

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage
spécifique aux bassins versants tenant
compte de la résilience 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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

SOMMAIRE

1	Rappel du cadre général du projet et de l’étude	1
1.1	Contexte du projet	1
1.2	Objectifs de la mission et déroulement prévu	2
1.3	Objet du présent rapport	4
2	l’objet du cadre réglementaire de zonage spécifique au bassins versant	5
2.1	Les résultats attendus d'un Cadre réglementaire de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte du changement climatique	5
2.1.1	La résilience au changement climatique et la protection des sources d’eau	5
2.1.2	Les objectifs assignés au cadre réglementaire du zonage spécifique recherché	5
2.2	La nécessité d’une méthodologie commune de délimitation de ces aires d’alimentation de captages	6
3	Les Principes de délimitation des bassins d’alimentation du captage et de caractérisation de la vulnérabilité des captages	7
3.1	Définition des bassins d’alimentation du captage	7
3.2	Principes généraux de la délimitation des bassins d’alimentation du captage	7
3.2.1	Cas d’un bassin d’alimentation d’un captage en eaux superficielles et mixtes :	7
3.2.2	Cas d’un bassin d’alimentation d’un captage en eaux souterraines :	9
3.2.3	Synthèse relative à la délimitation des bassins d’alimentation du captage	11
3.2.4	Caractérisation de la vulnérabilité des zones de recharge	12
4	Méthodologie de délimitation des BAC	13
4.1	Caractéristiques physiques et leurs influences sur l’écoulement des eaux	13
4.1.1	Caractéristiques physiques	13
4.1.2	Les caractéristiques agro-pédo-géologiques	14
4.1.3	Contexte hydrogéologique	14
4.1.4	Aquifères volcaniques	17
4.2	Démarche de délimitation des bassins d’alimentation des captages	18
4.2.1	- Méthodologie de délimitation des BAC	18
4.2.2	Délimitation d’un BAC dans un système aquifère volcanique	20
5	Conditions de mise en œuvre du zonage par les comités GIRE	24
5.1	L’approche GIRE partant du niveau national vers le niveau du bassin	24
5.2	Les principales fonctions du Comité GIRE	25
6	l’élaboration des textes réglementaires de délimitation des bv	27
6.1	Rappel des articles du Code de l’eau en relation	27
6.2	Nécessité de promulgation des textes réglementaires applicatifs du Code	29
6.3	Une urgence absolue : la mise en place des zones de protection immédiate des sources d’eau	29
6.4	Le domaine public hydraulique (DPH) : les enjeux, les défis et les opportunités	30
6.4.1	Le DPH	30
6.4.2	Les périmètres de protection	31

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique	
6.4.3	Les délimitations des périmètres de protection _____ 32
6.4.4	Les défis de ces délimitations des périmètres de protection _____ 33
6.4.5	Les opportunités de ces délimitations _____ 33
7	Conclusion et Recommandations _____ 34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES _____ 35	
ANNEXE : Proposition d’arrêté à prendre par le gouverneur pour la délimitation d’un bassin d’alimentation de captage _____ 36	

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

Liste des Tableaux

Tableau 1 : synthèse de délimitation des bassins d’alimentation de captage _____	12
Tableau 2 : Principales caractéristiques géométriques _____	13

Liste des Figures

<i>Figure 1 : Exemple du bassin versant du captage sur rivière (Djoièzi) Zone 14</i> _____	8
<i>Figure 2 : Bassin d’alimentation d’un captage en eaux superficielles (BAC)</i> _____	8
<i>Figure 3 : Bassin d’alimentation du captage dans un cas de nappe libre</i> _____	10
<i>Figure 4 : Bassin d’alimentation du captage dans un cas de nappe captive</i> _____	11
<i>Figure 5 : quatre phases de la formation de l’île d’Anjouan (Ebauche du fonctionnement hydrogéologique de l’île d’Anjouan-2013 Arnaud Charmoille)</i> _____	15
<i>Figure 6 : Exemple du profil type d’une coulée volcanique altérée à proximité de la surface sur l’île de Mayotte (Audru et al., 2010).</i> _____	16
<i>Figure 7 : Le biseau salé d’un aquifère insulaire</i> _____	17
<i>Figure 8 : Nappe perchée</i> _____	17
<i>Figure 9 : Modèle conceptuel de type hawaïen d’après Join et al. (2005)</i> _____	21
<i>Figure 10 : Le modèle conceptuel canarien d’après Join et al. (2005)</i> _____	22

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 6 : 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****Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique**

ABREVIATIONS

AEP :	Approvisionnement en eau potable
BAC :	Bassin d'alimentation du captage
AAC :	Aire d'alimentation du captage
DRE :	Direction régional de l'eau
CA :	Conseil d'Administration
CGE :	Comité de Gestion de l'Eau
FVC :	Vert pour le Climat
DPH :	Le domaine public hydraulique
GIEC :	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
GIRE :	Gestion Intégrée des Ressources en eau
EAH :	Eau, Assainissement et Hygiène
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé

1 RAPPEL DU CADRE GÉNÉRAL DU PROJET ET DE L'ÉTUDE

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.

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.

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

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience 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 ;
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
 - **Sous-livrable 6.1 : Un cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique ;**
 - Sous-livrable 6.2 : Plan d'action de formation des comités GIRE par groupement de bassins mineures ;
 - Sous-livrable 6.3 : Rapport de synthèse des ateliers de formation des formateurs des comités GIRE par Ile.
 - Sous livrable 6.4 : Rapports des synthèses et recommandation des ateliers de restitution des livrables 5 et 6

A la suite de la soumission des produits/livrables en version provisoire, des séries d'ateliers, organisés afin de présenter les résultats de ces livrables et mener des discussions avec les parties prenantes permettront 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 des parties prenantes sur les versions provisoires des rapports remis ;
- Recommandations faites lors des ateliers de restitutions organisés aux niveaux insulaire et national.

1.3 Objet du présent rapport

Le présent rapport constitue le livrable de l’activité 6.1 de la phase 3 et porte sur l’élaboration d’un cadre réglementaire de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique pour la protection des zones de recharge et pour sa mise en œuvre par les comités GIRE à travers des consultations et validation des délimitation des BV, élaboration des textes règlementaires de délimitation des BV.

Au vu de la vulnérabilité des Ressources en eau dans l’Union des Comores et l’intérêt pour l’Etat de disposer d’outils règlementaires indispensables à l’application des dispositions de l’approche GIRE telle que définie par le nouveau code de l’eau, il s’est avéré nécessaire de définir un cadre de zonage spécifique aux BV reflétant la sensibilité de leurs différents “territoires” aux risques climatiques et entropiques.

Si le Code de l’Eau a règlementé la mise en place des périmètres de protection des sources d’eau (captages, forages, sources, ...) répondant surtout aux risques anthropiques (activités humaines, actes de malveillance ...), la mise en œuvre de la GIRE a besoin également d’un autre type de zonage fonctionnel au niveau des Bassins d’Alimentation des Captage (BAC) pour adapter les RE et leur utilisation aux risques climatiques. Les BAC d’AEP et les zones potentielles de recharge des nappes alimentant les forages seront les aires d’intérêt du présent rapport. L’étude de la vulnérabilité et la définition des limites de ces zones devraient permettre d’identifier les mesures de protection qui devront être mise en œuvre pour préserver la ressource sur le plan quantitatif et qualitatif dans toutes les circonstances climatiques. La délimitation des zones de recharge devrait permettre aussi la surveillance des pollutions diffuses risquant d’altérer la qualité de l’eau prélevée par le captage (source ou forage). Elle ne se substitue pas aux périmètres de protection dont l’objectif est d’éviter toute pollution ponctuelle ou accidentelle.

Pour répondre à cette problématique, le présent rapport développera les chapitres suivants :

- Les Principes de délimitation des bassins Versants et de caractérisation de la vulnérabilité des captages ;
- La méthodologie de délimitation des BAC ;
- La méthodologie de délimitation des zones de recharges ;
- Les conditions de mise en œuvre du zonage par les comités GIRE ;
- Les propositions de textes règlementaires pour la délimitation des BV

Ce rapport qui est rédigé suite à une vaste synthèse bibliographique permet d’avoir plus de détail sur le principe et la méthodologie des délimitations des BAC d’une part et la mise en œuvre du zonage BAC par les comités GIRE d’autre part.

2 L'OBJET DU CADRE RÉGLÉMENTAIRE DE ZONAGE SPÉCIFIQUE AU BASSINS VERSANT

2.1 Les résultats attendus d'un Cadre réglementaire de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte du changement climatique

2.1.1 La résilience au changement climatique et la protection des sources d'eau

Le cadre réglementaire, qui sera développé dans le présent rapport, doit répondre aux TdR qui demandent un « *zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique pour la protection des zones de recharge et pour sa mise en œuvre par les Comités GIRE* »

Or les précédents livrables de la présente étude dont notamment les Livrables 4.2 et 4.3 ont montré que les meilleures pratiques, pour que la gestion de l'eau dans les bassins soit résiliente aux changements climatiques entraînant des inondations, des sécheresses graves ou l'intrusion marine, est de constamment chercher à protéger la ressource contre toutes sortes de dégradation de sa qualité, de diminution de son renouvellement ou d'une utilisation non optimisée sur tous les plans.

Ces trois conséquences du changement climatique, préconisent par conséquent :

- Une totale maîtrise des pollutions diffuses autour des captages ;
- Une amélioration de l'alimentation naturelle des sources d'eau par la diminution du ruissellement et particulièrement du transport solide et favorisant l'infiltration des eaux météoriques ;
- Un suivi continu de la piézométrie et de la qualité des eaux des nappes (et prioritairement les nappes côtières) pour limiter les phénomènes d'intrusion marine qui doivent être modélisés.

Ces conséquences montrent la nécessité de procéder de façon rapide à :

- Définir et délimiter les aires de captage de ces sources d'eau ;
- Prendre les actions réglementaires (définies par le Code de l'Eau) pour assurer leur protection ;
- Réglementer les captages des nappes sujettes à l'intrusion marine pour parer à leur dégradation quantitative et qualitative.

2.1.2 Les objectifs assignés au cadre réglementaire du zonage spécifique recherché

La problématique de la maîtrise des pollutions diffuses autour des captages destinés à l'alimentation en eau potable et plus précisément à l'intérieur du bassin est un véritable défi aux Comores, malgré les textes réglementaires dans le nouveau Code de l'Eau qui définissent les différents périmètres et zonages de protection pour les captages d'eau souterraine (forage, puit) ou les captages d'eau superficielle comme les prises d'eau dans les rivières.

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de l'élaboration d'un cadre réglementaire de zonage spécifique aux bassins versants qui vise la protection des zones de recharge. En effet, un captage d'eau potable sera protégé par l'élaboration du zonage facilitant la lutte et la mise en œuvre d'actions contre les pollutions ponctuelle et accidentelle ainsi que les pollutions diffuses.

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

L'application de cette nouvelle démarche réglementaire nécessite de disposer d'une méthodologie commune de délimitation de ces bassins d'alimentation des captages et de caractériser leur vulnérabilité aux pressions exercées sur la surface du bassin et à la pollution diffuse.

Afin d'assurer une protection efficace et optimale des ressources et des captages dans l'Union des Comores, il est essentiel de penser à l'échelle du bassin d'alimentation du captage (BAC) et d'avoir une méthodologie de délimitation des BAC qui prenne en compte la vulnérabilité des BAC vis-à-vis des pollutions diffuses ainsi que des changements climatiques.

