

UNION DES COMORES



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 5.2 : Rapport sur l'étude
cartographique des zones vulnérables
aux risques climatiques au niveau des
zones du projet

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

SOMMAIRE

1	RAPPEL DU CADRE GENERAL DU PROJET ET DE L'ETUDE	1
1.1	CONTEXTE DU PROJET	1
1.2	OBJECTIFS DE LA MISSION ET DEROULEMENT PREVU	2
1.3	OBJECTIFS DU PRESENT RAPPORT	4
2	LE CONCEPT DE LA VULNERABILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	5
2.1	LE CONCEPT DE VULNERABILITE.....	5
2.2	LES COMPOSANTES DE LA VULNERABILITE.....	6
2.2.1	<i>L'exposition</i>	6
2.2.2	<i>La sensibilité</i>	6
2.2.3	<i>L'impact potentiel</i>	7
2.2.4	<i>La capacité d'adaptation</i>	7
2.2.5	<i>Réduire la vulnérabilité grâce à l'adaptation</i>	7
2.3	LES DIMENSIONS DU CONCEPT	8
2.4	COMMENT EVALUER LA VULNERABILITE ?.....	11
3	VULNERABILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE D'UN SYSTEME D'APPROVISIONNEMENT EN EAU	12
3.1	APPROCHE GENERALE	12
3.2	APPLICATION POUR L'ETABLISSEMENT DE LA CARTOGRAPHIE DES ZONES VULNERABLES AUX RISQUES CLIMATIQUES	13
3.2.1	<i>Le point de départ : Rappel des principales caractéristiques des systèmes d'AEP et présentation cartographique du réseau</i>	13
3.2.1.1	Ouvrage de mobilisation de la ressource en eau.....	13
3.2.1.2	Traitement.....	14
3.2.1.3	Adduction ou refoulement	14
3.2.1.4	Réservoirs	14
3.2.1.5	Distribution.....	14
3.2.1.6	Branchement	14
3.2.2	<i>Les scénarios climatiques aux îles Comores</i>	16
3.2.2.1	Projections du GIEC pour 2040 à 2069	16
3.2.2.2	Les projections issues des modèles climatiques globaux	16
3.2.2.3	Projections annoncées lors de la communication nationale initiale	17
3.2.2.4	Conclusions sur l'élévation du niveau de l'Océan Indien.....	17
3.2.3	<i>Projections de la consommation</i>	17
3.3	EVALUATION DE LA VULNERABILITE VIS-A-VIS DES RISQUES DE PENURIE OU D'ETIAGE SEVERE	18
3.4	EVALUATION DE LA VULNERABILITE VIS-A-VIS DES RISQUES DES CRUES ET D'INONDATION	18
3.5	EVALUATION DE LA VULNERABILITE VIS-A-VIS DE L'INTRUSION MARINE AU NIVEAU DE CERTAINS AQUIFERES	19
4	REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE DES ZONES VULNERABLES AU NIVEAU DES 15 ZONES DU PROJET	20
4.1	CRITERES CONSIDERES DANS L'ETABLISSEMENT DES CARTES DE VULNERABILITE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES	20
4.1.1	<i>Enjeu sur le bilan hydraulique</i>	20
4.1.2	<i>Enjeu continuité et qualité du service d'eau</i>	20
4.1.2.1	Les impacts des aléas climatiques sur le service d'eau.....	20
4.1.2.2	Vulnérabilité à une pluie intense.....	21
4.1.3	<i>Enjeu lié à l'intrusion marine</i>	22
4.2	CARTES DES ZONES VULNERABLES AU CC AUTOUR DE CHAQUE SYSTEME D'AEPA	22
4.2.1	<i>Vulnérabilité à un étiage sévère</i>	22
4.2.1	<i>Vulnérabilité à une pluie intense</i>	24
4.2.1	<i>Intrusion marine</i>	26

Liste des Tableaux

<i>Tableau 1 : Impacts des précipitations faibles et de l'augmentation des températures sur les ressources en eau</i>	<i>18</i>
<i>Tableau 2 : Impacts des pluies exceptionnelles et des crues sur les ressources en eaux</i>	<i>19</i>
<i>Tableau 3 : Impacts des pluies exceptionnelles et des crues sur les infrastructures</i>	<i>19</i>
<i>Tableau 4 : Vulnérabilité à un étiage prononcé.....</i>	<i>20</i>
<i>Tableau 5 : classes de vulnérabilité des sols à une pluie intense</i>	<i>22</i>
<i>Tableau 6 : Vulnérabilité des classes de sols à une pluie intense aux îles d'Anjouan et Mohéli</i>	<i>26</i>

Liste des Figures

<i>Figure 1 Les composantes de la vulnérabilité.....</i>	<i>6</i>
<i>Figure 2: Réduire la vulnérabilité à l'aide de mesures d'adaptation.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 3: les sphères clés de la vulnérabilité.....</i>	<i>9</i>
<i>Figure 4 : Illustration des concepts principaux utilisés par le GIEC dans l'AR5</i>	<i>10</i>
<i>Figure 5 : Logique générale des différentes approches de l'analyse de vulnérabilité</i>	<i>11</i>
<i>Figure 6 : Schéma illustrant les principales composantes du système d'alimentation d'eau potable concerné par les guides d'exploitation</i>	<i>15</i>
<i>Figure 7 : Vulnérabilité à un étiage sévère – Zones à l'île d'Anjouan.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure 8 : Vulnérabilité à un étiage sévère – Zones à l'île de Mohéli</i>	<i>24</i>
<i>Figure 9 : Vulnérabilité à une pluie intense – Ile d'Anjouan</i>	<i>25</i>
<i>Figure 10 : Vulnérabilité à une pluie intense – Ile de Mohéli</i>	<i>25</i>
<i>Figure 11 : Niveau de vulnérabilité à l'intrusion saline – Grande Comore.....</i>	<i>27</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 Partner ship
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 aux changements climatiques pour les Comores indiquent une augmentation évidente des températures, une variabilité accentuée de l'intensité des précipitations provoquant des crues violentes et accentuant l'érosion des bassins versants, un rallongement de la saison sèche aux dépens de la saison des pluies et une recrudescence de la fréquence des périodes de sécheresse.

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 (i) aucune réglementation en matière de réduction des risques climatiques imposant aux agences gouvernementales de résoudre le problème, (ii) aucune compréhension de la vulnérabilité des ressources en eau aux extrêmes climatiques, (iii) 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.

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 périurbains, 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

A l'issue de cette phase d'échanges, de recueil d'informations et de constations, il sera organisé trois ateliers : 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 au niveau des 15 zones du projet ;**
 - 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 de l'Administration et les parties prenantes émises sur les versions provisoires des manuels ;
 - Recommandations des ateliers de restitutions organisés au niveau insulaire et au niveau national.

1.3 Objectifs du présent rapport

Le présent rapport constitue le livrable de l'activité 5.2 de la phase 5 et porte sur **Rapport sur l'étude cartographique des zones vulnérables aux risques climatiques au niveau des 15 zones du projet.**

Il essaiera de présenter une cartographie des zones vulnérables aux risques climatiques au niveau des 15 zones du projet délimitées autour des systèmes d'eau potable en se basant **sur l'approche de chaînes d'impacts selon laquelle la vulnérabilité est perçue comme étant fonction de l'exposition, de la sensibilité et de la capacité d'adaptation.** L'analyse des données a conduit à estimer les différents paramètres de la chaîne d'impacts et à évaluer le degré de vulnérabilité actuelle et future des systèmes d'eau considérés dans leurs bassins versants. A cet effet, plusieurs approches méthodologiques ont été combinées sous l'angle climatique, ressources en eau et socioéconomique..

2 LE CONCEPT DE LA VULNERABILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

2.1 Le Concept de vulnérabilité

Par rapport au changement climatique, **la vulnérabilité est le « degré auquel les éléments d'un système [...] sont affectés par les effets du changement climatique »¹**.

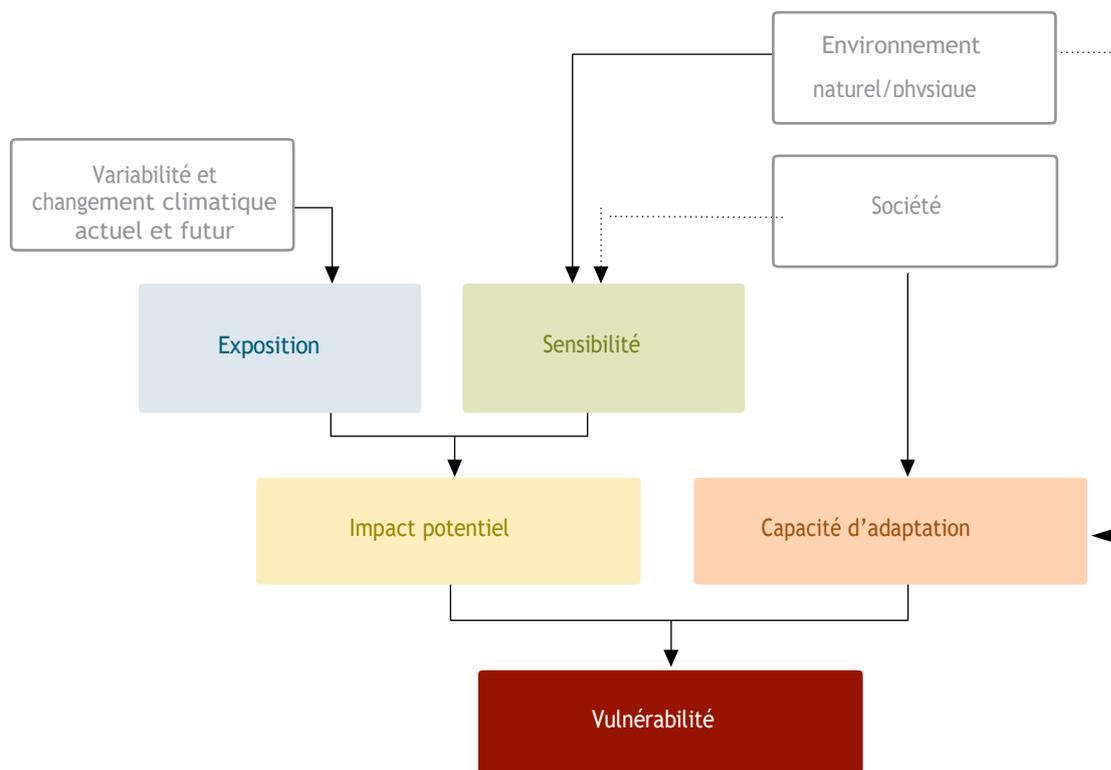
La vulnérabilité est donc fonction à la fois de la nature, de l'ampleur et du rythme de l'exposition du système aux aléas. Le niveau de vulnérabilité (ou niveau de risque dans la terminologie de la littérature relative aux risques naturels) s'évalue en combinant la probabilité d'occurrence, l'importance d'un aléa (l'exposition) et l'ampleur des conséquences sur le système. La vulnérabilité est donc en partie liée aux choix et stratégies politiques développés sur le système.

