THE ANTHROPOCENE AND ISLANDS:

VULNERABILITY, ADAPTATION AND RESILIENCE TO NATURAL HAZARDS AND CLIMATE CHANGE

Miquel Grimalt Gelabert - Anton Micallef - Joan Rossello Geli
Editors

Preface by
Ilan Kelman

IL Sileno Edizioni

OPEN ACCESS
PEER-REVIEWED SERIES
Geographies of the Anthropocene

THE ANTHROPOCENE AND ISLANDS: VULNERABILITY, ADAPTATION AND RESILIENCE TO NATURAL HAZARDS AND CLIMATE CHANGE

Miquel Grimalt Gelabert
Anton Micallef
Joan Rossello Geli

Editors

IL Sileno Edizioni

OPEN ACCESS
PEER-REVIEWED SERIES
Geographies of the Anthropocene

“The Anthropocene and islands: vulnerability, adaptation and resilience to natural hazards and climate change”
Miquel Grimalt Gelabert, Anton Micallef, Joan Rossello Geli (Eds.)

is a collective and multilingual volume of the Open Access and peer-reviewed series
“Geographies of the Anthropocene”
(Il Sileno Edizioni), ISSN 2611-3171.

www.ilsileno.it/geographiesoftheanthropocene

Cover: imaginary representation of a tsunami that impacted an island. Source: pixabay.com

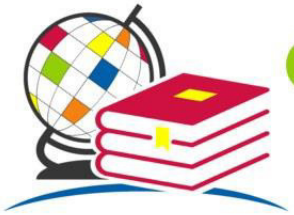
Copyright © 2020 by Il Sileno Edizioni
Scientific and Cultural Association “Il Sileno”, VAT 03716380781
Via Piave, 3A, 87035 - Lago (CS), Italy.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Italy License.

The work, including all its parts, is protected by copyright law. The user at the time of downloading the work accepts all the conditions of the license to use the work, provided and communicated on the website
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/it/legalcode

ISBN 979-12-800640-2-8

Vol. 3, No. 2, November 2020



Geographies of the Anthropocene

OPEN ACCESS
PEER-REVIEWED SERIES

ISSN 2611-3171

Geographies of the Anthropocene

Open Access and Peer-Reviewed series

Editor-In-Chief: Francesco De Pascale (CNR – Research Institute for Geo-Hydrological Protection, Italy).

Associate Editors: Fausto Marincioni (Department of Life and Environmental Sciences, Università Politecnica delle Marche, Italy), Francesco Muto (Department of Biology, Ecology and Earth Sciences, University of Calabria, Italy), Charles Travis (Department of History, University of Texas, Arlington, USA; Trinity Centre for the Environmental Humanities, Trinity College Dublin, Ireland).

Editorial Board: Mohamed Abioui (Ibn Zohr University, Morocco), Andrea Cerase ("Sapienza" University of Rome, Italy), Valeria Dattilo (University of Calabria, Italy), Dante Di Matteo (Polytechnic University of Milan, Italy); Jonathan Gómez Cantero (Departamento de Meteorología de Castilla-La Mancha Media, Spain), Davide Mastroianni (University of Siena, Italy), Giovanni Messina (University of Palermo, Italy), Joan Rossello Geli (Universitat Oberta de Catalunya, Spain), Gaetano Sabato (University of Catania, Italy), Carmine Vacca (University of Calabria, Italy).

International Scientific Board: Marie-Theres Albert (UNESCO Chair in Heritage Studies, University of Cottbus-Senftenberg, Germany), David Alexander (University College London, England), Loredana Antronico (Italian National Research Council – Research Institute for Geo-Hydrological Protection, Italy), Lina Maria Calandra (University of L'Aquila, Italy), Salvatore Cannizzaro (University of Catania, Italy), Fabio Carnelli (EURAC Research, Bolzano; Polytechnic University of Milan, Italy), Carlo Colloca (University of Catania, Italy), Gian Luigi Corinto (University of Macerata,

Italy), Roberto Coscarelli (Italian National Research Council – Research Institute for Geo-Hydrological Protection, Italy), Girolamo Cusimano (University of Palermo, Italy), Bharat Dahiya (Director, Research Center for Integrated Sustainable Development, College of Interdisciplinary Studies Thammasat University, Bangkok, Thailand), Sebastiano D'Amico (University of Malta, Malta), Armida de La Garza (University College Cork, Ireland), Elena Dell'Agnese (University of Milano-Bicocca, Italy), Piero Farabollini (University of Camerino, Italy), Massimiliano Fazzini (University of Camerino; University of Ferrara, Italy; Chair of the "Climate Risk" Area of the Italian Society of Environmental Geology), Giuseppe Forino (University of East Anglia, England), Virginia García Acosta (Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, CIESAS, México), Cristiano Giorda (University of Turin, Italy), Giovanni Gugg (LESC, Laboratoire d'Ethnologie et de Sociologie Comparative, CNRS – Université Paris-Nanterre, France), Luca Jourdan (University of Bologna, Italy), Francesca Romana Lugeri (ISPRA, Department of Geological Survey, Italy), Fausto Marincioni (Marche Polytechnic University, Italy), Cary J. Mock (University of South Carolina, U.S.A.; Member of IGU Commission on Hazard and Risk), Gilberto Pambianchi (University of Camerino, Italy; President of the Italian Association of Physical Geography and Geomorphology), Silvia Peppoloni (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Italy; Secretary General of IAPG; Councillor of IUGS), Isabel Maria Cogumbreiro Estrela Rego (University of the Azores, Portugal), Andrea Riggio (University of Cassino and Southern Lazio, Italy; President of the Association of Italian Geographers), Vito Teti (University of Calabria, Italy), Bruno Vecchio (University of Florence, Italy), Masumi Zaiki (Seikei University, Japan; Secretary of IGU Commission on Hazard and Risk).

Editorial Assistants, Graphic Project and Layout Design: Ambra Benvenuto, Franco A. Bilotta;

Website: www.ilsileno.it/geographiesoftheanthropocene;

The book series "Geographies of the Anthropocene", edited by the international scientific publisher "Il Sileno Edizioni", will discuss the new processes of the Anthropocene epoch through the various worldviews of geoscientists and humanists, intersecting disciplines of Geosciences, Geography, Geoethics, Philosophy, Socio-Anthropology, Sociology of Environment and Territory, Psychology, Economics, Environmental Humanities and cognate disciplines.

Geoethics focuses on how scientists (natural and social), arts and humanities scholars working in tandem can become more aware of their ethical responsibilities to guide society on matters related to public safety in the face of natural hazards, sustainable use of resources, climate change and protection of the environment. Furthermore, the integrated and multiple perspectives of the Environmental Humanities, can help to more fully understand the cultures of, and the cultures which frame the Anthropocene. Indeed, the focus of Geoethics and Environmental Humanities research, that is, the analysis of the way humans think and act for the purpose of advising and suggesting appropriate behaviors where human activities interact with the geosphere, is dialectically linked to the complex concept of Anthropocene.

The book series "Geographies of the Anthropocene" publishes online volumes, both collective volumes and monographs, which are set in the perspective of providing reflections, work materials and experimentation in the fields of research and education about the new geographies of the Anthropocene.

