

UNION DES COMORES



Au service
des peuples
et des nations

MINISTRE DE L'AGRICULTURE, DE LA PECHE, DE
L'ENVIRONNEMENT, DU TOURISME ET DE L'ARTISANAT

DIRECTION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES FORÊTS
(DGEF)

FOND VERT POUR LE CLIMAT (FVC)

ASSURER UN APPROVISIONNEMENT
EN EAU RESILIENT AUX
CHANGEMENTS CLIMATIQUES AUX
COMORES

RENFORCEMENT DE LA
RESILIENCE CLIMATIQUE DE
L'APPROVISIONNEMENT EN
EAU POTABLE ET
D'IRRIGATION DE 15 DES
ZONES LES PLUS EXPOSEES A
DES RISQUES LIES AUX
CHANGEMENTS CLIMATIQUES
DANS L'UNION DES COMORES

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des
comités de gestion intégrée des
ressources en eau (GIRE) et élaboration
de plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de
réduction des risques climatiques pour
les bassins hydrographiques, en tenant
compte des effets du changement
climatique

Version définitive

JUIN 2023

SCET
TUNISIE

2, Rue Sahab Ibn Abbad – Cité Jardin B.P.16
1002 Tunis - Belvédère – Tunisie
Tél : (216) 71 894 100 / (+216) 71 800 033
E-Mail : direction@scet-tunisie.com.tn



A Nabeul :
Rue Moncef Bey, Cité CNRPS, Bloc 3 – Premier étage, Appt 312 - 8000 Nabeul
TUNISIE - Tél/Fax : (216) 72 288 310 -
E-Mail : hydroplante.tunis@planet.tn
A Sfax :
Immeuble El Fourat- 2ème étage, Apt n°202, 3027 Sfax El Jadida
TUNISIE - Tél : +216 74 490 906 - Fax : +216 74 490 907
E-mail : hydroplante.sfax@planet.tn

Renforcement de la résilience climatique de l’approvisionnement en eau potable et d’irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l’Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d’action

Sous-livrable 5.4 : Plans d’action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

SOMMAIRE

1	<i>Rappel du cadre général du projet et de l’étude</i>	1
1.1	Contexte du projet	1
1.2	Objectifs de la mission et déroulement prévu	2
1.3	Objectifs du présent rapport	4
2	<i>L’approche pour élaborer les Plans d’actions</i>	5
2.1	Le point de départ : Considérer la stratégie du Plan d’Action pour l’adaptation au changement climatique dans l’Union des Comores, Octobre 2018	5
2.2	La poursuite des efforts pour faire des Comores un pays émergent à l’horizon 2030 : le SCA2D (2018-2021)	6
2.3	Explorer le panel de mesures pour faire face au changement climatique dans les BV des Comores	7
2.3.1	Rappel des types de vulnérabilité considérés dans le présent rapport	7
2.3.2	Notion de vulnérabilité	8
2.3.3	Types de vulnérabilités	8
2.3.4	Évaluations de la vulnérabilité au changement climatique	10
2.4	Stratégies et mesures d’adaptation	13
3	<i>Risques climatiques au niveau des 15 BV du projet : enjeuX énumérés au cours de l’élaboration de la cartographie des zones vulnérables</i>	14
3.1	Enjeux liés au bilan hydraulique face à des étiages sévères	14
3.2	Enjeux liés à la continuité et à la qualité du service d’eau face à des pluies intenses	16
3.2.1	Les impacts des aléas climatiques sur le service d’eau	16
3.2.2	Vulnérabilité à une pluie intense	17
3.3	Enjeux de l’intrusion marine	19
4	<i>Les plans d’action 2023-2027</i>	21
4.1	Objectifs des Plans d’actions et principes d’intervention	21
4.1.1	Objectif global	21
4.1.2	Objectifs spécifiques	21
4.1.3	Les principes d’intervention	21
4.2	Les activités des Plans d’actions	22
4.2.1	L’amélioration des connaissances	23
4.2.2	Réduire la vulnérabilité liée à l’enjeu de la disponibilité en eau face à des étiages sévères	25
4.2.3	Réduire la vulnérabilité liée à l’enjeu de la continuité et de qualité du service d’eau face à des pluies intenses	27
4.2.4	Réduire la vulnérabilité liée à l’intrusion marine	29
5	<i>Mise en œuvre des plans d’actions</i>	33
5.1	Démarche	33
5.2	Calendrier d’intervention	33
6	<i>Le suivi des plans</i>	38

Liste des Tableaux

<i>Tableau 1 : Longueurs typiques des séries temporelles requises pour le suivi des nappes d’après Taylor and Alley (2002)</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 2 : Plan d’action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques d’Anjouan</i>	<i>34</i>
<i>Tableau 3 : Plan d’action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques de Mohéli</i>	<i>35</i>
<i>Tableau 4 : Plan d’action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques de la Grande Comore</i>	<i>36</i>

Liste des Figures

<i>Figure 1 : Les composantes de la vulnérabilité</i>	<i>8</i>
<i>Figure 2 : Illustration des concepts principaux utilisés par le GIEC dans l’AR5</i>	<i>11</i>
<i>Figure 3 : Vulnérabilité à un étiage sévère – Zones à l’Ile d’Anjouan</i>	<i>15</i>
<i>Figure 4 : Vulnérabilité à un étiage sévère – Zones à l’Ile de Mohéli</i>	<i>16</i>
<i>Figure 5 : Vulnérabilité à une pluie intense – Ile d’Anjouan</i>	<i>18</i>
<i>Figure 6 : Vulnérabilité à une pluie intense – Ile de Mohéli</i>	<i>19</i>
<i>Figure 7 : Niveau de vulnérabilité à l’intrusion marine – Grande Comore</i>	<i>20</i>

Liste des Encadrés

<i>Encadré 1: Résumé du Plan d’Action de 2018</i>	<i>5</i>
<i>Encadré 2 : la nouvelle approche d’Evaluation du risque climatique du GIEC (AR5)</i>	<i>12</i>

ABREVIATIONS

AEP :	Approvisionnement en eau potable
AEPA :	Approvisionnement en eau potable et assainissement
CGE :	Comité de Gestion de l’Eau
FIB :	Faecal Indicator Bacteria
GIEC :	Groupe d’experts Intergouvernemental sur l’Evolution du Climat
GWP :	Global Water Partnership
GIRE :	Gestion Intégrée des Ressources en eau
EAH :	Eau, Assainissement et Hygiène
IWRM :	Integrated Water Resource Management
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
ONG :	Organisation Non Gouvernementale
PSSE :	Planification de la Sécurité et Sureté de l’Eau
SONEDE :	Société Nationale d’Exploitation et de Distribution des Eaux
UNICEF :	United Nations International Children’s Fund
UNISDR :	United Nations Office for Disaster Risk Reduction
WASH :	Water, Sanitation and Hygiene
WHO :	World Health Organization

1 RAPPEL DU CADRE GENERAL DU PROJET ET DE L'ETUDE

1.1 Contexte du projet

Les caractéristiques hydro-physiques des Iles Comores influent considérablement sur leur grande vulnérabilité aux impacts des changements climatiques. Sur l'ensemble des quatre îles des Comores s'étendant sur 2236 km², les trois îles Anjouan, Mohéli et Grande Comore en couvrent une surface de 1862 km² et dans lesquelles aucun site ne se trouve à plus d'une dizaine de km du littoral, ce qui fait que les bassins hydrographiques et les aquifères sont très peu développés et sont caractérisés par une faible capacité de stockage en eau naturelle.

De ce fait, les Iles Comores sont extrêmement vulnérables aux changements climatiques illustrés par la remontée du niveau de l'océan, le rehaussement des températures et la variabilité et l'intensité des précipitations, provoquant d'importantes répercussions en termes de salinisation des nappes aquifères, de sécheresses prolongées, et d'érosion des sols.

Les prévisions relatives au changement climatique pour les Comores incluent une augmentation de la variabilité des précipitations, un allongement des périodes de sécheresse et une augmentation de la fréquence et de l'intensité des crues consécutifs à des orages et de l'érosion qui en découle.

La plus grande île, Grande Comore, n'a presque pas d'eau de surface. Les villes côtières sont donc forcées d'exploiter des nappes d'eau souterraine rarement douces, tandis que les communautés rurales des hautes terres, qui constituent 50 % de la population de l'île, dépendent exclusivement de la collecte des eaux de pluie.

Sur les deux îles plus isolées et plus pauvres d'Anjouan et Mohéli, la population est alimentée en eau par captage de sources ou des cours d'eau dont le flux est soumis à des variations saisonnières. Ces deux îles : Anjouan et Mohéli dépendent du débit de cours d'eau alimentés par de petits bassins versants volcaniques escarpés et très sensibles à l'érosion. Les flux des bassins varient rapidement en fonction des précipitations. Ils s'assèchent pendant les longues périodes de sécheresse et produisent des débits de crues consécutifs à des orages rapides, se signalant par de fortes turbidités des eaux après ces fortes précipitations.

Les îles possèdent donc des ressources en eau différentes, et sont vulnérables de différentes façons à la plus grande variabilité des précipitations, accentuée par les changements climatiques : sur Grande Comore il s'agit principalement de sécheresse et des risques de salinisation des eaux des puits et des forages, alors qu'Anjouan et Mohéli subissent des dégâts dus aux crues et une augmentation de la turbidité de l'eau et également des débits assez faibles pendant les périodes de tarissement.

L'absence de résilience au changement climatique est donc endémique au niveau national, que le risque climatique soit une pénurie de l'approvisionnement en eau provoquée par une sécheresse prolongée ou une infrastructure hydraulique endommagée/polluée par les crues. Il n'existe aucune réglementation en matière de réduction des risques climatiques imposant aux agences gouvernementales de résoudre le problème ; aucune compréhension de la vulnérabilité des ressources en eau aux extrêmes climatiques ; aucune capacité technique permettant d'identifier et de traiter les risques climatiques pour les bassins versants ou l'infrastructure d'approvisionnement en eau, ou encore de prévoir et d'alerter sur les extrêmes climatiques. Le public est en outre très peu sensibilisé aux façons de se développer et de s'adapter au changement climatique au niveau communautaire.

Renforcement de la résilience climatique de l’approvisionnement en eau potable et d’irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l’Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d’action

Sous-livrable 5.4 : Plans d’action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

Sans un changement de paradigme au niveau national permettant à l’environnement de s’adapter au changement climatique, toute intervention de soutien en faveur des communautés les plus vulnérables, qu’il s’agisse d’agriculteurs ruraux ou de colporteurs péri-urbains, ne saurait être durable.

L’un des besoins les plus urgents du pays, est de développer la résilience de son approvisionnement en eau aux impacts des changements climatiques. En particulier, les Comores doivent augmenter la résilience de leurs ressources en eau et avec des bassins versants limités, protéger leur infrastructure d’approvisionnement en eau et renforcer la capacité d’adaptation de leurs institutions et communautés, pour leur permettre d’élaborer un plan opérationnel dans des conditions climatiques de plus en plus extrêmes.

C’est dans ce contexte que l’Union des Comores a obtenu un financement du Fonds Vert pour le climat (FVC) au titre du projet intitulé « **Assurer un approvisionnement en eau résilient au climat aux Comores** ». Le projet a pour principal objectif de renforcer la résilience climatique de l’approvisionnement en eau potable et d’irrigation de **15 des zones les plus exposées à des risques liés au changement climatique dans l’Union des Comores**. Le projet est conçu pour remédier à la vulnérabilité de l’approvisionnement en eau du pays face aux phénomènes climatiques extrêmes en raison de la fragilité de ses ressources en eau et du manque de ressources humaines et financières dû à sa population peu nombreuse et à l’isolement de ces îles.

1.2 Objectifs de la mission et déroulement prévu

Les objectifs spécifiques de cette mission peuvent être résumés en les points suivants :

- i) Elaborer des outils de gestion efficace des ressources en eau et des infrastructures qui seront mises en place en tenant compte de la résilience climatique et de la dimension genre ;
- ii) Intégrer la réduction des risques climatiques dans la gouvernance du secteur de l’eau à tous les niveaux (national, insulaire et communautaire) ;
- iii) Développer les outils nécessaires pour l’établissement au niveau communautaire des comités de bassins pour la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE).

La réalisation de ces sous-objectifs, permettra à l’Union des Comores, de renforcer ses capacités d’adaptation aux risques climatiques extrêmes, de plus en plus fréquents (y compris la sécheresse, les inondations et leurs répercussions, en particulier vis-à-vis de l’érosion hydrique) et qui affectent l’approvisionnement en eau potable et le système d’irrigation du pays. Elle conduira à un changement de paradigme national, intégrant les approches systémiques de réduction des risques climatiques dans la gestion de la ressource, la gestion des bassins versants, l’approvisionnement en eau, y compris la planification, l’investissement, la cartographie, l’exploitation et l’entretien. C’est ainsi que l’Union des Comores pourra surmonter les principaux obstacles techniques, institutionnels et financiers pour l’amélioration de la résilience climatique de l’approvisionnement en eau du pays

Le déroulement de la mission est prévu sur trois phases :

➤ **PHASE 1 : CONCERTATION, RECUEIL D’INFORMATION ET ANALYSE DU SECTEUR**

Prise de contact avec les parties prenantes au Projet, consultation des partenaires nationaux et insulaires, Revue documentaire, visite des terrains et bassins versants pour prendre connaissance des zones d’interventions du projet et l’état actuel des bassins versants et prise de contact avec les associations de gestion de l’eau

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

A l'issue de cette phase d'échanges, de recueil d'informations et de constatations, trois ateliers ont été organisés : 3 ateliers (1 par île) de restitution avec l'ensemble des acteurs sur la situation du secteur de l'eau.

