



## Etude de vulnérabilité au changement climatique des rivières de Martinique



<b>1. Introduction .....</b>	<b>7</b>
1.1. Le changement climatique en Martinique .....	7
1.2. Prise en compte du changement climatique dans la gestion de l'eau en Martinique .....	11
1.3. Concepts et hypothèses de base .....	13
<b>2. Démarche méthodologique .....</b>	<b>15</b>
2.1. Echelle de travail et démarche globale .....	15
2.2. Déroulé de l'étude et co-construction .....	16
2.3. Les enjeux traités et le diagnostic à exprimer .....	17
2.4. Les sources de données .....	18
<b>3. Disponibilité des ressources en eau de surface et changement climatique .....</b>	<b>19</b>
3.1. Bilan des connaissances .....	19
3.2. Chaîne d'impacts .....	19
3.3. Evaluation des facteurs climatiques : exposition .....	20
3.4. Evaluation des facteurs non climatiques : sensibilité .....	22
3.5. Evaluation de la vulnérabilité .....	24
<b>4. Biodiversité des cours d'eau et changement climatique .....</b>	<b>26</b>
4.1. Bilan des connaissances .....	26
4.2. Chaîne d'impacts .....	27
4.3. Evaluation des facteurs climatiques : exposition .....	27
4.4. Evaluation des facteurs non climatiques : sensibilité .....	29
4.5. Evaluation de la vulnérabilité .....	31
<b>5. Qualité des cours d'eau et changement climatique .....</b>	<b>33</b>
5.1. Bilan des connaissances .....	33
5.2. Chaîne d'impacts .....	33
5.3. Evaluation des facteurs climatiques : exposition .....	34
5.4. Evaluation des facteurs non climatiques : sensibilité .....	35
5.5. Evaluation de la vulnérabilité .....	38

<b>6. Perspectives .....</b>	<b>40</b>
<b>7. Annexes .....</b>	<b>41</b>
7.1. Détails sur le calcul des scores d'exposition par bassin versant .....	41
7.2. Scores de sensibilité et scores intermédiaires pour chaque bassin versant .....	43
7.3. Tableaux récapitulatifs des scores pour les différents enjeux .....	52
7.4. Cohérence entre la vulnérabilité vis-à-vis de la disponibilité des ressources en eau de surface et les déficits sur l'AEP projetés par le MGR .....	58
7.5. Présentation détaillée de la méthodologie.....	58
<b>8. BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>59</b>

## TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX

### Figures

Figure 1 : Changement de la température à la surface du globe par rapport à la période 1850-1900 (IPCC, 2021) .....	7
Figure 2 : Scénarios du GIEC pour le réchauffement de la Terre d'ici la fin du XIXème siècle (IPCC, 2021) .....	8
Figure 3 : Température moyenne annuelle : écart à la référence 1971-2000 au Lamentin, Martinique (source : MétéoFrance, ClimatHD) .....	8
Figure 4 : Cumul annuel de précipitations : rapport à la référence 1971-2000 au Lamentin, Martinique (source : Météo France, ClimatHD) .....	9
Figure 5 : Nombre de journées chaudes (température maximale supérieure ou égale à 31°C) au Lamentin, Martinique (source : MétéoFrance, ClimatHD) .....	9
Figure 6 : Température moyenne annuelle : écart à la référence 1981-2010. Simulations climatiques sur passé et futur pour le scénario RCP 8.5, modèle Arpège-Climat (source : Météo France, ClimatHD).....	10
Figure 7 : Cartes de cumul annuel des précipitations sur l'île de la Martinique : référence (a) et écart à cette valeur par horizon temporel (b) (c). Simulations climatiques pour le scénario d'évolution RCP 8.5 (Météo France, 2023). .....	11
Figure 8 : Schéma de la politique française d'adaptation au changement climatique (source : (Ecologie.gouv, 2023)). .....	12
Figure 9 : Carte des bassins versants des cours d'eau de la Martinique .....	15
Figure 10. Schéma du déroulé de l'étude en lien avec les grands temps de co-construction.....	17
Figure 11 : Chaîne d'impacts pour l'enjeu « disponibilité des ressources en eau de surface ». .....	19
Figure 12 : Carte d'exposition basée sur la diminution projetée de la pluviométrie annuelle et la baisse observée des débits de carême en année sèche .....	21
Figure 13. Schéma récapitulatif de la méthodologie d'évaluation de la sensibilité pour l'enjeu "disponibilité des ressources en eau de surface" .....	22
Figure 14 : Carte de sensibilité pour l'enjeu « disponibilité des ressources en eau de surface » .....	23
Figure 15 : Carte de vulnérabilité au changement climatique pour l'enjeu de disponibilité des ressources en eau de surface .....	25
Figure 16 : Chaîne d'impacts pour l'enjeu « biodiversité des cours d'eau ». .....	27
Figure 17 : Carte d'exposition basée sur la diminution projetée de la pluviométrie annuelle et la baisse observée des débits de carême en année sèche .....	28
Figure 18. Schéma récapitulatif de la méthodologie d'évaluation de la sensibilité pour l'enjeu "biodiversité des cours d'eau" .....	29
Figure 19 : Carte de sensibilité pour l'enjeu « biodiversité des cours d'eau » .....	30
Figure 20 : Carte de vulnérabilité de l'enjeu « biodiversité des cours d'eau ».....	32
Figure 21 : Chaîne d'impacts révisée pour l'enjeu « qualité des cours d'eau ».....	33

Figure 22 : Carte d'exposition basée sur la diminution projetée de la pluviométrie annuelle et la baisse observée des débits de carême en année sèche .....	34
Figure 23. Carte d'exposition basée sur la diminution projetée de la pluviométrie annuelle et la baisse observée des débits de carême en année sèche .....	34
Figure 24. Schéma récapitulatif de la méthodologie d'évaluation de la sensibilité pour l'enjeu "qualité des cours d'eau" .....	36
Figure 25 : Carte de sensibilité de l'enjeu « qualité des cours d'eau » .....	37
Figure 26 : Carte de vulnérabilité de l'enjeu « qualité des cours d'eau » .....	39
Figure 27. Synthèse de la méthode d'évaluation des taux mensuels d'évolution des débits sous changement climatique réalisée dans le cadre du MGR. ....	41
Figure 28 : Baisse simulée de la pluviométrie annuelle (%) à 2055, sur les bassins versants des masses d'eau coud d'eau de Martinique (source : Météo France) .....	41
Figure 29 : Baisse des débits (%) de mars-avril en années sèches sur les bassins versants des masses d'eau cours d'eau de Martinique .....	42
Figure 30. Scores intermédiaires et grille de croisement l'évaluation de l'exposition .....	42
Figure 31 : Localisation des zones d'intérêts écologiques en Martinique (sources : DEAL, ODE).....	46
Figure 32 : Carte de localisation des EEE des cours d'eau de Martinique .....	47
Figure 33 : Carte de vulnérabilité au changement climatique pour l'enjeu de la disponibilité des ressources en eau de surface (a) et carte de prévision des déficits à l'horizon 2055 (MGR) (b) .....	58

## Tableaux

Tableau 1 : Matrice de croisement des scores d'exposition et de sensibilité, aboutissant au score de vulnérabilité pour chaque bassin versant et chaque enjeu .....	16
Tableau 2 : Correspondance entre les enjeux et les impacts étudiés.....	17
Tableau 3 : Méthode d'élaboration d'un score pour le facteur aggravant d'artificialisation des bassins versants. Pour rappel, un score de +1 signifie qu'au moins 15 % de la surface du BV est artificialisé (Source : Corine Land Cover 2018) .....	43
Tableau 4 : Rendement des réseaux des collectivités de la Martinique (%) (source : (l'EX-SICSM, 2020) et (ODYSSI, 2020)).....	44
Tableau 5 : Méthode d'élaboration d'un score pour le facteur aggravant des rendements des réseaux. Pour rappel, un score de +1 signifie un rendement inférieur à 80 %.....	44
Tableau 6 : Méthode d'élaboration d'un score pour le facteur aggravant de zones d'intérêt écologique. Pour rappel, un score de +1 signifie que plus de 50% de sa surface du bassin versant est occupée par des zones d'intérêts écologiques (source : données ODE). .....	45
Tableau 7 : Méthode d'élaboration du score EEE (source : Nature & Développement, T. Baudry).....	47

<b>Tableau 8 : Méthode d'élaboration d'un score pour le facteur aggravant zones de baignade autorisée. Un score de +1 signifie la présence d'au moins une zone de baignade autorisée sur le bassin versant (source : ODE) .....</b>	<b>48</b>
<b>Tableau 9 : Méthode d'élaboration d'un score pour le facteur aggravant usages informels. Un score de +1 signifie la présence d'au moins une zone de baignade autorisée ou non autorisée ou de lavage de voiture sur la rivière (source : COPIL de l'étude). .....</b>	<b>49</b>
<b>Tableau 10 : Méthode d'élaboration d'un score « ICPE », en tenant compte des évolutions des pressions de l'EDL. ....</b>	<b>50</b>
<b>Tableau 11 : Méthode d'élaboration d'un score pour le facteur « réseau routier » (source : CLC 2018). ....</b>	<b>51</b>
<b>Tableau 12 : Calcul des scores d'exposition, de sensibilité et de vulnérabilité pour l'enjeu 1. ....</b>	<b>53</b>
<b>Tableau 13 : Calcul des scores d'exposition, de sensibilité et de vulnérabilité pour l'enjeu 2. ....</b>	<b>54</b>
<b>Tableau 14 : Calcul des scores d'exposition, de sensibilité et de vulnérabilité pour l'enjeu qualité des cours d'eau. ....</b>	<b>55</b>

## **Table des sigles :**

AC : Assainissement collectif

AEP : Alimentation en eau potable

ANC : Assainissement non collectif

CC : Changement climatique

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

EDL : Etat des lieux 2019 du SDAGE

EEE : Espèce exotique envahissante

GIEC : Groupement d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

MECE : Masse d'eau Cours d'Eau

RNAOE : Risque de non atteinte des objectifs environnementaux

ZHIEP : Zones humides d'intérêt environnemental particulier

ZNIEFF : Zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique

# 1. Introduction

## 1.1. Le changement climatique en Martinique

### 1.1.1. Le changement climatique à l'échelle mondiale

Il est désormais établi, par un large consensus scientifique, que le climat mondial se réchauffe du fait des activités humaines. L'émission et l'accumulation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère perturbe toutes les composantes du climat : atmosphère, océans, glaces, biosphère terrestre et marine et lithosphère continentale. Aucune région du monde n'est épargnée.

Les observations entre 1850 et 2020 montrent que la température moyenne mondiale a augmenté d'environ + 1.1°C. Ce réchauffement s'accélère dans le milieu des années 1970, avec une augmentation de 0.15°C à 0.20°C par décennie (Figure 1).

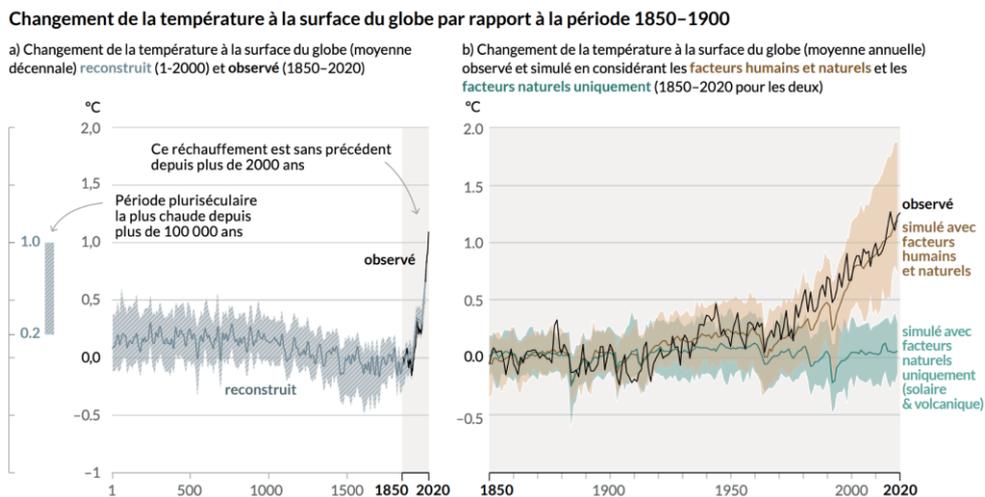


Figure 1 : Changement de la température à la surface du globe par rapport à la période 1850-1900 (IPCC, 2021)

Le changement climatique est défini par le Groupement d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) comme « tout changement du climat dû à sa variabilité naturelle ou résultant de l'activité humaine ». La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) précise la définition du GIEC : le changement climatique caractérise des « changements qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables ».

Afin de construire des scénarios de changement climatique mondial, le GIEC coordonne les simulations effectuées par les modèles climatiques globaux. Ainsi, une gamme de scénarios de concentration de gaz à effet de serre se basant sur différents niveaux d'effort de réduction d'émissions a été développée et sert de base à la simulation des futurs climatiques possibles (Figure 2). Ainsi, en 2100, l'évolution simulée de la température moyenne mondiale varie entre +2,7°C pour un scénario intermédiaire (SSP2-4.5) et +4,4°C pour le scénario le plus pessimiste (SSP5-8.5).

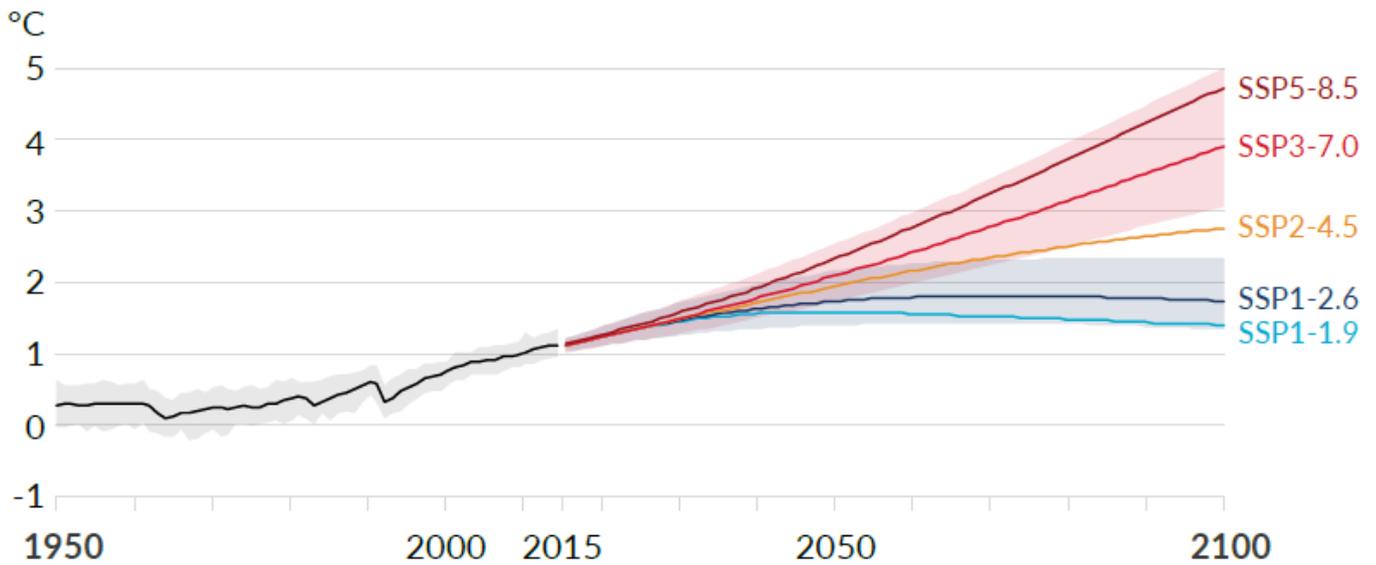


Figure 2 : Scénarios du GIEC pour le réchauffement de la Terre d'ici la fin du XIXème siècle (IPCC, 2021)

## 1.1.2. Les tendances passées en Martinique

### Des températures en hausse

Depuis la seconde moitié du XIXème siècle, la Martinique connaît un réchauffement global de +1,18°C, avec une augmentation de 0,28°C par décennie (Figure 3).

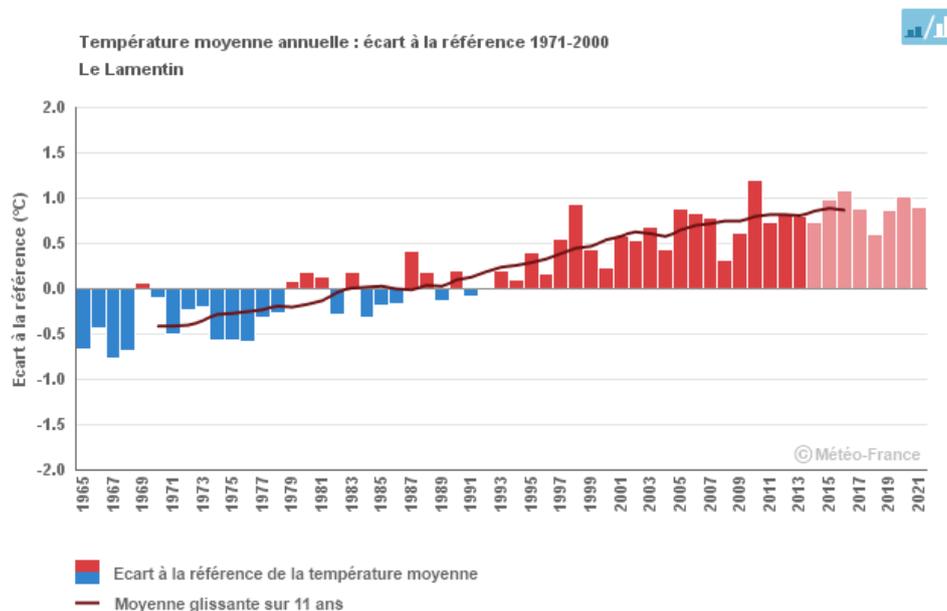


Figure 3 : Température moyenne annuelle : écart à la référence 1971-2000 au Lamentin, Martinique (source : MétéoFrance, ClimatHD)

## Une pluviométrie variable

D'après la Figure 4, les observations récentes montrent que la pluviométrie n'a pas évolué de façon statistiquement significative depuis la seconde moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle. Une forte variabilité interannuelle est en revanche notée.

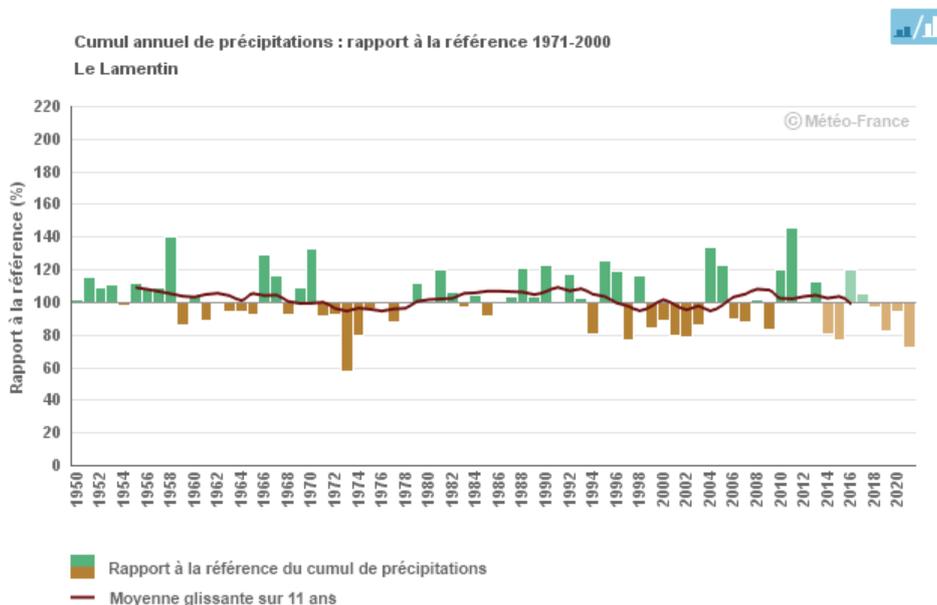


Figure 4 : Cumul annuel de précipitations : rapport à la référence 1971-2000 au Lamentin, Martinique (source : Météo France, ClimatHD)

## Des journées de plus en plus chaudes

D'après la Figure 5, le nombre de journées chaudes (avec une température maximale supérieure ou égale à 31°C) en Martinique a été multiplié par 4, depuis la seconde moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle.

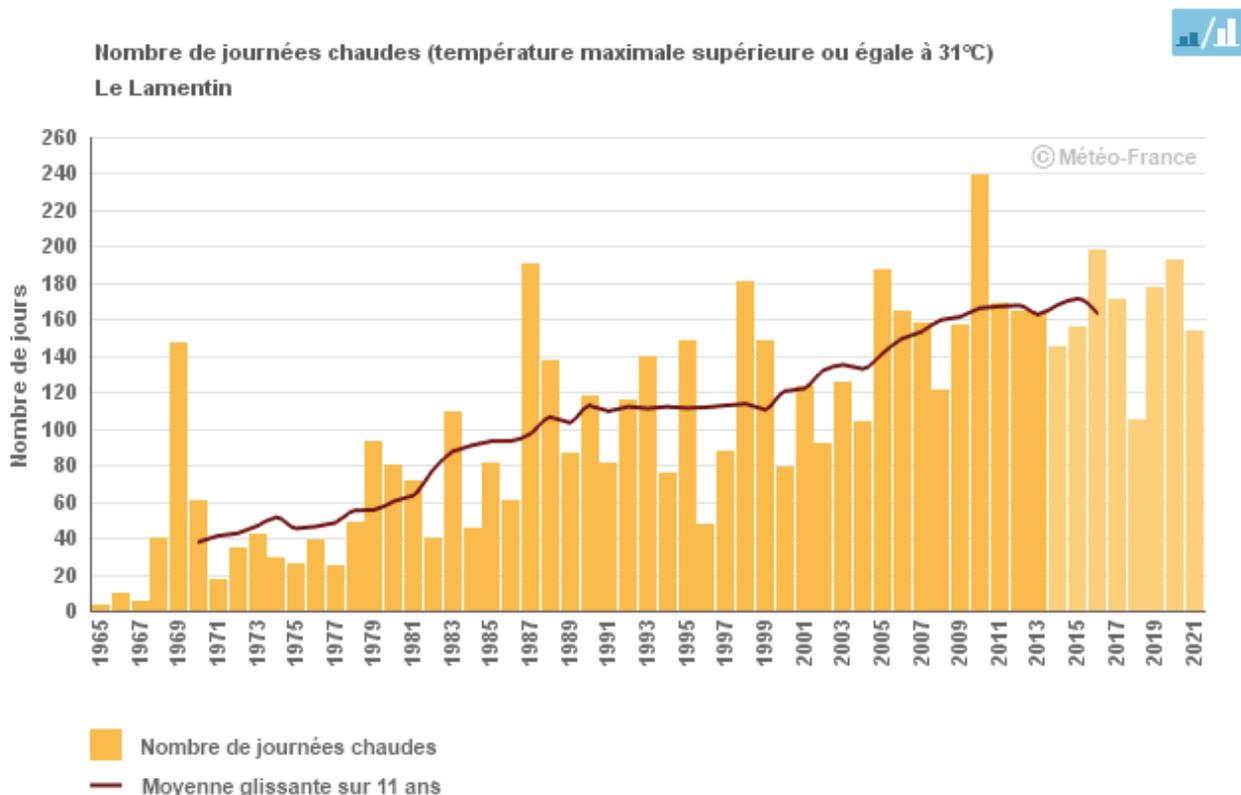


Figure 5 : Nombre de journées chaudes (température maximale supérieure ou égale à 31°C) au Lamentin, Martinique (source : MétéoFrance, ClimatHD)

## Une hausse du niveau de la mer

Les observations de 1993 à 2005 montrent que le niveau de la mer de la région Caraïbe s'est élevé de + 3,5 mm par an. Concernant la région des Antilles, cette élévation serait de + 1,5 mm par an (ODE Martinique, s.d., p. 251).

### 1.1.3. Les projections futures en Martinique

#### Des températures toujours en hausse

Les simulations Météo France (Météo France, 2023) projettent une augmentation de la température moyenne qui pourrait dépasser les +3°C à l'horizon 2080 en scénario pessimiste (Figure 6). Par ailleurs, la température de l'océan pourrait augmenter de +1,6°C pour le milieu du XXIème siècle (Cantet, 2020).

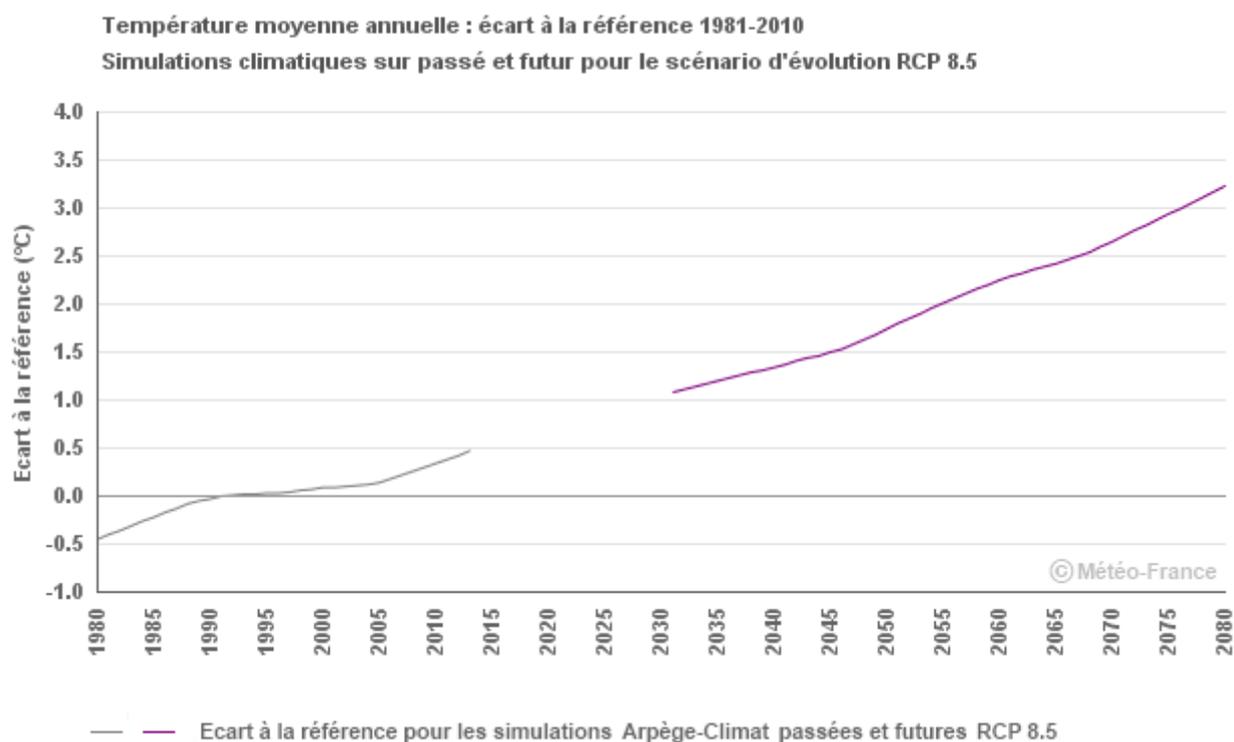


Figure 6 : Température moyenne annuelle : écart à la référence 1981-2010. Simulations climatiques sur passé et futur pour le scénario RCP 8.5, modèle Arpège-Climat (source : Météo France, ClimatHD)

#### Une pluviométrie de plus en plus variable

Les projections climatiques pour la pluviométrie en Martinique doivent encore être stabilisées, mais les résultats du dernier projet C3AF de Météo France donnent les informations suivantes en scénario pessimiste :

- Les précipitations diminueraient toute l'année sur la quasi-totalité du territoire quel que soit l'horizon temporel considéré (Figure 7).
- En saison sèche l'assèchement devrait être plus prononcé et serait plus fort à l'horizon fin de siècle (-15 à -20%) qu'à l'horizon milieu de siècle (-10 à -15%).
- En saison humide, l'assèchement devrait être moins prononcé et pourrait être moins important à l'horizon fin de siècle (-5 à -10%) qu'à l'horizon milieu de siècle (-10 à -15%).

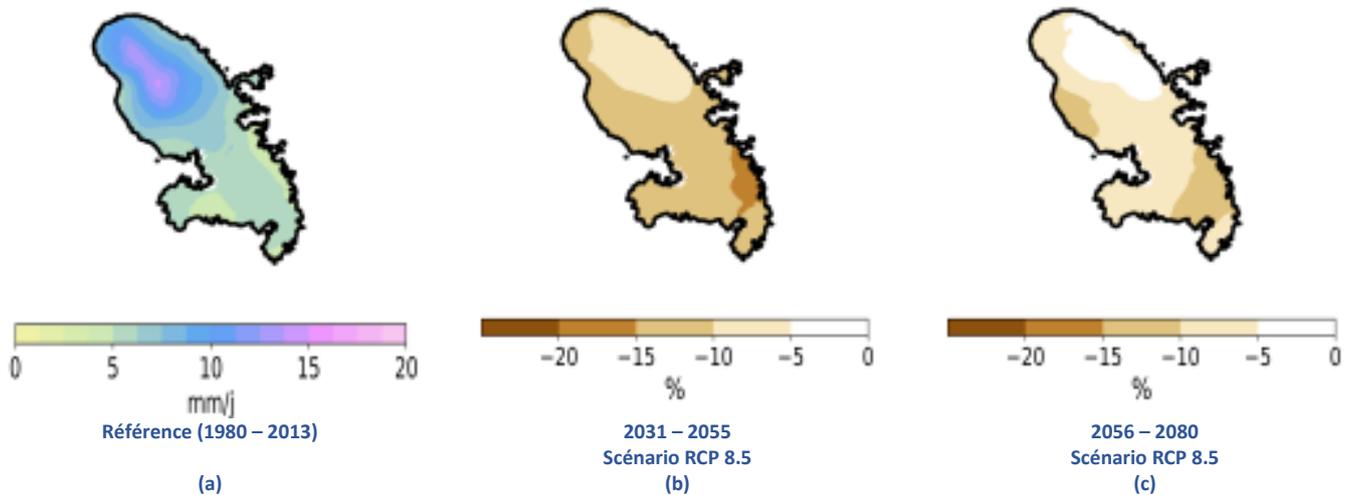


Figure 7 : Cartes de cumul annuel des précipitations sur l'île de la Martinique : référence (a) et écart à cette valeur par horizon temporel (b) (c). Simulations climatiques pour le scénario d'évolution RCP 8.5 (Météo France, 2023).

## Une accentuation de l'intensité des événements cycloniques

La Martinique est une île tropicale régulièrement sujette aux cyclones violents et aux tempêtes tropicales.

La modélisation et la prévision des cyclones et événements extrêmes est complexe, certains processus n'étant pas inclus dans les modèles globaux et impliquant entre autres de lourdes capacités de calcul. Des simulations spécifiques ont tout de même été réalisées, avec les résultats suivants (Chauvin, 2020), (Cantet, 2020), (ODE Martinique, s.d.) :

- Les modèles ne projettent pas de changements significatifs sur le nombre de cyclones tropicaux mais montrent une augmentation de l'intensité des cyclones les plus importants ;
- L'activité cyclonique serait très aléatoire d'un mois à l'autre durant la saison cyclonique ;
- Le nombre de cyclones diminuerait fortement en juillet et augmenterait fortement en août et septembre, au niveau des latitudes moyennes ;
- Les épisodes pluvieux seraient plus intenses pour tous types de cyclones ;
- Il n'y aurait pas de relation particulière entre l'évolution des cyclones tropicaux et l'évolution de la pluviométrie sur les trois îles Françaises des Antilles Occidentales.

## Poursuite de la hausse du niveau de la mer

Les projections montrent, d'ici la fin du siècle, une hausse du niveau de la mer de la région Caraïbe, variant entre 13.5 cm pour le scénario optimiste et 84 cm pour le scénario pessimiste (ODE Martinique, s.d.).

# 1.2. Prise en compte du changement climatique dans la gestion de l'eau en Martinique

## Le Plan National d'Adaptation au Changement Climatique

Le premier Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC 1, 2011-2015) a marqué une première mise à l'agenda du sujet de l'adaptation aux impacts du changement climatique au niveau national, impliquant néanmoins

peu les territoires d’Outre-mer. À la suite de l’évaluation du PNACC 1, quatre grandes orientations ont été proposées pour sa révision :

- Une plus grande implication des acteurs territoriaux ;
- La priorité donnée aux solutions fondées sur la nature, partout où cela a du sens ;
- Une attention forte portée à l’outre-mer à travers des mesures spécifiques ;
- L’implication des grandes filières économiques.

Sur l’eau, les actions du PNACC 2 relèvent des objectifs suivants (MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE, 2021) : Encourager la sobriété et l’efficacité des usages et réguler en amont la ressource ;

- Faire émerger, des solutions adaptées aux besoins et aux contextes locaux, notamment dans le cadre de projets de territoires pour la gestion de l’eau ;
- Continuer à améliorer la qualité de l’eau ;
- Préserver les écosystèmes aquatiques ;
- Améliorer les connaissances.

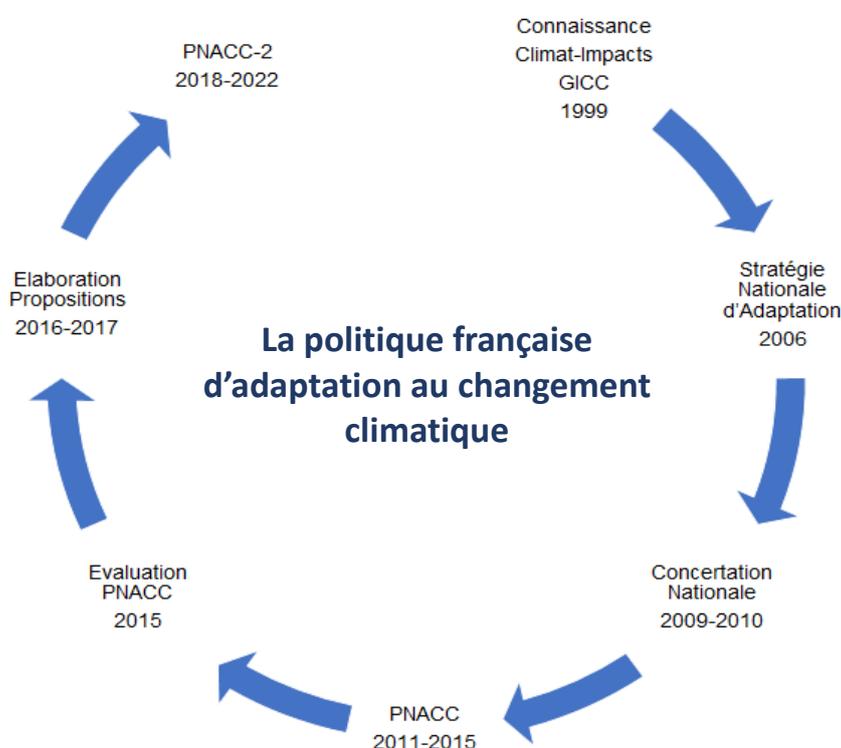


Figure 8 : Schéma de la politique française d’adaptation au changement climatique (source : (Ecologie.gouv, 2023)).

## Déclinaison du PNACC dans le domaine de l’eau

Les agences de l’eau de l’hexagone ont décliné le PNACC dans des plans/stratégies d’adaptation au changement climatique, qui identifient les besoins d’adaptation et offrent un cadre et des actions concrètes pour agir :

- Économies d’eau ;
- Infiltration des eaux pluviales à la source ;
- Retour au bon état des eaux afin que les milieux aquatiques soient mieux armés face au changement climatique ;
- Etc.

A titre d'exemple, au titre du 11ème programme (2019-2024), près de 161 M€ ont été mobilisés par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne pour des opérations contribuant à l'adaptation au changement climatique (Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2022-2024).