"Geographies of the Anthropocene" encourages proposals that address one or more themes, including case studies, but welcome all volumes related to the interdisciplinary context of the Anthropocene. Published volumes are subject to a review process (**double-blind peer review**) to ensure their scientific rigor.

The volume proposals can be presented in English, Italian, French or Spanish.

The choice of digital Open Access format is coherent with the flexible structure of the series, in order to facilitate the direct accessibility and usability by both authors and readers.

CONTENTS

Preface 8

Introduction (English, Spanish and Italian languages) 11

Section I

Natural hazards, volcanism, earthquakes and societal impacts

1. Riflessioni sul rischio vulcanico nei paesaggi lavici antropizzati della regione dell'Etna
   Salvatore Cannizzaro, Antonio Danese, Riccardo Privitera 21

2. Large island, big issues. Vulnerability and resilience in Sardinia
   Andrea Corsale, Carlo Perelli, Giovanni Sistu 59

3. When the giant shakes. Anthropology of the seismicity of Ischia, an island-volcano in the Mediterranean Sea
   Giovanni Gugg 78

4. Le politiche di contrasto al rischio da maremoto: il caso di Stromboli
   Giovanni Messina 101

Section II

Climate and Global Change, vulnerability, water resources and sustainability

5. Climate relocation of Indigenous peoples from island territories: Issues related to the misunderstanding of their indigenousness
   Adèle de Mesnard 122

6. Impacts of climate change on the evolution of water resources in the context of the Mediterranean islands using as an example two Aegean Sea islands: consequences for touristic activities in the future
   Christian Depraetere, Konstantinos X. Soulis, Demetrios E. Tsesmelis, Georgios Avgoustidis, Ioannis Spilanis 143

7. Caractérisation des ressources en eau et de leurs facteurs de dégradation dans l'île de Carabane
Cheikh Faye, Antoine Demba Manga 183

8. Les îlots du Sahel (Tunisie orientale) : variété, intérêt géoarchéologique et risques
Ameur Oueslati 203

The Authors 238

7. Caractérisation des ressources en eau et leurs facteurs de dégradation dans l'île de Carabane

Antoine Demba Manga[1]*, Cheikh Faye* [2]

Résumé

La problématique de l'eau occupe une place de choix dans l'amélioration des conditions de vie des populations. Les ressources en eau ont un impact direct sur le développement socio-économique d'une région. Ainsi, il est indispensable avant toute mobilisation et gestion des ressources en eau de bien étudier leur contexte géographique. En Casamance, la conjoncture climatique se caractérise, depuis les années 1970, par une pluviométrie en baisse à laquelle s'ajoute une explosion démographique qui a mené à une mobilisation intensive des ressources en eau disponibles. L'objectif de cet article est d'évaluer les ressources en eau et les facteurs naturels comme anthropiques de leur dégradation dans l'île de Carabane. La méthodologie adoptée s'articule autour d'une recherche documentaire et d'une enquête ménages. Les résultats obtenus montre que, du fait des déficits pluviométriques, l'eau est disponible dans l'île mais elle est de nature saumâtre à salée, une qualité non favorable aux usages domestiques et agricoles. Ces différentes contraintes (baisse de la pluviométrie et hausse du niveau du fleuve) ont eu des impacts sur les ressources en eau parmi lesquels : la salinisation des nappes et de certaines parcelles cultivables etc. Face à cette situation où l'offre en eau est inférieure à la demande et compte tenu du coût souvent revu à la hausse, il serait impératif de procéder à une mobilisation plus rationnelle des ressources en eau dans l'île et d'assoir sa gestion plus durable.

Mots-clés*:* évaluation, ressources en eau, facteurs de dégradation, gestion, île de Carabane

[1] Département de Géographie, U.F.R. Sciences et Technologies, UASZ, Laboratoire de Géomatique et d'Environnement, BP 523 Ziguinchor (Sénégal). a.manga4365@zig.univ.sn

[2] *Auteur correspondant.* Département de Géographie, U.F.R. Sciences et Technologies, UASZ, Laboratoire de Géomatique et d'Environnement, BP 523 Ziguinchor (Sénégal). cheikh.faye@univ-zig.snn.

Characterization of water resources and their degradation factors in Carabane Island

Abstract

The water issue occupies a prominent place in improving the living conditions of the populations. Water resources have a direct impact on the socio-economic development of a region. It is therefore essential before any mobilization and management of water resources to properly study their geographic context. In Casamance, the climate has been characterized, since the 1970s, by declining rainfall, to which is added a demographic explosion which has led to an intensive mobilization of available water resources. The objective of this article is to assess water resources and the natural and anthropogenic factors of their degradation in the island of Carabane. The methodology adopted is based on documentary research and a household survey. The results obtained show that, due to rainfall deficits, water is available on the island but it is brackish to salty in nature, a quality not favorable for domestic and agricultural uses. These various constraints (drop in rainfall and rise in the level of the river) have had an impact on water resources, including: salinization of groundwater and certain cultivable plots, etc. Faced with this situation where the water supply is lower than the demand and given the cost often revised upwards, it would be imperative to proceed with a more rational mobilization of water resources on the island and to support its management more sustainable.

Keywords: evaluation, water resources, degradation factors, management, Carabane Island

1. Introduction

L'eau représente la clé principale pour atteindre le développement durable, et la question de l'eau et de son approvisionnement est devenue un grand défi pour l'humanité (Djaffar et Kettab, 2018, p. 642). L'Afrique, le continent le plus pauvre de la planète dispose d'importantes ressources en eau. En revanche, il manque les infrastructures de distribution et d'assainissement qui permettraient aux populations d'accéder à l'eau potable. Un tiers de la population africaine, soit 330 millions, n'a pas accès à l'eau potable et presque la moitié des Africains souffre de problèmes de santé dus au manque d'eau potable. L'Afrique est en effet le continent où l'accès à une eau de qualité est le plus limité au monde, à peine 60% de l'Afrique sub-saharienne

est alimentée en eau potable. En rapport à la diminution progressive de ces ressources et de l'augmentation de la consommation, la proportion de la population africaine risquant d'être soumise à une carence en eau augmentera de 38 % en 2013 à 74 % en 2040, affectant 28 pays (Sakho, 2018, p. 1).

Le Sénégal dispose globalement de ressources en eau suffisantes pour l'alimentation des populations (Faye et Dieye, 2018, p 450 ; Faye *et al.*, 2019, p 6). La diversité des ressources en eau permet d'exploiter les eaux de surface ou les eaux souterraines (CONGAD, 2009, p 61). Toutefois, le pays a connu une période de sécheresse durant les années 1970 qui a entrainé une baisse des nappes phréatiques et perturbé ainsi les ressources en eau du Nord, le Sahel comme au Sud, la Casamance (Faye *et al.*, 2017, p 17). Selon le rapport du programme alimentaire mondial en 2003 au Sénégal, seulement 38% des villages ont des forages pour obtenir de l'eau potable, 27% des puits cimentés et 21% des puits traditionnels (FAO, 2003, p 20).