➤ **PHASE 2 : ÉTABLISSEMENT DES RAPPORTS, OUTILS ET MANUELS PROVISOIRES**

Un ensemble de rapports, outils et manuels seront élaborés en versions provisoires qui seront soumis à des concertations et approbations avant d'être édités en version définitive au cours de la phase 3. Ces livrables sont :

1. Livrable 1 : Des manuels de planification, de budgétisation et d'opérationnalisation, relatives à une gestion de l'eau résiliente aux changements climatiques ;
2. Livrable 2 : Une approche systémique d'évaluation et de réduction des risques climatiques dans le secteur de l'eau ;
3. Livrable 3 : Un programme de sensibilisation à la réduction des risques liés aux changements climatiques dans le secteur de l'eau ;
4. Livrable 4 : Des directives de planification pour la protection des sources en eau et des normes de qualité de l'eau tenant compte des changements climatiques ;
5. **Livrable 5 : Un programme d'appui aux comités de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) et des plans d'action pour la réduction des risques des bassins versants axés sur la résilience climatique dans les zones d'intervention du projet :**
 - Sous-livrable 5.1: Rapport d'établissement des comités de bassin ;
 - Sous-livrable 5.2 : Rapport sur l'étude cartographique des zones vulnérables aux risques climatiques ;
 - Sous-livrable 5.3 : Manuels des procédures qui intègrent les meilleures pratiques de GIRE face au risque ce changement climatique ;
 - **Sous-livrable 5.4 : Plans d'action des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique.**
6. Livrable 6 : Un programme de soutien aux comités de gestion de la GIRE pour établir des zones de protection des sources d'eau et former les formateurs pour sensibiliser sur les avantages de la gestion des bassins versants en matière de réduction des risques climatiques

A la suite de la soumission des produits/livrables en version provisoire, des séries d'ateliers seront organisés afin de présenter les résultats de ces livrables et mener des discussions avec les parties prenantes pour d'éventuelles améliorations des produits et des livrables.

➤ **PHASE 3 : ÉTABLISSEMENT ET TRANSMISSION DES LIVRABLES DEFINITIFS**

Au cours de cette phase, tous les manuels et rapports produits précédemment seront reproduits en version définitive.

Ces versions définitives tiendront compte de :

- Observations sur les drafts des manuels émis par l'Administration et les parties prenantes à la suite de la remise de ces rapports en version draft ;
- Recommandations des ateliers de restitutions qui seront organisés au niveau insulaire et au niveau national.

1.3 Objectifs du présent rapport

Le présent rapport constitue le **sous-livrable 5.4** du livrable 5. Il porte sur l'élaboration de **Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique.**

A partir de la cartographie des zones vulnérables aux risques climatiques au niveau des 15 zones du projet délimitées autour des systèmes d'eau potable, le présent rapport dressera les actions qu'il faudrait mettre en œuvre dans le cadre d'une réponse spécifique à la hauteur des enjeux du changement climatique dans le domaine de la Gestion Intégrée des Ressources en Eaux (la GIRE) dans les bassins versants étudiés. En fait, il sera proposé comme plan d'adaptation au changement climatique. A cet effet, le document sera organisé comme suit :

- Tenir compte de la stratégie du Plan d'Action pour l'adaptation au CC, Octobre 2018 ;
- Explorer et analyser le panel des mesures pour faire face au CC dans les BV comoriens ;
- Elaborer les composantes du Plan d'Action 2023-2030 ;
- Définir la mise en œuvre des Plans d'Actions.

2 L'APPROCHE POUR ELABORER LES PLANS D' ACTIONS

2.1 Le point de départ : Considérer la stratégie du Plan d'Action pour l'adaptation au changement climatique dans l'Union des Comores, Octobre 2018¹

Le Plan d'Action, qui a été établi, a pour objectif de « fournir les indications opérationnelles qui résultent du travail de l'expert, en sa double fonction d'expert en Evaluation de l'impact environnemental et d'expert en Intégration du CC en les politiques et la planification ».

En fait, bien qu'un Plan d'Action devrait se focaliser sur le court et le moyen terme, ce travail a adopté une approche stratégique à long terme que l'auteur justifie par :

- L'adaptation au CC aux Comores est un défi énorme et les réponses doivent être à la hauteur et s'étaler dans le temps ;
- La sélection des activités proposées dans ce Plan d'Action est fonctionnelle et s'adapte à la stratégie proposée.

Encadré 1: Résumé du Plan d'Action de 2018

1. Stratégie proposée :

- Renforcer la capacité de planification du pays ;
- Arrêter les pratiques humaines nuisibles (prélèvement de sable, déforestation...)
- Eviter de s'exposer davantage (intégration des impacts du CC à ceux des catastrophes naturelles au niveau de la planification et mise à niveau des structures vulnérables) ;
- Accepter l'inévitable et planifier en conséquence (surtout les conséquences des intrusions marines et des inondations) ;
- Prendre en compte les aléas dormants (cyclones, séismes...) et prendre des mesures en conséquence ;
- Développer des leviers pour la transformation (encourager les entreprises de construction, développer les énergies renouvelables) ;
- Se protéger durant la transformation (renforcer la protection civile, développer les initiatives communautaires pour la réduction des risques de désastre...)

2. Le Plan d'Action

a. Les principes du Plan

Les menaces du CC sont telles qu'elles imposent une action caractérisée par l'urgence et la mise en œuvre immédiate avec la production de bénéfices tangibles et une possibilité réaliste de transposition et de pérennisation des actions avec comme objectifs de prioriser :

- Les Actions sauvegardant les conditions essentielles pour le développement du pays ou d'un secteur économique ;
- Les Actions nécessitant des moyens abordables pour que leur diffusion à grande échelle et leur pérennisation ne demandent pas un soutien financier récurrent des bailleurs de fonds ;
- Les Actions qui apportent une amélioration tangible à court terme ;
- Les Actions qui sauvegardent les vies humaines et le patrimoine ;

¹ « Plan d'Action pour l'adaptation au changement climatique en l'Union des Comores » Programme d'appui à l'Union des Comores pour le Renforcement de la Résilience au Changement Climatique (EuropAid 137-180/ID/SER/KM)- Alliance Mondiale contre le Changement Climatique aux Comores – AGRER (Octobre 2018)

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

- Les Actions génératrices d'autres actions de développement d'un ou plusieurs secteurs.
 - a. *Les actions*
 - Aménagement du territoire et planification (développement des SAT des 3 îles et des PAU des 3 capitales régionales) ;
 - Renforcement institutionnel ;
 - Protection Civile ;
 - Sauvegarde de l'environnement ;
 - Développement des énergies renouvelables ;
 - Développement de l'habitat, des transports, de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche, ...
 - b. Le budget

Le Plan d'Action a présenté le budget pour 22 projets considérés comme prioritaires et dont le montant est estimé à environ 30 millions d'Euros.

2.2 La poursuite des efforts pour faire des Comores un pays émergent à l'horizon 2030 : le SCA2D (2018-2021)²

Conscient des contraintes qui freinent les efforts de développement économique et social des Comores, le Gouvernement comorien cite principalement : (i) la faible compétitivité du secteur productif ; (ii) des infrastructures et des services d'accompagnement du développement de faible qualité ; (iii) un faible niveau de développement du capital humain ; (iv) un climat des affaires toujours peu propice au développement du secteur privé, et (v) un chômage préoccupant, qui affecte surtout les jeunes.

Le rapport poursuit que l'Union des Comores regorge pourtant d'énormes potentialités et de réelles opportunités notamment : (i) la localisation géographique et la position géopolitique, (ii) la richesse de la biodiversité (marine, côtière et terrestre) et les ressources halieutiques, (iii) un vaste potentiel de production agricole, (iv) un potentiel de ressources naturelles inexploitées et (v) un patrimoine touristique extrêmement riche et varié.

Partant de ces contraintes et de ces potentialités, les objectifs fixés au SCA2D sur la période 2018-2021 sont les suivants :

- Renforcer les fondements d'une transformation structurelle de l'économie en vue de la réalisation d'une croissance économique forte, viable, durable, équitable et inclusive ;
- Améliorer la qualité de la vie de la population et garantir l'accès équitable aux services sociaux de base ;
- Assurer une exploitation des ressources naturelles dans le respect des principes du développement durable, tout en tenant compte des changements climatiques ;
- Renforcer la bonne gouvernance et la résilience face à la fragilité politique et institutionnelle et promouvoir l'Etat de droit et la cohésion sociale.

La SCA2D 2018-2021 tient compte des principaux Agendas régionaux et internationaux auxquels a souscrit l'Union des Comores et notamment :

- Le Document de Stratégie Pays 2021-2025 établi par le Groupe de la BAD³

² Cf. Document publié par le Commissariat Général au Plan (CGP) sur le SCA2D (rapport final), 31 décembre 2017

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

- La Vision 2063 de l'Union Africaine pour une transformation structurelle du Continent ;
- Les ODD à l'horizon 2030 avec la prise en compte des leviers identifiés dans les domaines économique, social, environnemental et en matière de gouvernance.

A cet égard, la SCA2D vise à promouvoir le respect des dimensions environnementales, sociales et économiques du développement durable par (i) la préservation, l'amélioration et la valorisation de l'environnement et des ressources naturelles sur le long terme en maintenant les grands équilibres écologiques, en réduisant les risques et en prévenant les impacts environnementaux et climatiques ; (ii) la satisfaction des besoins humains et la réponse à un objectif d'équité sociale, en favorisant la participation de tous les groupes sociaux sur les questions de santé, d'accès au logement, à l'énergie, à l'eau potable et à l'assainissement ainsi qu'aux questions de consommation, d'éducation, d'emplois, de culture,... ainsi que (iii) le développement de la croissance et de l'efficacité économique, à travers des modes de production et de consommation durables.

Il est indéniable que les Plans d'Action que nous cherchons à promouvoir ne peuvent que s'inscrire dans ces visions stratégiques.

2.3 Explorer le panel de mesures pour faire face au changement climatique dans les BV des Comores

Le plan d'adaptation au changement climatique au niveau de chaque bassin versant propose un panel de mesures destinées à éliminer les causes sous-jacentes de la vulnérabilité cartographiée dans le sous-livrable 5.2 et développer les capacités à faire face aux incidences du changement climatique qui ont été caractérisées. Ce plan se concentre sur les mesures d'adaptation aux changements climatiques pour permettre à tous les territoires du bassin de faire face aux évolutions à venir.

2.3.1 Rappel des types de vulnérabilité considérés dans le présent rapport

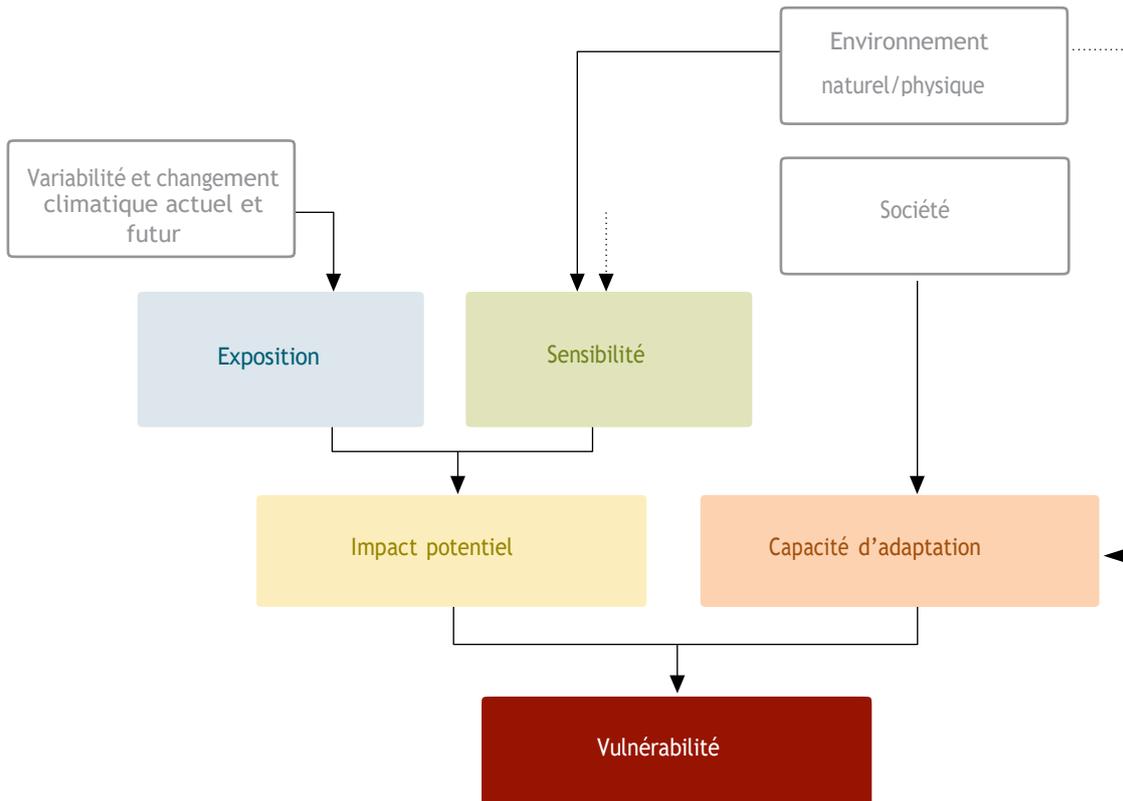
L'intégration de la vulnérabilité aux risques du CC dans la gestion des ressources en eau devrait aider les décideurs à évaluer la vulnérabilité socioéconomique et écologique dans un bassin versant. Les évaluations de la vulnérabilité fournissent aux décideurs des informations qui les aident à déterminer où, quand et comment intervenir. Ces évaluations doivent être faites par des équipes interdisciplinaires représentant les sciences exactes et naturelles, sociales et économiques, etc., les autorités et les parties prenantes de façon à tenir compte de la situation locale. Elles sont fondées sur les conditions actuelles associées à des scénarios climatiques et des résultats de modèles et constituent les premières étapes vers une meilleure compréhension des effets potentiels des changements climatiques, vers l'adoption d'une gestion plus efficace et plus adaptative des ressources en eau et, enfin, vers la protection contre les effets des changements climatiques.

Nous reprenons ci-après les éléments développés dans le livrable 5.3 de la présente étude et relatifs à la démarche de l'évaluation de la vulnérabilité des ressources en eau au changement climatique (voir §5.4.2 du livrable 5.3).

³ Publié par le Groupe de la BAD en Février 2021

2.3.2 Notion de vulnérabilité

La vulnérabilité d'un système comporte à la fois une dimension externe, représentée par son exposition aux changements climatiques et à la variabilité du climat, et une dimension interne, représentée par sa sensibilité à des facteurs liés à son environnement naturel, physique et social et sa capacité d'adaptation.



Source : AR4 : Le quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur

Figure 1 : Les composantes de la vulnérabilité
l'évolution du climat (GIEC), publié en 2007

Un système très vulnérable est un système qui est très sensible à des changements modestes du climat, dans lequel la sensibilité inclut le potentiel d'effets néfastes substantiels et dont l'aptitude à faire face est limitée. Une stratégie d'adaptation vise donc à réduire la vulnérabilité, ce qui inclut le renforcement de la capacité d'adaptation.