Les articles 95, 96 et 97 du Code de l'Eau ont défini les différents périmètres de protection (les périmètres immédiats, rapproché et éloigné) autour des ouvrages de captage et leurs installations ainsi qu'autour des stations de traitement et de stockage des eaux destinées à l'alimentation en eau potable. L'objectif de ces trois périmètres est d'assurer et de prévenir les pollutions accidentelles ou ponctuelles qui ne sont pas les seules affectant les eaux d'un captage. En effet, les pollutions diffuses désignent ainsi les pollutions issues d'une multitude de sources dispersées dans l'espace et dans le temps et difficilement identifiables. Pour cela, le BAC définit le zonage susceptible de limiter si ce n'est d'éliminer à plus ou moins long terme la pollution des eaux.

Donc les bassins d'alimentation du captage jouent le rôle d'un dispositif supplémentaire à ceux indiqués dans le Code de l'Eau pour prendre en compte la vulnérabilité au sein des BAC. Ce bassin a comme objectif principal de limiter certaines pollutions agricoles ou urbaines en les éloignant du lieu où l'eau est prélevée.

Pour atteindre cet objectif, il est très important d'identifier les BAC dans le but d'identifier les zones protégées pour l'alimentation en eau potable afin d'élaborer un nouveau cadre réglementaire dans le but de renforcer les outils de protection des zones de recharge déjà développées par le Code de l'Eau.

2.2 La nécessité d'une méthodologie commune de délimitation de ces aires d'alimentation de captages

L'élaboration d'un cadre réglementaire nécessite de disposer d'une méthodologie commune de délimitation des bassins d'alimentation des captages (BAC) qui vise la protection de l'ensemble des captages des eaux potables quelle que soit leur origine à partir des eaux souterraines (forages et sources) ou à partir des eaux superficielles (captages sur rivières).

Différentes méthodologies ont été développées pour répondre aux besoins d'ordres technique et décisionnel relatifs à la démarche de la délimitation des zones de recharge pour la protection des captages. Ces méthodologies nécessitent dans leur application un certain cumul de connaissances du terrain et de données (géologique, hydrogéologique, climatologique, historique, foncière, d'occupation des sols...).

Les méthodologies proposées dans le présent rapport dans le but de délimiter les BAC dépendent essentiellement des différents types des aquifères rencontrés.

Les trois types des nappes rencontrés dans l'Union des Comores sont :

- La nappe de base d'eaux souterraines.
- Les nappes aquifères perchées.
- Les petites nappes alluviales côtières.

3 LES PRINCIPES DE DÉLIMITATION DES BASSINS D'ALIMENTATION DU CAPTAGE ET DE CARACTÉRISATION DE LA VULNÉRABILITÉ DES CAPTAGES

3.1 Définition des bassins d'alimentation du captage

En théorie, le bassin d'alimentation d'un captage (BAC) ou Aire d'Alimentation de Captage (AAC) est le lieu des points de la surface du sol ou du sous-sol qui contribuent à l'alimentation du captage quelque que soit le mode de cheminement de l'eau parvenant au captage

Pour que la protection soit efficace, il est nécessaire d'englober cette surface, qui une zone sensible aux pollutions diffuses. Le BAC doit inclure les différents niveaux de périmètres de protection, principalement prévus pour prévenir les pollutions d'origine ponctuelle ou accidentelle dans le voisinage du captage.

3.2 Principes généraux de la délimitation des bassins d'alimentation du captage

La délimitation d'un bassin du captage se définit par le traçage des limites de la surface participant à l'alimentation du captage, cette étape nécessite de bien connaître le contexte hydrologique et hydrogéologique ainsi que d'avoir les données climatologique et géologique dans la zone concernée. Au sein du bassin délimité, il est nécessaire de déterminer la vulnérabilité intrinsèque, il s'agit de déterminer les secteurs les plus contributifs à l'alimentation souterraine ou en surface du captage et donc susceptibles de représenter un vecteur de pollution prépondérant en cas de pollution exercée sur la surface du BAC.

L'identification des différents types d'aquifères constitue une première phase essentielle pour définir quels outils doivent être appliqués pour la délimitation du BAC

3.2.1 Cas d'un bassin d'alimentation d'un captage en eaux superficielles et mixtes :

Lorsque la ressource est prélevée en surface (cas de captage /prise d'eau en rivière), la notion de bassin versant topographique est le meilleur point de départ pour la délimitation du BAC.

En effet, Pour un captage en eaux superficielles le BAC se confond avec le bassin versant (BV) topographique situé en amont de la prise d'eau, comme le montre la figure ci-dessous (**figure n°1**). Les limites correspondantes aux lignes de crête peuvent être déterminées à partir des cartes topographiques.

Ce bassin couvre la surface à l'intérieur de laquelle les eaux de pluie qui ruissellent ou s'infiltrant participent à l'alimentation de la ressource utilisée pour l'alimentation en eau potable.

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique



Figure 1 : Exemple du bassin versant du captage sur rivière (Djoïzi) Zone 14

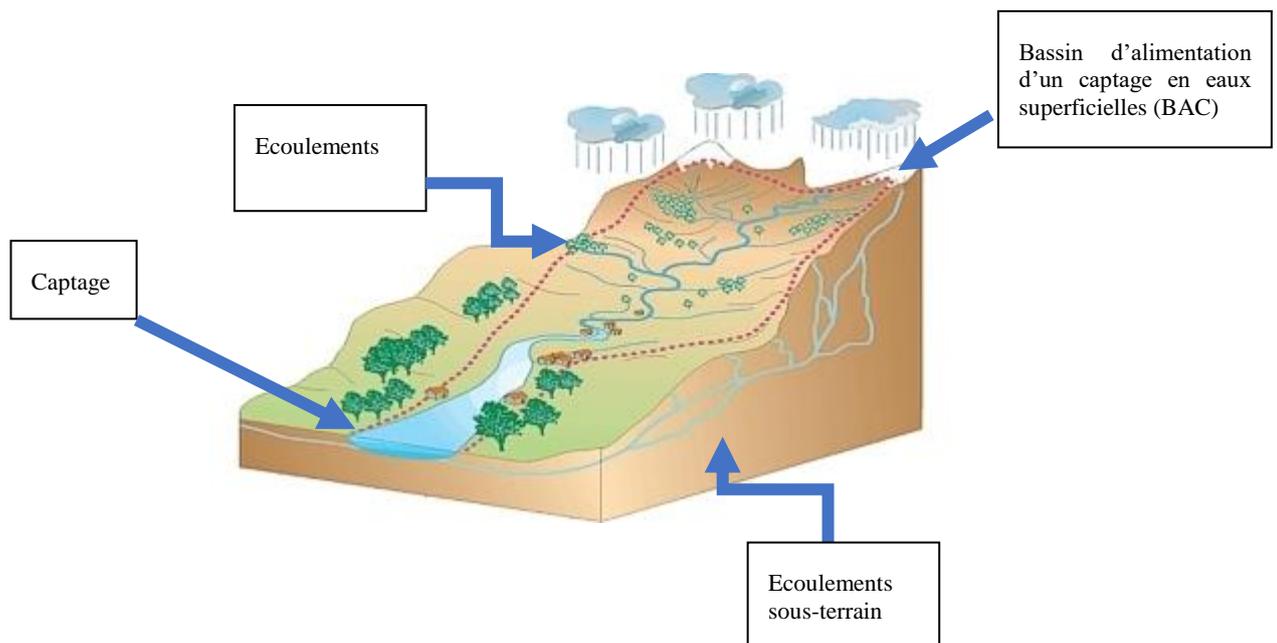


Figure 2 : Bassin d'alimentation d'un captage en eaux superficielles (BAC)

La figure n°2 montre l'exemple d'un BAC à transferts mixtes où les transferts souterrains et les transferts superficiels sont susceptibles de coexister que ce soit dans l'espace ou dans le temps.

On peut dire qu'un BAC peut être qualifiée d'un BAC à transferts mixtes lorsque, par exemple, dans le cas d'une ressource prélevée en surface (prise d'eau en rivière ou pompage dans un plan d'eau), il est possible de mettre en évidence l'existence d'apports souterrains diffus (échanges nappe-rivière) ou concentrés (source(s) en versant) vers le cours d'eau ou le plan d'eau exploité

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 6 : 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

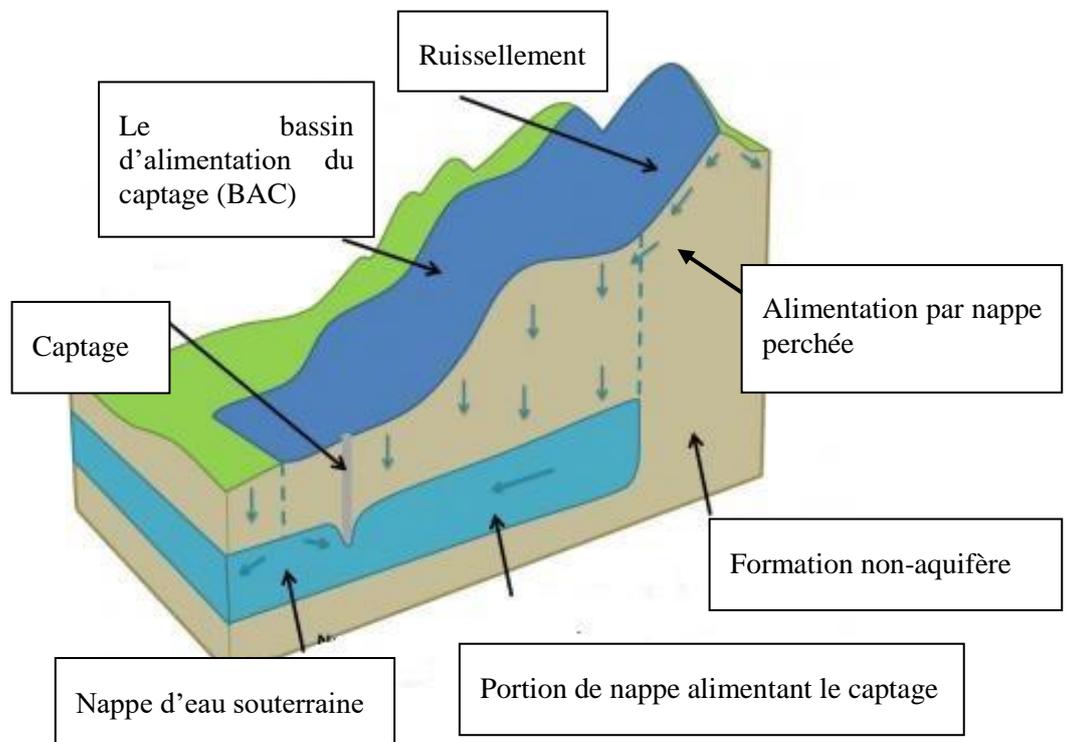
Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

et donc que des transferts par infiltration sont survenus sur le BAC en plus des écoulements de surface.

3.2.2 Cas d’un bassin d’alimentation d’un captage en eaux souterraines :

Pour un captage en eaux souterraines, le BAC est relatif à l’ensemble des surfaces sur lesquelles l’eau de pluie s’infiltrate et participe à l’alimentation de la ressource utilisée pour l’alimentation en eau potable. Il est délimité par une ligne de partage des eaux souterraines qui est contrairement à celle des bassins de surface peut être migrante.

Dans le cas d’une ressource souterraine, la délimitation du BAC pourra prendre pour point de départ l’étendue de la formation aquifère dans laquelle s’effectue le prélèvement (que l’on identifiera sur la base de cartes, relevés géophysiques et structuraux, coupes de forages et coupes géologiques).



Une portion de la nappe d’eau souterraine alimentant le captage (PNAC) : elle représente l’ensemble des particules d’eau situé en un endroit quelconque de la zone saturée qui termineront leur course dans le captage.

Les PNAC correspondront à l’ensemble des surfaces où intervient une infiltration directe vers l’aquifère

Dans le cas d’une ressource souterraine, l’identification des différents types de nappes constitue une première étape fondamentale pour déterminer quels outils doivent être appliqués pour la délimitation du BAC.