L'inventaire national des points d'accès à l'eau potable au premier trimestre de 2015 a été mis en œuvre sur 15.992 localités avec l'appui des dispositifs décentralisés de collecte des données. Après exploitation des données, il en ressort que le taux d'accès amélioré global à l'eau potable en milieu rural s'établit en 2015 à 86,6% contre 84,1% en 2014 ; ce qui donne une progression satisfaisante de l'accès à des points d'eau modernes avec une hausse de 2,5 points. La performance est très satisfaisante même si elle reste un peu inférieure à la période antérieure où la progression interannuelle était de +3,5 points. En intégrant les statistiques sur les réalisations nouvelles d'infrastructures d'accès à l'eau enregistrées en 2015, le taux d'accès global à l'eau potable pour décembre 2015 est estimé à 87,2%. Le taux national d'accès par adduction d'eau potable s'établit à 74,0% contre 69,85% en 2014 ; soit une bonne évolution positive de 4,15 points. A contrario, l'accès par puits modernes diminue sensiblement et s'établit à 12,6% contre 14,25% en 2014. On note donc que l'amélioration de la qualité et de la sécurité de l'accès à l'eau a nettement bien évolué sur la période 2005-2015 à travers des tendances linéaires dans la hausse du taux d'accès par adduction d'eau et la baisse du taux d'accès par puits (Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement, 2016, p. 1).

L'eau est un liquide si précieux et indispensable à toute existence, à toute forme de vie. Sans eau, ni le monde animal, ni le monde végétal n'existerait pas. Parmi les ressources qui contribuent au développement des activités humaines, l'eau présente plusieurs caractéristiques qui la distinguent de toutes les autres ressources (Baechler, 2012, p. 5). Dans certaines zones rurales du Sénégal, l'approvisionnement en eau se fait toujours à partir des puits traditionnels, des mares, des eaux de pluie… Dans d'autres zones, les

ouvrages hydrauliques ne peuvent plus assurer une bonne distribution en eau, du fait de leurs vétustés et de la forte croissance de la population. En plus, dans certaines zones, les points d'eau douce se trouvent à des kilomètres par rapport aux ménages. Face à la crise de l'eau qui reste le plus souvent liée à la pénurie absolue de la disponibilité physique (Bohbot, 2008, p. 7), il est apparu alors que seule une nouvelle forme de gestion de cette ressource est susceptible de garantir la durabilité entre l'offre et la demande ou entre les ressources disponibles et les besoins (Diouf, 2013, p 12).

Plusieurs raisons motivent une évaluation des ressources en eau et une caractérisation des facteurs naturels comme anthropiques de leur dégradation dans l'île de Carabane. S'il est vrai que l'eau est un élément indispensable à la vie et aux activités socio-économiques, une quantité d'eau importante, capitale, semble être fragile face au variabilité climatique. Dès lors, il est important de comprendre les facteurs qui rendent vulnérable ces ressources pour mieux s'adapter aux changements climatiques. Face aux besoins croissants en eau, à la surexploitation et à la dégradation des ressources, des démarches de restauration du bon état quantitatif et qualitatif des masses d'eaux doivent être engagées. Aussi, la mise en œuvre de nouvelles ressources doit s'effectuer dans le cadre d'une démarche raisonnée et respectueuse de l'environnement. La présente étude fait une évaluation des ressources en eau et une caractérisation des facteurs naturels comme anthropiques de leur dégradation dans l'île de Carabane.

2. Zone d'étude

La présentation géographique de l'île de Carabane porte sur la situation de l'île par rapport à la commune de Diembéring et dans le bassin versant de la Basse-Casamance (Figure 1). La carte 1 nous offre l'optique d'identifier les villages environnants qui sont entre autre l'île de Diogué, les villages d'Elinkine, de Kachouwane, Gnikine, Dimassane, Samatite et Kagnoute. Ce qui concerne le fleuve et les bolongs (chenal à eau salée) qui constituent l'île, au Sud-ouest nous avons le Cachioune bolong, au Sud-est, nous avons le bolong d'Elinkine et le reste est formé par le fleuve Casamance (Figure 1) (Manga., 2019, p. 21).

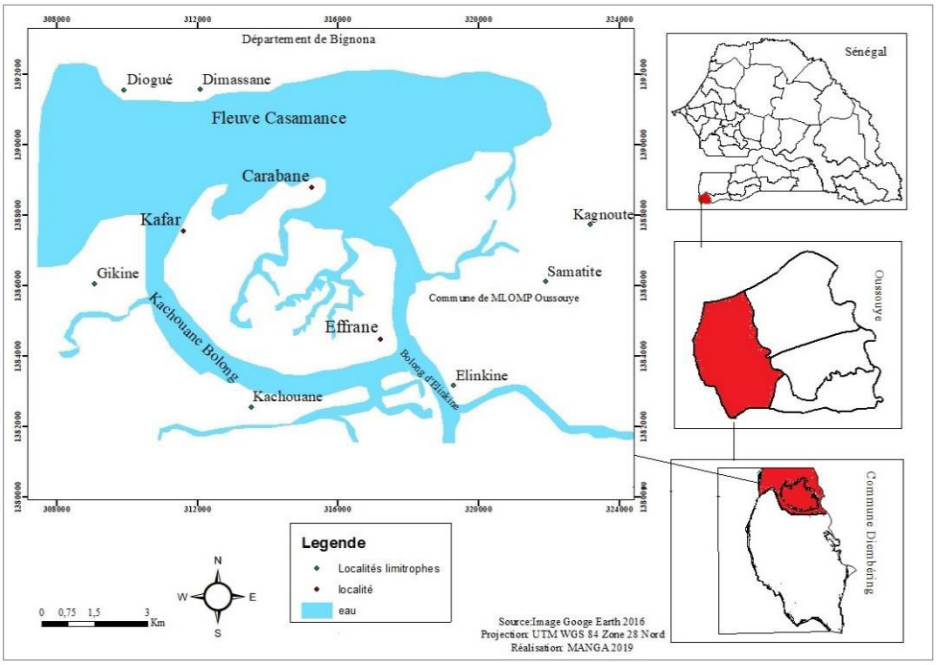


Figure 1 - *Présentation de l'île de Carabane (Source : Manga, 2019).*

D'une superficie totale de 57 km^2, l'île de Carabane est la principale et dernière île dans l'embouchure du fleuve Casamance, en rive gauche, face à la pointe de Diogué. Composée d'un village (Carabane), et de deux hameaux (Kafar, Effrane), l'île est située par 12° 32' de latitude Nord et par 16° 43' de longitude Ouest.

3. Données et méthodes

3.1. Données socio-économiques

La collecte de données primaire et secondaire a été utilisée pour cette recherche, car une bonne fusion des deux méthodes fournit une gamme de sources nécessaires pour produire des résultats de recherche de haute qualité. La collecte des données primaires s'est faite principalement sur la base d'enquête de terrain. Pour la collecte des données socio-économiques sur le terrain, la confection d'un questionnaire a été nécessaire afin de collecter les informations relatives aux ressources en eau (cadre climatique et ressources en eau dans l'ile de Carabane, vulnérabilité des ressources en eau dans l'ile de

Carabane, gestion des ressources en eau et stratégies de lutte contre leur vulnérabilité). Il nous a permis d'obtenir des données quantitatives. L'échantillon utilisé pour effectuer les enquêtes est l'échantillon systématique. Ainsi, nous avons interrogé tous les ménages existants dans l'île de Carabane (Tableau 1). Ce choix s'est basé sur le fait que l'île est petite et il n'existe qu'un village (Carabane) et de deux hameaux (Kafar et Efframe) dans cette zone, nous avons jugé nécessaire d'interroger tous les chefs ménages disponibles dans l'île (Manga., 2019).