2.3.3 Types de vulnérabilités

Il faut distinguer entre vulnérabilité présente et vulnérabilité future. La vulnérabilité présente se rapporte à la variabilité actuelle du climat, indépendamment des changements climatiques futurs, et à l'aptitude du système à faire face à cette variabilité. Elle décrit aussi l'aptitude de l'actuelle gestion de l'eau à faire face à la variabilité hydrologique. L'évaluation de la vulnérabilité

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

présente fournit d'importantes indications sur les réactions potentielles du système aux événements futurs. La vulnérabilité future se rapporte aux futures conditions climatiques et à l'aptitude à faire face à une situation dont les données de base changent et à des phénomènes extrêmes plus sévères et plus fréquents. Beaucoup de systèmes de gestion de l'eau bénéficieraient de mesures d'adaptation qui accroîtraient leur résilience face à la variabilité hydrologique du climat actuel. La planification de ces mesures doit tenir compte de la vulnérabilité future. Les mesures prises pour accroître l'aptitude actuelle à faire face ont aussi des chances de réduire la vulnérabilité future. La vulnérabilité a non seulement des aspects physiques, mais aussi des aspects géographiques, sociaux, économiques, environnementaux et psychologiques dont il faut tenir compte. La vulnérabilité physique se réfère à un niveau de susceptibilité de l'environnement et peut être décrite comme une « exposition ».

La vulnérabilité géographique a trait à la position géographique d'une zone dans un bassin. Un sous-bassin situé en aval, par exemple, risque d'être plus vulnérable parce qu'il n'a pas de possibilité d'influencer la gestion de l'eau en amont, mais dans d'autres cas il se peut que le sous-bassin de l'amont soit plus vulnérable en raison de conditions climatiques ou économiques. La consultation et la concertation au sein d'un même bassin sont donc impératives pour analyser et réduire la vulnérabilité. La vulnérabilité sociale des moyens d'existence des individus est déterminée par la faiblesse ou la force de ces moyens, réelle ou estimée, par la qualité de leur accès à une série d'atouts – financiers, sociaux (éducation), infrastructures (transport, communication) et écologiques (services des écosystèmes) – qui servent de base à leurs moyens d'existence, et par le degré de réussite avec lequel différentes institutions assurent une protection sociale. Les facteurs socioéconomiques peuvent rendre les individus et les sociétés plus ou moins vulnérables aux changements climatiques et aussi altérer leur perception de leur vulnérabilité. Il est possible de réduire la vulnérabilité sociale en améliorant des facteurs tels que les niveaux d'alphabétisme et d'instruction, l'infrastructure sanitaire, la prévalence de la paix et de la sécurité, l'accès aux droits humains fondamentaux, les systèmes de bonne gouvernance, l'équité sociale, les valeurs traditionnelles, les coutumes et les convictions idéologiques, et les systèmes généraux d'organisation collective. La vulnérabilité économique a trait aux niveaux des réserves économiques individuelles, communautaires, régionales et nationales, aux niveaux d'endettement et au degré d'accès au crédit, aux prêts et aux assurances. Les individus les moins favorisés par la société, les minorités ethniques, les très jeunes et les personnes âgées et les personnes défavorisées à divers égards se caractérisent par une plus grande vulnérabilité économique vu qu'ils subissent des pertes proportionnellement plus grandes lors des catastrophes et ont une capacité limitée de rétablissement. De même, une économie dépourvue d'une base productive diversifiée est généralement plus vulnérable aux catastrophes climatiques en ce sens qu'elle a moins de chances de se relever d'une catastrophe, ce qui peut entraîner des migrations. Il est possible de réduire la vulnérabilité économique en améliorant l'accès aux infrastructures critiques socioéconomiques de base, y compris les réseaux de communication, les services collectifs et les approvisionnements, les transports, l'eau, l'assainissement et les installations de soins de santé. La vulnérabilité environnementale se réfère à l'ampleur de la dégradation des ressources naturelles. La pollution de l'air et de l'eau et l'inadéquation de l'assainissement aggravent la vulnérabilité. La diminution de la biodiversité, la dégradation des sols, la pénurie d'eau et la mauvaise qualité de l'eau menacent la sécurité alimentaire et la santé. Il faut aussi évaluer la vulnérabilité au niveau individuel. Les effets psychologiques de la survie à des phénomènes climatiques traumatisants peuvent persister longtemps après la cicatrisation des blessures physiques. Cela est particulièrement vrai dans le cas des groupes vulnérables ne disposant que peu ou pas du tout de systèmes de soutien social (par exemple, les personnes âgées

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

vivant dans un isolement social virtuel). Certaines activités humaines peuvent augmenter la vulnérabilité aux changements climatiques et doivent donc être évitées. Par exemple, autoriser les nouvelles constructions résidentielles et commerciales sur les plaines fluviales sujettes aux inondations accroît substantiellement la probabilité de dommages dus aux changements climatiques.

Les systèmes naturels de différents bassins réagiront différemment à des changements climatiques de même degré, ces réactions dépendant dans une large mesure de caractéristiques physio-géographiques, hydrologiques et hydrogéologiques des bassins telles que la quantité d'eau des lacs et d'eaux souterraines stockée dans le bassin. Les vulnérabilités actuelles doivent donc être faites au niveau des bassins. Particulièrement visée est la vulnérabilité aux changements climatiques des infrastructures hydrauliques coûteuses (par exemple barrages, digues, prises d'eau et canalisations) qui doivent servir pendant des dizaines d'années mais ont été conçues sur la base de conditions climatiques immuables. Les écosystèmes sont capables de s'ajuster à un certain niveau de changement dans un processus appelé adaptation autonome. Une question clef est de savoir si la résilience des écosystèmes sera suffisante pour tolérer de futurs changements climatiques anthropogènes très rapides, associés à d'autres facteurs de stress tels que la croissance de la population, les changements des modes de consommation et l'aggravation de la pauvreté. De toute façon, les changements climatiques altéreront le fonctionnement des écosystèmes et leur aptitude à fournir les services dont dépend la société. Les systèmes environnementaux tendent à réagir graduellement aux changements externes jusqu'à ce qu'ils franchissent un seuil ou point de basculement. C'est alors que le changement devient soudain et non plus graduel et risque de causer des dislocations environnementales et sociétales irréversibles, telles que l'extinction d'espèces ou la disparition d'une île. Le changement conduit à une transition vers un nouvel état. Le rythme de changement actuel n'est donc pas un indicateur de la sévérité du changement potentiel. De plus, il y a une forte possibilité que des changements aussi soudains surprennent des sociétés qui avaient été préparées au mieux à une progression graduelle des effets connus.

2.3.4 Évaluations de la vulnérabilité au changement climatique

Les évaluations de la vulnérabilité présente et future sont nécessaires à une adaptation efficace. La vulnérabilité aux conditions actuelles peut généralement être évaluée sur la base des informations déjà disponibles, tandis que les évaluations de la vulnérabilité future exigent une modélisation plus complexe. Les parties prenantes appropriées doivent être associées à l'évaluation de la vulnérabilité, afin d'en améliorer la qualité, et à l'élaboration des mesures d'adaptation, afin de permettre une mise en œuvre efficace.

2.3.4.1 Nouvelle approche du GIEC (AR5) : Evaluation du risque climatique

Le rapport d'évaluation du GIEC (AR5), publié en 2014, a introduit un nouveau concept visant à identifier et évaluer le risque d'impacts du changement climatique. Ce concept a été adopté en s'inspirant des méthodes et des pratiques d'évaluation des risques dans le domaine de la Réduction des Risques de Catastrophes (RRC). Il recoupe donc largement la manière dont les scientifiques et les professionnels de la RRC abordent les risques naturels tels que les tremblements de terre, les inondations ou les glissements

Le concept du risque dans l'AR5 du GIEC a été développé autour du terme central de « **risque** ». Dans ce concept, le risque résulte de l'interaction de la **vulnérabilité**, de l'**exposition** et du **danger** (voir figure ci-dessous). Le risque généré par les impacts du changement climatique

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

résulte de l'interaction des aléas climatiques (dont l'occurrence de tendance et d'événements dangereux) avec la vulnérabilité et l'exposition des systèmes humains et naturels.

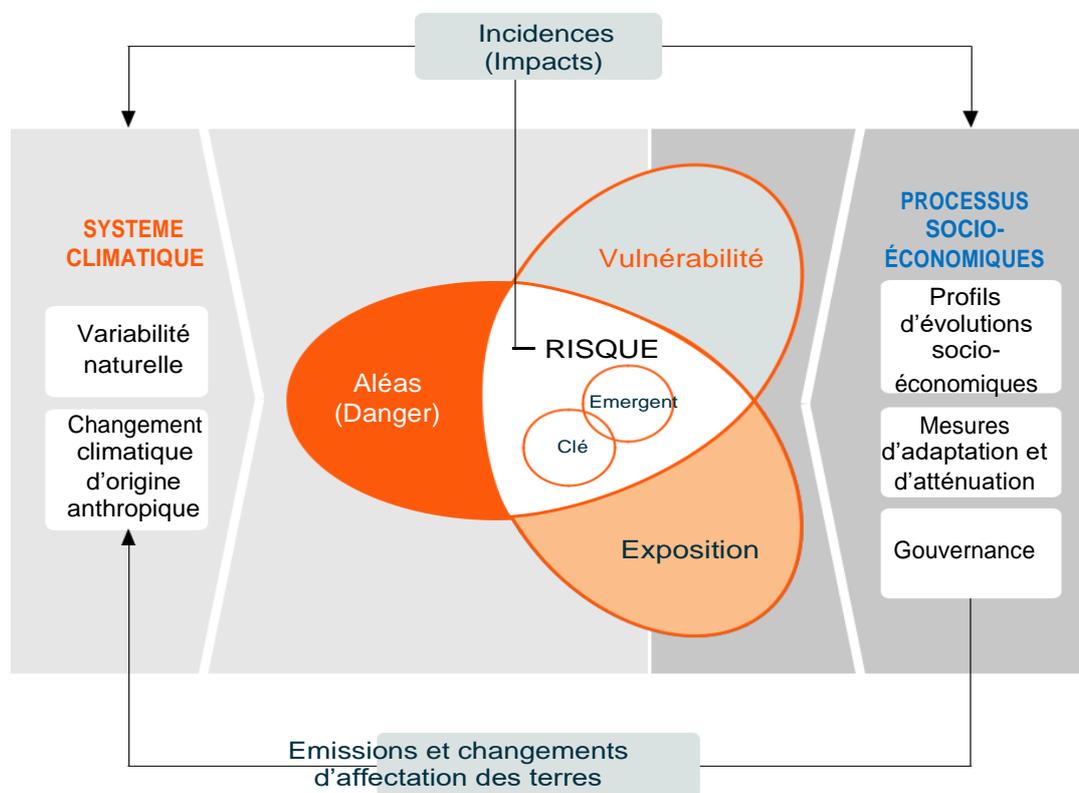


Figure 2 : Illustration des concepts principaux utilisés par le GIEC dans l'AR5

Source : le cinquième Rapport d'évaluation du GIEC (AR5) dans le chapitre « Le changement climatique en 2014 : impact, adaptation et vulnérabilité », publié le 31 mars 2014

Le concept de risque, tel que défini dans l'AR5, est axé sur l'évaluation des conséquences ou d'impacts spécifiques pouvant nuire à un système. La vulnérabilité du système est désormais l'une des trois composantes du risque : Aléas, Exposition et Vulnérabilité. **Les définitions des termes ont donc évolué par rapport à ceux développés dans le 4^{ème} rapport du GIEC, 2007. En particulier, les termes « exposition » et « vulnérabilité » ont maintenant des significations très différentes.**

Par conséquent, l'évaluation est appelée « évaluation du risque climatique » plutôt que « évaluation de la vulnérabilité au changement climatique ».

Néanmoins, même si la terminologie employée pour décrire la vulnérabilité a changé, les hypothèses de base sous-jacentes suivent la même logique. Probablement, c'est ce qui explique que certains experts continuent à utiliser les concepts de l'AR4.

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

Cette nuance doit être précisée pour surmonter les éventuelles compréhensions divergentes dans la communication et l'interaction avec les parties prenantes travaillant sur des thématiques en rapport avec le changement climatique.

2.3.4.2 Approche 1 : Evaluation de la vulnérabilité (AR4)

Selon l'AR4, l'approche d'évaluation de la vulnérabilité au CC des ressources en eau peut être menée en suivant les trois principales étapes suivantes :

- D'abord, les changements climatiques sont intégrés dans l'analyse et la projection des débits en des sources, rivières ou forages. Cette étape permet de projeter les débits en rivière sur une base quotidienne sur l'horizon d'étude.
- À la deuxième étape : analyse exposition-Sensibilité. L'évolution du climat est intégrée dans l'analyse et la projection de la quantité nécessaire d'eau potable pour répondre à la demande des différents secteurs et usagers en donnant priorité aux besoins en eau potable. Des analyses statistiques des consommations historiques permettent d'établir la sensibilité des besoins en eau aux conditions climatiques et d'extrapoler cette sensibilité dans le futur. La croissance de la population, des secteurs socioéconomiques et des écosystèmes combinés à d'autres facteurs qui font varier la consommation en plus des changements climatiques, permet de projeter les besoins futurs sur l'horizon d'étude, encore une fois sur une base quotidienne.
- Enfin, les débits des sources, rivières ou forages et la quantité d'eau nécessaire sont comparés pour identifier les vulnérabilités, selon plusieurs critères intégrants, entre autres, la capacité des infrastructures en place ainsi que les débits écologiques des rivières. L'identification des vulnérabilités permet de déterminer s'il est pertinent d'envisager des mesures d'adaptation au changement climatique à mettre en œuvre, pour les bassins versants ou les communes.

2.3.4.3 Approche 2 : Evaluation du risque climatique (approche de l'AR5 du GIEC)

L'approche adoptée actuellement par le GIEC et dénommée : Evaluation du risque climatique. Elle est récapitulée dans l'encadré suivant :

Encadré 2 : la nouvelle approche d'Evaluation du risque climatique du GIEC (AR5)

L'AR5 suggère un nouvel enchaînement d'étapes de travail par rapport à l'AR4 en 5 étapes :

➤ **Etape 1 : Identifier les impacts et les risques climatiques**

Quels sont les principaux impacts et les principaux risques climatiques qui affectent le système concerné ?

➤ **Etape 2 : Déterminer le danger et les impacts immédiats**

Quels sont les tendances ou phénomènes dangereux liés au climat et leurs impacts physiques qui posent un risque pour votre système ? Quels impacts intermédiaires relient le danger et le risque ?

➤ **Etape 3 : Déterminer la vulnérabilité**

Quelles caractéristiques du système contribuent au risque ?

➤ Etape 4 : Déterminer l'exposition

Quels facteurs déterminent l'exposition ?