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

3.2.2.1 Bassin d'alimentation du captage dans un cas de nappe libre

Une nappe libre est une nappe dont la limite supérieure dans la formation poreuse est à surface libre, sans contraintes physiques. On appelle nappes phréatiques, les premières nappes libres rencontrées. La pression exercée sur le toit de cette nappe est égale à la pression atmosphérique.

La surface du BAC est liée directement à la nature de la nappe. On présente ci-après le cas d'un BAC dans un cas de nappe libre

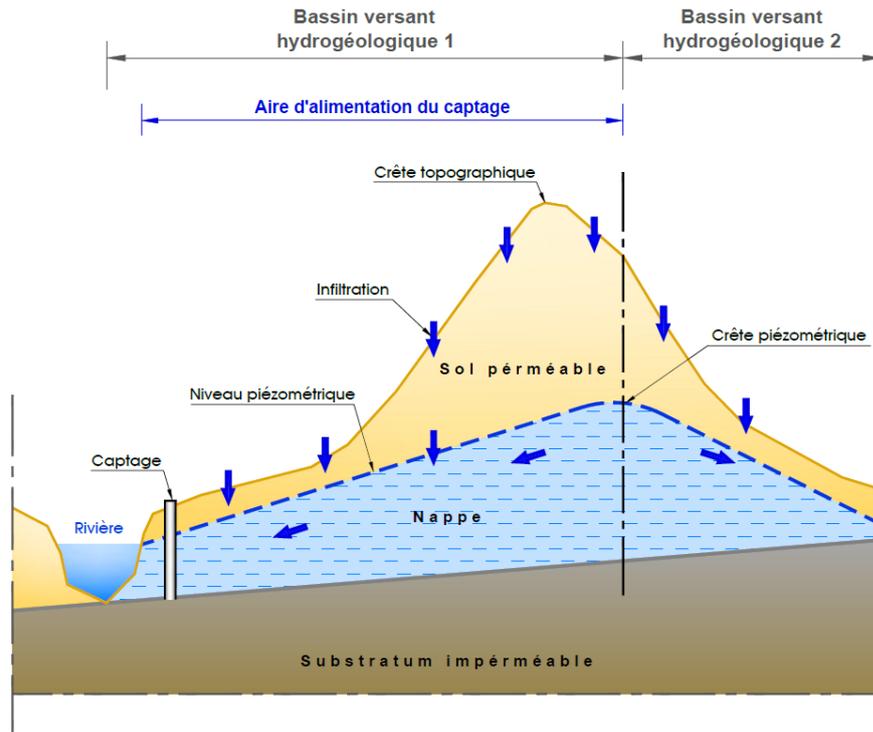


Figure 3 : Bassin d'alimentation du captage dans un cas de nappe libre

3.2.2.2 Bassin d'alimentation du captage dans un cas de nappe captive

Une nappe captive est une nappe d'eau souterraine emprisonnée dans une formation géologique perméable, entre deux formations imperméables (figure 4). L'eau contenue dans la nappe captive est donc soumise à une pression supérieure à la pression atmosphérique.

La surface fictive de cette nappe correspondant à la surface piézométrique est située au-dessus de la limite supérieure de l'aquifère confiné. Lorsque la charge hydraulique est supérieure au niveau du sol, l'eau jaillit naturellement. Ce phénomène est appelé l'artésianisme et on appelle alors ce type de nappe captive, artésienne. Notons qu'une nappe captive présente également une surface libre, par où l'eau peut s'infiltrer. Cette zone d'alimentation s'appelle la surface de captage.

On présente ci-après le cas d'un BAC dans un cas de nappe captive.

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

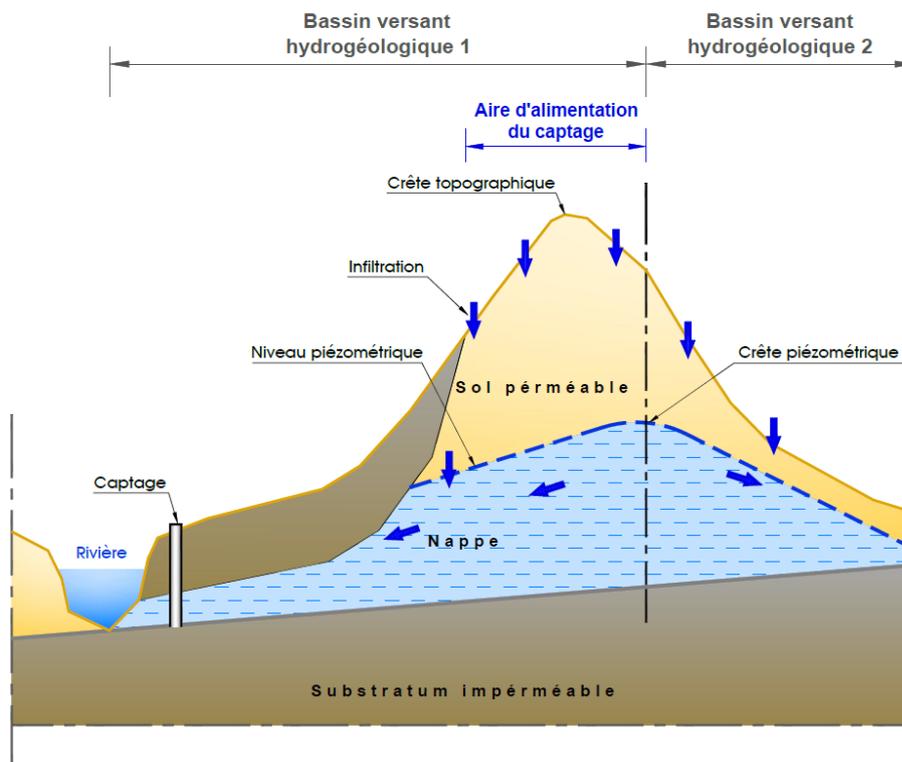


Figure 4 : Bassin d'alimentation du captage dans un cas de nappe captive

3.2.3 Synthèse relative à la délimitation des bassins d'alimentation du captage

Ainsi, les principes de délimitation des bassins d'alimentation des captages aux Iles Comores peuvent être compilés dans le tableau suivant :

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique**Tableau 1 : synthèse de délimitation des bassins d'alimentation de captage**

Limites du BAC	Eaux de surface	Eaux Souterraines
Prise en considération des limites du bassin versant topographique de surface	Obligatoire en amont du captage quel que soit le contexte	Obligatoire en amont du captage si mise en évidence d'alimentation par infiltration du cours d'eau
Prise en considération des limites du ou des bassin(s) versant(s) souterrain(s)	Obligatoire si l'exutoire du ou des bassin(s) versant(s) souterrains (s) alimente(nt) le cours d'eau en amont du captage	Obligatoire si l'exutoire du ou des bassin(s) versant(s) souterrains (s) alimente(nt) directement la nappe ou le cours d'eau en amont des infiltrations

Source : « Définition d'une méthodologie commune aux études des bassins d'alimentation des captages à Mayotte, Principes de délimitation des bassins et caractérisation de la vulnérabilité des captages » [BRGM/RP-57299-FR Aout 2009]

3.2.4 Caractérisation de la vulnérabilité des zones de recharge

La notion de vulnérabilité désigne ici la susceptibilité pour une ressource d'être atteinte par un polluant. Il est toutefois nécessaire de bien distinguer :

- **La vulnérabilité intrinsèque** liée aux seules caractéristiques du milieu (sol, topographie, climat...) au regard des transferts d'eau, prise comme vecteur des contaminants ;
- **La vulnérabilité spécifique** qui prend en compte les caractéristiques du milieu (conditions redox, pH, activité biologique) au regard de chaque type de contaminant et de ses propriétés (aptitude à l'adsorption sur les composés du sol, vitesse de dégradation dans le milieu...) ;
- **La vulnérabilité « opérationnelle »** qui, en plus des éléments précédents, tient compte des pratiques culturales, par nature évolutives, susceptibles d'amplifier ou d'atténuer les risques de transfert (type de végétation ou de culture, présence d'élément paysagé de type zone tampon, travail du sol...).

L'étude de la vulnérabilité doit apporter suffisamment d'éléments concrets : identification des modes de transfert en jeu dans l'alimentation du captage, la localisation dans l'espace et la hiérarchisation du niveau de vulnérabilité pour chacun de ces modes de transfert, variabilité dans le temps, organisation spatiale des écoulements entre les parcelles agricoles et le captage...

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique**4 MÉTHODOLOGIE DE DÉLIMITATION DES BAC****4.1 Caractéristiques physiques et leurs influences sur l'écoulement des eaux**

En général, le bassin versant est un concept complexe dont les différentes caractéristiques (géométrique, physiographique, géologique, pédologique, etc.) joueront un rôle non seulement dans la réponse hydrologique du bassin à un événement pluvial, mais aussi les caractéristiques d'un bassin versant et particulièrement en amont qui influent énormément sur les écoulements d'eau (aux plans quantitatif et qualitatif).

Il faut noter qu'un bassin d'alimentation du captage est caractérisé par deux types de réseaux :

- Le réseau hydrographique : défini comme l'ensemble de cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement il est considéré comme une des caractéristiques les plus importantes. Ce réseau est lié à quatre facteurs primordiaux :
 - ✓ La géologie
 - ✓ Les précipitations (les intensités des pluies)
 - ✓ La pente du terrain
 - ✓ La couverture du sol (zone urbaine, rurale...)
- Le réseau d'infiltration vers la zone saturée...

4.1.1 Caractéristiques physiques

Dans la bibliographie scientifique, on trouve plusieurs paramètres quantifiés destinés à mesurer telle ou telle caractéristique des bassins versants.

Ces paramètres sont déterminés à partir de cartes topographiques ou en recourant à un modèle numérique de terrain (MNT). La difficulté réside dans l'identification de paramètres qui expriment l'influence de ces caractéristiques

Ci-après on présente les principales caractéristiques géométriques :

Tableau 2 : Principales caractéristiques géométriques

Surface du bassin	Aire de réception des précipitations et d'alimentation le captage,
La forme / Morphologie	Indice de compacité de Gravelius
Topographie / Relief	Courbes hypsométriques / Altitudes caractéristiques / Pente moyenne du bassin / - Indice de pente (rectangle équivalent
Topologie des cours d'eau	Classification de Strahler
Longueur et pente du cours d'eau	Longueurs du cours d'eau caractéristiques / Profil en long / Pente moyenne / Courbe aire - distance
Degré de développement du réseau	Densité de drainage / Densité hydrographique / Rapport de confluence

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique**4.1.2 Les caractéristiques agro-pédo-géologiques****4.1.2.1 La couverture végétale :**

La couverture végétale protège le sol, elle est considérée contre 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

L'effet de la couverture végétale peut être déterminé à travers le coefficient de ruissellement C_r :

$$C_r = \frac{\text{hauteur d'eau ruisselée (mm)}}{\text{hauteur d'eau précipitée (mm)}}$$

4.1.2.2 La géologie et la pédologie :

La géologie agit sur le ruissellement superficiel et sur l'écoulement souterrain. La nature lithologique détermine la perméabilité du terrain

4.1.3 Contexte hydrogéologique

L'Union des Comores, est constituée par trois îles océaniques récentes. L'île de Grande Comore est entièrement formée par l'activité de volcans boucliers La Grille (1087 m) et Le Karthala (2361 m).

Leurs caractéristiques géologiques sont responsables de la présence d'hydrosystèmes assez particuliers sur ces îles et de l'avènement d'une problématique singulière au regard de la prospection et de la gestion des ressources en eau.

L'île de la Grande Comore est géologiquement la plus récente. Les roches datées affichent un âge inférieur à 1 Ma. Il s'agit aussi de l'île la plus vaste, avec une superficie de 1024 km² et la plus haute, avec 2361 m d'altitude au niveau du volcan Karthala.