Le Plan Eau annoncé en mars 2023 reprend ces grands objectifs et les décline en 53 mesures. Certaines mesures concernent spécifiquement les territoires d'Outre-Mer :

- Dans les outre-mer, 10 projets de solutions fondées sur la nature portant sur le petit cycle et le grand cycle de l'eau seront mis en œuvre ;
- 35M€/an supplémentaires seront mobilisés pour la politique de l'eau dans les Outre-mer au titre de la solidarité inter-bassins, en contrepartie d'une gouvernance et d'une gestion confortés (contrats de progrès), auxquels s'ajoutera 1M€/an de soutien spécifique à l'ingénierie ;
- Un territoire ultra-marin pilote sera accompagné pour intégrer la compétence GEMAPI dans le Plan Eau DOM ;
- Un volet spécifique sur la politique tarifaire sera intégré dans les contrats de progrès des départements ultramarins ;
- Dans le cadre du Plan eau DOM, l'État mènera avec les acteurs locaux les travaux requis pour sécuriser la perception des redevances des offices.

## Prise en compte du changement climatique dans le SDAGE Martinique

La prise en charge du sujet du changement climatique reste relativement récente dans le contexte de la gestion de l'eau en Martinique. L'Office de l'Eau (ODE) s'est ainsi saisi du sujet lors de la préparation du SDAGE 2022-2027, en y introduisant des éléments relatifs aux effets du changement climatique. L'ODE souhaite aujourd'hui intégrer la notion de changement climatique dans l'ensemble de ses missions notamment par l'amélioration des connaissances.

C'est l'objet du présent rapport qui porte sur la vulnérabilité des rivières de Martinique face au changement climatique et dont les objectifs sont de :

- Identifier les bassins versants les plus vulnérables aux impacts du changement climatique ;
- Cibler les priorités d'intervention ;
- Etablir un diagnostic partagé co-construit avec les acteurs du territoire.

Ce rapport est complété par ailleurs par une note de synthèse sur les impacts socio-économiques en lien avec les vulnérabilités décrites ici, visant à mettre en avant certaines conséquences concrètes pour les usages de l'eau et à faire le lien avec un plan d'action d'adaptation, qui sera décliné sur la base en réponse à ces éléments de diagnostic.

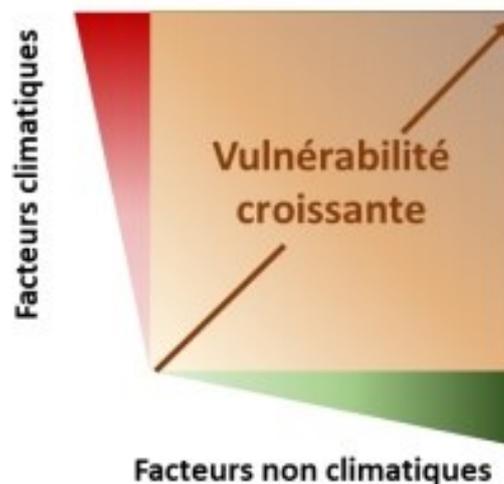
## 1.3. Concepts et hypothèses de base

Une stratégie et/ou un plan d'action d'adaptation au changement climatique doivent être basés sur une analyse approfondie des facteurs de vulnérabilité des territoires. Certains territoires peuvent subir des conséquences plus ou moins marquées que d'autres, à évolutions climatiques et hydrologiques similaires, exprimant des degrés de vulnérabilité contrastés. Les enjeux prioritaires peuvent différer d'un territoire à un autre. Le diagnostic de vulnérabilité, en croisant l'analyse des évolutions hydroclimatiques et celle des caractéristiques territoriales, permet d'identifier des points de vigilance en termes d'adaptation et de mettre en avant les zones et les enjeux avec les besoins les plus prégnants en termes d'adaptation au changement climatique.

La **vulnérabilité** est une expression de la propension d'un système à subir des dommages à la suite d'un événement naturel ou anthropique. Le cadre d'analyse et le vocabulaire liés à la vulnérabilité au changement climatique, parfois appelée aussi analyse des risques, varient selon les contextes, les disciplines impliquées dans l'évaluation, et les publications. Néanmoins les concepts clés à la base de ces analyses restent les mêmes. Ils partent du principe que les dommages que peut subir un système du fait du changement climatique dépendent d'interactions complexes entre les phénomènes climatiques et les systèmes anthropiques. Les dommages subis dépendent donc de :

- **Facteurs (hydro)climatiques** : Ce sont les variations de paramètres climatiques et/ou hydrologiques (températures moyennes, régime de précipitation, période de sécheresse, etc.) ou bien la survenue d'aléas climatiques (pluies torrentielles, canicule, etc.) auxquels le système est exposé, tenant compte de leur nature et de leur degré d'intensité. Par exemple le système peut être soumis à une évolution des températures, des pluies saisonnières, de la fréquence et de l'intensité des fortes pluies, des débits des cours d'eau, de la recharge des nappes, de la fréquence des sécheresses climatiques, etc. Ces facteurs climatiques varient en fonction des scénarios climatiques considérés.
- **Facteurs non climatiques** : Ce sont les caractéristiques du territoire qui font qu'il sera plus ou moins affecté par un changement donné dans les conditions climatiques (artificialisation des sols, pressions de prélèvement ou de pollution, élasticité des usages...), qu'il dispose ou non d'outils et de moyens pour s'adapter.

L'étude de la vulnérabilité au changement climatique des rivières de Martinique présentée dans le présent rapport se base sur une approche éprouvée au niveau national et international, qui consiste à évaluer, par notation, les facteurs climatiques (appelés ici « exposition ») et les facteurs non climatiques (appelés ici « sensibilité »). Pour chaque **impact potentiel** du changement climatique (les impacts étant les conséquences – directes ou indirectes – humaines, environnementales et économiques, des évolutions (hydro)climatiques sur le territoire) on évalue ainsi un **degré de vulnérabilité** (à un horizon futur donné) en croisant l'évaluation des facteurs climatiques et non climatiques.



A noter que dans la démarche proposée, les vulnérabilités sont évaluées dans un scénario socio-économique constant. Autrement dit, ce choix revient à répondre à la question « **Comment s'en sortirait-on, avec les caractéristiques du territoire d'aujourd'hui, dans le climat de demain ?** ». Cette hypothèse permettra de disposer d'une vision de la vulnérabilité des rivières « en l'état actuel » et d'envisager pour le futur l'ensemble des marges de manœuvre socio-économiques possibles en toute connaissance de cause.

## 2. Démarche méthodologique

### 2.1. Echelle de travail et démarche globale

Le niveau de vulnérabilité a été évalué à l'échelle des masses d'eau cours d'eau de la Martinique<sup>1</sup> pour un ensemble d'enjeux identifiés à partir des projections hydroclimatiques, du SDAGE Martinique, et d'une expertise sur les impacts potentiels du changement climatique. Les enjeux traités sont détaillés dans le paragraphe suivant.



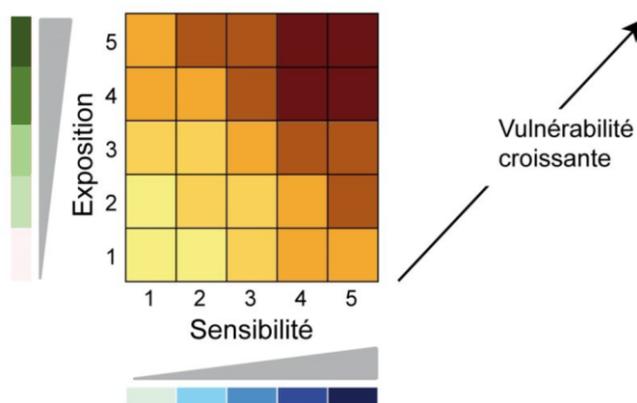
Figure 9 : Carte des bassins versants des cours d'eau de la Martinique

<sup>1</sup> En Martinique 20 masses d'eau cours d'eau ont été définies et font l'objet d'un suivi réglementaire comme prévu par la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE). Les cours d'eau ou ravines hors masses d'eau cours d'eau DCE n'ont donc pas été considérés dans le cadre de cette étude.

Les étapes suivantes ont ensuite été déployées pour aboutir à la cartographie de la vulnérabilité des masses d'eau au changement climatique :

- Pour chacun des enjeux, les impacts ont été décrits et les facteurs de vulnérabilité climatiques et non climatiques ont été listés, discutés puis validés lors d'un atelier de travail réunissant des experts techniques et territoriaux ; la représentation schématique de ces facteurs et des liens de cause à effet sur la vulnérabilité prend la forme de **chaînes d'impacts**, qui sont présentées enjeu par enjeu dans la suite du rapport ;
- Des **indicateurs** permettant d'évaluer les différents facteurs de vulnérabilité ont été définis. Un travail de simplification a parfois été entrepris vis-à-vis des chaînes d'impacts afin d'éviter la redondance de certaines évaluations ou pour palier à des lacunes en termes de données disponibles ;
- Les facteurs climatiques et non climatiques ont été **évalués (attribution de scores)** à partir de l'analyse de ces indicateurs, **sur la base de grilles de notation et de règles de croisement**, dont la méthodologie d'élaboration est détaillée dans la suite du rapport et dans ses annexes ;
- Un **niveau de vulnérabilité** pour chaque enjeu a été obtenu **en croisant les scores climatiques et non climatiques**, selon un arbre de décision prédéfini.

**Tableau 1 : Matrice de croisement des scores d'exposition et de sensibilité, aboutissant au score de vulnérabilité pour chaque bassin versant et chaque enjeu**



L'évaluation s'appuie sur le traitement de données quantitatives (cf. paragraphe 2.4) : modélisations du climat et des débits, indicateurs de pression ou d'état des territoires/masses d'eau etc. L'ensemble des choix, discussions et décisions aboutissant aux grilles de notation est traçable afin d'exposer clairement les hypothèses choisies et les facteurs explicatifs du niveau de vulnérabilité de chaque masse d'eau.

## 2.2. Déroulé de l'étude et co-construction

Si le travail d'évaluation des vulnérabilités est basé sur une évaluation en chambre de données par les bureaux d'étude, plusieurs temps de co-construction et de validation ont permis de réaliser un diagnostic basé sur les expertises des différents acteurs liés à l'eau. Le schéma ci-dessous récapitule le déroulé de l'étude en lien avec les grands temps de co-construction.

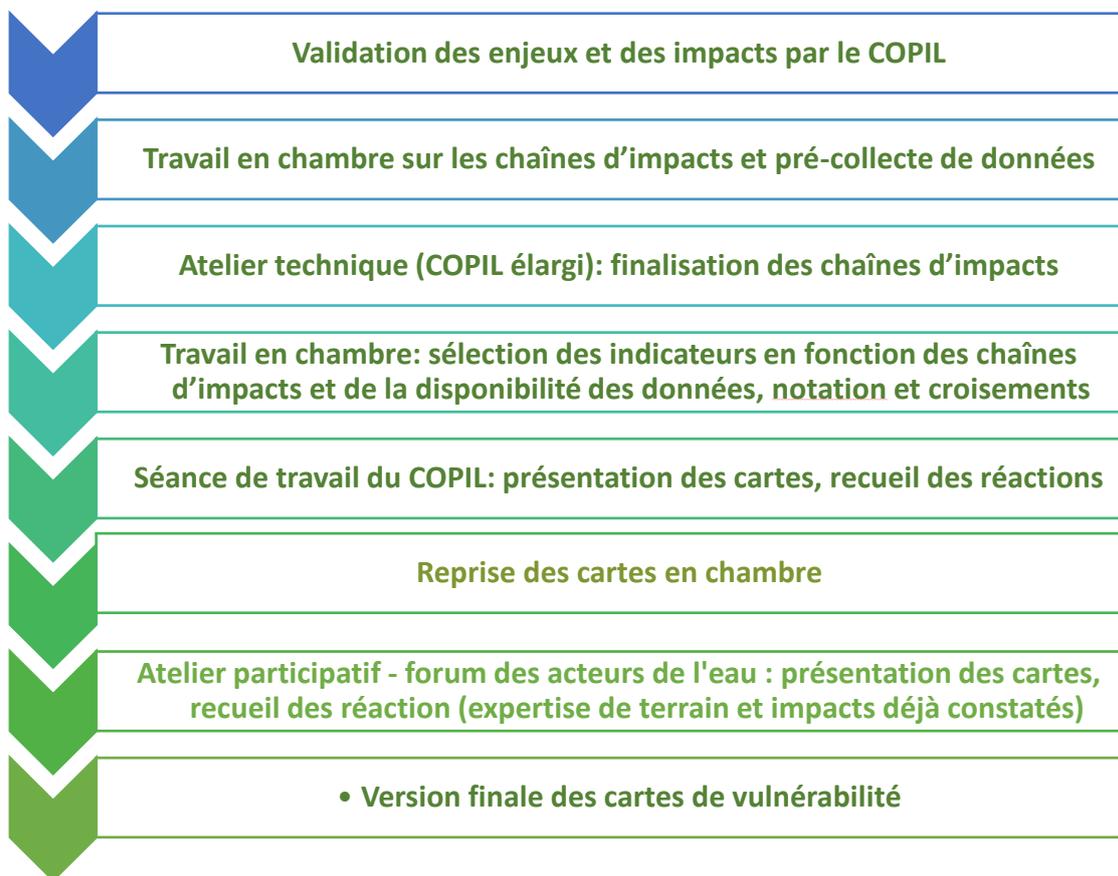


Figure 10. Schéma du déroulé de l'étude en lien avec les grands temps de co-construction

## 2.3. Les enjeux traités et le diagnostic à exprimer

Le tableau ci-dessous présente les enjeux traités et les impacts étudiés.

Tableau 2 : Correspondance entre les enjeux et les impacts étudiés.

Enjeu	Impact(s)
Disponibilité des ressources en eau de surface	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accentuation des pressions quantitatives sur les ressources superficielles</li> </ul>
Biodiversité des cours d'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baisse d'abondance ou disparition de certaines espèces</li> <li>• Développement des espèces exotiques envahissantes</li> <li>• Augmentation de la mortalité et baisse des recrutements</li> <li>• Perte de fonctionnalité et de services écosystémiques, perte de biodiversité</li> </ul>
Qualité des cours d'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dégradation de la qualité chimique des cours d'eau</li> </ul>

**N.B :** Malgré une identification claire de l'enjeu « **risque inondations** » dans le SDAGE (ODE Martinique, s.d.), **celui-ci n'a finalement pas été pris en compte dans l'étude de vulnérabilité des rivières de Martinique** du fait du manque de données consolidées sur les événements cycloniques et sur la variation du niveau de la mer. Ce choix méthodologique est décrit de façon plus détaillée dans le diaporama de COFIL 3 en annexe.

## 2.4. Les sources de données

Les données compilées et étudiées proviennent :

- De Météo France pour les données climatiques (portails DRIAS et Climat HD, et données sources partagées par Météo France Antilles) ;
- Du scénario d'évolution du climat et des débits réalisés dans le cadre de l'élaboration du Modèle Hydro Economique de gestion de la ressource en eau à l'échelle de la Martinique (MGR) (IREEDD, 2022) ;
- Des données mises à disposition par l'ODE :
  - o Etat des lieux du SDAGE (2019) notamment
  - o Autres données diverses : réseau routier, chiffres clés 2020 de l'AEP et de l'Assainissement, zones de baignades, présence de zones d'intérêt écologique (ZNIEFF, APB, ZHIEP, réserves naturelles et biologiques), présence d'ICPE ;
- Autres données disponibles sur les portails publiques : Corine Land Cover pour l'occupation du sol, CARMEN (aléa inondation, ZNIEFF), SISPEA (rendements des réseaux d'eau potable).

# 3. Disponibilité des ressources en eau de surface et changement climatique

## 3.1. Bilan des connaissances

Un premier enjeu sur la disponibilité des ressources en eau a été identifié par l'ODE Martinique. Cet enjeu a aussi été directement identifié dans le SDAGE 2022-2027 partie 4 (ODE Martinique, s.d.) et dans l'étude d'Asconit sur « l'impact du changement climatique dans le domaine de l'eau sur le bassin Martinique » en partie 3.1.1 (ASCONIT, s.d.).

En Martinique, la disponibilité des eaux de surface représente un enjeu considérable face au changement climatique : 94 % de l'approvisionnement en eau potable provient des rivières. Les périodes d'étiage, couplées aux tensions d'usages et au non-respect des débits réservés à l'aval des prises d'eau, accentuent la vulnérabilité du territoire.

Les premières évaluations sur les impacts du changement climatique sur les ressources en eau de Martinique suggèrent une augmentation des tensions quantitatives dans le futur, avec une baisse des bas débits des cours d'eau (BRGM, 2014).

Cette diminution de la quantité d'eau disponible aurait pour conséquence d'accroître les tensions quantitatives, déjà fortes. Le territoire de la Martinique serait affecté de façon hétérogène avec un fort impact sur les secteurs suivants (ODE Martinique, s.d.) :

- **Moitié nord de la Martinique** : ce secteur abrite la totalité des captages AEP.
- **Centre de la Martinique** : les prélèvements actuels ne semblent, pas soutenable pour les MECE pour le scénario RCP 8.5. Par exemple, la Lézarde subit actuellement une forte pression de captage de la ressource en eau.

## 3.2. Chaîne d'impacts

La chaîne d'impacts relative à l'enjeu « disponibilité des ressources en eau de surface » est présentée ci-après.

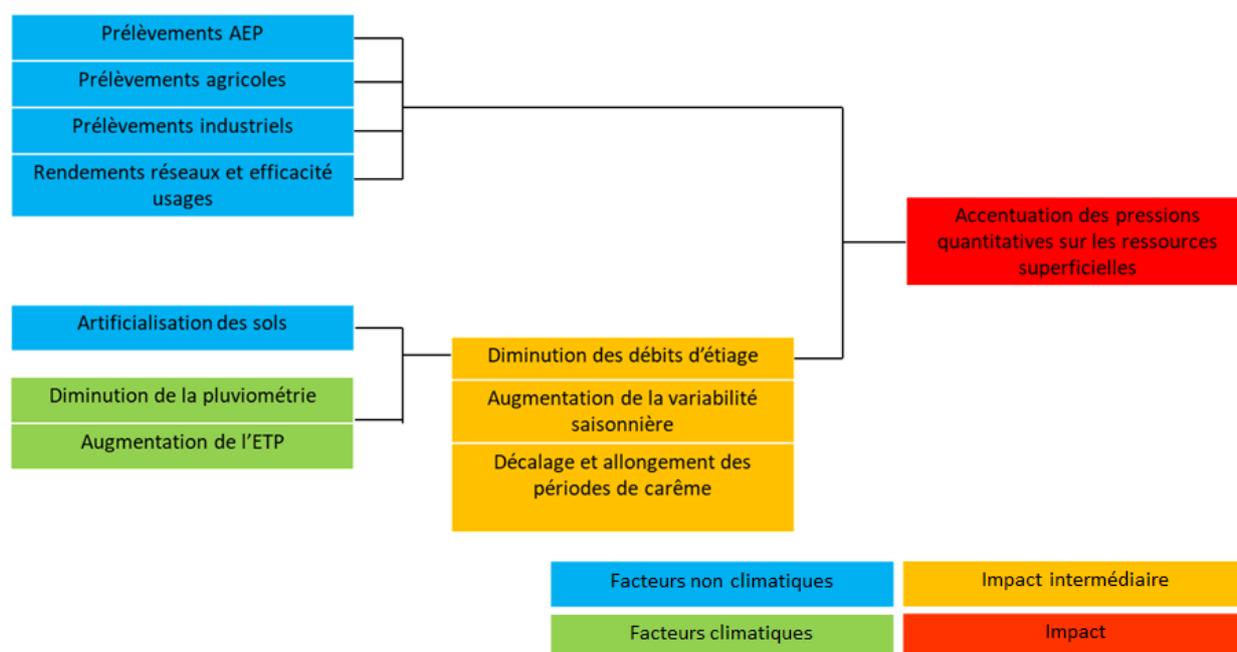


Figure 11 : Chaîne d'impacts pour l'enjeu « disponibilité des ressources en eau de surface ».

### 3.3. Evaluation des facteurs climatiques : exposition

L'évaluation des facteurs climatiques ou exposition vise ici à caractériser l'évolution des ressources en eau de surface dans un contexte de changement climatique : diminution des débits de carême, augmentation de la variabilité saisonnière, décalage et allongement de la période de carême. Cette caractérisation a toutefois été limitée par la disponibilité des données, puisqu'il n'existe pas à ce jour de simulations de l'évolution sous scénarios de changement climatique des débits saisonniers des cours d'eau en Martinique.

Deux types de données relatives à ces éléments sont disponibles :

- Les simulations d'évolution de la pluviométrie mensuelle en milieu de siècle sous changement climatique à l'échelle des stations météo, réalisées par Météo France à partir des simulations globales du climat ;
- La caractérisation de la variation observée des débits de carême sur les années sèches entre 1991 et 2018, réalisée dans le cadre de l'étude pour l'élaboration d'un Modèles pour la Gestion de la Ressource en eau à l'échelle de la Martinique (MGR) ; cette caractérisation représente la réaction observée des cours d'eau lors d'années sèches passées.

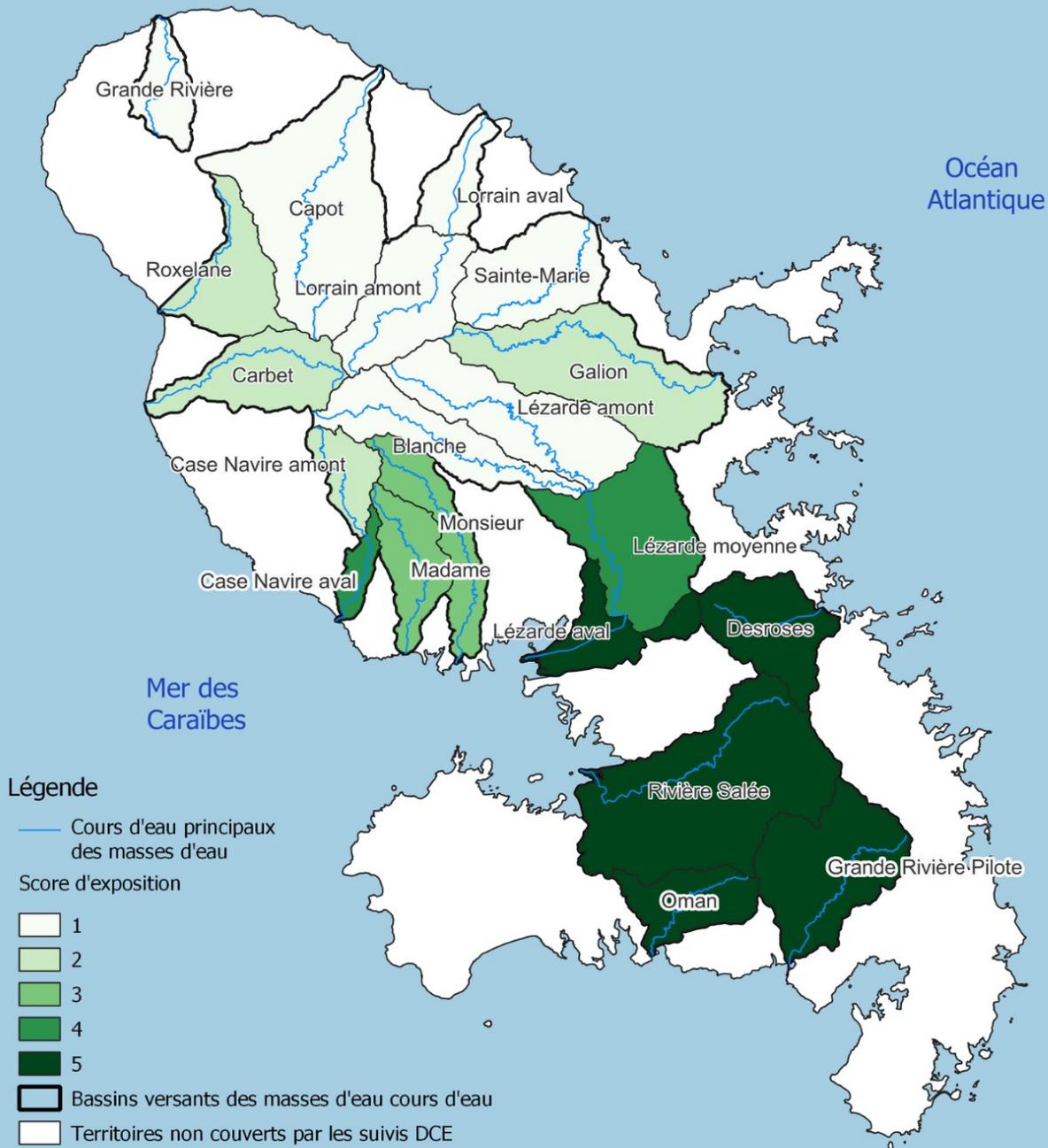
Les scores d'exposition résultent donc de la notation et du croisement de deux scores, relatifs d'une part à l'évolution simulée de la pluviométrie annuelle à horizon 2041-2070, d'autre part à la baisse observée des débits de carême pendant les années sèches entre 1991 et 2018. Les détails des grilles de notation et des calculs sont présentés en annexe 7.1.

La Figure 12 montre l'exposition des cours d'eau de Martinique : plus le score d'exposition est élevé, plus le bassin versant est exposé pour les facteurs climatiques étudiés (diminution de la pluviométrie et des débits)). L'attribution des scores d'exposition aux bassins versants pour les deux facteurs considérés est également présentée en annexe 7.1.

Les bassins versants de Case Navire aval, Desroses, Grande Rivière Pilote, Lézarde aval, Lézarde moyenne, Oman et Rivière Salée (score 4 et 5) sont particulièrement exposés. Par ailleurs, les bassins versants de Blanche, Capot, Case Navire amont, Grande Rivière, Lézarde amont, Lorrain amont, Lorrain aval, Roxelane et Sainte-Marie sont moins exposés (score 1 et 2), par rapport aux bassins cités précédemment.



# EXPOSITION DES MASSES D'EAU COURS D'EAU DE MARTINIQUE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Sources : DEAL, ODE, Météo-France  
Cartographie : Acterra 2023



Figure 12 : Carte d'exposition basée sur la diminution projetée de la pluviométrie annuelle et la baisse observée des débits de carême en année sèche

### 3.4. Evaluation des facteurs non climatiques : sensibilité

Pour la sensibilité, deux scores ont été combinés, liés aux niveaux de pression des différents types de prélèvements, issus de l'état des lieux du SDAGE 2019 (ODE Martinique, 2020) :

- **La pression de prélèvement « AEP »**, augmentée de 1 si la tendance d'évolution indiquée à l'état des lieux est à la hausse ou diminuée de 1 si elle est à la baisse ;
- **La pression des prélèvements « autres »**, augmentée de 1 si la tendance d'évolution indiquée à l'état des lieux est à la hausse ou diminuée de 1 si elle est à la baisse.

Deux facteurs aggravants ont été ajoutés au croisement des scores précédents :

- **L'artificialisation des sols** sur les bassins versants : un score aggravant de +1 a été ajouté pour les bassins dont plus de 15% de la surface est artificialisée ;
- **Les rendements des réseaux d'AEP** : un score aggravant de +1 a été ajouté pour les bassins sur lesquels les rendements des réseaux d'AEP sont inférieurs à 80%.

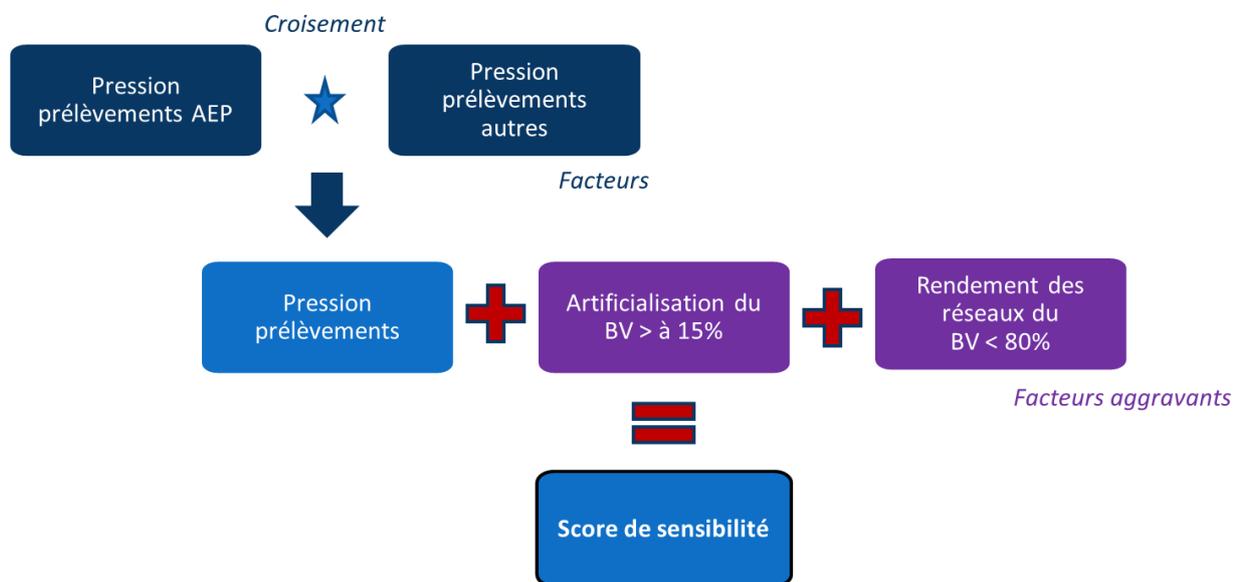


Figure 13. Schéma récapitulatif de la méthodologie d'évaluation de la sensibilité pour l'enjeu "disponibilité des ressources en eau de surface"

Les détails des calculs sont présentés en annexe 7.2 (Tableau 3, Tableau 4, Tableau 5, Tableau 12) et en annexe 7.5., et la carte suivante (Figure 14) montre la sensibilité des bassins versants relative à cet enjeu.

Les bassins versants de Blanche, Capot, Case Navire amont, Galion, Lézarde amont, Lézarde aval, Lézarde moyenne et Oman (score 4 et 5) sont particulièrement touchés. Par ailleurs, les bassins versants de Desroses, Grande Rivière, Grande, Rivière Pilote, Rivière Salée, Roxelane, Sainte-Marie sont moins sensibles (score 1 et 2), par rapport aux bassins versants cités précédemment.



# DISPONIBILITE DE LA RESSOURCE EN EAU DES COURS D'EAU ET CHANGEMENT CLIMATIQUE - SENSIBILITE

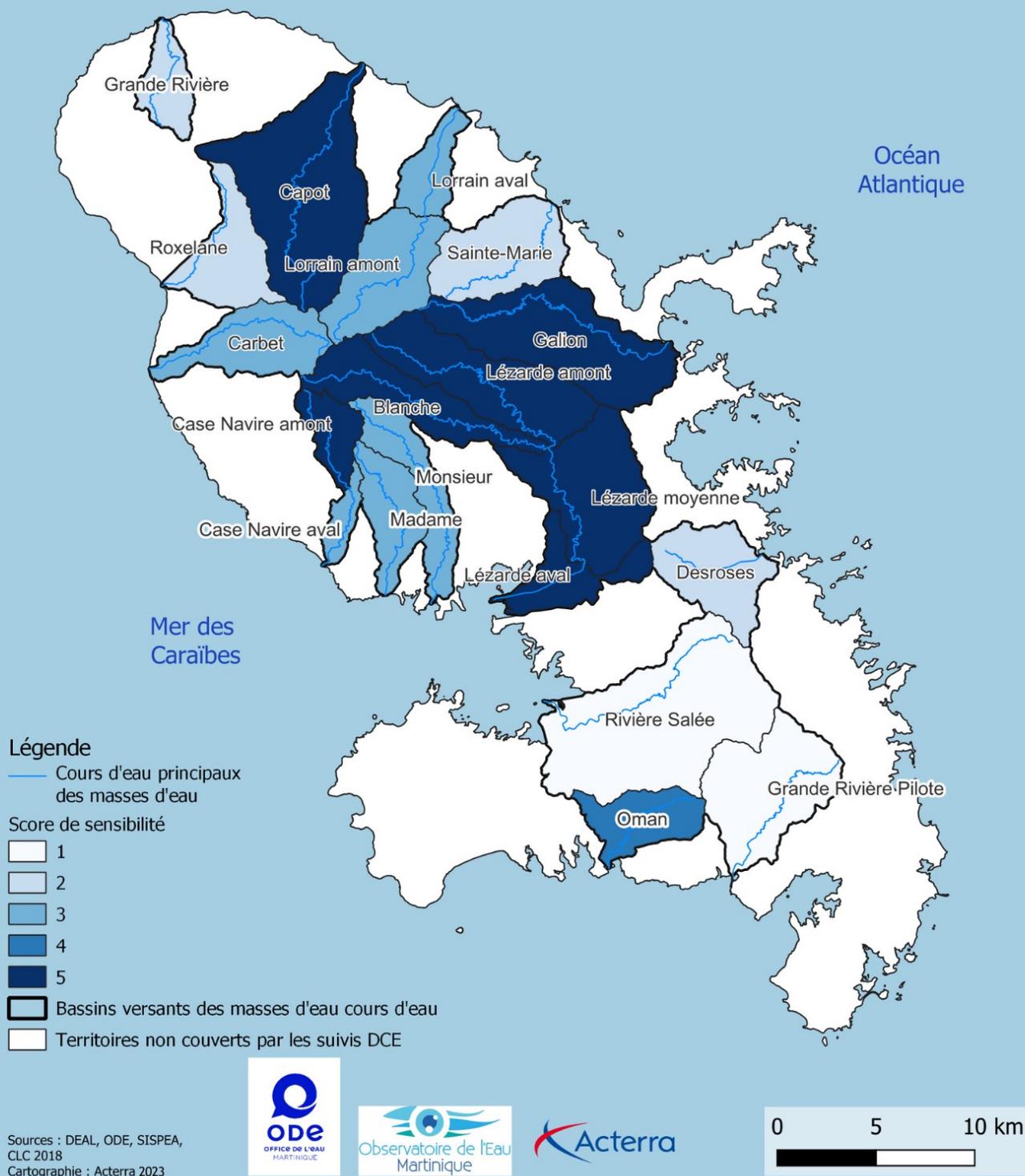
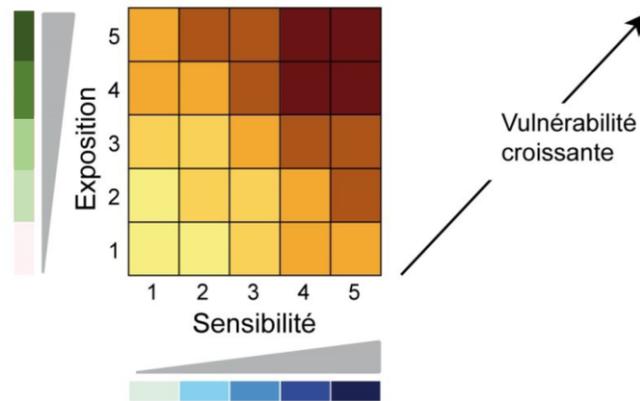


Figure 14 : Carte de sensibilité pour l'enjeu « disponibilité des ressources en eau de surface »

### 3.5. Evaluation de la vulnérabilité

Les scores d'exposition et de sensibilité sont croisés selon la grille ci-dessous afin d'attribuer à chaque bassin versant un score de vulnérabilité final compris entre 1 (jaune pâle) et 5 (marron foncé) pour l'enjeu considéré (cf annexe 7.3.1).



La carte en Figure 15 représente la distribution de cette vulnérabilité pour les bassins versants des masses d'eau cours d'eau en Martinique pour l'enjeu de disponibilité des ressources en eau de surface.

Les bassins versants de Case Navire amont, Case Navire aval, Desroses, Galion, Lézarde aval, Lézarde moyenne et Oman (score 4 et 5) sont particulièrement vulnérables, tandis que les bassins versants de Carbet, Grande Rivière, Lorrain amont, Lorrain aval, Roxelane et Sainte-Marie apparaissent comparativement moins vulnérables du point de vue de la disponibilité des ressources en eau de surface face au changement climatique (score 1 et 2).

Cette carte de vulnérabilité peut constituer un outil d'aide à la décision pour orienter prioritairement l'action sur les bassins versants les plus vulnérables. Les résultats ont été confortés par une validation en comité de pilotage et par le forum des acteurs de l'eau réunissant un large panel d'acteurs du domaine, qui n'a pas soulevé d'interrogations majeures sur cette carte.

Celle-ci reste toutefois à utiliser avec les précautions d'usage liées à ce type d'outils (hypothèses simplificatrices, prise en compte de l'incertitude liée au changement climatique, e.g.).