Nom Localité	*Nombre de Concession*	*Nombre de Ménage*	*Homme*	*Femme*	*Population totale*	*Chef de ménages Interrogés*
Village de Carabane	44	60	203	205	408	60
Hameau de Kafar	4	4	5	15	20	4
Hameau Efframe	2	2	4	4	8	2

Tableau 1 - *Nombre de ménages interrogés dans l'île de Carabane. Source : Commune de Diembéring, 2013.*

3.2. Données physico-chimiques de l'eau des puits

Les données physico-chimiques sont obtenues à partir des mesures *in situ* de l'eau, réalisées dans 12 puits du village de Carabane. Les instruments de mesure paramètres physico-chimiques de l'eau comme le conductimètre et le réfractomètre sont utilisés pour faciliter l'analyse. Toutefois, du fait de l'absence de piézomètre, des sceaux ont été utilisés pour extraire l'eau dans les puits et mesurer les paramètres physico-chimiques de l'eau de ces puits. Parmi ces paramètres, sont analysés ici principalement le pH, la conductivité, la salinité et la température de l'eau des puits choisis.

L'outil GPS nous a permis d'obtenir les coordonnées géographiques de chaque point où les mesures sont effectuées. Les données sur la salinité sont obtenues à partir du réfractomètre. Pour effectuer les mesures avec le réfractomètre, nous avons prélevé une toute petite quantité d'eau de chaque puits (une goute) à l'aide d'une pépite poire. Cette eau a été ensuite vidée sur la lamelle du réfractomètre, ce qui a permis la lecture de la valeur.

En outre, le conductimètre qui mesure à la fois le pH, la température et la Conductivité électrique, a permis d'obtenir les données sur l'acidité et la minéralisation des eaux des puits. La mesure de ces deux paramètres est effectuée en plongeant l'appareil dans l'eau pendant quelques secondes.

4. Résultats et discussion

4.1. Evaluation des ressources en eau selon la population locale dans l'île de Carabane

Dans cette partie les différents types de ressources en eau existantes dans l'île de Carabane sont caractérisés et quantifiés. Dans l'île de Carabane, les eaux utilisables sont les eaux de pluie, les de surface et les eaux souterraines. L'île de Carabane est dotée d'importantes ressources en eau. Le fleuve Casamance couvre presque la totalité partie de l'île par ses réseaux hydrographiques. Les nappes souterraines constituent l'essentiel des ressources exploitées pour les différents usages domestiques, agricoles... Cependant, la gestion coordonnée des prélèvements pose des problèmes aigus : l'augmentation des besoins a coïncidé avec le moment où les ressources subissent sans cesse les assauts de la variabilité climatique (une baisse du niveau de certaines nappes, une percolation directe des eaux superficielles dans les eaux souterraines, absence d'alimentation de ces nappes du fait de la baisse des pluies…). Les ressources souterraines sont en général douces mais elles sont de plus en plus affectées par le sel du fait de l'intrusion marine et la baisse des pluies (Mahé, 2006, p 78). La pluie (ressource pluviale) est en général régulière dans l'île de Carabane mais elles sont de nos jours de plus en plus vulnérables face à la variation climatique. Les ressources superficielles sont représentées par le fleuve Casamance, le cachouane bolong et le ourong bolong.

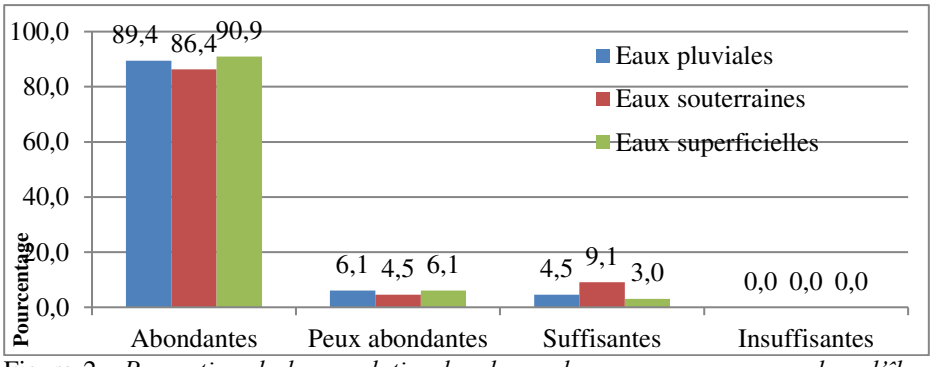


Figure 2 - *Perception de la population locale sur les ressources en eau dans l'île de Carabane (Source : Enquêtes Manga, 2018).*

Les données d'enquêtes révèlent que les ressources en eau sont abondantes dans l'île car parmi les 66 ménages interrogés, 90,9% (Figure 2) sont favorables à l'idée selon laquelle les ressources en eau sont suffisamment abondantes dans l'île du fait de la présence en abondance du fleuve, des nappes plus ou moins affleurantes et une pluviométrie régulière. Toutefois, la qualité reste à apprécier surtout pour les ressources souterraines qui sont généralement saumâtres.

4.1.1. Perception de la population locale sur la pluviométrie dans l'île de Carabane

La caractérisation des ressources pluviales dans l'île de Carabane se réfère au fait que ces ressources sont saisonnières. On les retrouve pendant la saison des pluies. L'analyse de la figure 9, nous montre que sur 66 ménages interrogés, 89,4% ont jugé la ressource eau pluviale abondantes dans l'île de Carabane du fait de la régularité des saisons des pluies, 6% des ménages soutiennent que la ressource est peu abondante car selon eux, la ressource tend à baisser au fur des années. Par contre parmi ces ménages interrogés, 4,5% estiment que cette ressource est suffisante car elle parvient à satisfaire au moins leur besoin en eau de pluie. Cependant un seul ménage déclare que cette ressource est insuffisante et qu'elle ne peut pas satisfaire les besoins quotidiens des ménages (Figure 2).

4.1.2. Perception de la population locale sur les ressources en eau superficielle dans l'île de Carabane

Pour la caractérisation et la quantification des ressources eau superficielle dans l'île, nous avons utilisé les données obtenues durant les enquêtes menés dans le village de Carabane. Parmi les 66 ménages interrogés à Carabane, 90,9% ont pu constater un taux abondant des ressources en eau superficielle existantes dans l'île (Figure 2). Cette partie de la population ont basé cette remarque sur la présence en permanence du fleuve Casamance dans la zone (carte 4). Mais 6% des ménages estiment que cette ressource est peu abondante. Selon eux, cette remarque est basée sur le fait que la qualité de cette ressource reste à désirer. Les ménages interrogés soutiennent que l'eau douce insuffisante car les eaux de surface disponibles se sont pas potables et ne satisfont non plus les besoins quotidiens de la population de Carabane. La Figure 1 met également en exergue la quantité abondante de la ressource en

eau superficielle dans l'île de Carabane matérialisée par le fleuve Casamance et les deux bolongs. Elle est en d'autres termes la ressource en eau la plus représentative dans l'île.

