

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR : Sciences et technologies

Département : Géographie

Master : Espaces, Sociétés et Développement

Spécialité : Environnement et Développement

MEMOIRE DE MASTER

THEME : LES RESSOURCES EN EAU FACE AUX IMPACTS DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE DANS LE BASSIN VERSANT DE LA BASSE CASAMANCE : CAS DE L'ÎLE DE CARABANE.

Soutenu le 29/03/2019

PRESENTE PAR

Antoine Demba MANGA

Sous la supervision de

Dr TIDIANE SANE

Sous la direction de

Dr Cheikh FAYE Maître-assistant

Composition du jury

Nom et Prénom (s)	Grade	Qualité	Etablissement
Dr SY Oumar	Maitre de Conférences CAMES	Président de jury	UASZ
Dr SANE Tidiane	Maitre de Conférences CAMES	Directeur de mémoire	UASZ
Dr FAYE Cheikh	Maître-Assistant CAMES	Co-directeur de mémoire	UASZ
Dr DIEYE El Hadji Balla	Maître-Assistant CAMES	Membre	UASZ

Année universitaire 2017-2018

SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	i
REMERCIEMENTS.....	iii
SIGLES ET ABBREVIATIONS.....	iv
RESUME.....	v
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIERE PARTIE : PRESENTATION GENERALE DE L'ÎLE DE CARABANE.....	23
CHAPITRE I : CADRE PHYSIQUE DE L'ÎLE DE CARABANE.....	24
CHAPITRE II: CADRE HUMAIN ET ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES DE L'ÎLE DE CARABANE.....	35
DEUXIEME PARTIE: CADRE CLIMATIQUE ET RESSOURCES EN EAU DANS L'ÎLE DE CARABANE.....	39
CHAPITRE I: CARACTERISATION DE LA VARIABLE CLIMATIQUE DANS L'ÎLE DE CARABANE.....	40
CHAPITRE II: CARACTERISATION ET QUANTIFICATION DES RESSOURCES EN EAU SELON LA POPULATION LOCALE DANS L'ÎLE DE CARABANE.....	49
TROISIEME PARTIE : IMPACTS DES FACTEURS NATURELS ET DES ACTIVITES SOCIOECONOMIQUES SUR LES RESSOURCES EN EAU.....	54
CHAPITRE I: IMPACTS DES FACTEURS NATURELS SUR LES RESSOURCES EN EAU DANS L'ÎLE DE CARABANE.....	55
CHAPITRE II : IMPACTS DES ACTIVITES SOCIOECONOMIQUES SUR LES RESSOURCES EN EAU DANS L'ILE DE CARABANE.....	78
QUATRIEME PARTIE : GESTIONS ET STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LA VARIABILITE CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU DANS L'ÎLE DE CARABANE.....	84
CHAPITRE I: ACTEURS ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS L'ÎLE DE CARABANE.....	85
CHAPITRE II: STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LES IMPACTS DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU.....	93
CONCLUSION GENERALE.....	107
BIBLIOGRAPHIE.....	109
ANNEXE.....	I
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	X
TABLE DES MATIERES.....	XIII

DEDICACES

Je dédie ce travail :

A mon père Pierre Ives MANGA

A ma mère Antoinette BADIANE pour son amour et sa compréhension mais surtout pour ses conseils et soutiens dans tout ce que nous entreprenons

A mes frères et sœurs Jean Baptiste Doudou, Koulouko, Jacqueline, Madeleine Maïmouna , Florence, Eliane Adelaïde, Nicolas, Joseph David, Diminga Fouley, Anne Marie Rosalie, Jean Marcel, Dominique Barnabé, René Raymond

A M. Ibrahima DRAME, Ousmane TRAORE et leurs collègues pour leur compréhension et leurs conseils ;

A mes sœurs, cousins, cousines, neveux, oncles, tantes et nièces adorés. Toute notre reconnaissance et notre amour. Vous comptez beaucoup pour moi ;

A mes sœurs adorées Jacqueline, Madeleine Maïmouna, Eliane Adelaïde pour tout le soutien qu'elles m'ont apporté depuis notre enfance jusqu'à présent;

A mes amis et promotionnaire de classe;

A mes enseignants;

Et à tous ceux qui de loin ou de près ont contribué à la réussite de ce travail.