#### Cohérence avec le MGR

Si l'approche de la présente étude diffère de celle du modèle hydro-économique de gestion de la ressource en eau développé à l'échelle de la Martinique (MGR), il est apparu nécessaire de s'assurer de la cohérence des résultats entre les cartes de vulnérabilité, qui mettent en avant les bassins versants pour lesquels l'équilibre globale entre les ressources en eau de surface et l'ensemble des usages – anthropiques et environnementaux – risque d'être mis à mal par le changement climatique, et les déficits modélisés par le MGR pour l'alimentation en eau potable à l'horizon milieu de siècle. La comparaison des résultats, proposée en annexe 7.4., montre une cohérence globale des résultats (répartition spatiale des zones les plus en difficulté).



## DISPONIBILITE DE LA RESSOURCE EN EAU DES COURS D'EAU ET CHANGEMENT CLIMATIQUE - VULNERABILITE

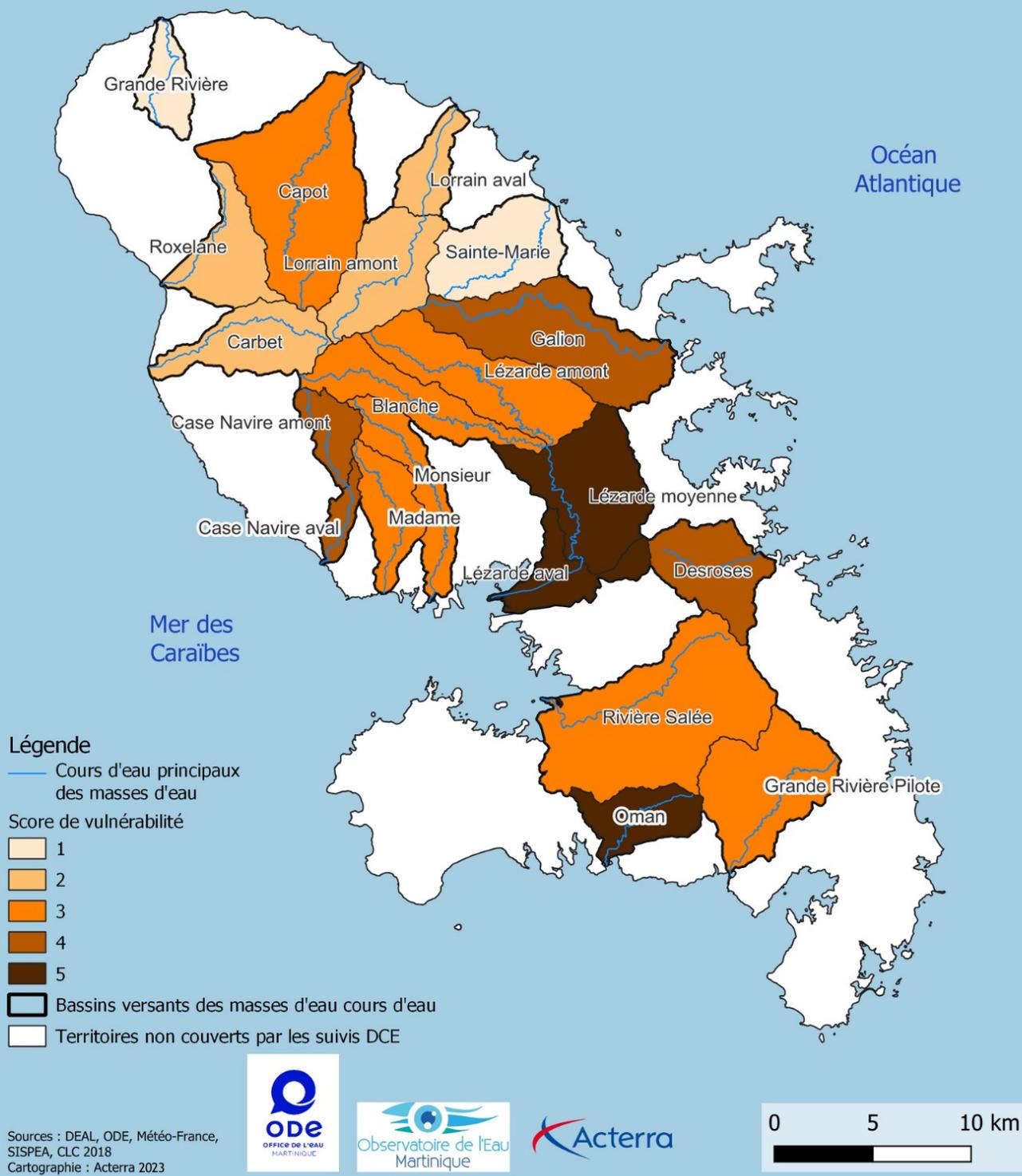


Figure 15 : Carte de vulnérabilité au changement climatique pour l'enjeu de disponibilité des ressources en eau de surface

# 4. Biodiversité des cours d'eau et changement climatique

## 4.1. Bilan des connaissances

L'ODE Martinique avait identifié l'impact du changement climatique sur la biodiversité des cours d'eau comme un enjeu majeur à traiter.

Cet enjeu a aussi été directement identifié dans le SDAGE 2022-2027 partie 4 (ODE Martinique, s.d.) et dans l'étude d'Asconit sur « l'impact du changement climatique dans le domaine de l'eau sur le bassin Martinique » en partie 3.2 (ASCONIT, s.d.).

Les écosystèmes aquatiques et humides occupent une place primordiale dans l'équilibre naturel et le fonctionnement des grands et petits cycles de l'eau. Ils rendent de nombreux services écosystémiques (Office de l'Eau Martinique, 2022) :

- Ecologiques avec un gain de biodiversité : habitat, nurserie, nourrissage, zones de reproduction, zones de migration ;
- Biochimiques : filtration naturelle des rivières, piège à nutriments ;
- Hydrologiques avec la régulation de la quantité de l'eau : rôle d'éponge lors des inondations et sécheresses, « Amortisseur climatique » décrit par la COP 21 ;
- Socio-culturel : patrimoine paysager, exploitation traditionnelle des ressources, valeurs d'éducation et de sensibilisation, écotourisme, activités de loisirs et de baignade.

Cependant, tous ces services écosystémiques sont menacés par le changement climatique. Les rivières martiniquaises sont particulièrement sensibles aux phénomènes suivants (ODE Martinique, s.d.) :

- Ruptures de continuum fluvial par des assecs liés à l'assèchement du climat : les espèces nécessitant une phase marine et une phase en eau douce, dans leur cycle biologique, seraient fortement affectées ;
- Diminution du niveau et de la largeur du lit mineur : la disponibilité des habitats favorables au développement des espèces endémiques de Martinique serait réduite, allant de pair avec une augmentation de la concentration en polluants dans les rivières.
- Augmentation de la température de l'eau : le développement d'espèces exotiques envahissantes (EEE) telles que certains mollusques et poissons (tilapias) serait favorisé. ;
- Augmentation probable de l'intensité des cyclones et des tsunamis : les mangroves seraient moins résilientes et moins protectrices pour les populations, elles auraient plus de difficulté à se régénérer correctement entre deux phénomènes climatiques.

## 4.2. Chaîne d'impacts

La chaîne d'impact relative à l'enjeu « biodiversité des cours d'eau » est présentée ci-après.

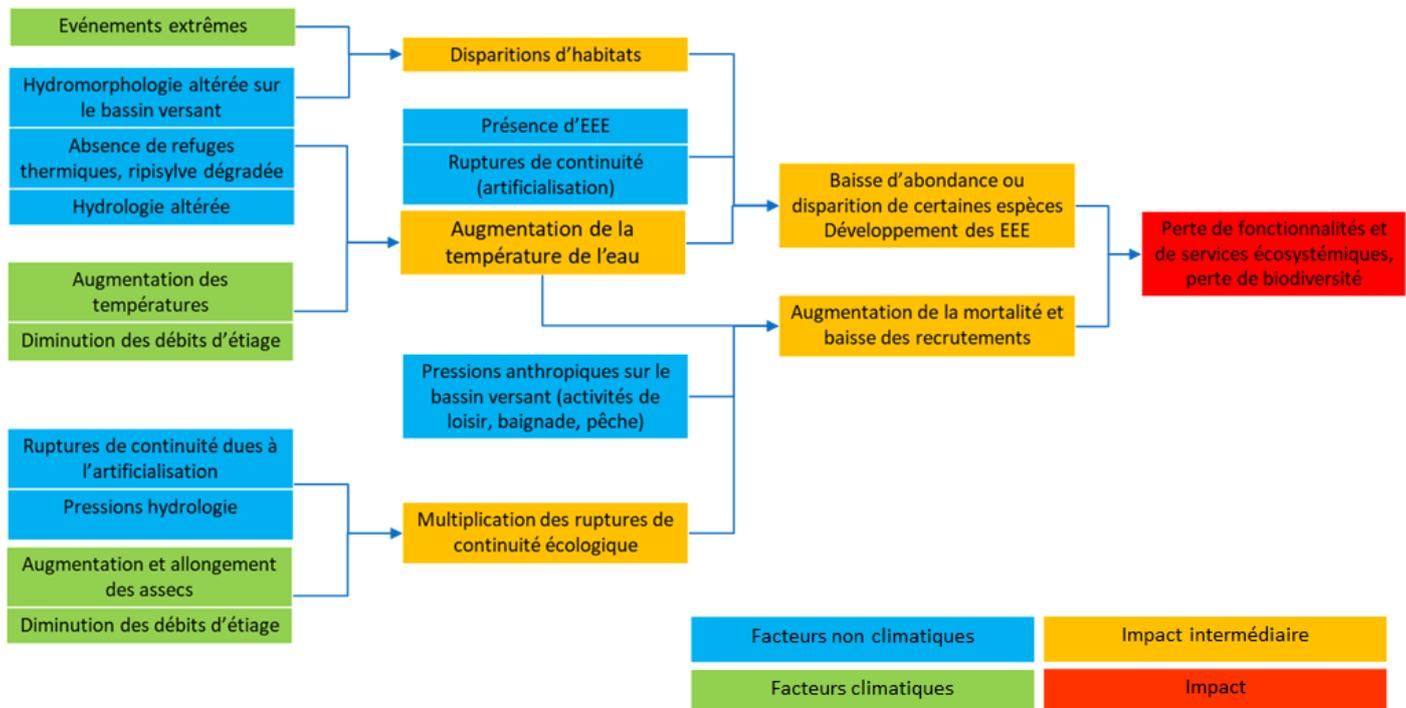


Figure 16 : Chaîne d'impacts pour l'enjeu « biodiversité des cours d'eau ».

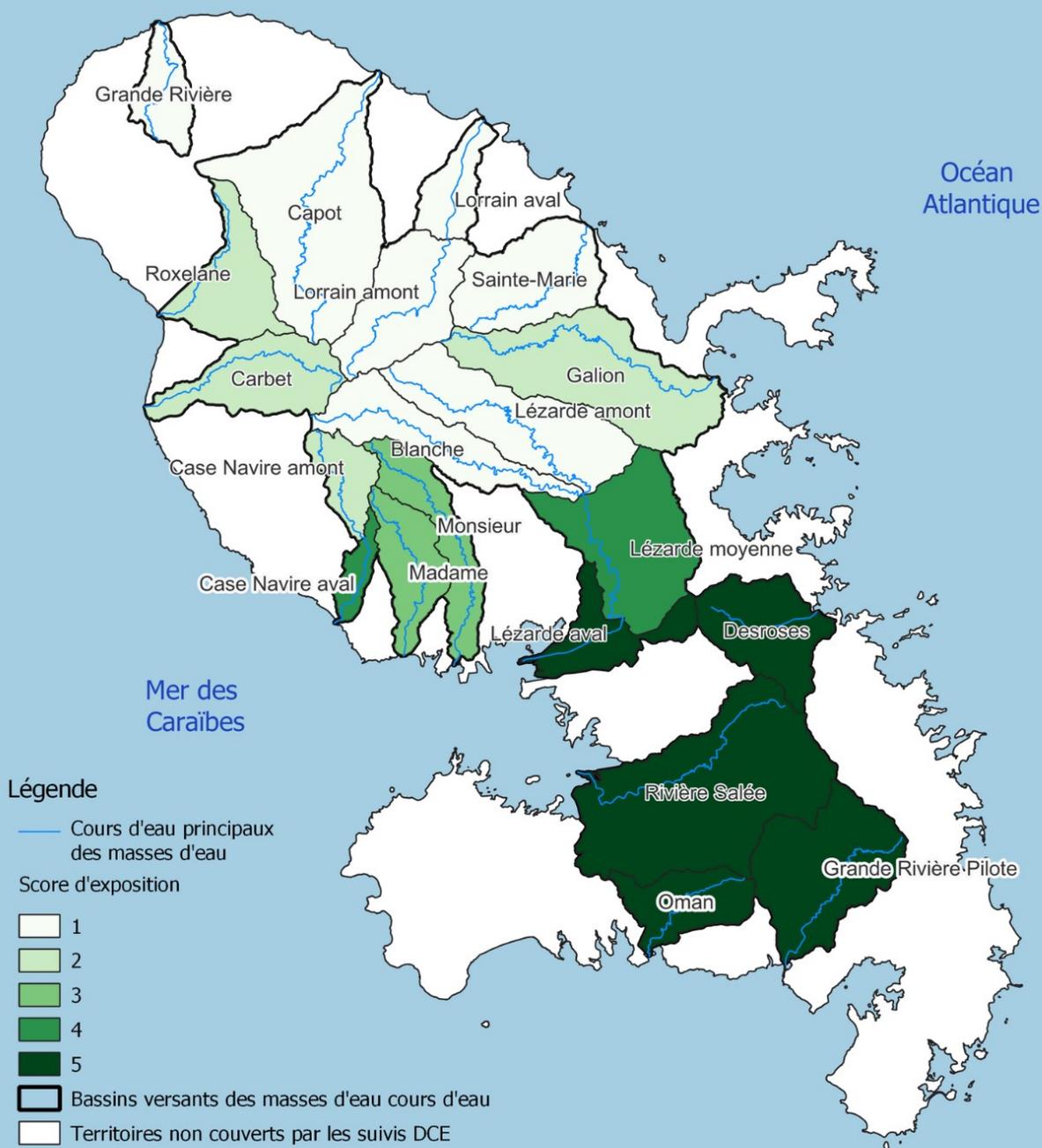
## 4.3. Evaluation des facteurs climatiques : exposition

L'évaluation des facteurs climatiques ou exposition vise ici notamment, comme pour l'enjeu de disponibilité des ressources en eau, à caractériser la diminution des débits de carême, l'augmentation de la variabilité saisonnière, et le décalage/allongement de la période de carême. Les mêmes scores d'exposition ont donc été appliqués ici. Concernant la température de l'eau et les événements extrêmes, l'absence de données et le manque de connaissances pour caractériser les phénomènes à l'œuvre (comment une éventuelle intensification des événements extrêmes impacterait-elle la biodiversité liée à l'eau, la température de l'eau est-elle un facteur déterminant pour la vulnérabilité des espèces aquatiques et humides caractéristiques de la Martinique ?) ont conduit à écarter ces facteurs de l'évaluation.

La carte des niveaux d'exposition pour l'enjeu « biodiversité des cours d'eau » est donc identique à celle présentée pour l'enjeu « disponibilité des ressources en eau de surface ».



# EXPOSITION DES MASSES D'EAU COURS D'EAU DE MARTINIQUE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Sources : DEAL, ODE, Météo-France  
Cartographie : Acterra 2023



Figure 17 : Carte d'exposition basée sur la diminution projetée de la pluviométrie annuelle et la baisse observée des débits de carême en année sèche

## 4.4. Evaluation des facteurs non climatiques : sensibilité

Pour la sensibilité, deux scores ont été combinés :

- Un score lié au **niveau de pression sur l'hydromorphologie des cours d'eau** issu de l'état des lieux du SDAGE 2019, augmenté de 1 si la tendance d'évolution indiquée à l'état des lieux est à la hausse ou diminué de 1 si elle est à la baisse ;
- Un score lié à la pression exercée par les **espèces exotiques envahissantes (EEE)**, celle-ci ayant été réévaluée à dire d'experts dans le cadre de cette étude sur la vulnérabilité au changement climatique.

Deux facteurs aggravants ont été ajouté au croisement des scores précédents :

- **La présence de zones d'intérêts écologiques** : un score aggravant de +1 a été ajouté pour les bassins versants dont plus de 50% de la surface se situe en zone d'intérêt écologiques (ZNIEFF, les ZHIEP, arrêtés de protection de biotope, et réserves biologiques et naturelles).
- **La présence de zones de baignade** : un score aggravant de +1 a été ajouté pour les bassins sur lesquels se situent une ou plusieurs zones de baignade autorisée en cours d'eau.

Les détails des calculs sont présentés dans les annexes de ce rapport.

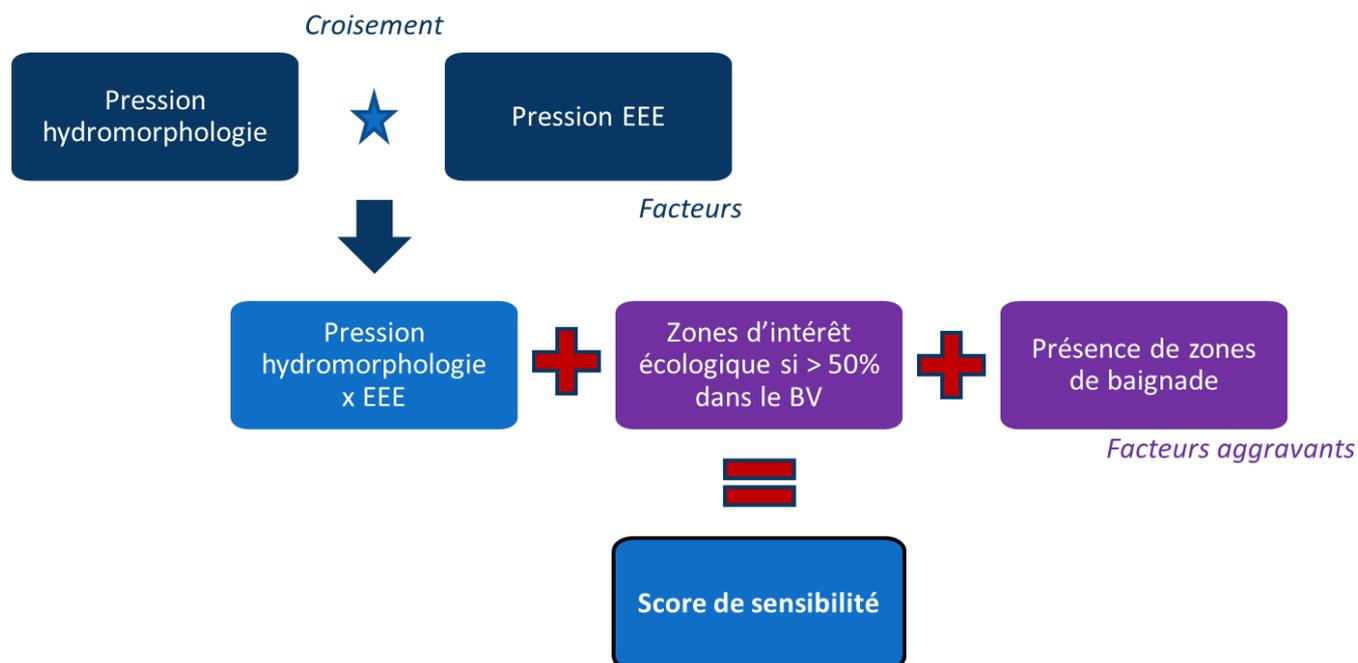


Figure 18. Schéma récapitulatif de la méthodologie d'évaluation de la sensibilité pour l'enjeu "biodiversité des cours d'eau"

La carte en Figure 19 montre la sensibilité des bassins versants relative à cet enjeu. Les bassins versants de Case Navire aval, Desroses, Grande Rivière Pilote, Lézarde aval, Lézarde moyenne, Madame, Monsieur, Oman, Rivière Salée (score 4 et 5) sont particulièrement touchés. Par ailleurs, les bassins versants de Capot, Carbet, Galion, Grande, Rivière, Lorrain amont, Lorrain aval, Lézarde amont, Roxelane, Sainte-Marie sont moins sensibles (score 1 et 2), par rapport aux bassins versants cités précédemment.

# BIODIVERSITE DES COURS D'EAU ET CHANGEMENT CLIMATIQUE - SENSIBILITE

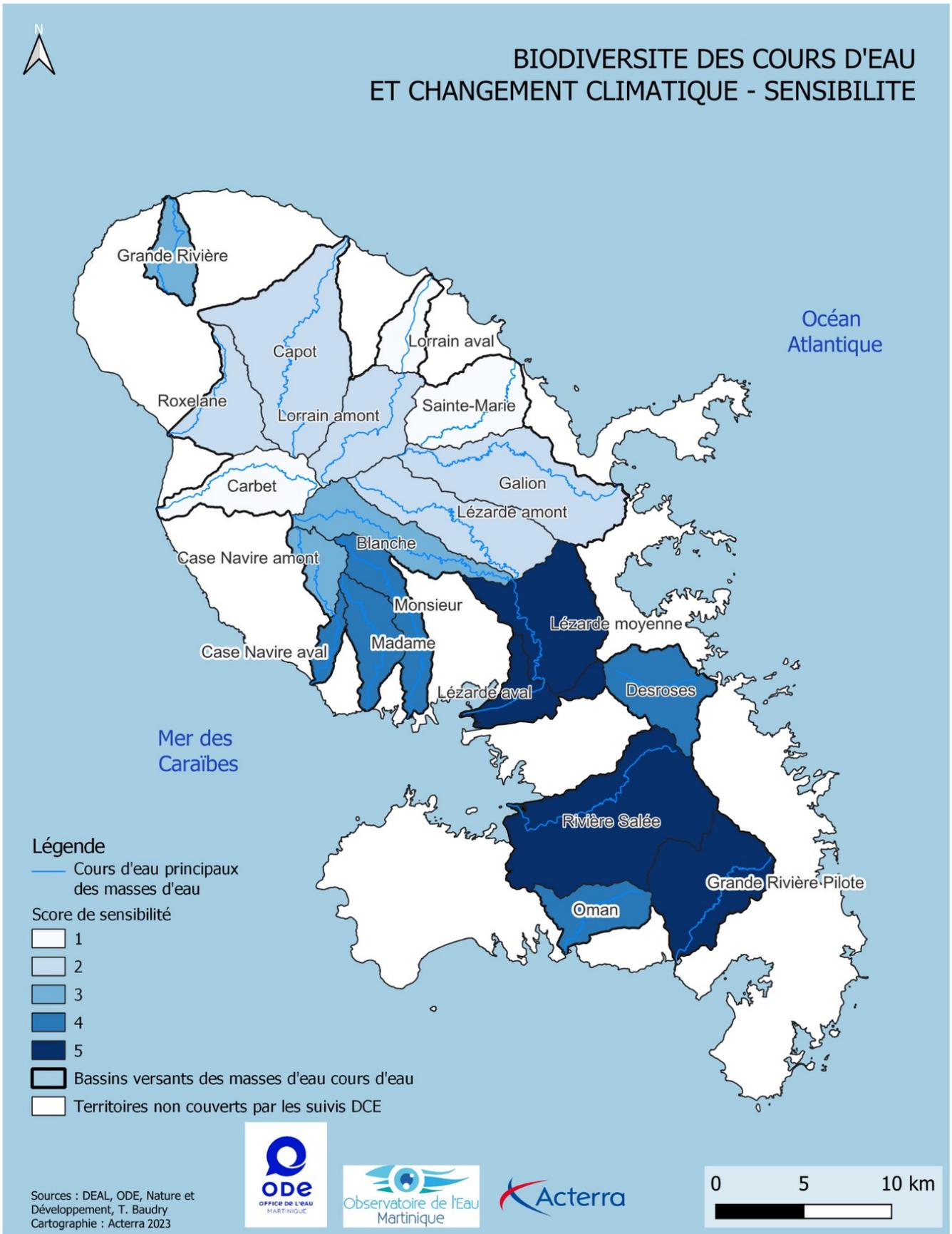
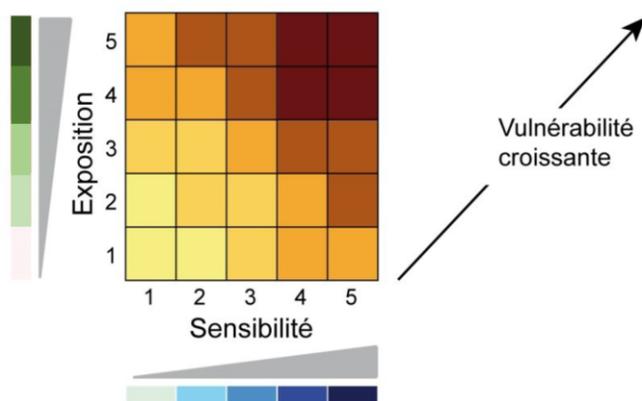


Figure 19 : Carte de sensibilité pour l'enjeu « biodiversité des cours d'eau »

## 4.5. Evaluation de la vulnérabilité

Les scores d'exposition et de sensibilité sont croisés selon la grille ci-dessous afin d'attribuer à chaque bassin versant un score de vulnérabilité final compris entre 1 (jaune pâle) et 5 (marron foncé) pour l'enjeu considéré (cf annexe 7.3.2).



La carte ci-après (Figure 20) représente la distribution de cette vulnérabilité pour les bassins versants des masses d'eau cours d'eau en Martinique pour l'enjeu biodiversité des cours d'eau.

Les bassins versants de Case Navire aval, Desroses, Grande Rivière Pilote, Lézarde aval, Lézarde moyenne, Madame, Monsieur, Oman et Rivière Salée (score 4 et 5) sont particulièrement vulnérables, tandis que les bassins versants de Blanche, Capot, Carbet, Galion, Grande Rivière, Lorrain amont, Lorrain aval, Lézarde amont, Roxelane, Sainte-Marie apparaissent comparativement moins vulnérables du point de vue de la biodiversité des cours d'eau face au changement climatique (score 1 et 2).

Cette carte de vulnérabilité peut constituer un outil d'aide à la décision pour orienter prioritairement l'action sur les bassins versants les plus vulnérables. Les résultats ont été confortés par une validation en comité de pilotage et par le forum des acteurs de l'eau réunissant un large panel d'acteurs du domaine, qui n'a pas soulevé d'interrogations majeures sur cette carte.

Celle-ci reste toutefois à utiliser avec les précautions d'usage liées à ce type d'outils (hypothèses simplificatrices, prise en compte de l'incertitude liée au changement climatique, e.g.).

# BIODIVERSITE DES COURS D'EAU ET CHANGEMENT CLIMATIQUE - VULNERABILITE

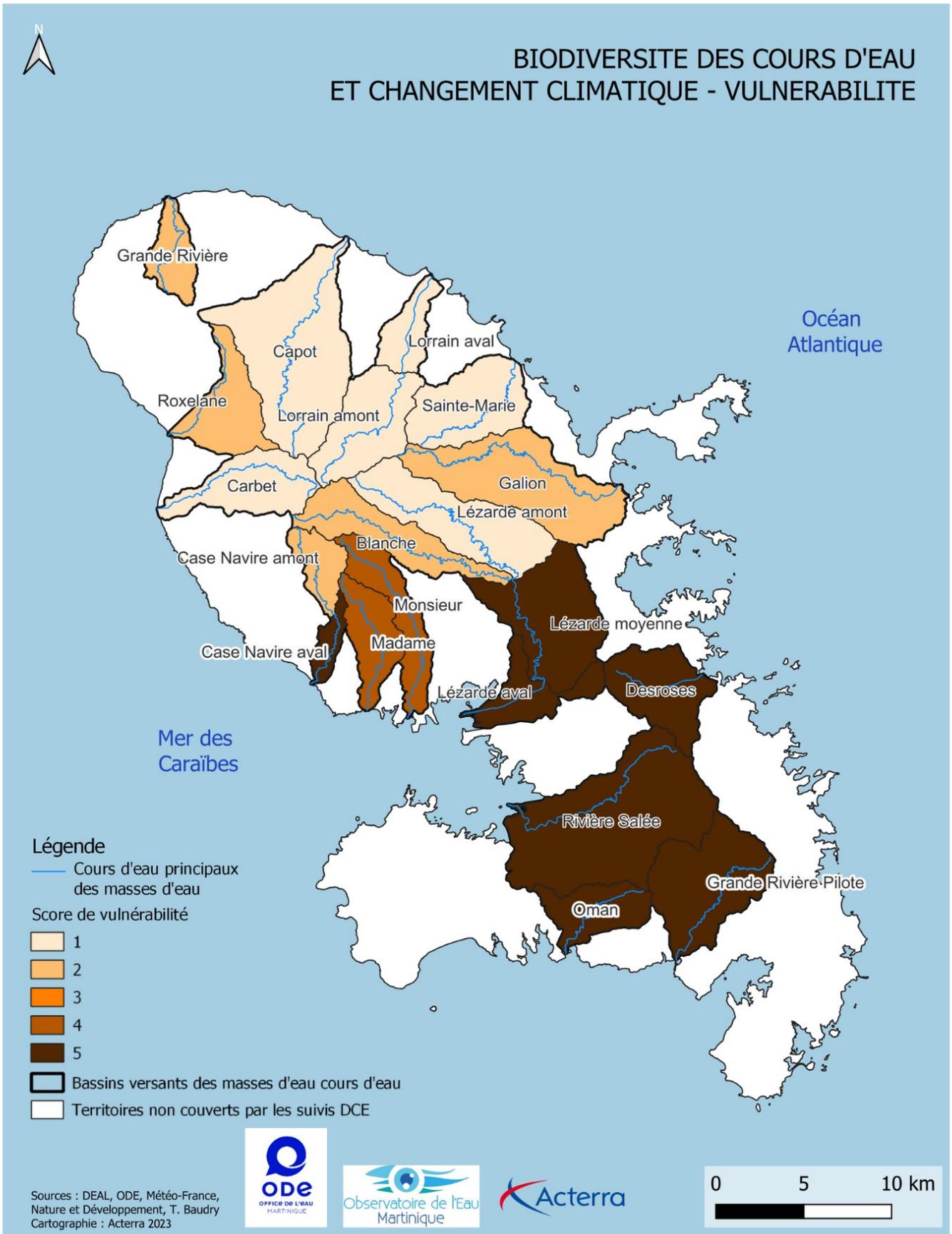


Figure 20 : Carte de vulnérabilité de l'enjeu « biodiversité des cours d'eau »

# 5. Qualité des cours d'eau et changement climatique

## 5.1. Bilan des connaissances

Cet enjeu est identifié dans le SDAGE 2022-2027 partie 4 (ODE Martinique, s.d.) et dans l'étude Asconit sur « l'impact du changement climatique dans le domaine de l'eau sur le bassin Martinique » en partie 3.1.2 (ASCONIT, s.d.).

Le changement climatique entraîne plusieurs conséquences sur la qualité de l'eau des rivières de Martinique (ODE Martinique, s.d.) :

- L'insuffisance du débit lors des périodes d'étiages et le non-respect du débit écologique minimum concentreraient et augmenteraient les polluants dans les rivières ;
- L'érosion des sols s'accroîtrait, ayant pour conséquence une hyper-sédimentation ;
- La turbidité des eaux augmenterait, ce qui entraînerait des problèmes sur les infrastructures de prélèvement, d'assainissement et de distribution de la ressource en eau, d'autant plus lors de forts épisodes pluvieux.

La santé publique se dégraderait avec l'apparition de maladies liées aux pollutions citées précédemment.

Selon le SDAGE 2022, seuls 38% des cours d'eau sont en bon état écologique sans prise en compte du chlordécone. Avec Chlordécone ce chiffre passe à 28% avec 43% des masses d'eau cours d'eau dont l'objectif d'atteinte du bon état écologique est reporté au-delà de 2039 (ODE Martinique, s.d.).

## 5.2. Chaîne d'impacts

La chaîne d'impact relative à l'enjeu « qualité des cours d'eau » est présentée ci-après.

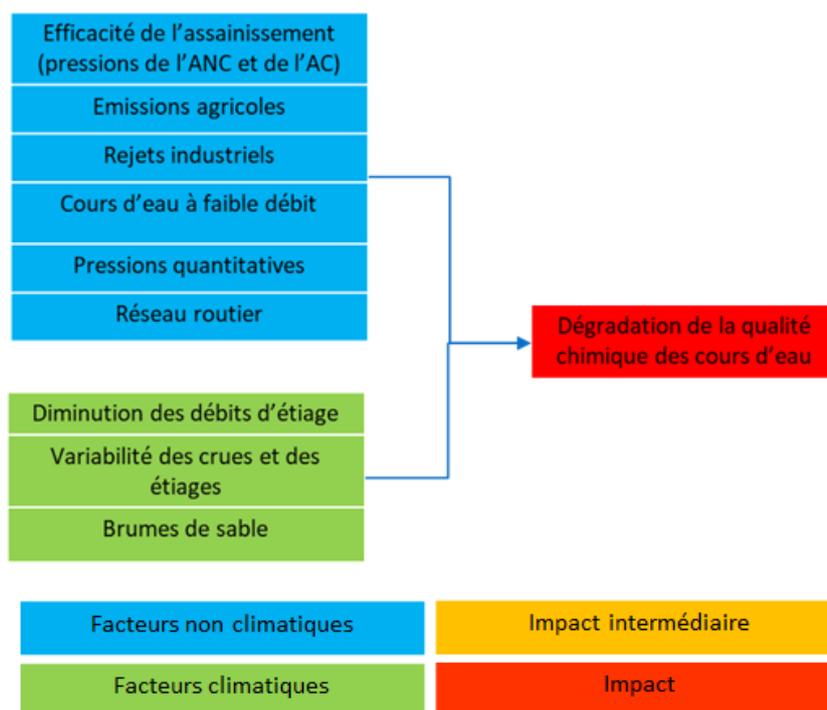


Figure 21 : Chaîne d'impacts révisée pour l'enjeu « qualité des cours d'eau ».

## 5.3. Evaluation des facteurs climatiques : exposition

L'évaluation des facteurs climatiques ou exposition vise ici notamment, comme pour l'enjeu de disponibilité des ressources en eau, à caractériser la diminution des débits de carême, l'augmentation de la variabilité saisonnière, et le décalage/allongement de la période de carême. Les mêmes scores d'exposition ont donc été appliqués ici. Concernant la variabilité des crues et des étiages et les brumes de sable, l'absence de données stabilisées et le manque de connaissances pour caractériser les phénomènes à l'œuvre ont conduit à écarter ces facteurs de l'évaluation. La carte des niveaux d'exposition pour l'enjeu « qualité des cours d'eau » est donc identique à celle présentée pour l'enjeu « disponibilité des ressources en eau de surface ».

