, plus ou moins imperméable qui permet de retenir l'eau. Les eaux souterraines sont accessibles selon la topographie par des remontées d'eau de source mais le plus souvent par pompage (Figure 4).

Observation des nappes d'eau souterraine

Le réseau piézométrique (68 points déclarés et 25 utilisés en Guadeloupe gérés par l'Agence Française pour la Biodiversité et le BRGM) est essentiel pour caractériser la ressource. Il consiste en la mesure d'une hauteur d'eau au cours du temps en différents points des nappes phréatiques. Il permet d'évaluer où et comment la nappe phréatique se recharge.

Ce réseau permet de surveiller le niveau des nappes phréatiques et d'estimer la ressource, pas de façon absolue avec une quantité définie, mais relativement à l'exploitation. Il permet surtout de s'assurer que le volume prélevé par pompage est compensé par les infiltrations d'eau de pluie et donc que la hauteur de la nappe reste stable d'une année à l'autre.

Une nappe d'eau souterraine peu exploitée ne permet de recueillir que des informations partielles. Plus la nappe connaîtra des phases de pompage et de rechargement, plus les mesures piézométriques permettront de décrire son comportement et son volume d'eau douce disponible.

Des forages sont possibles afin de caractériser les nappes phréatiques. Ils permettent de mesurer la pression et la hauteur d'eau et d'estimer ainsi le volume d'eau présent. Des analyses chimiques et biologiques peuvent être faites par le biais du puits de forage pour connaître la composition de l'eau.

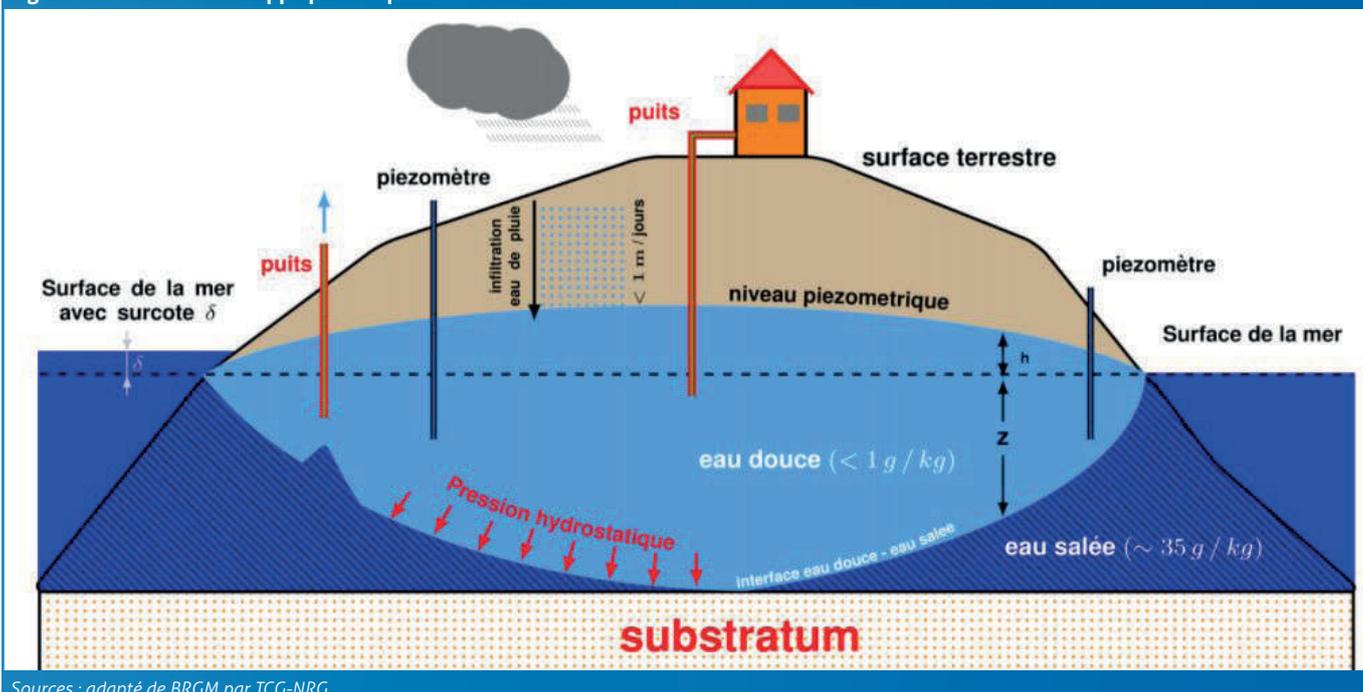
En plus des forages, des mesures dites géophysiques permettent de caractériser la nature des matériaux en mesurant entre autres leur conductivité électrique et magnétique et la propagation d'onde sismique au travers de la roche. Ces mesures permettent de déterminer les propriétés des roches, si elles sont poreuses, fracturées ou compactes et comment elles laissent pénétrer l'eau. Mais il reste difficile de caractériser les matériaux qui constituent l'aquifère.

Sur une île, au niveau des bords d'une nappe phréatique un équilibre mécanique s'établit entre l'eau de mer et la réserve d'eau douce (Figure 6). L'équilibre entre la masse d'eau douce et la masse d'eau salée crée une interface en forme de biseau.

La porosité des matériaux n'empêche pas l'eau salée qui entoure les îles de pénétrer les nappes phréatiques. Les différences de nature entre l'eau douce et l'eau salée (différence de masse volumique et de viscosité) empêchent ces deux fluides de se mélanger quand les deux masses sont au repos, c'est-à-dire hors de toute agitation.

Un pompage d'eau trop intense, des marées océaniques importantes ou une variation importante et rapide du niveau de la mer (surcote et/ou décote) comme pendant le passage d'un phénomène cyclonique peuvent favoriser l'inclusion saline. La présence d'une poche d'eau salée ou de mélanges eau salée - eau douce rend la ressource impropre à la consommation. Une eau salée peut être exploitée mais doit être traitée (processus de dessalinisation) ce qui augmente son coût.

Figure 6: Schéma d'une nappe phréatique en contexte insulaire



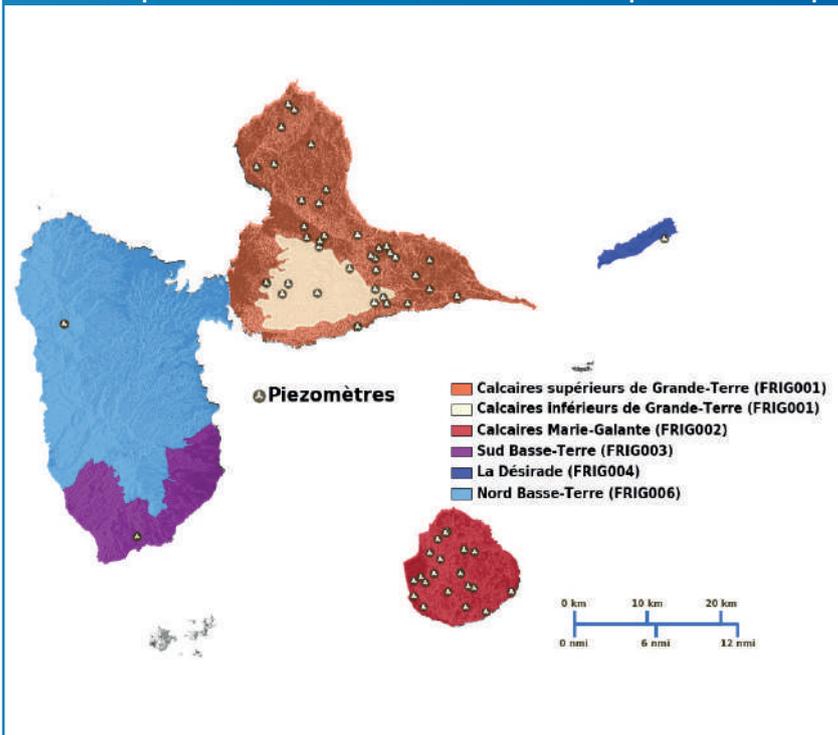
Sources : adapté de BRGM par TCG-NRG

Description des masses d'eau souterraines de l'archipel de la Guadeloupe

Les nappes d'eau souterraines au sein de l'archipel guadeloupéen sont divisées en six masses d'eau réparties sur Marie-Galante, la Désirade, la Grande-Terre et la Basse Terre (Carte 5)

La Grande-Terre est une plate-forme carbonatée où sont dénombrées deux sous-masses d'eau. Une première sous-masse d'eau au centre de l'île caractéristique des roches calcaires dites « inférieures », la seconde sous-masse d'eau identifiée sur le pourtour de l'île est caractéristique des calcaires dits « supérieurs ». Le système hydraulique (c.-à-d. l'hydrosystème) est de type carbonaté, poreux avec une perméabilité de fissures. Les eaux souterraines de Grande-Terre sont exploitées par forages et puits principalement pour l'AEP, mais également pour des usages agricoles et industriels. Il existe un réseau piézométrique (13 points) géré par le BRGM depuis les années 1970. L'essentiel de la ressource est localisée dans les Grand-Fonds (Carte5).

Carte n° 5: Répartition des masses d'eau souterraines de l'archipel de la Guadeloupe



Sources : fond de carte IGN 5m, BD TOPO 2016, données du BRGM et ADES [52]

Marie-Galante est aussi une plate-forme carbonatée avec un substratum défini à -250 m de la surface [26,27]. La nappe de Marie-Galante constitue un système aquifère continu de type poreux et fissuré avec des écoulements à surface libre (sources d'eau, rivière, étang, etc.).

On distingue deux systèmes hydrogéologiques à cause de présence de la faille Anse-Piton – Vieux Fort, appelée également « Barre de l'île ». Le premier système est situé au nord, son niveau piézométrique (niveau d'eau) est peu élevé. Le second système est localisé au sud, dans le compartiment rehaussé. L'écoulement dans la nappe se fait depuis le dôme piézométrique, la hauteur d'eau maximale dans la nappe pouvant culminer à plus de 10 m au-dessus du niveau de la mer vers la côte.

La Basse-Terre est subdivisée réglementairement en deux masses d'eau mais le fonctionnement hydrogéologique de l'île de Basse-Terre est mal connu du fait de la grande complexité des structures géologiques. Une ré-

vision de cette subdivision est en cours et devrait permettre à terme, un découpage plus réaliste en six zones [28].

Les eaux souterraines de la Basse-Terre sont exploitées pour l'alimentation en eau potable au niveau de captages de sources. Il existe par ailleurs une exploitation par forages et captages de sources pour la production d'eau embouteillée (usines de Capès et de Matouba), principalement dans le Sud de l'île. La ressource souterraine du secteur de Bouillante est exploitée par forages profonds (entre 800 et 2 500 m) pour la production d'énergie d'origine géothermique.

À la Désirade les formations aquifères sont spatialement mal connues par manque de données. La présence de plusieurs sources, laisse supposer un potentiel hydrogéologique important. Un suivi piézométrique via deux puits sur l'île a été mis en place en 2008 par le BRGM et devrait mieux informer sur la ressource.

Risque sur la qualité de la ressource

Un certain nombre de risques existent sur cette ressource en particulier du fait du manque de qualité de l'assainissement des eaux usées. En 2018, en moyenne, 56 % des Guadeloupéens vivaient en dehors d'une zone de raccordement à un système d'assainissement collectif. De plus, 52 % des fosses septiques et puisards existant ont été diagnostiqués comme présentant des risques importants de contamination des eaux souterraines. Le risque d'infiltration d'eau usée jusqu'aux nappes phréatiques est donc grand.

Comme pour les eaux de surface, l'utilisation des pesticides et des intrants dans l'agriculture peuvent provoquer des contaminations chimiques des eaux, présence de pesticide, de produits azotés ou phosphorés.

L'intrusion saline reste le risque le plus important pour les eaux souterraines de la Grande-Terre et de Marie-Galante, car elle représente une menace continue.

La qualité de la ressource

Du point de vue chimique, seule la masse d'eau du sud Basse-Terre (FRIG003) est en mauvais état à cause d'une pollution historique aux pesticides organochlorés (Chlordécone et Lindane), les autres masses d'eau sont considérées comme étant en bon état avec un indice de confiance faible [28] (Carte 6).

La masse d'eau souterraine de Grande-Terre est jugée comme quantitativement médiocre en 2019. Cela est dû aux difficultés de rechargement dans les zones d'exploitation locale.

De plus la masse d'eau souterraine Grande-Terre Nord a été déclassée en état chimique médiocre en raison de l'identification d'une salinité à la hausse qui peut être liée à une surexploitation locale. Les prélèvements en eau souterraine s'effectuent essentiellement à : Marie-Galante (16,2 % de AEP), au nord Grande-Terre (3,2 % AEP) et au Sud Basse-Terre (6,6 %) (Tableau 2).

La part des eaux souterraines sur la production d'eau potable en Guadeloupe est donc de 26.3 % avec 17,479 millions de m³.

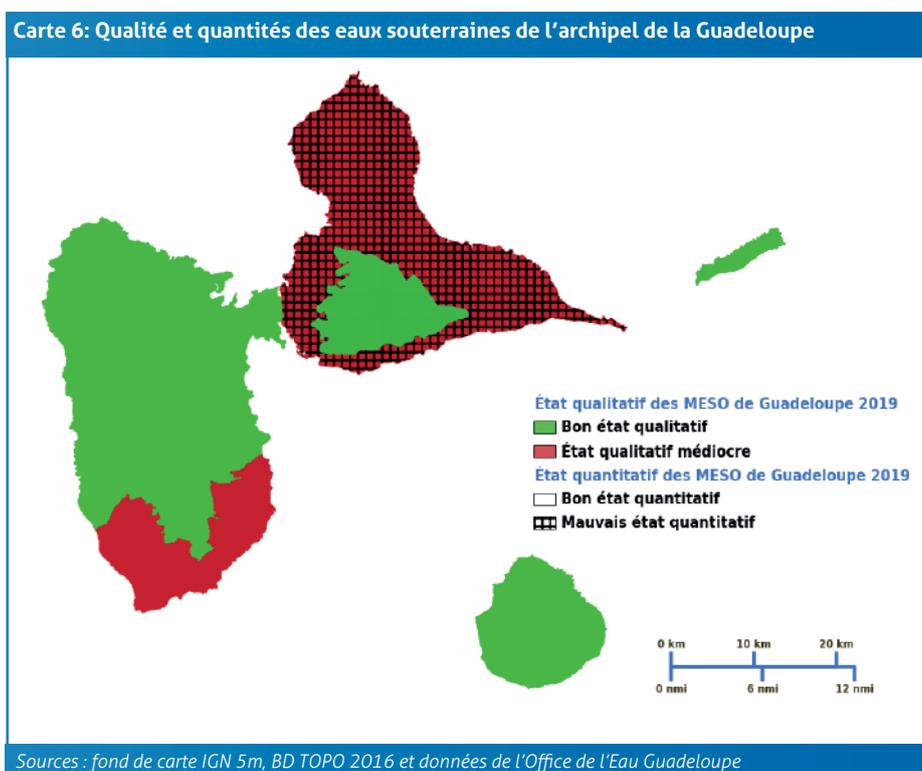


Tableau 2: prélèvement en AEP sur les masses d'eau plan d'eau de l'archipel de la Guadeloupe[22]

		Enquête pour dépassement de	
		seuil	Bilan
Nord Basse-Terre	189 634 m ³ (0,03 %)	Non	Bon état
Sud Basse-Terre	10 537 855 m ³ (6,6 %)	Non	Mauvais état-qualité
Nord Grande-Terre	5 453 880 m ³ (3,2 %)	Non	Mauvais état-quantité
Sud Grande-Terre		Oui	Bon état
Marie-Galante	1 297 634 m ³ (16,2 %)	Oui	Bon état
Désirade		---	Bon état

Sources : Office de l'eau Guadeloupe

2.3. Les usages de l'eau

Besoins de base en eau

Sans eau nulle vie ne serait possible !