L'île de Grande Comore :

L'île de la Grande Comore est caractérisée par l'absence de cours d'eau superficiels, ceci est expliqué par l'infiltration des pluies dans le sous-sol pour atteindre la nappe de base. Cette infiltration est assurée par la nature des roches volcaniques extrêmement perméables.

L'île de la Grande Comore est constituée de trois massifs volcaniques principaux : les massifs de M'Badjini, La Grille et le Karthala.

1. **Le massif de M'Badjini** est le plus ancien. Il est situé dans le secteur sud-est de l'île. Il se caractérise par une altération superficielle très poussée (plus de 10 m) des formations volcaniques et par son importante densité de fracturation [Bachelery and Coudray 1993].
Il est également à noter que le relief volcanique primaire du M'Badjini a été décapé et aplani par une importante érosion.
2. **Le massif de La Grille (1087 m)** présente un âge intermédiaire, il occupe toute la moitié nord de la Grande Comore. Cette phase volcanique supérieure forme des roches compactes ou vacuolaires noirâtres ou gris fer, essentiellement des basaltes andésitiques,

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

basaltes labradoriques, basanitoides et limburgites.

3. **Le massif du Karthala** occupe une vaste partie de la superficie de l'île. Ce volcan bouclier encore actif a connu plusieurs phases d'activité durant le siècle dernier. Sa géomorphologie est caractérisée par la présence de deux rifts zones de part et d'autre d'une série de caldéras sommitales emboîtées formées par de multiples unités d'effondrement.

L'île d'Anjouan :

De forme triangulaire, elle est constituée d'un noyau central entouré de trois presqu'îles : Niumakele au sud, Sima à l'ouest et M'Jimilimé au nord. Le mont N'Tingui, qui atteint 1595 mètres d'altitude, est le point culminant de l'île.

La figure ci-après montre les différentes quatre phases de la formation de l'île d'Anjouan

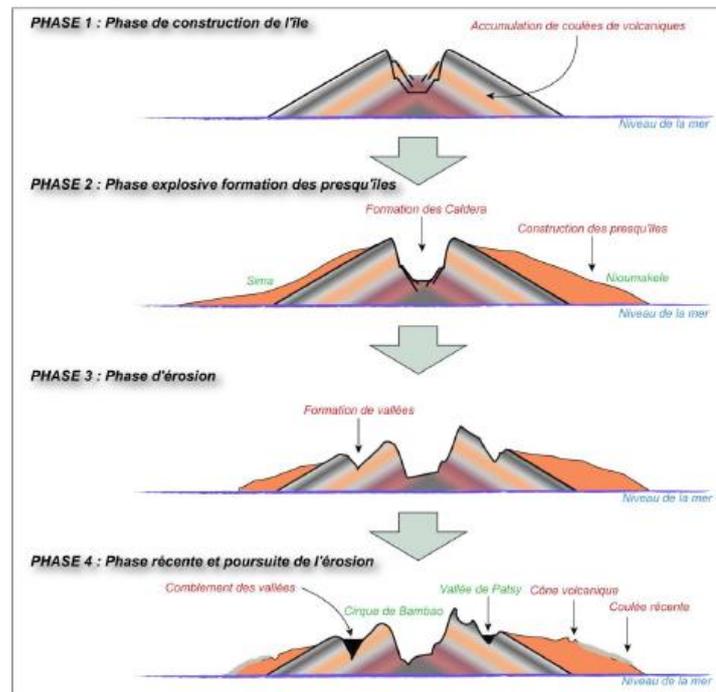


Figure 5 : quatre phases de la formation de l'île d'Anjouan (Ebauche du fonctionnement hydrogéologique de l'île d'Anjouan-2013 Arnaud Charmoille)

La partie centrale de l'île d'Anjouan illustre bien ce caractère hétérogène avec un empilement de coulée d'épaisseur variable allant de l'échelle métrique à décamétrique et de nature très différente. Au cours du temps, l'altération vient encore augmenter cette hétérogénéité comme le montre la figure ci-après avec, en coupe, une coulée type de l'île de Mayotte et décrit l'importante variabilité des faciès présents à l'échelle d'une même coulée volcanique touchée par l'altération.

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

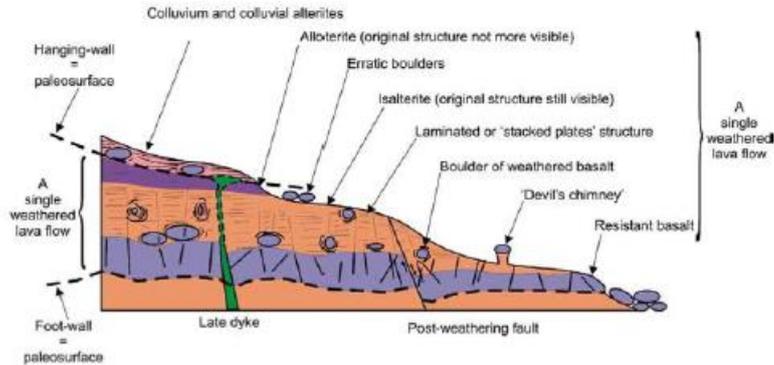


Figure 6 : Exemple du profil type d'une coulée volcanique altérée à proximité de la surface sur l'île de Mayotte (Audru et al., 2010).

Cette hétérogénéité a un impact direct sur les propriétés hydrauliques de ces dépôts. Cette caractéristique, autant spatiale que fonctionnelle, rend donc le travail de l'hydrogéologue très difficile.

L'absence de forages permettant de connaître la répartition verticale des terrains en profondeur, comme c'est le cas sur l'île d'Anjouan, ajoute à la difficulté aux missions de reconnaissance du contexte hydrogéologique.

L'île de Mohéli :

Dans l'ensemble, dans les deux îles d'Anjouan et de Mohéli particulièrement, les résurgences d'eau souterraines constituant les débits d'étiages dans les cours d'eau sont la principale source d'approvisionnement d'eau de potable.

Les catégories de nappes

Les études et les expertises déjà faites aux Iles Comores ont montré l'existence de deux catégories de nappes : nappe de base et nappes perchées.

Nappe de base :

Vu la perméabilité trop élevée des roches volcanique et de l'existence des chemins d'écoulement souterrains complexes et influencés par l'hétérogénéité importante des terrains, l'eau infiltrée ne rencontre pas d'obstacles au cours de sa projection verticale. Cette eau rejoint le niveau zéro de la mer pour constituer la nappe de base.

La surface de contact entre l'eau douce et l'eau de mer forme le biseau salé, une interface déterminée par l'équilibre dynamique entre la pression d'eau de mer et celle de l'eau douce.

Plus complètement, l'intrusion marine (biseau salé) est le processus par lequel les aquifères côtiers sont connectés à l'eau de mer.

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

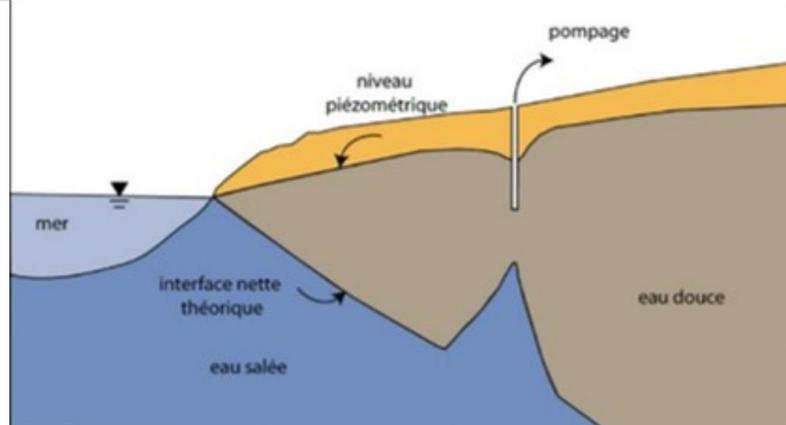


Figure 7 : Le biseau salé d'un aquifère insulaire

La nappe de base est soumise aux influences des marées. Les ondes de marée qui se propagent dans la nappe de base peuvent agir sur la profondeur de l'interface eau salé – eau douce.

La nappe de base constitue une source importante d'alimentation en eau potable dans la Grande Comore.

Nappes perchées

Il s'agit des nappes peu puissantes formées sur les couches argileuses issues de l'altération des basaltes anciens et au sein des formations pyroclastique. Le niveau des nappes perchées peut ainsi être supérieur à la surface des cours d'eau voisins (voir Figure ci-après). Les nappes perchées traduisent en général leur présence par des sources.

L'exploitation de nappes perchées présenterait des avantages importants par rapport à l'exploitation de la nappe de base :

- les nappes perchées sont à l'abri de toute pollution marine ;
- l'eau exploitée de ces nappes peut être distribuée par système gravitaire.

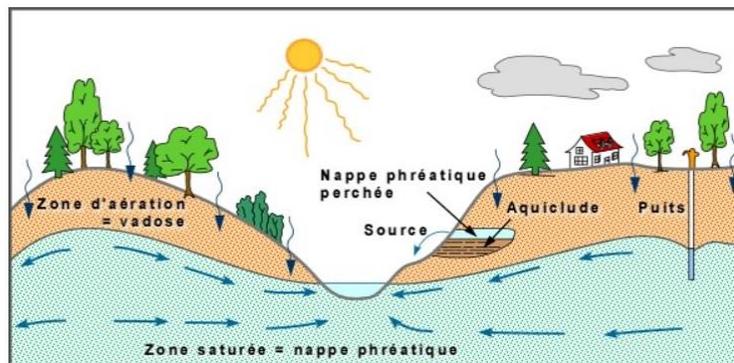


Figure 8 :Nappe perchée

4.1.4 Aquifères volcaniques

Les réservoirs souterrains stockent naturellement les ressources en eau pendant la période sèche. L'exploitation de ces ressources nécessite une bonne connaissance des aquifères volcaniques

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

insulaires. Elle nécessite aussi de prendre en compte les intrusions souterraines d'eau de mer en région côtière, où les pompages augmentent le risque de salinisation des eaux qui s'ajoute au risque induit par la remontée du niveau marin sous l'effet du changement climatique. La salinisation reste l'une des principales causes de dégradation de la qualité de l'eau souterraine aux Iles Comores.

Dans les îles Comores qui présentent le cas d'un insulaire volcanique récent, les eaux s'infiltrent profondément dans des terrains souvent très perméables. Les nappes importantes se situent à une altitude proche du niveau de la mer. Du fait de la proximité de l'océan, cette situation engendre un risque permanent de contamination des eaux douces par les eaux marines. Ce risque augmente sensiblement avec la pression de prélèvement sur la ressource en eaux souterraines.

Dans le cas des aquifères volcaniques, comme notre cas aux Comores, la délimitation des BAC est délicate compte tenu de la complexité des aquifères concernés.

La méthodologie proposée dans ce cas est basée sur la caractérisation de la géométrie des aquifères. Cette caractérisation a pu être faite par l'acquisition de données TDEM (Time Domain Electro-Magnetic) admettant de définir des corps géométriques de résistivité homogène, que l'on cherche ensuite à apparenter à des formations géologiques en se calant sur les résistivités observées à l'affleurement et en forage.

4.2 Démarche de délimitation des bassins d'alimentation des captages

La démarche de délimitation d'un Bac est constituée premièrement à identifier les différents modes de transfert des eaux contribuant à alimenter le captage de façon permanente ou temporaire, ensuite à déterminer les limites de chacun d'entre eux selon les éléments et les données disponibles. Les différents modes de transfert sont :

- Transferts superficiels :
 - ✓ Ruissellement (diffus ou concentré), ruissellement hortonien (par dépassement de la capacité d'infiltration du sol) ;
 - ✓ Ecoulement latéraux de subsurface (écoulement hypodermiques dans le sol / drainage agricole).
- Transferts souterrains :
 - ✓ Infiltrations vers les nappes ;
 - ✓ Diffus/ concentré par perte ou par engouffrement.