L'analyse de la vulnérabilité au changement climatique est d'une importance capitale pour l'identification et la caractérisation des actions pour atténuer la vulnérabilité et, si possible, renforcer la résilience au changement climatique [Adger, 1999];[Kelly et Adger, 2000]; [Islam et al., 2014].

La vulnérabilité de l'approvisionnement en eau aux changements climatiques se définit comme la propension ou la prédisposition qu'a ce secteur à subir des dommages [GIEC, 2014]. La vulnérabilité aux changements climatiques est constituée de trois composantes : l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation. Selon le [GIEC 2014], l'exposition est relative à la présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, de fonction, ressources ou services environnementaux, d'éléments d'infrastructure ou de biens économiques, sociaux ou culturels dans un lieu ou dans un contexte susceptible de subir des dommages. Quant à la sensibilité, elle se réfère au degré auquel l'approvisionnement en eau est affecté, positivement ou négativement par les changements climatiques [GIEC 2014]. La capacité d'adaptation désigne la capacité d'ajustement des systèmes d'AEPA, des institutions, des êtres humains et des autres organismes leur permettant de se prémunir contre les risques de dégâts, de tirer parti des opportunités ou de réagir aux conséquences[GIEC 2014].

Généralement, cinq types de capitaux sont pris en compte dans l'évaluation de la capacité d'adaptation : le capital physique, le capital financier, le capital humain, le capital naturel et le capital social [Scoones 1998].

¹ Selon le GIEC



Source: adelphi/EURAC20

Figure 1 Les composantes de la vulnérabilité

L'impact potentiel est fonction à la fois de l'exposition au changement climatique et de la sensibilité du système. En outre, la vulnérabilité par rapport à ces incidences dépend aussi de la capacité d'adaptation du système. Ces quatre composantes clefs sont décrites plus précisément ci-dessous.

2.2 Les composantes de la vulnérabilité

2.2.1 L'exposition

Parmi tous les éléments qui contribuent à la vulnérabilité, l'exposition est la seule qui soit directement liée aux paramètres climatiques, c'est-à-dire au caractère, à l'ampleur et au rythme de l'évolution et de la variabilité climatiques. Les facteurs d'exposition types comprennent les températures, les précipitations, l'évapotranspiration, le bilan hydrique climatique ainsi que les événements extrêmes, tels que les fortes pluies et les sécheresses météorologiques. Les variations de ces paramètres peuvent exercer un stress supplémentaire important sur ces systèmes (par ex. des épisodes de fortes pluies, des augmentations de température ou un déplacement du pic d'intensité de la pluie de juin à mai).

2.2.2 La sensibilité

La sensibilité détermine le degré d'affectation positive ou négative d'un système par une exposition donnée au changement climatique. La sensibilité est typiquement façonnée par les

caractéristiques de l'environnement naturel et/ou physique d'un système dont **la topographie, la capacité de résistance des différents types de sol à l'érosion et le type de couverture du sol**. Elle se réfère également aux **activités humaines** qui influent sur la composition physique d'un système, tels que **les méthodes de culture, la gestion de l'eau, l'exploitation des ressources et la pression démographique**. Etant donné que la plupart des systèmes sont adaptés au climat actuel (par ex. par la construction de barrages, de digues et de systèmes d'irrigation), la sensibilité comprend déjà une adaptation historique et récente. Les facteurs sociaux tels que la densité de population ne devraient être considérés comme faisant partie de la sensibilité que dans le cas où ceux-ci contribuent directement à un impact spécifique (de changement) climatique.

2.2.3 L'impact potentiel

La combinaison de l'exposition et de la sensibilité va déterminer l'impact potentiel du changement climatique. Par exemple **des épisodes de forte pluie (exposition) conjugués avec des pentes abruptes et des sols sensibles à l'érosion (sensibilité) se traduiront par une érosion (impact potentiel)**. Les effets du changement climatique peuvent former une chaîne d'impacts plus ou moins directs (par ex. **l'érosion comme impact direct et la turbidité de l'eau collectée et/ou l'arrêt de l'approvisionnement en eau potable comme impacts indirects**) qui s'étend de la sphère biophysique à la sphère sociale. Dans de nombreux pays en développement, la dépendance directe à l'égard des ressources naturelles signifie que le lien entre les impacts biophysiques du changement climatique et les activités humaines et le bien-être des populations est particulièrement étroit

2.2.4 La capacité d'adaptation

L'AR4 du GIEC définit la capacité d'adaptation comme « la capacité d'un système à s'adapter au changement climatique (y compris aux variations et aux extrêmes climatiques) afin d'atténuer des effets négatifs potentiels, d'exploiter les opportunités ou de faire face aux conséquences » [Parry et al. 2007]. Par conséquent, l'approche adoptée dans le Guide de référence sur la vulnérabilité définit la capacité d'adaptation comme un ensemble de facteurs qui détermine la capacité d'un système à générer et à mettre en œuvre des mesures d'adaptation. Ces facteurs sont étroitement liés aux ressources disponibles inhérentes aux systèmes humains et à leurs caractéristiques et capacités socio-économiques, structurelles, institutionnelles et techniques.

2.2.5 Réduire la vulnérabilité grâce à l'adaptation

Les mesures d'adaptation sont des activités qui visent à atténuer la vulnérabilité au climat (et au changement climatique) à différents niveaux – sectoriel, national ou local. Ces interventions s'appuient sur l'hypothèse d'une capacité d'adaptation inhérente qui peut être employée afin de réduire la sensibilité du système à l'exposition climatique. Ces mesures sont par exemple la construction de systèmes d'irrigation efficaces pour surmonter la pénurie en eau ou l'amélioration des techniques agricoles pour lutter contre l'érosion des sols. Les mesures d'adaptation peuvent également avoir pour objectif de renforcer la capacité d'adaptation en soit. Il peut s'agir par exemple de programmes de formation sur la gestion intégrée de l'eau et sur l'amélioration des stratégies commerciales pour les petits fermiers.

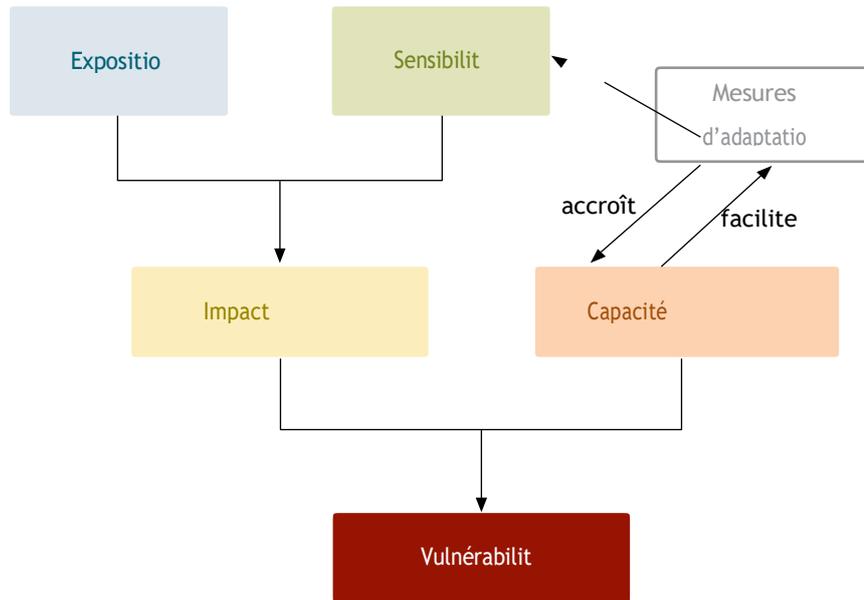
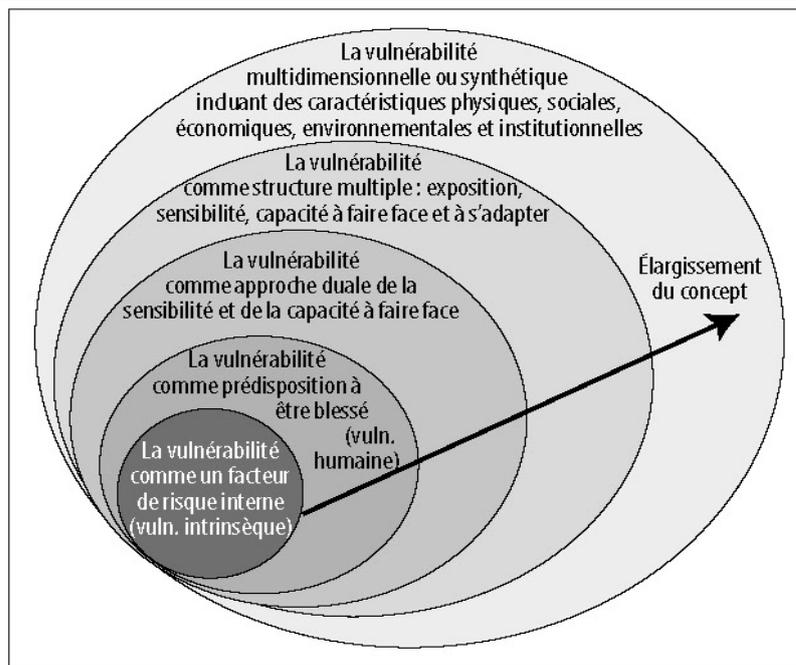


Figure 2: Réduire la vulnérabilité à l'aide de mesures d'adaptation

Source : adelphi/EURAC 2014.