4.1.3. Perception de la population locale sur les ressources en eau souterraine dans l'île de Carabane

Par rapport aux ressources en eau souterraines, parmi les 66 ménages interrogés à Carabane, 86,4% ont pu constater un taux abondant des ressources en eau souterraines existantes dans l'île (Figure 2). Cette partie de la population ont basé cette remarque le fait que la nappe est peu profonde. Mais 5% des ménages estiment que cette ressource est peu abondante. Selon eux, cette remarque est basée sur le fait que la qualité de cette ressource reste à désirer et 8% pensent que cette ressource est suffisante dans l'île. Certains ménages interrogés soutiennent que les ressources en eau souterraines comment à devenir insuffisantes, ne sont plus potables et ne satisfont non plus les besoins quotidiens de la population de Carabane.

Malgré toutes ces potentialités en eau, la population de l'île a du mal à trouver de l'eau douce pour la consommation. Cela est le problème majeur qui ronge cette belle île de l'embouchure du fleuve Casamance.

4.2. Caractérisation des facteurs de dégradation des ressources en eau dans l'île de Carabane

Dans cette partie, il est indiqué comment par le biais des facteurs naturels, le changement climatique impacte sur les ressources en eau de l'île de Carabane, mais aussi les liens existants entre les actions anthropiques et les ressources en eau.

4.2.1. Impacts des facteurs naturels sur les ressources en eau dans l'île de Carabane

Dans l'île de Carabane, plusieurs facteurs naturels rendent les ressources en eau vulnérables. Il s'agit entre autres l'intrusion marine (93% des répondants), de la remontée du biseau salée (66,7%), de l'augmentation des températures (47%), de la rareté des pluies (42,4%), de la progression de la sécheresse (27,3%), du ruissellement des eaux de pluies 6,1%), du

déferlement des vagues (1,5%)… (Tableau 2). Quant au niveau de vulnérabilité des ressources en eau, il est généralement jugé fort (supérieur à 60%) par les populations interrogées pour les différentes catégories de ressources en eau (Figure 3).

Paramètres	*Nombre*	*Pourcentage*
Rareté de pluie	28	42,40%
Augmentation des températures	31	47,00%
Progression de la sécheresse	18	27,30%
Intrusion marine	62	93,90%
Remontée du biseau salée	44	66,70%
Ruissellement des eaux de pluies	4	6,10%
Déferlement des vagues	1	1,50%
Autres	1	1,50%
Total	66	

Tableau 2 - *Facteurs naturels rendant les ressources en eau vulnérables dans l'île de Carabane. Source : Enquêtes Manga, 2018.*

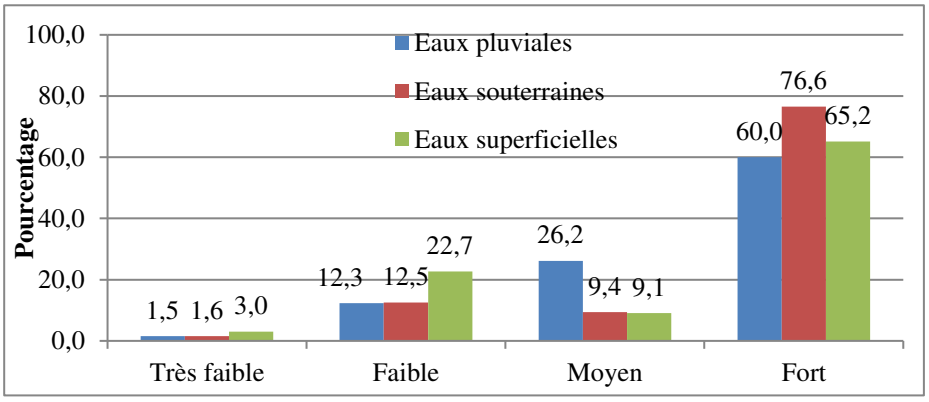


Figure 3 - *Niveau de vulnérabilité des ressources en eau du fait des facteurs naturels dans l'île de Carabane (Source : Enquêtes Manga, 2018).*

4.2.1.1. Sur les ressources en eau superficielles dans l'ile de Carabane

Dans l'île de Carabane, la dégradation des ressources en eau superficielles est due en grande partie aux facteurs naturels tels que la variabilité climatique. En d'autre terme, les effets ou manifestations de la variabilité climatique influencent directement sur les ressources superficielles dans l'île de Carabane (Tableau 2). Selon les enquêtes menées dans l'île de Carabane, l'effet le plus marquant sur les ressources superficielles est l'érosion avec

98,5 % des réponses de la population interrogées. L'augmentation des plans d'eau (45,5% des réponses), l'élargissement des lits du fleuve (65,2%) et la salinisation des marigots (59,1%° impactent aussi sur la disponibilité en eau dans l'île de Carabane (Tableau 3).

Paramètres	*Nombre*	*Pourcentage*
Diminution des plans d'eau	11	16,70%
Augmentation des plans d'eau	30	45,50%
Erosion	65	98,50%
Elargissement des lits des marigots/ensablement des mares	43	65,20%
Salinisation des marigots	39	59,10%
Total	66	

Tableau 3 - *Effets de la variabilité climatique affectant les resources en eau superficielles. Source : Enquêtes Manga, 2018.*

4.2.1.2. Sur les ressources en eau souterraines dans l'ile de Carabane

Au niveau de l'île de Carabane, les ressources en eau souterraine subissent les multiples assauts des effets de la variabilité climatique qui en retour rendent la population locale très vulnérable et dont les conséquences sont sans équivoques. Selon la population locale, l'intrusion marine (93,9%) et la remontée du biseau salée (66,7%) sont les principaux facteurs de la dégradation des ressources en eau souterraines. La salinisation des eaux du fleuve remonte jusqu'à atteindre le continent, particulièrement l'île de Carabane (Tableau 4). Cependant quant aux nappes superficielles de l'île, elles sont de plus en plus atteintes par le biseau salé, hypothéquant ainsi l'approvisionnement en eau potable des populations ainsi que leurs activités agricoles et touristiques. Ainsi, avec la diminution des totaux pluviométriques qui rechargent naturellement les nappes de l'île, on note donc une intrusion marine et une remontée capillaire pour combler ce déficit. En effet, la remontée capillaire est la contamination par envahissement souterrain des nappes des eaux douces par les eaux des nappes salées (Gomis, 2017, p 33). C'est pourquoi, la population ayant des difficultés de trouver de l'eau douce dans le village, est dans l'obligation de conserver les eaux de pluie dans des bidons ou des bassines pour satisfaire leur besoin.