La méthode proposée, que ce soit pour la délimitation du BAC ou la caractérisation des vulnérabilités, dépend du type d'aquifère. Dans notre cas, nous allons nous intéresser aux types des aquifères volcaniques

4.2.1 - Méthodologie de délimitation des BAC

4.2.1.1 Méthodologie de délimitation des bassins d'alimentation des captages souterrains :

Il est donc primordial de savoir à quel type d'aquifère on a affaire. Ce choix va impacter les données à prendre en compte, la manière d'appréhender la structure et le fonctionnement du système et le cas échéant le coût des études.

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique**1^{ère} étape : Etude hydrogéologique du bassin versant souterrain :**

L'étude géologique et hydrogéologique sert de base à la délimitation de l'aire d'alimentation du captage, aux conditions d'écoulement et à la caractérisation de la vulnérabilité. Parmi les éléments à prendre en compte, indiqués ci-après, il conviendra de sélectionner ceux adaptés au type d'aquifère et au contexte du captage.

2^{ème} étape délimitation de la portion de nappe alimentant le captage (PNAC) :

La deuxième étape pourra prendre pour point de départ l'étendue de la formation aquifère dans laquelle s'effectue le prélèvement (que l'on identifiera sur la base de cartes, relevés géophysiques et structuraux, coupes de forages et coupes géologiques).

Dans le cas d'un prélèvement des eaux souterraines, la surface du BAC étendue sera d'abord ramenée (par projection en surface) à celle de la portion de nappe alimentant le captage c'est-à-dire le volume d'aquifère situé en amont hydraulique du captage dont l'eau est susceptible de parvenir jusqu'au point de prélèvement.

Donc, l'identification du bassin d'alimentation de l'aquifère (ou de la PNAC) correspondra à l'ensemble des surfaces où intervient une infiltration directe vers l'aquifère.

Pour résumer dans les cas les plus fréquents, la limite de l'aire d'alimentation du captage sera la projection en surface de la portion de nappe alimentant le captage. Il existe deux cas où cette juxtaposition ne sera pas valable.

- L'ouvrage capte la première nappe, captive sous une formation imperméable.
- L'ouvrage capte une nappe, libre ou captive, séparée de la surface par une ou plusieurs autres nappes.

La surface du BAC peut être :

- Moins étendue que la projection en surface de la portion de nappe alimentant le captage soit si :
 - ✓ La nappe captée est captive.
 - ✓ La nappe captée est libre qui est sous une nappe superficielle et elle n'est pas alimentée par drainance.
- Plus étendue que la projection en surface de la portion de nappe alimentant le captage soit si :
 - ✓ La nappe captée est libre qui est sous une nappe superficielle et elle est alimentée par drainance.
 - ✓ La nappe captée est libre et est alimentée par les bordures.
- La projection en surface de la portion de nappe alimentant le captage soit si la nappe captée est libre et elle n'est pas alimentée par les bordures.

Pour une nappe libre :

- Pour le cas d'une source, la portion de nappe alimentant le captage correspond à son bassin versant souterrain,
- Pour le cas d'un forage, à ce qui est communément dénommé l'aire d'alimentation.

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

Dans le cas d'un aquifère continu, cette aire d'alimentation est déterminée en suivant des différentes méthodes analytiques ou numériques. La limite amont de la PNAC correspond à la limite de partage des eaux souterraines (crête piézométrique).

Dans le cas d'un système discontinu, la délimitation est effectuée en commençant de sa structure géologique (faille, formation imperméable) et d'essais de traçage.

3^{ème} étape : Identifier à l'intérieur du BAC les secteurs les plus contributifs à l'alimentation du captage ou les plus sensibles vis-à-vis d'une pollution diffuse :

L'objectif de la 3^{ème} étape est d'identifier les zones contributives qui sont sensibles à la pollution diffuse deux approches sont possibles afin d'atteindre cet objectif deux approches sont possible.

Carte de vulnérabilité :

Le principal avantage de la carte de vulnérabilité est de pouvoir être réalisé relativement facilement à partir des données issues de l'étude hydrogéologique et pédologique. Elle représente aussi un bon outil de communication entre les hydrogéologues et les gestionnaires de captages. Sa faiblesse est de simplifier des conditions géologiques et des processus hydrologiques naturellement complexes et de ne pas pouvoir être validée [Foster et al. 2013].

4.2.2 Délimitation d'un BAC dans un système aquifère volcanique

Les ressources en eau aux Iles Comores sont caractérisées par des apports en pluie très variables dans le temps et l'espace, des territoires de faible superficie et imperméable (cas de la Grande Comore), et systèmes aquifères volcaniques.

Les formations volcaniques comportent une grande diversité de lithologies et de conditions de mises en place, puis d'évolution dans le temps. Cette multiplicité des contextes engendre une forte variété de comportement hydrogéologique, qui conduit à proposer une approche basée sur un retour d'expérience et une typologie des roches volcaniques conditionnant leur comportement hydrodynamique.

De façon générale, la délimitation des BAC dans un système aquifère volcanique est très délicate, vu la complexité des aquifères concernés. Leur géométrie est ainsi souvent très difficile à déterminer, la continuité des niveaux piézométriques peut facilement être réexaminée à cause de la présence de barrières hydrauliques.

L'hétérogénéité des lithologies et de l'altération des roches rend l'exercice d'autant plus compliqué.

On distingue deux catégories principales pour le volcanisme insulaire :

- Le modèle hawaïen
- Le modèle Canarien

Le modèle hawaïen :

Les modèles hawaïens proposent que la nappe de base est en équilibre avec les eaux marines. La nappe de base est caractérisée par une nappe d'eau en forme de lentille flottant sur l'eau de mer, avec une surface piézométrique de très faible pendage. Cet aquifère est composé d'une épaisse accumulation de coulées basaltiques très perméables. Les zones saturées de haute altitude sont

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

rencontrées à des altitudes supérieures à celle du toit de la nappe de base. Ces hydrosystèmes sont considérés comme perchés ou « bloqués par les dykes ».

Dans le modèle hawaïen, les dykes jouent un rôle de compartimentation des aquifères. La densité de dykes augmentant vers le centre du massif conduirait alors à la formation de réservoirs perchés dont la cote augmente au fur et à mesure que l'on se rapproche de la zone sommitale. Pour résumer la partie interne des îles présente des « nappes perchées » déconnectées de la « nappe de base » et d'un volume bien plus réduit que celle-ci ne permettant généralement pas une alimentation pérenne des sources ;

Dans ce modèle, les différentes propriétés hydrauliques résultant des différentes phases volcaniques ne sont pas prises en compte. Le milieu est donc considéré comme homogène à l'échelle régionale. Il présente cependant des discontinuités locales qui vont conditionner les écoulements souterrains.

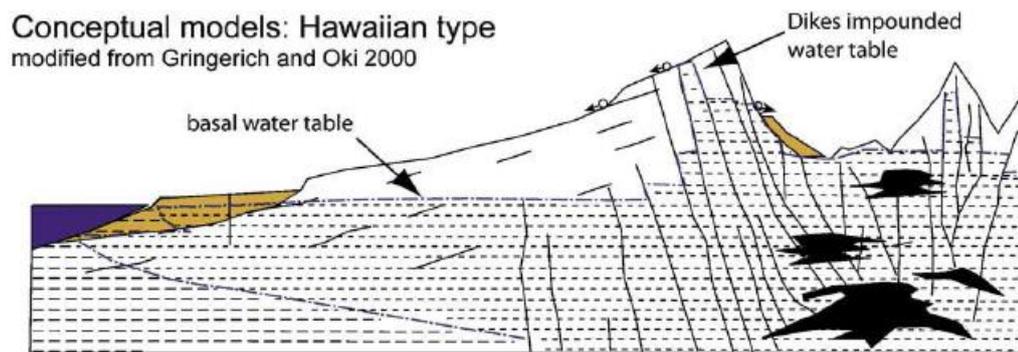


Figure 9 : Modèle conceptuel de type hawaïen d'après Join et al. (2005)

Le modèle Canarien :

Le modèle canarien est basé sur l'hypothèse d'une distribution plus régulière des conductivités hydrauliques au sein du massif et par conséquent, une meilleure continuité hydraulique entre nappe de base et nappe d'altitude.

Il est alors supposé que la nappe de base s'étende de façon continue des zones côtières jusqu'aux zones d'altitude. Ainsi, dans les zones montagneuses au centre des îles, la surface piézométrique a la forme d'un dôme dont le sommet présente un bombement en cloche caractéristique.

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

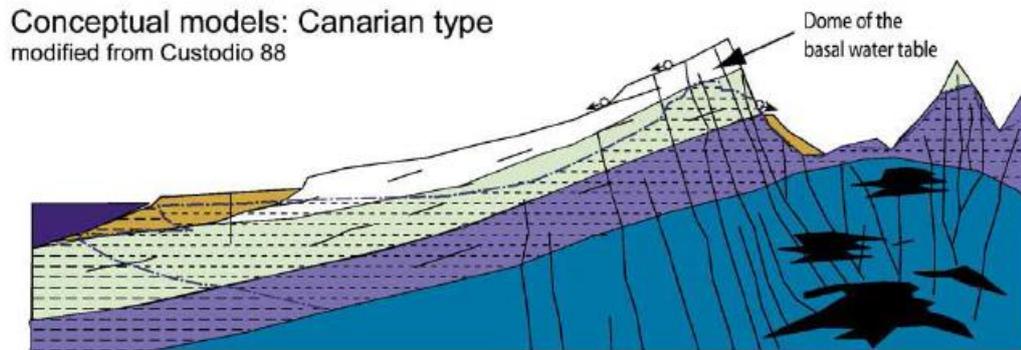


Figure 10 : Le modèle conceptuel canarien d'après Join et al. (2005)

Cette géométrie en cloche peut être expliquée de deux façons ;

- les conductivités hydrauliques seront de plus en plus faibles à mesure que la profondeur moyenne de la nappe de base sous la surface topographique augmente. La nappe circule alors dans des terrains de plus en plus altérés
- la recharge est en général plus importante dans la zone centrale de ces îles.

Ce type d'île peut être assimilé à un massif poreux peu perméable, particulièrement dans le sens perpendiculaire au littoral.

La méthodologie proposée pour la délimitation dans le cas d'un système volcanique est basée sur la caractérisation de la géométrie des aquifères. Cette caractérisation a pu être faite par l'acquisition de données TDEM (Time Domain Electro-Magnetic) admettant de définir des corps géométriques de résistivité homogène, que l'on cherche ensuite à apparenter à des formations géologiques en se calant sur les résistivités observées à l'affleurement et en forage.

Cela en fait à ce titre un outil très intéressant pour la délimitation des BAC.

Il est primordial de noter que ces données TDEM ne peuvent pas être interprétées sans information de calage (carte géologique, forages etc.). Leur bonne exploitation est ainsi soumise à des hypothèses et condition mentionné ci-dessous :

- 1- Définir une échelle de résistivité adaptée au secteur étudié
- 2- Comparer la coupe géologique du forage au sondage TDEM le plus proche (Au-delà de 100 m, il peut être difficile de trouver une corrélation compte tenu de l'hétérogénéité spatiale des formations volcaniques)
- 3- Identifier la gamme de résistivité de la formation captée
- 4- Déterminer la structure et l'extension du niveau capté et des formations encaissantes (Faire des coupes à l'échelle du bassin)
- 5- Isoler la formation captée et exporter ses limites vers un SIG
 - ➔ Cette étape d'analyse des données TDEM est déterminante pour la suite de la démarche. En effet, s'il apparaît dès lors que les acquisitions TDEM sont difficilement exploitables et ne calent pas avec les observations locales (carte géologique, forage(s)), il ne faudra pas les utiliser par la suite. Dans ce cas, on passera directement à l'étape suivante qui vise à délimiter la PNAC.