2.3 Les dimensions du concept

La vulnérabilité est un concept large qui peut être considéré selon plusieurs dimensions ou sphères et ceci en fonction des besoins d'analyses et de la thématique étudiée (voir figure ci-après).

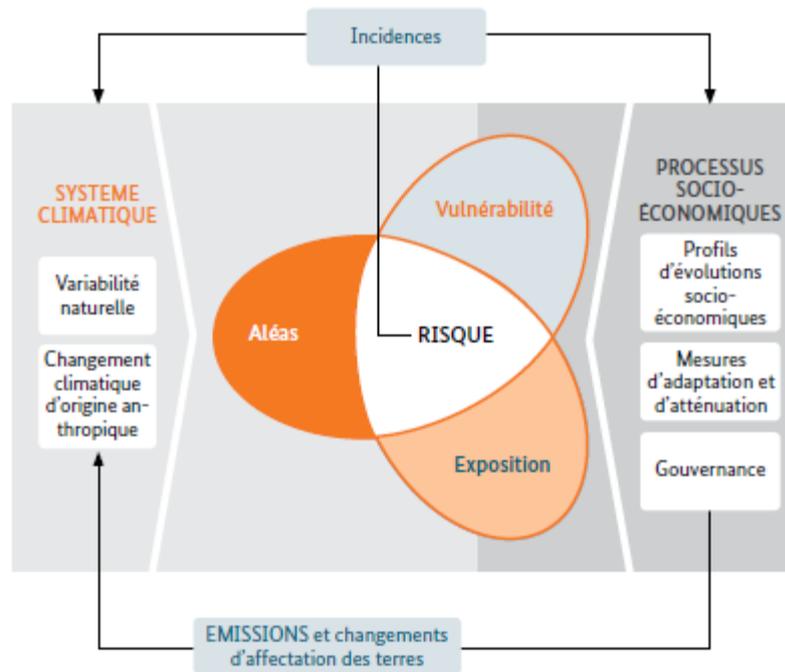


Source : d'après Birkmann (2005).

Figure 3: les sphères clés de la vulnérabilité

La vulnérabilité est un terme à plusieurs facettes. Les membres de la communauté de professionnels qui travaillent sur le sujet de la réduction des risques de catastrophes (RRC), emploient le terme « vulnérabilité » pour décrire les facteurs sociétaux, physiques et naturels qui contribuent à la réduction des risques. Cette définition de la vulnérabilité dans le contexte de la RRC est plus proche de la sensibilité et de la capacité d'adaptation, telles qu'elles sont définies par le GIEC. L'objectif final est la réduction des risques, ce qui correspond à la vulnérabilité selon l'approche adoptée par le GIEC dans son AR4. Les deux définitions sont logiques mais il est essentiel que les termes soient définis de façon transparente.

Pour ajouter aux multiples définitions de la vulnérabilité déjà en circulation, le cinquième Rapport du GIEC (AR5, l'abréviation provient de l'expression en anglais) dans le chapitre « Le changement climatique en 2014 : impact, adaptation et vulnérabilité » (publié le 31 mars 2014) introduit une nouvelle approche et une nouvelle terminologie. Celles-ci se rapprochent de la définition de la réduction des risques (cf. figure ci-après), et de ce fait divergent de la compréhension actuelle de la vulnérabilité telle qu'elle est définie dans l'AR4.



Source : GIEC 2014

Figure 4 : Illustration des concepts principaux utilisés par le GIEC dans l'AR5

Néanmoins, même si la terminologie employée pour décrire la vulnérabilité change, les hypothèses de base sous-jacentes suivent la même logique. La figure 6 décrit un système (par ex. une ferme) affecté par un stress lié au climat, comme par exemple des extrêmes climatiques (dans l'AR4 l'exposition : dans l'AR5, le danger). Ce stress engendre un préjudice potentiel pour le système (dans l'AR4 la vulnérabilité ; dans l'AR5 un impact/risque). Le préjudice engendré peut être atténué par les caractéristiques propres du système, qui peuvent être des caractéristiques physiques (par ex. le type de sol), ou socio-économiques (par ex. les moyens financiers disponibles pour améliorer les systèmes d'irrigation ou l'utilisation de différentes variétés de cultures).

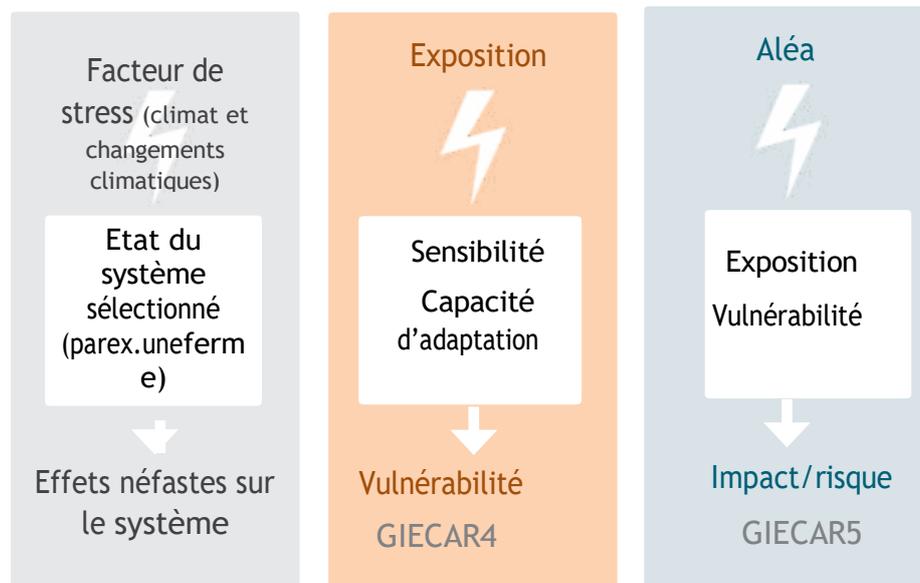


Figure 5 : Logique générale des différentes approches de l'analyse de vulnérabilité

Source : adelphi/Eurac 2014.

Alors que l'AR4 emploie les concepts de sensibilité et de capacité d'adaptation pour décrire les caractéristiques qui permettent d'atténuer la vulnérabilité et l'impact du changement climatique sur un système (la vulnérabilité), l'AR5 emploie les concepts d'exposition (existence d'un système dans des lieux qui pourraient être affectés) et de vulnérabilité (prédisposition à être potentiellement affecté). Il faut absolument garder en tête que les termes « exposition » et « vulnérabilité » sont employés de façon différente dans l'AR4 et l'AR5 ! Cependant, les différences de terminologie peuvent être laissées de côté pour l'utilisation du Guide de référence sur la vulnérabilité. Ceci n'affectera pas le niveau de vulnérabilité ou le risque

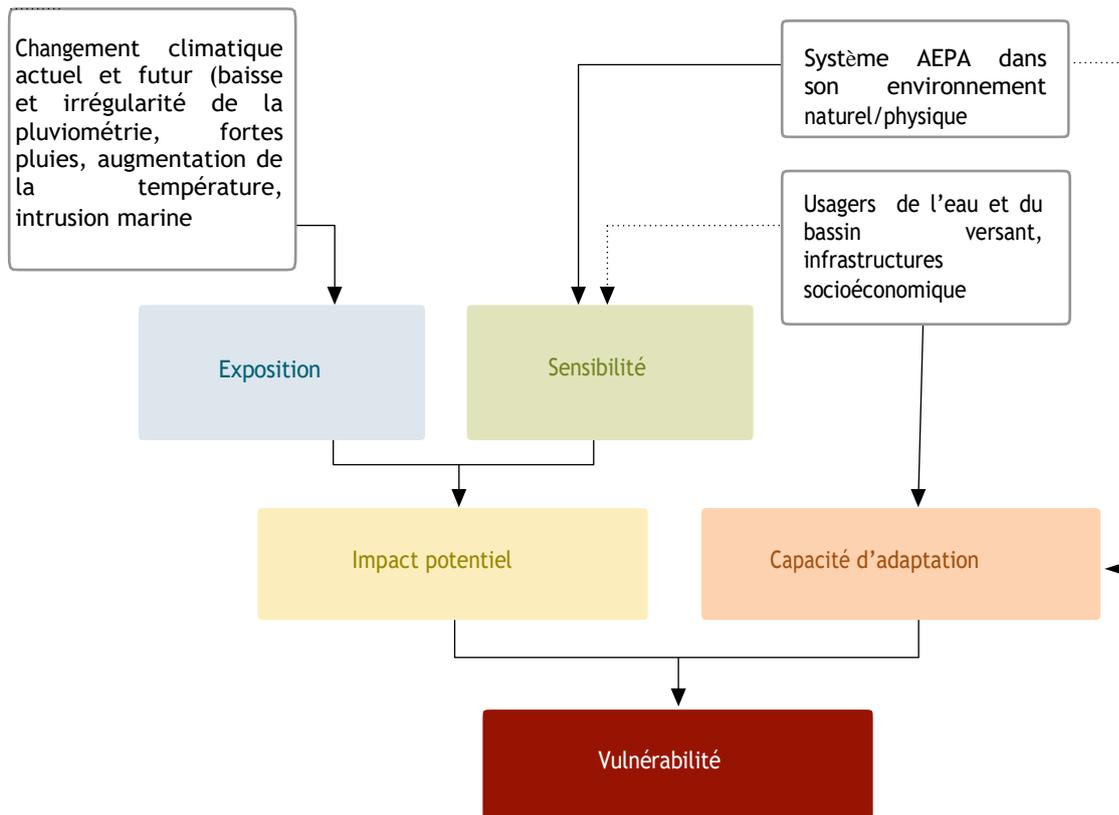
2.4 Comment évaluer la vulnérabilité ?