L'eau revêt pour l'humanité une importance cruciale : le corps humain est composé en majorité d'eau (60 à 75 %) et l'absence partielle ou totale d'eau dans l'organisme conduit inéluctablement à la mort.

L'essentiel des cycles biologiques, chez les végétaux et les animaux nécessitent de l'eau. Elle est le principal solvant sur la terre et est utilisée pour diluer et transporter des nutriments et des déchets (particules en suspension). On l'utilise, pour assurer notre hygiène, la propreté de nos espaces de vie (nettoyage), pour notre alimentation.

La production agricole ne serait pas possible sans eau, et certaines applications industrielles n'existeraient pas ; en effet l'industrie l'utilise comme : matière première, diluant, énergie et transporteur de chaleur.

Mais, la qualité de l'eau est une donnée essentielle. Une eau de mauvaise qualité aura des conséquences importantes sur la santé des consommateurs. Mais aussi impactera la faune par empoisonnement et l'environnement par contamination telle que la contamination au Chlordécone.

Principale utilisation de l'eau en Guadeloupe

L'eau est captée en Guadeloupe pour trois principales utilisations [22] :

- **L'Alimentation en Eau Potable** (67,585 millions de m³ eau de surface, 7,997 millions de m³ eau souterraine) et les usages domestiques ;
- **L'irrigation** (12,167 millions de m³ eau de surface), la production tel que la banane et le melon ont des besoins hydriques importants ;
- **L'usage industriel** (2,61 millions de m³ eau de surface, 0,165 million de m³ eau souterraine) en particulier pour l'industrie de la canne du sucre et du rhum, la production d'eau en bouteille, la production de matériaux de construction (granulats, béton, etc.).

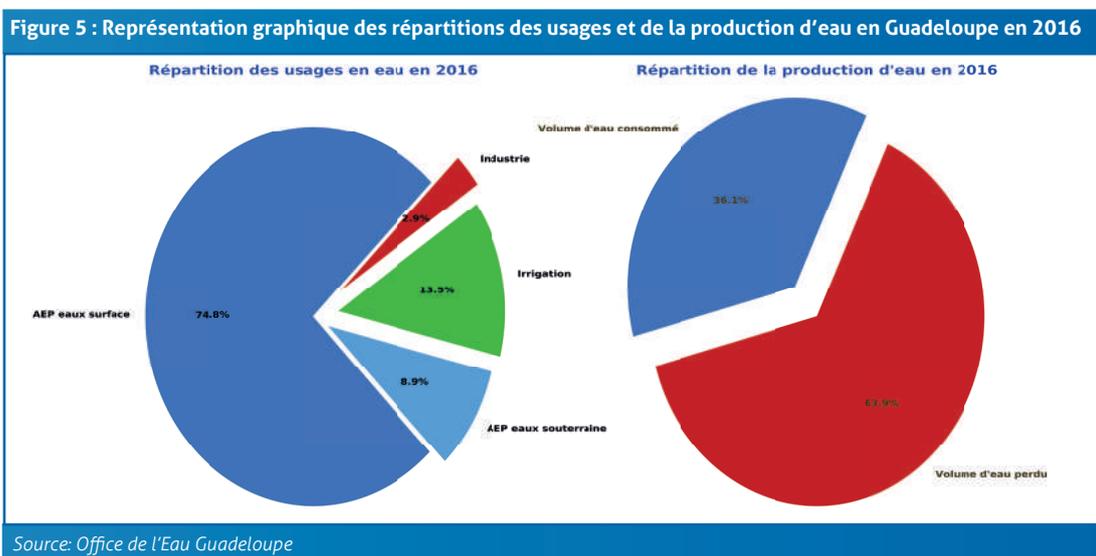
Un quatrième usage existe, mais ne provoque presque pas de perte de masse d'eau : la **production d'énergie**.

En Guadeloupe deux sources d'énergie renouvelable sont concernées, l'hydro-électrique et la géothermie.

La **production hydro-électrique** avait en 2017 une production de 37,96 GWh et assurait 2,2 % de la demande locale en énergie électrique. Le volume d'eau prélevé mais réutilisé pour l'AEP et l'irrigation était de 58 millions de m³.

La **production géothermique** avec l'usine de 15 MW à Bouillante avec deux unités de 4,5 et 11 MW, a produit en 2017, 82 GWh soit 5 % de la production totale. Les prélèvements de vapeur se font entre 500 et 1000 m de profondeur via deux puits de prélèvement, une partie de la vapeur est relâchée sous forme liquide en mer et une autre est réinjecté dans le sous-sol via un puits dédié.

Les autres usages, baignade, divertissement, tourisme sportif n'imposent pas la captation de la ressource mais ont des effets sur la qualité des eaux. La part prélevée par les piscines publiques ou privées est déjà incluse dans la consommation domestique.



Prélèvement à la source

En 2016 le volume d'eau consommé était de 26,4 millions de m³ alors que 73,1 millions de m³ étaient produits soit de 46,69 millions de m³ de perte ce qui représente 177% de la consommation en eau!

L'Office de l'Eau Guadeloupe estime que les prélèvements ont été en 2018 de l'ordre de 82 millions de m³ d'eau de surface et de 8,1 millions de m³ d'eaux souterraines pour l'ensemble des usages principaux : AEP, irrigation et industrie.

Les ressources les plus sollicitées sont les cours d'eau de Basse-Terre et les eaux souterraines de Grande-Terre. L'évaluation de la pression sur les masses d'eau en Guadeloupe en 2019 montre que cinq (5) cours d'eau sur 47 subissent des prélèvements forts en comparaison de leur ressource et pour six (6) cours d'eau la pression subie est indéterminée du fait du manque d'information sur leur niveau d'étiage, c'est-à-dire les débits moyens les plus faibles de l'année.

Les rivières les plus sollicitées en volume sont la Grande Rivière de Capesterre (amont), la Rivière du Bananier (Capesterre-Belle-Eau) et Rivière Moustique Petit-Bourg (amont).

On peut conclure sur la situation de la ressource en eau de Guadeloupe :

- Des pertes importantes (quand 1 litre d'eau est consommé, il y a eu 1,5 litre de perdu, donc 2,5 litres de produits) qui sont liées à la qualité du réseau de distribution et provoquent une sur-exploitation de certaines ressources en particulier les cours d'eau ou rivières, comme les eaux souterraines du Nord Grande-Terre;
- Une qualité des eaux inquiétante du fait du très mauvais niveau d'assainissement et de l'utilisation historique de polluants et des protocoles agricoles, non adaptés pour la préservation de la ressource en eau, dans les zones de captation.

La ressource actuelle en eau ayant été présentée qualitativement et quantitativement, les effets du changement climatique peuvent maintenant être abordés.

3.1. Les techniques de prédiction

Pour prévoir le climat du futur, des modèles numériques sont utilisés. Ils reposent sur l'hypothèse que les échanges de chaleur et de matière entre les différents composants du système climatique terrestre (lithosphère, hydrosphère, atmosphère, cryosphère et biosphère (Figure 1)) peuvent être représentés par des formules mathématiques.

Modélisation numérique

Le globe terrestre est numérisé et maillé. Numériser signifie que les paramètres et les phénomènes physiques, tels que la température, les radiations, la concentration des gaz, les flux de chaleur sont représentés par des valeurs numériques. Le maillage permet que l'atmosphère, les océans, le sol, les glaces soient découpés en une multitude de rectangles plus ou moins réguliers représentés par des points. Sur la base de la numérisation et du maillage les comportements physiques du climat, sont représentés par des relations mathématiques.

Ces relations permettent de calculer, au fil du temps, les échanges d'énergie (chaleur, rayons du soleil,...) et de matière (vapeur d'eau, dioxyde de carbone, méthane,...) entre les points. On peut ainsi calculer la quantité de chaleur échangée entre la mer et la terre ou la quantité de sable du Sahara transportée entre l'Afrique et la Caraïbe. Plus il y a de point, plus les informations numériques attribuées seront précises et proches de la réalité. Mais cette masse d'information va demander des traitements plus longs et plus coûteux en moyen de calcul.

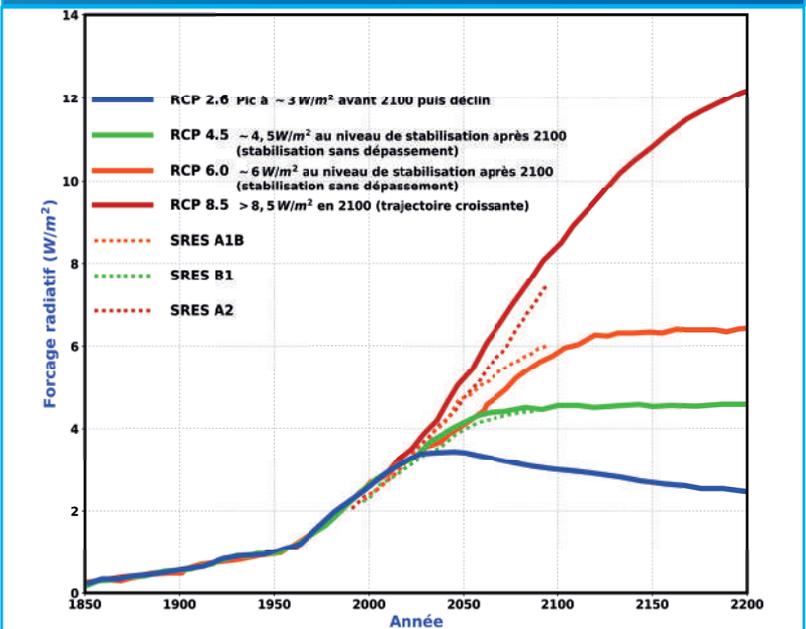
Choix du scénario climatique

Pour établir son 5ème rapport sur les évolutions possibles du climat à l'horizon 2100 le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), a fait le choix de quatre profils RCP (sigle anglo-saxon pour : Representative Concentration Pathway).

Ils sont tous basés sur le forçage radiatif et la concentration de gaz à effet de serre en équivalent carbone. Les profils indiquent la quantité d'énergie apportée au bilan radiatif de la troposphère par la présence supplémentaire de gaz à effet de serre (Figure 6).

Le scénario RCP8.5 a été sélectionné dans le cas du projet C3AF [1, 30, 29, 31]. Il repose sur un apport de plus de 8,5 Watts/m² (chaleur) et de plus de 1 370 ppm eq-CO₂ (GES) à l'horizon 2100 [3]. C'est le scénario le plus pessimiste de ceux proposés en 2000 (SRES sigle anglo-saxon pour Special Report on Emissions Scenarios- rapport spécial sur les scénarios d'émissions) et en 2013 (RCP) (Figure 6)

Figure 6 : Évolution des forçages radiatifs pour les quatre projections RCP du GIEC, comparés au projet du rapport spécial SRES de 2010



Sources : adapté de DIRAS-CLIMAT (MÉTÉO-FRANCE) par TCG-NRG

Modèle Météo-France ARPÈGE - CLIMAT

Le modèle numérique climatique de Météo-France (ARPEGE-CLIMAT) est surtout basé sur les phénomènes atmosphériques bien que tenant compte de la température de surface des mers. Il est utilisé avec une résolution spatiale adaptative [29].

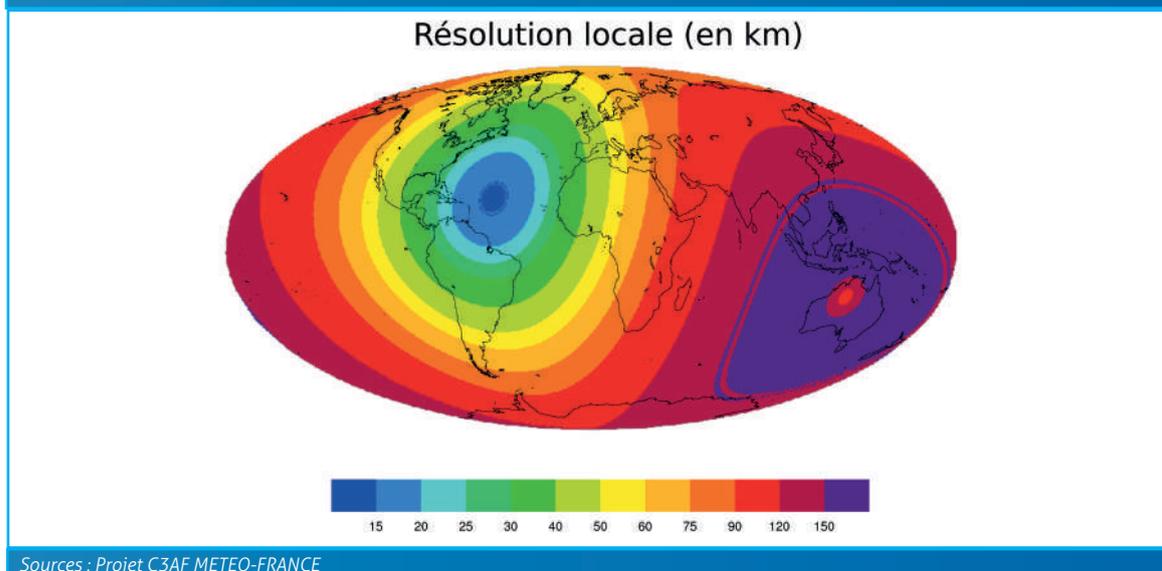
Le modèle permet d'être très précis sur les zones d'étude, 15 à 20 km de résolution spatiale au-dessus des Petites Antilles, et plus grossier sur les régions plus éloignées, 120 à 150 km de résolution spatiale sur l'Australie (Figure 7).

Cette adaptation spatiale permet de gagner en capacité et temps de calcul.

Le modèle calcule des paramètres climatiques pour huit (8) points sur ou très proches de la Guadeloupe, c'est-à-dire Grande-Terre, Basse-Terre et Marie-Galante [32].