Paramètres	*Salinité (mg/l)*	*pH*	*Conductivité (µS/cm)*	*Température (°C)*
Puits 1 (école Primaire)	9	7,41	4,55	39
Puits2 (Badjicounda)	7	7,5	9,15	29,4
Puits 3 (Porton)	5	7,47	3,85	29.3
²Puits 4 (Chez Héléna)	5	7,4	7,1	31,4
Puits 5 (Baracouda)	3	7,9	1,36	28
Puits 6 (école spéciale)	1	7,6	0,9	28,8
Puits 7 (Chapel)	4	7,5	2,5	31,1
Puits 8 (Sarrcounda)	2	7,41	1,32	35
Puits 9 (chef du village)	1	6,98	1,76	28,1
Puits 10 (forage)	1	7,15	0,76	29,8
Puits 11 (Après CEM1)	1	7,65	0,24	29
Puits 12 (Après CEM2)	1	7,21	0,48	30,1
Normes	0,2 mg/l	6-9	250 µS/cm	20-30°C

Tableau 4 - *Résultats des analyses des paramètres hydrologiques de 12 puits dans le village de Carabane. Source : Manga, 2018*

Cette analyse porte sur la salinité, le pH, la conductivité et la température de l'eau de 12 puits existants dans le village de Carabane (Tableau 4 et Figure 4). Les échantillons traités et ont été pris à la fin de la saison des pluies.

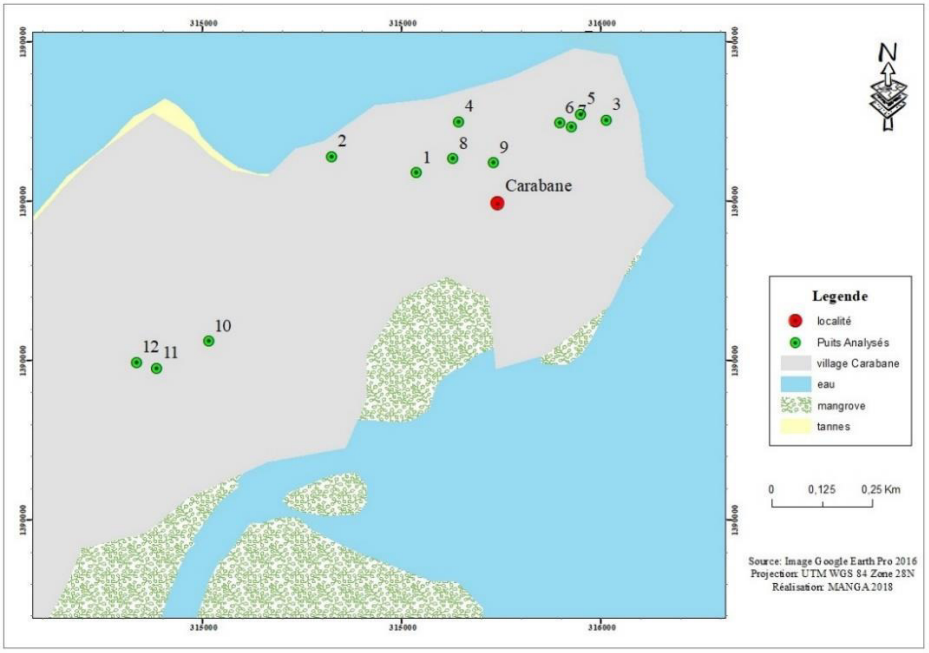


Figure 4 - *Localisation des différents puits analysés dans le village de Carabane (Source : Manga, 2018).*

4.2.1.3. Sur les ressources en eau pluviales dans l'île de Carabane

Au niveau de l'île de Carabane, les ressources en eau pluviale subissent les impacts des effets de la variabilité climatique qui en retour rendent la population locale de Carabane très sensible face aux effets de ces variations. En effet, avec les changements climatiques, on note une baisse drastique de la pluviométrie dans cette zone. Cette diminution de la ressource en eau pluviale se ressent nettement dans l'île car selon certains ménages interrogés, ces dernières années, le stock des eaux de pluies ne couvre plus la saison sèche contrairement aux stocks des années passées qui ils parvenaient à couvrir toutes l'année. C'est ce qui pousse certains à faire des kilomètres pour trouver de l'eau douce dans l'île de Carabane. De plus, on note une irrégularité des saisons des pluies dans l'île de Carabane. Les changements climatiques ont beaucoup contribué à la baisse de cette ressource en eau pluviale.

Au niveau de l'île de Carabane, les ressources en eau pluviale subissent les impacts des effets de la variabilité climatique qui en retour rendent la population locale de Carabane très sensible face aux effets de ces variations. En effet, avec les changements climatiques, on note une baisse drastique de la pluviométrie dans cette zone (Tableau 5). En se basant sur les enquêtes,

81,8% des ménages interrogés estiment que le début de la saison des pluies a connu un retard pendant ces dernières années. Pour cette partie des ménages interrogés, ce retard est causé essentiellement par les changements climatiques. En plus, 74,2% de ces ménages déclarent qu'ils observent une baisse de la pluviométrie. Selon eux, la variabilité climatique, reste le seul facteur de cette diminution.

Paramètres	*Nombre*	*Pourcentage*
Augmentation de la pluviométrie	6	9,10%
Diminution de la pluviométrie	49	74,20%
Retard dans le démarrage de la saison	54	81,80%
Pluies précoces	10	15,20%
Total	66	

Tableau 5 - *Perception de la population de l'île de Carabane sur la pluviométrie Source : Enquêtes Manga, 2018.*

4.2.2. Impacts des activités socioéconomiques sur les ressources en eau dans l'ile de Carabane

La multitude de menaces importantes qui pèsent sur les ressources en eau découlent toutes principalement des activités humaines. Ces menaces sont entre autres la souillure, la pauvreté, la croissance urbaine et les transformations du paysage telles que la déforestation. Chacune de ces menaces a un impact non négligeable, le plus souvent directement sur les écosystèmes, avec des répercussions sur les ressources en eau. Ainsi, les facteurs anthropiques jouent un rôle majeur dans l'accélération du processus de la dégradation des ressources en eau dans l'île de Carabane (Tableau 6).

Paramètres	*Nombre*	*Pourcentage*
Surutilisation des ressources en eau	22	33,30%
Pauvreté excessive (problèmes économiques)	25	37,90%
Augmentation des besoins due à la hausse de la population	24	36,40%
Utilisation et gestion archaïque des ressources en eau	16	24,20%
Pollution	34	51,50%
Autres	8	12,10%
Total	66	

Tableau 6 - *Facteurs anthropiques impactant les ressources en eau dans l'île de Carabane. Source : Enquêtes Manga, 2018.*

La dégradation des ressources en eau est en effet liée à la croissance démographique de plus en plus élevée. Les principaux facteurs anthropiques de cette dégradation sont la souillure (51.5%), l'augmentation des besoins en eau due à la hausse de la population (36.4%), la pauvreté (37.9%), la surutilisation des ressources en eau (33.3%) mais aussi l'utilisation et la gestion archaïque de ces ressources (24.2%). Néanmoins, les personnes interrogées ont indiqué un niveau de vulnérabilité des ressources en eau, du fait des facteurs anthropiques, dans l'île de Carabane généralement faible (plus de 55% pour les différentes catégories d'eau) (Figure 5).