➤ Etape 5 : Conduire une réflexion collective sur les mesures d'adaptation (optionnelles): Stratégie d'adaptation

Quelles mesures pourraient contribuer à réduire la vulnérabilité et/ou l'exposition au sein du système en question ?

2.4 Stratégies et mesures d'adaptation

Les stratégies et mesures d'adaptation doivent être fondées sur les résultats des évaluations de la vulnérabilité ainsi que sur les objectifs de développement, les considérations des parties prenantes et les ressources disponibles. Si l'on ne dispose que de peu ou pas d'informations pour des évaluations structurées de la vulnérabilité, l'adaptation doit être fondée sur les informations générales disponibles associées aux connaissances des experts et aux connaissances locales.

Les stratégies d'adaptation efficaces sont un mélange d'instruments structurels et non structurels, d'instruments réglementaires et économiques et de mesures d'éducation et de sensibilisation pour faire face aux effets à court, à moyen et à long terme des changements climatiques. Étant donné l'incertitude associée aux changements climatiques, des mesures gagnant-gagnant, zéro regret et faible regret doivent être choisies en priorité. Il est nécessaire d'adopter une approche intersectorielle lors de la formulation et de l'évaluation des options. À cet égard, l'EES est un instrument utile.

3 RISQUES CLIMATIQUES AU NIVEAU DES 15 BV DU PROJET : ENJEUX ENUMERES AU COURS DE L'ELABORATION DE LA CARTOGRAPHIE DES ZONES VULNERABLES

Les « enjeux » peuvent être interprétés comme les défis fondamentaux de gestion de l'eau qui doivent être relevés par le comité GIRE, comme organisme de base responsable de la gestion de bassin versant et ses partenaires locaux et régionaux. Les enjeux, c'est aussi ce que l'on risque de perdre si on laisse la situation actuelle se perpétuer ou de gagner si on effectue les corrections appropriées.

L'établissement des cartes des zones vulnérables au CC dans le Livrable 5.2 s'est focalisé sur l'analyse de 3 enjeux :

- Enjeux liés au bilan hydraulique face à des étiages sévères
- Enjeux liés à la continuité et à la qualité du service d'eau face à des pluies intenses
- Enjeux liés à l'intrusion marine

3.1 Enjeux liés au bilan hydraulique face à des étiages sévères

Les bilans hydrauliques futurs sont déterminés par la différence entre les projections des ressources en eau dans un contexte de changement climatique (étiages plus sévère, évaporation plus importante...) et les projections de la demande en eau sur chacun des réseaux.

C'est ainsi que l'évaluation du niveau de la vulnérabilité des systèmes d'alimentation en eau potable (SAEP) à un étiage plus sévère, est faite comme suit :

Niveau de vulnérabilité à un étiage prononcé	Bilan
SAEP faiblement vulnérables	Si le bilan reste positif avec un reliquat supérieur à 30 % de la demande même si le débit d'étiage moyen est réduit de 20 %
SAEP moyennement vulnérables	Si le bilan reste positif avec un reliquat supérieur entre 0 et 30 % de la demande même si le débit d'étiage moyen est réduit de 20 %
Bassins fortement vulnérables à un étiage prononcé	Si le bilan devient négatif si le débit d'étiage moyen est réduit de 20 %

Les cartes suivantes présentent le niveau de vulnérabilité des zones du projet à une période sèche plus longue et un étiage plus sévère :

Renforcement de la résilience climatique de l’approvisionnement en eau potable et d’irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l’Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d’action

Sous-livrable 5.4 : Plans d’action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

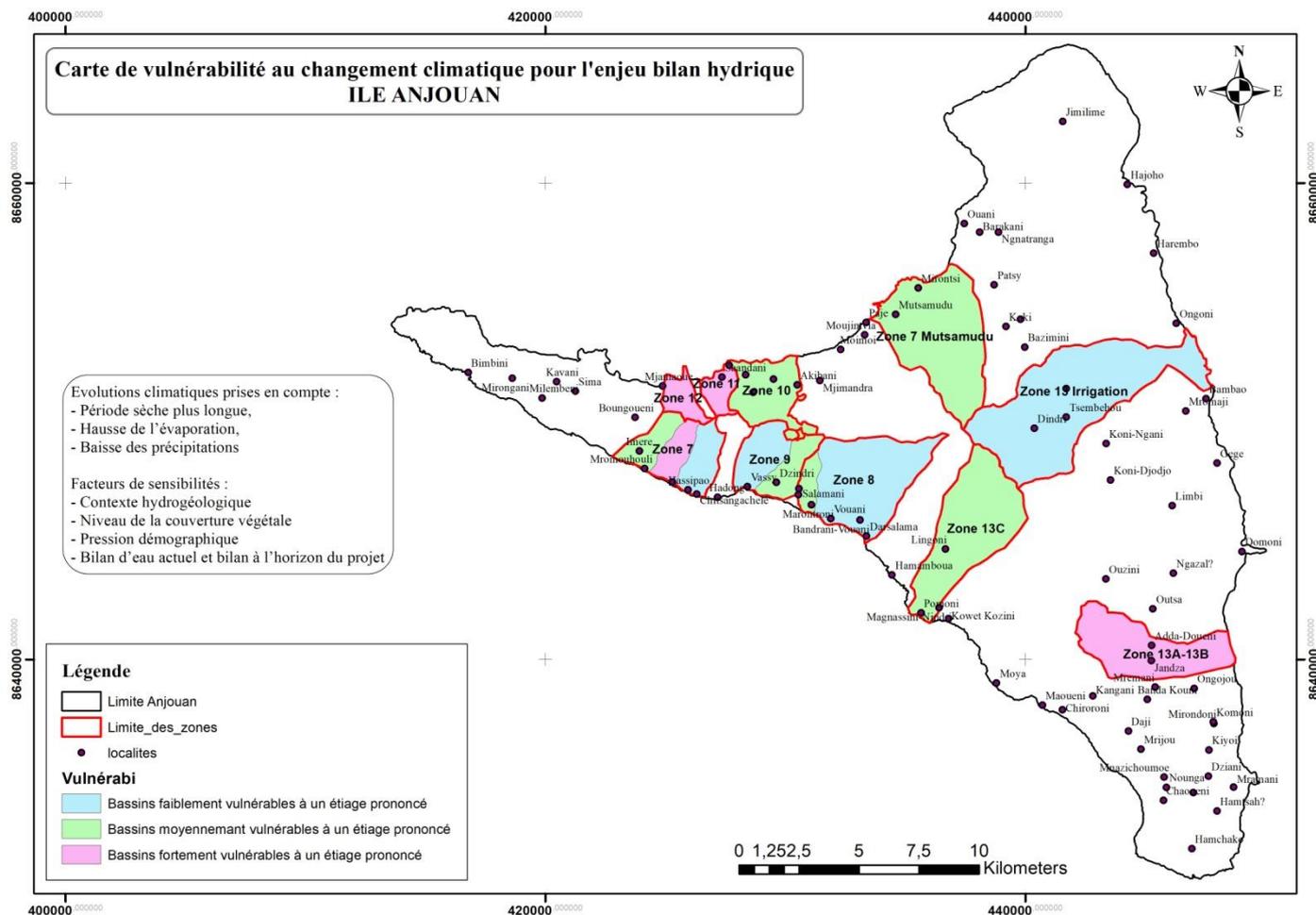


Figure 3 : Vulnérabilité à un étiage sévère – Zones à l’Ile d’Anjouan

Sur les 13 zones et sous zones de l’Iles d’Anjouan :

- 4 zones sont fortement vulnérables à un étiage prononcé,
- 5 zones sont moyennement vulnérables à un étiage prononcé,
- 4 zones sont faible vulnérables à un étiage prononcé

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

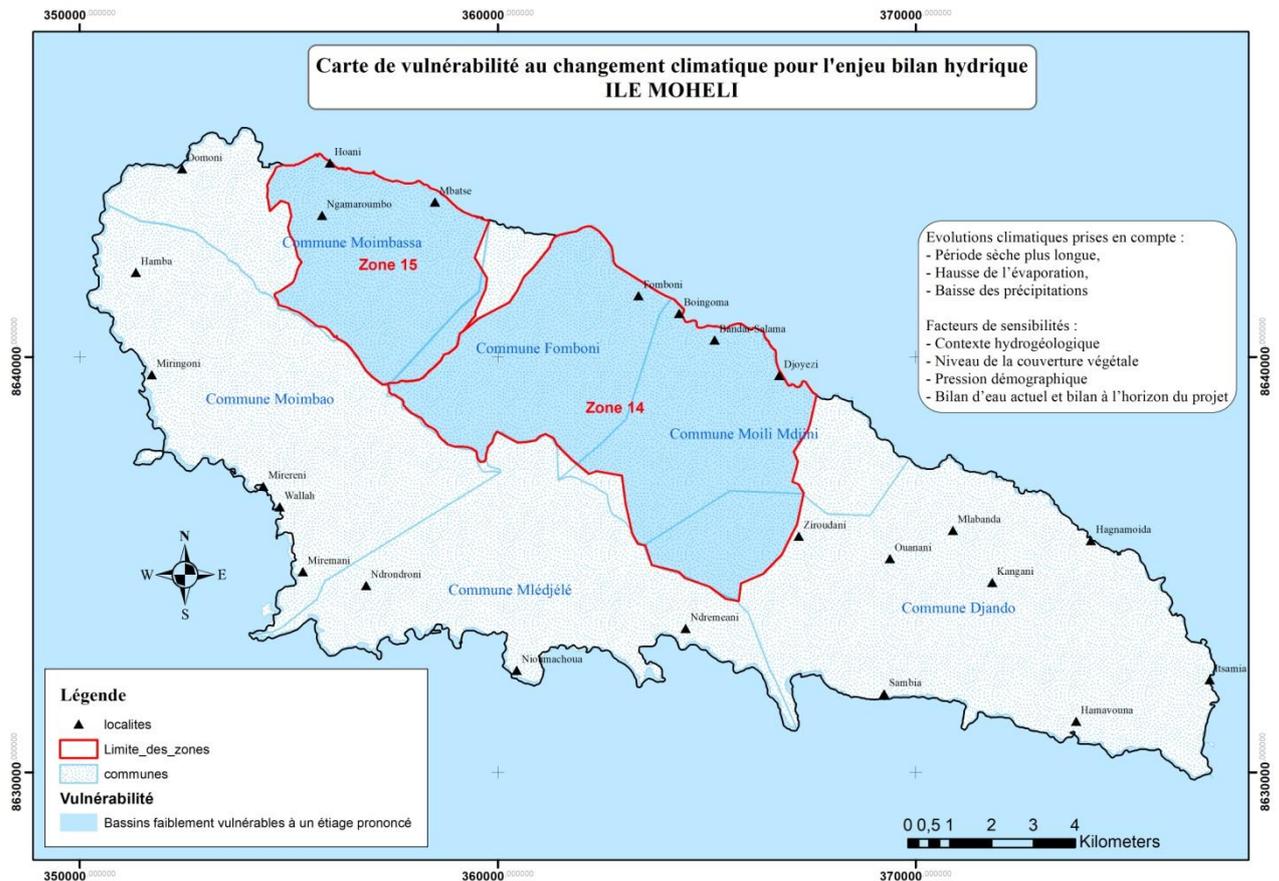


Figure 4 : Vulnérabilité à un étiage sévère – Zones à l'île de Mohéli

L'ensemble des zones du projet au niveau de l'île de Mohéli sont classées comme des zones faibles vulnérables à un étiage prononcé.

3.2 Enjeux liés à la continuité et à la qualité du service d'eau face à des pluies intenses

3.2.1 Les impacts des aléas climatiques sur le service d'eau

Un service d'eau durable comprend plusieurs composantes : la mobilisation de la ressource en eau (par captage ou pompage), le traitement, le stockage puis la distribution d'eau potable aux usagers du territoire considéré. L'eau distribuée doit être en quantité et en qualité suffisantes et à un coût abordable. Elle doit être accessible à tout moment où l'on en a besoin. Le niveau de service est dépendant du contexte, des besoins et des moyens techniques et financiers. Le service est vulnérable aux modifications de la disponibilité et de la qualité des ressources en eau, décrits dans la partie précédente, ainsi qu'à d'autres aléas climatiques.

La nature des risques ainsi que le degré de vulnérabilité du service vis-à-vis de ces risques doit être considéré dès la conception d'un système d'approvisionnement en eau afin d'adapter le choix des équipements et leur dimensionnement au contexte et assurer la durabilité de son fonctionnement.

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

Les principaux impacts des différents aléas climatiques peuvent se classer à travers trois types d'impacts :

1. Impacts sur la consommation spécifique, qui correspond aux volumes d'eau moyens consommés chaque jour par usager et qui influe sur le prélèvement d'eau et la durée de fonctionnement du service d'alimentation en eau potable ;
2. Impacts sur les infrastructures et équipements, dont l'état de marche garantit le fonctionnement du service et sa durabilité, ainsi que le rendement des réseaux. La baisse de la durée de vie utile des ouvrages peut remettre en cause des projections de rentabilité économique attachées au dimensionnement de ces derniers ;
3. Impacts sur la qualité du service, qui s'évalue par rapport à la qualité de l'eau distribuée et la disponibilité du service (potabilité de l'eau distribuée, continuité de l'approvisionnement en eau, pression disponible au niveau des points de distribution).

Ces trois types d'impacts sont évidemment interconnectés mais permettent d'être aisément reliés à des indicateurs de suivi.

3.2.2 Vulnérabilité à une pluie intense

L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des pluies, provoque des crues et des inondations qui impactent :

- la qualité des eaux captées : augmentation de la turbidité et pollution éventuelle par le lessivage des intrants chimiques, agricoles ou autres,
- La stabilité et la fonctionnalité des infrastructures d'alimentation en eau potable notamment les infrastructures aériennes et exposées aux ruissellements des eaux de pluie : Captage des eaux de ruissellement, conduites aériennes traversant des écoulements, ouvrages sur le réseau non protégés des inondations...

Afin d'analyser le niveau de vulnérabilité des bassins versant des captages, nous avons considéré principalement le paramètre pente du terrain et le niveau de couverture végétale des sols.

C'est ainsi que pour les pentes deux classes sont définies :

- Pente de 0 à 25% : pente faible ;
- Pente > 25% : pente forte.