La Désirade et les Saintes sont trop petites ou mal positionnées sur la grille numérique pour être incluses directement dans le modèle. Une correction statistique est effectuée sur ces huit points, du type quantiles-quantiles, afin de conserver une cohérence statistique avec les mesures de terrain.

Figure 7 : Résolution spatiale du modèle ARPÈGE-CLIMAT, en kilomètre, à l'échelle du globe pour le projet C3AF



Projections de Météo France - Projet C3AF

Les projections sont effectuées en deux fois cinq fois. Deux simulations sont calculées pour des périodes différentes, de 1980 à 2013 -Hist- la simulation historique qui sert de référence et de 2031 à 2080 -Futur- la projection pour le futur. Chaque simulation est effectuée cinq (5) fois (méthode dite des ensembles) avec des conditions initiales légèrement

différentes pour s'assurer que les comportements sont similaires et que la simulation est stable dans le temps. Cette méthode permet aussi d'augmenter le nombre de phénomènes extrêmes par cinq (sécheresse, forte pluie, cyclones,...) pour la même période de simulation. Ces données extrêmes générées sont très utiles pour établir des statistiques plus robustes.

Spatialisation des moyennes de précipitation

Les données journalières obtenues par les projections climatiques du projet C3AF (ARPEGE-CLIMAT) pour la Guadeloupe proviennent de huit (8) points du modèle numérique. La distance entre les points de l'ordre de 15 à 20 km ne permet pas de représenter le climat à l'échelle de l'archipel. Les données de ces huit points sont donc interpolées sur 36 points sur la terre où sont installés des pluviomètres (16 en Grande-Terre, 16 en Basse-Terre, trois (3) à Marie-Galante et un (1) à la Désirade). Les hauteurs de pluie collectées par les pluviomètres permettent à l'aide de la méthode statistique dite des quantile-quantile de corriger les erreurs du modèle. Cette méthode ajuste le comportement des simulations aux comportements déjà observés par les pluviomètres.

La méthode de correction quantile-quantile repose sur l'hypothèse que la saisonnalité (c-a-d les cycles) mesurée dans le passé va se reproduire dans le futur. Les moyennes mensuelles, saisonnières et annuelles des projections climatiques corrigées des 36 pluviomètres doivent être spatialisées afin de représenter le régime des pluies sur l'ensemble de l'Archipel de la Guadeloupe et obtenir des cartes climatiques [31]. Pour cela un modèle d'interpolation spatial est appliqué [33] qui tient compte des différences d'altitude. Il permet de calculer ce que devraient être les précipitations sur l'ensemble du territoire à une résolution numérique de 90 m [34].



Forêt marécageuse - Port-Louis

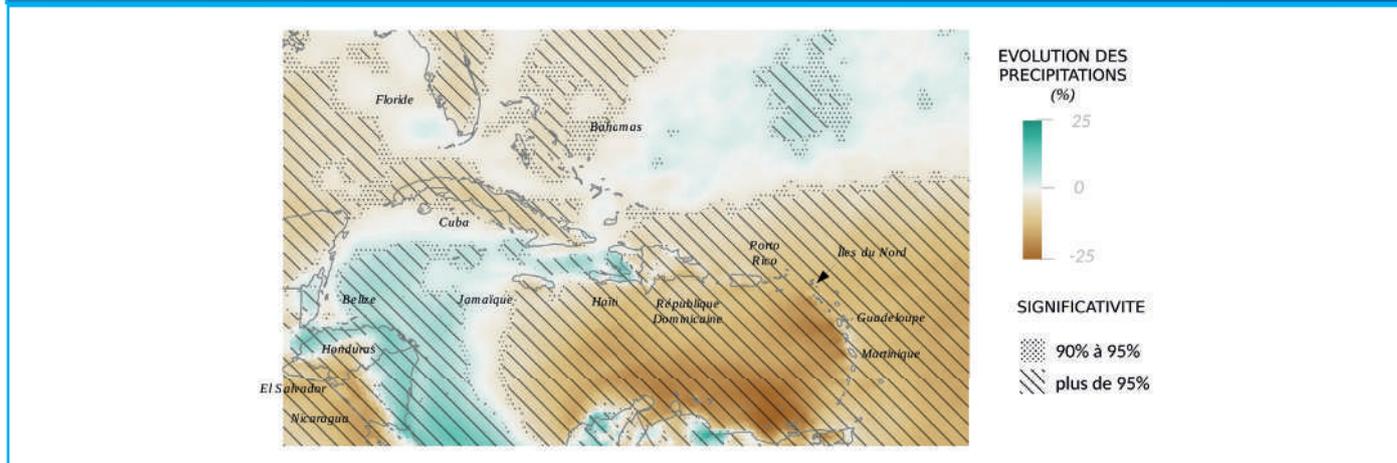
3.2. Les prévisions sur l'évolution des précipitations sur l'Archipel de la Guadeloupe

Evolution des précipitations dans la Caraïbe

Les projections 2031-2080 (non corrigées) prévoient une diminution des précipitations dans une large partie des zones habitées de la zone Caraïbe. Une augmentation de 10 à 20 % des précipitations dans l'est de l'Amérique Centrale (Belize, Honduras et Nicaragua) serait attendue pour la même période.

La réduction des précipitations dans les Petites Antilles serait de l'ordre de 10 % [34].

Figure 8 : Évolution des cumuls annuels moyens des précipitations dans la Caraïbe entre 1965-2013 et 2031-2080 (scénario RCP8.5) vue par le modèle ARPÈGE-CLIMAT.



Sources : Projet C3AF METEO-FRANCE

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

Les données des projections Météo-France (C3AF) présentées dans ce cahier proviennent, pour l'essentiel, du rapport sur "Évolution des précipitations aux Antilles françaises" commandé par l'Office de l'Eau Guadeloupe [34]. Les données de projection des pluies à l'horizon 2080 y sont présentées suivant deux périodes 2031-2055 et 2056-2080 qui permettent d'observer une rupture des températures (c-a-d une variation significative) au cours du temps entre 2050 et 2055. Bien que cette rupture ne soit pas observée pour les précipitations annuelles, le choix a été fait dans ce rapport de garder les deux sous-périodes par souci d'homogénéité avec les températures.

Un état de sécheresse climatique repose sur une absence ou insuffisance d'eau sur une période. La définition dépend fortement du lieu étudié, présence de réserve naturelle d'eau, capacité de drainage du sol, etc.

Il faut donc plus d'information de terrain afin de prédire numériquement une sécheresse. Seule la fréquence et la durée des épisodes secs, de fortes pluies et de très forte pluie, peuvent être à ce stade utilisées (cf glossaire).

Evolution de la pluviométrie globale en Guadeloupe

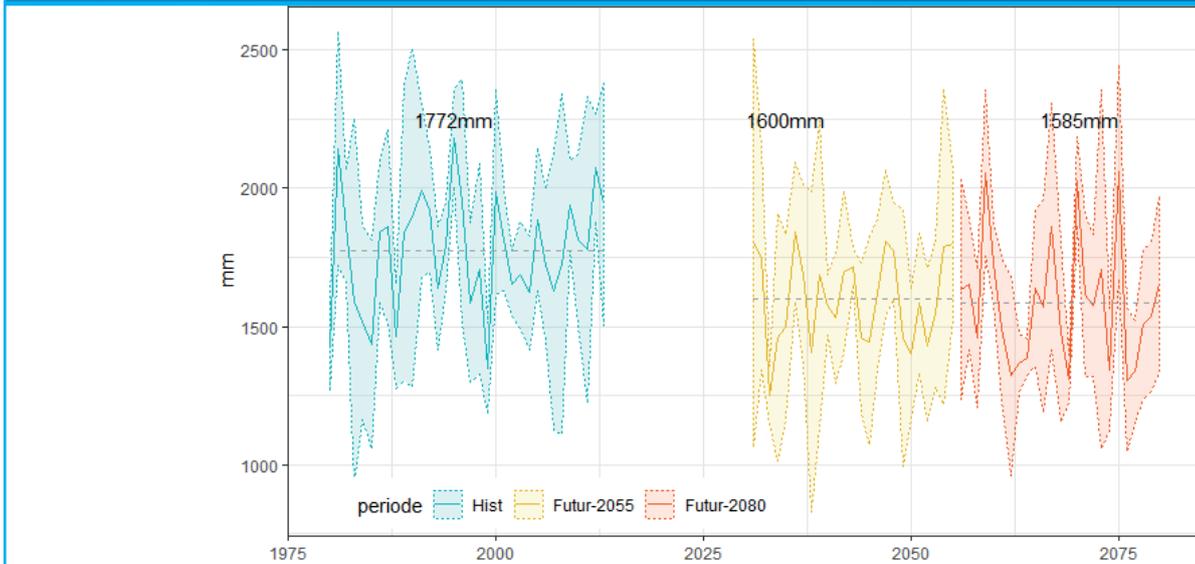
Les résultats des projections futures sur les deux sous-périodes 2031-2055 et 2056-2080 (Figure 9) prévoient une baisse de -9,7 % pour la période 2031-2055 et -10,6 % pour la période 2056-2080.

Les précipitations passeraient dans le cas de ce scénario de changement climatique pessimiste de 1 772 mm (1981-2013) à 1 600 mm (2031-2050) et 1 585 mm (2051-2080). Dans le cas de la Martinique (distante de moins de 200

km) les variations sont différentes 2 616 mm (1981-2013), 2 320 mm (2031-2055) et 2 428 mm (2051-2080), ce qui peut laisser penser que les évolutions de pluviométrie seront spatialement non homogènes.

En valeur absolue les changements sont de l'ordre d'un ou de deux mois de précipitation (172 à 185 mm) ce qui n'est pas négligeable et pourra avoir des effets sur les périodes sèches.

Figure 9 : Cumul annuel des précipitations en Guadeloupe, obtenues à l'aide d'une moyenne spatiale.



Sources : Projet C3AF METEO-FRANCE

La surface en pointillée indique un intervalle de confiance à 95 %

Evolution de la saisonnalité des pluies

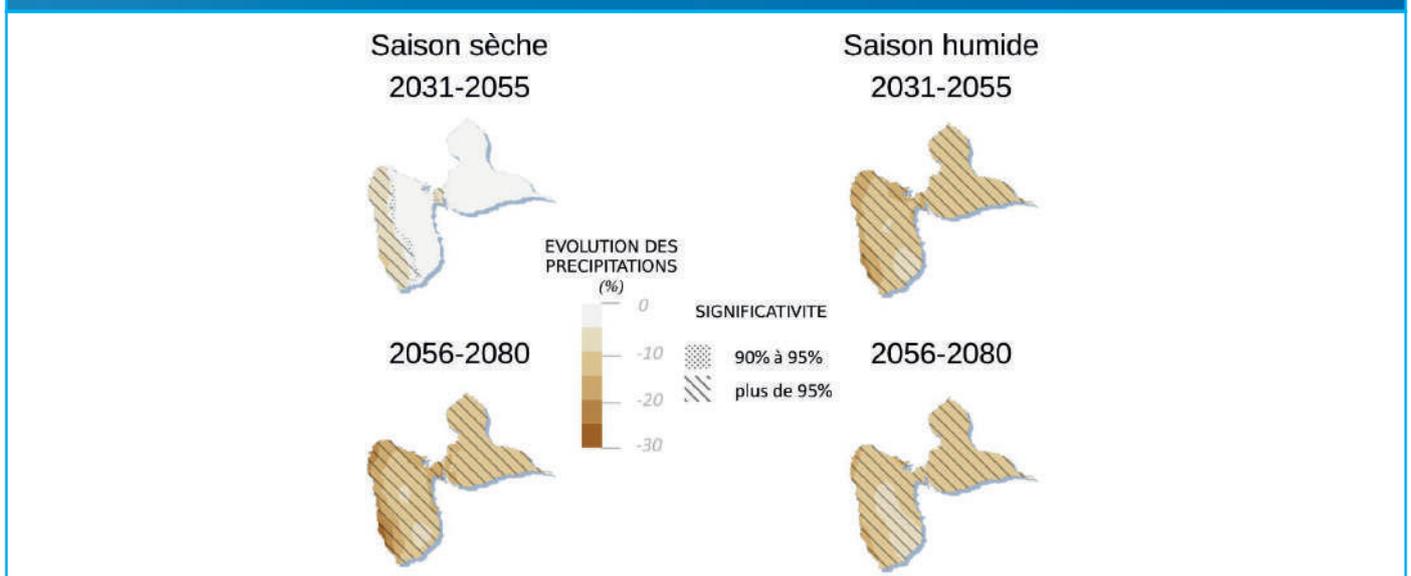
Les saisons seraient plus sèches à l'horizon 2080, de 10 à 15%, avec un assèchement plus marqué depuis la période 2031-2055 sur le littoral de la zone sous-le-vent. (Figure 10)
Les saisons humides seraient plus impactées par des réductions de pluviométrie dès la période 2031-2055, de l'ordre de 10 à 15 %.

Les cartes des indices climatiques indiquent [34] que le nombre de sécheresse en février, mars, avril devrait augmenter significativement dans la période 2056-2080 avec des risques d'une sécheresse extrême par décennie, en particulier dans le nord-est de la Basse-Terre sur l'axe St Rose – Baie-Mahault Petit-Bourg.

La probabilité de subir une saison sèche "plus humide" sera plus faible pour Marie-Galante et la Basse-Terre particulièrement dans la période 2031-2055.

Les saisons humides (juillet-août-septembre-octobre-novembre) changeraient beaucoup. Le nombre d'années extrêmement pluvieuses devrait diminuer alors que le nombre d'années "plus sèches que la normale" serait amené à augmenter très nettement en particulier dans le nord-ouest de la Basse-Terre et sur la côte sous-le-vent [34].