REMERCIEMENTS

De nombreuses personnes m'ont aidé, guidé et finalement ont grandement contribué à la réussite de ce travail. Tout d'abord, je pense aux docteurs *Tidiane SANE* et *Cheikh FAYE* pour l'immense honneur qu'ils m'ont fait : accepter de diriger ce travail. Sans eux, ce mémoire n'aurait sans doute jamais pu voir le jour.

Les enseignants du département de géographie *Oumar SY, Tidiane SANE, El Hadji Balla DIEYE, Aidara Chérif Amadou Lamine FALL, Abdourahmane Mbade SENE, Ibrahima MBAYE, Oumar Sall, Alvares BENGA* sont également associés aux mêmes remerciements. Je souhaite aussi exprimer ma gratitude à mes amis et promotionnaires de classe particulièrement *Ambroise SAGNA, Joseph MINGOU, Macodou FALL, Racky B. S. DIEDHIOU, Sadio SANE, Moussou K FAYE, Khady DIENG, Sylvestre Sina DIATTA, Alexandre BADIANE* etc. Pour l'intérêt qu'ils ont témoigné à ce travail en accordant de leur temps pour moi, je les remercie très chaleureusement.

Enfin, mes remerciements les plus intenses reviennent tout naturellement aux membres de ma famille. Leurs encouragements et leur confiance indéfectible ont été pour moi un appui incommensurable, une source de motivation qui m'a toujours soutenu tout au long de mes études. Je pense en particulier à mes parents *Pierre Ives MANGA* et *Antoinette BADIANE*, mes frères et sœurs qui de toute manière m'ont toujours encouragé.

SIGLES ET ABBREVIATIONS

AMA : Agence Musulmane d'Afrique

ANSD : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

ANACIM : Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie

ASECNA : Agence pour la Sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar

BV : Bassin Versant

CC : Changement climatique

CSE : Centre de Suivi Ecologique

DGPRE : Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau

GIEC : Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

GIRE : Gestion Intégrée des Ressources en Eau

IRD : Institut de Recherche pour le Développement

MARP : Méthode d'Analyse Rapide et de Planification Participative ou méthode active de recherche participative

PADERCA : Projet d'appui au développement rural en Casamance

PAGIRE : Plan d'Action de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau

PAMEZ : Projet de développement de la Pêche dans la Région de Ziguinchor

PDD : Plan de Développement Départemental

PLD : Plan Local de Développement

PROPAC : Programme d'Appui à la Pêche Artisanale en Casamance.

PSE : Plan Sénégal Emergent

UASZ : Université Assane Seck de Ziguinchor

UCAD : Université Cheikh Anta Diop

RESUME

Trouver de l'eau d'une bonne qualité dans l'île de Carabane est de nos jours le problème le plus marquant. Pour mieux appréhender cette problématique, nous nous sommes fixés comme objectif général, d'analyser la vulnérabilité des ressources en eau face à la variabilité climatique et aux activités anthropiques dans l'île de Carabane.

La méthodologie adoptée pour atteindre cet objectif s'articule autour de trois axes principaux : la recherche documentaire, la collecte de données et le traitement des données. Les résultats obtenus montrent que, du fait des déficits pluviométriques, l'eau est disponible dans le bassin versant mais elle est de nature saumâtre à salée, une qualité qui n'est pas favorable aux usages agricoles. Ces différentes contraintes (baisse de la pluviométrie) ont eu des impacts environnementaux et socio-économiques sur les ressources en eau parmi lesquels : la salinisation des nappes et de certaines parcelles cultivables. Pour faire face à ces différents problèmes (salinisation des ressources en eau, érosion, souillure...), les populations ont développé des stratégies d'adaptation de type traditionnel ou moderne. Toutefois, ces stratégies sont souvent inefficaces pour y remédier, ce qui nécessite la mise en place d'actions durables, à l'image de la GIRE (Gestion Intégrée des Ressources en Eau), pour réduire sensiblement le niveau de vulnérabilité des ressources en eau dans l'île de Carabane.