La couverture végétale protège le sol, elle est considérée comme la première instruction contre l'érosion et influence considérablement l'écoulement de surface. La couverture végétale assure deux principales fonctions :

- 1- Interception d'une partie des eaux de pluie afin de les restituée à l'atmosphère par l'évapotranspiration
- 2- Retardement du ruissellement et atténuation des crues

La couverture végétale des sols est évaluée à partir de traitement des images satellitaires. Les classes suivantes sont délimitées :

- Sol bien couvert (Forêt ou agroforesterie dense) ;
- Sol moyennement couvert ;
- Sol faiblement couvert.

Renforcement de la résilience climatique de l’approvisionnement en eau potable et d’irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l’Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d’action

Sous-livrable 5.4 : Plans d’action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

Les classes de vulnérabilité des sols à une pluie intense sont déterminées par la superposition de ces deux paramètres, moyennant la matrice suivante :

Occupation du sol	Pente	Vulnérabilité
Terre dégradée	Forte	Fortement vulnérable
Forêt moins dense	Forte	Moyennement vulnérable
Forêt dense	Forte	Faiblement vulnérable
Forêt moins dense	Faible	Moyennement vulnérable
Forêt dense	Faible	Faiblement vulnérable
Terre dégradée	Faible	Fortement vulnérable

Les cartes suivantes présentent les niveaux des vulnérabilités des sols des bassins versant d’alimentation des captages et des infrastructures d’AEP à une pluie intense.

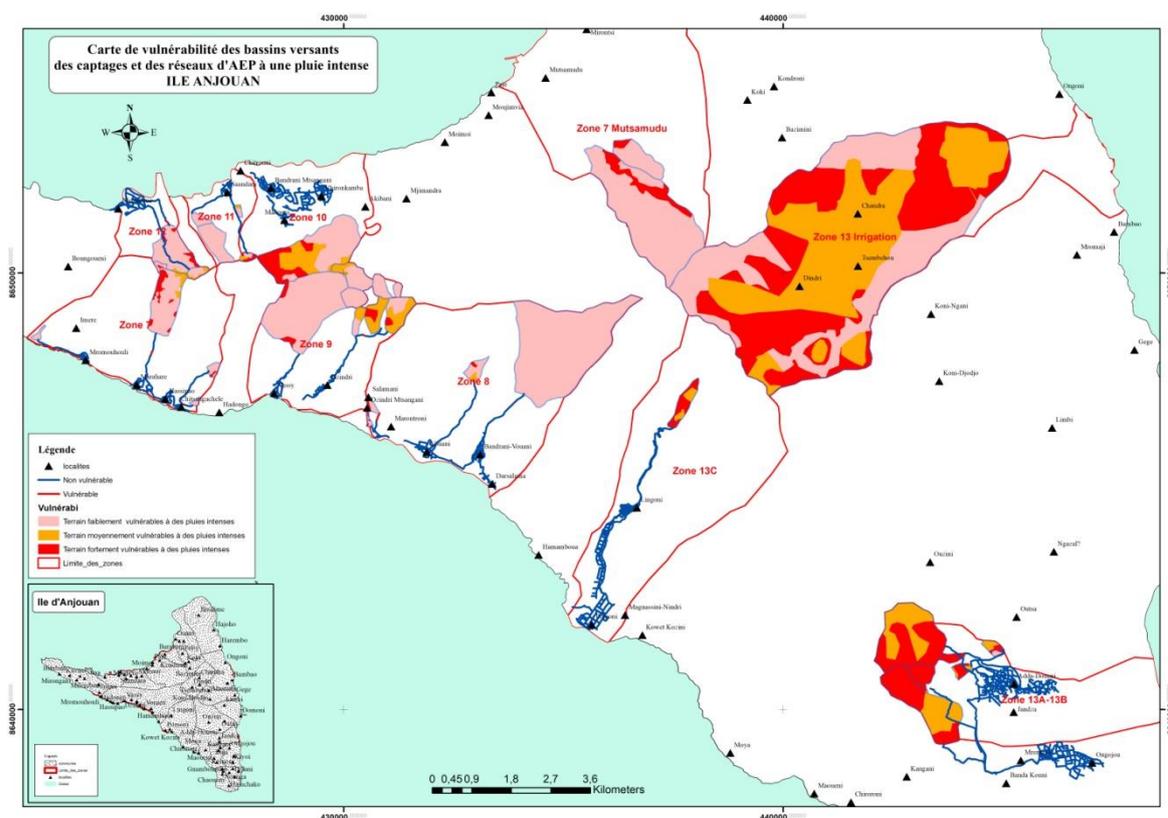
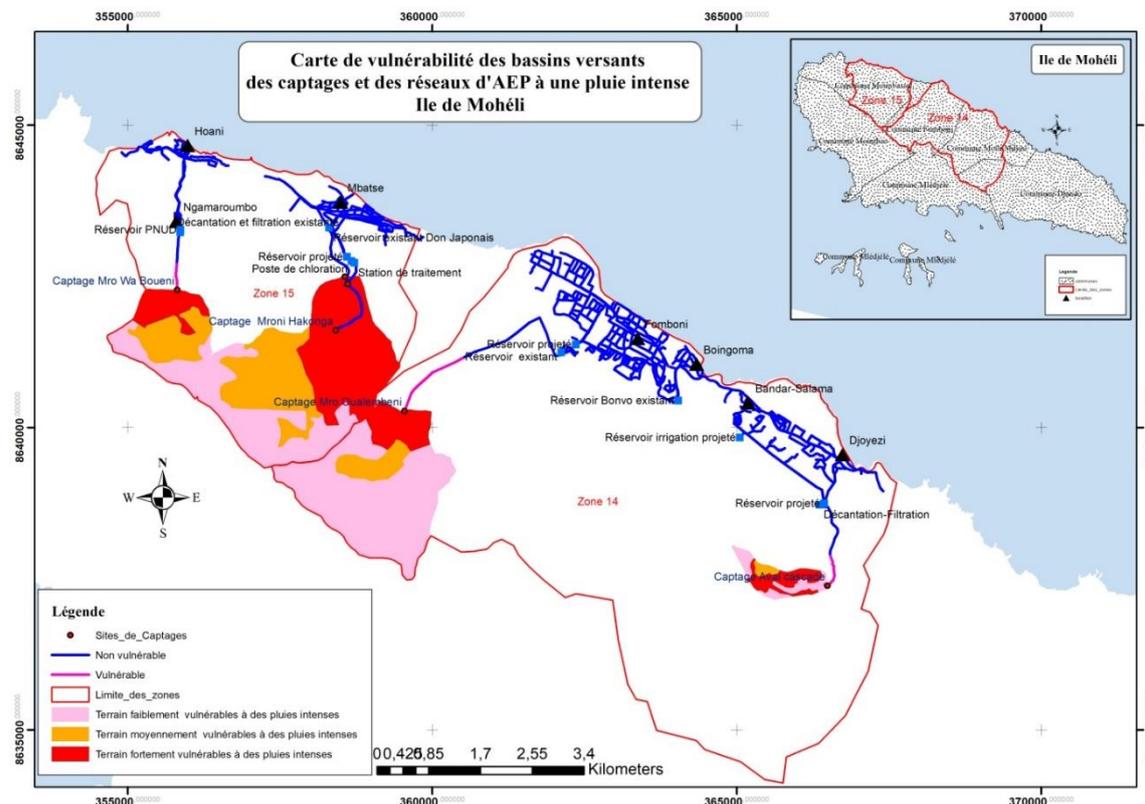


Figure 5 : Vulnérabilité à une pluie intense – Ile d’Anjouan

Renforcement de la résilience climatique de l’approvisionnement en eau potable et d’irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l’Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d’action

Sous-livrable 5.4 : Plans d’action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique



3.3 Enjeux de l’intrusion marine

La montée du niveau marin peut provoquer ou accentuer l’intrusion marine aux niveaux des îles et des zones littorales. Parmi les îles de l’Union des Comores, c’est la Grande Comore, qui exploite les eaux souterraines de la nappe de base pour l’alimentation en eau potable.

L’ensemble de la zone côtière de la Grande Comore est fortement vulnérable à l’intrusion des eaux marines, sauf quelques zones qui reçoivent plus de pluie et présentent une géomorphologie spécifique la protégeant relativement du phénomène d’intrusion marine. C’est principalement le bassin Bambao-Hambou (Mdé, Vouvouni, Séléa, Mitsoudjé, et Chouani) sur la côte ouest qui reçoit beaucoup des pluies et qui dispose de structures volcaniques (cônes volcaniques, dykes) qui jouent le rôle de barrière contre la pénétration de l’eau de mer

La carte suivante présente un niveau de vulnérabilité assez élevé pour l’ensemble de la zone côtière de la Grande Comore, sauf la zone de Bambao-Hambou (Mdé, Vouvouni, Séléa, Mitsoudjé, et Chouani) qui dispose des structures volcaniques (cônes volcaniques, dykes) qui jouent le rôle de barrière contre la pénétration de l’eau de mer et qui reçoit beaucoup plus de pluie.

Renforcement de la résilience climatique de l’approvisionnement en eau potable et d’irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l’Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d’action

Sous-livrable 5.4 : Plans d’action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

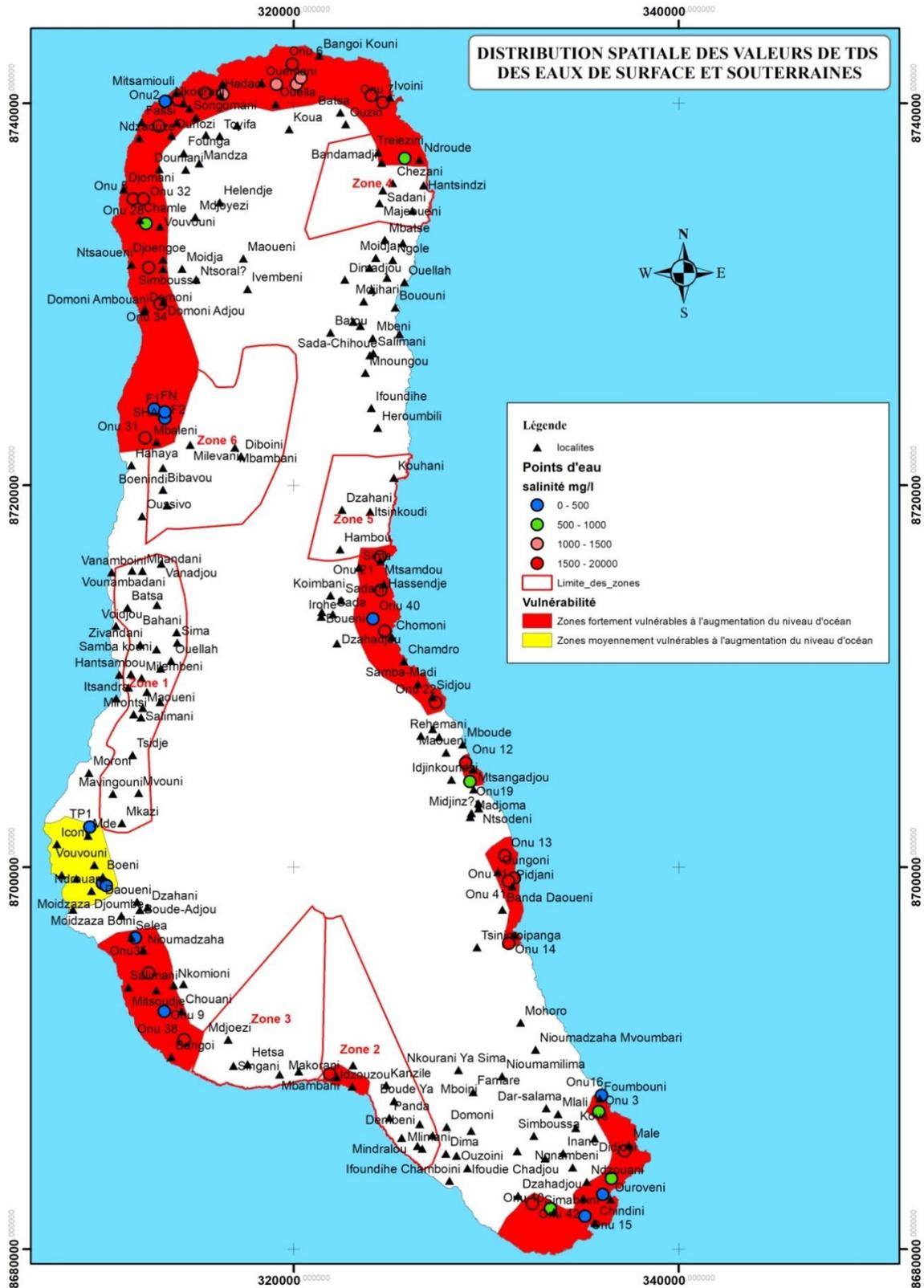


Figure 7 : Niveau de vulnérabilité à l'intrusion marine – Grande Comore

4 LES PLANS D'ACTION 2023-2027

4.1 Objectifs des Plans d'actions et principes d'intervention

Dans la perspective de réduire les risques climatiques affectant les 15 zones du projet AR2C, les Plans d'actions de réduction des risques climatiques fournissent les activités à entreprendre au niveau des bassins versants dans les cinq années qui viennent (2023-2027) pour répondre aux enjeux de vulnérabilité climatique tels qu'ils ont été établis dans le rapport 5.2 portant sur **l'étude cartographique des zones vulnérables aux risques climatiques au niveau des 15 zones du projet**. On rappelle que ce rapport a cartographié les zones vulnérables au CC selon 3 types d'enjeux :

- Enjeux liés au bilan hydraulique face à des étiages sévères ;
- Enjeux liés à la continuité et à la qualité du service d'eau face à des pluies intenses ;
- Enjeux liés à l'intrusion marine.

Ces enjeux sont les défis fondamentaux de gestion de l'eau qui doivent être relevés par les Plans d'action de réduction des risques climatiques.

4.1.1 Objectif global

L'objectif global des plans d'actions est « *la réduction des risques climatiques affectant la gestion intégrée des ressources en eau au niveau des 15 bassins du projet AR2C à l'horizon 2027* »

4.1.2 Objectifs spécifiques

L'atteinte de cet objectif global sera tributaire de la réalisation des objectifs spécifiques suivants :

- Objectif spécifique 1 : Améliorer les connaissances scientifiques et de terrain ;
- Objectif spécifique 2 : Réduire la vulnérabilité liée aux enjeux de la disponibilité en eau face à des étiages sévères
- Objectif spécifique 3 : Réduire la vulnérabilité liée à l'enjeu de la continuité et de la qualité du service d'eau face à des pluies intenses ;
- Objectif spécifique 4 : Réduire la vulnérabilité à l'intrusion marine.