Figure 10 : Évolution des saisons sèches et humides en Guadeloupe pour les périodes 2031-2055 et 2056-2080



Sources : Projet C3AF METEO-FRANCE

Evolution du nombre d'événements pluvieux de forts à très forts

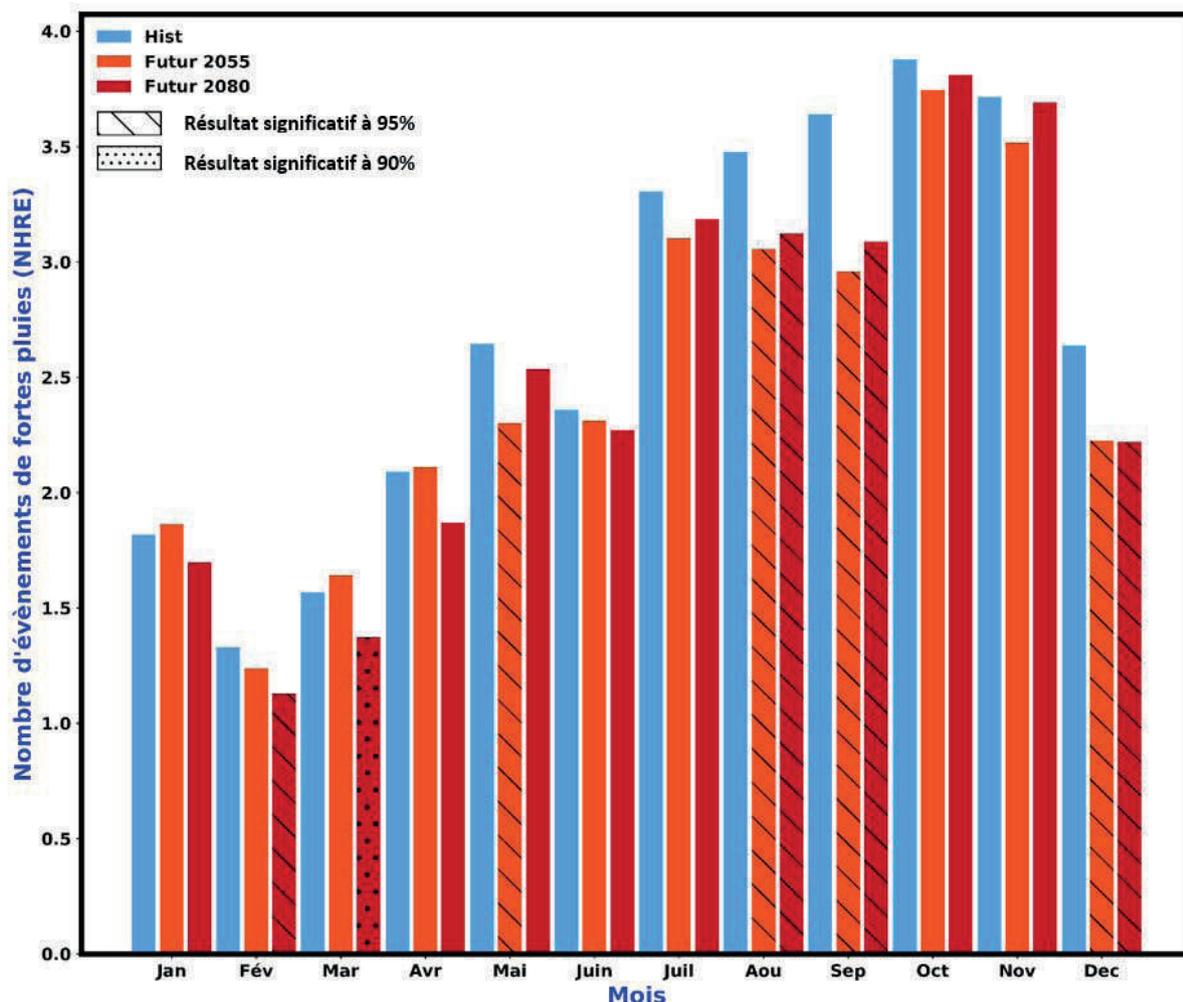
Le nombre d'événements pluvieux forts diminuerait significativement dans les projections, passant d'une moyenne de 32,3 à 29,9 événements par an pour les deux périodes 2031-2055 et 2056-2080.[34].

La saison sèche (février-mars-avril) ne connaîtrait que très peu de variations entre 2031-2055, mais entre 2056-2080, il y aurait jusqu'à un (1) événement pluvieux de moins par an sur la Basse-Terre. En Grande-Terre la diminution serait plus faible, de l'ordre d'un demi-événement de moins par an.

La saison humide connaîtrait un nombre d'événements de fortes pluies significativement réduit dès la période 2031-2055. En moyenne, il y aurait 16,3 événements par an sur la période 2031-2055 et 16,9 sur la période 2056-2080, contre 17,9 sur la période 1981-2013 [34].

Une diminution significative à 95 % de confiance du nombre d'événements pluvieux très forts est attendue. Ils devraient passer d'environ quatre (4) fois par an entre 1981 et 2013 à 3,5 par an pour les deux périodes (2031-2055 et 2056-2080). L'intensité annuelle des très fortes pluies diminuerait de 17 % de 374 à 310 mm [34].

Figure 11 : Évolution du nombre d'événements de fortes pluies moyennée sur l'ensemble des stations de la Guadeloupe



Sources : données du Projet C3AF METEO-FRANCE



Evolution du nombre d'épisodes secs

Le nombre d'épisodes secs devrait augmenter pour les deux périodes de 26,7 à 27,8 en moyenne en comparaison avec la période historique 1981-2013, il y aura de un à trois épisodes secs de plus par an selon les stations. La durée moyenne des épisodes secs ne varierait pas significativement hormis sur la côte sous-le-vent de Basse-Terre pour la période 2031-2056. Les épisodes secs dureraient 1 à 1,5 jour de plus dans les zones où ils duraient entre 5,4 et 9,5 jours (1981-2013).

Durant la saison pluvieuse une augmentation d'une demi-journée des épisodes secs est prévue en moyenne sur l'ensemble des stations. Cette variation est significative de 90 à 95 % pour l'ensemble des stations de la zone d'étude sauf à Marie-Galante.

La durée totale annuelle des épisodes secs augmenterait d'une dizaine de jours pour la période 2031-2055 et d'une quinzaine de jours dans la période 2056-2080. On passerait de 126 jours (1981-2013) à 135 jours (2031-2050) et 138 jours (2056-2080). C'est une augmentation significative et progressive (tendance de +0,21 jour par an, significative à 90 %).

Les modèles nous enseignent qu'en général, sur toute la Guadeloupe, l'intensité des périodes sans pluie augmenterait dans le futur à la fois en raison d'une augmentation de la fréquence des épisodes secs et de leur durée.

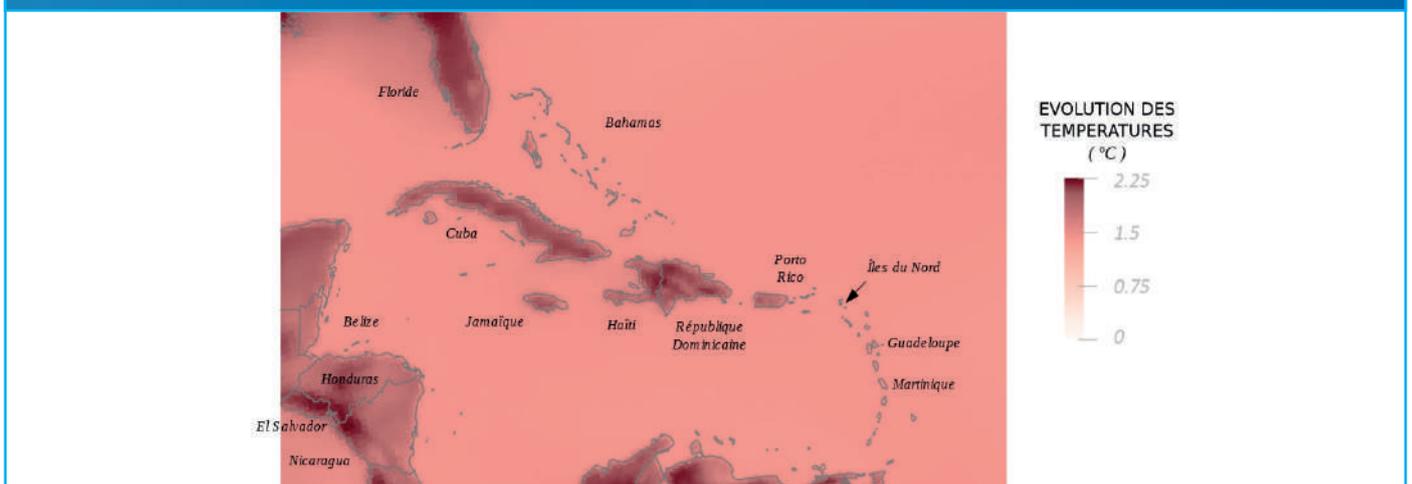
Evolution des températures

La même méthodologie que pour la pluviométrie est appliquée à la température pour les projections Météo-France (C3AF), c'est-à-dire une correction statistique quantiles-quantiles et spatialisée. Malheureusement, seules deux stations sont utilisables pour la variable température, par manque de données continues et sans lacunes. Cette démarche permet de déterminer l'évolution probable de la température pour le profil le plus pessimiste RCP8.5.

Les données non corrigées montrent que la région Caraïbe devrait connaître un réchauffement de l'ordre de 1,5°C sur l'océan et 2°C sur les terres émergées en moyenne annuelle.(Figure 12)

L'accélération du réchauffement devrait intervenir à partir de 2050-2055. Ce réchauffement serait homogène sur l'océan mais variable sur les terres en partie à cause du relief et de la taille des territoires [1].

Figure 12 : Évolution des températures moyennes annuelles dans la Caraïbe entre les périodes 1965-2013 et 2031-2080 (scénario RCP8.5 du GIEC)



Sources : Projet C3AF METEO-FRANCE

Evolution du niveau de la mer

Le BRGM a estimé l'évolution du niveau de la mer dans le contexte de changement climatique dans le cadre du projet C3AF en tenant compte : des changements océanographiques, de pertes des glaciers (apport en eau), des pertes en masse des glaces de l'Antarctique et du Groenland, des prélèvements d'eau souterraine et des mouvements de la terre solide après la dernière déglaciation [35].

L'élévation du niveau de la mer correspondant au scénario RCP8.5 est estimé à +0,26 m à l'horizon 2050 par rapport à un niveau de référence (niveau marin global moyen sur la période 1985-2005).

L'évaluation à l'horizon 2100, faite en tenant compte de l'affaissement du sol de 2 mm par an, est située entre +0,75 et +1,4 m à l'horizon 2100 projection « likely range » GIEC 2019.



Îlet Pigeon, Malendure, Bouillante

Conclusion

Bien que cette projection climatique ait de nombreuses limites, elle ne repose notamment que sur le scénario du pire, le plus pessimiste (rejet maximal de gaz à effet de serre et augmentation des radiations de $8,5 \text{ W/m}^2$ à l'horizon 2100). Elle permet de définir des tendances significatives.

Dans le futur les projections du scénario RCP8.5 réalisées avec ARPÈGE-CLIMAT prévoient pour la période allant de 2031 à 2080 [34] :

- des saisons des pluies plus sèches et moins extrêmes en Guadeloupe, avec des épisodes secs significativement plus longs

- des saisons sèches sur la côte sous-le-vent, avec des épisodes secs significativement plus longs

- des périodes sèches rallongées et plus fréquentes dans le nord-est de la Basse-Terre

- des cumuls de précipitation qui diminueraient de 10 à 15%, sur l'année pour la période 2031-2050 sur la côte sous-le-vent

- des cumuls de précipitation qui diminueraient de 10 à 15 %, sur l'année pour la période 2056-2080 sur l'ensemble de l'archipel.

- le niveau moyen de la mer qui devrait augmenter de +0,26 m d'ici à l'horizon 2050 et entre +0,75 et +1,4 m à l'horizon 2100 [35]



3.3. Conséquences attendues sur la ressource en eau

Les projections climatiques présentées donnent une information sur les précipitations (réductions attendues), l'intensification des épisodes secs en longueur et en fréquence, les variations de température mais pas les effets sur les masses d'eau. En 2010, dans le cadre de la mise en place du SDMEA, une évaluation de la ressource mobilisable a été faite suivant trois hypothèses : situation moyenne ; carême moyen et carême sec. Cette évaluation sera utile pour interpréter les changements à venir.

L'augmentation de la température et la réduction des précipitations auront pour effet, non présenté dans le projet C3AF, l'augmentation très probable de l'évaporation et de l'évapotranspiration [37]. Dans une étude de 2019 basée sur la réanalyse de données satellitaires et de modélisation combinées Jury et Bernard (2019), ont observé une tendance à l'augmentation de l'évaporation sur la Guadeloupe pour les saisons humides (juillet-août-septembre) et sèches (janvier-février-mars) de l'ordre de 5 à 10 mm entre 1979 et 2015 [36].

Table 4 : Estimation de la ressource quotidienne mobilisable en eau en fonction des conditions climatiques

	Ressource mobilisable pour l'AEP	Ressource mobilisable pour l'irrigation
Situation moyenne	1 730 000 m ³ / jour	331 000 m ³ / jour
Carême moyen	260 000 m ³ / jour (-84 %)	217 000 m ³ / jour (-34 %)
Carême sec	58 000 m ³ / jour (-96 %)	81 000 m ³ / jour (-75 %)

Source : Office de l'Eau Guadeloupe

Masse d'eau cours d'eau

L'essentiel des cours d'eau exploités en Guadeloupe se trouve sur l'île de la Basse-Terre. Une réduction des précipitations de 10 à 15 % aurait des effets sur les débits supérieurs à 15 %. La réduction du nombre de pluies fortes, a de très forts risques de modifier la forme des cours d'eau offrant alors moins de curage naturel. L'augmentation des températures favorise l'évaporation, augmentant encore la pression sur les débits et risquant de

diminuer les périodes d'étiage (niveau d'eau le plus bas). Cela pourrait rendre certains cours d'eau inexploitable. L'absence d'étude hydrologique récente sur l'effet de la pluviométrie sur les débits des cours d'eau rend toute autre conclusion difficile, mais elle pointe le besoin d'améliorer le suivi de la ressource.

Masse d'eau plan d'eau

Un plan d'eau est avant tout un point de stockage naturel ou modifié, il est alimenté par les précipitations locales et dans le cas de la Guadeloupe (retenue de Gachet, en Grande-Terre) par des cours d'eau.

Les réductions attendues de précipitation (10 à 15 %) vont modifier le bilan en eau. L'augmentation des températures va favoriser l'évaporation [37] et donc les pertes. Les plans d'eau risquent donc d'être sujet à des déficits de plus en plus marqués, par manque d'approvisionnement et augmentation des pertes.

Il faut noter que le fond d'un plan d'eau asséché a tendance à se dégrader, à perdre de son imperméabilité et donc sa capacité à stocker l'eau après des périodes de forte sécheresse. Les changements à venir risquent donc, en plus de limiter la capacité de stockage de l'eau et la ressource

d'impacter le coût de l'entretien des plans d'eau. En l'état actuel il est difficile de pouvoir évaluer les effets négatifs sur les capacités de stockage que provoquera le changement climatique. Des études spécifiques devraient permettre d'évaluer les effets du vent, de la température, de la végétation et de l'évaporation sur les niveaux d'eau.

L'expérience des années sèches passées (exemple d'octobre 2000 à juillet 2001) montre les limites des systèmes actuels de stockage en cas de longue sécheresse. En 2001, à partir du mois de février l'irrigation a été stoppée en Grande-Terre par manque de ressource, lié à l'incapacité de remplir les barrages de Letaye au Moule et de Gachet à Petit-Canal. Malgré la construction du barrage de Moreau à Goyave (construction débutée en 2014) qui aura pour mission d'assurer le remplissage de Gachet rien ne dit que les deux barrages ne seront pas asséchés en même temps.