Mots-clés : Ressources en eau, variabilité climatique, bassin versant.

ABSTRACT

The problem of finding water of good quality on the island is nowadays the most significant problem. To better understand this issue, we have set ourselves the overall objective of analyzing the vulnerability of water resources to climate variability and human activities in the island of Carabane.

The methodology adopted to achieve this objective is based on three main axes: documentary research, data collection and data processing. The results obtained show that, due to rainfall deficits, water is available in the watershed but is of a brackish to salty nature, a quality that is not favorable to agricultural uses. These various constraints (decrease in rainfall, increase in the water level of the river) have had environmental and socio-economic impacts on water resources among which: salinization of groundwater and some plots of land etc. To cope with these various problems (salinization of water resources, erosion, soil pollution, etc.), populations have developed traditional or modern adaptation strategies. However, adaptation strategies are often ineffective in addressing them, which requires the implementation of sustainable actions, such as IWRM (Integrated Water Resources Management), to significantly reduce the level of vulnerability of water resources in the island of Carabane.

Keywords: Water Resources, Watershed, Climate Variability

INTRODUCTION GENERALE

Depuis une vingtaine d'années, un intérêt soutenu se manifeste pour l'étude du climat et de sa variabilité, compte tenu des conséquences parfois dramatiques qu'elle peut entraîner, quelle que soit la région de la planète considérée (ALIBOU, 2002). Les implications de cette variabilité sur celle des ressources en eau sont particulièrement fortes et touchent à leur tour de très nombreux secteurs d'activités.

La variabilité climatique correspond à une modification durable (de la décennie aux millions d'années) des paramètres statistiques du climat global de la terre. De ce fait les désastres naturels liés à la variabilité et aux changements climatiques (CC) représentent un danger réel pour les ressources en eau.

Ainsi le "Global Water Partnership", le Dialogue sur l'Eau et le Variabilité climatique et l'Union Mondiale pour la Nature, ont uni leurs forces pour faciliter l'échange d'opinions sur les défis communs que confrontent les sociétés méditerranéennes et africaines pour s'adapter aux changements climatiques (ALIBOU, 2002)

Le consensus scientifique est que les changements climatiques auront une influence persuasive sur la future demande, l'approvisionnement et la qualité des ressources en eau dans le monde, particulièrement en Afrique dont le niveau de résilience est pratiquement faible à nul. Ils augmenteront la pression sur l'eau et les ressources environnementales ainsi que sur le système côtier dans la région Ouest africaine qui est actuellement sous stress. Tous les secteurs de l'économie, l'environnement et la société peuvent être vulnérables à un degré ou un autre, à la variation hydrologique, aux inondations et aux fréquentes et extrêmes sécheresses ou aux effets à plus long terme des variations des températures moyennes et l'élévation du niveau de la mer (ALIBOU, 2002).

Les manifestations de la variabilité et des changements climatiques à travers les effets néfastes des phénomènes climatiques extrêmes constituent un grand handicap pour le développement des pays africains. Cependant, un nombre de pays africains ont déjà pris des mesures préliminaires pour identifier des stratégies et intégrer des réponses à la variabilité climatique dans leurs activités et politiques de gestion des ressources en eau. Le Sénégal dont le niveau d'adaptation à la variabilité climatique est relativement négligeable car il est de plus en plus victime des effets de la variabilité climatique : inondation, sécheresse, érosion, salinisation, etc. Le sous bassin versant de la Basse-Casamance particulièrement

l'île de Carabane n'en fait pas l'exception car ces ressources en eau sont de plus en plus vulnérables face aux variabilités climatiques

I. PROBLEMATIQUE

Notre problématique de recherche se fixe sur un phénomène global de la variabilité climatique qui menace sans cesse l'écosystème surtout les ressources en eau.