La vulnérabilité n'est pas une caractéristique mesurable d'un système, comme peuvent l'être la température, les précipitations, les débits ou la production agricole. Il s'agit d'un concept qui traduit l'interaction complexe de plusieurs facteurs qui vont déterminer la sensibilité d'un système aux effets du changement climatique. Cependant, il n'existe pas de règle établie définissant les facteurs qui doivent être considérés, ni de méthode pour les quantifier. C'est pourquoi on parle « d'évaluer » ou « d'analyser » plutôt que de « mesurer » la vulnérabilité.

3 VULNERABILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE D'UN SYSTEME D'APPROVISIONNEMENT EN EAU

Partant des concepts développés ci-dessus, la vulnérabilité au CC d'un système d'AEP s'entend comme sa faiblesse qui, selon son exposition à un aléa climatique et sa capacité à y faire face, peut conduire au dysfonctionnement partiel ou total.

3.1 Approche générale



En conformité avec la démarche de la Planification de la sécurité et sûreté de l'eau PSSE² retenue pour les Comores, les risques liés au Changement climatique seraient principalement :

- Le risque d'étiage impactant la desserte en eau des communautés ;
- Le risque d'inondation impactant la qualité, les quantités et pouvant endommager certaines infrastructures ou réseaux, lors d'épisodes de fortes pluies rendant les eaux des rivières, des sources ou des puits inutilisables et causant des dommages aux ouvrages de captage, aux conduites et aux réservoirs...)
- La salinisation des aquifères sous l'impact de l'intrusion marine provoquée en partie par l'augmentation des températures.

² Voir livrable 2 Guide PSSE - Feuille 6 –Etape 3 – Sous étape 3 : Risque d'étiage/sécheresse impactant la desserte en eau de la communauté et scénario d'amélioration du système

L'approche d'évaluation de la vulnérabilité au CC des systèmes d'AEP du projet suivra. Les trois principales étapes sont décrites ci-après:

- 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, l'évolution du climat est intégrée dans l'analyse et la projection de la quantité nécessaire d'eau potable pour répondre aux besoins de la population. Des analyses statistiques des consommations historiques permettent d'établir la sensibilité des besoins en eau potable aux conditions climatiques et d'extrapoler cette sensibilité dans le futur. La croissance de la population, combinée 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 intégrant entre autres la capacité des infrastructures en place ainsi que les débits écologiques en rivière. L'identification des vulnérabilités permet de déterminer s'il est pertinent d'envisager des mesures d'adaptation au changement climatique pour les bassins versants ou les communes à mettre en œuvre.

3.2 Application pour l'établissement de la cartographie des zones vulnérables aux risques climatiques

L'analyse de la vulnérabilité se base sur :

- le croisement des projections de consommation et des projections hydrologiques pour les 15 zones du projet. Pour chacun des scénarios climatiques, la capacité de production d'eau potable quotidienne est comparée à la demande projetée en fonction des conditions climatiques, afin d'évaluer le risque de pénuries d'eau.
- Evaluation de vulnérabilité de chaque installation en tenant compte de la sensibilité de l'installation, de la gravité de la perte de fonctionnement, du niveau de protection en place et du niveau de détectabilité et d'intervention

3.2.1 Le point de départ : Rappel des principales caractéristiques des systèmes d'AEP et présentation cartographique du réseau

Les principaux constituants d'un système d'alimentation en eau potable sont:

3.2.1.1 Ouvrage de mobilisation de la ressource en eau

Selon la ressource en eau à mobiliser, les installations de mobilisation pourraient être : des ouvrages de dérivation et d'amenée des eaux superficielles appelé ouvrages de captage ou des forages, des puits pour les eaux souterraines.

Le niveau de turbidité des eaux de surface collectées au niveau des captages est directement lié à l'érosion du sol du bassin versant du captage pendant les fortes pluies, ce phénomène est exacerbé par l'insuffisance de la couverture végétale, l'importance des pentes, et la friabilité des sols.

3.2.1.2 Traitement

Il s'agit de l'ensemble des installations de potabilisation indispensables pour ramener la qualité de l'eau d'approvisionnement aux normes physico-chimiques, organoleptiques et bactériologiques requises pour la consommation humaine.

3.2.1.3 Adduction ou refoulement

Les conduites d'adduction sont les conduites transportant l'eau entre les ouvrages ou sites de prélèvement et les stations de production d'eau potable jusqu'au réservoir de régulation et de stockage.

3.2.1.4 Réservoirs

Les réservoirs permettent la régulation entre le débit de production qui est généralement constant au courant de la journée et la nuit et le débit de la distribution qui varie considérablement au courant de la journée et la nuit.

3.2.1.5 Distribution

C'est la partie du réseau d'eau potable, comprenant les conduites, les réservoirs de réseau ou les brises charge, les stations de pompage et les autres équipements qui permet la fourniture d'eau aux consommateurs.

3.2.1.6 Branchement

On entend par branchement eau, toutes canalisations et équipements qui permettent de relier un point (des) de livraison (inclus) à la conduite d'adduction. Le branchement comprend donc en général une partie sur le domaine public (ou collectif) et une partie sur le domaine privé.

Le système d'alimentation en eau potable doit accomplir successivement les (4) fonctions suivantes (figure 1):

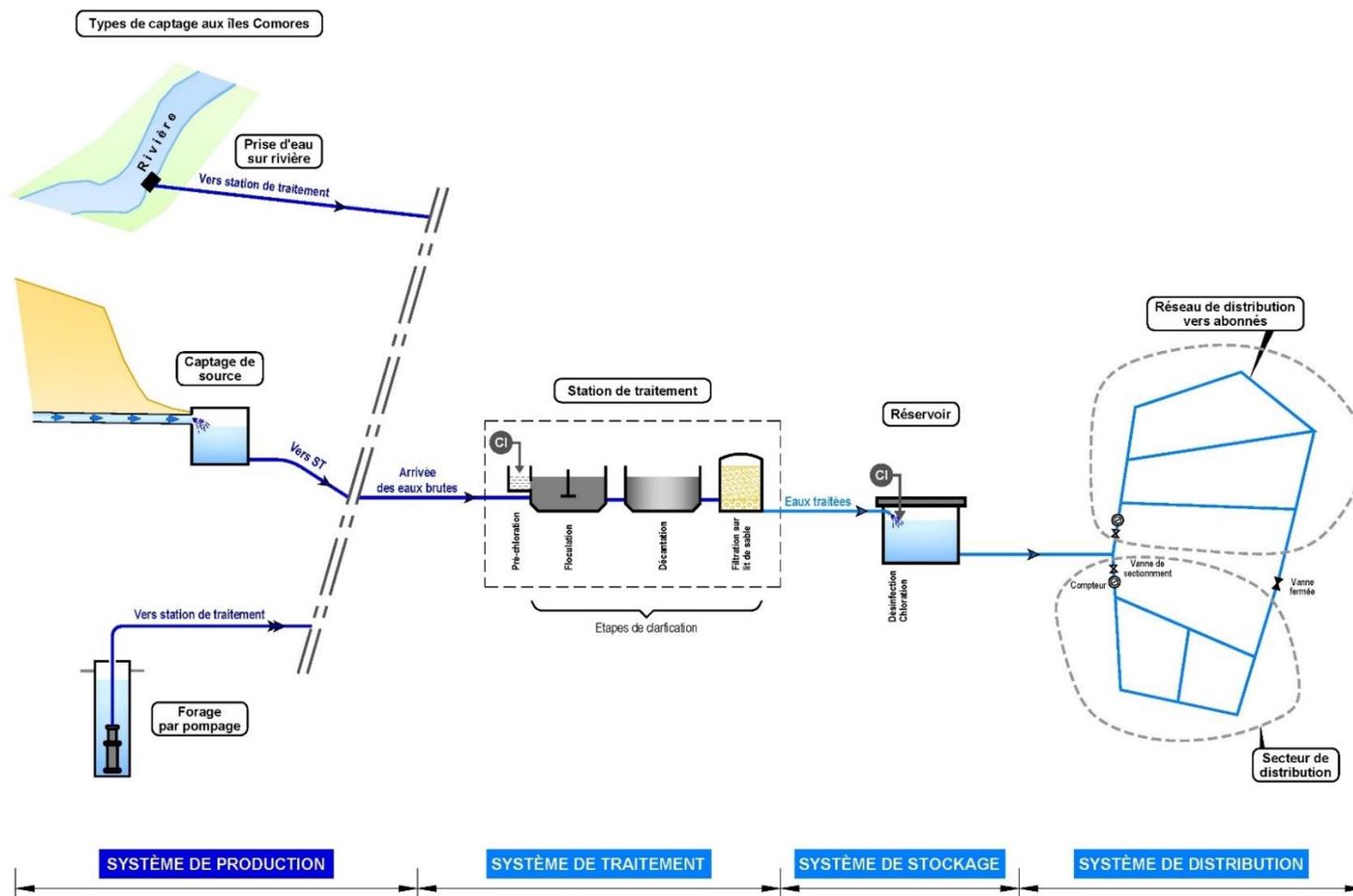


Figure 6 : Schéma illustrant les principales composantes du système d'alimentation d'eau potable concerné par les guides d'exploitation

3.2.2 Les scénarios climatiques aux îles Comores

Les projections climatiques [McSweeney, New, & Lizcano, 2018] montrent que d'ici 2060, les températures moyennes annuelles pourraient augmenter de 0,8 à 2,1°C et passeraient de 1,2 à 3,6°C d'ici 2090. Ces potentielles augmentations de températures se produiront à ce rythme dans l'ensemble des saisons. En parallèle, les résultats des modèles climatiques régionaux [Christensen, et al. 2007] s'accordent sur une augmentation des températures.

Les projections à partir de l'utilisation du logiciel MAGIC-SCENGEN pour la préparation de la seconde communication nationale montrent qu'à l'horizon 2025, les changements climatiques seront déjà perceptibles (par rapport à la période de référence 1971-2000) aussi bien au niveau des températures qu'au niveau des précipitations.

L'évolution des températures moyennes se traduira mensuellement par des hausses dont les plus fortes seront enregistrées au cours des mois de janvier à avril et des mois de novembre à décembre. A l'échelle nationale, ces modifications se manifesteront par une augmentation de la température de 0,61 à 0,78°C. La pluviométrie, en revanche, subira une baisse de 14% pour le mois d'octobre.