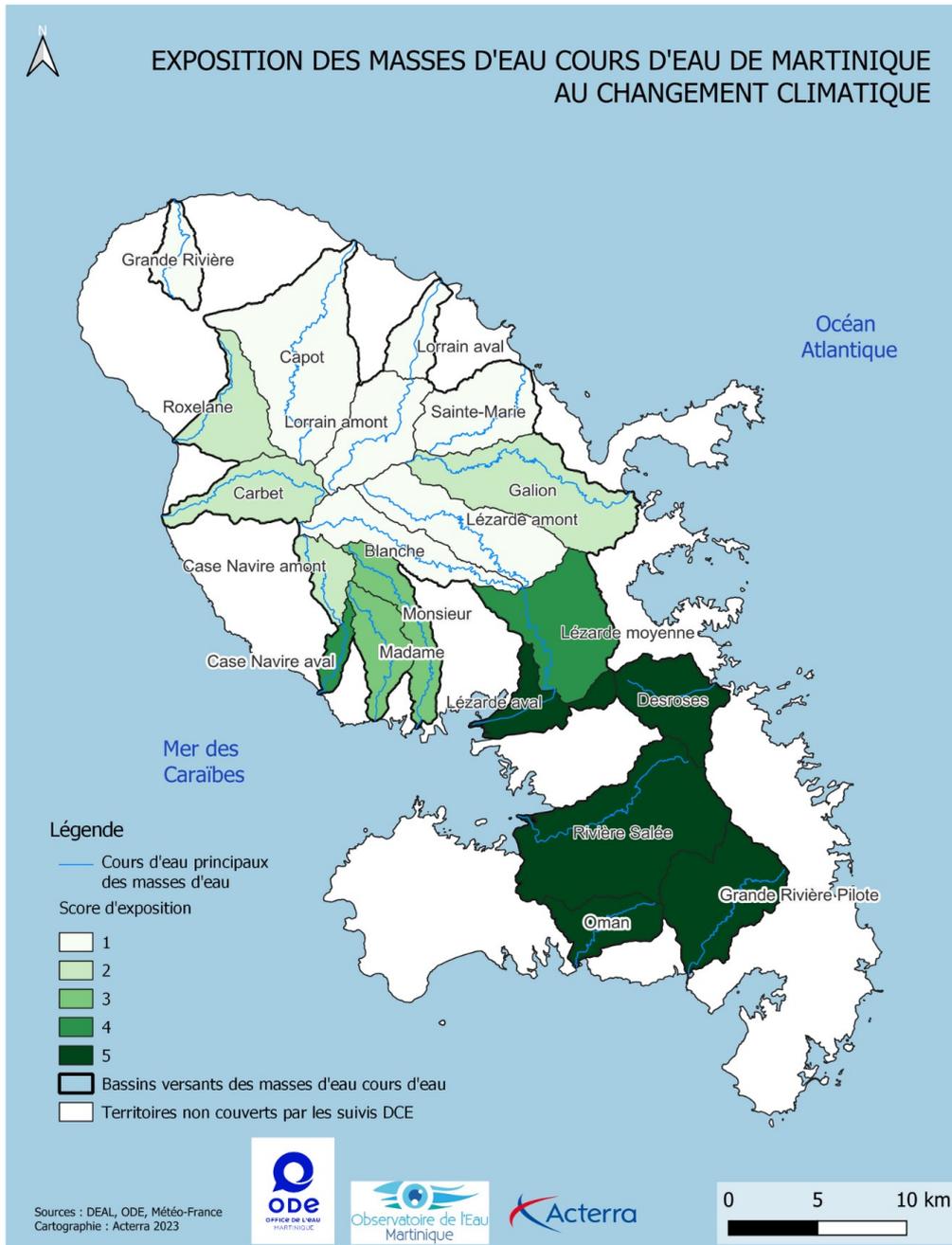


Figure 23. Carte d'exposition basée sur la diminution projetée de la pluviométrie annuelle et la baisse observée des débits de carême en année sèche

## 5.4. Evaluation des facteurs non climatiques : sensibilité

Pour la sensibilité, les trois scores suivants ont été moyennés (moyenne arithmétique arrondie) :

- **Un score relatif à la pression azotée**, est calculé comme le maximum entre :
  - **La pression azote d'origine agricole** augmentée de 1 si la tendance d'évolution indiquée à l'état des lieux 2019 du SDAGE est à la hausse ou diminuée de 1 si elle est à la baisse ;
  - Le croisement<sup>2</sup> des scores « **pression Assainissement Non Collectif** » (ANC) et « **pression Assainissement Collectif** » (AC) augmentés de 1 si la tendance d'évolution indiquée à l'état des lieux 2019 du SDAGE est à la hausse ou diminués de 1 si elle est à la baisse.

A ce maximum est ajouté un facteur aggravant « **présence de zones de baignade** ». Le score est augmenté de +1 pour les bassins contenant une ou plusieurs zones de baignade autorisée sur ses cours d'eau.

- **Un score relatif aux substances émises par l'agriculture**, est calculé à partir des niveaux de pression des pollutions aux substances issus de l'état des lieux du SDAGE 2019 :
  - Il se base sur la **pression agricole « 26 substances principales »** augmentée de 1 si la tendance d'évolution indiquée à l'état des lieux est à la hausse ou diminuée de 1 si elle est à la baisse ;
  - A ce score est ajouté un score aggravant de +1 (dans la limite d'un score final de 5) si la **pression Chlordécone** indiquée à l'état des lieux est forte ou à l'origine d'un RNAOE.

- **Un score relatif aux industries et au transport**, résultant du croisement :
  - Un score de pollution issue du **réseau routier** : proportionnel au linéaire routier à 50 m ou moins d'un cours d'eau (tous les cours d'eau des bassins versants sont considérés et pas seulement les MECE Masses d'Eau Cours d'Eau)
  - Un score lié à la **présence d'ICPE** : les ICPE d'un bassin versant à moins de 200 m d'un cours d'eau sont recensées. Un score est ensuite attribué en fonction du nombre et de la nature des ICPE (cf. annexe 7.2.1, Tableau 10). Ce score est corrigé de +1 si la tendance d'évolution indiquée à l'état des lieux est à la hausse pour la pression de pollution industrielle ou de -1 si elle est à la baisse.

A ce score est ajouté un facteur aggravant « **présence d'usages informels** ». Le score est augmenté de 1 pour les bassins où des zones non autorisées de lavage de voiture et de baignade ont été signalées par les membres du COPIL ainsi que pour les bassins avec des zones de baignade autorisée.

**Un facteur aggravant (+1) lié à la pression quantitative** a été ajouté à la moyenne des trois scores précédents si :

- La pression prélèvements (AEP et Autres prélèvements) telle que calculée dans l'enjeu 1 est égale à 5 ;
- Et/Ou le débit des MECE est faible (inférieur à 1,5 m<sup>3</sup>/s).

Tous ces facteurs ont été pris en compte dans le calcul de telle sorte que le score final de sensibilité ne dépasse pas 5.

Les détails des calculs sont présentés dans les annexes de ce rapport.

---

<sup>2</sup> Tous les croisements indiqués ici sont réalisés à l'aide d'une matrice de croisement telle que présentée en partie 3.5

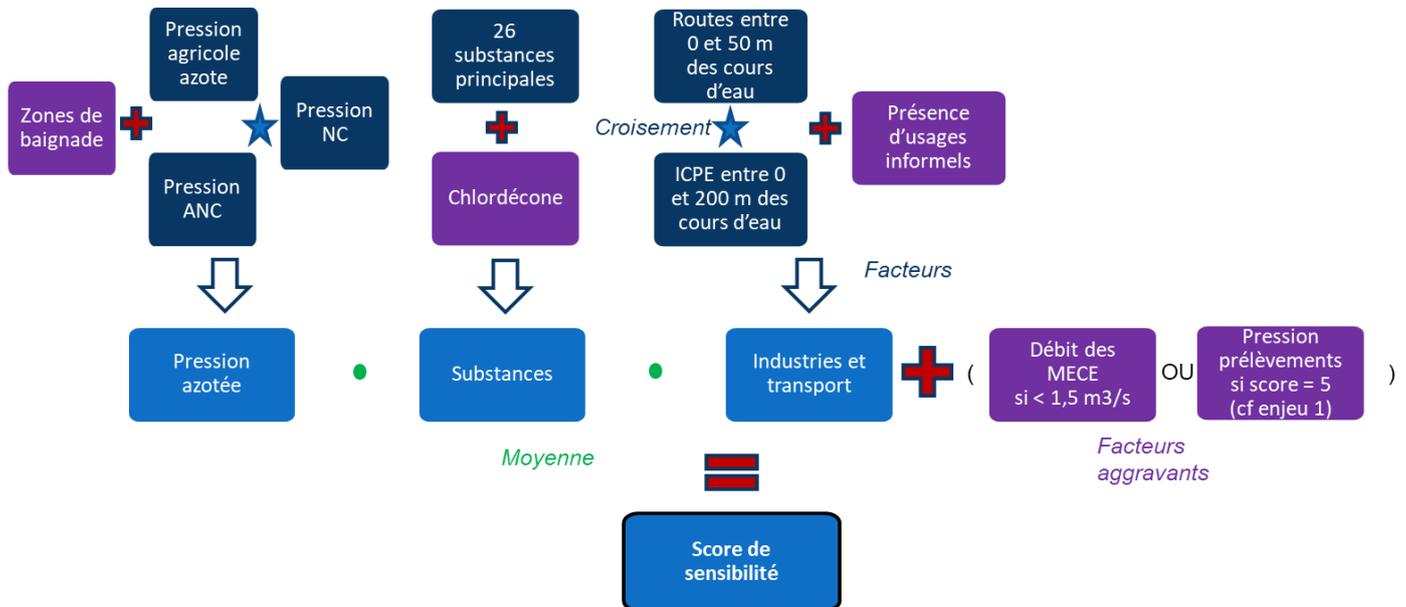


Figure 24. Schéma récapitulatif de la méthodologie d'évaluation de la sensibilité pour l'enjeu "qualité des cours d'eau"

La carte en Figure 25 montre la sensibilité des bassins versants relative à cet enjeu.

**Les bassins versants de Desroses, Capot, Galion, Grande Rivière Pilote, Lézarde aval, Rivière Salée, Roxelane et Sainte-Marie sont particulièrement sensibles (scores 4 et 5).**

Les bassins versants de Blanche, Carbet, Case Navire amont, Case Navire aval, Lorrain amont et Lorrain aval sont moins sensibles (score 1 et 2), par rapport aux bassins versants cités précédemment.

Les dires d'experts présents lors du forum des acteurs de l'eau ont soulevé plusieurs points concernant certains bassins versants :

- Le niveau de sensibilité du bassin versant de la Capot a pu surprendre certains acteurs. Néanmoins celui-ci peut être expliqué par des pressions qualitatives et quantitatives s'exerçant sur les cours d'eau du bassin :
  - Un score « ICPE » de 4, qui s'explique par la présence d'une carrière et d'une distillerie, avec une tendance à la baisse de -1 d'après l'état des lieux 2019 du SDAGE ;
  - Un score aggravant de +1 lié à des pressions de prélèvements fortes (score de 5).
- Bassin versant du Carbet : La rivière Carbet est à préserver. Elle est emblématique de son bon état écologique, mais la surface du bassin versant étant faible, l'hydrosystème semble plus réactif donc plus sensible aux différentes pressions s'y exerçant. De plus, des prélèvements agricoles sont censés être stables selon l'état des lieux 2019 du SDAGE mais la Chambre Agriculture indique que la pression augmente. Aussi, l'ANC reste un enjeu engendrant des fortes pressions, d'autant plus que, naturellement, les débits ont diminué dans cette rivière. Enfin, les données de l'état des lieux 2019 du SDAGE nécessiteraient une mise à jour selon les participants à l'atelier. À la suite des discussions et demandes des participants à l'atelier, le score de sensibilité du Carbet a été artificiellement augmenté de +1. Cela s'est répercuté par une augmentation du score de vulnérabilité de +1. Ces ajustements sont bien intégrés aux cartes et résultats présentés dans ce rapport.
- Bassin versant de l'Oman : Le score « azote » a été remonté de +1 par rapport au niveau indiquée dans l'Etat des lieux, car la qualité de l'eau a été signalée comme dégradée (présence de zones d'eutrophisation).



# QUALITE DES COURS D'EAU ET CHANGEMENT CLIMATIQUE - SENSIBILITE

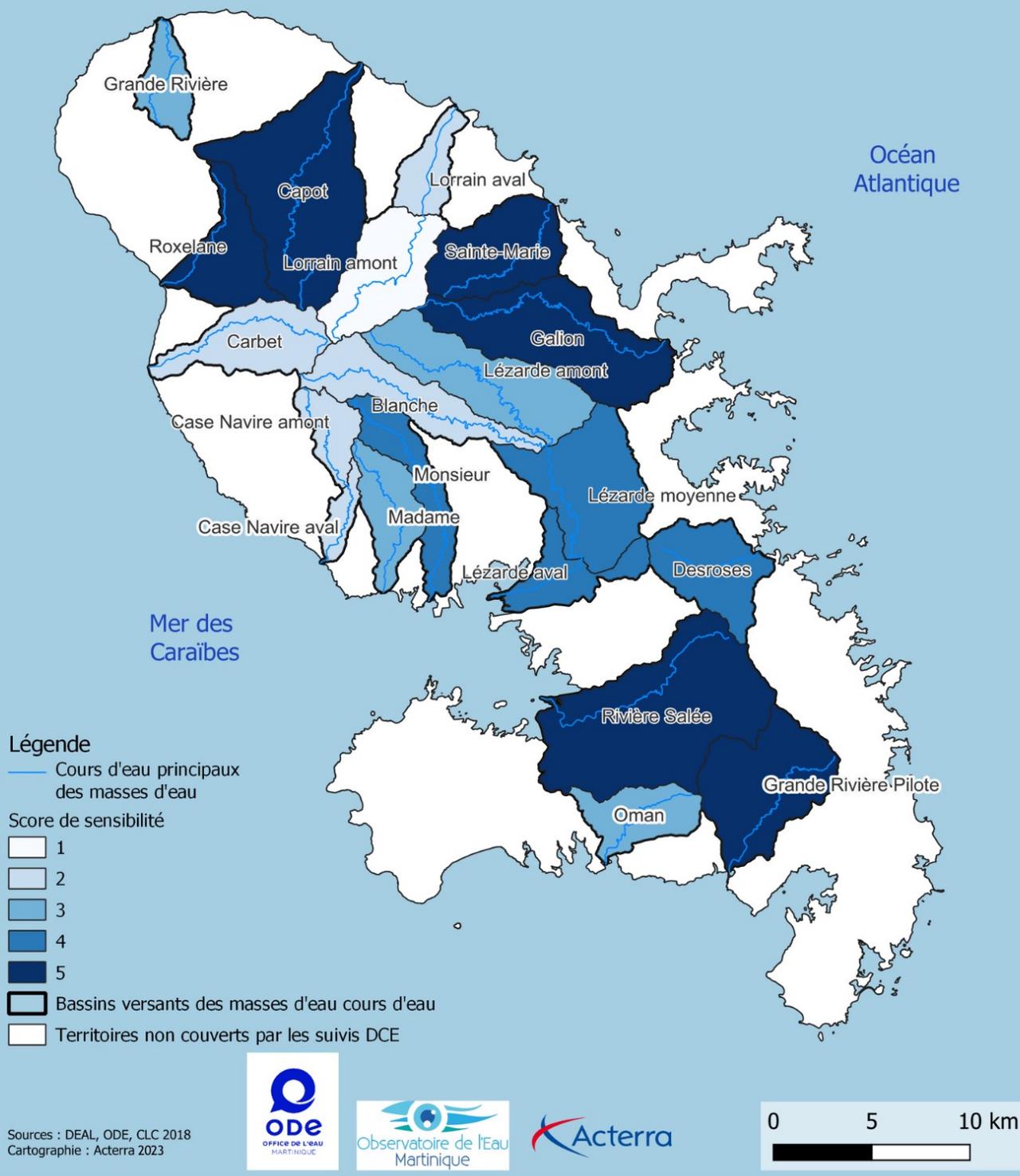
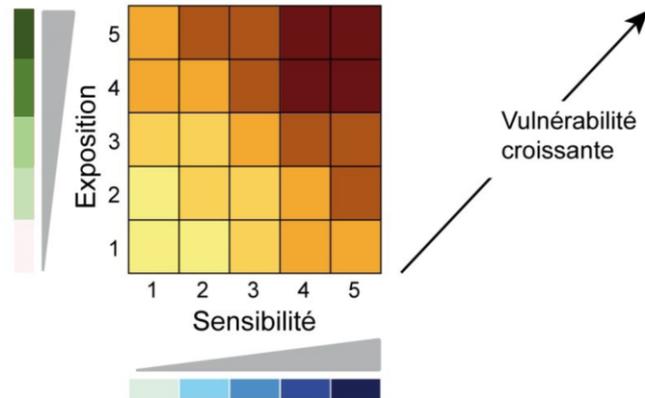


Figure 25 : Carte de sensibilité de l'enjeu « qualité des cours d'eau »

## 5.5. Evaluation de la vulnérabilité

Les scores d'exposition et de sensibilité sont croisés selon la grille ci-dessous afin d'attribuer à chaque bassin versant un score de vulnérabilité final compris entre 1 (jaune pâle) et 5 (marron foncé) pour l'enjeu considéré (cf annexe 7.3.3).



La carte ci-après (Figure 26) représente la distribution de cette vulnérabilité pour les bassins versants des masses d'eau cours d'eau en Martinique pour l'enjeu qualité des cours d'eau.

Les bassins versants de Desroses, Galion, Grande Rivière Pilote, Lézarde aval, Lézarde moyenne, Monsieur, Oman, Rivière Salée et Roxelane (score 4 et 5) sont particulièrement vulnérables, tandis que les bassins versants de Blanche, Carbet, Case Navire amont, Grande Rivière, Lézarde amont, Lorrain amont et Lorrain aval apparaissent comparativement moins vulnérables du point de vue de la qualité des cours d'eau face au changement climatique (score 1 et 2).

Cette carte de vulnérabilité peut constituer un outil d'aide à la décision pour orienter prioritairement l'action sur les bassins versants les plus vulnérables. Les résultats ont été confortés par une validation en comité de pilotage et par le forum des acteurs de l'eau réunissant un large panel d'acteurs du domaine, qui n'a pas soulevé d'interrogations majeures sur cette carte.

Celle-ci reste toutefois à utiliser avec les précautions d'usage liées à ce type d'outils (hypothèses simplificatrices, prise en compte de l'incertitude liée au changement climatique, e.g.).

# QUALITE DES COURS D'EAU ET CHANGEMENT CLIMATIQUE - VULNERABILITE

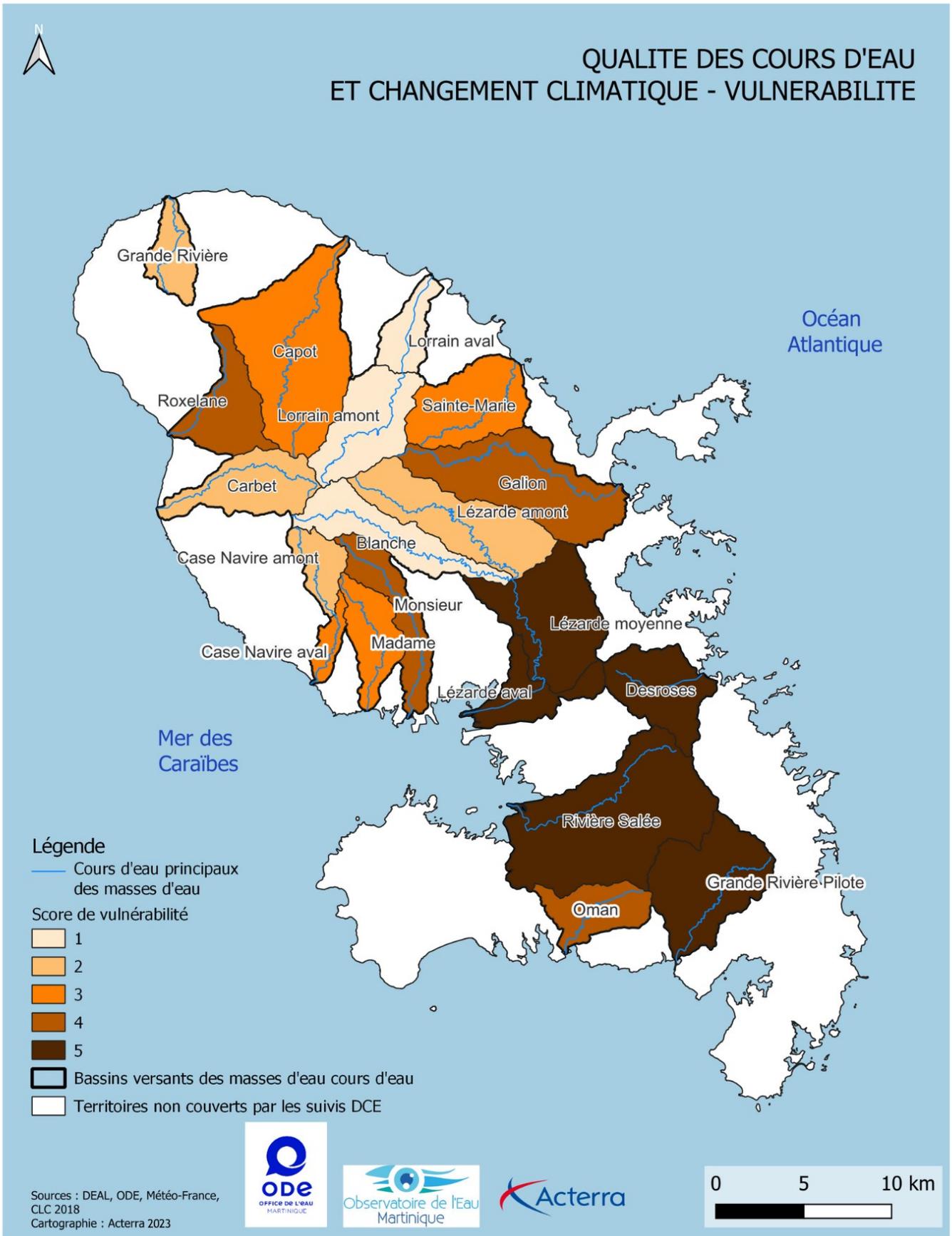


Figure 26 : Carte de vulnérabilité de l'enjeu « qualité des cours d'eau »

## 6. Perspectives

Le diagnostic présenté ici constitue un premier exercice d'évaluation de la vulnérabilité des rivières martiniquaises au changement climatique, qui pourra être approfondi et actualisé régulièrement en fonction de l'avancée des connaissances et de la disponibilité des données, ainsi que de l'évolution des pressions s'exerçant sur les rivières (facteurs de sensibilité).

Les résultats permettent d'asseoir une **première analyse partagée** par les acteurs du territoire sur les facteurs à l'origine de la vulnérabilité des rivières. **Les données sont parfois lacunaires et des études de connaissances devront combler ces manques et stabiliser les prochains exercices.**

Ces résultats permettent également d'**objectiver une analyse comparative de la vulnérabilité des rivières**. Un score de vulnérabilité de 1 ne signifie pas qu'un bassin versant n'est pas vulnérable au changement climatique mais qu'il est moins vulnérable que les bassins portant un score de vulnérabilité de 4 ou 5.

Cette analyse comparative des vulnérabilités des bassins versants des masses d'eau cours d'eau de Martinique a pour vocation de **poser un premier état des lieux et de guider les priorités d'actions d'adaptation**. Ainsi, les actions à mettre en œuvre pourront être priorisées selon les thématiques et les niveaux de vulnérabilités des bassins versants. Une analyse complémentaire des conséquences socio-économiques des impacts du changement climatique sur les rivières pourra également guider l'action en termes d'adaptation.

Rappelons enfin que **tous les bassins versants sont vulnérables au changement climatique**. Ainsi cette analyse comparative ne doit en aucun cas présenter un frein à l'action dans des bassins versants qui apparaîtraient moins vulnérables mais sur lesquels des dynamiques locales permettraient d'engager des actions d'adaptation au changement climatique.

# 7. Annexes

## 7.1. Détails sur le calcul des scores d'exposition par bassin versant

Il s'agit d'évaluer l'évolution des ressources en eau de surface dans un contexte de changement climatique. Deux types de données sont disponibles :

- Les simulations d'évolution de la pluviométrie mensuelle en milieu de siècle sous changement climatique à l'échelle des stations météo de Martinique : des simulations complètes et robustes, mais limitées à la pluviométrie donc qui ne prennent pas en compte le fonctionnement hydrologique différent par bassin versant
- L'évaluation des taux mensuels d'évolution des débits sous changement climatique réalisée dans le cadre de l'étude pour l'élaboration d'un modèle de Gestion de la Ressource en eau à l'échelle de la Martinique (MGR), par une analyse des chroniques de débits passés. Cette évaluation basée sur une méthode par analogues (ce ne sont pas des simulations), présente des biais, avec des résultats qui sont notamment tributaires de la disponibilité des données d'observation sur le passé.

Hypothèse de base : baisse de 10 à 15% de la pluviométrie annuelle en milieu de siècle

Pour chaque zone climatique, recherche des années passées avec une pluviométrie inférieure de 10 à 15% à la moyenne

Représente la réaction observée des cours d'eau lors des années sèches passées

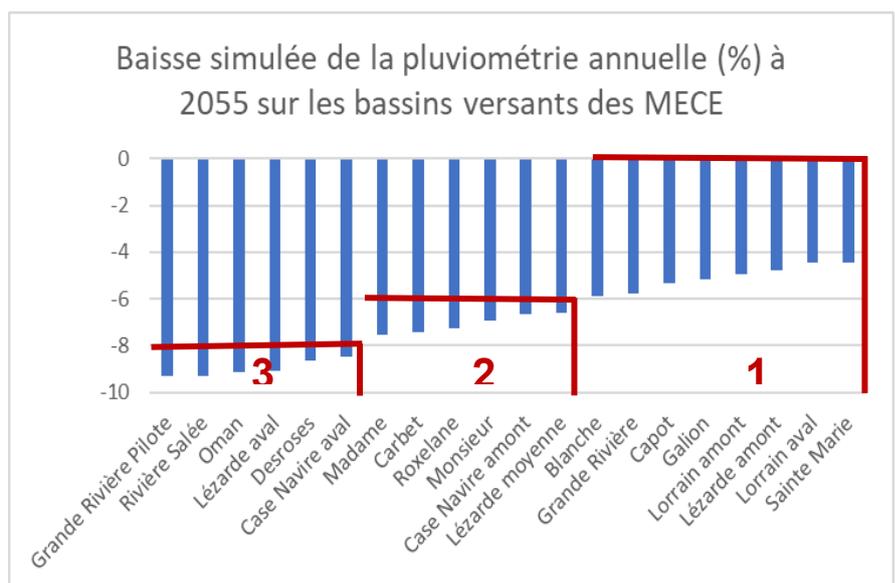
Etude des débits mesurés pour ces années cibles (si disponibles) -> calcul des coefficients d'évolution mensuel: débit mesuré en année cible / débit moyen sur la période de référence.

Figure 27. Synthèse de la méthode d'évaluation des taux mensuels d'évolution des débits sous changement climatique réalisée dans le cadre du MGR.

Les deux sources de données ont été combinées pour évaluer l'exposition des bassins versants.

Un score de 1 à 3 est attribué aux bassins versants selon la baisse simulée<sup>3</sup> de la pluviométrie annuelle selon le graphique suivant :

Figure 28 : Baisse simulée de la pluviométrie annuelle (%) à 2055, sur les bassins versants des masses d'eau de Martinique (source : Météo France)



<sup>3</sup> Simulation sous scénario RCP8.5 avec le modèle ARPEGE. Les données utilisées sont la moyenne des 5 runs réalisés par MétéoFrance.

Un score de 1 à 3 est attribué aux bassins versants selon la baisse observée des débits de carême sur Mars-Avril en année sèche (données MGR) selon le graphique suivant :

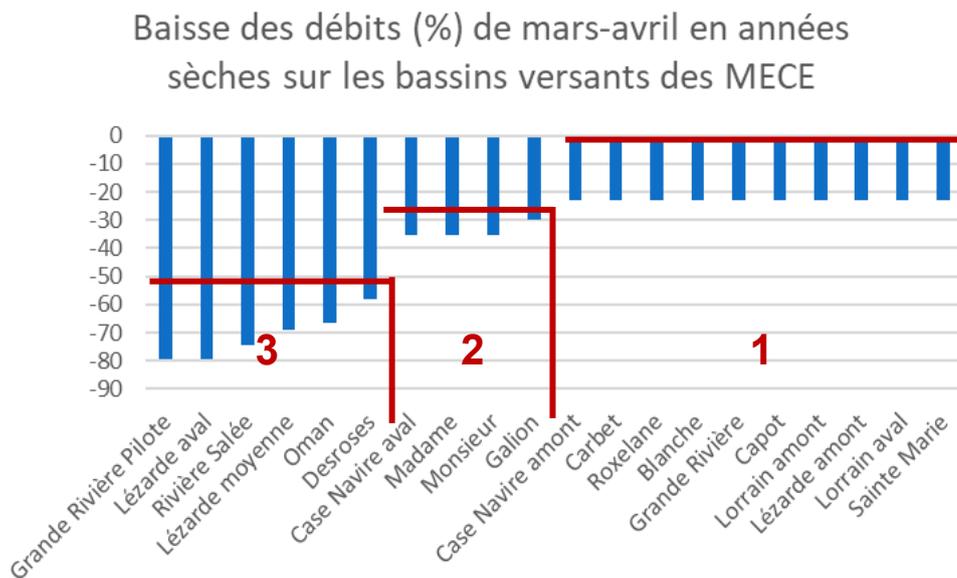


Figure 29 : Baisse des débits (%) de mars-avril en années sèches sur les bassins versants des masses d'eau cours d'eau de Martinique

Enfin les deux scores ont été combinés sur la grille de croisement présentée ci-dessous.

Bassin versant	Score débits secs	Score pluviométrie	Score croisé
Blanche	1	1	1
Capot	1	1	1
Carbet	1	2	2
Case Navire amont	1	2	2
Case Navire aval	2	3	4
Desroses	3	3	5
Galion	2	1	2
Grande Rivière	1	1	1
Grande Rivière Pilote	3	3	5
Lézarde amont	1	1	1
Lézarde aval	3	3	5
Lézarde moyenne	3	2	4
Lorrain amont	1	1	1
Lorrain aval	1	1	1
Madame	2	2	3
Monsieur	2	2	3
Oman	3	3	5
Rivière Salée	3	3	5
Roxelane	1	2	2
Sainte Marie	1	1	1

3	3	4	5
2	2	3	4
1	1	2	3
	1	2	3

Figure 30. Scores intermédiaires et grille de croisement l'évaluation de l'exposition

## 7.2. Scores de sensibilité et scores intermédiaires pour chaque bassin versant

### 7.2.1. Tableaux annexes des scores intermédiaires de sensibilité

#### Artificialisation des sols (disponibilité des ressources en eau de surface)

Tableau 3 : Méthode d'élaboration d'un score pour le facteur aggravant d'artificialisation des bassins versants. Pour rappel, un score de +1 signifie qu'au moins 15 % de la surface du BV est artificialisé (Source : Corine Land Cover 2018)

Bassins versants	Surface du BV (km <sup>2</sup> )	Surface de la zone artificielle (m <sup>2</sup> )	Surface de la zone artificielle (km <sup>2</sup> )	Pourcentage d'artificialisation (%)	Score
Blanche	24	2524470	2,52447	10,518625	0
Capot	58	4199824	4,199824	7,241075862	0
Carbet	23	653755	0,653755	2,842413043	0
Case Navire amont	10	0	0	0	0
Case Navire aval	5	1756114	1,756114	35,12228	1
Desroses	23	4519417	4,519417	19,64963913	1
Galion	45	7286763	7,286763	16,19280667	1
Rivière	11	0	0	0	0
Grande Rivière Pilote	35	3151536	3,151536	9,004388571	0
Lézarde amont	35	7937201	7,937201	22,67771714	1
Lézarde aval	14	5860334	5,860334	41,85952857	1
Lézarde moyenne	36	9825411	9,825411	27,29280833	1
Lorrain amont	26	0	0	0	0
Lorrain aval	11	501164	0,501164	4,556036364	0
Madame	16	7599670	7,59967	47,4979375	1
Monsieur	18	7097744	7,097744	39,43191111	1
Oman	16	3250070	3,25007	20,3129375	1
Rivière Salée	69	9072841	9,072841	13,14904493	0
Roxelane	20	1038431	1,038431	5,192155	0
Sainte Marie	27	3917432	3,917432	14,50900741	0

## Rendement des réseaux (disponibilité des ressources en eau de surface)

Tableau 4 : Rendement des réseaux des collectivités de la Martinique (%) (source : (l'EX-SICSM, 2020) et (ODYSSI, 2020))

Nom collectivité	P104.3 en 2020
Communauté d'Agglomération de l'ESPACE SUD MARTINIQUE	82,6
Communauté d'Agglomération du Pays Nord Martinique (CAP NORD MARTINIQUE)	52,5
Communauté d'Agglomération du Centre de la Martinique	64,3

Tableau 5 : Méthode d'élaboration d'un score pour le facteur aggravant des rendements des réseaux. Pour rappel, un score de +1 signifie un rendement inférieur à 80 %.

Bassins versants	Appartenance	Rendement (%)	Score
Blanche	Centre Martinique	64,3	1
Capot	Cap Nord	52,5	1
Carbet	Cap Nord	52,5	1
Case Navire amont	Centre Martinique	64,3	1
Case Navire aval	Centre Martinique	64,3	1
Desroses	Espace Sud Martinique	82,6	0
Galion	Cap Nord	52,5	1
Grande Rivière	Cap Nord	52,5	1
Grande Rivière Pilote	Espace Sud Martinique	82,6	0
Lézarde amont	Cap Nord	52,5	1
Lézarde aval	Centre Martinique	64,3	1
Lézarde moyenne	Centre Martinique	64,3	1
Lorrain amont	Cap Nord	52,5	1
Lorrain aval	Cap Nord	52,5	1
Madame	Centre Martinique	64,3	1
Monsieur	Centre Martinique	64,3	1
Oman	Espace Sud Martinique	82,6	0
Rivière Salée	Espace Sud Martinique	82,6	0
Roxelane	Cap Nord	52,5	1

Sainte-Marie	Cap Nord	52,5	1
--------------	----------	------	---

## Zones d'intérêt écologiques (biodiversité des cours d'eau)

Tableau 6 : Méthode d'élaboration d'un score pour le facteur aggravant de zones d'intérêt écologique. Pour rappel, un score de +1 signifie que plus de 50% de sa surface du bassin versant est occupée par des zones d'intérêts écologiques (source : données ODE).