1. Contexte

Le changement climatique, phénomène global, affecte sans doute les modes de vie des sociétés à des niveaux et formes divers (MAHE, 2006). D'un pays à un autre, d'une société à une autre, les effets des changements climatiques sont variables car les politiques, économiques, environnementales et sociales sont différentes. C'est pourquoi la prise en compte de la vulnérabilité des ressources en eau face aux changements climatiques reste déterminante (MAHE, 2006).

L'Afrique Subsaharienne doit davantage à chercher de s'adapter au changement climatique en raison notamment de la diversité des ressources comme les crises politiques, la dégradation des écosystèmes et des risques sanitaires, les économies faibles ; la marginalisation dans le commerce international et l'absence de données actualisées sur la question des changements climatiques (MAHE, 2006).

Cet état de fait freine toute action menée pour réduire les effets inéluctables du changement climatique sur les sociétés déjà précarisées. Les variations climatiques risquent de remettre en cause les efforts fournis par les Etats africains dans la lutte pour le développement.

Au Sénégal, à l'instar des pays au sud du Sahara, les perturbations climatiques se manifestent depuis les années 1970 par la sécheresse affectant le milieu rural et par des inondations dans les villes. Le dérèglement perceptible des conditions climatiques se manifeste aussi par des vagues de chaleur et des pluies hors saison, des écosystèmes soumis aux catastrophes désastres ce qui n'épargne point les ressources en eau dans le pays(DIONE, 2006).

Comme au niveau national, les effets de la variabilité climatique se font ressentir au niveau local particulièrement dans l'île de Carabane.

L'eau douce, déjà rare, est aussi soumise à l'augmentation continue des besoins, due à l'évolution rapide de la population, à l'amélioration du niveau de vie, au développement industriel et à l'extension de l'agriculture irriguée. Ces pressions sur les ressources en eau s'accompagnent d'une dégradation croissante et de plus en plus grave de leur qualité (MAHE, 2006).

C'est qui nous pousse à nous poser la question à savoir :quels sont les impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau dans l'île de Carabane ?

Cette question est subdivisée en trois questions spécifiques :

- ❖ comment la variabilité climatique impacte-elle en termes quantitatif et qualitatif sur les ressources en eau ?
- ❖ en quoi les activités humaines accentuent-elles la dégradation des ressources en eau ?
- ❖ quelles sont les stratégies d'adaptation mises en place pour faire face à la dégradation des ressources en eau ?

2. Justification

Plusieurs raisons motivent le choix du thème de notre recherche intitulé « *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* ». De ce fait, il est important de comprendre les facteurs qui rendent vulnérables ces ressources pour mieux s'adapter au changement climatique. Ainsi, depuis plusieurs années, de nombreuses recherches ont mis en évidence la situation environnementale et socio-économique du monde rural sénégalais. La réduction de la pauvreté, notamment en milieu rural, par la relance des secteurs d'activités de base, comme l'agriculture, le tourisme et la pêche, est devenue un objectif primordial surtout avec le Plan Sénégal Emergent (PSE).

Les principales activités sont le tourisme, la pêche et l'agriculture, ces activités nécessitent une grande utilisation et dépendance des ressources en eau. Les manifestations majeures de la crise généralisée qui frappe actuellement l'île de Carabane résident de l'augmentation du niveau du fleuve causant l'érosion intensive des berges, une salinisation des eaux souterraines mais aussi un déficit pluviométrique etc. Face à tous ces facteurs, il est pertinent de faire des études dans cette île pour caractériser son niveau de résilience.