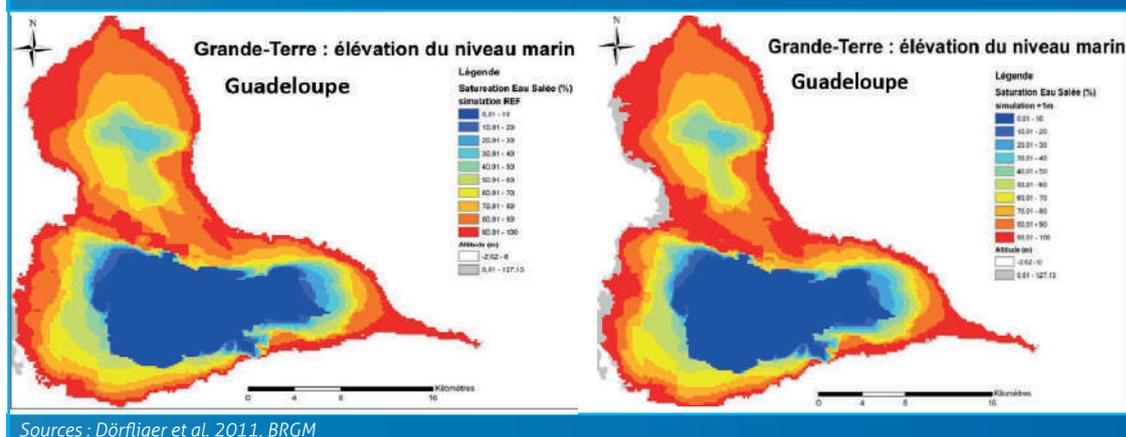
Masse d'eau eaux souterraines

L'augmentation du nombre et de la durée des sécheresses engendrerait un stress hydrique important avec un effet néfaste sur la recharge des masses d'eau souterraines. La modification du niveau marin couplé à cette incertitude sur la recharge des aquifères, impacteront les nappes phréatiques côtières en modifiant : leur forme, leur position, leur composition (infiltration saline, pollution au bore), leur rechargement et les structures géologiques attenantes. Des simulations ont été effectuées à l'échelle de l'aquifère de la Grande-Terre.

Les cartes de la Figure 13 montrent l'évolution de la saturation en eau salée de l'aquifère pour une remontée du niveau marin de 1 m. Ainsi, le modèle met en évidence une légère augmentation de la salinisation du littoral vers les terres sur l'ensemble du territoire de Grande-Terre. Les secteurs dont le niveau piézométrique est inférieur à 2 m d'altitude et où le gradient piézométrique est faible sont les secteurs les plus sensibles.

¹ Schéma Départementale Mixte Eau et Assainissement

Figure 13 : Saturation de l'aquifère en eau salée pour la situation de référence et pour une élévation du niveau marin de 1 m en Guadeloupe.



Sources : Dörfliger et al. 2011, BRGM

Les projections de Météo-France (CA3F) laissent penser que l'effet du changement climatique sera dans un premier temps limité aux zones basses les plus exposées entre 0 et 5 m au-dessus du niveau de la mer, avec des risques au niveau du rechargement des nappes d'eau du fait de la variabilité spatio-temporelle des précipitations.

Il est actuellement mené à l'échelle de la Grande-Terre, par le BRGM des projections relatives à l'évolution du volume de la nappe à partir des simulations pluviométriques et de l'élévation du niveau marin.

3.4. Conséquences attendues sur les milieux naturels

Conséquence sur les forêts

L'exacerbation des phénomènes météorologiques extrêmes (pluies intenses, sécheresse de longue durée) aux dépens de la pluie modérée et régulière rendra plus difficile le maintien de conditions d'alimentation hydrique des cultures, comme de la végétation spontanée. Il est donc plausible que cela entraînera une contraction des forêts hygrophiles et une expansion des forêts sèches, mais aussi amplifiera l'assèchement de l'atmosphère.

Conséquence sur les rivières

L'augmentation présumée dans l'avenir de l'évapotranspiration en Guadeloupe, pose un problème majeur. Car, ce paramètre est aujourd'hui mal caractérisé, il est urgent d'améliorer la connaissance de sa variabilité à l'échelle climatique. Mais nous savons qu'une augmentation de l'évapotranspiration provoquerait [37,38]:

- une diminution du débit des rivières
- une augmentation des concentrations de certains éléments chimiques dissous dans l'eau
- un assèchement des sols avec augmentation du ruissellement et du lessivage des sols [39, 40] et diminution de l'infiltration de l'eau au moment des fortes pluies

Le réseau de surveillance de la « Zone Critique » (OBSERA 2006-2020), zone d'échange et de transformation de la ressource minérale et organique à l'interface sol-air-eau, ne permet pas d'observer les tendances sur les évolutions de la composition de rivière avec moins de 20 ans de données [21].

Les variations de débit auront tendance à favoriser certaines espèces animales et végétales, mieux adaptées. Il est à craindre un changement de la faune et de la flore aquatique. L'augmentation de la température devrait augmenter les risques d'eutrophisation (développement d'algues vertes, asphyxie des eaux, pollution biologique) des zones les plus fragiles.

Conséquence sur les mangroves

À l'interface entre l'eau douce et l'eau salée, dans des eaux de salinité moyenne, la mangrove bien qu'ayant la capacité de vivre dans un espace très salin devrait ressentir les effets du changement de régime hydrique et de l'augmentation de l'évapotranspiration. L'apport réduit d'eau douce couplé à l'évapotranspiration fera augmenter la salinité à certaines embouchures et provoquer du stress sur la faune et la flore.

L'augmentation du niveau marin limitait déjà le développement de ces forêts marines, les futures conditions risqueraient de voir la disparition de nombreuses zones, mais aussi des forêts adjacentes (humides et semi-humides).

Avec la diminution des débits qui va favoriser l'accumulation de matière organique et déchets, couplée à l'augmentation des températures, on peut s'attendre à la diminution de l'oxygène disponible dans l'eau et l'eutrophisation du milieu.

La mangrove joue un rôle de tampon pour la pollution. Elle régule les rejets d'azote, de phosphore et de métaux lourds à la mer. Son affaiblissement devrait par effet mécanique diminuer la qualité des masses d'eau côtière [41]. Des évaluations spécifiques doivent être menées avec les débits hydriques attendus afin de quantifier les risques à venir.

3.5. Impacts probables sur nos usages

Un approvisionnement de la ressource en eau réduite (diminution de 10 à 15 % pour la période 2056-2080) ajouté au risque de perte accru via l'évapotranspiration du fait de l'augmentation des températures moyennes jusqu'à 1,5°C devrait avoir des conséquences sur nos usages de l'eau. Mais en l'état, les prévisions ne permettent pas encore d'estimer comment la ressource (les masses d'eau) va être impactée quantitativement.

L'évaluation des besoins en irrigation faite en 2010 par l'Office de l'Eau Guadeloupe montre qu'en cas de carême moyen les besoins passent de 58 000 m³ par jour à 96 000 m³ par jour (+66 %) et 185 000 m³ par jour en cas de carême sec (+218 %). On peut donc s'attendre à une rupture de la production d'eau et à des manques dans tous les secteurs.

3.5.1. Eau potable

Bien que les besoins moyens par habitant (176 litres par jour en 2008, 102 à Marie-Galante, 227 à Deshaies) soient faibles en comparaison à un Nord-Américain (> 250 litres par jour), la demande est réelle et quotidienne. Des épisodes secs plus fréquents et plus chauds avec une réduction des précipitations vont engendrer une pression accrue sur la ressource. Les cours d'eau sont très sensibles aux périodes

de sécheresse et fréquemment à la limite d'exploitabilité. Bien que les ressources en eau souterraine ne soient pas encore pleinement exploitées, les épisodes secs et chauds vont impacter la ressource en limitant son renouvellement. La disponibilité de l'eau potable devrait être fortement altérée et des adaptations de la consommation devront être mises en place.

3.5.2. Agriculture

Besoin en eau

La consommation globale en eau d'un couvert végétal (forêt, prairie, culture), ou évapotranspiration, dépend à la fois des espèces végétales et de la surface des feuilles, et des caractéristiques environnementales : température, humidité de l'air, rayonnement solaire, vitesse du vent [42, 43].

Le besoin en eau d'une prairie varie entre 4 mm au mois de janvier et 6 mm par jour en juillet. L'irrigation d'un hectare de pâturage en année moyenne nécessite de 4 à 5000 m³ d'eau (1000 m³/mois). Celle d'une bananeraie demande de l'ordre de 1500 à 1700 m³/ha/mois soit un niveau de précipitation de 1800 à 2000 mm.

La quantité d'eau disponible pour la végétation dépend pour l'essentiel de l'eau du sol accessible aux racines appelée : Réserve en eau du sol (RU), dont une partie seulement peut être facilement utilisable (RFU). La RU est constituée pour l'essentiel à partir des précipitations (pluies), et le cas échéant par des systèmes d'irrigation.

Bilan hydrique d'un sol

Le bilan hydrique correspond à l'état de remplissage de la RU, par différence entre l'évapotranspiration et le rechargement par des pluies efficaces ou les dispositifs d'irrigation.

La pluie efficace correspond à l'eau réellement stockée dans la RU : une pluie trop faible (moins de 0,5 à 5 mm en fonction du couvert végétal) sera interceptée par la végétation et évaporée avant d'atteindre le sol.

Une pluie trop importante saturera la RU, l'excédent ruissellera et sera perdu pour la végétation. Tant que le niveau de réserve en eau correspond à la RFU, il n'y a pas de restriction en eau pour la végétation, qui pousse normalement. Quand la RFU est épuisée, la croissance ralentit mais s'arrête quand la RU est vide (état de sécheresse du sol).

Conséquences prévisibles du changement climatique sur l'agriculture

Les diminutions et variation de précipitation, épisodes secs plus longs et plus fréquents surtout dans le Nord Basse-Terre et sur la côte sous-le-vent devraient provoquer la diminution de la RU des sols. Le nombre d'épisodes de pluies fortes à très fortes devrait diminuer, particulièrement en août et en septembre, mais leurs effets s'accroître sur des espaces asséchés [34]. Deux mécanismes complémentaires participeront à cette réduction : une diminution du stock de matière organique des sols cultivés, par une minéralisation accrue et une diminution des restitutions [44] ; une érosion accélérée par les épisodes de pluies fortes à très fortes sur des sols fragilisés par la perte de matière organique et la diminution du couvert végétal.

L'impact du changement climatique pourrait être très important sur l'économie agricole, avec une chute des rendements moyens des cultures pérennes de type canne, des difficultés accrues pour nourrir les ruminants pendant les

saisons sèches, et une diminution induite du cheptel bovin, en particulier. Les possibilités d'irrigation, déjà réduites, pourraient disparaître avec des conséquences dramatiques sur les productions maraîchères et vivrières de la Grande-Terre, mais aussi sur la côte sous-le-vent. De même, la culture bananière pourrait être fortement pénalisée.

L'impossibilité d'évaluer l'état futur des cours d'eau limite l'évaluation des conséquences du changement climatique sur l'agriculture. Cette évaluation demanderait des projections hydrologiques. Mais le manque de données (pluviométrie, débit mètre de rivière entre autres), ne permet ces projections que pour un petit nombre de masses d'eau cours d'eau (17 sur 47).

Le projet Explorer-INRAE [32] qui se focalise sur l'agriculture climato-intelligente devrait donner des indications quantitatives de l'impact du changement climatique sur la production agricole.

3.5.3. Production hydroélectrique et géothermique

La réduction des précipitations attendues à l'horizon 2080 étant de l'ordre de 10 à 15 %, compte tenu de la localisation des 10,5 MW d'hydroélectrique, cette production devrait être protégée des variabilités attendues : moins de pluie et sécheresses plus fréquentes et plus longues. L'utilisation de turbines de type Pelton, à grande hauteur de chute qui ne nécessitent pas de grand réservoir, favorise aussi la production dans un contexte de changement climatique.

En l'état des connaissances aucune prévision ne peut être faite. Les relations entre précipitation et débit de rivière dans les bassins versants sont mal connues pour la plupart des cours d'eau prélevés. La production hydroélectrique annuelle ne semble pas souffrir des variations de précipitation ou du climat. Il est clair qu'en absence de ressource en eau, c'est-à-dire d'écoulement de surface ou d'eau disponible dans un bassin réservoir aucune production hydroélectrique ne sera possible.

À titre de comparaison, la Jamaïque avec un climat beaucoup plus aride (température moyenne 30,1°C humidité moyenne 68,1 %, précipitation 1 549 mm) que la Guadeloupe (Tmoy 29°C, Hmoy 69.8 %, précipitation 1 780 mm) possède huit

(8) stations avec une puissance totale installée de 23 MW. Depuis une dizaine d'années celles-ci font face à de nombreuses difficultés de fonctionnement, voire des arrêts complets pendant les longues périodes de sécheresse, par manque d'eau. Le prélèvement, ou la déviation de ressource en période sèche peuvent impacter localement certaines zones et assécher des tronçons de rivière ou des zones sensibles des bassins versants. À l'échelle mondiale les prévisions sont de l'ordre de -6 % de la production hydroélectrique à l'horizon 2070 avec selon le lieu des prévisions de -15 à -50 % [45].

La seule usine géothermique de la Guadeloupe se trouve à Bouillante sur l'une des zones de la Basse-Terre qui devrait être impactée dès la première période 2031-2055 selon les prédictions climatiques du projet C3AF. La production repose sur des masses d'eau souterraines relativement profondes (500 à 1 000 m), la procédure d'exploitation durable de la Géothermie prévoit la réinjection de la vapeur prélevée dans la nappe après l'extraction de l'énergie afin de garantir la durabilité de la production. Les futures évolutions du climat pourraient diminuer le potentiel mais ne devraient pas impacter la production, sauf en cas de mauvaise gestion.



3.5.4. Eaux de baignade en rivière

Les futurs changements pourraient modifier les niveaux d'eau dans les cours d'eau et donc l'accès à la baignade dans de nombreux bras de rivière pendant les périodes sèches qui devraient être plus fréquentes et plus longues.

Cette difficulté d'accès pourrait être liée au nombre de personnes que les zones de baignades pourraient accueillir avec des risques de conflit.

Une réduction des volumes d'eau (hauteur d'eau) et des débits

pourrait avoir des effets sanitaires avec un renouvellement de l'eau des bassins trop faible et des risques de pollution chimique et biologique plus fréquents.

Une eau croupissante par des chaleurs élevées peut favoriser la décomposition anoxique (c-a-d sans oxygène) de la matière organique.

Les risques sur la disponibilité et les conditions sanitaires existent déjà, en 2019 sept (7) zones de baignade en eau douce sur 17 présentaient une qualité insuffisante [46].

3.5.5. Concurrence de l'eau entre usage

La répartition des usages de l'eau par secteur est clairement définie avec 83,4 % des prélèvements qui concernent l'AEP, 13,4 % l'irrigation et 3,07 % pour l'industrie. Les prélèvements sont importants en Guadeloupe à cause des fortes pertes 143 % de l'AEP en 2016.