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

6- Délimiter la Portion de Nappe Alimentant le Captage (PNAC) : Les données TDEM ne rendent pas compte des écoulements souterrains. A ce stade, il est donc essentiel d'avoir des données hydrogéologiques comme des données piézométriques par exemple. A défaut, on supposera que les écoulements se font selon la ligne de plus grande pente et qu'ils sont continus (aucune barrière hydraulique). La surface de la PNAC est donc au maximum égale à la superficie de la formation captée.

Après la délimitation de la PNAC on passe à la délimitation du BAC :

- Le BAC est égal à la PNAC s'il n'y a pas d'alimentation supplémentaire
- Le BAC est plus étendu que la PNAC si :
 - ✓ L'alimentation par une nappe (alluviale) sus-jacente (drainance verticale) ;
 - ✓ L'alimentation directe par pertes d'un cours d'eau ;
 - ✓ L'AAC est plus étendue que la PNAC

Les aquifères sont ainsi généralement situés sous plusieurs mètres, voire dizaines de mètres, de formations superficielles (altérite, alluvions, colluvions etc.). Ce recouvrement peut cependant autoriser une recharge des aquifères sous-jacents. Des phénomènes de drainance verticale sont ainsi suspectés en plusieurs points de l'île. Dans ce cas, tous les points de la surface du sol situés au droit de la PNAC participent à l'alimentation du captage par infiltration directe des eaux météoriques. L'AAC correspondante sera donc a minima égale à la projection en surface de la PNAC. Le cas échéant, il faudra ajouter à cela la participation des cours d'eau venant de l'amont, des versants contribuant à l'alimentation de la PNAC par ruissellement et d'autres bassins versants souterrains (par exemple : une source qui alimente une rivière qui alimente elle-même par infiltration un aquifère sous-jacent).

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

5 CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE DU ZONAGE PAR LES COMITÉS GIRE

5.1 L’approche GIRE partant du niveau national vers le niveau du bassin

Il n’existe pas de contradiction entre l’application de l’approche GIRE au niveau national d’une part et au niveau du bassin d’autre part. Les deux niveaux sont complémentaires et un cadre national global de GIRE est en effet essentiel à la gestion des bassins.

Le Chapitre III du Code de l’Eau portant sur « la gouvernance du secteur de l’eau » réserve son paragraphe 3 aux Plans de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE). L’encadré ci-après reprend intégralement les Articles 38 à 40 qui s’intéresse à la GIRE à divers niveaux de déclinaison allant du national jusqu’au niveau du bassin.

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

Encadré 1 : Contenu du Chapitre III du Code de l'Eau

Article 38 : Il est établi un plan national de gestion intégrée des ressources en eau.

Le Plan national de gestion intégrée des ressources en eau identifie les actions spécifiques à entreprendre ainsi que les ressources à mobiliser pour leur mise en œuvre et leur suivi.

Il détermine notamment :

- les priorités en matière de mobilisation et d'allocation des ressources en eau ;
- les objectifs et les échéances des grands aménagements ;
- les mesures de valorisation, de protection et de conservation des ressources ;
- les articulations et les relations du secteur de l'eau avec les autres secteurs de développement et notamment les secteurs de l'agriculture, de l'industrie, de l'énergie, de la santé publique, de l'aménagement du territoire et de l'environnement ;
- les mesures d'accompagnement à caractère technique, économique, institutionnel et autres, nécessaires à sa mise en œuvre ;
- les mesures pour l'assainissement du milieu naturel.

Article 39 : Il est établi un plan régional de gestion intégrée des ressources en eau.

Le Plan régional de gestion intégrée des ressources en eau met en œuvre au niveau de l'île, les priorités du Plan national de gestion intégrée des ressources en eau.

Il est adopté et mis en œuvre par l'Agence nationale de gestion des ressources en eau.

Article 40 : Il est institué, par bassin ou groupe de bassins, un plan de gestion de l'eau.

Le Plan de gestion de l'eau détermine les mesures et actions nécessaires au niveau local, pour une gestion durable des ressources en eau et de l'environnement.

Le Plan de gestion de l'eau doit être compatible avec les orientations du Plan national et du plan régional de gestion intégrée des ressources en eau

Il est adopté et mis en œuvre par le Comité de bassin ou d'aquifère.

5.2 Les principales fonctions du Comité GIRE

Un comité GIRE¹ a pour mission d'être l'acteur principal en matière de gestion de l'eau dans le bassin. Il a trois fonctions principales :

- Enquêter et diagnostiquer « l'état des lieux » des ressources et les bassins d'alimentation des captages.
- Superviser et coordonner avec les acteurs intervenant dans le secteur d'eau.
- Planifier les actions de protection des ressources en eau à court, à moyen, à long terme

¹ Voir également pour plus de détails les livrables 5 de la présente étude

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique**1- Enquêter et diagnostiquer « l'état des lieux » des ressources et les bassins d'alimentation des captages :**

Le comité doit recueillir, gérer et diffuser des données relatives à la disponibilité en eau, et à la qualité de l'eau

Le diagnostic vient d'identifier les natures et les zones de pressions dans les bassins qui conduisent à établir un plan d'action réaliste, avec la mise en place de mesures acceptables avec les différents acteurs permettant de maintenir l'objectif de protection des ressources.

2- Superviser et coordonner avec les acteurs intervenant dans le secteur d'eau :

Le comité GIRE, au niveau des BAC assure la supervision et le contrôle de la qualité des eaux, les niveaux de salinité et les prélèvements d'eaux souterraines de façon à veiller à ce qu'ils ne dépassent pas les limites autorisées. Il assure l'application des lois et réglementations sur l'eau en vigueur afin de prévenir la dégradation aussi que la surexploitation des ressources.

Par ailleurs, le comité assure l'harmonisation des politiques et mesures mises en place au niveau du bassin par les acteurs public et privé concernant la gestion des sols d'une part et de l'eau d'autre part.

3- Planifier les actions de protection des ressources en eau à court, à moyen, à long terme contre la pollution diffuse :

Les actions engagées doivent être complémentaires aux dispositions réglementaires existantes. Il est donc indispensable d'assurer une cohérence et prendre en compte le contexte réglementaire.

Afin de garantir la lutte contre les pollutions diffuses indépendamment de leurs origines, il est nécessaire que les outils réglementaires en application à l'intérieur du BAC soient réalisés dans le cadre du diagnostic préalable.

Le Comité GIRE sera chargé d'élaborer, de mettre en œuvre et d'assurer la viabilité d'un plan d'action pour la gestion des ressources. L'élaboration d'un plan d'action doit se faire dans le souci de cohérence entre l'ensemble des actions menées sur le territoire.

Pour conclure, la contamination des ressources en eau par les pollutions diffuses présente une problématique absolument préoccupante au niveau des trois îles constituant l'Union des Comores. Il s'agit d'un enjeu national vital puisque cette pollution touche des ressources destinées à l'alimentation en eau potable.

La mise en œuvre d'actions préventives (changement de pratiques, zones tampons) par les comités des bassins doit alors permettre de retrouver ou préserver une eau de qualité et limiter le recours à des traitements de potabilisation très coûteux.

La démarche de protection des captages vis-à-vis des pollutions diffuses inclut certains étapes successives et complémentaires qui contiennent un certain nombre d'études préalables visant à :

- Caractériser l'état initial de la ressource.
- Identifier les limites du bassin d'Alimentation du Captage (BAC).
- Cartographier la vulnérabilité relative à la zone d'étude au milieu, en fonction des modes de transferts.
- Déterminer et identifier les pressions exercées par les activités potentiellement polluantes sur la surface du BAC.

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

6 L'ELABORATION DES TEXTES REGLEMENTAIRES DE DÉLIMITATION DES BV

6.1 Rappel des articles du Code de l'eau en relation

Les principaux articles du Code de l'Eau en relation avec les Comités de bassin sont cités ci-après :

- L'Article 5 définit le « principe de gestion de l'eau par bassin » : « **Principe de gestion de l'eau par bassin hydrographique ou par aquifère** : le bassin hydrographique ou l'aquifère constitue les cadres appropriés pour la planification, la mobilisation et la protection des ressources en eau »
- L'Article 6 donne la définition d'un bassin hydrographique : « **Bassin hydrographique** : espace dans lequel toutes les eaux de surface s'écoulent vers un même point appelé exutoire du bassin versant et délimité physiquement par la ligne suivant la crête des montagnes, des collines et des hauteurs du territoire, appelée ligne des crêtes ou ligne de partage des eaux » ;
- Ce même Article 6 donne d'autres définitions utiles dans le cadre de la création de ces Comités de bassin :
 - ✓ « **Gestion intégrée des ressources en eau [GIRE]** : processus qui favorise la gestion coordonnée de l'eau et des ressources connexes à l'intérieur des limites d'un bassin versant en vue d'optimiser, de manière équitable, le bien-être socio-économique qui en résulte, sans pour autant compromettre la pérennité des écosystèmes » ;
 - ✓ « **Plan directeur d'aménagement et de gestion des ressources en eau** : document de planification fixant les grandes orientations pour la gestion et la mise en valeur des ressources en eau par île ou par région » ;
 - ✓ « **Plan d'aménagement et de gestion par bassin hydrographique ou aquifère** : outil de planification et de mise en œuvre opérationnelle, dans le bassin ou l'aquifère, du Plan directeur d'aménagement régional » ;
- L'Article 22 institue un Comité technique interministériel de l'eau : « dont la mission est de coordonner l'action administrative et d'harmoniser les politiques et stratégies sectorielles en matière de gestion intégrée des ressources en eau » ;
- L'Article 25 crée un Conseil Supérieur des Ressources en Eau qui « organe multi-acteurs à caractère consultatif, regroupant tous les acteurs nationaux tant publics, parapublics que privés ainsi que les partenaires internationaux, dont la mission est de fournir à l'Etat des avis sur les questions de gestion durable des ressources en eau. Il est créé une autorité nationale de régulation des services d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement, dont la mission est de veiller au bon fonctionnement du service public d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement, conformément à la législation en vigueur » ;
- L'Article 26 crée l'Agence Nationale de Gestion des Ressources en Eau (ANGIRE) dont « la mission est d'assurer la mise en œuvre de la gestion intégrée des ressources en eau. Des antennes régionales sont créées sur chaque île, ayant pour espace de compétence, l'ensemble des bassins de l'île et des zones côtières » ;

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

- L'Article 27 crée ces Comités de bassin à l'échelon communal et/ou intercommunal dont « *la mission est de gérer et de coordonner la mise en œuvre de la gestion intégrée des ressources en eau par bassin ou groupe de bassins ou par aquifère ou groupe d'aquifères, y compris les zones côtières* » ;
- L'Article 34 énonce que : « Le Ministère en charge de l'eau a la responsabilité de la planification des ressources en eau sur l'ensemble du territoire en vue d'assurer leur gestion durable » ;
- L'Article 35 institue la déclinaison de la planification du niveau national vers le niveau du bassin : « La planification des ressources en eau s'opère au niveau national puis se décline par île et par bassin ou aquifère conformément au principe de gestion par bassin hydrographique ou aquifère en tant que cadre approprié de planification et de gestion de la ressource en eau. La gestion des ressources en eau est assurée par l'Agence nationale de gestion des ressources en eau » ;
- L'Article 36 décrète l'adoption du Plan Directeur National d'Aménagement et de Gestion des Ressources en Eau qui définit « pour chaque île les modalités de gestion des ressources en eau et de l'assainissement, en vue de satisfaire en quantité et en qualité, les besoins en eau actuels et futurs des divers usages socio-économiques et environnementaux, tout en garantissant la protection quantitative et qualitative ainsi que la valorisation des ressources en eau » ;
- L'Article 37 décrète l'adoption du Plan d'Aménagement et de Gestion de Bassin ou d'Aquifère par « bassin ou groupe de bassins hydrographiques ou par aquifère ou groupe d'aquifères. Le Plan d'aménagement et de gestion par bassin ou groupe de bassins ou d'aquifère ou groupe d'aquifères, est un outil de planification et de mise en œuvre opérationnelle, dans le bassin ou l'aquifère, du Plan directeur d'aménagement et de gestion des ressources en eau avec lequel doit être compatible » ;
- L'Article 38 établit le Plan National de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PNGIRE) qui « identifie les actions spécifiques à entreprendre ainsi que les ressources à mobiliser pour leur mise en œuvre et leur suivi » ;
- L'Article 39 décline ce PNGIRE en des PRGIRE par région ou île : « *Le Plan régional de gestion intégrée des ressources en eau met en œuvre au niveau de l'île, les priorités du Plan national de gestion intégrée des ressources en eau. Il est adopté et mis en œuvre par l'Agence nationale de gestion des ressources en eau* » ;
- L'Article 40 institue par bassin ou groupe de bassin un plan de gestion de l'eau qui : « *détermine les mesures et actions nécessaires au niveau local, pour une gestion durable des ressources en eau et de l'environnement. Le Plan de gestion de l'eau doit être compatible avec les orientations du Plan national et du plan régional de gestion intégrée des ressources en eau. Il est adopté et mis en œuvre par le Comité de bassin ou d'aquifère* ».