II. OBJECTIFS

Nous nous sommes fixés un objectif général et quatre objectifs spécifiques

III.1. Objectif général

L'objectif de cette étude est d'analyser la vulnérabilité des ressources en eau face à la variabilité climatique et aux activités anthropiques dans l'île de Carabane.

III.2. Objectifs spécifiques

- ❖ Indiquer l'état actuel de la vulnérabilité des ressources en eaux sur l'île de Carabane
- ❖ Identifier quelques impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eaux dans l'île de Carabane
- ❖ Caractériser quelques impacts des usages socio-économiques qui accélèrent la vulnérabilité des ressources en eaux au niveau l'île de Carabane
- ❖ Evaluer les stratégies d'adaptation développées par les acteurs pour faire face à la variabilité climatique sur les ressources en eau au niveau l'île de Carabane.

IV.HYPOTHESES

Les hypothèses sont subdivisées en deux : une hypothèse générale et des hypothèses spécifiques.

IV.1. Hypothèse générale

Les ressources en eau sont vulnérables face à la variabilité climatique au niveau de l'île de Carabane.

IV.2. Hypothèses spécifiques

- ❖ Les ressources en eau de l'île de Carabane connaissent une baisse en quantité et en qualité
- ❖ La dégradation des ressources en eau de l'île de Carabane est inhérente à la variabilité climatique
- ❖ Les activités socioéconomiques accentuent les impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau dans l'île de Carabane;
- ❖ Les stratégies d'adaptation développées par les populations et les acteurs pour faire face à la variabilité climatique dans l'île de Carabane sont généralement inefficaces.

V. REVUE DOCUMENTAIRE

De nombreux acteurs ont eu à travailler sur les ressources en eau en fonction de leur vulnérabilité face aux changements climatiques.

BAIMEY (2012) dans son rapport intitulé « *l'eau face aux changements climatique* » soutient que le réchauffement des températures et les impacts auront des conséquences sur la qualité de l'eau disponible pour la consommation humaine. L'intensité accrue des précipitations pourrait aggraver la souillure ou la pollution de l'eau, dans la mesure où ces précipitations emmèneraient avec elles davantage de polluants vers les aquifères souterrains, et ce d'autant plus que l'érosion associée à des précipitations intenses rend ces substances plus mobiles. En effet, si les précipitations et le débit des rivières sont trop importants, voire s'ils entraînent des inondations, ils risquent de saturer les systèmes de récupération et de traitement des eaux usées, avec à la clé un risque accru de contaminations ou de décharges intempestives.

DACOSTA(1989), dans sa thèse de doctorat intitulée « *Précipitations et écoulement sur le bassin de la Casamance*», a fait l'étude des précipitations en mettant l'accent sur la description statistique, la prédétermination des annuelles pluviométriques. Il a aussi analysé l'impact de la sécheresse sur les précipitations en mettant en évidence les fluctuations des séries pluviométriques et leurs variations depuis 60 ans. Son analyse des données pluviométriques a permis de dégager les grandes tendances de la pluviométrie annuelle pendant les six dernières décennies qui, selon l'auteur sont marquées depuis 1969, par une période de sécheresse persistante et sans précédent. Il fait remarquer aussi que cette période sèche est particulière comparée aux sécheresses précédentes dans la zone sahélienne et a eu de graves conséquences sur la disponibilité de l'eau dans le sahel.

DUGUE (2012) dans sa thèse intitulée « *caractérisation des stratégies d'adaptation à la variabilité climatique en agriculture paysanne* », souligne que le changement climatique global se traduit localement par plusieurs évolutions qui modifient les conditions de production. Il s'agit des décalages dans les calendriers climatiques (retard dans l'arrivée des pluies notamment) ; des changements dans les hauteurs d'eau reçues annuellement, avec, dans de nombreuses régions, des périodes de sécheresse plus marquées et/ou plus fréquentes ; de la fréquence accrue des phénomènes paroxystiques et des évènements anormaux (cyclones, gelées, températures anormalement élevées) ; enfin, et partout, d'une très forte variabilité temporelle et spatiale au niveau local.