3.2.2.1 Projections du GIEC pour 2040 à 2069

Selon le GIEC à travers les projections du Modèle de Circulation Générale Atmosphère-Océan (AOGCM), les scénarios de changements climatiques pour les petites îles de l'Océan Indien, pour la période 2040-2069, indiquent :

- une augmentation de la moyenne annuelle des précipitations de 3,1% (+ ou - 0,45%)
- avec cependant une diminution qui varie entre -2,6 et -1,8 % pendant les périodes sèches (juin-août).

Quant aux scénarios du GIEC pour les températures, à l'échelle des îles du sud-ouest de l'Océan Indien, indiquent eux, une augmentation de 2,10°C à l'horizon 2040-2069.

Selon les projections réalisées lors de la communication nationale initiale, la température moyenne annuelle augmentera de 1°C à l'horizon 2050 ;

Les événements météorologiques et climatiques extrêmes devraient augmenter de fréquence et d'intensité dans l'avenir ;

3.2.2.2 Les projections issues des modèles climatiques globaux

D'autres informations extraites de l'étude Mamaty I. et Bandar Ali D. sur la vulnérabilité aux effets du changement climatique aux Comores [2018] signalent que les experts reconnaissent qu'il y a un problème dans l'élaboration des scénarios climatiques à l'échelle des petites îles car elles sont généralement plus petites que les résolutions des modèles climatiques globaux (MCG).

Bien que cette résolution ait été améliorée avec les nouveaux scénarios RCP avec un quadrillage plus fin allant de 100 à 200 km² et des projections spécifiques par région, elle reste insuffisante.

La majorité des projections résultant des modèles climatiques globaux montrent que :

Pour les températures :

- une augmentation de la température même si le niveau d'augmentation diffère d'un modèle à l'autre.
- Il y a également un consensus dans l'augmentation de la fréquence des jours et des nuits considérés comme chauds et la diminution des jours et nuits considérés comme froids dans le climat actuel.

Pour les précipitations :

- il n'y a pas de consensus sur la direction (augmentation ou diminution) des variations des précipitations et des extrêmes.

On note cependant, une convergence de résultats des différents modèles, pour ce qui concerne les saisons, avec une diminution des précipitations dans les mois de juin-juillet -août – septembre-octobre -novembre et une augmentation au cours de la saison humide en décembre-janvier-février.

Par ailleurs, les tendances observées dans le cadre de l'étude du projet AMCC de l'UE sont alarmantes et montrent une accélération des effets du changement climatique en Union des Comores et dans la région ouest de l'océan indien de manière générale. Si ces tendances se confirment, les prévisions issues des scénarios du GIEC et autres résultats de projections doivent certainement être revues à la hausse.

3.2.2.3 Projections annoncées lors de la communication nationale initiale

Selon les projections réalisées lors de la communication nationale initiale :

- les tendances prévues des températures sont toutes à la hausse avec des niveaux différents selon les modèles. Le degré de confiance de cette tendance à la hausse est élevé ;
- la température moyenne annuelle augmentera de 1°C à l'horizon 2050 ;
- Les événements météorologiques et climatiques extrêmes devraient augmenter de fréquence et d'intensité dans l'avenir ;

3.2.2.4 Conclusions sur l'élévation du niveau de l'Océan Indien

L'élévation du niveau de la mer ne fait pas l'objet de mesures in situ et d'un suivi permanent pour permettre de diagnostiquer une tendance observée sur la région de la COI et plus particulièrement aux Comores. Des données issues de l'observation des satellites altimétriques montrent une augmentation du niveau de la mer depuis 1992 avec des valeurs comprises entre +1 et +6 mm/an dans la région COI,

3.2.3 Projections de la consommation

Les projections des consommations en eaux sont estimées au niveau des études techniques des systèmes d'alimentation en eaux des zones des projets. Les hypothèses des estimations de la projection des demandes en eau sont :

- Un taux d'accroissement de la population annuel de 2,2 %,
- Une consommation moyenne en eau d'une personne directement branchée sur le réseau de 50 l/j/habitant. Avec une évolution annuelle à raison de 1 l/j/habitant/an.

- Pour les besoins d'irrigation il a été retenu un maximum brut de 10 l/j/m²
- Pour les besoins publics ou collectifs urbains, il a été retenu les ratios suivants :
 - Mosquée 10 litres / personne / jour
 - Ecole 5 litres / élève / jour
- Un taux de perte de 25 %,

3.3 Evaluation de la vulnérabilité vis-à-vis des risques de pénurie ou d'étiage sévère

Les projections de la demande en eau sur chacun des réseaux sont ensuite comparées aux projections hydrologiques (qui tiennent compte de la sévérité des étiages) afin d'évaluer le risque de pénurie d'eau potable.

La comparaison des conditions de demande et d'offre fournit une information sur la probabilité, l'intensité et la durée des risques de pénuries futures pour chaque système ou élément du système et d'établir si le système doit faire l'objet d'une analyse de mesures d'adaptation corrective à la lumière de sa vulnérabilité.

Tableau 1 : Impacts des précipitations faibles et de l'augmentation des températures sur les ressources en eau

Aléa climatique	Impacts sur les ressources en eau	Zones vulnérables
Variabilité des régimes pluviométriques saisonniers	Faiblesse, voire absence des ressources en eaux de surface et souterraine en fin de saison sèche	Bassin versant présentant une variation importante des débits et l'alternance de saison sèche et de saison des pluies
Augmentation des températures moyennes Vague de chaleur Période de sécheresse	Baisse de la quantité et de la qualité des eaux de surfaces et souterraines : à l'échelle saisonnière (fluctuations de grande ampleur) et à l'échelle interannuelle (baisse continue des niveaux piézométriques des nappes phréatiques) : Réduction du débit des rivières notamment en période d'étiage. Augmentation de la concentration des divers polluants dans l'eau (chimiques, organiques) en raison de leur plus faible dilution. Réduction de l'alimentation des nappes souterraines.	Zones de faible pluviométrie, zones arides, zones de climat chaud Zones urbaines, densément peuplées

3.4 Evaluation de la vulnérabilité vis-à-vis des risques des crues et d'inondation

L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des pluies, des tempêtes, des vents violents et des cyclones a des impacts sur les ressources en eau et sur les infrastructures d'alimentation en eau potable notamment les infrastructures aériennes et exposées aux ruissellements des eaux de pluie.

Tableau 2 : Impacts des pluies exceptionnelles et des crues sur les ressources en eaux

Aléa climatique	Impacts sur les ressources en eau	Zones vulnérables
Augmentation de la fréquence et de l'intensité d'événements extrêmes : <ul style="list-style-type: none"> • Épisode pluvieux intense et brutal, induisant un risque accru d'inondation • Tempête, vents violents, cyclones 	Pollution des eaux de surface puis souterraines (après infiltration) due au lessivage des polluants sur le sol, la submersion des fosses de latrines et l'augmentation des volumes rejetés sans traitement (saturation des stations d'épuration lorsqu'elles existent) Faible infiltration des pluies dans les sols lors d'épisodes pluvieux violents: l'eau ne s'infiltré plus et ruisselle, créant des zones inondées	Bassin versant dégradé Zones agricoles ou industrielles avec des activités polluantes Zones urbaines, densément peuplées, où les sols sont imperméabilisés Sols imperméables, sols argileux, faible couverture végétale, etc.

Tableau 3 : Impacts des pluies exceptionnelles et des crues sur les infrastructures

Aléa climatique	Impacts sur les infrastructures et les équipements	Impacts sur la qualité du service
Augmentation de la fréquence et de l'intensité d'événements extrêmes : <ul style="list-style-type: none"> • Épisode pluvieux intense et brutal, induisant un risque accru d'inondation • Tempête, vents violents, cyclones 	Fragilisation des ouvrages de captage des rivières, Fragilisation des traversées des ruissellements par les conduites, Fragilisation, baisse du rendement et destruction des installations : inondation des puits, ensablement, submersion des équipements électriques, érosion des ouvrages, fragilisation et rupture de canalisations induisant des fuites au niveau des réseaux , etc. Fragilisation des ouvrages de retenues d'eau ayant à subir des pressions trop fortes	Interruption du service dû à l'endommagement des installations Inaccessibilité des points d'eau (glissement de terrains – inondations) Dégradation de la qualité de l'eaudistribuée due à une plus grande pollution et turbidité des ressources en eau par le lessivage des sols et la submersion des ouvrages d'assainissement.

3.5 Evaluation de la vulnérabilité vis-à-vis de l'intrusion marine au niveau de certains aquifères

L'île de la Grande Comore constituée des roches volcaniques perméables est d'une manière générale vulnérable à l'intrusion saline. La remontée du niveau marin augmente la salinité de la nappe. Dans les années 1980, le forage de 44 puits de reconnaissance répartis sur la zone côtière de l'île a révélé que 24 puits seulement présentaient une salinité inférieure à 3 g/l.

Les zones côtières les plus vulnérables sont celles les moins arrosées de l'île localisées à l'est au nord et au sud de l'île.

4 REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE DES ZONES VULNERABLES AU NIVEAU DES 15 ZONES DU PROJET

4.1 Critères considérés dans l'établissement des cartes de vulnérabilité aux changements climatiques

4.1.1 Enjeu sur le bilan hydraulique

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 :

Tableau 4 : Vulnérabilité à un étiage prononcé

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 %

4.1.2 Enjeu continuité et qualité du service d'eau

4.1.2.1 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.

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 garanti 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 distribué, 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.

4.1.2.2 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 turbidité et pollution éventuelle par le lessivage des produits 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 contre les inondations...