4.1.3 Les principes d'intervention

Pour maîtriser ou réduire les risques climatiques affectant les ressources en eau au niveau des bassins versants, chaque action, en particulier lorsqu'elle est structurante, devra être envisagée au regard des principes préalables suivants :

4.1.3.1 **Réfléchir à l'économie d'eau dès le lancement du processus de mobilisation des ressources en eau**

Face aux risques de disponibilité de l'eau en quantité et en qualité toute l'année, la stratégie d'adopter des techniques d'économie d'eau doit démarrer avec l'installation même des réseaux

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

d'AEP ou à l'occasion de leur réhabilitation. Dans la gestion des systèmes d'eau, la priorité passe par les économies d'eau, la lutte contre son gaspillage et l'optimisation de son usage. A l'échelle mondiale, ces pratiques ont montré leur efficacité. Il convient de les adopter aux Comores et d'amplifier ces démarches pour gérer les équilibres Ressources/Besoins en eau. Lorsque celles-ci s'avèrent insuffisantes pour assurer cet équilibre, les solutions de mobilisation de nouvelles ressources peuvent être envisagées ; cette situation se retrouvant le plus souvent lorsque l'effort de réduction des consommations d'eau dépasse 30%.

4.1.3.2 Eviter la mal-adaptation

La littérature définit la mal-adaptation comme « une situation où la vulnérabilité aux aléas climatiques se trouve paradoxalement accrue ». Il est tout d'abord primordial d'éviter le piège qui consisterait à retenir des mesures « trompe-l'œil » qui conduiraient au final à l'effet contraire de celui recherché et donc à une mal-adaptation. Ce principe doit rester un point de vigilance permanent à l'échelle des bassins versants.

4.1.3.3 Préserver les potentialités actuelles et futures des ressources et des milieux

Une première source d'adaptation consiste à conserver, en premier lieu, les potentialités actuelles des ressources et des milieux, pour ne pas restreindre, dès le départ, les marges de manœuvre pour le futur. C'est en particulier le cas des ressources stratégiques pour l'alimentation en eau destinée à l'eau potable

4.1.3.4 Se doter d'ambitions reconnues et partagées

L'effort attendu, pour réduire la vulnérabilité, doit être affiché avec un niveau minimum d'ambition, afin de ne pas tomber dans « la demi-mesure ». En effet, pour répondre à l'ensemble des enjeux, à court, moyen ou long termes, certaines adaptations pourront être exigeantes et coûteuses. Mais, elles feront l'objet d'un accord entre les parties pour fixer l'intensité et les échéances à atteindre, le plus souvent par paliers (nombre, hauteur et niveau de « marches » à franchir).

4.1.3.5 Adopter le raisonnement économique

Tout investissement nouveau visant l'adaptation au changement climatique au niveau de ces BV devrait faire l'objet d'une analyse économique pour s'assurer de sa pertinence et de son efficacité dans la durée. Des projections à long terme - au moins 40 ans pour les équipements les plus structurants - nécessitent d'être menées afin de s'assurer de la rentabilité d'un aménagement en fonction de son niveau d'utilisation et de la disponibilité de la ressource (capacité de remplissage d'une retenue de stockage, fréquence de remplissage ...).

4.1.3.6 Explorer l'univers du possible et privilégier la combinaison de mesures

Parmi les différentes pistes d'actions envisageables, aucune solution n'est à écarter a priori. Les pistes doivent être évaluées selon leurs mérites relatifs, tant en termes économique qu'environnemental, et probablement souvent envisagées ensemble. L'association des mesures pourra se faire selon une combinaison à différents pas de temps ou échelles spatiales.

4.2 Les activités des Plans d'actions

Les actions à mettre en place peuvent être considérées comme minimales et « sans regret » et nécessitent donc d'être largement déployées en particulièrement dans les 15 zones considérées

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

comme étant les plus vulnérables du pays. Sur ces zones, il est nécessaire de procéder à des **actions fortes d'adaptation** au CC consistant en des **mesures structurantes** permettant de mettre en application les documents d'adaptation au CC tels que PSSE avec des **actions pilotes** permettant de faire « tâche d'huile » avec l'effet d'entraînement que cela pourra avoir dans un milieu rural conservateur et difficilement perméable à tout changement s'il ne voit le bénéfice qu'il peut en tirer.

Il ne faut pas perdre de vue que ces mesures doivent être bâties sur la base d'une co-construction avec un esprit participatif affirmé, tenant compte de manière pragmatique de toutes les contraintes socio-économiques liées en particulier à l'utilisation de l'eau à des fins d'AEP, d'hygiène ou d'irrigation.

4.2.1 L'amélioration des connaissances

Les mesures de connaissance sont transversales à tous les enjeux. Elles permettent de préciser la pertinence des actions plus opérationnelles, de les ajuster et donner un cadre minimal à leur évaluation. Enrichie en permanence, la connaissance contribue à l'anticipation des problèmes et évite la mal-adaptation.

En dehors de l'amélioration des connaissances des écosystèmes (pluviométrie, hydrométrie, piézométrie, marnage côtier, qualités physico-chimiques et bactériologiques des eaux ...), la connaissance des effets des CC doit être approfondie particulièrement en coopération avec la Commission de l'Océan Indien (COI), en particulier aux échelles plus locales.

Il est essentiel de se donner les moyens d'effectuer un suivi des mesures à intervalles réguliers particulièrement des données hydro-climato-océaniques afin de mesurer leurs effets.

4.2.1.1 Approfondir et partager les expertises

Il s'agit de développer le dialogue entre experts scientifiques (Chercheurs universitaires) et gestionnaires de réseaux (suivi hydro-climatologique, piézométrique, océanique, écologique, qualitatif ...), associations, acteurs agricoles...

Il faudrait également cibler les connaissances à approfondir en particulier au niveau climatologique (pluviométrie, évaporation, température...), hydrologique (crues avec les hauteurs dans les cours d'eau et leurs débits), piézométrique (niveau, gradients...), écologique (faune et flore), physico-chimique et bactériologique. Ces connaissances doivent être développées aussi bien en niveau quantitatif que qualitatif.

Mais toutes ces connaissances, pour qu'elles soient valorisées de façon optimale, doivent être diffusées à une échelle la plus large notamment à travers une plateforme à libre accès (qui est prévue pour être mise en place au cours de la présente étude).

Elles feront l'objet de rapports périodiques affinant les bilans de la connaissance sur les incidences du changement climatique sur les ressources en eau ainsi que les scénarios prospectifs d'évolution des bassins sur l'offre de la demande en eau.

En synthèse de ces bilans, une évaluation économique et sociale des différentes options d'adaptation au CC doit être élaborée.

4.2.1.2 Consolider les dispositifs d'observation

La construction, la consolidation et le partage des banques de données nationales sur l'état des lieux des milieux aquatiques et les usages (les prélèvements en particulier) doivent être parmi les premières priorités.

Des missions homogènes d'observation à l'échelle du bassin doivent être conduites permettant un suivi récurrent et pérenne de la quantité d'eau, du climat et de la qualité de l'eau. Il permettra de renforcer la capacité de vigilance et d'alerte. Par une actualisation régulière des connaissances, il est possible de favoriser la cohérence des actions.

Une des actions que nous supposons d'une urgence absolue est la mise en place de façon systématique des compteurs d'eau.

4.2.1.3 Réaliser des études de Modélisation des nappes

Ces études permettront de représenter schématiquement les nappes cibles dans le but de comprendre et d'expliquer son fonctionnement mais également de prévoir son comportement. La modélisation numérique (ou au moins conceptuelle⁴), à l'aide d'un programme informatique, permettra de retranscrire l'écoulement des eaux souterraines, comprendre le phénomène de recharge et, éventuellement, la migration de la salinité et des polluants dans l'aquifère.

Les modèles numériques sont utilisés en tant que :

- **Outil de compréhension** : les modèles permettent d'organiser, de confronter et d'exploiter numériquement les données collectées sur un site d'étude, dans le but de comprendre et de quantifier le fonctionnement de l'aquifère. Il est ainsi possible d'identifier les zones en déficit d'information (qui pourront être investiguées) et les zones à surveiller
- **Outil de gestion et de prédiction des ressources et/ou de la qualité des eaux** : les modèles sont largement utilisés pour prédire l'influence de pompages, estimer l'impact d'aménagements (Infrastructure d'irrigation, parois de rivière moulées, drains...) sur les niveaux d'eau dans les nappes et sur les débits dans les cours d'eau, prévoir l'évolution de pollutions ou intrusion marine (trajectoires, temps de transfert, concentrations) ou encore, à partir d'un modèle de gestion validé, aider au dimensionnement de schémas de gestion et/ou évaluer les conséquences des changements climatiques sur les ressources en eau

4.2.1.4 Sensibiliser, mobiliser, fédérer les acteurs

L'adoption de nouvelles pratiques efficaces vis-à-vis du CC dans l'aménagement et la gestion des ressources au niveau des bassins versants a besoin d'un effort de sensibilisation et de mobilisation des acteurs pour accompagner le processus de changement de comportement et d'attitudes à initier. Pour cela, le plan d'action prévoit de procéder de la façon suivante (sans que la liste ne soit exhaustive) :

- Organiser des événements réguliers pour diffuser les connaissances acquises et favoriser le partage d'expériences ;

⁴ Selon WikiHydro, « un modèle conceptuel » est un modèle visant à représenter le fonctionnement d'un système à l'aide d'un concept simple, choisi plus ou moins a priori et ne reposant pas sur les lois physiques régissant les processus concernés.

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

- Mettre en place des formations ciblées envers les différentes catégories de publics ;
- Mettre à disposition les résultats sous une forme vulgarisée pour le plus large public.

4.2.2 Réduire la vulnérabilité liée à l'enjeu de la disponibilité en eau face à des étiages sévères

Face aux incidences du CC sur les déséquilibres quantitatifs superficiels en situation d'étiage, la vulnérabilité est déterminée par la tendance à la baisse des débits d'étiage, croisée avec l'augmentation des prélèvements actuels sur la ressource superficielle (cours d'eau et sources d'eau de l'amont), dus à la croissance des besoins et pour tenir compte des transferts interbassins.

Des mesures d'adaptation des usages et des demandes en eau seront à mettre en œuvre dans les bassins les plus vulnérables en priorité. **Trois stratégies d'adaptation peuvent être envisagées :**

- **Les économies d'eau :** c'est la principale réponse face à la pénurie. Néanmoins d'autres actions peuvent être recherchées : techniques (réduction des gaspillages et des fuites, recyclages...), financières (tarification adaptée) et surtout à un changement des pratiques (remplissage des piscines, techniques d'irrigation, assolements agricoles...) ;
- **L'allocation de la ressource pour la satisfaction les différents usages et du milieu** avec une certaine rigueur reposant sur la transparence de l'information, la concertation et des règles et des contrôles forts ;
- **L'optimisation dans la gestion des ouvrages** surtout les réservoirs artificiels (allant des retenues aux petits réservoirs d'AEP) et ce pour répondre à la demande (la quantité qu'il faut au moment qu'il faut).

En un mot, il faudrait changer le paradigme de la gestion de l'offre (mobiliser toujours plus d'eau) par celui de la gestion de la demande (maîtriser les besoins).

4.2.2.1 Optimiser les usages domestiques de l'eau potable et de l'assainissement

Nous citerons le panel des mesures appliquées avec succès dans des pays où le stress hydrique est des plus menaçants :

- Mettre en œuvre les Plans de sécurité et de Sûreté de l'eau (PSSE) y compris la composante amélioration de l'efficacité des réseaux d'AEP ;
- Augmenter la recharge par des travaux de conservation en eau et en sol (CES).
- Inventorier les sites favorables à un stockage des eaux de crues en vue d'une régularisation saisonnière
- Sécuriser les approvisionnements pour satisfaire l'usage de l'eau destinée à la consommation humaine en privilégiant la diversification (plusieurs modes d'approvisionnement : sources pérennes, cours d'eau, forages d'eau, citernes d'eau pluviale...) ;
- Développer des solutions alternatives économiquement acceptables à l'utilisation de l'eau potable en période de pénurie (limiter l'arrosage des espaces verts, le nettoyage des rues...)

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

- Généraliser les systèmes économiseurs d'eau au niveau des ménages

4.2.2.2 Optimiser les usages économiques de l'eau -agriculture, tourisme, énergie

Les activités à mettre en œuvre peuvent être synthétisées comme suit :

- Augmenter l'efficacité de l'irrigation et généraliser l'utilisation des systèmes goutte à goutte ;
- Généraliser le pilotage de l'irrigation des cultures fortement consommatrices d'eau ;
- Soutenir économiquement les cultures pluviales au détriment des cultures irriguées ;
- Introduire les impacts du CC dans tout nouveau projet intéressant la ressource en eau (dimension de l'ouvrage, réponse dans les conditions de pénurie...)
- Encourager les hôteliers et industriels à disposer de leurs ressources propres en creusant des puits ou des forages

4.2.2.3 Renforcer la résilience des systèmes forestiers et agroforestiers des bassins versants

En rappelant que la vulnérabilité est déterminée par la baisse attendue des débits d'étiage, croisée avec l'existence de zones forestières et agroforestières d'intérêt. L'augmentation de la résilience de ces milieux passe par accroître leurs capacités d'adaptation. Cette stratégie passe par différents niveaux d'action, en fonction de l'état actuel des milieux :

- la préservation, pour les milieux qui ont conservé la majeure partie de leurs fonctionnalités et qui sont soumis à des pressions faibles. Il s'agit d'opter pour une attitude de non dégradation ;
- la protection, pour les milieux qui font l'objet de pressions significatives. Des mesures de maîtrise ou de réduction de ces pressions seront alors nécessaires ;
- la promotion d'une agroforesterie rustique intégrée aux écosystèmes endémiques et appropriées aux caractéristiques physiques et climatiques de chaque bassin **favorisant la rétention et la ré-infiltration d'eau** ;
- la restauration, pour les milieux dégradés. Dans une perspective de reconquête, ces milieux feront l'objet de mesures de restauration, en réduisant fortement les pressions identifiées, voire en les supprimant.

Spécifiquement au plan d'action 2023-2027, les activités à mettre en œuvre porteront sur ce qui suit :

- Encourager le développement d'une agroforesterie conservatrice en eau et en sol et moins dépendante en eau ;
- Diffuser et vulgariser les itinéraires techniques permettant de s'adapter aux pénuries d'eau ;
- Promouvoir le reboisement par les essences forestières favorisant la ré-infiltration et replanter les espaces déboisées illégalement ;
- Restaurer l'hydrologie fonctionnelle, la connectivité et la morphologie des cours d'eau (zones de débordement, connexions latérales, recharge des nappes alluviales...).