Bassins versants	Surface du BV (km <sup>2</sup> )	Surface totale des zones d'intérêt écologiques (km <sup>2</sup> )	Proportion de zones d'intérêt écologique (%)	Score
Blanche	24	5,097	21,2375	0
Capot	58	6,398	11,0310345	0
Carbet	23	6,014	26,1478261	0
Case Navire amont	10	5,85	58,5	1
Case Navire aval	5	1,666	33,32	0
Desroses	23	0,395	1,7173913	0
Galion	45	0,411	0,91333333	0
Grande Rivière	11	8,124	73,8545455	1
Grande Rivière Pilote	35	2,329	6,65428571	0
Lézarde amont	35	3,478	9,93714286	0
Lézarde aval	14	1,311	9,36428571	0
Lézarde moyenne	36	0,01	0,02777778	0
Lorrain amont	26	19,707	75,7961538	1
Lorrain aval	11	0,417	3,79090909	0
Madame	16	1,645	10,28125	0
Monsieur	18	2,392	13,2888889	0
Oman	16	0,79	4,9375	0
Rivière Salée	69	5,077	7,35797101	0
Roxelane	20	0,098	0,49	0
Sainte-Marie	27	0,005	0,01851852	0

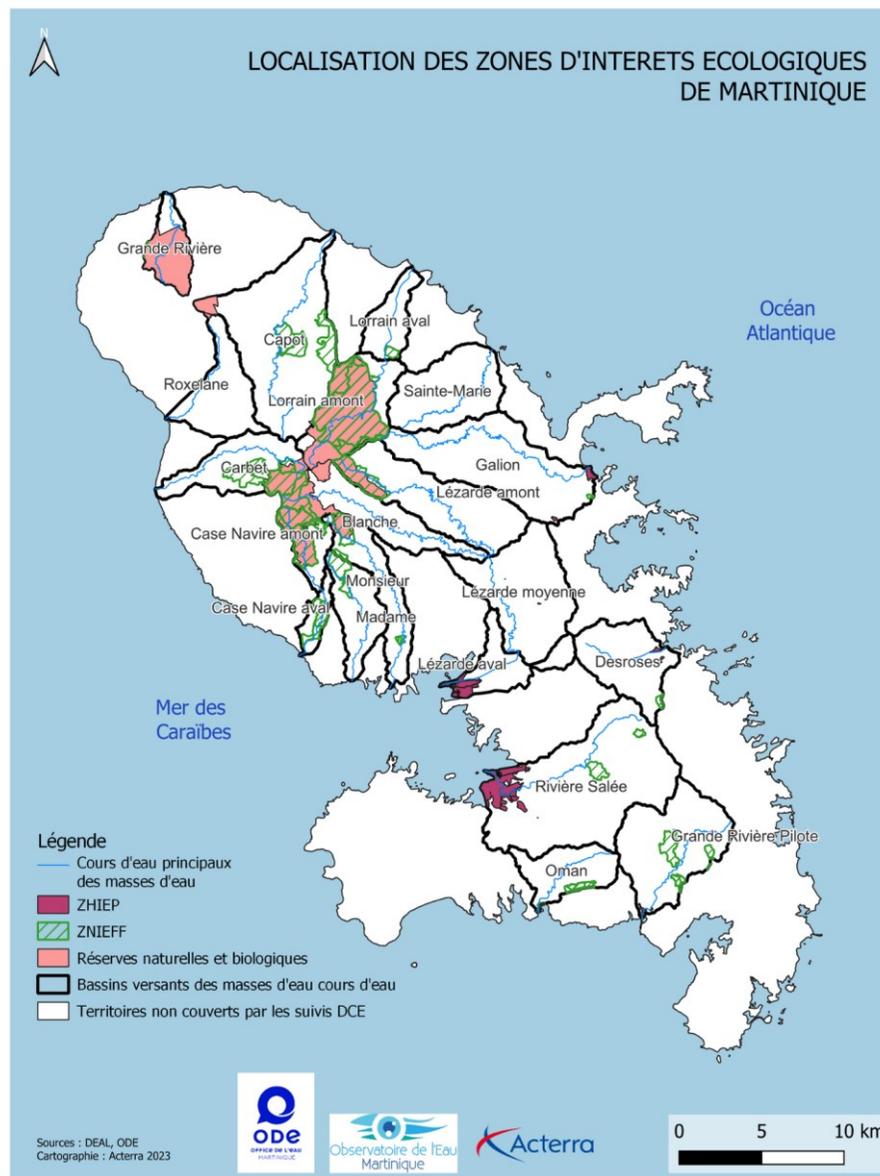


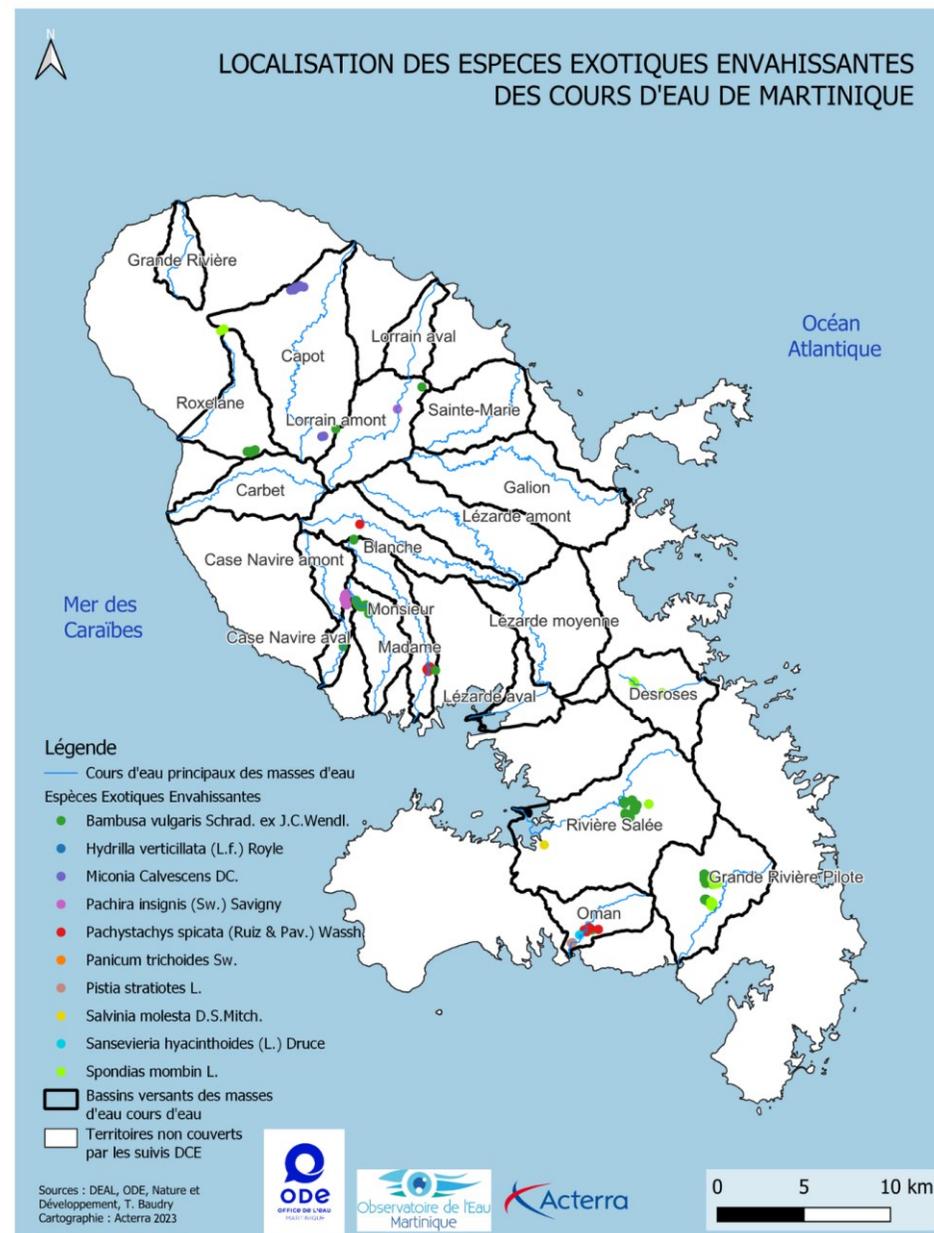
Figure 31 : Localisation des zones d'intérêts écologiques en Martinique (sources : DEAL, ODE).

## Espèces exotiques envahissantes (biodiversité des cours d'eau)

Tableau 7 : Méthode d'élaboration du score EEE (source : Nature & Développement, T. Baudry)

Bassins versants	Synthèse pression EEE à dire d'experts 2023	Score
Blanche	MODERE	3
Capot	MODERE	3
Carbet	FAIBLE	1
Case Navire amont	MODERE	3
Case Navire aval	FORT	5
Desroses	MODERE	3
Galion	MODERE	3
Grande Rivière <sup>4</sup>		1
Grande Rivière Pilote	FORT	5
Lézarde Amont	MODERE	3
Lézarde Aval (MEFM)	FORT	5
Lézarde moyenne	FORT	5
Lorrain Amont	FAIBLE	1
Lorrain Aval	FAIBLE	1
Madame	MODERE	3
Monsieur	MODERE	3
Oman	FORT	5
Rivière Salée	FORT	5
Roxelane	MODERE	3
Sainte Marie	FAIBLE	1

Figure 32 : Carte de localisation des EEE des cours d'eau de Martinique (sources : DEAL, ODE, Nature et Développement, T. Baudry)



<sup>4</sup> Absence de données consolidées

## Zones de baignade (biodiversité des cours d'eau, qualité des cours d'eau)

Tableau 8 : Méthode d'élaboration d'un score pour le facteur aggravant zones de baignade autorisée. Un score de +1 signifie la présence d'au moins une zone de baignade autorisée sur le bassin versant (source : ODE)

Bassins versants	Nombre de zones de baignade autorisées	Score
Blanche	2	1
Capot	0	0
Carbet	0	0
Case Navire amont	0	0
Case Navire aval	0	0
Desroses	0	0
Galion	0	0
Grande Rivière	1	1
Grande Rivière Pilote	0	0
Lézarde amont	0	0
Lézarde aval	0	0
Lézarde moyenne	0	0
Lorrain amont	0	0
Lorrain aval	0	0
Madame	0	0
Monsieur	0	0
Oman	0	0
Rivière Salée	0	0
Roxelane	0	0
Sainte Marie	0	0

## Usages informels (qualité des cours d'eau)

Tableau 9 : Méthode d'élaboration d'un score pour le facteur aggravant usages informels. Un score de +1 signifie la présence d'au moins une zone de baignade autorisée ou non autorisée ou de lavage de voiture sur la rivière (source : COPIL de l'étude).

Bassins versants	Score zones de baignade autorisées	Signalement d'usages informels (lavage de voiture, baignade non autorisée)	Score
Blanche	1	0	1
Capot	0	0	0
Carbet	0	1	1
Case Navire amont	0	1	1
Case Navire aval	0	1	1
Desroses	0	0	0
Galion	0	1	1
Grande Rivière	1	1	1
Grande Rivière Pilote	0	1	1
Lézarde amont	0	1	1
Lézarde aval	0	0	0
Lézarde moyenne	0	1	1
Lorrain amont	0	1	1
Lorrain aval	0	1	1
Madame	0	1	1
Monsieur	0	1	1
Oman	0		0
Rivière Salée	0	0	0
Roxelane	0	0	0
Sainte Marie	0	1	1

## ICPE (qualité des cours d'eau)

Tableau 10 : Méthode d'élaboration d'un score « ICPE », en tenant compte des évolutions des pressions de l'EDL.

Pour rappel, seulement les ICPE situées sur les bassins versants et à moins de 200 m des cours d'eau sont prises en compte.

Si plusieurs ICPE sont présentes dans le bassin versant, le score est augmenté de +1.

(source : ODE)

Score	Type d'ICPE
5	
4	Distillerie
3	Centrale électrique ou station essence
2	Carrière ou bâtiment non identifié
1	Absence d'ICPE

Bassins versants	Score total ICPE	Tendance hausse ou baisse de l'EDL	Score ICPE final
Blanche	1	0	1
Capot	5	-1	4
Carbet	1	0	1
Case Navire Amont	1	0	1
Case Navire Aval	1	0	1
Desroses	2	0	2
Galion	4	1	5
Grande Rivière	4	0	4
Grande rivière Pilote	4	1	5
Lézarde amont	4	0	4
Lézarde aval	1	1	2
Lézarde moyenne	3	0	3
Lorrain amont	1	0	1
Lorrain aval	1	0	1
Madame	2	1	3
Monsieur	2	1	3
Oman	1	1	2
Rivière salée	2	1	3
Roxelane	4	1	5
Sainte-Marie	4	1	5

## Linéaire routier (qualité des cours d'eau)

Tableau 11 : Méthode d'élaboration d'un score pour le facteur « réseau routier » (source : CLC 2018).

Bassins versants	Longueur de route (km)	Normalisation	Score
Blanche	19,284174	0,348256629	2
Capot	44,779135	0,904374451	5
Carbet	17,5761509	0,310999773	2
Case Navire amont	4,9305568	0,035163295	1
Case Navire aval	3,7258533	0,008885276	1
Desroses	15,0235152	0,255319507	2
Galion	45,6141836	0,922589243	5
Grande Rivière	3,318512	0	1
Grande Rivière Pilote	37,1450846	0,737854036	4
Lézarde amont	21,8899209	0,405095402	3
Lézarde aval	16,4435785	0,286295139	2
Lézarde moyenne	31,9818723	0,625229648	4
Lorrain amont	4,7040103	0,03022167	1
Lorrain aval	13,1501429	0,214455914	2
Madame	16,2960522	0,283077169	2
Monsieur	11,2047658	0,17202169	1
Oman	8,5135552	0,113318711	1
Rivière Salée	49,1630435	1	5
Roxelane	23,9328958	0,449658512	3
Sainte-Marie	39,7219371	0,794062539	4

## 7.3. Tableaux récapitulatifs des scores pour les différents enjeux

### Légende :

<b>Artificialisation des sols</b>	Facteur aggravant
Pression EEE	Données initiales
<b>Score industries et transport (ICPE x réseau routier)</b>	Score intermédiaire
<b><u>Score industries et transport aggravé des usages interdits</u></b>	Score final pris en compte dans le calcul

## 7.3.1. Tableau récapitulatif pour l'enjeu « disponibilité des ressources en eau de surface »

Tableau 12 : Calcul des scores d'exposition, de sensibilité et de vulnérabilité pour l'enjeu 1.

Bassins versants	Pressions prélèvements AEP +/- tendance EDL	Prélèvements autres (agricoles et industriels) +/- tendance EDL	<u>Score Pressions Prélèvements</u>	<u>Artificialisation des sols</u>	<u>Rendement réseau</u>	SCORE SENSIBILITE	SCORE EXPOSITION	SCORE VULNERABILITE
Blanche	5	3	4	0	1	5	1	3
Capot	5	4	5	0	1	5	1	3
Carbet	1	3	2	0	1	3	2	2
Case Navire amont	4	4	5	0	1	5	2	4
Case Navire aval	1	1	1	1	1	3	4	4
Desroses	1	2	1	1	0	2	5	4
Galion	4	5	5	1	1	5	2	4
Grande Rivière	2	1	1	0	1	2	1	1
Grande Rivière Pilote	1	2	1	0	0	1	5	3
Lézarde amont	5	3	4	1	1	5	1	3
Lézarde aval	1	5	3	1	1	5	5	5
Lézarde moyenne	3	5	4	1	1	5	4	5
Lorrain amont	1	3	2	0	1	3	1	2
Lorrain aval	2	3	2	0	1	3	1	2
Madame	1	1	1	1	1	3	3	3
Monsieur	1	1	1	1	1	3	3	3
Oman	1	5	3	1	0	4	5	5
Rivière Salée	1	1	1	0	0	1	5	3
Roxelane	1	1	1	0	1	2	2	2
Sainte-Marie	1	1	1	0	1	2	1	1

## 7.3.2. Tableau récapitulatif des scores pour l'enjeu « biodiversité des cours d'eau »

Tableau 13 : Calcul des scores d'exposition, de sensibilité et de vulnérabilité pour l'enjeu 2.

Bassins versants	Pression Morphologie	Pression Hydrologie	Pression Continuité	Hydromorphologie altérée +/- tendance EDL	Pression EEE	Hydromorphologie x EEE	Zones d'intérêt écologique	Zones de baignade	SCORE SENSIBILITE	SCORE EXPOSITION	SCORE VULNERABILITE
Blanche	faible	modéré	faible	2	3	2	0	1	3	1	2
Capot	faible	faible	faible	2	3	2	0	0	2	1	1
Carbet	faible	faible	faible	2	1	1	0	0	1	2	1
Case Navire amont	faible	faible	faible	2	3	2	1	0	3	2	2
Case Navire aval	faible	modéré	faible	2	5	4	0	0	4	4	5
Desroses	modéré	modéré	faible	5	3	4	0	0	4	5	5
Galion	faible	modéré	faible	2	3	2	0	0	2	2	2
Grande Rivière	faible	faible	faible	2	1	1	1	1	3	1	2
Grande Rivière Pilote	faible	modéré	faible	5	5	5	0	0	5	5	5
Lézarde amont	faible	modéré	faible	2	3	2	0	0	2	1	1
Lézarde aval	modéré	fort	faible	5	5	5	0	0	5	5	5
Lézarde moyenne	faible	fort	faible	5	5	5	0	0	5	4	5
Lorrain amont	faible	faible	faible	2	1	1	1	0	2	1	1
Lorrain aval	faible	modéré	faible	2	1	1	0	0	1	1	1
Madame	faible	modéré	modéré	5	3	4	0	0	4	3	4
Monsieur	modéré	modéré	modéré	5	3	4	0	0	4	3	4
Oman	faible	modéré	faible	2	5	4	0	0	4	5	5
Rivière Salée	modéré	modéré	faible	4	5	5	0	0	5	5	5
Roxelane	faible	faible	faible	2	3	2	0	0	2	2	2
Sainte-Marie	faible	modéré	faible	2	1	1	0	0	1	1	1

### 7.3.3. Tableau récapitulatif des scores pour l'enjeu « qualité des cours d'eau »

Tableau 14 : Calcul des scores d'exposition, de sensibilité et de vulnérabilité pour l'enjeu qualité des cours d'eau.

a. Détails des calculs des scores azote et émissions agricoles

Bassins versants	Pression ANC avec tendance EDL	Pression AC avec tendance EDL	Pression assainissement (AC x ANC)	Emissions agricoles (azote) avec facteur corrigé	Score azote : Max entre assainissement et émissions agricoles azote	Pression zones de baignade	Score azote aggravé des zones de baignade déclarées	Emissions agricoles (26 substances) avec tendance EDL	Emissions agricoles (chlordécone) avec tendance EDL	Emissions agricoles : substances
Blanche	2	1	1	1	1	1	2	1	0	1
Capot	2	1	1	2	2	0	2	3	1	4
Carbet	2	1	1	1	1	0	1	1	0	1
Case Navire amont	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
Case Navire aval	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
Desroses	4	4	5	1	5	0	5	2	1	3
Galion	4	3	4	1	4	0	4	3	1	4
Grande Rivière	1	1	1	1	1	1	2	2	0	2
Grande Rivière Pilote	4	4	5	1	5	0	5	2	1	3
Lézarde amont	3	1	2	1	2	0	2	2	0	2
Lézarde aval	4	4	5	1	5	0	5	3	1	4
Lézarde moyenne	4	1	3	1	3	0	3	2	1	3
Lorrain amont	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
Lorrain aval	2	1	1	1	1	0	1	3	1	4
Madame	4	1	3	1	3	0	3	1	0	1
Monsieur	4	1	3	1	3	0	3	1	1	2
Oman	4	1	3	1	3	0	4	1	0	1
Rivière Salée	4	4	5	1	5	0	5	2	1	3
Roxelane	4	1	3	2	3	0	3	3	1	4
Sainte-Marie	4	2	3	1	3	0	3	3	1	4

b. Détails des calculs du score industries et transport

Bassins versants	Réseau routier	Score ICPE avec tendance EDL	Score industries et transport (ICPE x réseau routier)	Présence de zones d'usages interdits	Score industries et transport aggravé des usages interdits
Blanche	2	1	1	1	2
Capot	5	4	5	0	5
Carbet	2	1	1	1	2
Case Navire amont	1	1	1	1	2
Case Navire aval	1	1	1	1	2
Desroses	2	2	2	0	2
Galion	5	5	5	1	5
Grande Rivière	1	1	1	1	2
Grande Rivière Pilote	4	5	5	1	5
Lézarde amont	3	4	4	1	5
Lézarde aval	2	2	2	0	2
Lézarde moyenne	4	3	4	1	5
Lorrain amont	1	1	1	1	2
Lorrain aval	2	1	1	1	2
Madame	2	3	2	1	3
Monsieur	1	3	2	1	3
Oman	1	2	1	0	1
Rivière Salée	5	3	4	0	4
Roxelane	3	5	4	0	4
Sainte-Marie	4	5	5	1	5

c. Détails des calculs finaux pour le score de sensibilité et de vulnérabilité pour l'enjeu qualité des cours d'eau

Bassins versants	<u>Score azote aggravé des zones de baignade déclarées</u>	<u>Emissions agricoles : substances</u>	<u>Score industries et transport aggravé des usages interdits</u>	Cours d'eau à faible débit	Pressions quantitatives	<u>Faible débit x pression quanti</u>	SCORE SENSIBILITE	SCORE EXPOSITION	SCORE VULNERABILITE
Blanche	2	1	2	0	4	0	2	1	1
Capot	2	4	5	0	5	1	5	1	3
Carbet	1	1	2	0	2	0	2	2	2
Case Navire amont	1	1	2	1	5	1	2	2	2
Case Navire aval	1	1	2	1	1	1	2	4	3
Desroses	5	3	2	1	1	1	4	5	5
Galion	4	4	5	0	5	1	5	2	4
Grande Rivière	2	2	2	1	1	1	3	1	2
Grande Rivière Pilote	5	3	5	1	1	1	5	5	5
Lézarde amont	2	2	5	0	4	0	3	1	2
Lézarde aval	5	4	2	0	3	0	4	5	5
Lézarde moyenne	3	3	5	0	4	0	4	4	5
Lorrain amont	1	1	2	0	2	0	1	1	1
Lorrain aval	1	4	2	0	2	0	2	1	1
Madame	3	1	3	1	1	1	3	3	3
Monsieur	3	2	3	1	1	1	4	3	4
Oman	4	1	1	1	3	1	3	5	4
Rivière Salée	5	3	4	1	1	1	5	5	5
Roxelane	3	4	4	1	1	1	5	2	4
Sainte-Marie	3	4	5	1	1	1	5	1	3

## 7.4. Cohérence entre la vulnérabilité vis-à-vis de la disponibilité des ressources en eau de surface et les déficits sur l’AEP projetés par le MGR

Les scores de vulnérabilité des bassins versants pour l’enjeu « disponibilité des ressources en eau de surface » (carte de gauche) sont ici visualisés face à la projection des déficits annuels en AEP par unité de gestion, à l’horizon 2055 (données MGR, carte de droite).

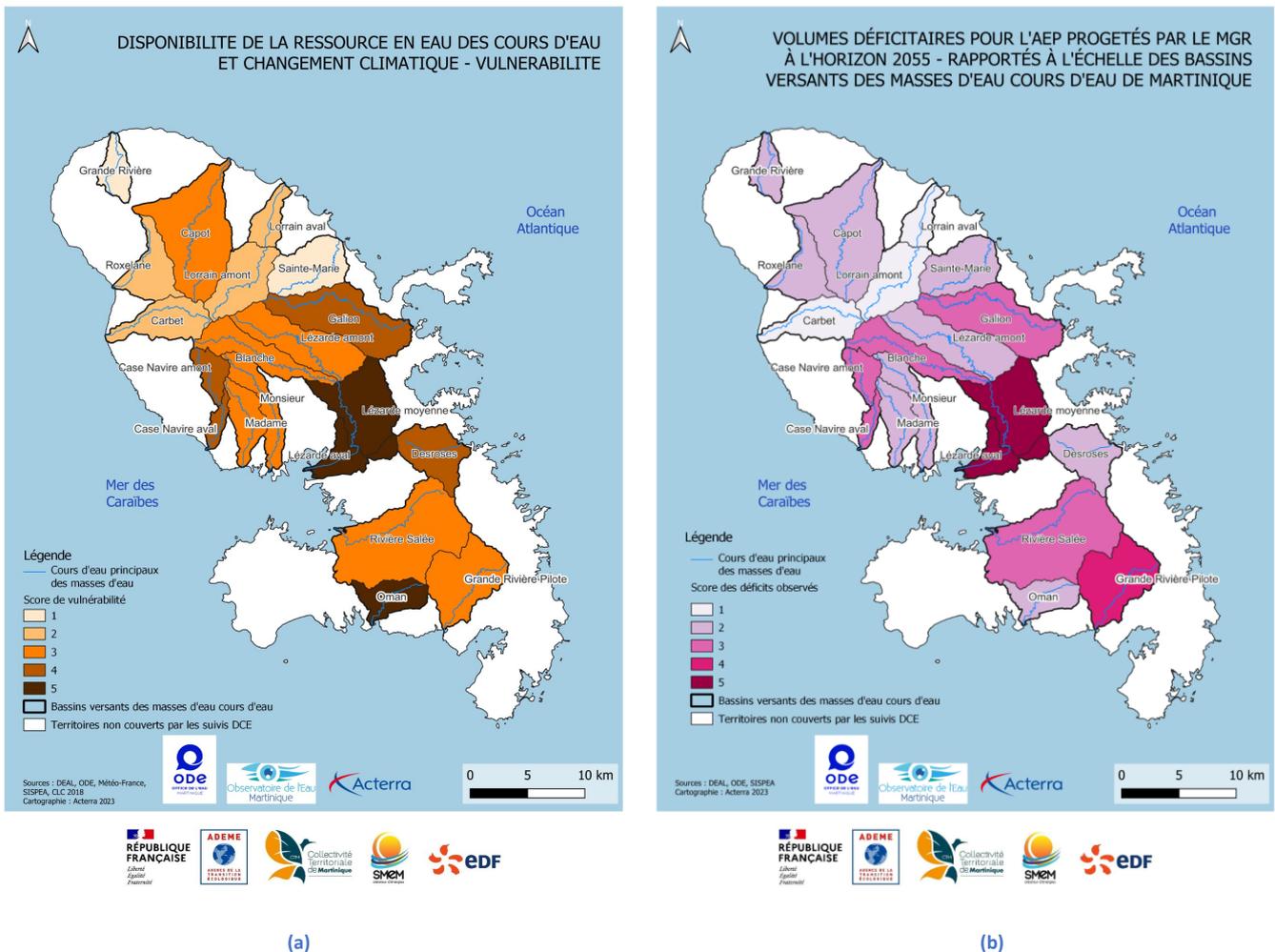


Figure 33 : Carte de vulnérabilité au changement climatique pour l’enjeu de la disponibilité des ressources en eau de surface (a) et carte de prévision des déficits à l’horizon 2055 (MGR) (b)

Nos résultats sont cohérents avec les prévisions de déficits en AEP proposés dans le MGR pour l’horizon milieu de siècle. La Lézarde moyenne et la Lézarde aval apparaissent comme particulièrement vulnérables dans les deux études.

## 7.5. Présentation détaillée de la méthodologie

Le diaporama utilisé en comité de pilotage et joint à ce rapport présente l’ensemble des détails des calculs et croisements réalisés.

## 8. BIBLIOGRAPHIE

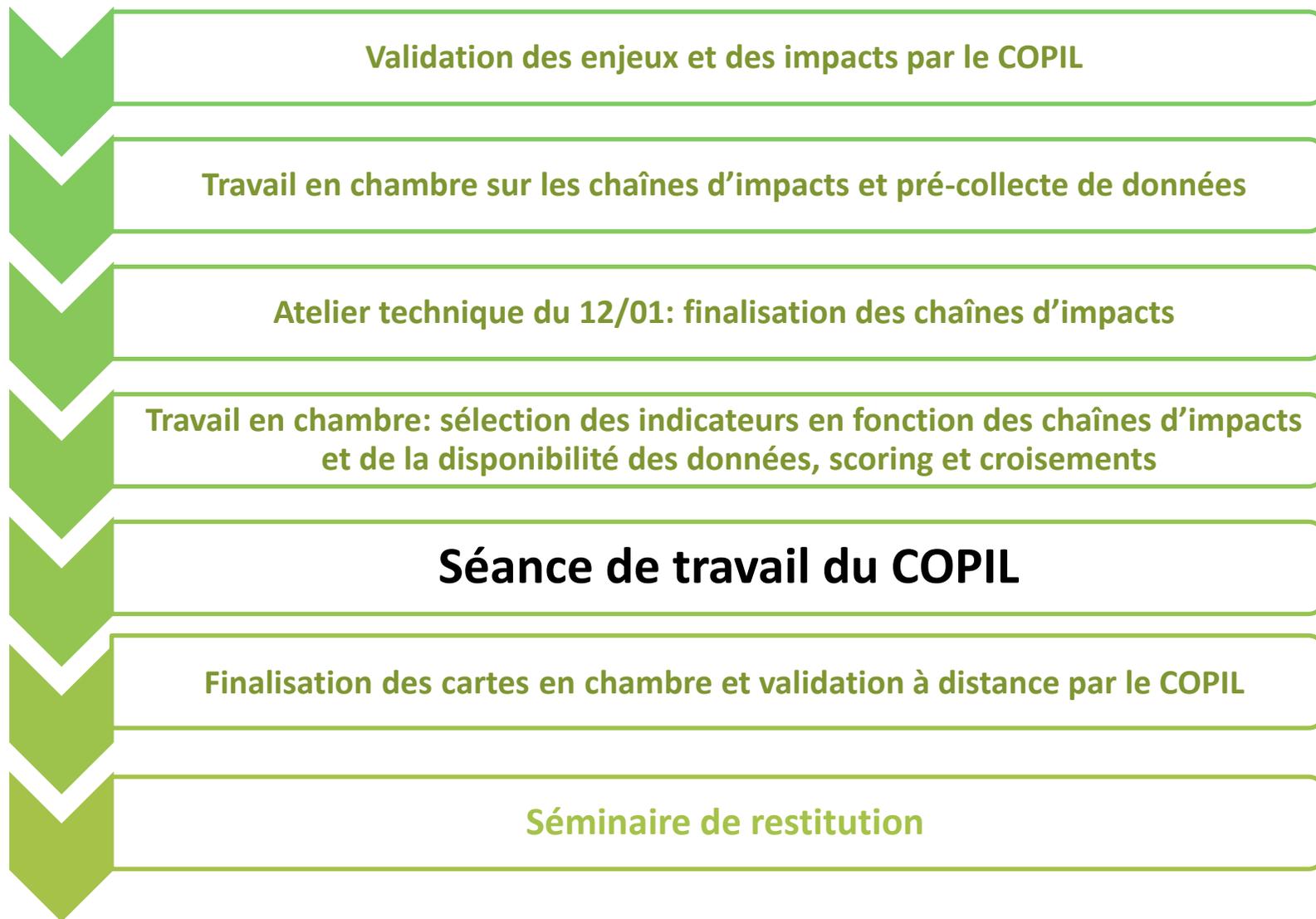
- Agence de l'eau Loire-Bretagne. (2022-2024). *PRÉSENTATION DU 11E PROGRAMME D'INTERVENTION REVISE*. Récupéré sur <https://agence.eau-loire-bretagne.fr/files/live/mounts/midas/Agence/Pr%c3%a9sentation%20du%2011e%20prog>
- ANTEA Group. (2021). *Elaboration d'un Modèle Hydro Economique de gestion de la ressource en eau à l'échelle de la Martinique comprenant l'analyse de scénarios d'aide à la décision*.
- ASCONIT. (s.d.). *L'impact du changement climatique dans le domaine de l'eau sur le bassin Martinique*.
- BRGM. (2014). *Impact du changement climatique sur les ressources en eau de Martinique*.
- Cantet. (2020). Projections of tropical cyclone rainfall over land with an Eulerian approach: Case study of three islands in the West Indies. *International Journal of Climatology*, 1–16.
- Chauvin. (2020). Future changes in Atlantic hurricanes with the rotated-stretched – ARPEGE-Climat at very high resolution. *Climate Dynamics*, 54:947–972.
- Ecologie.gouv. (2023, mai). *Adaptation de la France au changement climatique*. Récupéré sur <https://www.ecologie.gouv.fr/adaptation-france-au-changement-climatique>
- IPCC. (2021). *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*.
- IREEDD. (2022). *Elaboration d'un modèle de Gestion de la Ressource en eau à l'échelle de la Martinique comprenant l'analyse de scénarios d'aide à la décision*.
- l'EX-SICSM, P. c. (2020). *Rapport annuel du délégué 2020*.
- Météo France. (2023). *Climat HD*. Récupéré sur <https://meteofrance.com/climathd>
- MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE. (2021). *EVALUATION A MI-PARCOURS DU 2E PNACC*.
- ODE Martinique. (2020). *Qualité et Pressions des Eaux du District Hydrographique de la Martinique - FICHES DE SYNTHESE PAR MASSE D'EAU*.
- ODE Martinique. (s.d.). *Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux*.
- ODE Martinique. (s.d.). *Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux 2022-2027*.
- ODYSSI. (2020). *Rapport annuel sur le prix et la qualité du service d'eau et d'assainissement*.
- Office de l'Eau Martinique. (2022). *SDAGE 2022-2027 de la Martinique - 1-Document principal du SDAGE*.

# Etude de vulnérabilité au changement climatique des rivières de Martinique



Cartes de vulnérabilité: présentation au COPIL

# Rappel des étapes de travail



## *Objectifs et déroulé*

**1**

Partage des résultats  
cartographiques des vulnérabilités

**2**

Éventuels amendements  
à dire d'experts

- Bref rappel méthodologique (5 min)
- Enjeu par enjeu:
  - Présentation des traitements de données effectués et des résultats (10 min)
  - Questions – discussion (15 min)
- Bilan et prochaines étapes

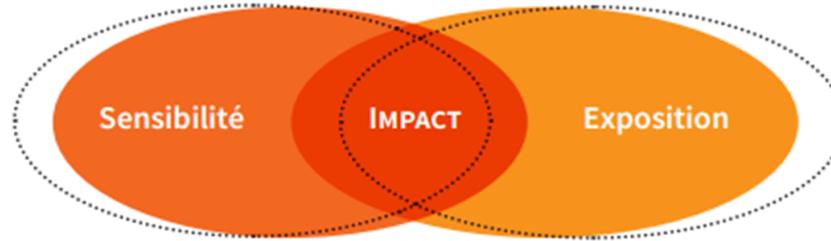
## *Rappel des notions clés*

# Concepts et hypothèses de base

Les conséquences environnementales, sociales, économiques du changement climatique dépendent...