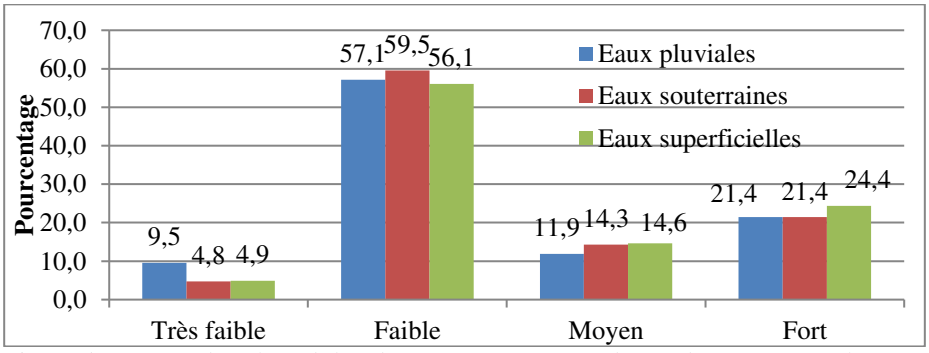


Figure 5 - *Niveau de vulnérabilité des ressources en eau du fait des facteurs anthropiques dans l'île de Carabane (Source : Enquêtes Manga, 2018).*

4.2.2.1. Souillure du lit majeur du fleuve et des bolongs dans le village de Carabane

La souillure est le fait de jeter un produit potentiellement toxique ou de nature dans l'environnement afin de perturber le fonctionnement d'un élément naturel comme les ressources en eau (fleuve, marigots, nappes…) ou d'un biotope (Hassane, 2013). Elle peut nuire aux ressources en eau et aux écosystèmes aquatiques. Les principaux polluants comprennent notamment les matières organiques et organismes pathogènes rejetés avec les eaux usées, les engrais et pesticides provenant des terres agricoles etc. Cependant, l'action anthropique favorise très fortement la souillure et la pollution de ces ressources en eau et les rendent de plus en plus vulnérables. Selon la population locale, la souillure de ces ressources est le facteur le plus marquant dans l'île (51.5% des réponses).

Ainsi, dans cette île, on peut constater que les familles qui habitent près des marigots du fleuve ont l'habitude de jeter les ordures dans les chenaux du fleuve (Figure 6) qui impactent directement sur ces ressources,

particulièrement les ressources en eau superficielles (marigots et fleuve) et les ressources en eau souterraines (nappes). Comme la population locale utilise sans cesse ces ressources, elle est ainsi exposée à de nombreux risques comme l'apparition de beaucoup de maladies telles que le choléra, la diarrhée et des autres infections dues à la mauvaise qualité de l'eau consommée.

Souillure du lit majeur du marigot de Carabane

Souillure du lit mineur du marigot de Carabane

Figure 6 - *Souillure des lits mineur et majeur du marigot de l'île de Carabane (Clichés Manga, 2018).*

Dans ce lieu, la plupart des eaux des nappes existantes sont le plus souvent sombres du fait de la pollution. Selon une partie de la population, le fait de jeter des ordures dans les marigots est la raison principale de la pollution de ces ressources en eau (même souterraines), les marigots et le fleuve étant parfaitement connectés aux nappes souterraines.

4.2.2.2. Augmentation des besoins en eau due à la hausse de la population

A la recherche de meilleur condition de vie, l'homme se déplace sans cesse et s'installe dans des zones plus favorables à son développement. Ainsi, l'île de Carabane est parmi l'une des îles les plus belles de la basse Casamance et avec un meilleur temps, une histoire bien parfaite et connue et une zone touristique. Ainsi, on assiste à des arrivées massives des personnes dans cette île dont la majorité finit par s'y installer de manière définitive. Cela participe à l'augmentation de la population locale de Carabane et qui en retour à des impacts très importants sur les ressources en eau. En effet, la population locale de Carabane (avec 36.4% des réponses) affirme qu'avec la hausse de la population, on note une augmentation sans cesse des besoins en eau potable dans l'île pour les besoins agricoles, les tâches ménagères et la consommation…

Les prélèvements d'eau douce ont beaucoup augmenté dans l'île de Carabane, en partie sous l'effet de la croissance démographique. La population de Carabane, qui s'élevait en 2003 à 223 habitants, est aujourd'hui

estimée à 428 habitants (Commune Diembéring, 2013). Dans le même temps, la demande supplémentaire en eau augmente de plus en plus chaque année. Ainsi, plus la population augmente, plus les besoins en produits agricoles et domestiques s'accroissent. Si rien n'est fait pour rationaliser l'utilisation de l'eau dans l'agriculture et dans les tâches ménagères, les besoins en eau devraient augmenter de plus en plus alors même que l'île tend à atteindre déjà l'état de stress hydrique. Cela se traduit par la baisse considérable du niveau des nappes phréatiques durant la saison sèche mais aussi l'assèchement temporaire de certains puits de l'île sur la même saison.

4.2.2.3. Surutilisation des ressources en eau

Dans l'île de Carabane, on assiste à des phénomènes de surexploitation des ressources en eau, plus précisément l'eau douce des nappes phréatiques. En effet, l'eau souterraine subit une pression non négligeable de la part de la population locale du fait de l'agriculture en particulier du maraichage dans cette l'île. Dans ce lieu, la majorité des femmes font le maraichage et que cette activité consomme beaucoup d'eau. Ainsi, avec cette problématique de trouver de l'eau douce dans cette île, ces femmes sont dans l'obligation de surexploiter cette faible ressource afin de satisfaire les besoins journaliers en eau douce des plantes cultivées.

Figure 7 - *Puits taris pendant la saison sèche du fait de la forte utilisation de l'eau à Carabane (Clichés Manga, 2018).*

Même si l'agriculture pèse très lourde sur cette forte exploitation de ces ressources en eau, on a aussi les besoins domestiques qui à leur tour impactent sur ces ressources en eau dans l'île. Selon les enquêtes menées, l'activité touristique est bien présente dans cette petite l'île avec plus de 4 campements, un hôtel et plusieurs résidences. Ainsi, l'exploitation des ressources en eau devient très probable. Cependant, avec le problème de retrouver de l'eau douce en abondance dans l'île pour la satisfaction des besoins en eau, la population de Carabane se voit juste dans l'obligation d'exploiter cette maigre

ressource pour maintenir leurs activités touristiques comme ménagères. Par conséquent, cette surexploitation a des répercussions non négligeable sur ces ressources en eau, particulièrement celle souterraine, car on assiste à une baisse sans cesse du niveau des nappes phréatiques, en atteste la baisse du niveau des puits et leur tarissement durant la saison sèche (Figure 7).