4.2.3 Réduire la vulnérabilité liée à l'enjeu de la continuité et de qualité du service d'eau face à des pluies intenses

4.2.3.1 Mise en place d'un système d'information sur la vigilance météorologique et hydrologique

L'information sur la vigilance météorologique et hydrologique devrait être mise à la disposition des médias, des autorités et services de sécurité qui doivent mobiliser les ressources humaines et matérielles nécessaires afin d'alerter la population et limiter les dégâts d'une éventuelle inondation.

L'évolution de la situation s'accompagnera d'une large diffusion de bulletins de suivi ; ces bulletins actualisés régulièrement, rendent compte de l'évolution du phénomène au cours de sa progression.

Pour faire face à aux risques générés par une inondation, la mise en œuvre du PNSSE et des PSSE devrait permettre la mise en place de procédures d'exploitation des systèmes d'AEP qui se déclenchent systématiquement pendant les périodes d'inondation couvrant les zones sinistrées au niveau des îles.

Certaines mesures d'anticipation devraient permettre aux PSSE d'anticiper sur les impacts négatifs d'une perturbation importante du service d'AEP suite à une inondation :

- Maintenance/réparation/optimisation du système d'eau ;
- Augmentation du stockage principal ou alternatif pour répondre à plus de demande en cas de défaillance de la ressource principale sous l'impact d'une inondation ;
- Mise en œuvre du Plan de Gestion des Ressources en Eau (PGRE) qui prévoit des actions pour la gestion des inondations ;

La situation post-crise doit être également examinée de façon attentive afin d'en tirer les leçons pour l'avenir.

- Préserver et restaurer les capacités d'écoulement naturel des cours d'eau et les champs d'expansion des crues ;
- Maîtriser l'urbanisation et désimpermeabiliser les sols pour ne pas aggraver les risques ;
- Lorsque cela s'impose, créer des ouvrages de protection, intégrés dans leur environnement, respectueux des milieux aquatiques.

4.2.3.2 Renforcer les parties du réseau exposées aux crues y compris les captages

Au regard des caractéristiques topographiques, géologiques et de l'état du couvert végétal de chaque bassin, les réseaux d'eau potable sont généralement exposés aux risques générés par les crues, pour des motifs qui peuvent être liés soit à l'exposition des structures (Réservoirs, station de traitement, réseau de distribution, captages), soit à la turbidité de l'eau (rendant impropre la consommation de l'eau courante pendant quelques jours). Selon la vulnérabilité de chaque élément du réseau, des travaux ou ouvrages de protection sont à mettre en œuvre ; à titre d'exemple, nous citons :

- les captages doivent être stable devant des crues intenses, ils doivent être équipés d'un système d'évacuation des eaux de pluie ; aussi la chambre de prise doit être équipé par une vanne de chasse permettant d'évacuer les sédiments pendant et après les crues ;
- Les traversés des écoulements par les conduites doivent être stable et bien protégées des

crues ;

- Les stations de traitement devront garantir la qualité des eaux distribuées en toutes circonstances même lorsque l'eau brute est assez turbide après le passage d'une crue.

4.2.3.3 Reboiser les terrains dégradés au niveau des bassins d'alimentation des captages

La couverture végétale protège le sol contre l'érosion, donc limite les apports solides vers les captages d'eau. Elle est considérée comme la première instruction contre l'érosion et influence considérablement l'écoulement de surface.

La déforestation a été reconnue au Comores comme une cause majeure au manque de disponibilité en eau de bonne qualité⁵. La majeure partie des rivières prennent leurs sources dans des montagnes, en altitude, où la pluie est abondante. Ces sont ces sources qui alimentent les rivières et maintiennent leur débit durant l'année hydrologique. L'étalement et la densification des bâtis se poursuivent face à la croissance démographique. Devant la nécessité de construire, la coupe de bois en forêt ne cesse d'augmenter. La déforestation qui s'opère actuellement au niveau de ces sources constitue une menace à la pérennisation des rivières avec comme conséquence de transformer le régime permanent de la rivière en régime spasmodique, de diminuer la capacité de la rivière à transporter les polluants et autres matières en suspension. Le degré de déséquilibre engendré par cette activité n'est pas encore documenté. Mais il est confirmé seulement que ces coupes ne sont pas compensées par des actions de restauration et que des essences forestières supposées maintenir les écoulements ou stabiliser le sol sont systématiquement éliminées. Parmi les pratiques paysannes, l'agriculture occupe la place la plus importante et constitue l'une des sources principales de revenu de la population. Cependant, cette agriculture est accompagnée de pratiques culturelles inadéquates telles que culture sur brûlis, abattage d'arbres et dénudation des sols, qui compromettent le bon fonctionnement des bassins versants.

Les plans d'action mettront en œuvre des programmes de reboisement associés à des campagnes de sensibilisation pour lutter contre la déforestation et par l'introduction des mesures de substitution pour diminuer l'usage domestique du bois de coupe.

⁵ Plan National de Gestion Intégrée des Ressources en Eau en Union des Comores (2018-2030), 2017

4.2.4 Réduire la vulnérabilité liée à l'intrusion marine

Cette composante concerne les zones concernées par le projet au niveau de la Grande Comore.

Dans les contextes insulaires, l'évolution de l'intrusion marine peut résulter simultanément d'une surexploitation des aquifères, mais aussi d'une modification progressive des conditions climatiques.

Face aux incidences du CC, les activités prévues dans le plan 2023-2027 pour réduire la vulnérabilité à l'intrusion marine consistent à :

- Etablir un état des connaissances sur l'intrusion marine ;
- Identification et cartographie du biseau salé des nappes souterraines
- Mise en place d'un dispositif de suivi de la progression du biseau salé ;
- Mettre en place un schéma d'exploitation approprié des RE garantissant l'équilibre entre les masses d'eau (Salées/douces)

4.2.4.1 Etablir un état des connaissances sur l'intrusion marine

La salinisation des nappes côtière par intrusion marine est l'une des principales causes de dégradation de la qualité de l'eau à la Grande Comore. Aussi, le phénomène d'intrusion marine reste une problématique de gestion des ressources en eau encore très préoccupante dans le contexte politique et social actuel du pays. Donc, établir un état des connaissances sur l'intrusion marine est un préalable à tout effort pour gérer cette problématique et maîtriser ce phénomène. A ce jour, très peu d'études de recherche sont effectuées pour connaître la configuration hydrogéologique de l'île et comprendre l'influence de la mer sur la nappe de base. Des études hydrogéologiques sont donc nécessaires pour mieux connaître le contexte hydrogéologique ainsi que la géométrie des aquifères de l'île. Elles doivent aussi concerner les méthodes pour caractériser et localiser le phénomène d'intrusion marine. Sur cet aspect, plusieurs approches basées sur des schémas théoriques peuvent être appliquées, comme par exemple :

- Approche piézométrique ;
- Diagraphies des forages ;
- Approche géophysique ;
- Approche géochimique ;
- Approche numérique par modélisation hydrodynamique.

Ces méthodes sont complémentaires, mais la pertinence de leur mise en œuvre doit être appréhendée au cas par cas. Ces mêmes approches peuvent être utilisées comme dispositif d'alerte afin de suivre la progression du biseau salé liée à une exploitation excessive ou inadéquate des aquifères côtiers.

En milieu volcanique insulaire, les aquifères correspondent généralement à des systèmes multicouches hétérogènes où les approches précédentes ne reflètent pas la réalité. Ces approches théoriques sont fortement modifiées par :

- la complexité des structures aquifères ;
- l'hétérogénéité lithologique et celle des champs de perméabilité associée ;
- l'influence des marées favorisant le développement de la zone de mélange entre l'eau douce et l'eau salée;

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

- les brutales fluctuations d'alimentation des aquifères côtiers (fortes pluies) favorisant le développement de la zone de mélange entre l'eau douce et l'eau salée.

4.2.4.2 Identification et cartographie du biseau salé des nappes souterraines

En partant de l'état actuel des connaissances sur l'intrusion marine des nappes de la Grande Comore, le plan d'action établira une cartographie « actualisable » du biseau salé pour pouvoir caler le dispositif de suivi à mettre en place pour une surveillance optimale l'évolution de ce biseau.

Ce travail nécessite de connaître :

- Les paramètres qui possèdent une influence sur le phénomène d'intrusion marine :
 - Géométrie du biseau salé dans les aquifères multicouches ;
 - L'exploitation des nappes sur le biseau salé ;
 - L'influence de la morphologie du littoral sur le biseau salé ;
 - Les précipitations ;
 - Le contexte géologique.
- Les ouvrages et les zones concernés par les intrusions marines selon le degré de contamination de la nappe d'eau par l'eau de mer. De ce fait, des mesures de conductivité électrique et du taux de sels minéraux seront effectuées pour savoir la composition chimique de l'eau souterraine. La conductivité électrique et la teneur en chlorures sont des bons marqueurs de l'influence de l'intrusion marine. Selon la composition chimique de l'eau de nappe, pourront être mise en évidence différents classes d'ouvrages selon la salinité :
 - ouvrages recoupant le biseau salé ;
 - ouvrages fortement soupçonnés d'être influencés par les intrusions marines ;
 - ouvrages pour lesquels l'influence des intrusions marines est possible.

4.2.4.3 Mise en place d'un dispositif de suivi de la progression du biseau salé

La problématique posée par la vulnérabilité des ressources en eau vis-à-vis de l'intrusion marine en milieu volcanique nécessite une méthodologie spécifique pour suivre leur évolution temporelle. Les méthodes de surveillance des ressources en eau en milieu volcanique se heurtent à la question cruciale de la représentativité des points d'échantillonnage. En raison de fortes hétérogénéités verticales et latérales mises en évidence dans ces types de milieu, la mise en place d'un réseau d'observation fiable et efficace ne peut se faire sans une réflexion préalable concernant :

- le degré de densité et l'emplacement géographique des points d'observation,
- les modalités d'installation des différents capteurs dans les ouvrages de surveillance,
- la fréquence d'enregistrement des paramètres hydrologiques surveillés.

Ainsi, pour mettre en place un dispositif de suivi de la progression du biseau salé approprié aux nappes de la Grande Comore, une synthèse de l'état des connaissances sur les aquifères concernés est nécessaire avant de concevoir et mettre en œuvre le dispositif de suivi.

Afin de disposer d'un jeu de données conséquent pour l'analyse statistique des effets des facteurs externes régionaux et des variables climatiques sur l'évolution des paramètres de la nappe côtière, la longueur de chronique requise sur l'ensemble des points d'observation sera supérieure à une année [Taylor and Alley 2002]. Cette condition justifie le choix d'un enregistrement en

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

continu sur trois années⁶ afin d'obtenir des séries temporelles suffisamment longues sur les sites retenus.

Tableau 1 : Longueurs typiques des séries temporelles requises pour le suivi des nappes d'après Taylor and Alley (2002)

Objectifs des données hydrogéologiques enregistrées	Longueurs de chroniques requises			
	semaines	mois	années	décennies
Déterminer les propriétés hydrauliques des aquifères	X			
Etablir une carte piézométrique	X			
Surveiller à court terme les variations de la recharge	X	X		
Surveiller à long terme les variations de la recharge			X	X
Surveiller les effets de la variabilité climatique			X	X
Surveiller les effets régionaux de l'exploitation des nappes			X	X
Analyse statistique des tendances des niveaux d'eau			X	X
Surveiller les changements des directions d'écoulements		X	X	X
Surveiller l'interaction eau souterraine/eau de surface	X	X	X	X
Modélisation numérique des écoulements d'eau souterraine et du transport de contaminant		X	X	X

Le réseau d'observation doit comporter des ouvrages (puits, piézomètres et forages) qui seront sur des zones sensibles de l'île. Des anciens et nouveaux ouvrages pourront être utilisés pour constituer ce réseau de contrôle. Dans ces ouvrages, pour assurer un suivi et une surveillance de la nappe d'eau souterraine, doivent être installées des sondes munies de capteurs de pression atmosphérique et hydrostatique, de conductivité électrique et de température de l'eau. Sur l'ensemble du réseau d'observation, les différents paramètres seront enregistrés en continu.

Les données recueillies dans le système hydrogéologique sont confrontées aux paramètres externes (prélèvements, pluviométrie, marée, houle...) afin d'évaluer l'influence des forçages extérieurs naturels ou anthropiques sur l'évolution quantitative et qualitative de la ressource en eau souterraine.

4.2.4.4 Mettre en place un schéma d'exploitation approprié des RE garantissant l'équilibre entre les masses d'eau (Salées/douces)

L'augmentation du niveau de la mer sous l'effet du changement climatique est certes une des causes de l'intrusion marine, mais son impact négatif est plus accentué s'il est conjugué à une surexploitation des eaux douces. Ainsi, il est impératif de mettre en œuvre un schéma d'exploitation approprié des ressources en eau respectant l'équilibre entre les masses d'eau (salées et douces)

⁶ Cette durée correspond à la durée de l'étude mais la durée de l'enregistrement peut aussi être longue

Renforcement de la résilience climatique de l’approvisionnement en eau potable et d’irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l’Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d’action

Sous-livrable 5.4 : Plans d’action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

Il est important de mettre en place aussi une stratégie de :

- Limitation de la distance de pénétration des forages dans les nappes côtières. La stratégie de prospection la plus durable consiste à privilégier la qualité de la ressource au détriment de sa quantité.
- Ajustement des débits de pompage pour atténuer la remontée du biseau salé dans la nappe
- Mise en place des bonnes pratiques de gestion des forages ou puits pour pérenniser la qualité de la ressource sur le long terme d’autant plus que l’exploitation de cette ressource souterraine tend à augmenter.

5 MISE EN ŒUVRE DES PLANS D' ACTIONS

5.1 Démarche

Les acteurs d'un même bassin seront plus à même de faire face aux CC, s'ils ne sont pas isolés ni dispersés, mais regroupés et organisés, afin de porter ensemble les actions d'adaptation.

Il s'agit de réunir les conditions et les moyens d'un « agir ensemble » aux échelles les plus adéquates du territoire et pour les usages les plus pertinents :

- Systématiser les instances d'échange et de concertation pour le partage de l'eau à commencer par les organisations mettant en place les PSSE jusqu'aux Comités de Bassins ;
- Encourager la gestion collective de l'irrigation, là où elle devient importante ;
- Anticiper les situations de crise en adoptant des plans d'action pénurie ;
- Mettre en place des outils de prévision et de suivi des périodes de stress hydrique ;
- Définir des stratégies d'adaptation par territoire ou par filière locale s'appuyant sur le principe de solidarité territoriale à l'échelle des sous-bassins et/ou de l'intercommunalité.