Cette situation devrait être très bientôt réglée et permettre de rééquilibrer les prélèvements à l'échelle de l'archipel.

Trois niveaux de concurrence peuvent être observés : à l'échelle des points de prélèvement ; par secteurs d'activité ; et à l'échelle locale.

Concurrence des prélèvements

Le prélèvement important dans les masses d'eau cours d'eau a un effet sur les exutoires. La réduction des hauteurs et des débits modifie les systèmes hydriques avec dans certains cas une perte de bio-diversité et des ensablements comme sur la rivière du Bananier (plus de 6 millions de m³

prélevés en 2018) qui voit son exutoire, port de pêche de Bananier ensablé et sa zone humide adjacente se réduire. Il convient de repenser les prélèvements dans l'écosystème global de la Guadeloupe au risque d'endommager voire de perdre des zones humides remarquables.

Concurrence dans les usages agricoles

Les systèmes d'irrigation offrent aux agriculteurs un approvisionnement en eau moins coûteux que le réseau domestique. Ces réseaux sont malheureusement sous-dimensionnés et ne permettent pas en période sèche un approvisionnement continu et une réponse à tous les besoins.

Dans cette situation, des choix de plus en plus forts devront être faits entre la production vivrière et la production de culture extensive, telle que la banane, mais aussi la taille et l'autonomie des élevages grands consommateurs d'eau.

Concurrence communale

Pendant les périodes de sécheresse la lecture des arrêtés préfectoraux pointe les principaux conflits communaux. Mis à part le nettoyage de voiture, résidence et le remplissage des piscines, se sont les irrigations de terrains sportifs (golf inclus), pelouse et jardin privatif qui sont ou interdits ou limités dans le temps.

La réduction de la ressource devrait en particulier interroger sur l'utilité des pelouses et des piscines privatives découvertes mais aussi permettre de repenser les méthodes de nettoyage des véhicules automobiles par exemple.



Dès 2012, alors qu'il existait des incertitudes sur les projections climatiques, la Guadeloupe a su prendre des mesures pour s'adapter au changement climatique décliné dans le cadre d'une stratégie « Sans regret » [47]. Ces mesures se déclinent suivant deux axes, d'une part l'atténuation et d'autre part l'adaptation, du territoire et de ses activités au changement climatique.

Les actions visant à adapter le pays et les activités au changement, ont porté sur :

- la sensibilisation et la mobilisation des acteurs locaux ;
- la transition énergétique avec le développement des énergies renouvelables et la maîtrise de la demande (amélioration du bâti) ;
- la gestion des déchets et l'amélioration du transport [47].

S'agissant des actions visant l'atténuation des effets, sont concernées essentiellement la gestion du trait de côte en prévision de l'élévation du niveau de la mer et la préservation de la biodiversité.

La profusion d'eau dans l'archipel de la Guadeloupe (historiquement nommée l'île aux Belles Eaux) a certainement retardé la prise en compte des pressions exercées sur cette ressource.

La crise de l'eau intervient à partir des années 1990-2010. Elle a mis au devant de la scène, la nécessité de répondre à ce problème de société. L'urgence climatique est venue renforcer depuis lors l'obligation de trouver aujourd'hui des solutions pour demain.

Pour lutter contre les effets du changement climatique et dans la continuité du protocole de Paris 2015, l'UNESCO a promu six (6) principes éthiques que sont : Prévention des nuisances ; Approche de précaution ; Équité et justice ; Développement durable ; Solidarité ; **Connaissances scientifiques et Intégrité dans la prise de décisions scientifiques** [48].

L'ensemble de ces principes définissent les leviers d'action pour mieux atténuer les aléas et s'adapter aux changements à venir.

4.1. Vers une gestion intégrée de la ressource en eau

Projet explorer 2070

En 2010-2012, le projet Explorer 2070 porté par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE) a eu pour objectif d'élaborer des stratégies d'adaptation au changement climatique à l'horizon 2070 et de les évaluer. Ce fut le premier projet à estimer les perturbations à venir sur le cycle de l'eau et la ressource via une analyse multi-modèle des projections climatiques A1B1 à l'échelle nationale [38].

Les principaux résultats ont été :

- une augmentation possible des températures moyennes de l'air de l'ordre de +1,4 °C à + 3°C sur la métropole ;
- une évolution incertaine des précipitations en moyenne de l'ordre de -16 % à -23 % ;
- une diminution significative globale des débits moyens annuels des fleuves et rivières de l'ordre de 10 % à 40 % ;
- une diminution des débits en saisons sèches et une évolution hétérogène et globalement moins importante des crues.

Au-delà, ce projet a permis de pointer des insuffisances de connaissances et de données sur plusieurs paramètres, telles que les interactions entre les eaux de surface et les aquifères, l'affectation des sols et les effets de la végétation, le fonctionnement des infrastructures hydrauliques (barrages, réservoirs, etc.), les transferts d'eau entre bassins et la qualité des eaux superficielles et souterraines.



Petite rivière à Goyave, Goyave

Gestion des Risques

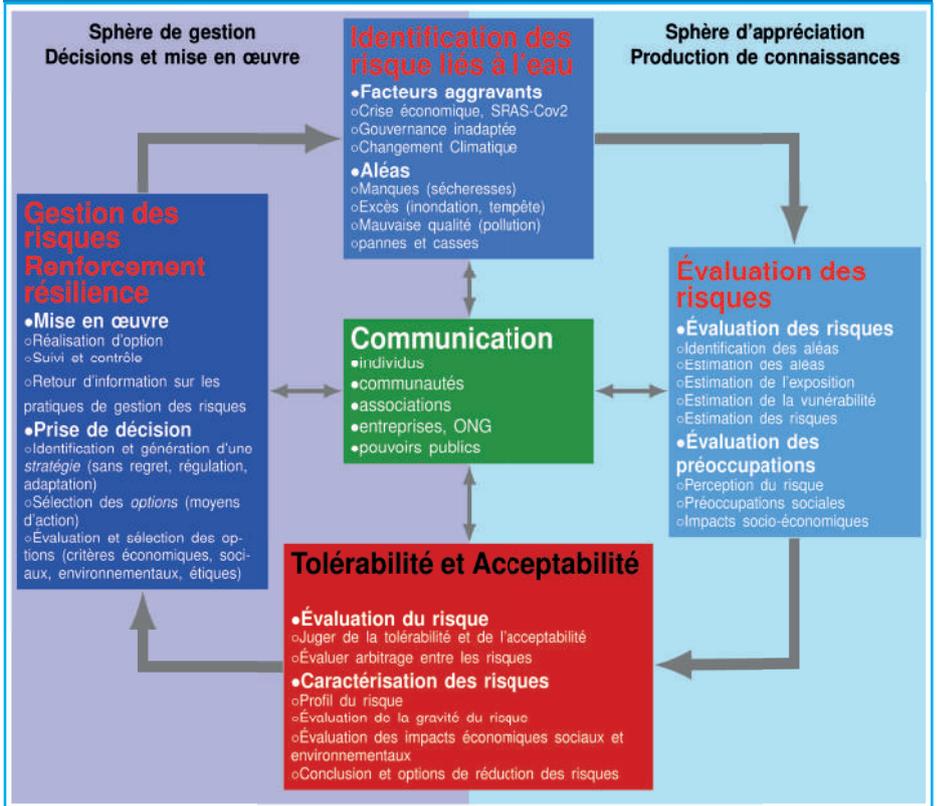
Le changement climatique rend la bonne gestion de la ressource en eau plus complexe, car elle repose sur une multitude de systèmes : climatique, hydrologique, biologique, chimique, etc. Mais le risque est bien présent et l'archipel de la Guadeloupe expérimente déjà les premiers aléas : rupture de production, stress hydrique, perte de bio-diversité, assèchement de la végétation, perte de la productivité agricole, problème sanitaire, pollution, perte d'attrait touristique, etc.

Les stratégies de gestion des risques peuvent être résumées par quatre (4) verbes : **éviter ; réduire ; transférer ou assumer.**

L'OCDE propose une méthode de gestion qui consiste à agir sur le risque et les actions ou composantes qui le favorise en : « [...], en limitant l'exposition ou en renforçant la résilience de la communauté, des actifs physiques et de l'environnement pour qu'ils soient moins vulnérables aux dommages potentiels. » Voir schéma : (Figure 14) de l'OCDE [51].

Comme toute gestion du risque la limite des actions à mener sera définie par les notions de **tolérabilité** et **d'acceptabilité** et visera à proposer des solutions d'adaptation.

Figure 14 : cadre d'action fondé sur les risques en faveur de la sécurité de l'eau.



Sources : adaptée de Renn (2006) [49] par TCG-NRG

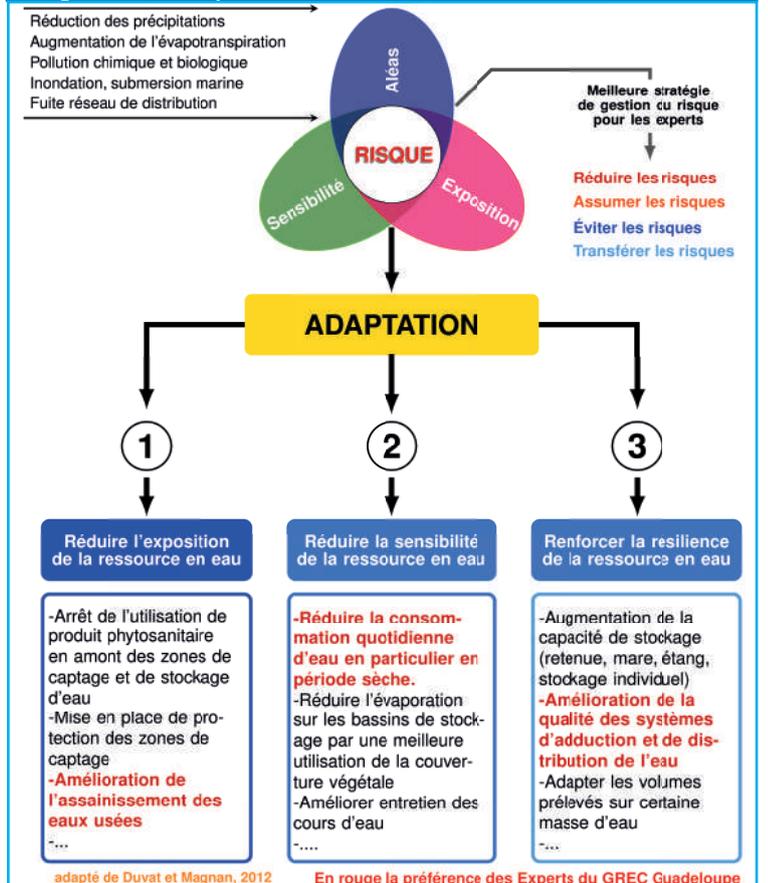
Une méthodologie d'adaptation au changement climatique

Le changement climatique dépend de systèmes dynamiques tels que l'atmosphère, la lithosphère, l'hydrosphère, et la biosphère qui reposent tous sur des échelles de temps et d'espaces différentes. Chacun des systèmes a ses propres règles de fonctionnement qui interagissent. Les aléas, les vulnérabilités, les sensibilités ne peuvent pas être atténués sans tenir compte de leur dimension globale.

Les politiques d'adaptation au changement climatique qui se veulent pertinentes doivent pousser à une structuration logique de l'action publique afin d'éviter la « mal-adaptation » d'un secteur au profit d'un autre.

L'objectif visé doit être, de réduire la vulnérabilité au sens du GIEC, en agissant sur : l'exposition aux aléas naturels ; la sensibilité des écosystèmes à ces aléas ; et la capacité d'adaptation de la société. Duvat et Magnan ont proposé en 2012 [50] un descriptif d'une adaptation au changement climatique qui a été modifié (Figure 15) pour la ressource en eau de l'archipel de la Guadeloupe.

Figure 15 : Trois piliers de la logique de la mise en œuvre de l'adaptation de la ressource en eau de l'archipel de la Guadeloupe dans le cadre du changement climatique



adapté de Duvat et Magnan, 2012

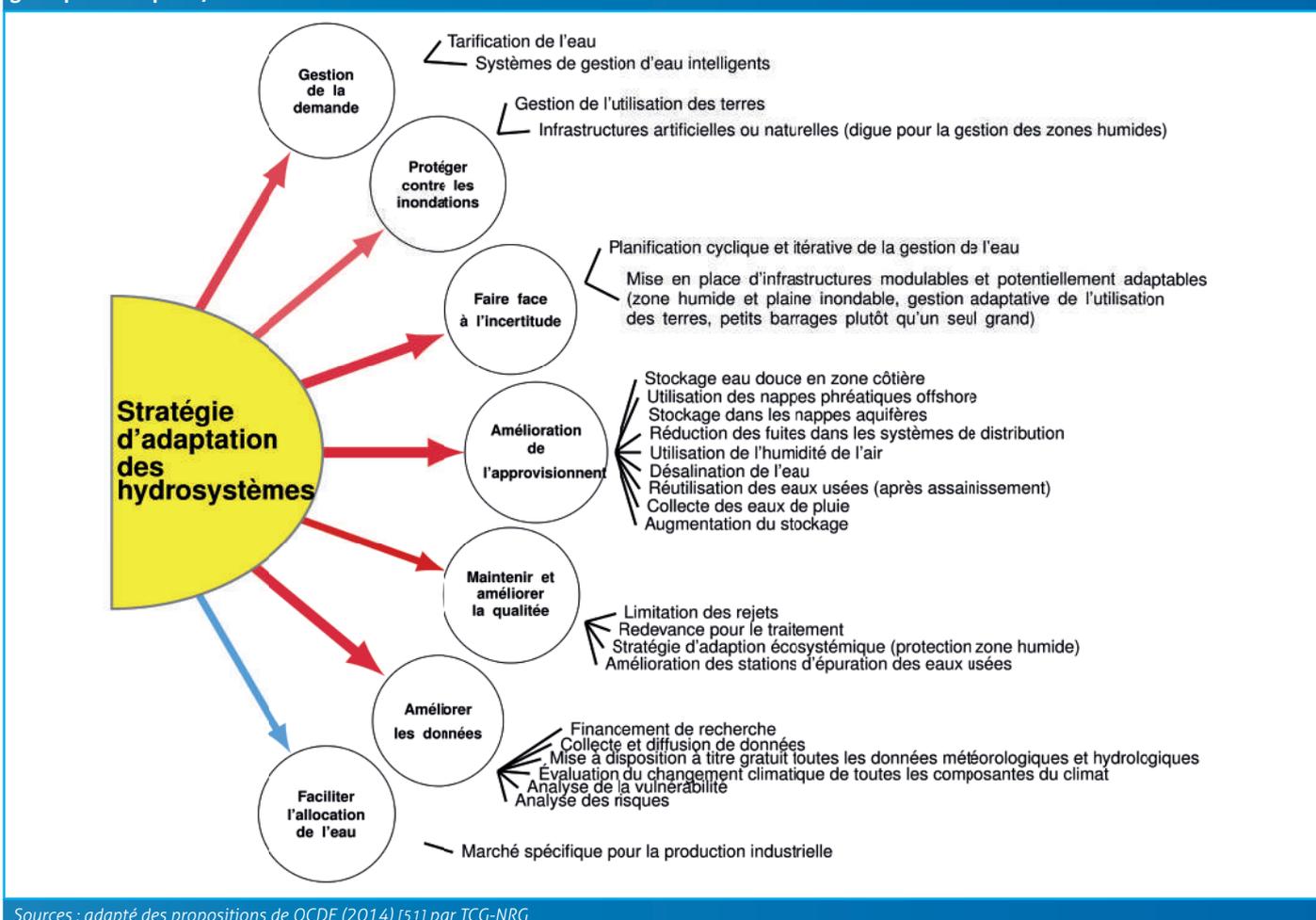
En rouge la préférence des Experts du GREC Guadeloupe

Sources : adapté de Duvat et Magnan (2012) [50] par TCG-NRG

4.2. Emergences de pratiques vertueuses et économes en eau

L'adaptation au changement climatique passe par une acceptation de nouvelles pratiques en accord avec les nouvelles conditions de vie (température plus élevée, temps plus sec et précipitations plus rares et moins intenses) et de la capacité de la population à accepter de nouvelles contraintes ou façon de faire (fin de la ressource infinie). Ces pratiques doivent reposer sur la mise en place d'une stratégie d'adaptation pour les hydrosystèmes qui peut s'inspirer des propositions de l'OCDE [51] (Figure 16).