Afin d'analyser le niveau de vulnérabilité des bassins versant des captages, il a été 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 (Cf. cartes en annexes) :

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

La couverture végétale protège le sol, elle est considérée comme la première protection 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 restituer 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 (Cf. cartes en annexes) :

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

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

Tableau 5 : classes de vulnérabilité des sols à une pluie intense

Occupation du sol	Pente	Vulnérabilité
Sol faible couvert	Forte	Fortement vulnérable
Sol moyennant couvert	Forte	Moyennement vulnérable
Sol bien couvert	Forte	Faiblement vulnérable
Sol moyennant couvert	Faible	Moyennement vulnérable
Sol bien couvert	Faible	Faiblement vulnérable
Sol faible couvert	Faible	Fortement vulnérable

4.1.3 Enjeu lié à l'intrusion marine

La montée du niveau marin peut provoquer ou accentuer l'intrusion marine aux niveaux des îles et des zones littorales. Aux Îles Comores l'alimentation en eau potable de la Grande Comore est exclusivement assurée par les eaux souterraines captées à partir de la nappe de base.

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

4.2 Cartes des zones vulnérables au CC autour de chaque système d'AEPA

4.2.1 Vulnérabilité à un étiage sévère

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

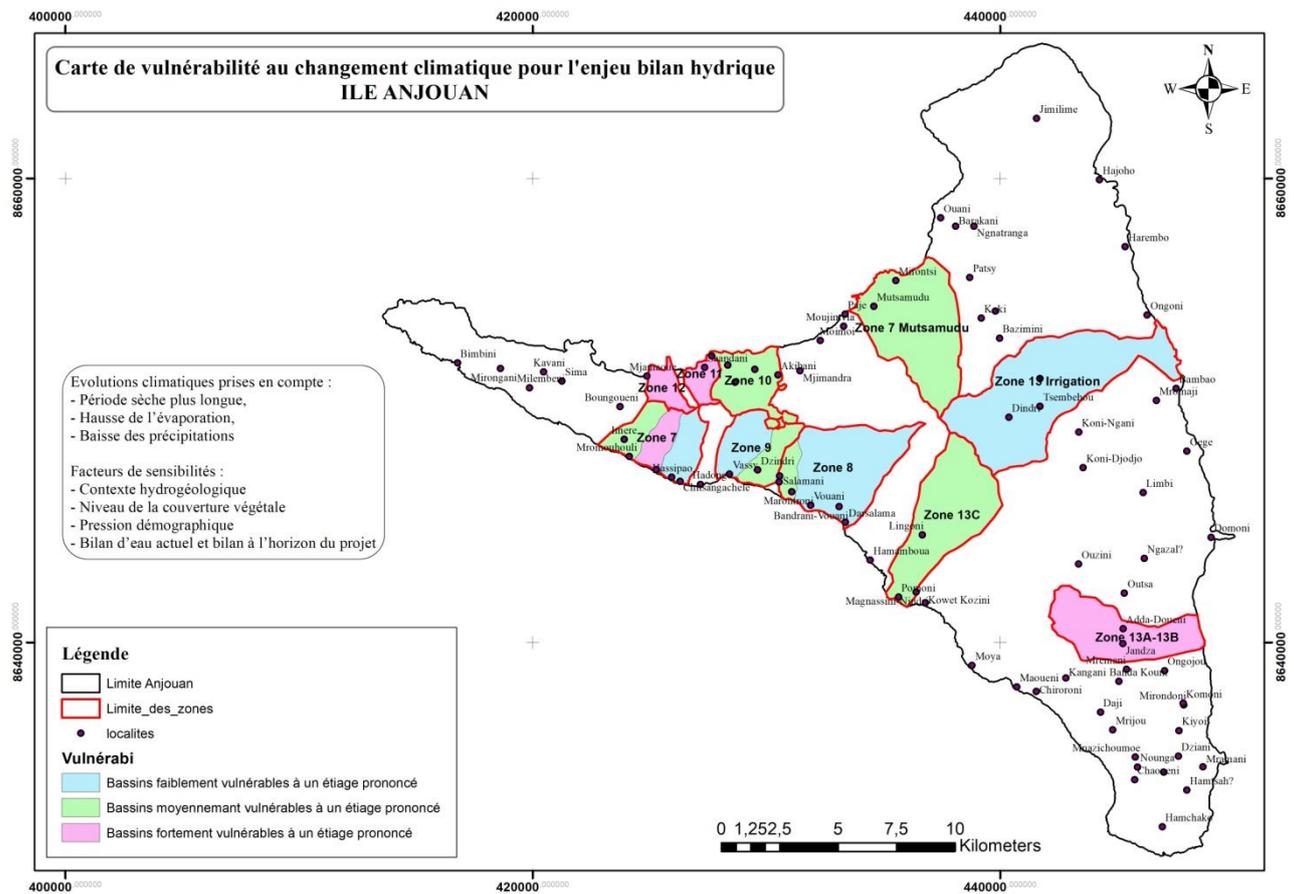


Figure 7 : Vulnérabilité à un étiage sévère – Zones à l’île d’Anjouan

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

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



Figure 8 : Vulnérabilité à un étiage sévère – Zones à l’île de Mohéli

Les zones du projet de l’île de Mohéli sont toutes classées comme des zones de faible vulnérabilité à un étiage prononcé.

4.2.1 Vulnérabilité à une pluie intense

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

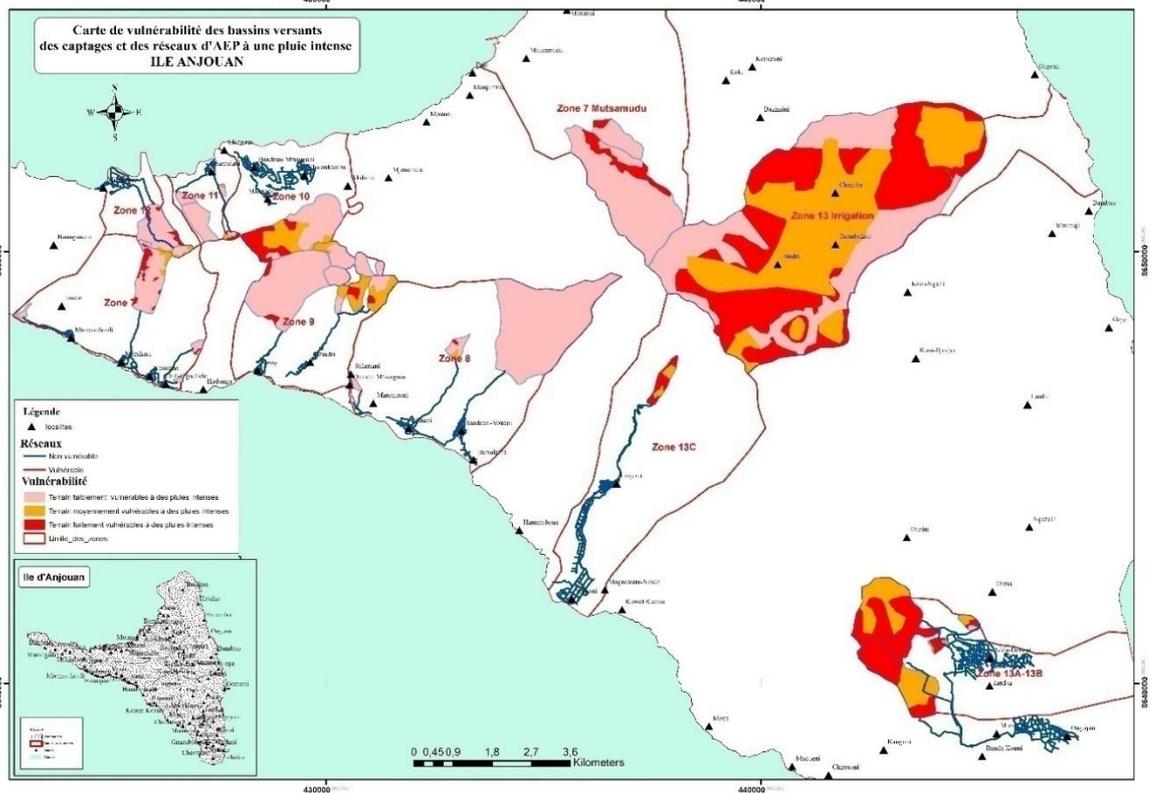


Figure 9 : Vulnérabilité à une pluie intense – Ile d’Anjouan

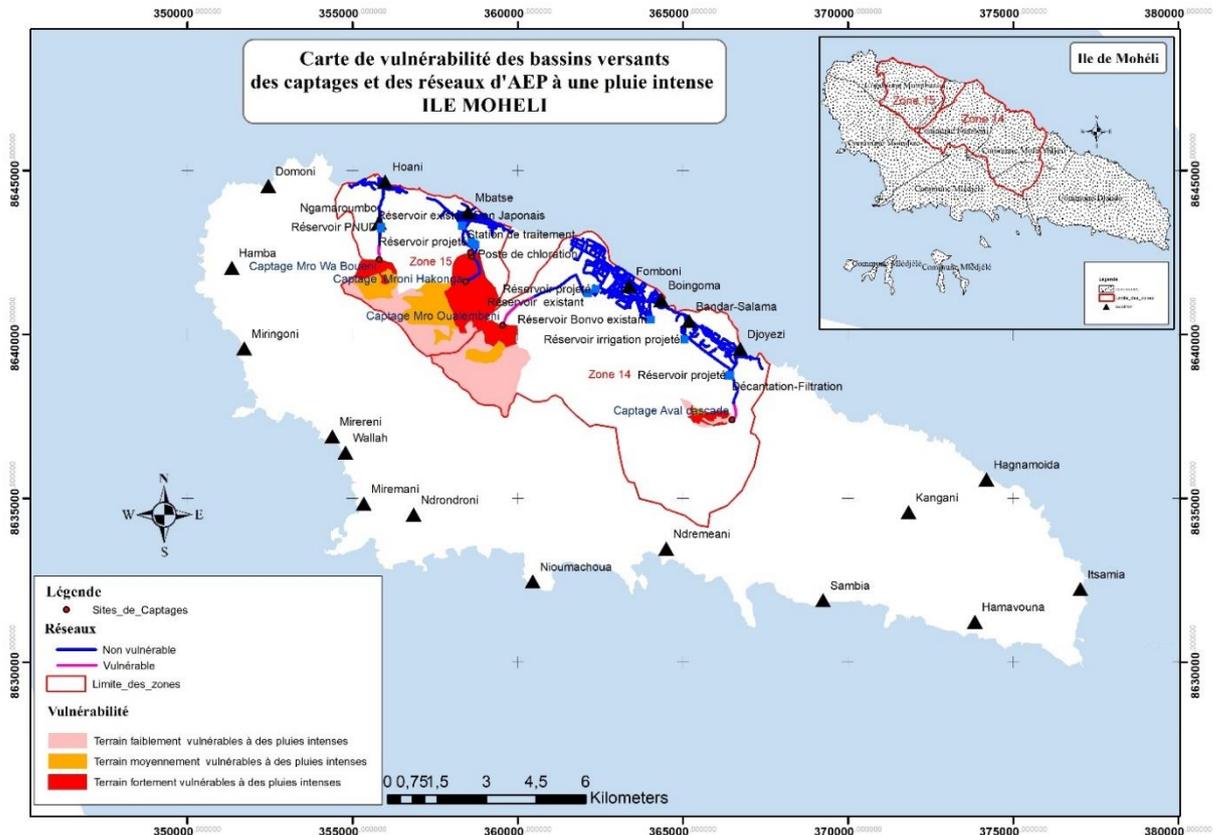


Figure 10 : Vulnérabilité à une pluie intense – Ile de Mohéli

Le tableau suivant présente les superficies par zone, de chaque classe de sol, par rapport à sa vulnérabilité à une pluie intense :