5.2 Calendrier d'intervention

Les plans d'action seront échelonnés sur 5 ans. Les tableaux ci-après présentent le calendrier des activités des plans par île.

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

Tableau 2 : Plan d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques d'Anjouan

ACTION	2023	2024	2025	2026	2027
1. L'amélioration des connaissances					
1.1. Approfondir et croiser les expertises					
1.2. Consolider les dispositifs d'observation					
1.3. Réaliser des études de Modélisation des nappes					
1.4. Sensibiliser, mobiliser, fédérer les acteurs					
2. Réduire la vulnérabilité liée à la disponibilité en eau face aux étiages graves					
2.1. Optimiser les usages domestiques de l'eau potable et de l'assainissement					
• Mettre en œuvre les PSSE					
• Améliorer l'efficacité du réseau					
• Sécuriser les approvisionnements pour satisfaire l'usage de l'eau en privilégiant la diversification des sources					
• Lancer une étude de création d'une retenue collinaire pour un stockage d'eau inter saisonnier					
• Développer des solutions alternatives économiquement acceptables à l'utilisation de l'eau potable en période de pénurie					
• Augmenter la recharge par des travaux de conservation en eau et sol					
• <i>Inventorier les sites favorables à un stockage des eaux de crues en vue d'une régularisation saisonnière</i>					
• Mettre en place un stockage d'eau d'urgence et de distribution d'eau potable en cas d'étiages sévères					
• <i>Généraliser les systèmes économiseurs d'eau dans les ménages</i>					
2.2. Optimiser les usages économiques de l'eau (agriculture, tourisme, énergie).					
• Augmenter l'efficacité de l'irrigation et généraliser les systèmes gouttes à gouttes					
• Soutenir économiquement les cultures pluviales au détriment des cultures irriguées ;					
• Introduire les impacts du CC dans tout nouveau projet intéressant la ressource en eau					
• Encourager les hôteliers et industriels à disposer de leurs ressources propres en creusant des puits ou des forages					
• Mieux maîtriser les plans d'aménagement urbains et la vocation des sols					
2.3. Renforcer la résilience les systèmes forestiers agroforestiers des bassins versants					
• Encourager le développement d'une agroforesterie conservatrice en eau et sol et moins dépendante de l'eau					
• Diffuser et vulgariser les itinéraires techniques permettant de résister au risque de sécheresse					
• Promouvoir le reboisement par les essences forestières favorisant la ré-infiltration et replanter les espaces déboisées illégalement					
• Restaurer l'hydrologie fonctionnelle, la connectivité et la morphologie des cours d'eau.					
3. Réduire la vulnérabilité de la continuité et la qualité du service d'eau liée à des pluies intenses					
3.1. Mise en place d'un système d'information sur la vigilance météorologique et hydrologique					
3.2. Renforcer les parties du réseau exposées aux crues y compris les captages					
3.3. Reboisement les terrains dégradés au niveau des bassins d'alimentation des captages					

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

Tableau 3 : Plan d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques de Mohéli

ACTION	2023	2024	2025	2026	2027
1. Amélioration des connaissances					
1.1. Approfondir et croiser les expertises					
1.2. Consolider les dispositifs d'observation					
1.3. Réaliser des études de Modélisation des nappes					
1.4. Sensibiliser, mobiliser, fédérer les acteurs					
2. Réduire la vulnérabilité liée à la disponibilité en eau face aux étiages graves					
2.1. Optimiser les usages domestiques de l'eau potable et de l'assainissement					
• Mettre en œuvre les PSSE					
• Améliorer l'efficacité du réseau					
• Sécuriser les approvisionnements pour satisfaire l'usage de l'eau en privilégiant la diversification des sources					
• Développer des solutions alternatives économiquement acceptables à l'utilisation de l'eau potable en période de pénurie					
• Augmenter la recharge par des travaux de conservation en eau et sol					
• Inventorier les sites favorables à un stockage des eaux de crues en vue d'une régularisation saisonnière					
• Mettre en place un stockage d'eau d'urgence et de distribution d'eau potable en cas d'étiages sévères					
• Généraliser les systèmes économiseurs d'eau dans les ménages					
2.2. Optimiser les usages économiques de l'eau (agriculture, tourisme, énergie)					
• Augmenter l'efficacité de l'irrigation et généraliser les systèmes goutte à goutte					
• Soutenir économiquement les cultures pluviales au détriment des cultures irriguées ;					
• Introduire les impacts du CC dans tout nouveau projet intéressant la ressource en eau					
• Encourager les hôteliers et industriels à disposer de leurs ressources propres en creusant des puits ou des forages					
• Mieux maîtriser les plans d'aménagement urbains et la vocation des sols					
2.3. Renforcer la résilience les systèmes forestiers et agroforestiers des bassins versants					
• Encourager le développement d'une agroforesterie conservatrice en eau et sol et moins dépendante de l'eau					
• Diffuser et vulgariser les itinéraires techniques permettant de résister au risque de sécheresse					
• Promouvoir le reboisement par les essences forestières favorisant la ré-infiltration et replanter les espaces déboisées illégalement					
• Restaurer l'hydrologie fonctionnelle, la connectivité et la morphologie des cours d'eau.					
3. Réduire la vulnérabilité liée la continuité et la qualité du service d'eau face à des pluies intenses					
3.1. Mise en place d'un système d'information sur la vigilance météorologique et hydrologique					
3.2. Renforcer les parties du réseau exposées aux crues y compris les captages					
3.3. Reboisement les terrains dégradés au niveau des bassins d'alimentation des captages					

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

Tableau 4 : Plan d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques de la Grande Comore

ACTION	2023	2024	2025	2026	2027
1. L'amélioration des connaissances					
1.1. Approfondir et croiser les expertises, Renforcer les connaissances					
1.2. Consolider les dispositifs d'observation					
1.3. Réaliser des études de Modélisation des nappes					
1.4. Sensibiliser, mobiliser, fédérer les acteurs					
2. Réduire la vulnérabilité liée à la disponibilité en eau face aux étiages graves					
2.1. Optimiser les usages domestiques de l'eau potable et de l'assainissement					
• Mettre en œuvre les PSSE					
• Améliorer l'efficacité du réseau					
• Sécuriser les approvisionnements pour satisfaire l'usage de l'eau en privilégiant la diversification des sources					
• Développer des solutions alternatives économiquement acceptables à l'utilisation de l'eau potable en période de pénurie					
• Augmenter la recharge des nappes par des travaux de conservation en eau et sol					
• Inventorier les sites favorables à un stockage des eaux de crues en vue d'une régularisation saisonnière					
• Mettre en place un stockage de sécurité en eau potable en cas d'urgence en étiages sévères					
• Généraliser les systèmes économiseurs d'eau dans les ménages					
2.2. Optimiser les usages économiques de l'eau (agriculture, tourisme, énergie)					
• Augmenter l'efficacité de l'irrigation et généraliser les systèmes goutte à Goutte					
• Soutenir économiquement les cultures pluviales au détriment des cultures irriguées					
• Introduire les impacts du CC dans tout nouveau projet intéressant la ressource en eau					
• Encourager les hôteliers et industriels à disposer de leurs ressources propres en creusant des puits ou des forages					
• Mieux maîtriser les plans d'aménagement urbains et la vocation des sols					
2.3. Renforcer la résilience les systèmes forestiers et agroforestiers des bassins versants					
• Rendre l'agriculture moins dépendante de l'eau					
• Diffuser et vulgariser les itinéraires techniques permettant de résister au risque de sécheresse					
• Promouvoir le reboisement par les essences forestières favorisant la ré-infiltration et replanter les espaces déboisées illégalement					
• Restaurer l'hydrologie fonctionnelle, la connectivité et la morphologie des cours d'eau.					
3. Réduire la vulnérabilité liée à la continuité et la qualité du service d'eau face à des pluies intenses					
3.1. Mise en place d'un système d'information sur la vigilance météorologique et hydrologique					
3.2. Renforcer les parties du réseau exposées aux crues y compris les forages					
3.3. Reboisement les terrains dégradés au niveau des bassins d'alimentation des aquifères					

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

ACTION	2023	2024	2025	2026	2027
4. Réduire la vulnérabilité à l'intrusion marine					
4.1. L'identification et la cartographie du biseau salé des nappes souterraines					
4.2. Optimisation des niveaux et des débits des captages en fonction de la piézométrie					
4.3. Equiper les points d'eau d'un système de mesure instantané de la conductivité hydraulique					
4.4. Mise en place d'un dispositif de suivi de la progression du biseau salé					
4.5. Mettre en œuvre des projets de dessalement utilisant l'énergie solaire					

6 LE SUIVI DES PLANS

Le Comité de Bassin doit mettre en place un groupe de travail sur le CC et la gestion quantitative des ressources en eau.

En particulier, il fera la promotion des mesures énoncées auprès des instances mettant en place les outils de planification aux échelles locale, régionale ou nationale.

Il préparera les avis du Comité de Bassin sur ces thèmes et suivra la bonne mise en place des mesures prises à l’échelle du bassin, comme les mesures de reconnaissance et les approfondissements méthodologiques prévus.

Il est important de souligner que les mesures suggérées dans le paragraphe précédent sont construites à partir de l’état actuel des connaissances, des activités dans les territoires, des démarches déjà initiées en termes d’adaptation, mais qui portent encore peu sur le volet ressources en eau.

Les propositions formulées, en termes d’actions, seront à réévaluer en fonction des nouveaux apports de la science et de l’évolution des territoires (milieux et activités). C’est pourquoi, le plan d’action qui se projette sur le moyen terme (horizon 2027) à vocation d’être revisité régulièrement pour reconquérir le long terme. Une telle révision peut être envisagée à un rythme annuel ou biennal.

Ce principe de réactualisation s’inscrit dans le prolongement du processus de co-construction du plan d’action qui a été retenu pour son élaboration. Ainsi le plan pourra intégrer progressivement les nouvelles connaissances et les nouvelles technologies qui ne manqueront pas d’apparaître dans le temps.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) Canadien, Vulnérabilité des sources d'approvisionnement en eau potable du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ) face aux changements climatiques, Rapport Dernière révision : Mars 2020

BAH A., CAMARA I., NOBLET M., 2019. Evaluation de la vulnérabilité du secteur ressources en eau à la variabilité et aux changements climatiques dans la région de Fatick. Report produced under the project "Projet d'Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation dans les pays francophones les moins avancés d'Afrique subsaharienne", Climate Analytics gmbH, Berlin. Une copie numérique de ce rapport est disponible en ligne sur : www.climateanalytics.org/publications.

GIZ, Guide de référence sur la vulnérabilité Concept et lignes directrices pour la conduite d'analyses de vulnérabilité standardisées, actualisé 2017 pour tenir compte des recommandations du cinquième rapport d'évaluation (AR5) publié en 2014 par le Groupe d'experts inter-gouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Guide de réalisation des analyses de la vulnérabilité des sources destinées à l'alimentation en eau potable au Québec. 2018. 189 pages. [En ligne]. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/prelevements/guide-analyse-vulnerabilite-des-sources.pdf> (page consultée le jour/mois/année).

CCNUCC, CGE Handbook on Vulnerability and Adaptation Assessment (Manuel du Groupe consultatif d'experts sur l'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation). Bonn : Secrétariat de la CCNUCC, 2010. Consulté le 30.04.2014 sur : http://ncsp.undp.org/sites/default/files/Handbook%20on%20VA_0.pdf.

CCNUCC, National Adaptation Plans - Overview and Documentation of the United Nations Framework Convention on Climate Change Website (Les plans nationaux d'adaptation – Brève présentation et documentation sur le site de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique). Bonn : Secrétariat de la CCNUCC, 2014. Consulté le 31.03.2014 sur : http://unfccc.int/adaptation/workstreams/national_adaptation_plans/items/6057.php

GIZ, Climate change impact chains in coastal areas (Chaines d'impact climatiques dans les zones littorales). https://gc21.giz.de/ibt/var/app/wp342deP/1443/?wpfb_dl=158, 2014

GIEC 2014 : Summary for Policymakers. In : Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Résumé à l'attention des décideurs in : Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). Cambridge et New York : Cambridge University Press., 2014 Consulté sur : http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/IPCC_WG2AR5_SPM_Approved.pdf

GIEC, Quatrième Rapport d'évaluation Changements climatiques 2007: Les éléments scientifiques Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation, 2007

Renforcement de la résilience climatique de l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de 15 des zones les plus exposées à des risques liés aux changements climatiques dans l'Union des Comores

Phase 3 – Livrable 5 : Mise en œuvre des Comités GIRE et élaboration des Plans d'action

Sous-livrable 5.4 : Plans d'action de réduction des risques climatiques pour les bassins hydrographiques, en tenant compte des effets du changement climatique

GIEC, Cinquième Rapport d'évaluation Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation, 2013

GIEC, **Changements climatiques 2014** : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 2014. 161 p

ENSP, Cécile EHLERS, Gestion des risques d'inondation en termes d'accès à l'eau potable dans le département de Val-de-Marne, France, 2003

UNICEF, Pacific WASH Resilience Guidelines: A practical tool for all those involved in addressing the resilience of water, sanitation and hygiene services in the Pacific, UNICEF Pacific, 2018

OCDE, Risk and Resilience: From Good Idea to Good Practice. (Le risque et la résilience : de la bonne idée à la bonne mise en œuvre). Paris : Publication de l'OCDE, 2013, p. 2.

OCDE, Working Party on Climate, Investment and Development. Integrating Climate Resilience into Development Planning. Draft synthesis report. (Groupe de travail sur le climat, les investissements et le développement. Intégrer la résilience au changement climatique dans la planification du développement). 2013, Paris : publications de l'OCDE

Michèle Prévost, Ph.D, Sarah Dorner, Ph.D., Ing. École Polytechnique de Montréal, Guide d'évaluation des sources d'approvisionnement en eau potable, 2011

OMS, Planifier la gestion de la sécurité sanitaire de l'eau pour l'approvisionnement en eau des petites communautés : Recommandations pour la gestion par étapes des risques liés à l'approvisionnement en eau potable des petites communautés, OMS, Edition 2017

Guide Pratique pour l'audit des plans de gestion de la sécurité sanitaire de l'eau, OMS, édition 2017 (<http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259804/9789242509526-fre.pdf>)

Les Directives de qualité pour l'eau de boisson de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS, 2011a) qui décrivent les principes de gestion de la sécurité sanitaire de l'eau

GWP and UNICEF, WASH and Climate Resilient Development: Technical Brief – Appraising and prioritising options for climate resilient WASH, GWP, Stockholm and UNICEF, New York, 2017.