L'impact de cette évolution du climat est d'autant plus fort que les agricultures familiales subissent aussi d'autres mutations de leur environnement : dégradation de la fertilité, déforestation et érosion de la biodiversité, insertion à l'économie de marché et libéralisation, avec ses exigences de compétitivité, position défavorisée pour l'accès aux ressources (eau, foncier notamment), mais également problèmes de financement.

L'impact sur l'agriculture est multiple. Il pèse sur les personnes, sur le capital des exploitations et sur les résultats de ces dernières (systèmes d'élevage et de culture moins productifs), mais également sur les dynamiques collectives, le tout contribuant à accroître la vulnérabilité des plus pauvres. La baisse des rendements (végétaux et animaux), l'impossibilité de faire jouer les mécanismes traditionnels de gestion du risque et la très grande incertitude fragilisent les systèmes et induisent des stratégies de court terme qui sont souvent dommageables à l'environnement voire à la durabilité économique des exploitations.

MAHE *et al.* (2006), soutiennent dans leur ouvrage intitulé « *Sensibilité des cours d'eau ouest-africains aux changements climatiques et environnementaux: extrêmes et paradoxes* » que les pluies ont diminué en Afrique de l'Ouest depuis 35 ans, entraînant une diminution des écoulements dépassant parfois plus de 60%. Cette baisse amplifiée des écoulements s'explique par une diminution du débit de base, provoquée par le cumul des déficits pluviométriques annuels.

En effet MAHE *et al.* (2006) affirment que toute l'Afrique sub-saharienne est concernée, sauf au nord des isohyètes 700–800 mm annuels, où les écoulements des rivières sahéniennes augmentent depuis 1970, comme au Burkina Faso et au Niger (+35% à +108%). Ils posent l'hypothèse qu'il s'agit d'un phénomène continental, d'abord influencé par la variabilité climatique, puis accéléré par la dégradation d'origine humaine des états de surface. Les conséquences sont extrêmes: étiages très rudes et abaissement du niveau des nappes dans les régions humides; et paradoxales: augmentation des coefficients d'écoulement au Sahel, provoquant des crues plus fortes et causant des dommages à des infrastructures sous-dimensionnées. Ils pensent qu'il est urgent de revoir les normes hydrologiques au Sahel.

NDIAYE (1995), dans son rapport intitulé « *base de données hydrométriques du bassin versant de la Gambie en amont de Guenoto (sénégal)* », a fait un inventaire des bases de données hydrométrique du bassin versant de Guénoto. D'après Ndiaye, ce rapport entre

dans le cadre de l'assistance apportée par le centre AGHRYMET au service de gestion et de planification des ressources en eau (SGPRE) du Sénégal. Il précise que l'état actuel des ressources en eau du Sénégal nécessite une gestion rigoureuse, que seule la mise en place de données d'observations appropriées peut assurer, d'où l'importance de ces données pour l'exploitation durable des ressources afin de satisfaire les multiples exigences d'une société en plein développement au Sahel.

NASSOPOULOS (2013) dans sa thèse de doctorat intitulée « *Les impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eaux en Méditerranée* » soutient en effet que la variabilité climatique pourrait avoir des conséquences importantes pour les ressources en eaux et les infrastructures hydrauliques. Le dimensionnement et le fonctionnement des réservoirs devraient ainsi être modifiés en prenant en compte des scénarios de variabilité climatique. Un modèle de dimensionnement coût-bénéfice d'un réservoir à l'échelle du bassin versant est appliqué en Grèce afin d'évaluer le coût de l'incertitude sur le climat futur et les dommages de la variabilité climatique. Dans cette étude de cas, le coût de l'erreur est faible, et l'adaptation n'est pas efficace. Une méthodologie sur toute la région méditerranéenne, avec une modélisation générique à l'échelle des bassins versants est ensuite développée. Les réseaux de réservoirs et les liens réservoirs-demands sont reconstruits et le fonctionnement coordonné des réseaux de réservoirs est déterminé, en utilisant uniquement des données disponibles à l'échelle globale. La méthodologie de reconstruction des liens est appliquée à l'irrigation et validée qualitativement sur l'Algérie.