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

6.2 Nécessité de promulgation des textes réglementaires applicatifs du Code

Le livrable 1.1 de la présente étude a relevé diverses incertitudes dans la mise en vigueur de ce Code de l'Eau dont la faiblesse des moyens humains spécialisés pour le moment et la multiplicité des structures à mettre en place.

Le livrable 5.1 a présenté les étapes de mise en place aux plans réglementaires et institutionnel des Comités de bassin qui ont pour mission selon le Code de l'Eau (Article 27) de « *de gérer et de coordonner la mise en œuvre de la gestion intégrée des ressources en eau par bassin ou groupe de bassins ou par aquifère ou groupe d'aquifères, y compris les zones côtière* ».

Mis à part les décrets applicatifs du Code pour la constitution de ces Comités qui n'ont pas, faut-il le répéter, un rôle consultatif et délibératif, mais plutôt décisionnel et de pleine mise en œuvre des actions arrêtées par les usagers et dont le Conseil d'Administration (CA) du Bassin constitue le représentant légitime au regard de la législation, la délimitation de ces bassins doit être effectuée par un décret ou arrêté pris par les autorités compétentes en la matière et s'imposent à tous (Voir Annexe 1 du présent rapport pour un modèle de rédaction du décret ou arrêté).

6.3 Une urgence absolue : la mise en place des zones de protection immédiate des sources d'eau

Le Livrable 4.2.2 de la présente étude évoque la mise en place des zones de protection des sources d'eau. L'approche utilisée est l'approche à barrière multiples qui revient à protéger prioritairement la ressource en eau qu'elle soit de surface ou souterraine pour protéger ensuite « le chemin de l'eau » de la ressource jusqu'au point de desserte de l'eau pour l'utilisateur.

En fait, protéger la ressource en eau revient à détecter dans le bassin versant de la ressource (en son exutoire) tout le cycle de l'eau produisant cette ressource, afin d'analyser l'origine de la pollution qui peut être anthropique ou non. L'ampleur de cette pollution et son origine temporelle peuvent influencer sur la possibilité de sa dépollution et de son coût. Elle peut même atteindre « un point de non-retour » condamnant ainsi cette ressource pour toute consommation humaine.

La protection de la ressource revient à une protection quantitative (garantissant de subvenir aux besoins minima quel que soit la période de l'année) et qualitative (répondant aux normes de potabilité de l'eau).

L'approche utilisée « à barrière multiples » revient à mettre en place les « barrières » suivantes :

- La protection du site de prélèvement ;
- L'efficacité du système de traitement de l'eau prélevée ;
- Le contrôle de la qualité de l'eau mise à disposition du consommateur ;
- Le contrôle du rejet des effluents jusqu'au milieu récepteur.

Nous nous intéressons particulièrement à la protection du site de prélèvement dans le présent rapport.

Pour donner une légitimité et assurer la non-violation de la délimitation de la zone de protection rapprochée d'une source d'eau, le meilleur moyen est de l'intégrer au Domaine Public Hydraulique (DPH, voir § 6.4.1 ci-dessous).

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

L'élaboration de la zone de protection rapprochée d'un site de prélèvement nécessite la réalisation d'une analyse de la vulnérabilité de la source. Cette analyse consiste à (Cf. également les § 0 et §4 du présent livrable) :

- délimiter le territoire couvert par la ressource en eau exploitée comme source d'alimentation (aire d'alimentation de l'installation de captage d'eau souterraine et bassin versant de la prise d'eau de surface);
- caractériser les propriétés physiques de ce territoire, les propriétés hydrogéologiques de la nappe ou les propriétés hydrodynamiques et hydrologiques du cours d'eau ainsi que la qualité de l'eau brute;
- inventorier les activités anthropiques actuelles et futures (découlant des choix locaux et régionaux en matière de développement du territoire), ainsi que les événements qui sont susceptibles d'affecter la qualité et la quantité des eaux exploitées par le site de prélèvement;
- évaluer les menaces que représentent les activités anthropiques et les événements potentiels répertoriés;
- identifier les causes pouvant expliquer ce qui affecte ou a affecté la qualité et la quantité des eaux exploitées par le site de prélèvement d'eau en fonction de l'interprétation des données disponibles.

Les résultats d'une telle analyse permettent de déceler les risques potentiels spécifiques à chaque source d'eau et d'établir des mesures de protection adaptées

Des plans de protection de ces sources d'eau doivent être établis. Ils sont axés sur les activités, y compris les pratiques agricoles (mise en cultures, élevage, travaux de foresterie...). Chaque plan prévoit un certain nombre de politiques pour réduire les menaces actuelles et futures qui pèsent sur l'approvisionnement en eau potable. Les gestionnaires des territoires concernées par le plan doivent proposer des stratégies d'atténuation adaptées qui s'appliquent à la zone de protection de la ressource en eau.

Il est évident qu'un plan de protection de la ressource à l'échelle de son bassin versant contribue à la salubrité de l'eau potable distribuée.

6.4 Le domaine public hydraulique (DPH) : les enjeux, les défis et les opportunités

6.4.1 Le DPH

Le Code de l'Eau et de l'Assainissement (CdE) définit dans son Chapitre II, Section 1, la consistance du domaine public hydraulique (DPH).

L'Article 7 définit l'eau comme étant « *un élément du patrimoine national. Elle fait partie du domaine public.*

Elle ne peut faire l'objet d'appropriation privative que dans les conditions définies par la présente loi. »

L'Article 8 cite la consistance du DPH qui regroupe :

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

- Les nappes d'origine naturelle, superficielle est souterraine ainsi que toutes les zones humides d'eau douce, salée ou saumâtre ;
- Les cours d'eau et les terrains compris dans leurs francs bords ;
- Les sources naturelles, y compris les sources minérales et thermales ;
- Les aquifères ;
- Les lacs naturels, les étangs, les lagunes et les marais, ainsi que les terrains et la végétation compris dans leurs francs bords ;
- Les alluvions, les atterrissements et les végétations qui se forment naturellement dans les lits des cours d'eau.

L'Article 11 précise que « *les dépendances du DPH font l'objet de délimitation et de démarcation pour assurer la protection quantitative et qualitative des ressources en eau.* »

Les terrains compris dans l'emprise des dépendances du DPH font l'objet d'expropriation pour cause d'utilité publique conformément à la législation en vigueur. »

L'Article 13 donne la possibilité au Plan Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau de l'Ile et au Plan de Gestion de l'Eau de l'Ile et au Plan de Gestion du bassin ou de l'aquifère de réaliser « *un programme de travaux ou d'actions [...] afin d'atteindre les objectifs de gestion durable de l'eau et de l'environnement* ». La GIRE d'un bassin ou d'un aquifère est déjà encadrée dans son espace d'action.

L'Article 15 précise que « *un Arrêté du Ministre chargé de l'eau détermine les distances des servitudes de francs bord ainsi que de leurs zones de protection.* ».

6.4.2 Les périmètres de protection

Le Code de l'Eau et de l'Assainissement impose dans son Chapitre VI, Section 2, Paragraphe 2 : « *Protection des sources d'eau destinées à la consommation humaine* » des zones de protection qualitative des ressources en eau, destinées à « *prévenir les contaminations de l'eau par des substances polluantes, autour des ouvrages et installations de captage, de mobilisation et de traitement et de stockage d'eau souterraine ou superficielle, destinés à l'alimentation en eau potable des populations* » (Article 94). Ce même Article précise que « *les zones de protection sont constituées d'un périmètre de protection immédiate, d'un périmètre de protection éloignée et au besoin, d'un périmètre de protection éloignée.* ».

A l'intérieur des périmètres de protection, l'ensemble des activités, est interdit ou réglementé ».

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

L'Article 95 précise les limites du périmètre de protection immédiate qui *« a pour but d'empêcher la détérioration des ouvrages de prélèvement et d'éviter que des déversements ou infiltrations de substances polluantes ne se produisent à l'intérieur ou à proximité immédiate du captage. [...]. [Le périmètre de protection immédiate] est intégré au domaine public hydraulique »*.

L'Article 96 rajoute que le périmètre de protection rapprochée *« a pour but d'éviter tout déversement de substances polluantes à proximité immédiate du captage et de protéger aussi efficacement le captage de la migration souterraine de substances polluantes.*

Sont interdits à l'intérieur du périmètre de protection rapprochée, les dépôts, installations et activités de nature à nuire directement ou indirectement à la qualité de l'eau ou à la rendre impropre à la consommation humaine ».

L'Article 97 se focalise sur le périmètre de protection éloignée qui *« peut être institué, en cas de besoin en complément des autres périmètres de protection, pour protéger éventuellement le périmètre de protection rapprochée et renforcer ainsi la protection contre les pollutions permanentes ou diffuses »*.

L'Article 100 précise que *« l'établissement des périmètres d'au moins cinquante (50) mètres est requis pour la protection des sources d'eau destinée à la consommation humaine »*.

6.4.3 Les délimitations des périmètres de protection

Les périmètres de protection des ressources en eau de surface et souterraines doivent par conséquent faire l'objet de délimitations par des commissions réunissant toutes les parties prenantes (Représentants des ayants-droits concernés, DRE, ANGIRE, Gouvernorat, Communes, ...) intégrant des techniciens (hydrologue, hydrogéologue, topographe, environnementaliste, ...) et ce afin que les objectifs fixés par le CdE soient remplis. Ces délimitations doivent faire l'objet de publicité afin que toute opposition soit notée et instruite par la Commission et les ayants-droits contestant cette délimitation. La décision finale reviendra à la justice afin que l'expropriation pour cause d'utilité publique soit actée.

Comme suggéré dans le Livrable 4.2.2 de la présente étude (Cf. §8 de ce Livrable), et comme détaillé auparavant dans le présent document (Cf. § 3), une fois la phase technique de la délimitation élaborée, il faudrait aborder la phase administrative et veiller surtout à l'application des mesures de protection.

L'objectif de la phase administrative est d'élaborer le dossier qui sera présenté à l'enquête d'utilité publique préalable à l'Arrêté du Gouverneur.