Figure 16 : Stratégie d'adaptation possible pour les hydrosystèmes adaptée pour l'archipel de la Guadeloupe (en rouge les actions privilégiées par les experts)



Sources : adapté des propositions de OCDE (2014) [51] par TCG-NRG

Des pistes à étudier: Stratégie d'adaptation

Un grand nombre de technologies existent pour la production et le stockage de l'eau, elles n'ont pas toutes la même utilité et efficacité et dépendent de l'état du climat et des besoins en eau. On peut en citer quelques-unes, **en rose les préférences des Experts du Grec**.

Amélioration des stockages : proposer des modes de stockage naturels qui favorisent la préservation de la ressource mais aussi, la biodiversité, le transport et la préservation des espaces naturels.

Utilisation des eaux assainies : après assainissement la plupart des eaux sont rejetées directement dans la nature (avec des niveaux de nitrate et phosphore importants). Dans certaines conditions ces eaux pourraient être utilisées pour

Stockage d'eau souterraine : en plus de l'exploitation des nappes phréatiques, il est possible d'utiliser certains aquifères afin de stocker l'eau des périodes humides pour en disposer durant les périodes plus sèches [52].

Dessalination eau de mer et saumâtre : la ressource en eau de mer est importante et permet via un processus thermique ou mécanique, très énergivore, d'obtenir de l'eau douce et de la saumure (déchet impactant pour environnement marin). Les énergies renouvelables sont adaptées pour des petites structures dans la Caraïbe [18].

Collecte des eaux de pluie : cette méthode a été en grande partie abandonnée dans le passé (1970-1980) par les exigences sanitaires de lutte contre les moustiques. Les nouveaux dispositifs peuvent être adaptés, à l'échelle d'un bâtiment ou d'un quartier, pour améliorer la qualité des eaux collectées et éviter la prolifération des insectes.

Collecte de l'humidité de l'air : les zones où le brouillard d'advection est présent (>600 m) peuvent être équipées de dispositifs de condensation et de collectes d'eau (déjà en place en Amérique du Sud), la production est faible mais potentiellement utile pour répondre à une demande locale [53].

Utilisation des aquifères offshore : la ressource en eau douce souterraine peut aussi se retrouver en mer à quelque kilomètres de la côte via des remontées de sources et des forages. Un certain nombre de sources sous-marines ont déjà été identifiées à Bouillante.

Transport physique de l'eau douce par la mer : L'eau douce peut aussi être transportée depuis les grands fleuves via des tankers ou récupérée depuis des icebergs

Des efforts à faire

Toute adaptation demande des changements dans la vie de tous les jours ainsi que des investissements économiques et humains dans la limite du tolérable. L'acceptation de ces adaptations n'exempte pas d'efforts de l'ensemble de la société.

Ces efforts, consistent essentiellement dans la réduction des pertes et une meilleure utilisation de la ressource. On peut citer :

(en rouge les priorités des experts)

Amélioration des réseaux de distribution et d'assainissement :

éviter les pertes et améliorer les re-

Amélioration des protocoles agricoles:

paillage, adaptation des variétés cultivées, meilleure préparation des sols, irrigation adaptée pour réduire évapotranspiration des sols.

Développement de l'agroforesterie:

meilleur aménagement des territoires pour limiter les pertes en eau et en matière organique.

Mise à disposition à titre gratuit de l'ensemble des données météorologiques et climatiques :

afin que professionnels et particuliers puissent adapter leurs besoins en eau en fonction des conditions climatiques.

Développement de l'agro-météorologie:

(projet Explorer INRAE/MeteoFrance/OREC-Guadeloupe [32]), ainsi que la smart-agriculture (objet connecté, Intelligence Artificielle) afin de répondre au juste besoin et d'accroître la résilience des exploitations (petites et grandes).

Réduction des besoins en adaptant les modes de vie :

disparition ou au moins réduction des pelouses à arroser, des piscines privées. Réduction du nombre de golfs à entretenir. Passage aux toilettes sèches, reboisement, entretien des mares, etc.



Le climat de la Guadeloupe, tropical maritime, présente de grandes diversités du fait de sa caractéristique archipélagique et demande encore beaucoup d'efforts pour le comprendre.

Aujourd'hui, ce climat favorise le renouvellement de la ressource en eau et offre des quantités d'eau suffisantes pour l'ensemble des composantes de la Guadeloupe.

Cette ressource est de nature et de forme multiple mais sa répartition est non homogène sur les six principales îles de l'archipel. Cette inhomogénéité a nécessité beaucoup d'ingéniosité par le passé afin de donner accès à l'eau potable et courant à l'ensemble du territoire.

Garantir à tous une distribution quotidienne en quantité et qualité, est une tâche qui exige de la rigueur et de l'éthique. Dans l'avenir, elle demandera encore plus d'effort, afin de préserver la qualité du service. Parallèlement, les activités humaines (domestiques, agricoles, industrielles et touristiques) devront être adaptées aux nécessités de préservation et de protection de toutes les masses d'eau situées en surface ou sous terre, qu'elles soient mobiles ou statiques.

Les prévisions sont clairement alarmantes pour la préservation de nos conditions de vie, jusque-là paradisiaques. Les changements à venir à l'horizon 2080 sont, dans le cas le plus pessimiste, en termes de température de +2°C, d'élévation du niveau de la mer de +0,26 à +0,75 m et de précipitations de -10 à -15 %. Ces changements vont impacter l'ensemble des ressources en eau et leurs usages.

Les processus qui vont réchauffer et assécher le climat de l'ensemble des îles de la Caraïbe ne sont pas encore bien compris du fait de la taille et du morcellement des territoires. Cela demande encore plus de moyens humains et financiers pour l'ensemble des sciences et techniques de l'environnement.

La gestion des changements climatiques s'ajoutera à la gestion des problèmes quotidiens. Elle exigera de tous une réflexion profonde et la mise en place de principes éthiques forts, afin de gérer au mieux la continuité des activités humaines tout en respectant la biosphère.

Des solutions existent pour compenser le manque de ressource en eau à venir, il convient dès à présent de les répertorier et de se préparer à les appliquer. Car, une chose est sûre, les changements climatiques vont imposer des adaptations dans la gestion de la ressource en eau.

Mais, sans une prise de conscience de tous, sans une prise de conscience de la valeur de cette ressource vitale qu'est l'eau, sans la compréhension des problèmes que pose la gestion de la ressource, il n'est pas certain qu'il soit possible d'appliquer les bonnes solutions pour pallier les difficultés à venir.

L'Éducation de la population et des autres usagers (exploitations agricoles, industriels, collectivités, restaurants, touristes,...) pourrait s'inscrire parmi les priorités avec pour objectif la maîtrise des risques environnementaux. Cela consisterait à développer une prise de conscience écologique, s'appuyant sur l'apprentissage à une utilisation raisonnée et plus sobre de l'eau.



Advecter : déplacer une masse d'air horizontalement, elle est principalement provoquée par les différences de pression atmosphérique

Aquifère : formation géologique constituée de roches poreuses ou fissurées contenant de l'eau et capable de la restituer.

Archipel : un ensemble d'îles proches les unes des autres qui peuvent influencer les circulations atmosphériques et océaniques et donc le climat.

Biosphère : zone englobant toutes les parties de l'atmosphère, de la lithosphère (comme la lithosphère océanique) et de l'hydrosphère où la vie est présente.

Directive-Cadre sur l'Eau de 2000 (DCE): structure la politique publique de l'eau et garantit la gestion durable de l'eau au niveau Européen, en imposant des découpages territoriaux et mesures fréquentes. La directive est complétée par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques de 2006 (LEMA)

Dissipation thermique : désigne le phénomène par lequel un objet, une masse, perd de l'énergie en excès sous forme de chaleur, en faveur de son environnement au cours du temps.

Épisode de forte pluie : correspond au nombre de jour consécutif où les précipitations sont supérieures à 10 mm, "pluie dites fortes"

Épisode de très forte pluie : correspond au nombre de jour consécutif où les précipitations sont supérieures à 50 mm, "pluie dites très fortes"

Épisode sec : un épisode climatique sec correspond à une période de plus de trois (3) jours consécutifs avec des précipitations négligeables, inférieures à 1 mm par jour

GIEC (IPPC) : Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (dénomination anglo-saxon : Intergovernmental Panel on Climate Change) est l'organisme intergouvernemental ouvert à tous les pays membres de l'ONU (195 pays) : qui a pour mission d'évaluer, sans parti pris et de façon méthodique, claire et objective, les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique qui nous sont nécessaires pour mieux comprendre les risques liés au réchauffement climatique d'origine humaine, cerner plus précisément les conséquences possibles de ce changement et envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation. Il n'a pas pour mandat d'entreprendre des travaux de recherche ni de suivre l'évolution des variables climatologiques ou d'autres paramètres pertinents

Masse d'eau : représente une portion de cours d'eau, canal, aquifère, plan d'eau ou zone côtière homogène. Il s'agit d'un découpage élémentaire des milieux aquatiques destiné à être l'unité d'évaluation

de la directive cadre sur l'eau 2000/60/CE. Les masses d'eau sont regroupées en types homogènes qui servent de base à la définition de la notion de bon état. Ce découpage ne prend en compte que les ressources de dimension significatives. Les mêmes obligations administratives ne s'appliquent pas aux autres ressources plus petites et non incluses dans les masses d'eau.

Modélisation : représentation d'un phénomène complexe sous une forme formelle, une forme connue cela peut être en utilisant des formules mathématiques, des formes géométriques, des couleurs etc. Le but est de faciliter la compréhension ou la gestion du phénomène.

Niveau d'étiage : défini comme «plus bas niveau atteint par un cours d'eau ou un lac», selon Le Glossaire International d'Hydrologie (1992), le niveau le plus bas variant d'une année à l'eau sa détermination est peu évidente, les étiages d'un cours d'eau sont estimés à l'aide du débit moyen mensuel le plus bas de l'année (QMNA)

Pluviométrie (précipitation) : La pluviométrie mesure des volumes de précipitations, des quantités d'eau qui tombent sur le sol. Elles s'évaluent en hauteur d'eau tombée sur une surface d'un mètre carré ; la hauteur étant en millimètre (1 mm d'eau sur 1 m² correspond à un litre d'eau sur 1 m²).

Pression atmosphérique : la pression atmosphérique correspond à la pression exercée sur une surface par la masse de colonne d'air au repos

Radiation Infra-Rouge : rayonnement électro-magnétique (de longueur d'onde allant de 700 nm à 0,1 mm) qui correspond à l'émission d'un corps à une température allant de -270°C à 3 000°C et est le rayonnement en charge du réchauffement de l'atmosphère.

Sécheresse : définit l'état de manque d'eau, par rapport aux conditions habituelles, plus ou moins long en un lieu qui a des conséquences sur la faune et la flore

SDMEA : Schéma Départemental Mixte Eau et Assainissement

Similitude : Fait pour deux objets d'être semblables ou d'avoir une relation qui relie leur état ou leur comportement dans l'espace et le temps

Solvant : substance, le plus souvent liquide, qui a le pouvoir de dissoudre d'autres substances.

Substratum : support ou soubassement géologique sur lequel repose une zone, il est caractérisé pas une discontinuité, tel que une différence de porosité.

Tendance : changement caractérisé pas une variation régulière et monotone des valeurs moyennes durant une période définie

Variabilité : capacité d'une grandeur physique à varier plus ou moins régulièrement

autour d'une valeur moyenne

Unités :

Degrés Celsius (°C) : unité de mesure de la température, à pression ambiante une eau à 100°C rentre en ébullition et à une température de 0°C l'eau pure gèle

Débit de rivière (m³/s) : unité de mesure de débit de rivière exprimer en m³ par seconde, soit mille litres d'eau, qui passerait à travers la section d'une rivière en une seule seconde

ppm (partie par million) : unité de mesure de la pollution de l'air. Sa valeur correspond au rapport de la quantité de particules polluantes sur la quantité du volume d'air, 1 ppm indique qu'il y a un (1) million fois plus d'air que de polluant, soit 1 micro gramme de composant pour 1 gramme d'air (1 µg / 1 g)

Précipitation et lame d'eau : unité de hauteur d'eau sur une surface de référence de un mètre carré. On utilise la même unité pour les échanges dans le cycle de l'eau : les précipitations ; l'évaporation, l'évapotranspiration, l'infiltration d'eau, etc.