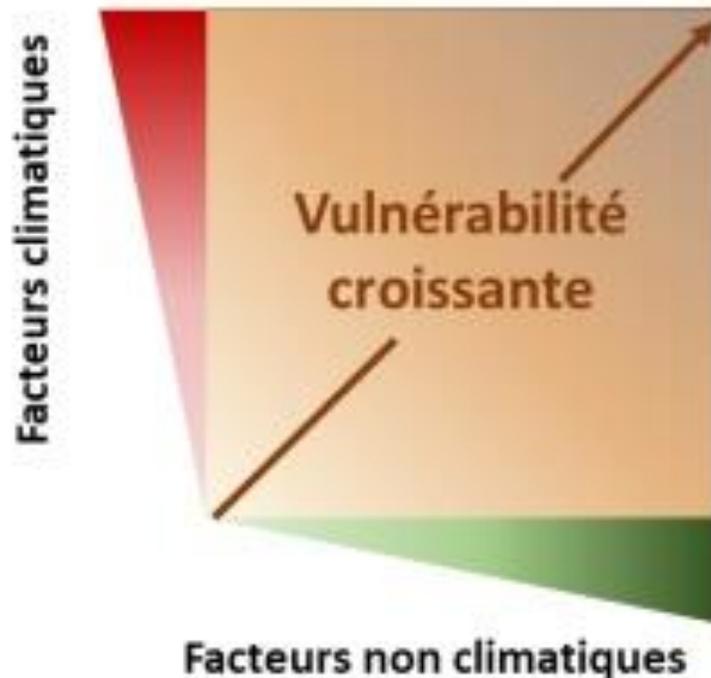
...des **caractéristiques** du territoire

*Géographie et caractéristiques naturelles, démographie, nature et organisation des activités économiques...*



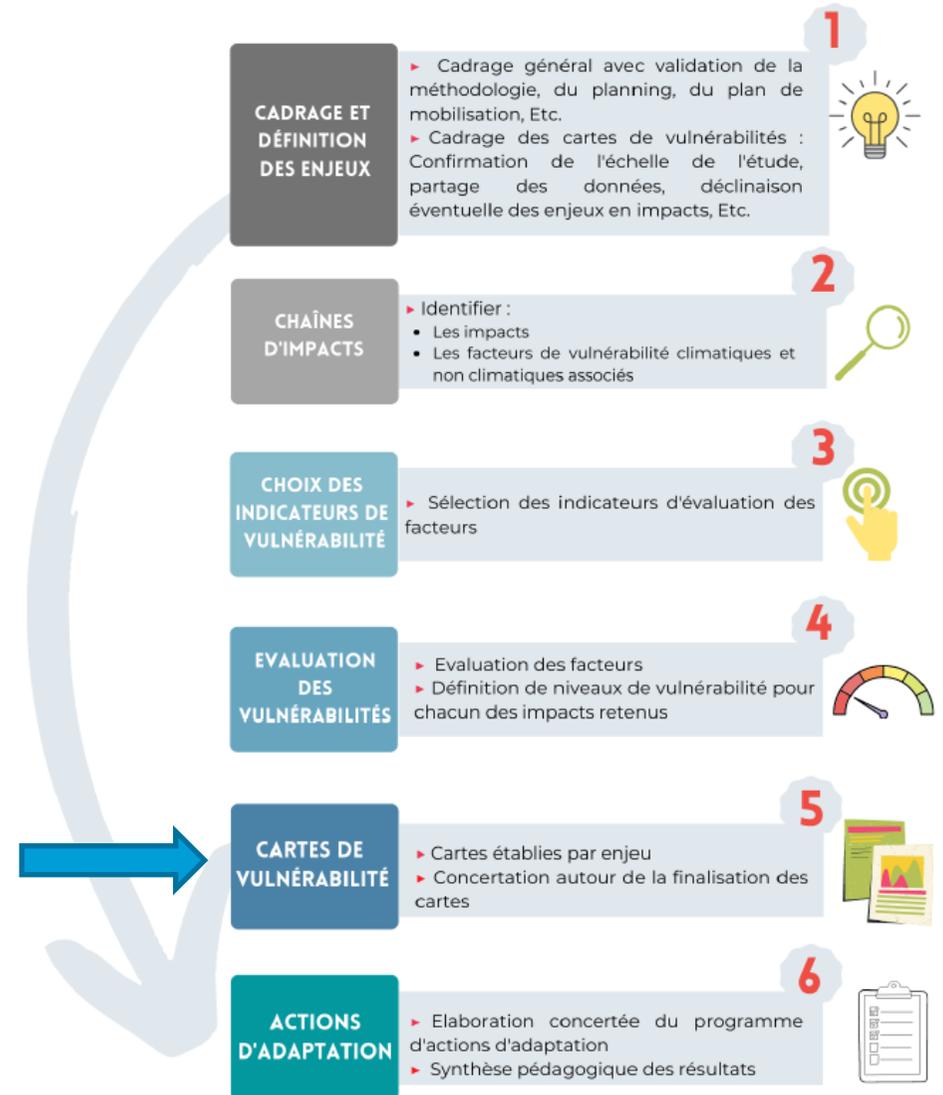
...de la nature et de l'ampleur des **évolutions climatiques**

*Températures, précipitations, vents...*



→ **Prioriser les enjeux et dimensionner l'adaptation, éviter la maladaptation**

- 
- Evaluer le **niveau de vulnérabilité des masses d'eau cours d'eau** en Martinique face au changement climatique,
  - Evaluer les **impacts socioéconomiques**,
  - Etablir **une stratégie d'intervention**



# Les enjeux traités et le diagnostic à exprimer



## Disponibilité des ressources en eau

- Accentuation des pressions quantitatives sur les ressources superficielles
- Tensions croissantes sur les usages en période de carême



## Biodiversité des cours d'eau

- Augmentation de la mortalité et baisse de recrutement
- Perte de biodiversité
- Développement des EEE (espèces envahissantes exotiques)



## Qualité des cours d'eau

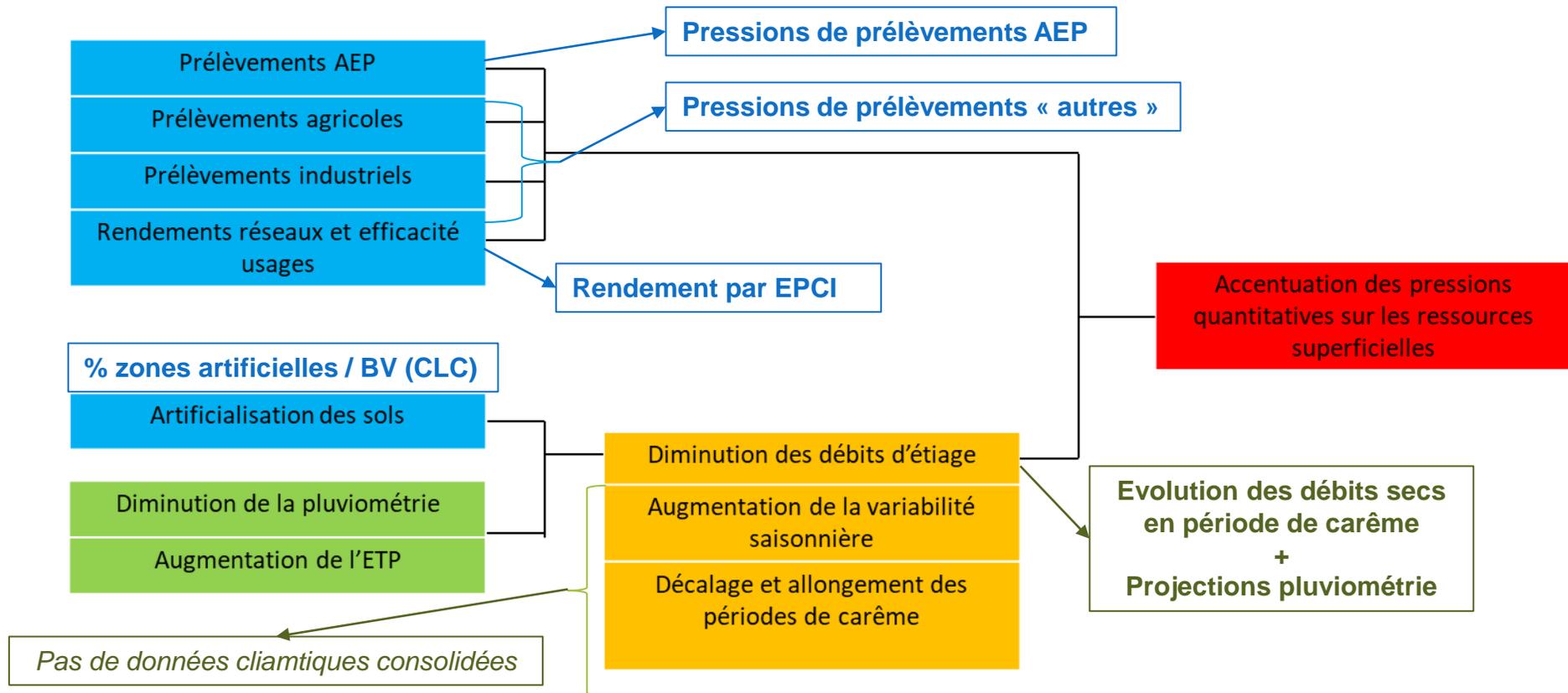
- Dégradation de la qualité chimique des cours d'eau

Les données compilées et étudiées proviennent :

- De l'étude ANTEA sur les débits secs (MGR)
- Des données Drias, climatHD et MétéoFrance pour les données climatiques
- Des données mises à disposition par l'ODE :
  - EDL du SDAGE (2019) notamment
  - Autres données diverses (réseau routier, rendements des réseaux AEP, zonages écologiques, etc.)
- Autres données disponibles sur les portails publiques : CLC, CARMEN (aléa inondation, ZNIEFF)...

## *Enjeu 1 : Disponibilité de la ressource en eau*

# Disponibilité des ressources en eau: chaîne d'impacts et choix des indicateurs



Des chaînes d'impacts ont été proposées par les consultants sur la base de la bibliographie puis ont été retravaillées en atelier (COPIL 2) avec les acteurs du territoire. La chaîne d'impacts produite pour l'enjeu 1 est présentée ci-dessus.

A chaque facteur identifié, un indicateur permettant de le mesurer a été défini. **Les données ont manqué pour évaluer certains facteurs et un travail de simplification a parfois été entrepris pour éviter la redondance de certaines évaluations** (par exemple l'évaluation de la diminution des débits d'été peut se substituer à celle de la diminution de la pluviométrie et de l'augmentation de l'ETP qui en sont les causes). Ces choix méthodologiques sont décrits dans les diapositives suivantes.

# Disponibilité des ressources en eau: Données

Le tableau ci-dessous récapitule les facteurs et indicateurs étudiés ainsi que les sources de données exploitées.

Facteur		Indicateur	Source de données
Sensibilité	Prélèvements AEP	Pressions de prélèvements AEP	Etat des lieux SDAGE 2019
	Prélèvements agricoles	Pressions de prélèvements « autres »	Etat des lieux SDAGE 2019
	Prélèvements industriels		
	Rendements des réseaux	Rendements des réseaux	Données ODE et SISPEA
	Artificialisation des sols	% zones artificielles / BV	Corine Land Cover
Exposition	Diminution des débits d'étiage	Evolution des débits secs en période de carême Pluviométrie mensuelle en période de carême	MGR Météo France (projections milieu de siècle)
	Augmentation de la variabilité saisonnière	Pluviométrie mensuelle	Données Météo France (données non consolidées)
	Décalage et allongement des périodes de carême	Débits	Pas encore de données Météo France

# Disponibilité des ressources en eau : évaluation de l'exposition

Il s'agit **d'évaluer l'évolution des ressources en eau de surface dans un contexte de changement climatique**. Deux types de données sont disponibles :

Les simulations d'évolution de la pluviométrie mensuelle en milieu de siècle sous changement climatique à l'échelle des stations météo de Martinique

- Des simulations complètes et robustes mais pas de prise en compte du fonctionnement hydrologique différent par bassin versant

L'évaluation des taux mensuels d'évolution des débits sous changement climatique

Réalisée dans le cadre de l'étude pour l'élaboration d'un modèle de Gestion de la Ressource en eau à l'échelle de la Martinique (MGR), par une analyse des chroniques de débits passés :

Hypothèse de base : baisse de 10 à 15% de la pluviométrie annuelle en milieu de siècle

Pour chaque zone climatique, recherche des années passées avec une pluviométrie inférieure de 10 à 15% à la moyenne

Représente la réaction observée des cours d'eau lors des années sèches passées

Etude des débits mesurés pour ces années cibles (si disponibles) -> calcul des coefficients d'évolution mensuel: débit mesuré en année cible / débit moyen sur la période de référence.

- Une méthode par analogues (ce ne sont pas des simulations) présentant des biais et dont les résultats sont tributaires de la disponibilité des données d'observation sur le passé



**Combiner ces deux sources de données pour évaluation l'exposition**

# Disponibilité des ressources en eau : évaluation de l'exposition

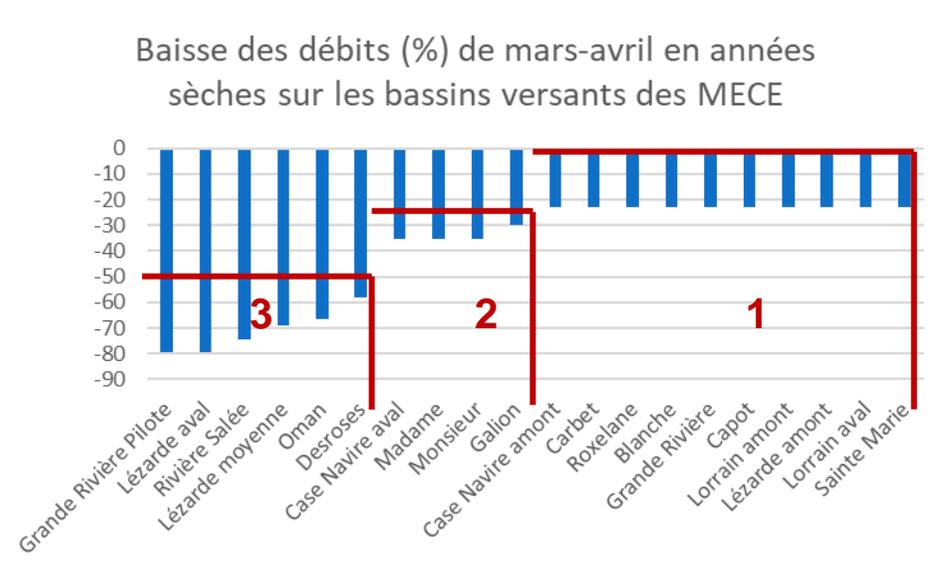
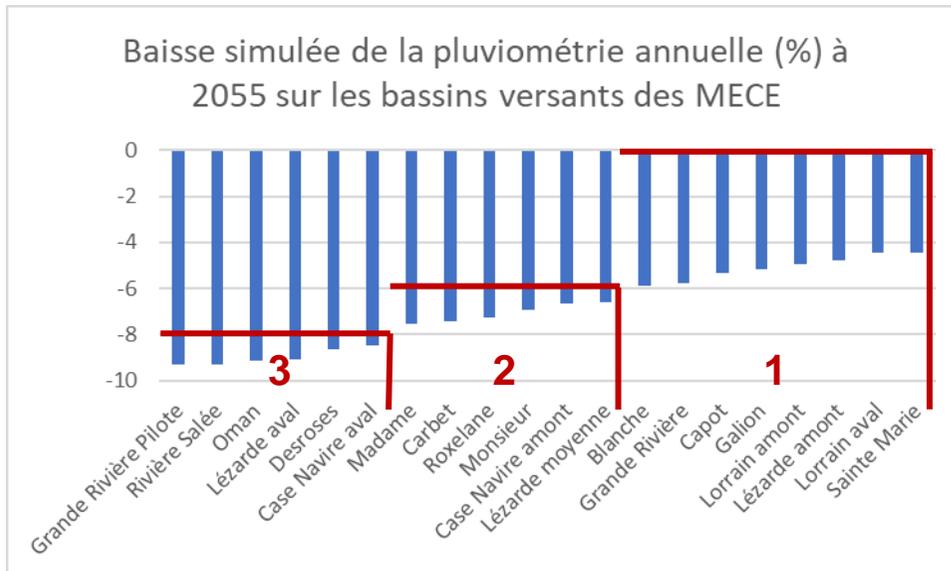
## Un score « évolution simulée de la pluviométrie annuelle »

3	3	4	5
2	2	3	4
1	1	2	3

- Calcul d'une évolution mensuelle de pluviométrie par zone climatique à partir des moyennes des données aux stations
- Moyennes sur les bassins versants des MECE : moyenne des valeurs par zone climatique, pondérée par la surface que les zones climatiques occupent au sein du BV.
- **Score de 1 à 3 attribué à chaque BV en fonction de la baisse de pluviométrie annuelle**

## Un score « variation observée des débits »

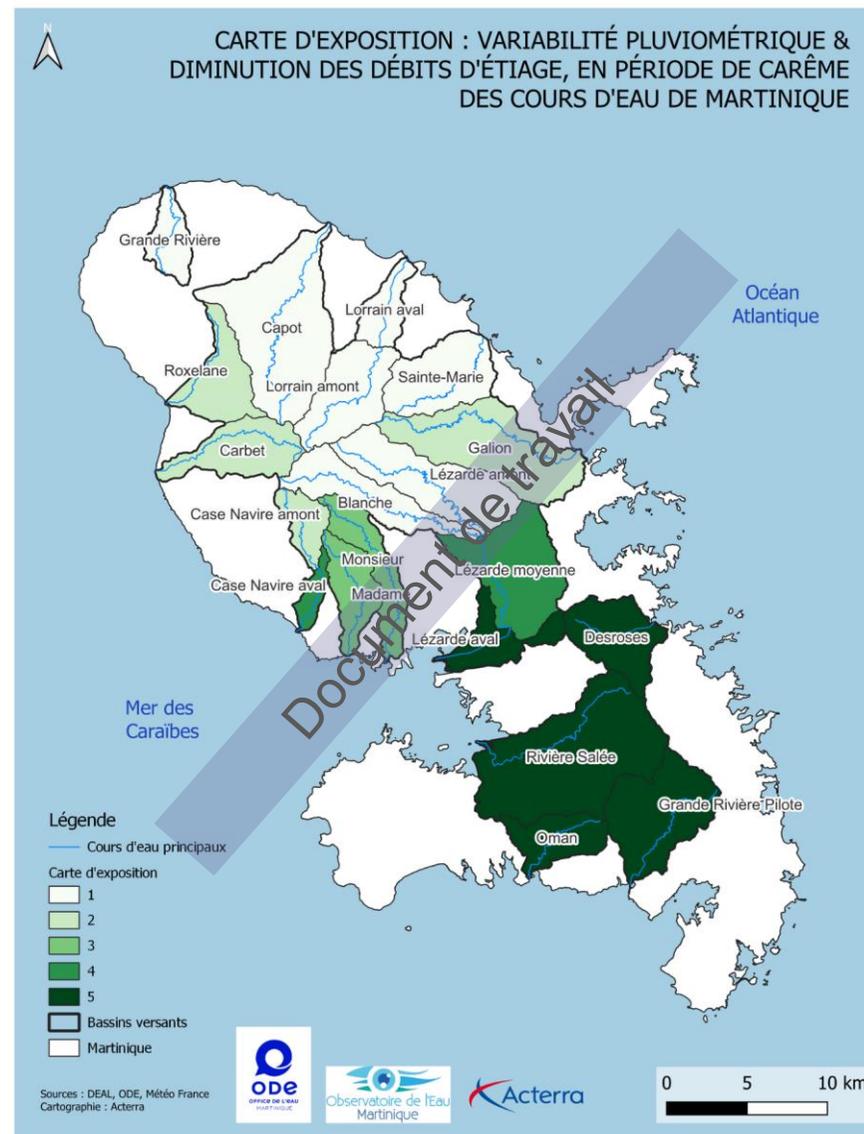
- Débits secs du MGR établis par unité de gestion: la variation de débit attribuée à chaque masse d'eau correspond à la moyenne des valeurs par UG, pondérées par la surface que les UG occupent au sein du BV
- **Score de 1 à 3 attribué à chaque BV en fonction de la baisse des débits de carême – réduits à mars-avril, février présentant des anomalies dans les données**



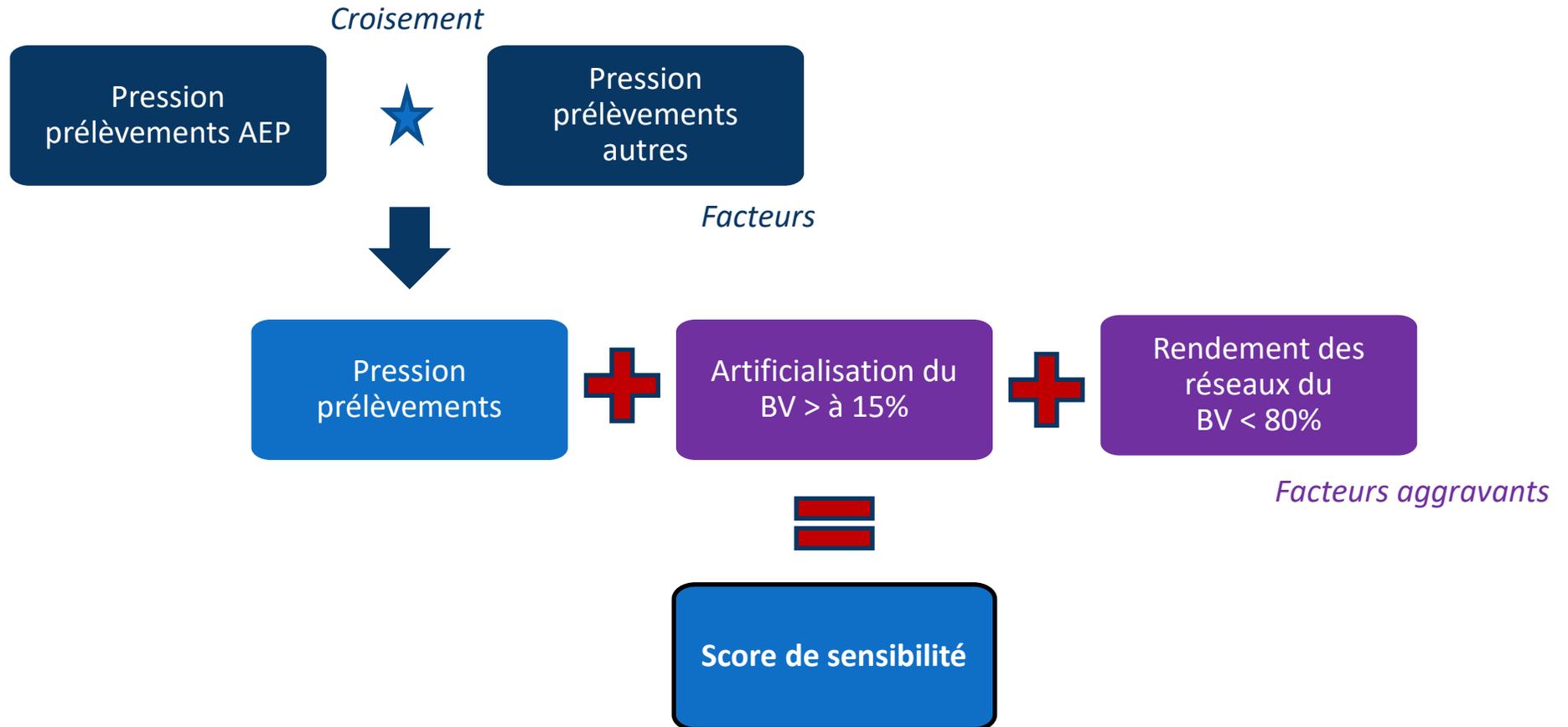
# Disponibilité des ressources en eau : évaluation de l'exposition

- Les scores sur les **débits secs en période de carême** sont croisés avec les scores sur **l'évolution de la pluviométrie annuelle** de la manière suivante :

Bassin versant	Score débits secs	Score pluviométrie	Score croisé
Blanche	1	1	1
Capot	1	1	1
Carbet	1	2	2
Case Navire amont	1	2	2
Case Navire aval	2	3	4
Desroses	3	3	5
Galion	2	1	2
Grande Rivière	1	1	1
Grande Rivière Pilote	3	3	5
Lézarde amont	1	1	1
Lézarde aval	3	3	5
Lézarde moyenne	3	2	4
Lorrain amont	1	1	1
Lorrain aval	1	1	1
Madame	2	2	3
Monsieur	2	2	3
Oman	3	3	5
Rivière Salée	3	3	5
Roxelane	1	2	2
Sainte Marie	1	1	1



# Disponibilité des ressources en eau : évaluation de la sensibilité



# Disponibilité des ressources en eau : évaluation de la sensibilité

## Elaboration du score de sensibilité:

- Croisement des scores « **pression prélèvements AEP** » et « **pression prélèvements autres** » augmentés de 1 si la tendance de l'EDL 2019 est à la hausse ou diminués de 1 si elle est à la baisse

<b>Pression Prélèvements AEP</b>	<b>Pression Prélèvements « autres »</b>	<b>Scores</b>
Sans pression	Sans pression	<b>1</b>
Faible	Faible	<b>2</b>
Modéré	Modéré	<b>3</b>
Fort	Fort	<b>4</b>
RNAOE	RNAOE	<b>5</b>

	1	2	3	4	5
1	1	1	2	3	3
2	1	2	2	3	4
3	2	2	3	4	4
4	3	3	4	5	5
5	3	4	4	5	5

Matrice de croisement entre deux facteurs :  
le score final résulte du croisement des  
scores de chacun des deux facteurs

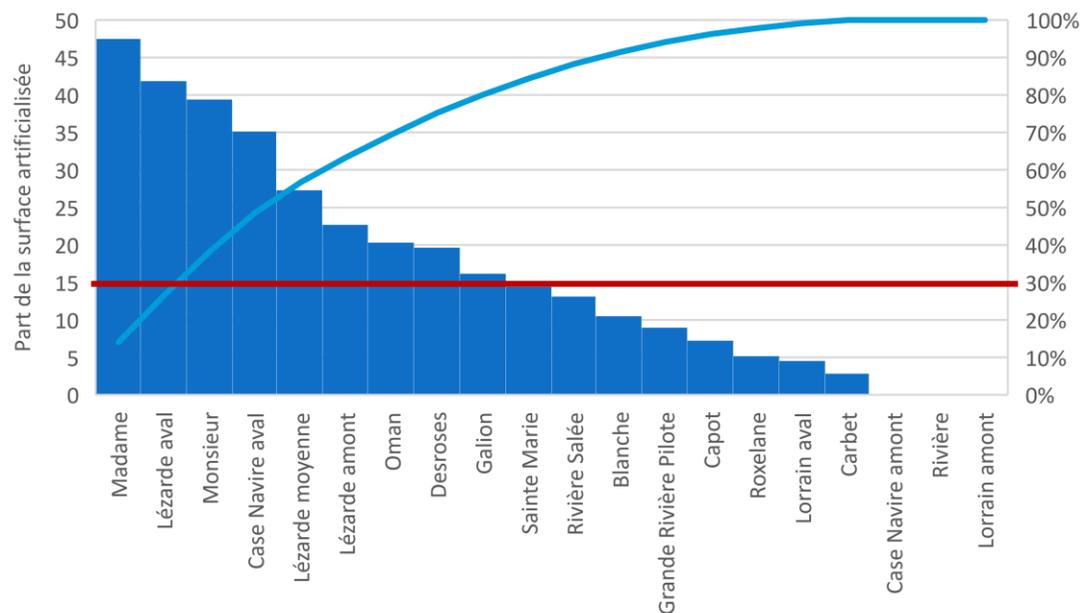
# Disponibilité des ressources en eau : évaluation de la sensibilité

## Elaboration du score de sensibilité:

- Ajout d'un score aggravant de +1 sur les **bassins versants les plus artificialisés** (artificialisation supérieure à 15% de la superficie du bassin versant)

% de la surface du BV artificialisée	Scores
< 15%	<b>0</b>
> =15%	<b>1</b>

Analyse du seuil pour le facteur aggravant "artificialisation"



- Score aggravant des **rendements des réseaux** :

Chaque bassin versant, s'est vu attribuer le rendement de réseau de l'entité de gestion occupant la part la plus importante dans la superficie du bassin versant.

→ les bassins versants ont un **score aggravant de +1** s'ils ont un **rendement inférieur à 80%**.

Nom collectivité	Rendement en 2020 (%)
Communauté d'Agglomération de l'ESPACE SUD MARTINIQUE	82,6
Communauté d'Agglomération du Pays Nord Martinique (CAP NORD MARTINIQUE)	52,5
Communauté d'Agglomération du Centre de la Martinique	64,3

# Disponibilité des ressources en eau : évaluation de la sensibilité

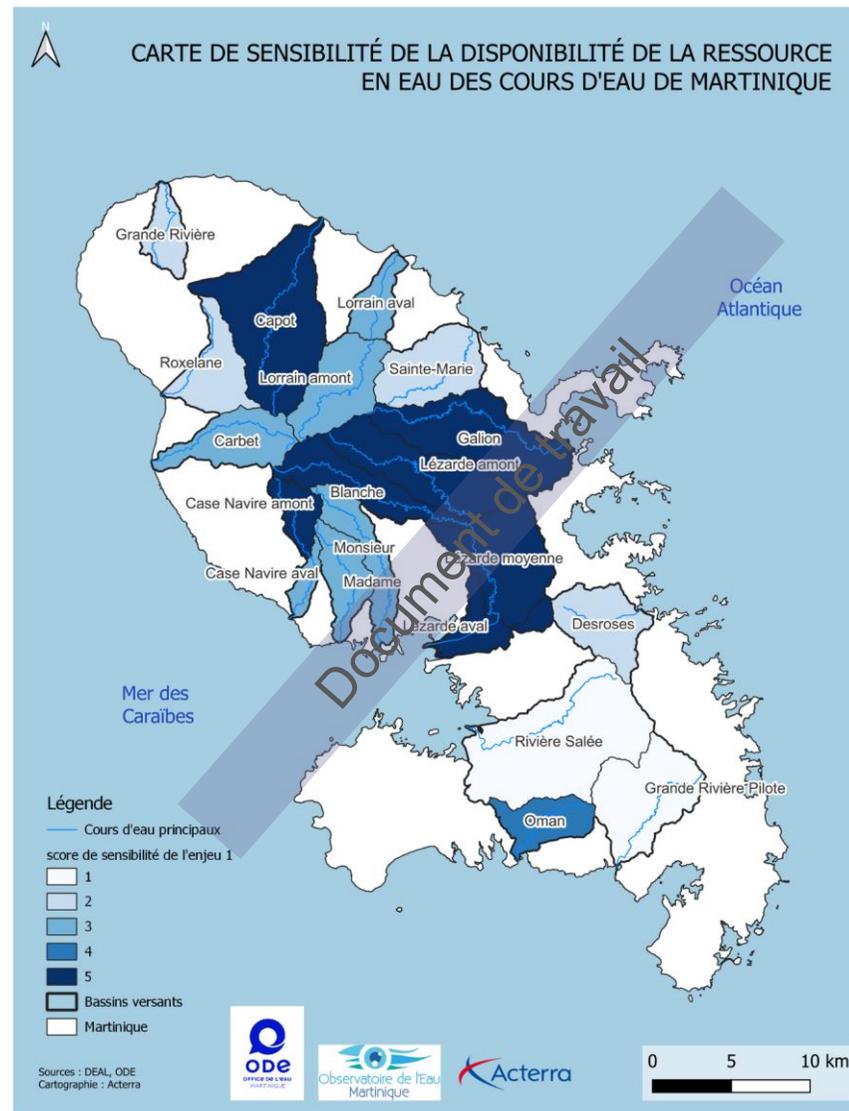
	Prélèvements		Artificialisatio n des sols	Rendement réseau	TOTAL SENSIBILITE
	AEP	autres			
Blanche	5	3	0	1	5
Capot	5	4	0	1	5
Carbet	1	3	0	1	3
Case Navire amont	4	4	0	1	5
Case Navire aval	1	1	1	1	3
Desroses	1	2	1	0	2
Galion	4	5	1	1	5
Grande Rivière	2	1	0	1	2
Grande Rivière Pilote	1	2	0	0	1
Lézarde amont	5	3	1	1	5
Lézarde aval	1	5	1	1	5
Lézarde moyenne	3	5	1	1	5
Lorrain amont	1	3	0	1	3
Lorrain aval	2	3	0	1	3
Madame	1	1	1	1	3
Monsieur	1	1	1	1	3
Oman	1	5	1	0	4
Rivière Salée	1	1	0	0	1
Roxelane	1	1	0	1	2
Sainte Marie	1	1	0	1	2

Croisement  
des scores

+

Facteurs  
aggravant

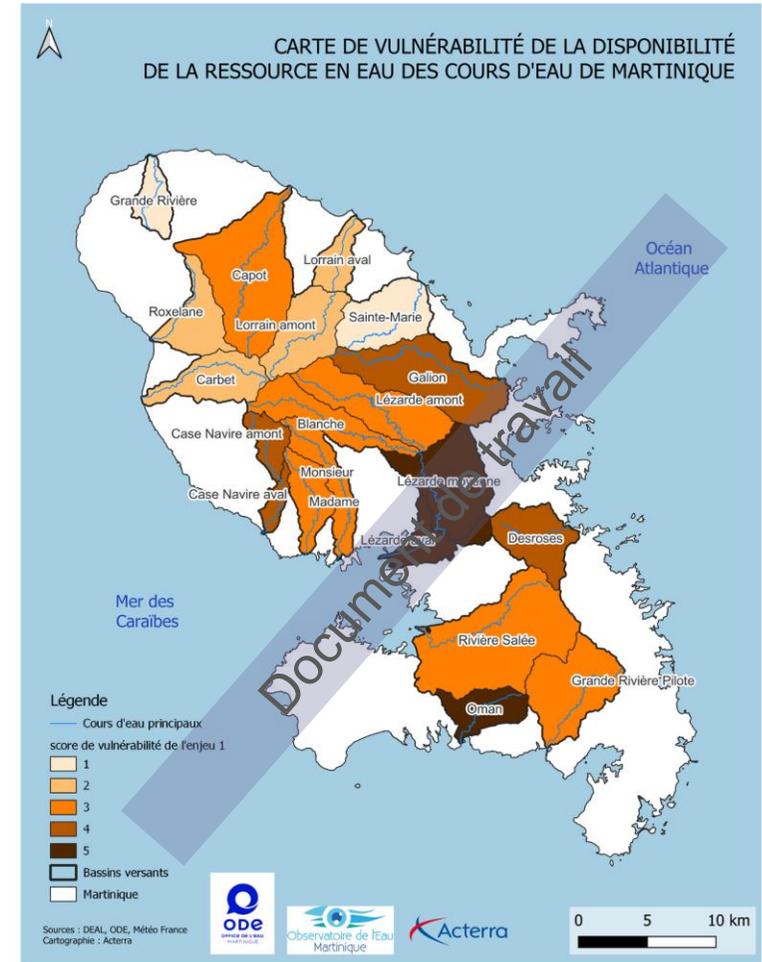
= Score de  
sensibilité



# Disponibilité des ressources en eau : vulnérabilité

	SCORE EXPOSITION	SCORE SENSIBILITE	SCORE VULNERABILITE
Blanche	1	5	3
Capot	1	5	3
Carbet	2	3	2
Case Navire amont	2	5	4
Case Navire aval	4	3	4
Desroses	5	2	4
Galion	2	5	4
Grande Rivière	1	2	1
Grande Rivière Pilote	5	1	3
Lézarde amont	1	5	3
Lézarde aval	5	5	5
Lézarde moyenne	4	5	5
Lorrain amont	1	3	2
Lorrain aval	1	3	2
Madame	3	3	3
Monsieur	3	3	3
Oman	5	4	5
Rivière Salée	5	1	3
Roxelane	2	2	2
Sainte Marie	1	2	1

Croisement des scores = Score de vulnérabilité

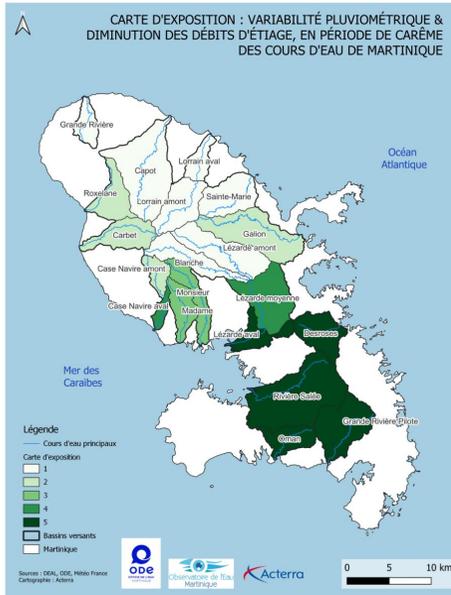


Matrice de croisement

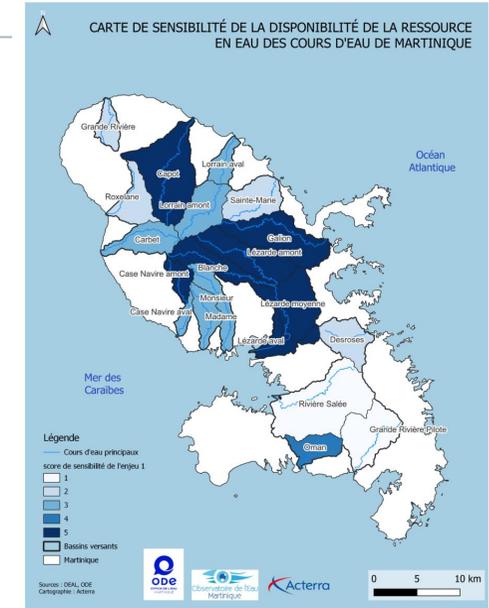
Le score de vulnérabilité est obtenu en croisant les scores de sensibilité et d'exposition

	1	2	3	4	5
1	1	1	2	3	3
2	1	2	2	3	4
3	2	2	3	4	4
4	3	3	4	5	5
5	3	4	4	5	5

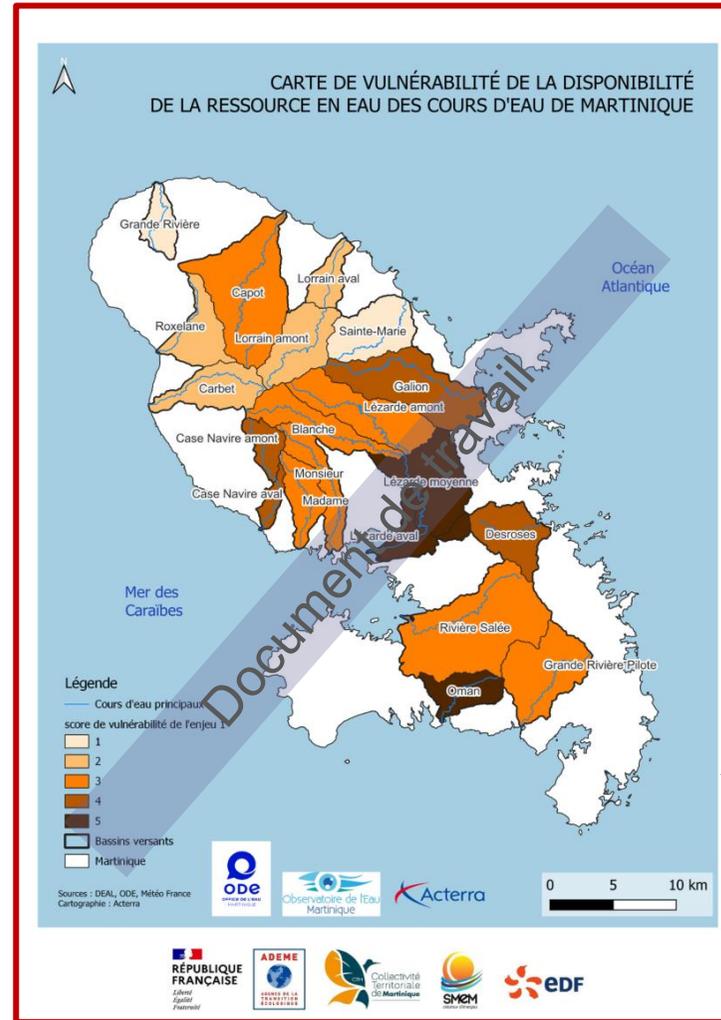
# Disponibilité des ressources en eau : récapitulatif



**Exposition**



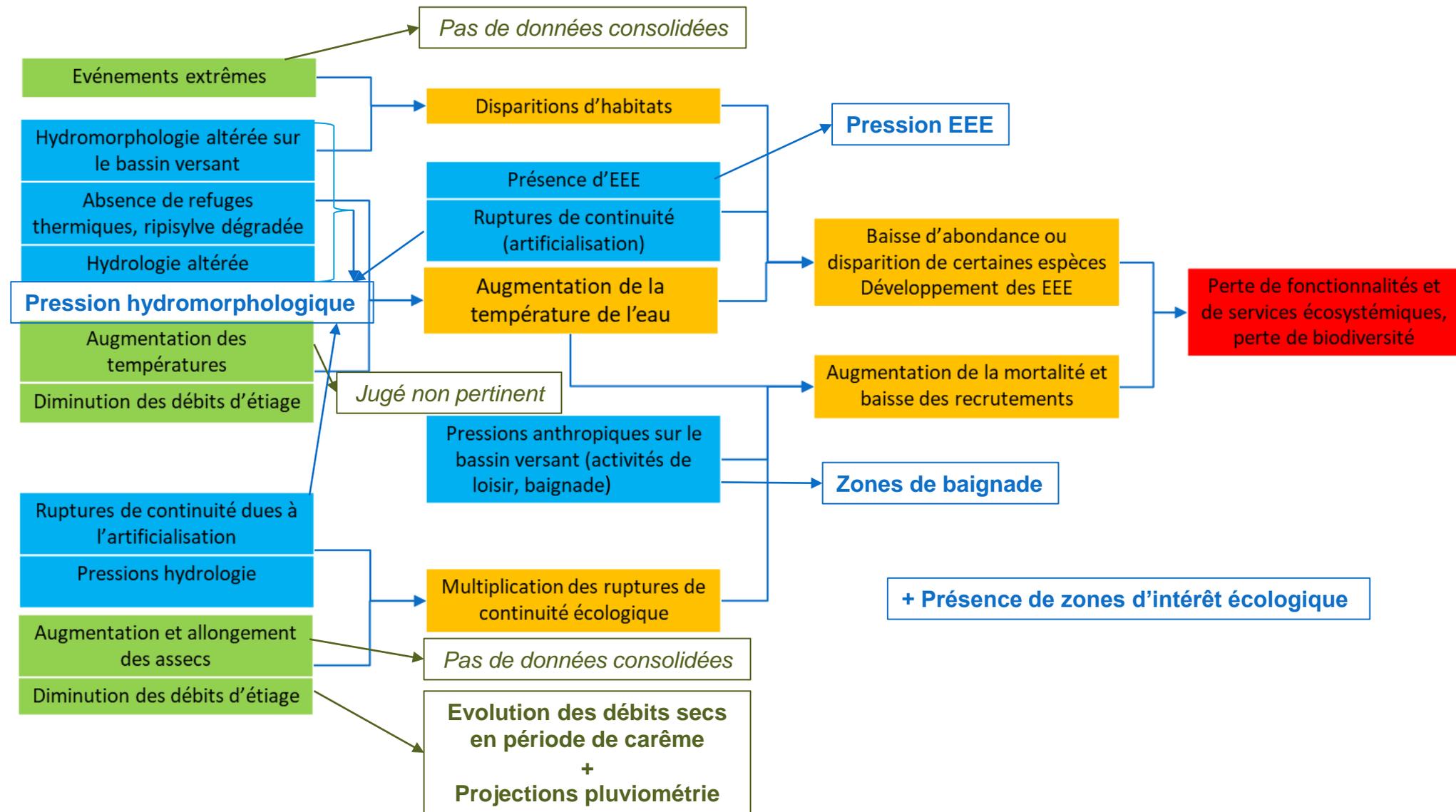
**Sensibilité**



**Vulnérabilité**

## *Enjeu 2 : Biodiversité des cours d'eau*

# Biodiversité des cours eau : chaîne d'impacts et choix des indicateurs



Ci-dessus est présentée la chaîne d'impact telle que définie en COPIL 2. Les indicateurs associés à chaque facteur identifiés sont indiqués dans les cadre à fond blanc.