Tableau 6 : Vulnérabilité des classes de sols à une pluie intense aux îles d'Anjouan et Mohéli

Zones	Localités	Superficie des sols faiblement vulnérables à des pluies intense (ha)	Superficie des sols moyennement vulnérables à des pluies intense (ha)	Superficie des sols fortement vulnérables à des pluies intense (ha)	Infrastructures fortement vulnérable
Ile Anjouan					
Zone 7A	Mromouhouli, Maraharé, Hassimpao et Chitsangacheli	78	6	15	435 ml de conduites 3 captages
Zone 7B Mutsamudu	Mutsamudu	380		48	222 ml de conduites 2 captages
Zone 8	Marontroni, Vouani, Bandrani-Vouani et Daresalam	424	3	3	207 ml de conduites 4 captages
Zone 9	Dzindri et Vassi	230	52	16	48 ml de conduites 3 captages
Zone 10	Ankibani, Chironkomba, Oupépo, Maoueni et Mtsangani	163	60	42	6 ml de conduites 7 captages
Zone 11	Chitrouni et Saandani	50	3	2	2 captages
Zone 12	Mjamaoué / Msahara	71	5	6	123 ml de conduites 3 captages
Zone 13A et 13B	Adda Daoueni et Ongoujou	3	146	226	1025 ml de conduites 5 captages 2 sources
Zone 13C	Lingoni et Pomoni		9	19	1 captage 2 sources
Zone 13 - Irrigation	Bambo et Ongoni	656	953	863	1 captage
Total		2055	1237	1240	
Ile Mohéli					
Zone 14	Fomboni, Bangoma, Bandar Salam et Djoézi	380	51	95	1178 ml de conduites 2 captages
Zone 15	Mbatsé et Hoani	243	247	311	264 ml de conduites 3 captages
Total		623	298	406	

4.2.1 Intrusion marine

La carte suivante présente le niveau de vulnérabilité assez élevée pour l'ensemble de la zone côtière de la Grande Comore, sauf la zone de Bambao-Hambou (Mdé, Vouvouni, Séléa, Mitsoudjé, et Chouani) située sur la côte ouest, la plus pluvieuse de l'île et qui dispose de structures volcaniques (cônes volcaniques, dykes) constituant une barrière contre la pénétration de l'eau de mer.

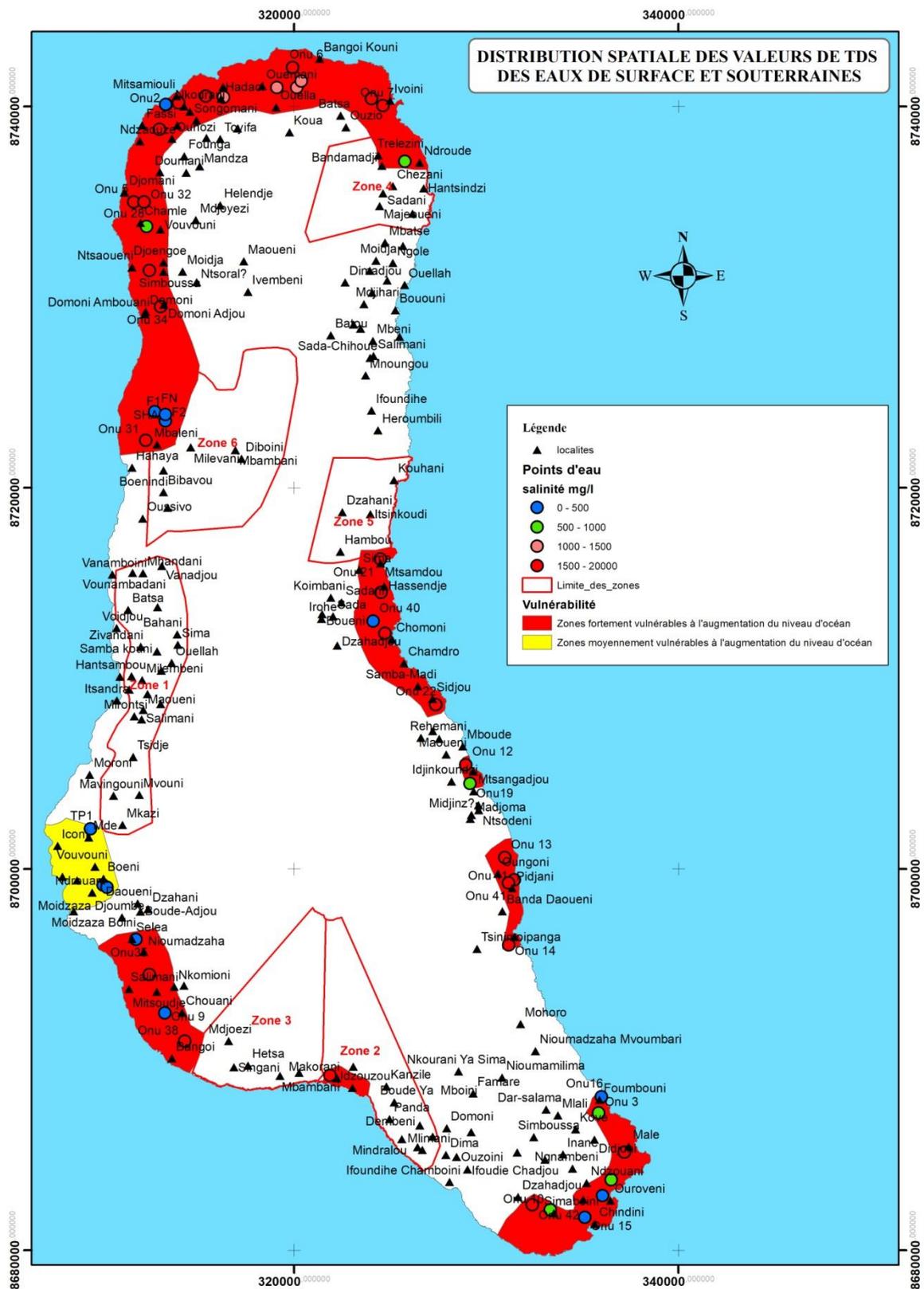


Figure 11 : Niveau de vulnérabilité à l'intrusion saline – Grande Comore

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 gGmbH, 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 intergouvernemental 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 Inter-governmental 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

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

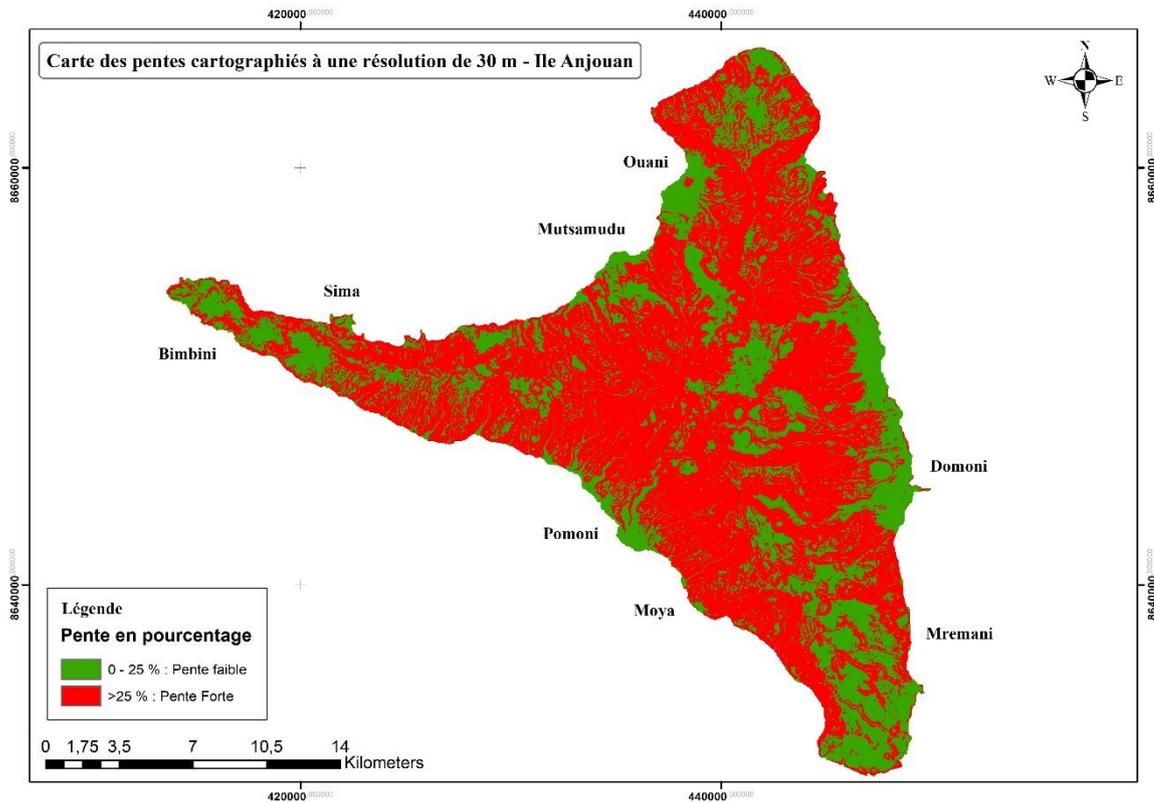
OMS, Planifier la gestion de la sécurité sanitaire de l'eau pour l'approvisionnement en eau des petites communautés : Recommandations pour la gestion par étapes des risques liés à l'approvisionnement en eau potable des petites communautés, OMS, Edition 2017