- [1] UMR GRED (2019). Le Changement Climatique, sur le site Changement Climatique et Conséquences sur les Antilles Françaises (mise à jour 29/06/2019) [https://c3af.univ-montp3.fr/1-faq.html], (consulté le 17/09/2020).
- [2] Thomas P. (2014). La chaleur de la Terre et la géothermie, article sur Internet, [https://planet-terre.ens-lyon.fr/article/chaleur-Terre-geothermie.xml], (consulté le 17/09/2020)
- [3] GIEC, (2013): Glossaire [Planton, S. (coord.)]. In: Changements climatiques 2013: Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis d'Amérique. 185 pages.
- [4] Le climat en Guadeloupe, Section Climatologie, Service Régional de la Guadeloupe, Météo-France, Les Abymes Guadeloupe, 2 pages.
- [5] Brévignon C. (2003). Atlas Climatique: L'environnement atmosphérique de la Guadeloupe, de Saint-Barthélémy et de Saint-Martin. Météo France, Service Régionale de Guadeloupe.
- [6] Belda M., Holtanová E., Halenka T., Kalvová J., (2014). Climate classification revisited: from Köppen to Trewartha. *Climate Research* 59, 1-13. [doi: 10.3354/cr01204]
- [7] (n-d) Catalogue sédimentologique des côtes française : Guadeloupe, Météo-France
- [8] Base de données HYDRO, Ministère de l'écologie, du développement Durable et de l'Énergie [http://www.hydro.eaufrance.fr/] (consulté le 16/09/2020).
- [9] Ronald B. Smith (2019) 100 Years of Progress on Mountain Meteorology Research, *Meteorological Monographs*. [https://doi.org/10.1175/AMSMONOGRAPHS-D-18-0022.1]
- [10] Météo-France (2019), Atlas des Pluies extrême, base de donnée, mise à jour 2019 [http://pluiesextremes.meteo.fr/] (Consulté le 01/10/2020)
- [11] Montout C.(2013) Bulletin Climatique Annuel de 2013 : Guadeloupe 971, DIRAG/Météo-France, Les Abymes, Guadeloupe
- [12] Plocoste T., (2013). Étude de la dispersion nocturne de polluants atmosphériques issus d'une décharge d'ordures ménagères : Mise en évidence d'un îlot de chaleur urbain, Thèse de Doctorat, Université des Antilles-Guyane, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe
- [13] OREC (2014). Évolution du Climat et ses Impacts en Guadeloupe, Édition 2014, OREC Guadeloupe, [https://www.guadeloupe-energie.gp/download/124/orec-evolution-du-climat-et-ses-impacts-en-guadeloupe/7285/orec-evolution-du-climat-et-ses-impacts-en-guadeloupe-2014.pdf]
- [14] ONERC (2012). Les outre-mer face au défi du changement climatique. Rapport au Premier ministre et au Parlement. [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Rapport_2012_OutreMer_WEB.pdf]
- [15] Jones P. et co-auteurs (2016). Long-term trends in precipitation and temperature across the Caribbean, *International Journal Of Climatology* 36: 3314–3333. [doi: 10.1002/joc.4557]
- [16] Taylor M., Leonardo A., and Stephenson T. (2018). Future caribbean climates in a world of rising temperatures : The 1.5 vs 2.0 dilemma. *Journal of Climate*, 31 (7), [https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0074.1]
- [17] Ramirez-Beltran N., Gonzalez J., Castro J., Angeles M., Harmsen E. and Salazar C. (2017). Analysis of the Heat Index in the Mesoamerica and Caribbean Region, *Journal Of Applied Meteorology And Climatology*. [https://doi.org/10.1175/JAMC-D-16-0167.1]
- [18] Williams Z. (2019). Renewable Energy For Desalination Process: Efficiency And Environmental Impacts In A Tropical Island Using Digital Tools (Utilisation des Énergies Renouvelable pour la Desalination : Détermination de l'Efficacité et des Impacts Environnementaux sur une Île Tropicale à l'aide d'Outils Numériques), The University of the West Indies, (thèse de Mphil, en Anglais), Kingston, Jamaïque
- [19] Dessert C. and Lajeunesse E., Lloret E., Clergue C., Crispi O., Gorge C. and Quidelleur X. (2015). Controls on chemical weathering on a mountainous volcanic tropical island: Guadeloupe (French West Indies), *Geochimica et Cosmochimica Acta*. [https://doi.org/10.1016/j.gca.2015.09.009]
- [20] Dessert C., Clergue C., Rousteau A., Crispi O. and Benedetti M.(2020). Atmospheric contribution to cations cycling in highly weathered catchment, Guadeloupe (Lesser Antilles), *Chemical Geology*. [https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2019.119354]
- [21] OBSERA-IPGP, Base de données hydrologique et chimique (2006-actuel) des rivières instrumentées de la Basse-Terre. [http://www.ipgp.fr/fr/obsera/observatoire-de-leau-de-lerosion-aux-antilles]. (consulté le 01/10/2020)
- [22] Révision de l'état des lieux 2019 : Cahier 3 Inventaires des pressions et activités humaines, Office de l'Eau Guadeloupe
- [23] SDMEA (2010). Schema Departemental Mixte Eau Et Assainissement Volet Eau Potable Phase 2 - Bilan Ressources / Besoins, Par Le Groupement SAFEGE/ ANTEA / SCP / ISL.
- [24] CréOcean (2019). Rapport Au Comite De L'Eau De La Biodiversite : Révision De L'Etat Des Lieux Du SDAGE 2019 : Synthèse, Comité De L'Eau Et De La Biodiversité.
- [25] Morell M., Bardin I., Arjounin M. (1991). Étude Bilan hydrologique de la retenue de Letaye-Amont (année 1990). [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers3/34745.pdf]
- [26] Dörfli N., Dumon A., Aunay B., Picot G avec la collaboration de Claire Moynot et de Marine Bollard (2011) : Influence de la montée de la mer sur le biseau salin des aquifères cotiers des DROM/COM, Rapport final, BRGM RP-60828-FR, 285p., 125 ill., 23 ann.
- [27] Seux B, Le Loher F, Angibault I (2019) – Définition des scénarios tendanciels des pressions et évaluation du RNAOE à l'horizon 2027 pour les masses d'eau souterraine du bassin de Guadeloupe et de Saint-Martin dans le cadre de la révision de l'état des lieux. Rapport final. BRGM/RP-69130-FR, 55 p., 18 ill., 4 tab., 2 ann.
- [28] BRGM (2019). État des lieux 2019 des masses d'eau souterraine du bassin Guadeloupe et de Saint-Martin - Évaluation de l'état, Rapport final, BRGM/RP-69059-FR.
- [29] Chauvin F., Pilon R., Palany P et Belmadani A. (2020). Future changes in Atlantic hurricanes with the rotated stretched ARPEGE Climat at very high resolution, *Climate Dynamics* [https://doi.org/10.1007/s00382-019-05040-4]
- [30] OREC (2018). Profie Territorial de Vulnérabilité de la Guadeloupe au Changement Climatique, Édition 2018, OREC Guadeloupe, [https://www.guadeloupe-energie.gp/download/124/orec-evolution-du-climat-et-ses-impacts-en-guadeloupe/8063/orec-profil-de-vulnerabilite-de-la-guadeloupe-2018.pdf]
- [31] Cantet P., Déqué M., Palany P. & Maridet J.-M. (2014). The importance of using a high-resolution model to study the climate change on small islands: the Lesser Antilles case, *Climate dynamics and climate modelling* (66). [https://doi.org/10.3402/tellusa.v66.24065]
- [32] Blazy J.-M. (2019) « Explorer – Développer l'agriculture climato-intelligente dans les territoires tropicaux insulaires », Rapport intermédiaire, INRAE, février 2019. [https://www.guadeloupe.ademe.fr/sites/default/files/rapport-projet-explorer.pdf]
- [33] Cantet P.(2017). Mapping the mean monthly precipitation of a small island using kriging with external drifts, *Theoretical and Applied Climatology* (127).
- [34] DIRAG/Météo-France: Centre Météorologique de la Guadeloupe et Division Études(2019) Evolution des précipitations aux Antilles françaises, Rapport pour l'Office de l'Eau de la Guadeloupe (version 1.1) [http://observatoire-eau-guadeloupe.makina-corpus.net/outils/base-documentaire/etudes/ressources/etudes-climatiques/evolution-des-precipitations-aux-antilles-francaises/at_download/file]
- [35] Monfort D., Grémont L., et Legendre Y. (2018). Évolution économique des impacts des risques côtiers en lien avec le changement climatique sur le littoral de la Guadeloupe -Année 1-, Rapport final, avril 2018 BRGM/RP-6768-FR [http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-67868-FR.pdf]
- [36] Jury M. R. et Bernard D. (2019). Climate trends in the East Antilles Islands, *International Journal of Climatology*. [https://doi.org/10.1002/joc.6191]
- [37] Aubé D., (2016). Impacts du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse - Bilan actualisé des connaissances -. Collection « eau & connaissance ». Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 114 pages. [https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-30801-bilan-connaissances-changement-climat-eau-rmc.pdf]
- [38] (n-d) Projet Explorer 2070, Le portail technique de l'OFB [https://professionnels.ofb.fr/fr/node/44] (Consulté le 01/10/2020)
- [39] Lloret E., Dessert C., Gaillardet J., Albéric P., Crispi O., Chaduteau C. and Benedetti M.F. (2011). Comparison of dissolved inorganic and organic carbon yields and fluxes in the watersheds of tropical volcanic islands, examples from Guadeloupe (French West Indies), *Chemical Geology* [https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2010.10.016].
- [40] Lloret E., Dessert C., Pastor L., Lajeunesse E., Crispi O., Gaillardet J. and Benedetti M.F. (2013). Dynamic of particulate and dissolved organic carbon in small volcanic mountainous tropical watersheds, *Chemical Geology* [https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2013.05.023]
- [41] Fromard F., Michaud E. et Hossaert-McKey M., 2018. Mangrove : une forêt dans la mer. Le cherche midi, Paris.
- [42] Belda M., Holtanová E., Halenka T., Kalvová J., (2014). Climate classification revisited: from Köppen to Trewartha. *Climate Research* 59, 1-13.
- [43] Zotarelli L., Dukes, M.D., Romero C.C., Migliaccio K.W., Morgan K.T. (2018). Step by Step Calculation of the Penman-Monteith Evapotranspiration (FAO-56 Method), *Agricultural and Biological Engineering Department, U.I.E., ed.*
- [44] Sierra J., (2011), Climate change in the West Indies: the main agricultural impacts, In: *The Green book of the CLIMATOR project*. pp. 305-310.
- [45] Berga L. (2016). The Role of Hydropower in Climate Change Mitigation and Adaptation: A Review, *Engineering* 2(3). [https://doi.org/10.1016/J.ENG.2016.03.004]
- [46] Site Web Eaux de baignade, Ministère chargé de la Santé [https://baignades.sante.gouv.fr/] consulté le 16/09/2020
- [47] Région Guadeloupe (2015). Le Défi Caribéen du Changement Climatique cap sur l'Action en Guadeloupe. [https://www.regionguadeloupe.fr/fileadmin/Site_Region_Guadeloupe/Mediatheque/Brochures_et_publications/Le_DEFI_CARIBEEN.pdf]

[48] UNESCO, 2019. Changeons les esprits pas le climat ! L'UNESCO se mobilise face à la crise climatique, Paris, France. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000370750_fre.locale=fr]

[49] Renn O. (2016). Introduction to the IRGC Risk Governance Framework, IRGC, revised version. Lausanne: EPFL International Risk Governance Center

[50] Duvat V. et Magnan A. (2012) Ces îles qui pourraient disparaître, Le Pommier [https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00821637]

[51] OCDE (2014) L'Eau et l'adaptation au changement climatique. Des politiques pour naviguer en eaux inconnues, Étude OCDE sur l'eau, Éditions OCDE. [http://dx.doi.org/10.1787/9789264200647-fr]

[52] Dillon, P. and co-auteurs (2018). « Sixty years of global progress in managed aquifer recharge ». Hydrogeology Journal, Vol. 27, pp. 1–30. [https://doi.org/10.1007/s10040-018-1841-z]

[53] Qadir, M. (2018). « Addressing trade-offs to promote safely managed wastewater in developing countries ». Water Economics and Policy, Vol. 4, n° 2, pp. 1–10. doi.org/10.1142/S2382624X18710029 [https://doi.org/10.1142/S2382624X18710029]

[54] Accès aux Données sur les Eaux Souterraines pour la France métropolitaine et les départements d'outre-mer, Base de donnée [https://ades.eaufrance.fr/]

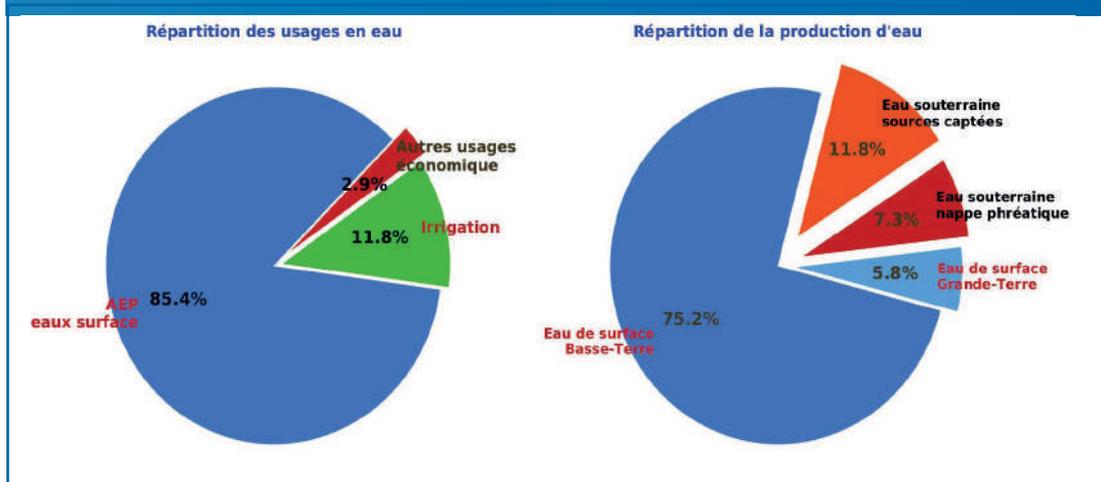
[55] Nakicenovic N. et 29 contributeurs (2000). Special Report on Emissions Scenarios : Rapport spécial sur les scénarios d'émissions, Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/emissions_scenarios-1.pdf]

Tableau : les chiffres des prélèvements d'eau de 2018 sont présentés sans analyse du fait de leur mise à disposition tardive

	Volume et pourcentage	Origine	Provenance
Alimentation en Eau Potable	80,6 millions de m ³ (85 %)	Eau superficielle 62,0 millions m ³ (77 %)	Basse-Terre 73,5 millions m ³ (91%)
			Grand-Terre 5,7 millions m ³ (7 %)
		Eau souterraine 18,6 millions m ³ (23 %) dont eaux de source captées 11,5 millions m ³ (14 %)	
Irrigation	11,1 millions m ³ (12 %)		
Autres usages économiques	2,7 millions m ³ (3 %)		
Total	94,4 millions m³		

Source : Observatoire de l'Eau, 2020

Figure 5 : Représentation graphique des répartitions des usages et de la production d'eau en Guadeloupe en 2018



Source: Office de l'Eau Guadeloupe

L'observatoire régional de l'énergie et du climat (OREC) est un outil partenarial d'aide à la décision créé dans le but d'observer l'évolution énergétique et climatique de notre territoire. Il vise à centraliser des données afin de les analyser et d'en assurer la diffusion. Les données peuvent être collectées, mesurées ou issues d'études spécifiques.

Ressources documentaires OREC



Les membres du Comité de l'observatoire



Mécènes

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

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



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

Synergile

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

www.synergile.fr

Rédaction : Jean-François Marc Dorville

Crédit photo : Office de l'eau, BRGM, Synergile, TCG-NRG