# Biodiversité des cours eau : Données

Le tableau ci-dessous récapitule les facteurs et indicateurs étudiés ainsi que les sources de données exploitées.

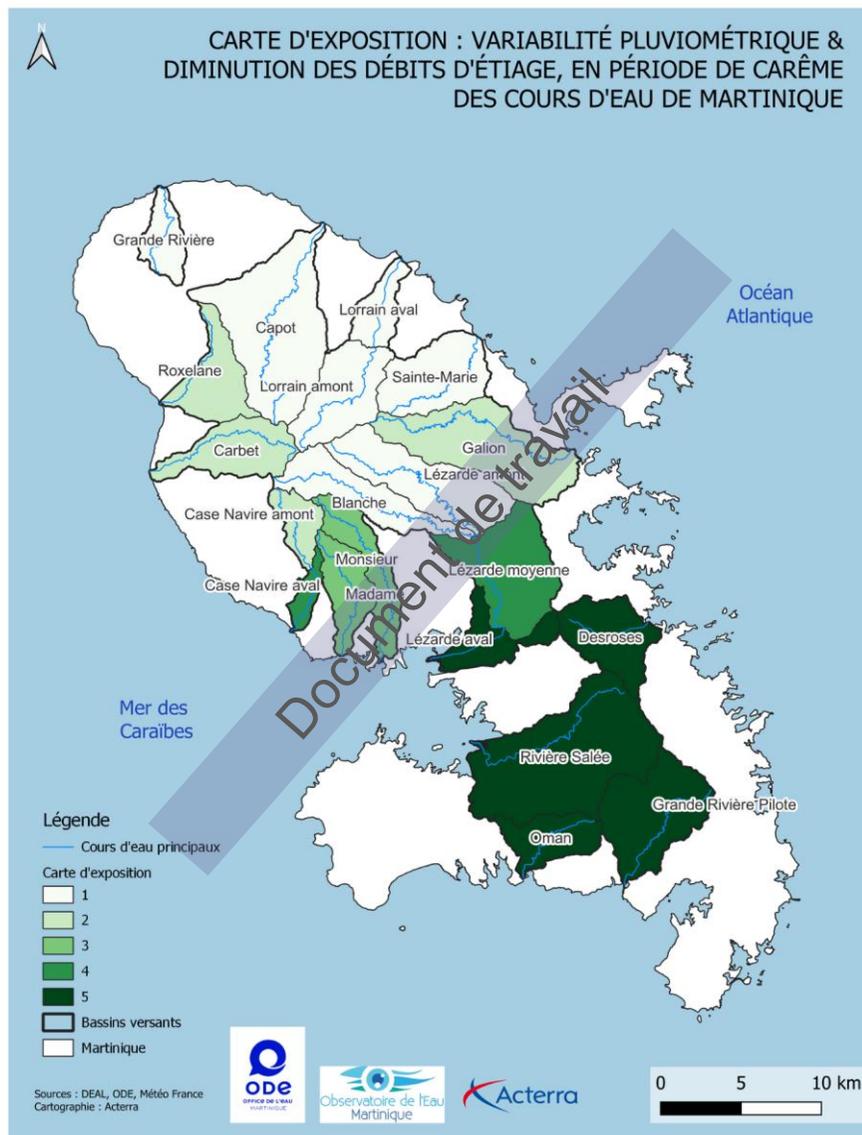
Facteur		Indicateur	Source de données
Sensibilité	<b>Hydro(morphologie) altérée, rupture de continuité...</b>	Pression hydromorphologie altérée	Etat des lieux SDAGE 2019
	<b>Présence d'EEE</b>	Pression EEE	Etat des lieux SDAGE 2019
	<b>Présence de zones d'intérêt écologique</b>	Proportion de la surface des bassins versants en zone d'intérêt écologique*	Données ODE
	<b>Pressions anthropiques</b>	Zones de baignades	Données ODE
Exposition	<b>Diminution des débits d'étiage</b>	Evolution des débits secs en période de carême Pluviométrie mensuelle en période de carême	MGR Météo France (projections milieu de siècle)
	<b>Augmentation et allongement des assecs Evènements extrêmes</b>	Débits et pluies extrêmes	Météo France -> pas de données consolidées

\* : ZNIEFF, APB, ZHIEP, réserves naturelles et biologiques

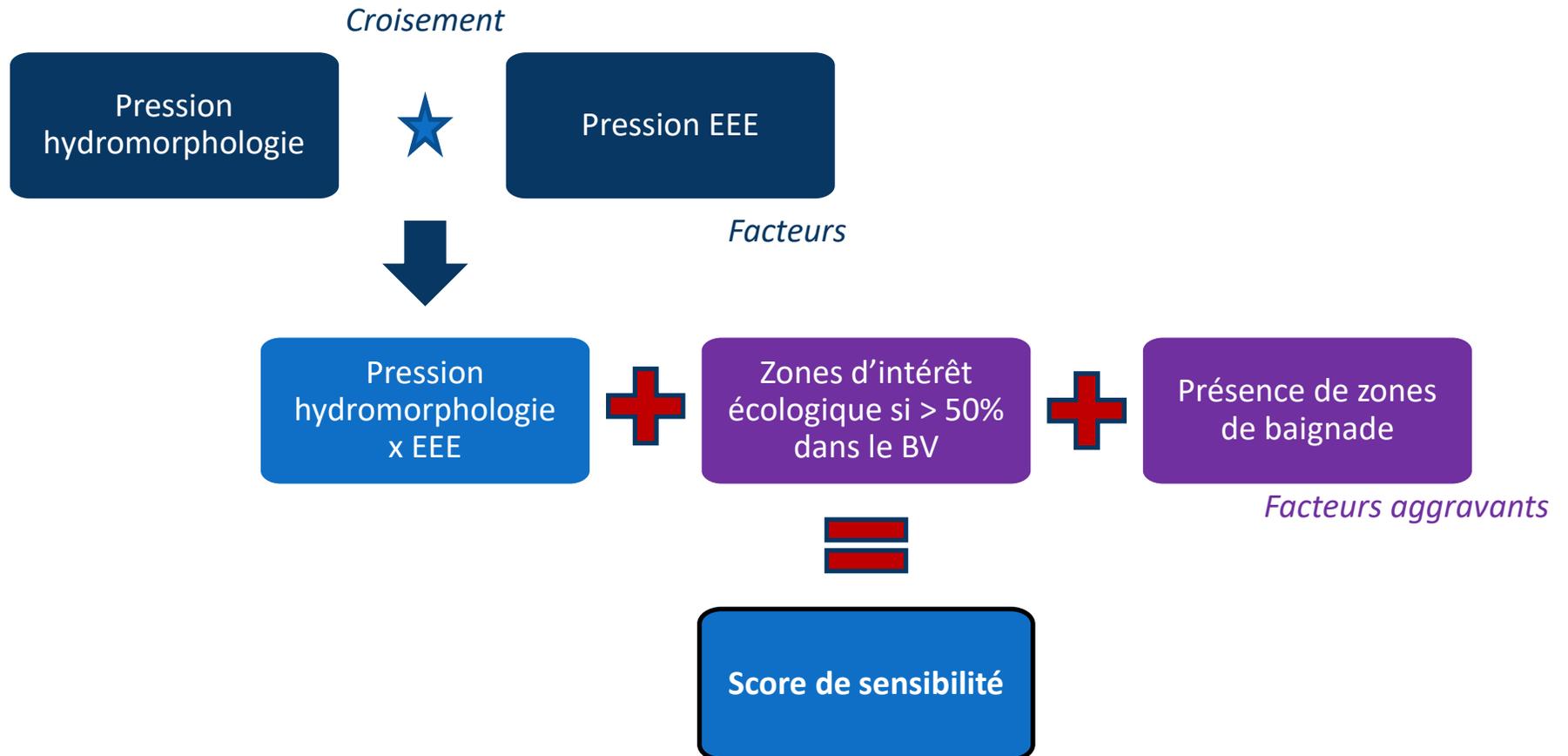
# Biodiversité des cours eau : évaluation de l'exposition

L'exposition ne dépend ici que du facteur « diminution des débits d'étiage ». Celui-ci est calculé de la même façon que pour l'enjeu 1.

Bassin versant	Score débits secs	Score pluviométrie	Score croisé
Blanche	1	1	1
Capot	1	1	1
Carbet	1	2	2
Case Navire amont	1	2	2
Case Navire aval	2	3	4
Desroses	3	3	5
Galion	2	1	2
Grande Rivière	1	1	1
Grande Rivière Pilote	3	3	5
Lézarde amont	1	1	1
Lézarde aval	3	3	5
Lézarde moyenne	3	2	4
Lorrain amont	1	1	1
Lorrain aval	1	1	1
Madame	2	2	3
Monsieur	2	2	3
Oman	3	3	5
Rivière Salée	3	3	5
Roxelane	1	2	2
Sainte Marie	1	1	1



# Biodiversité des cours d'eau : évaluation de la sensibilité



# Biodiversité des cours d'eau : évaluation de la sensibilité

## Elaboration du score de sensibilité:

- Croisement des scores « **pression hydromorphologie**» et « **pression EEE**» augmentés de 1 si la tendance de l'EDL 2019 est à la hausse ou diminués de 1 si elle est à la baisse

<b>Pression Hydromorphologique</b>	<b>Pression EEE</b>	<b>Scores</b>
Sans pression	Sans pression	<b>1</b>
Faible	Faible	<b>2</b>
Modéré	Modéré	<b>3</b>
Fort	Fort	<b>4</b>
RNAOE	RNAOE	<b>5</b>

	1	2	3	4	5
1	1	1	2	3	3
2	1	2	2	3	4
3	2	2	3	4	4
4	3	3	4	5	5
5	3	4	4	5	5

Matrice de croisement entre deux facteurs :  
le score final résulte du croisement des  
scores de chacun des deux facteurs

**N.B :** Les pressions issues de l'Etat de Lieux SDAGE 2019 sont transformés en un score sur le modèle du tableau présenté ici. Ces scores ont systématiquement été relevés de 1 si la tendance indiquée dans l'état des lieux est à la hausse ou diminué de 1 si la tendance est à la baisse.

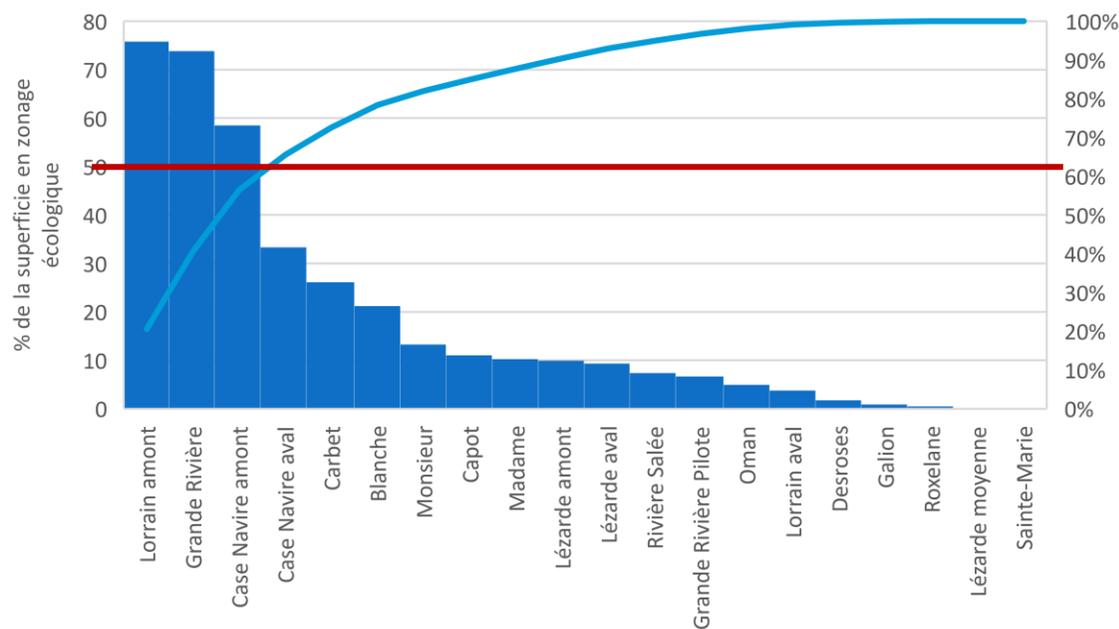
# Biodiversité des cours d'eau : évaluation de la sensibilité

## Elaboration du score de sensibilité:

- Ajout d'un score aggravant de +1 sur les bassins versants présentant le plus de « zones d'intérêt écologique » (**plus de 50% du bassin versant concerné par des zonages écologiques**)

% de la surface du BV en zonage écologique	Scores
<50%	<b>0</b>
> =50%	<b>1</b>

Analyse du seuil pour le facteur aggravant "zones d'intérêt écologique"

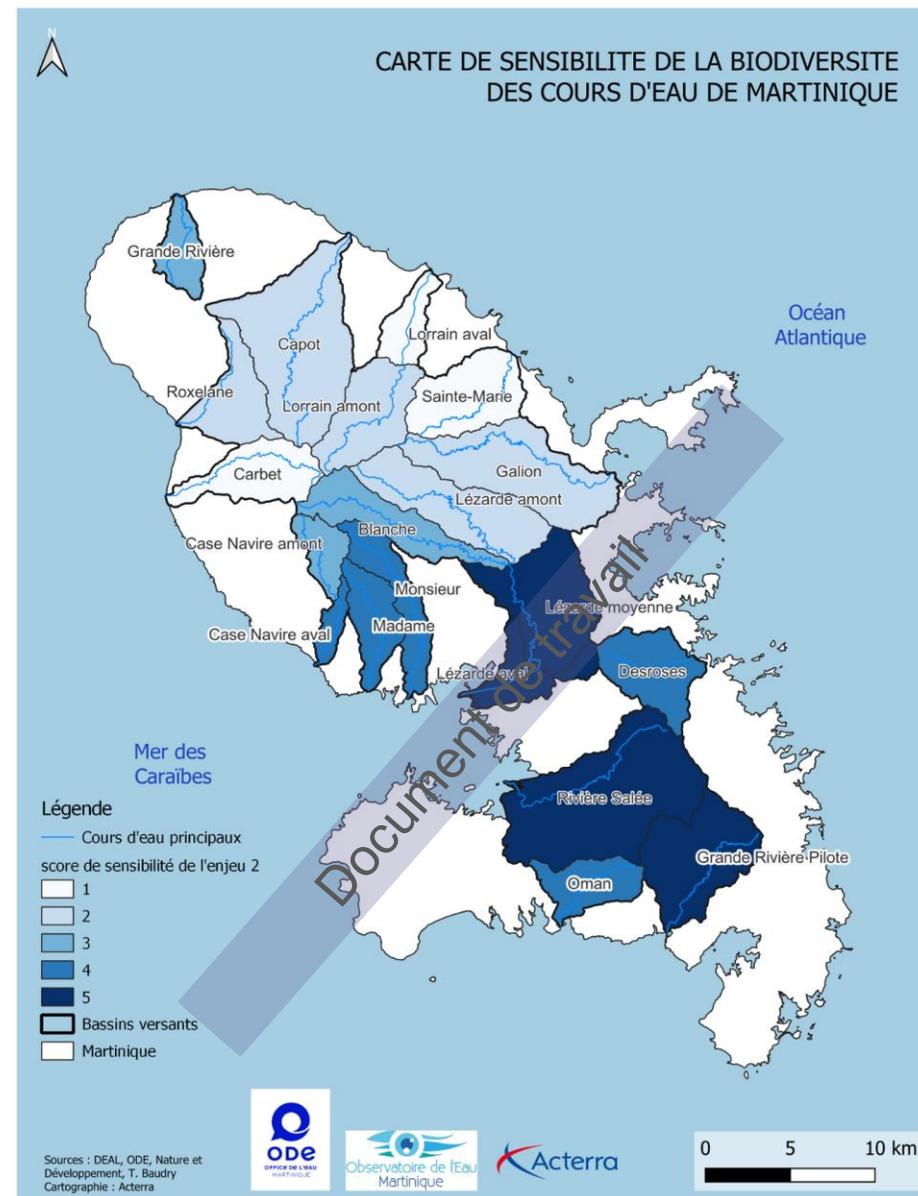


- Ajout d'un score aggravant de +1 sur les bassins versants sur lesquels se trouvent **une ou plusieurs zones de baignade**

# Biodiversité des cours d'eau : évaluation de la sensibilité

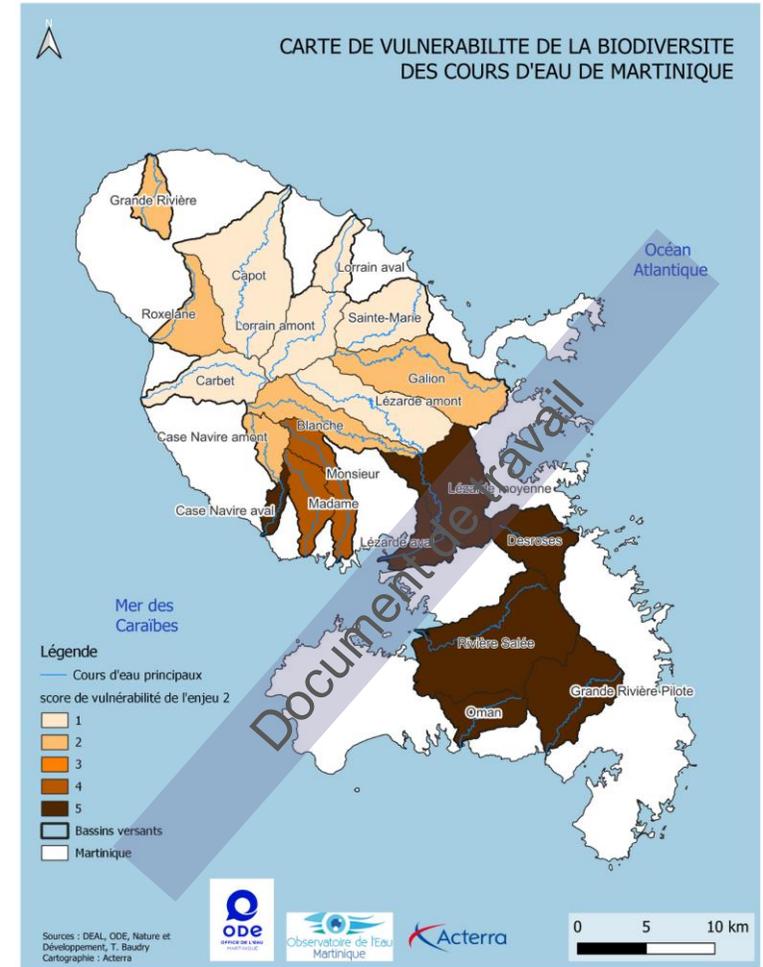
	Hydromorphologie	EEE	Zonages écologiques	Zones de baignades	TOTAL SENSIBILITE
Blanche	2	3	0	1	3
Capot	2	3	0	0	2
Carbet	2	1	0	0	1
Case Navire amont	2	3	1	0	3
Case Navire aval	2	5	0	0	4
Desroses	5	3	0	0	4
Galion	2	3	0	0	2
Grande Rivière	2	1	1	1	3
Grande Rivière Pilote	5	5	0	0	5
Lézarde amont	2	3	0	0	2
Lézarde aval	5	5	0	0	5
Lézarde moyenne	5	5	0	0	5
Lorrain amont	2	1	1	0	2
Lorrain aval	2	1	0	0	1
Madame	5	3	0	0	4
Monsieur	5	3	0	0	4
Oman	2	5	0	0	4
Rivière Salée	4	5	0	0	5
Roxelane	2	3	0	0	2
Sainte Marie	2	1	0	0	1

Croisement des scores + Facteurs aggravants = Score de sensibilité



# Biodiversité des cours d'eau : vulnérabilité

	SCORE EXPOSITION	SCORE SENSIBILITE	SCORE VULNERABILITE
Blanche	1	3	2
Capot	1	2	1
Carbet	2	1	1
Case Navire amont	2	3	2
Case Navire aval	4	4	5
Desroses	5	4	5
Galion	2	2	2
Grande Rivière	1	3	2
Grande Rivière Pilote	5	5	5
Lézarde amont	1	2	1
Lézarde aval	5	5	5
Lézarde moyenne	4	5	5
Lorrain amont	1	2	1
Lorrain aval	1	1	1
Madame	3	4	4
Monsieur	3	4	4
Oman	5	4	5
Rivière Salée	5	5	5
Roxelane	2	2	2
Sainte Marie	1	1	1

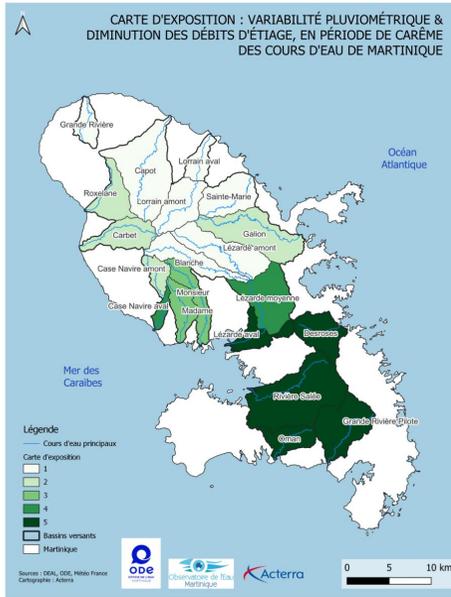


Matrice de croisement

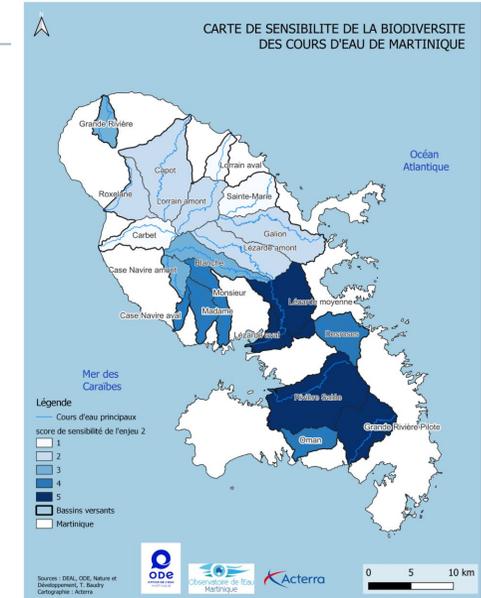
	1	2	3	4	5
1	1	1	2	3	3
2	1	2	2	3	4
3	2	2	3	4	4
4	3	3	4	5	5
5	3	4	4	5	5

$\underbrace{\hspace{15em}}_{\text{Croisement des scores}} = \text{Score de vulnérabilité}$

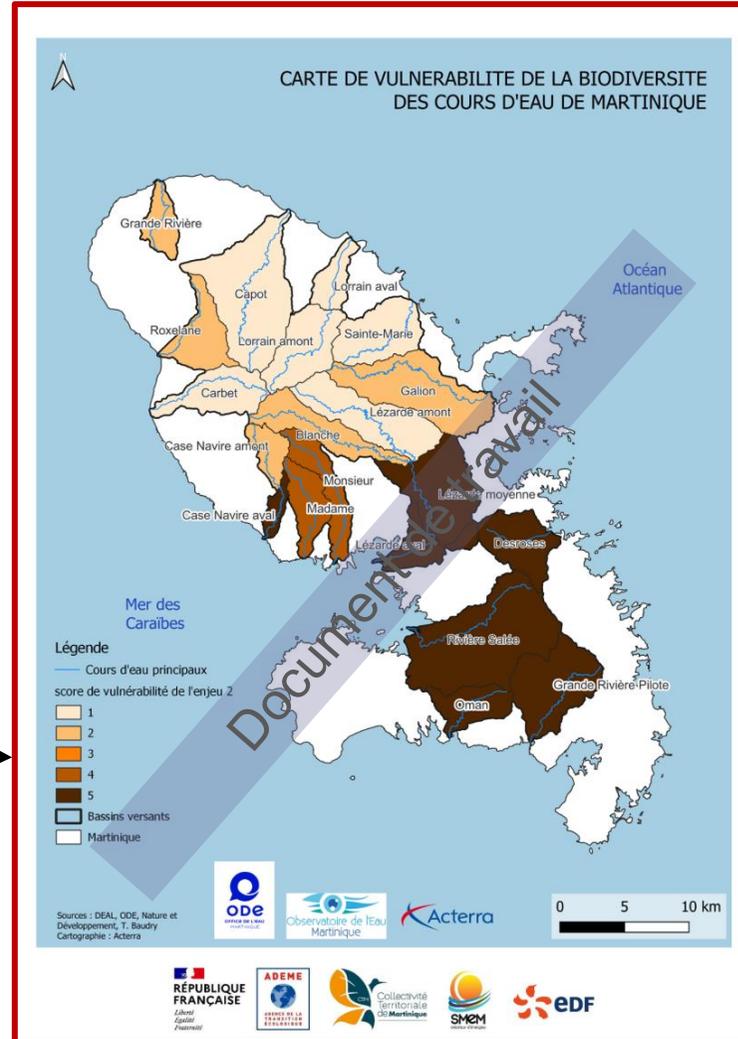
# Biodiversité des cours d'eau : récapitulatif



**Exposition**



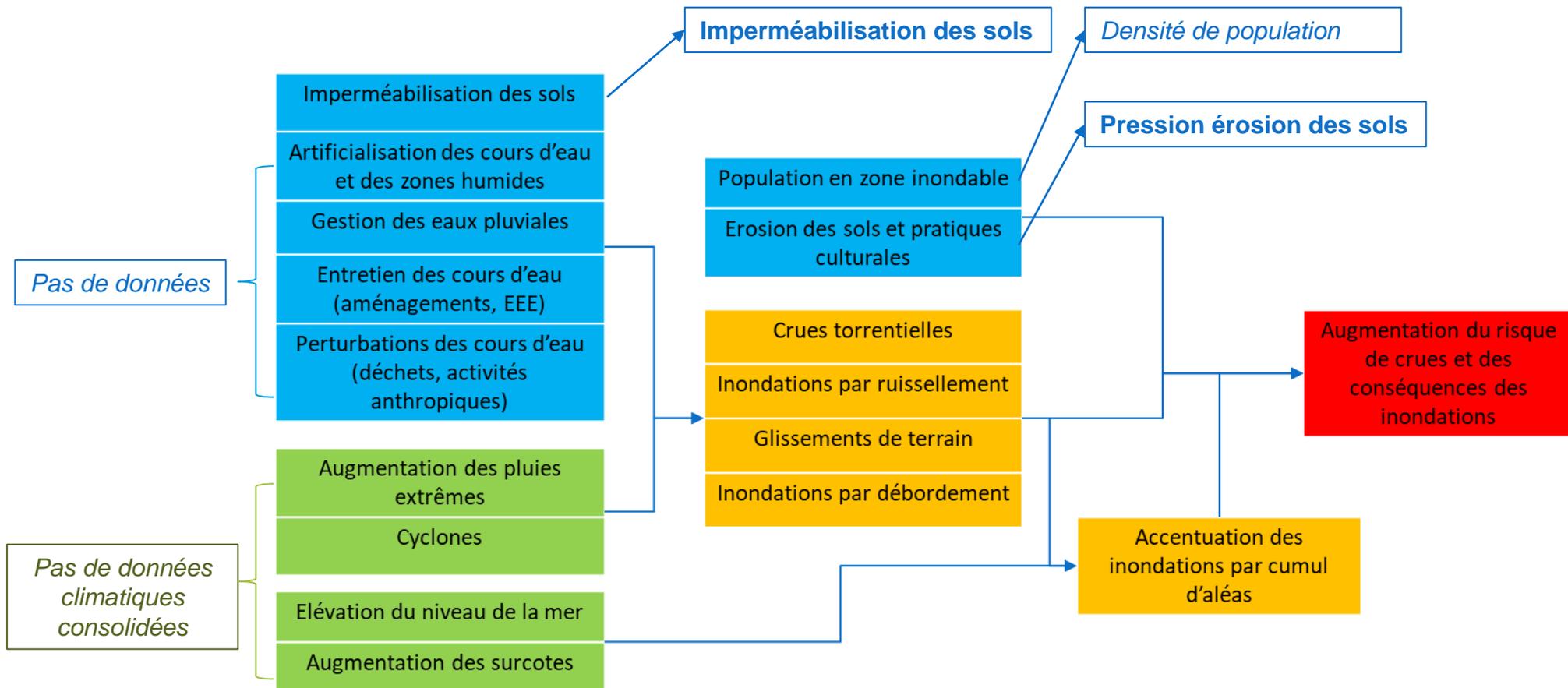
**Sensibilité**



**Vulnérabilité**

## ***Enjeu 3 : risque inondation***

# Risque inondation : chaîne d'impacts et choix des indicateurs



Ci-dessus est présentée la chaîne d'impact telle que définie en COPIL 2. Les indicateurs identifiés pour chaque facteur sont indiqués dans les cadre à fond blanc.

# Risque inondation : pourquoi cet enjeu n'est finalement pas pris en compte ?

La prévision des cyclones et événements extrêmes est complexe à modéliser. Les simulations disponibles actuellement ne permettent pas de dégager de tendances spatialisées sur le risque inondations sous changement climatique. Aucune carte de vulnérabilité ne sera donc produite pour cet enjeu. Notons néanmoins les principales conclusions des travaux de recherche les plus récents:

Pas de changements notables sur le **nombre** de cyclones tropicaux mais une augmentation de l'**intensité** des cyclones les plus importants

Activité cyclonique très **aléatoire** d'un mois à l'autre durant la saison cyclonique

Pas de relation détectée entre les cyclones tropicaux et la pluviométrie sur les trois îles Françaises des Antilles Occidentales

- Augmentation de la pluviométrie pour tous types de cyclones
- Mais précipitations annuelles en baisse significative d'environ -15%

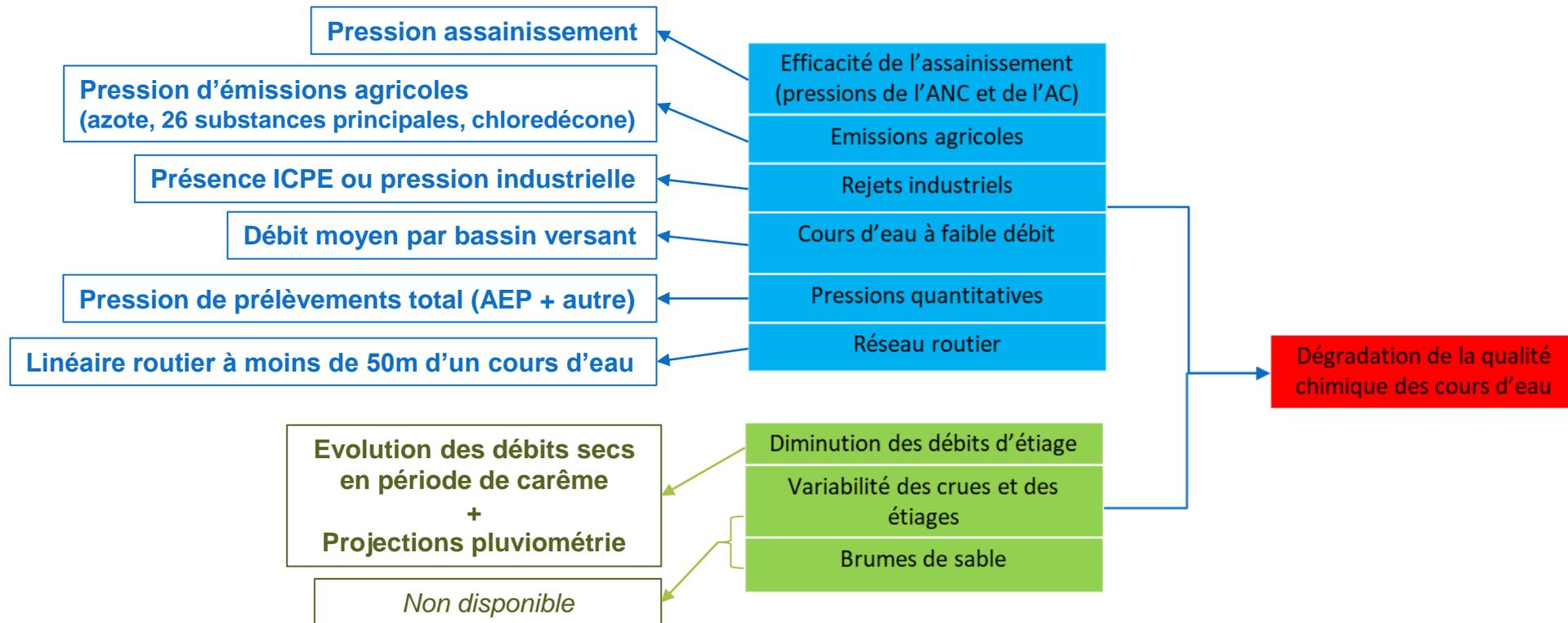
- Forte diminution des cyclones en juillet
- Forte augmentation des cyclones en août et septembre, au niveau des latitudes moyennes

## Références :

- Chauvin (2020), *Future changes in Atlantic hurricanes with the rotated-stretched – ARPEGE-Climat at very high resolution*, *Climate Dynamics* (2020) 54:947–972, accessible en ligne sur : <https://doi.org/10.1007/s00382-019-05040-4>
- Cantet et al (2020), *Projections of tropical cyclone rainfall over land with an Eulerian approach: Case study of three islands in the West Indies*, *International Journal of Climatology*, 2020;1–16.