Il faudrait commencer par recenser les propriétaires et les ayants droit des parcelles impactées par les périmètres de protection. Ensuite, il s'agit d'établir le coût prévisionnel de l'expropriation des biens fonciers et immobiliers ou bien des mesures compensatoires pour les servitudes imposées et ce selon les coûts du marché. Ce dossier est transmis à l'Administration en charge de la propriété foncière pour éventuellement le compléter, le discuter avec les parties prenantes et aboutir à des solutions consensuelles pour les montants des compensations. Ceci doit être établi dans le respect des enquêtes d'utilité publique et de l'affichage des parcelles ainsi que les noms des prétendants propriétaires ou ayants droits. Une fois le délai de l'enquête dépassé, le Maître d'Ouvrage informe par les moyens édictés par la juridiction les propriétaires et/ou les ayants droits des dispositions prises par l'Arrêté du Gouverneur.

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

Pour le périmètre de protection immédiate, il doit être acquis en pleine propriété par le Maître d'Ouvrage. Si aucun accord amiable n'est trouvé, la procédure d'expropriation pour cause d'utilité publique s'appliquera. Il sera intégré d'office au DPH.

Pour les périmètres de protection rapprochée, là où des contraintes agro-environnementales sont imposées, des indemnités pour servitudes doivent être versées aux propriétaires et aux exploitants agricoles. Ces indemnités doivent être versées dès que la preuve de respect des prescriptions est donnée.

Mais ce qui importera par la suite c'est surtout l'application des mesures de protection qui doit émaner d'un souci de persuasion, d'appropriation de la ressource et d'équité dans le traitement des cas.

Le recours aux mesures coercitives doit être l'exception et uniquement dans le cas où le propriétaire ou l'exploitant se trouvent récalcitrant et sourds à tout argumentaire concernant l'utilité publique des mesures.

En outre, il faudrait que les mesures de surveillance et les techniques de communication avec les usagers et particulièrement les récalcitrants parmi eux soient, à la fin, convaincus de l'utilité des mesures édictées.

6.4.4 Les défis de ces délimitations des périmètres de protection

Il revient à l'Etat de s'approprier rapidement ces périmètres de protection ou du moins ceux intéressant la protection rapprochée et les intégrer ainsi dans le DPH. Il est même nécessaire de clôturer ce périmètre dès son expropriation et veiller à ce que toute activité y soit proscrite.

Le défi principal, si ces délimitations et ces protections tardent, sera que la ressource deviendra non potable et sera décrétée impropre à la consommation humaine et pour éviter tout risque, carrément cimentée. Aboutir à une telle initiative reviendra cher à la collectivité nationale et risquera de ne pas éliminer tout risque de consommation de cette eau d'une façon ou d'une autre.

Pour limiter ces risques, il est absolument nécessaire, avant de déclarer cette ressource impropre à la consommation humaine, de chercher une alternative, soit un captage d'une nouvelle source et son adduction jusqu'aux lieux de consommation, soit distribuer l'eau potable par citernes aux usagers concernés au moins pendant la période de la recherche et de la mise en exploitation de la solution alternative.

6.4.5 Les opportunités de ces délimitations

La mise en œuvre de ces délimitations permettra aux usagers de s'approvisionner en eau de manière sûre et sécurisée.

Elle pourra notamment améliorer la relation de confiance entre le gestionnaire du service en eau (SONEDE ou CGE ou autres) et offrir à la SONEDE notamment un préjugé favorable pour l'extension de son activité sur l'ensemble du territoire de l'Union des Comores.

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

7 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le zonage spécifique des bassins versants et surtout tenant compte de la résilience climatique est constitué par une série d'étapes qui doivent être absolument effectuées dans un esprit participatif et persuasif et avec un constant souci d'équité. Il est important de ne recourir aux moyens coercitifs que comme ultime étape, lorsque tous les autres recours s'avèrent impuissants à trouver une solution sauvegardant l'intérêt public.

Du fait du changement climatique, la ressource en eau se trouve la plus vulnérable parmi les ressources naturelles. La protéger et la préserver en quantité et en qualité, compte tenu d'une demande de plus en plus importante et des risques de diminution de l'offre devient parmi les mesures les plus urgentes à prendre à tous les niveaux aussi bien national que régional et local.

Les délimitations des bassins d'alimentation des captages des eaux superficielles ou souterraines doivent être effectuées avec toute la rigueur. Ceci demande, certes la mobilisation de beaucoup de compétences scientifiques et techniques, mais également des efforts de communication, de sensibilisation, de vulgarisation et de persuasion des ayants-droits qui seront nécessaires d'autant plus que les Comores abordent ces sujets sur un terrain vierge où tout est à mettre en place aussi bien aux plans juridique, institutionnel, technique et social.

La Gestion Intégrée des Ressources en Eau (la GIRE), qui constitue la base du nouveau Code de l'Eau, sera l'approche la plus appropriée pour ce zonage spécifique et ce en partant du niveau national vers le niveau du bassin qui restera toujours l'aire permettant la meilleure exploitation de la ressource en eau en assurant l'équilibre ressources-besoins.

Mais l'élaboration des textes réglementaires qui compléteront et renforceront l'application du Code de l'Eau, devront se faire dans les délais les plus rapprochés afin que la mise en place des zones de protection de la ressource soit effective avant que des points de non-retour ne soient atteints interdisant ainsi l'utilisation de certains captages pour la desserte en eau potable avec le risque de rupture du service de desserte et même des risques sanitaires menaçant les usagers.

Certes, les changements climatiques constituent une grande menace particulièrement pour les îles de par le monde, mais ne pas prendre des mesures adéquates, comme le présent document le précise au plus vite, rendra les défis de plus en plus difficiles à surmonter.

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Vernoux J.F., Wulleumier A., Dörfliger N. (2007) – Délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Guide méthodologique, rapport BRGM/RP-55874-FR, 75 pages.
- Mougou B., Malard A., avec la collaboration de Brugeron A. et Wulleumier A. (2009) - Etude et délimitation des bassins d'alimentation des 4 captages du bassin versant du Mro Oua Andrianabé – Mayotte – BRGM/RP-57618-FR. 116 p.
- Cemagref- Equipe pollutions diffuses : Guy Le Hénaff Christine Gauroy (2011) – Délimitation des aires d'alimentation de captages en eaux de surface et caractérisation de leur vulnérabilité vis à vis des pollutions agricoles diffuses par les pesticides Guide méthodologique Version 2011, 55 pages.
- Sékouba Oularé Université Félix Houphouët-Boigny (2017) - Identification des zones potentielles de recharge des aquifères fracturés du bassin versant du N'zo (Ouest de La Côte d'Ivoire) 36 pages.
- Anli Bourhane (2014) - Méthodes d'investigation de l'intrusion marine dans les aquifères volcaniques (La Réunion et La Grande Comore)- Université de La Réunion - Laboratoire GéoSciences Réunion, 186 pages
- Malard A. avec la collaboration de B. Aunay, J.F. Vernoux et V. Mardhel (2009) – Définition d'une méthodologie commune aux études des bassins d'alimentation de captages à Mayotte. Principes de délimitation des bassins et de caractérisation de la vulnérabilité des captages – BRGM/RP-57299-FR, 146 pages.
- Malard A., Winckel A. (2008) – Définition des réseaux de surveillance DCE de la qualité des eaux souterraines, de surface et côtières de Mayotte – BRGM/RP-56774-FR, 218 pages.
- Vernoux J.F., Wulleumier A., Seguin J.J, Dörfliger N. (2007) – Méthodologie de délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Rapport intermédiaire : synthèse bibliographique et analyse des études réalisées sur le bassin Seine-Normandie, rapport BRGM/RP-55332-FR, 128 pages.
- Vernoux J.F., Wulleumier A., Dörfliger N. (2008) – Délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Application du guide méthodologique sur des bassins test, rapport BRGM/RP-55875-FR, 172 pages.

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 6 : 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

Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique

ANNEXE : Proposition d'arrêté à prendre par le gouverneur pour la délimitation d'un bassin d'alimentation de captage

Le Gouverneur de.....

VU la Loi N°20-036/AU du 28 décembre 2020 portant Code de l'Eau et de l'Assainissement en Union des Comores

VU le Code de l'Environnement....

VU le Code de la Santé Publique....

VU le Code de l'Aménagement du Territoire...

VU l'Arrêté de constitution du Comité GIRE du Bassin de

VU les études de délimitation de l'aire d'alimentation de la source d'eau....

CONSIDERANT que le captage de la source d'eau...est classée dans un périmètre de protection immédiat de cette source, destinée à l'alimentation humaine, contre les pollutions diffuses et/ou accidentelles²,

CONSIDERANT que l'eau brute prélevée dans ce captage présente une qualité physique, chimique et bactériologique³ dégradée,

CONSIDERANT que les informations issues des études visées ci-dessous montrent une vulnérabilité importante aux pollutions diffuses⁴ des ressources en eau qui alimentent le captage,

CONSIDERANT que le captage alimente en eau les agglomérations de Totalisant un nombre d'habitants de... desservis

SUR PROPOSITION du Président du Comité GIRE du bassin de ...

ARRETE

ARTICLE 1 : OBJET

Il est institué une aire d'alimentation de captage d'eau destinée à la consommation humaine des communes de ...

Les captages concernés sont référencés à la DRE sous les N°... et ont pour coordonnées...

ARTICLE 2 : DELIMITATION DE LE BASSIN D'ALIMENTATION ET DE LA ZONE DE PROTECTION

Cette aire est nommée « bassin d'alimentation du captage de la source d'eau... » des Communes de ... se décompose en deux parties :

- La délimitation de la zone de protection rapprochée autour du captage (aire de toute la zone incluse dans le tracé jaune de la carte annexée) ;
- La délimitation de la zone de protection immédiate autour du captage (aire de toute la

² Ou pour sa protection contre les inondations ou l'intrusion marine

³ En fonction des résultats des analyses

⁴ Ou aux risques d'inondation ou d'intrusion marine

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 6 : 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****Sous-livrable 6.1 : Cadre de zonage spécifique aux bassins versants tenant compte de la résilience climatique**

zone incluse dans le tracé rouge de la carte annexée)

Le bassin d'alimentation des captages de la source d'eau...instituée par l'Article 1 est délimité conformément à la carte figurant en annexe 1.

Les Communes concernées sont : ...

ARTICLE 3 : PROGRAMME D' ACTIONS

Sur les zones de protection ainsi définies, un programme d'action est mis en action consistant en :

- La zone de protection immédiate sera expropriée pour cause d'utilité publique selon les procédures de la loi.... et intégrée au Domaine Public Hydraulique (DPH). Elle sera clôturée et toute activité y sera interdite et son accès est restreint au personnel d'exploitation du système d'alimentation en eau potable ;
- La zone de protection rapprochée verra le changement des pratiques culturelles y pratiquées et ce dans un délai ne dépassant pas les douze (12) mois après l'entrée en vigueur du présent Arrêté et ce afin de reconquérir la qualité des eaux du captage pour la rendre conforme aux normes de potabilité des eaux. Ces changements seront conduits et suivis par la Direction Régionale de l'Agriculture qui étudiera les indemnités éventuelles à verser aux propriétaires et aux exploitants agricoles touchés par ces mesures et ce, une fois la preuve du respect de ces prescriptions est enregistrée.

ARTICLE 4 : EXECUTION ET PUBLICATION :

Sont chargés de l'exécution du présent Arrêté le Secrétaire Général du Gouvernorat, le Directeur Régional de l'Agriculture et les Maires des Communes de ...

Le présent Arrêté est publié au Journal Officiel du Gouvernorat de l'Ile de ... et fait l'objet de mesures d'affichage.

Fait à....., le.....2023,

Le Gouverneur,

Annexe à l'Arrêté : Carte de délimitation du bassin d'alimentation du captage de la source d'eau...