4.2.2.4. Pauvreté et forme de gestion traditionnelle des ressources en eau

La population de Carabane est très pauvre (PDD Diembéring, 2013) et utilise de manière traditionnelle les ressources en eau, favorisant leur vulnérabilité face au changement climatique. En effet, l'eau non potable et un mauvais assainissement entraînent insalubrité et maladies. Dans cette île isolée et très enclavée, les femmes et les enfants passent souvent plusieurs heures par jour à marcher vers la source la plus proche pour rapporter de l'eau au village. Ce temps passé sur les chemins empêche les jeunes d'aller à l'école. Cette situation les enferme dans un cycle de pauvreté dont les conséquences sont dramatiques. Du fait de la pauvreté, la population va chercher de l'eau douce dans la forêt avec des bassines, des bidons ou des sceaux, bien que cette eau ne soit pas toujours potable, et donc peut être source d'infection et de transmission de maladie. Cet état de fait pousse d'autres habitants de l'île de Carabane à recueillir les eaux de pluies afin de s'en servir comme eau de boisson alors que la conservation reste à désirer. Ce qui rend certains des habitants et les ressources en eau très vulnérables face aux impacts du changement climatique dans de l'île de Carabane.

5. Conclusion

Cette étude est menée dans le souci de faire une évaluation des ressources en eau et une caractérisation des facteurs naturels comme anthropiques de leur dégradation dans l'île de Carabane. Les disponibilités en eau sont évaluées en fonction des résultats obtenus durant les enquêtes et les entretiens effectués dans l'île de Carabane et les résultats montrent que l'eau est effectivement disponible en quantité suffisante en raison des niveaux d'eau plus ou moins importants durant toute l'année, la présence en permanence du fleuve et une nappe affleurante. Toutefois, il faut retenir qu'il s'agit en grande partie d'eau saumâtre à salée, ce qui fait que l'accès à l'eau douce reste un grand problème dans cette zone du bassin versant de la Basse-Casamance. Ce phénomène est inhérent à la dynamique hydrologique ou encore au comportement

hydrologique de l'île qui est fortement alimenté par l'eau du fleuve. Sur le plan socio-économique, la variabilité de ces ressources rend la population locale très sensible face aux assauts de la variabilité climatique. Les activités qui sont menées dans l'île sont tributaires aux ressources en eau. C'est le cas du tourisme, de la pêche et de l'agriculture. Par conséquent la des ressources en eau face aux changements climatiques impacte directement sur les activités socio-économiques des habitants de l'île de Carabane.

Sources de financement : Cette recherche n'a reçu aucune subvention spécifique des organismes de financement des secteurs public, commercial ou sans but lucratif.

Références

Baechler, L., 2012, "La bonne gestion de l'eau : un enjeu majeur du développement durable", *L'Europe en Formation* 3/2012 (n° 365), 260, 3-21.

Bohbot, R., 2008, "L'accès à l'eau dans les bidonvilles des villes africaines Enjeux et défis de l'universalisation de l'accès (Cas d'Ouagadougou)", Mémoire, Université Laval, Québec, 264 p.

CONGAD, 2009, "*Livre bleu « L'eau, la vie, le développement humain »", Rapport pays : Sénégal,* Document de consultation fourni par SENAGROSOL CONSULT, 72 p.

Djaffar, S., Kettab, A., 2018, "La gestion de l'eau en Algérie : quelles politiques, quelles stratégies, quels avenirs ?", Algerian J. Env. Sc. Technology, 4 (1), 641-648

Diouf, E. 2013, "*Ouvrage hydrauliques et modèles de gestion de l'eau dans le bassin de fleuve Casamance ",* Thèse, Université Paris Ouest-Nanterre de la Défense, 308 p.

FAO, 2003, "La vulnérabilité structurelle à l'insécurité alimentaire en milieu rural, Sénégal",. Gouvernement du Sénégal, Programme Alimentaire Mondial, VAM Unit, 27 p.

Faye, C. Dieye, S., 2018, "Valorization ofwater resources in Senegal for economic, social and sustainable development", African Journal of Environmental Science and Technology, 12(12), 449-460.

Faye, C. Gomis, E.N. and Dieye, S., 2019, "Current situation and sustainable development of water resources in Senegal", *Ecological Engineering and Environment Protection*, 1, 5-16.

Faye, C., Ndiaye, A. et Mbaye, I., 2017, "Une évaluation comparative des séquences de sècheresse météorologique par indices, par échelles de temps et par domaines climatiques au Sénégal", *Journal. wat. env. sci.,* 1 (1),11-28.

Gomis, C., 2017, Eau et activités dans le bassin versant de GOUDOMP", Mémoire de Master. UASZ.110 p.

Mahé, G., 2006, "*Variabilité pluie-débit en Afrique de l'Ouest et Centrale au 20ème siècle : changements hydro-climatiques, occupation du sol et modélisation hydrologique"*, Mém. HDR. Habilitation à Diriger des Recherches, Univ. Montpellier 2, Montpellier, 160 p.

Manga, A. D.., 2019, "Les ressources en eau face aux impacts de la variabilité climatique dans le bassin versant de la Basse Casamance : cas de l'île de Carabane", Mémoire de Master. UASZ.125 p.

Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement, 2016, "Rapport de présentation de la Revue Sectorielle Conjointe 2016 du MHA", 69 p.

Sakho, L. G., 2018, "Journée mondiale de l'eau : Quelles approches pour la gestion de l'hydraulique en Afrique noire ?", Consulté le 06 /03/2020, Disponible sur : https://www.ndarinfo.com/Journee-mondiale-de-l-eau-Quelles-approches-pour-la-gestion-de-l-hydraulique-en-Afrique-noire_a21365.html

"The Anthropocene and islands: vulnerability, adaptation and resilience to natural hazards and climate change" include 8 original research chapters, of authors from around the world, explaining how islands are affected by natural hazards and global change. The volume contributions range from small islands in Alaska to large ones such as Sicily in the Mediterranean and focus on facts such as water resources, sustainability and societal impacts of risk and climate change. The author's reflections share a wide scientific approach that will enrich a subject, islands and its future, which will become more and more important in the next decades.

Miquel Grimalt is Lecturer at the Geography Department of the Universitat de les Illes Balears in Mallorca (Spain) and director of the Climatology, Hydrology, Natural Hazards and Landscape Research Group. He holds a PhD in Geography with a thesis about natural hazards and floods. He is author or co-author of several papers published in international or national journals. His main research interests are climatology, risk geography and anthropical geomorphology.

Anton Micallef is an Associate Professor at the University of Malta lecturing at the Institute of Earth Systems on the Mediterranean coastal and marine environment, coastal hazards, coastal risk management and ocean systems. His area of specialisation is Coastal Geomorphology and Integrated Coastal Area Management, particularly that related to Beach Management. Since 1989, he has served as the Director of the Euro-Mediterranean Centre on Insular Coastal Dynamics (ICoD), a Council of Europe specialized Centre pertaining to the EUR-OPA Major Hazards Agreement.

Joan Rosselló is an Associate Lecturer at the Universitat Oberta de Catalunya and member of the Climatology, Hydrology, Natural Hazards and Landscape Research Group. A geographer, his PhD was focused on flash floods and its impact in Mallorca. His main research interests are historical extreme events, flash floods and societal impacts of extreme events.

ISBN 979-12-80064-02-8

IL Sileno Edizioni

OPEN ACCESS PEER-REVIEWED SERIES
Geographies of the Anthropocene