## *Enjeu 4 : Qualité des cours d'eau*

# Qualité des cours d'eau : chaîne d'impacts et choix des indicateurs



Ci-dessus est présentée la chaîne d'impact telle que définie en COPIL 2. Les indicateurs associés à chaque facteur identifiés sont indiqués dans les cadre à fond blanc.

# Qualité des cours d'eau : Données

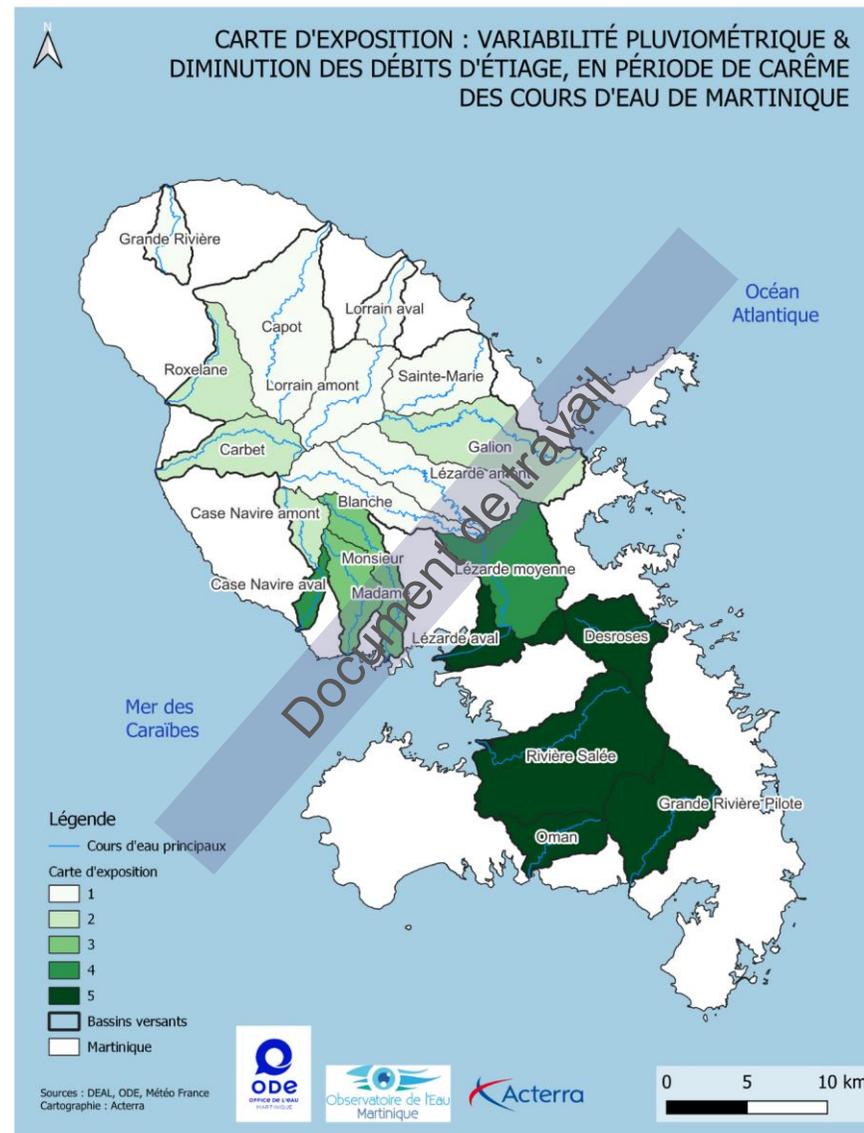
Le tableau ci-dessous récapitule les facteurs et indicateurs étudiés ainsi que les sources de données exploitées.

Facteur		Indicateur	Source de données
Sensibilité	<b>Efficacité de l'assainissement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pression assainissement collectif</li> <li>Pression assainissement non collectif</li> </ul>	Etat des lieux SDGAE 2019
	<b>Emissions agricoles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pression agricole azote</li> <li>Pression 26 substances principales</li> <li>Pression chlordécone</li> </ul>	Etat des lieux SDGAE 2019
	<b>Rejets industriels</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence d'ICPE</li> </ul>	Données ODE
	<b>Cours d'eau à faible débit</b>	Débit moyen des MECE	MGR
	<b>Pressions quantitatives</b>	Pression prélèvement (AEP et autres)	Etat des lieux SDGAE 2019
	<b>Réseau routier</b>	Linéaire routier à moins de 50m d'un cours d'eau	Données ODE
Exposition	<b>Diminution des débits d'étiage</b>	Evolution des débits secs en période de carême Pluviométrie mensuelle en période de carême	MGR Météo France (projections milieu de siècle)
	<b>Variabilité des crues et des étiages Brumes de sables</b>	Débits et Brumes de sable	pas de projections consolidées

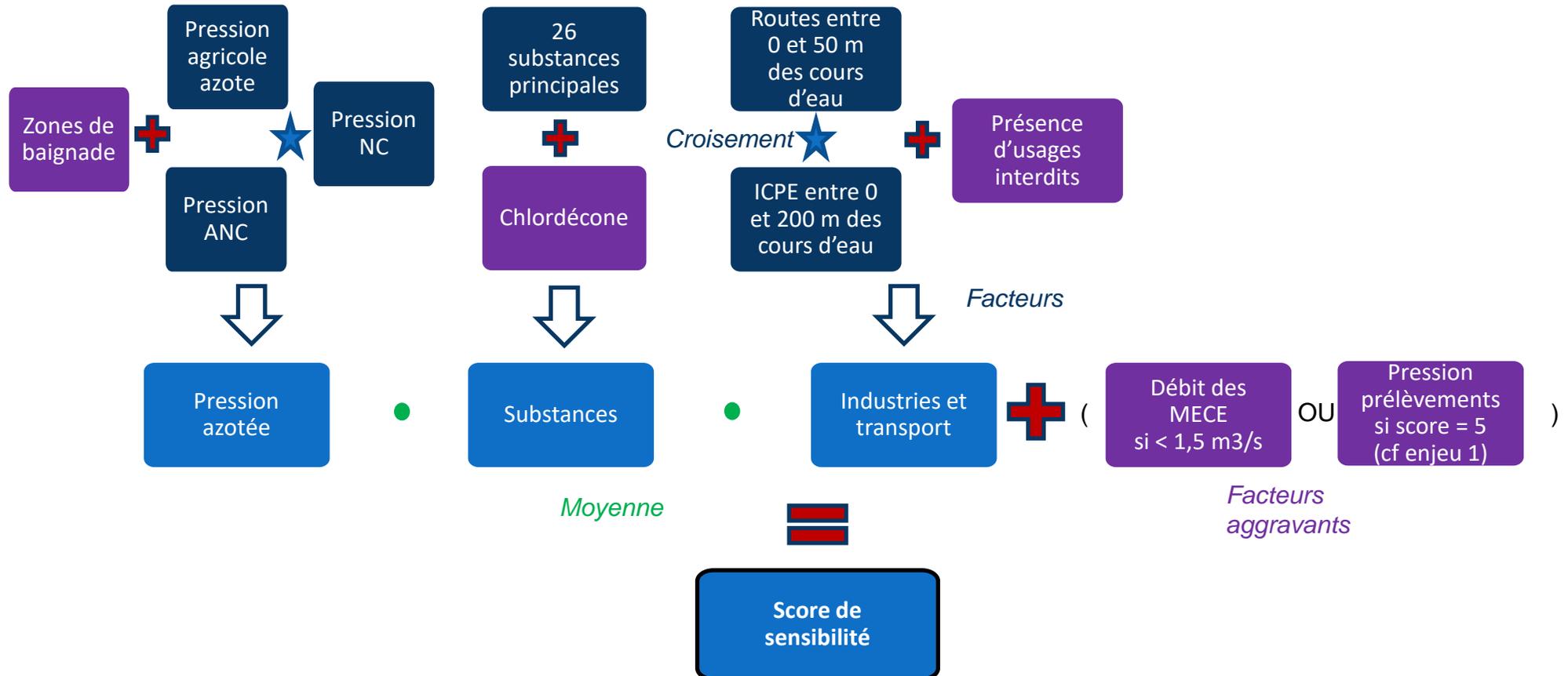
# Qualité des cours eau : évaluation de l'exposition

L'exposition ne dépend ici que du facteur « diminution des débits d'étiage ». Celui-ci est calculé de la même façon que pour l'enjeu 1.

Bassin versant	Score débits secs	Score pluviométrie	Score croisé
Blanche	1	1	1
Capot	1	1	1
Carbet	1	2	2
Case Navire amont	1	2	2
Case Navire aval	2	3	4
Desroses	3	3	5
Galion	2	1	2
Grande Rivière	1	1	1
Grande Rivière Pilote	3	3	5
Lézarde amont	1	1	1
Lézarde aval	3	3	5
Lézarde moyenne	3	2	4
Lorrain amont	1	1	1
Lorrain aval	1	1	1
Madame	2	2	3
Monsieur	2	2	3
Oman	3	3	5
Rivière Salée	3	3	5
Roxelane	1	2	2
Sainte Marie	1	1	1



# Qualité des cours d'eau : évaluation de la sensibilité



# Qualité des cours d'eau : évaluation de la sensibilité

## Elaboration du score de sensibilité:

- Un **score « pression azotée »** est calculé comme le maximum entre :
  - La **pression agricole azote** augmentée de 1 si la tendance de l'EDL 2019 est à la hausse ou diminuée de 1 si elle est à la baisse
  - Le croisement des scores « **pression ANC** » et « **pression AC** » augmentés de 1 si la tendance de l'EDL 2019 est à la hausse ou diminués de 1 si elle est à la baisse
  - La pression azotée prend aussi en compte un **facteur aggravant « présence de zones de baignade »**. Un score aggravant de +1 a été ajouté si le BV possède une ou plusieurs zones de baignade autorisée sur ses cours d'eau.

Pressions assainissements (ANC x AC)	Emissions agricoles azote	Scores
Sans pression	Sans pression	1
Faible	Faible	2
Modéré	Modéré	3
Fort	Fort	4
RNAOE	RNAOE	5

Croisement  
=  
score azote

	1	2	3	4	5
1	1	1	2	3	3
2	1	2	2	3	4
3	2	2	3	4	4
4	3	3	4	5	5
5	3	4	4	5	5

Matrice de croisement entre deux facteurs :  
le score final résulte du croisement des  
scores de chacun des deux facteurs

# Qualité des cours d'eau : évaluation de la sensibilité

## Elaboration du score de sensibilité:

- Un **score « substances »** est calculé comme suit :
  - Pression agricole « **26 substances principales** » augmentée de 1 si la tendance de l'EDL 2019 est à la hausse ou diminuée de 1 si elle est à la baisse
  - A laquelle on ajoute un score aggravant de +1 (dans la limite d'un score final de 5) si la **pression Chlordécone** est forte ou en RNAOE dans l'EDL 2019

Scores	Emissions agricoles 26 substances	Emissions chlordécone pression EDL SDAGE
0	x	< fort
1	Très faible	"fort" ou "RNAOE"
2	Faible	x
3	Modéré	x
4	Fort	x
5	RNAOE	x

Score pression  
26 substances  
(entre 1 et 5)

+

Facteur  
aggravant

=

Score  
« substances »  
(entre 1 et 5)

# Qualité des cours d'eau : évaluation de la sensibilité

---

## Elaboration du score de sensibilité:

- Calcul du **score « industries et transport »** : croisement entre :
  - Un **score de réseau routier** : linéaire routier à 50 m ou moins d'un cours d'eau (tous les cours d'eau des bassins versants sont considérés). Ce linéaire est normalisé selon une méthode min-max afin de proposer un score compris entre 1 (bassin versant comportant relativement peu de linéaire routier à proximité des cours d'eau qui le composent) et 5 (bassin versant comportant relativement beaucoup de linéaire routier à proximité des cours d'eau qui le composent)
  - **Un score ICPE** : les ICPE à moins de 200 m\* d'un cours d'eau sont recensées (tous les cours d'eau des bassins versants sont considérés). Un score (compris entre 1 et 4) est attribué à chaque ICPE selon le tableau ci-dessous. Le « score ICPE » attribué à un bassin versant est égal au score maximum des ICPE le composant auquel on ajoute un facteur aggravant de +1 si plusieurs ICPE ont été recensés.

\* Deux zones tampon ont été testées: 100m et 200m. Certaines ICPE importantes trouvant à une distance entre 100 m et 200 m des cours d'eau, la zone tampon à 200m a été retenue.

Le score industries et transport prend aussi en compte un **facteur aggravant « présence d'usages interdits »**. Un score aggravant de +1 a été ajouté si le BV possède des zones non autorisées de lavage de voiture et de baignade autorisée ou non autorisée.

# Qualité des cours d'eau : évaluation de la sensibilité

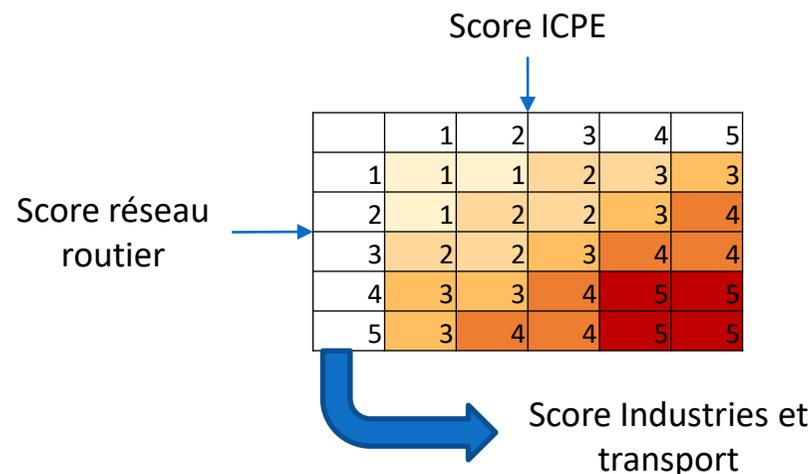
## Elaboration du score de sensibilité:

- Calcul du score « industries et transport » :

### Scoring des ICPE

Score	ICPE
4	Distillerie
3	Centrale électrique ou station essence
2	Carrière ou bâtiment non identifié
1	Pas d'ICPE

+1 si plusieurs ICPE à moins de 200m des cours d'eau d'un même bassin versant

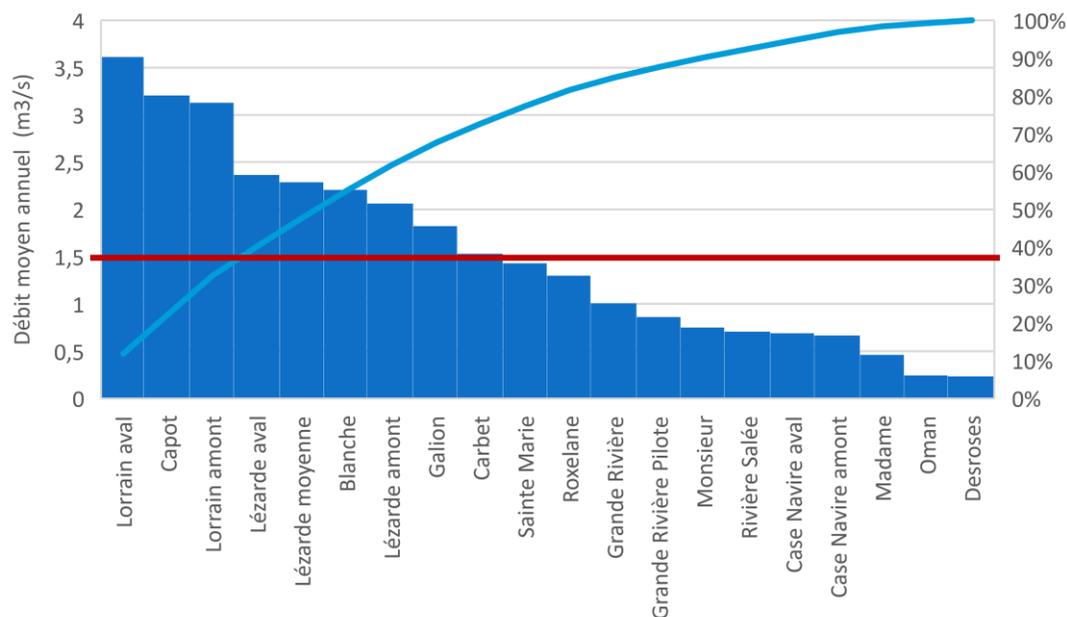


# Qualité des cours d'eau : évaluation de la sensibilité

## Elaboration du score de sensibilité:

- Le score final de sensibilité résulte de :
  - La moyenne des scores « azote », « substances » et « industries et transport »
  - A laquelle est ajouté un facteur aggravant de +1 si :
    - La **pression prélèvements** (AEP et Autres) telle que calculée dans l'enjeu 1 est égale à 5
    - Et/Ou le débit des MECE est faible (inférieur à 1,5m<sup>3</sup>/s)
    - Le score final de sensibilité ne dépasse pas 5

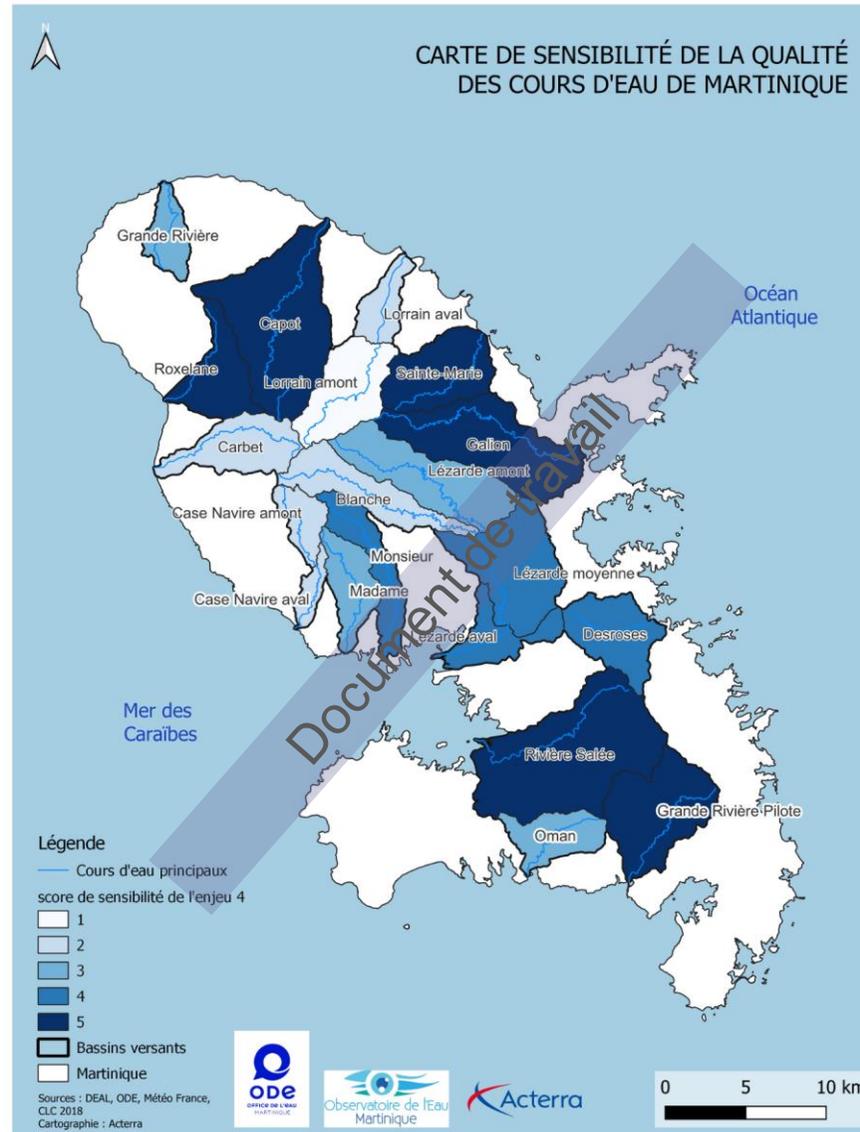
Analyse du seuil pour le facteur aggravant « cours d'eau à faible débit"



# Qualité des cours d'eau : évaluation de la sensibilité

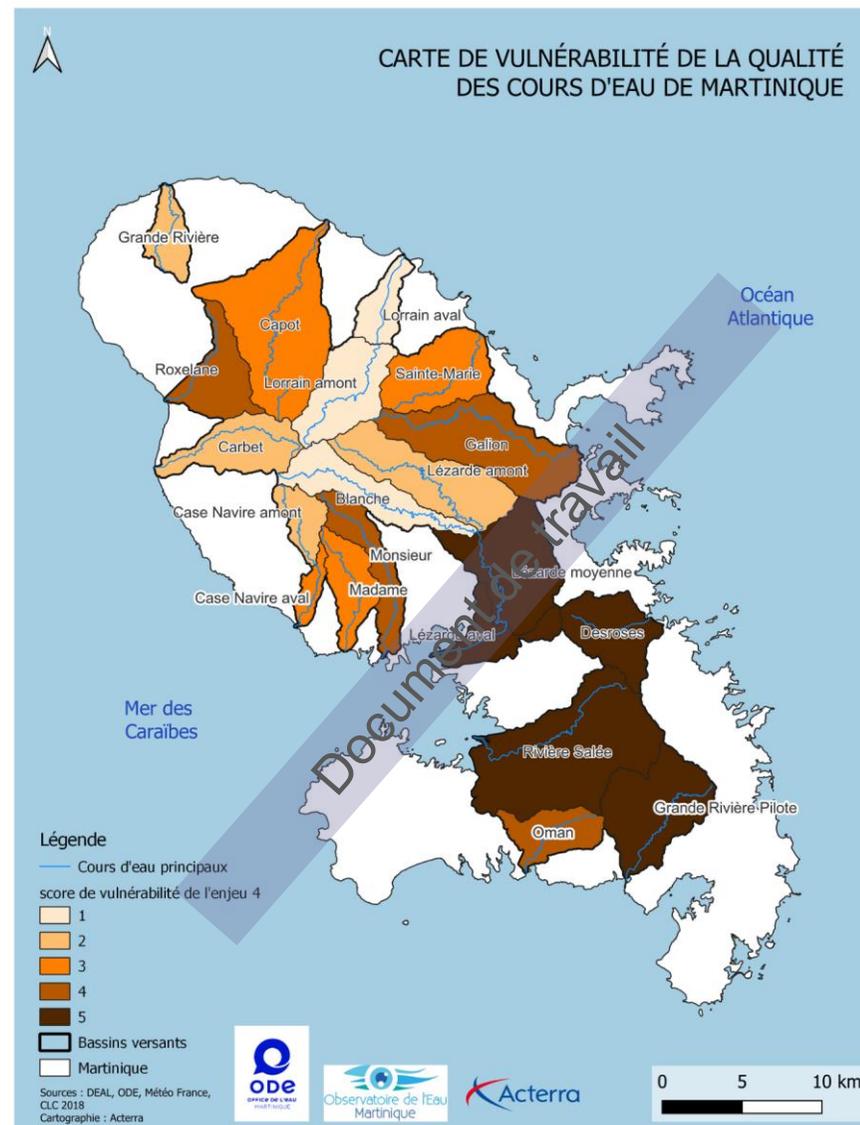
	Score azote	Pression zones de baignade	Score azote aggravé des zones de baignade déclarées	Emissions agricoles : substances	Faible débit x pression quanti	Score industries et transport (ICPE x réseau routier)	Présence de zones d'usages interdits	Score industries et transport aggravé des usages interdits	SCORE SENSIBILITE
Blanche	1	1	2	1	0	1	1	2	2
Capot	2	0	2	4	1	5	0	5	5
Carbet	1	0	1	1	0	1	1	2	2
Case Navire amont	1	0	1	1	1	1	1	2	2
Case Navire aval	1	0	1	1	1	1	1	2	2
Desroses	5	0	5	3	1	2	0	2	4
Galion	4	0	4	4	1	5	1	5	5
Grande Rivière	1	1	2	2	1	1	1	2	3
Grande Rivière Pilote	5	0	5	3	1	5	1	5	5
Lézarde amont	2	0	2	2	0	4	1	5	3
Lézarde aval	5	0	5	4	0	2	0	2	4
Lézarde moyenne	3	0	3	3	0	4	1	5	4
Lorrain amont	1	0	1	1	0	1	1	2	1
Lorrain aval	1	0	1	4	0	1	1	2	2
Madame	3	0	3	1	1	2	1	3	3
Monsieur	3	0	3	2	1	2	1	3	4
Oman	3	0	4	1	1	1	0	1	3
Rivière Salée	5	0	5	3	1	4	0	4	5
Roxelane	3	0	3	4	1	4	0	4	5
Sainte Marie	3	0	3	4	1	5	1	5	5

# Qualité des cours d'eau : évaluation de la sensibilité

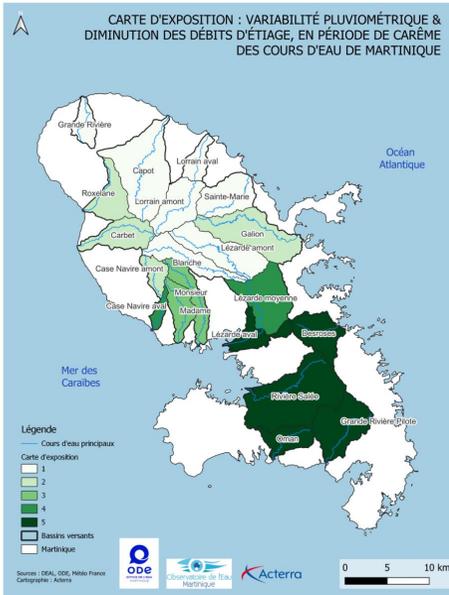


# Qualité des cours d'eau : vulnérabilité

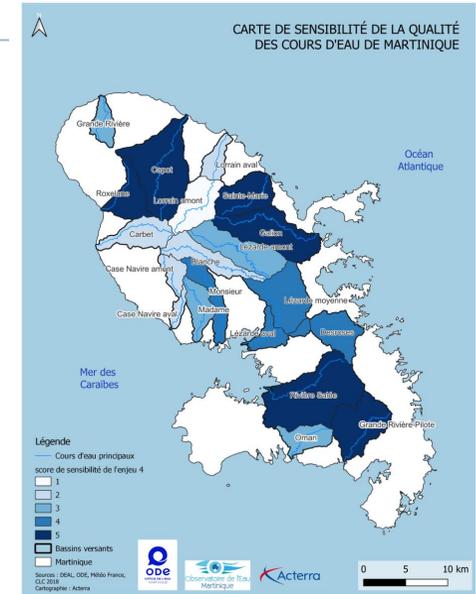
	SCORE EXPOSITION	SCORE VULNERABILITE
Blanche	1	1
Capot	1	3
Carbet	2	2
Case Navire amont	2	2
Case Navire aval	4	3
Desroses	5	5
Galion	2	4
Grande Rivière	1	2
Grande Rivière Pilote	5	5
Lézarde amont	1	2
Lézarde aval	5	5
Lézarde moyenne	4	5
Lorrain amont	1	1
Lorrain aval	1	1
Madame	3	3
Monsieur	3	4
Oman	5	4
Rivière Salée	5	5
Roxelane	2	4
Sainte Marie	1	3



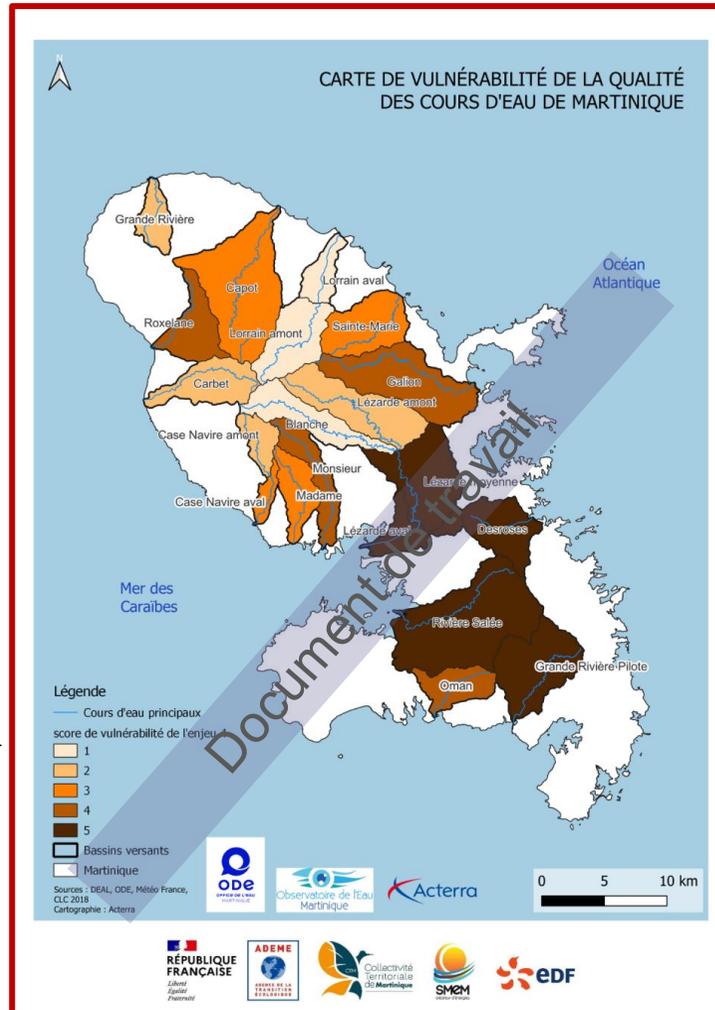
# Qualité des cours d'eau : récapitulatif



**Exposition**



**Sensibilité**



**Vulnérabilité**

## *Bilan et prochaines étapes*

***Merci pour votre attention !***

# *Annexes*

## *Enjeu 1 : Disponibilité de la ressource en eau*

# Disponibilité des ressources en eau : évaluation de l'exposition

- **Détails sur le score « évolution simulée de la pluviométrie annuelle »**

La Martinique est équipée de 29 stations météo, réparties sur 7 zones climatiques (cf carte page suivante).

Deux bases de données mises à disposition par Météo France :

- la pluviométrie mensuelle actuelle en mm, par stations de Martinique
- l'évolution projetée des pluies mensuelles en mm, par stations, entre 2041 et 2070

Chacune des bases de données a subi le traitement suivant :

- les données ont été **moyennées par zone climatique**
- une **valeur moyenne a été attribuée à chaque bassin versant**, avec une pondération en fonction de la superficie occupée par chaque zone climatique dans les bassins versants
- les **cumuls annuels** ont été calculés

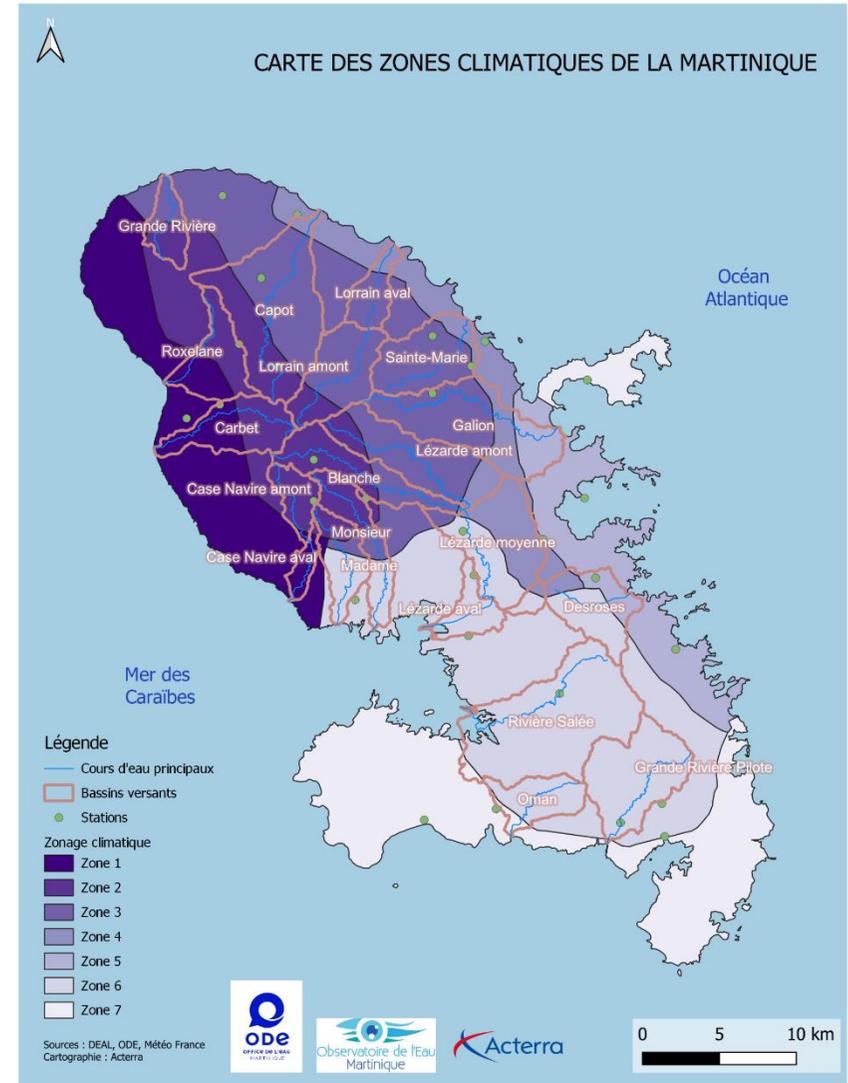
- Les évolutions projetés des pluies en valeur relative sont calculées par bassin versant :

$$x = \frac{\text{écart projeté des précipitations}}{\text{pluviométrie actuelle}} * 100 \text{ (en \%)}$$

Les **évolutions de précipitation** sont scorées selon une gradation **de 1 (faible diminution des précipitations) à 3 (forte diminution des précipitations)**

# Disponibilité des ressources en eau : évaluation de l'exposition

Bassin versant	Evolution moyenne de pluviométrie annuelle (%)	Score
Blanche	-5,90	1
Capot	-5,32	1
Carbet	-7,42	2
Case Navire amont	-6,65	2
Case Navire aval	-8,47	3
Desroses	-8,63	3
Galion	-5,15	1
Grande Rivière	-5,76	1
Grande Rivière		
Pilote	-9,31	3
Lézarde amont	-4,79	1
Lézarde aval	-9,05	3
Lézarde moyenne	-6,62	2
Lorrain amont	-4,95	1
Lorrain aval	-4,47	1
Madame	-7,54	2
Monsieur	-6,92	2
Oman	-9,15	3
Rivière Salée	-9,29	3
Roxelane	-7,27	2
Sainte Marie	-4,43	1



# Disponibilité des ressources en eau : évaluation de l'exposition

- Détails sur le score « variation observée des débits »

Bassin versant	Variation moyenne de débit sec Mars-Avril (%)	Score
Blanche	-22,82	1
Capot	-22,82	1
Carbet	-22,82	1
Case Navire amont	-23,00	1
Case Navire aval	-35,21	2
Desroses	-58,07	3
Galion	-29,85	2
Grande Rivière	-22,82	1
Grande Rivière Pilote	-79,52	3
Lézarde amont	-22,82	1
Lézarde aval	-79,52	3
Lézarde moyenne	-69,14	3
Lorrain amont	-22,82	1
Lorrain aval	-22,82	1
Madame	-35,21	2
Monsieur	-35,21	2
Oman	-66,38	3
Rivière Salée	-74,37	3
Roxelane	-22,82	1
Sainte Marie	-22,82	1

→ En années sèches, les rivières présentant les plus fortes diminutions de débits en carême sont **Grande rivière Pilote, Lézarde aval, Rivière salée**