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>)

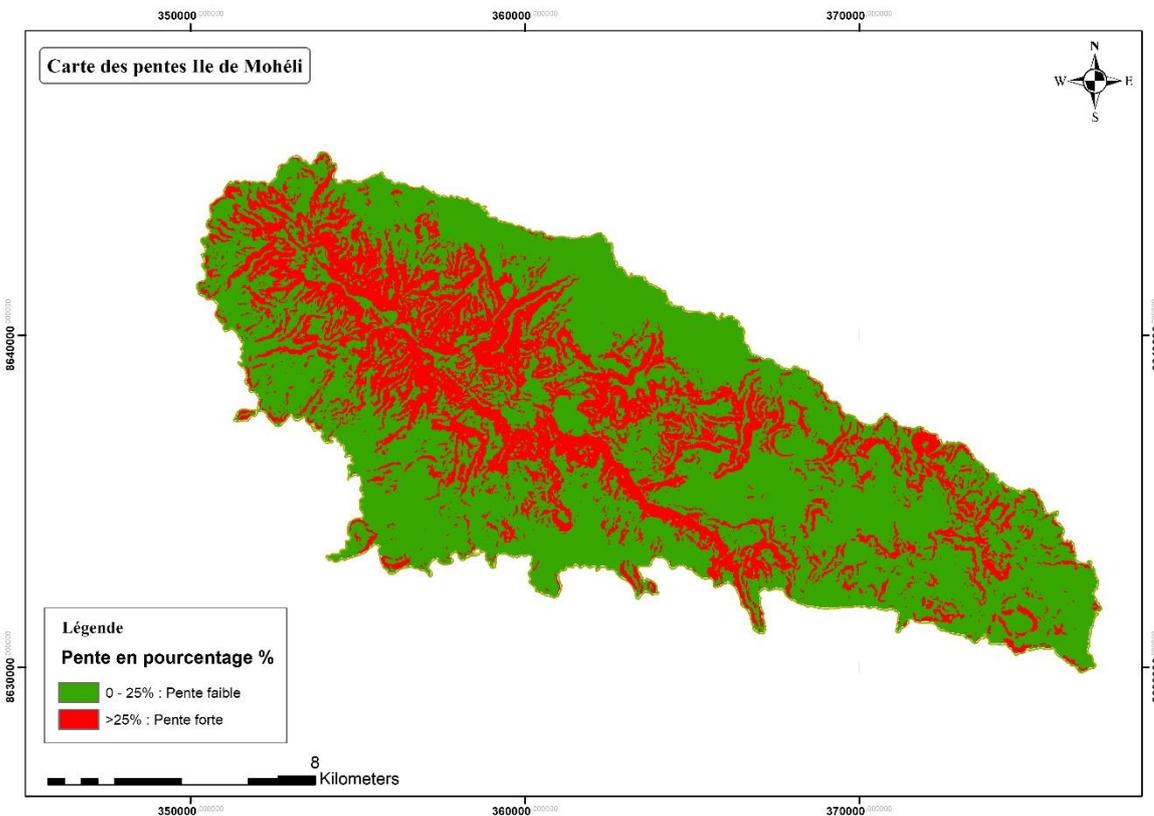
Les Directives de qualité pour l'eau de boisson de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS, 2011a) qui décrivent les principes de gestion de la sécurité sanitaire de l'eau

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.

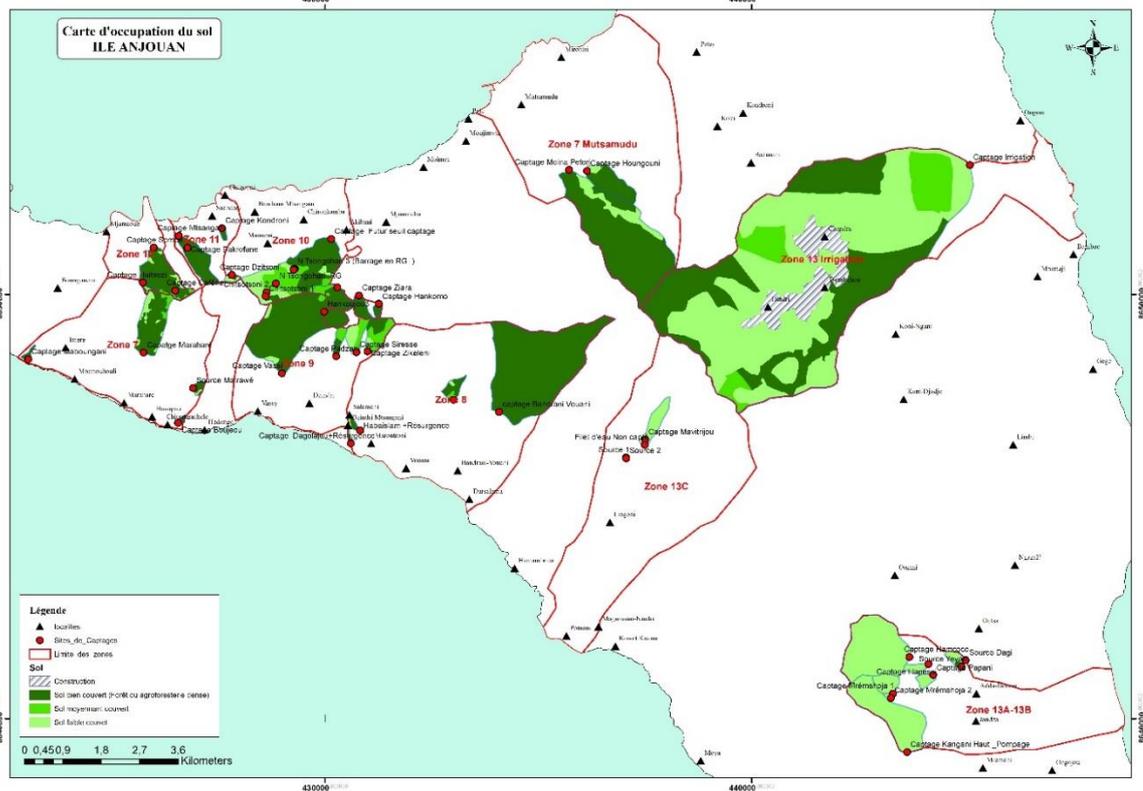
Annexes Cartographiques



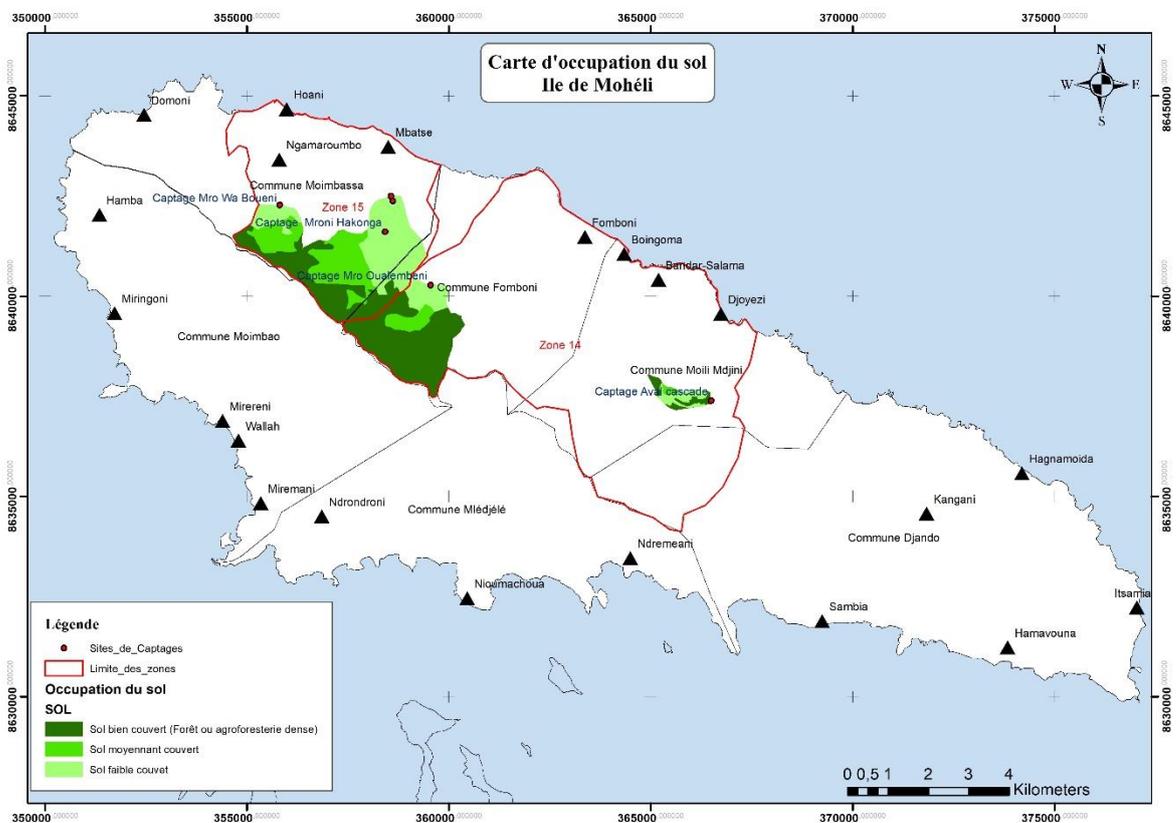
Carte des pentes – Ile d’Anjouan



Carte des pentes – Ile de Mohéli



Carte d’occupation du sol – Ile d’Anjouan



Carte d’occupation du sol – Ile de Mohéli