Ainsi, il affirme que le changement de fiabilité, avec adaptation des règles opérationnelles, sous variabilité climatique, semble être plus influencé par les changements de ruissellement que par les changements de demande. Les changements obtenus pour le Nil, l'Europe et le Moyen Orient ne sont pas très marqués, alors que les pays d'Afrique du Nord sous influence méditerranéenne comme la Tunisie ou l'Algérie voient une diminution importante de la fiabilité des apports d'eau pour l'irrigation.

ETCHEVERS et al. (2011) dans leur ouvrage intitulé « *Impact du changement climatique sur le manteau neigeux et l'hydrologie des bassins versants de montagne* » soutiennent que l'enneigement des massifs montagneux est très étroitement lié aux conditions météorologiques hivernales et leurs variations. Cette variabilité est bien visible sur certaines séries d'enneigement.

Pour estimer l'impact des changements climatiques sur l'enneigement, la ressource en eau des bassins de montagne alpins et les débits des rivières associées, ils ont fait recours à une chaîne d'outils numériques, allant de l'analyse des conditions météorologiques en montagne à la simulation du manteau neigeux et des débits correspondants. Six scénarios climatiques ont été utilisés pour calculer un impact hydrologique sur différentes rivières de montagne du bassin versant du Rhône.

En effet, ils ont noté un impact assez fort : diminution de la couverture de neige, avancement des hauts débits liés à la fonte, voire disparition du caractère nival de certaines rivières. Même si ces tendances se dessinent dans tous les scénarios, une incertitude importante demeure sur l'amplitude de ces évolutions en raison de la grande sensibilité du manteau neigeux à l'évolution des conditions atmosphériques.

TRABELSI et al. (2008) dans leur ouvrage intitulé « *Vulnérabilité des ressources en eaux des aquifères côtiers en zones semi-arides : Etude comparative entre les bassins d'Essaouira (Maroc) et de la Jeffara (Tunisie)* » soutiennent que les eaux souterraines des régions arides et semi-arides sont soumises aux incidences des conditions climatiques et des pressions anthropiques. Dans le cas des aquifères côtiers, la vulnérabilité qui en découle est accentuée par le risque de l'intrusion marine. L'application conjointe de plusieurs méthodologies hydrodynamiques, hydro-chimiques et isotopiques à deux aquifères côtiers en régions arides au Sud-ouest du Maroc et au Sud-est de la Tunisie a permis d'établir un diagnostic de l'état actuel de ces aquifères et des risques auxquels ils sont soumis. L'avancée du front marin est plus nette dans la Plaine de la Jeffara (Tunisie) avec des ressources importante mais une recharge récente limitée et une contribution très significative des eaux fossiles.

En effet, dans le bassin d'Essaouira, les eaux considérées anciennes sont des eaux post nucléaires alors que dans la plaine de la Jeffara, les eaux dites anciennes sont des eaux fossiles des périodes humides du Pléistocène. La plaine de la Jeffara semble donc plus vulnérable à l'intrusion marine que le bassin d'Essaouira, d'ailleurs ce phénomène est déjà identifié le long de la frange côtière. Par contre, le bassin d'Essaouira est plus vulnérable aux sécheresses climatiques car sa recharge est entièrement dépendante des eaux météoriques contrairement à la plaine de la Jeffara alimentée par les eaux fossiles. Ce constat devrait être intégré dans une stratégie de gestion dirigée vers une sauvegarde des ressources.

SARR (2008), dans son article intitulé « variabilité climatique en Afrique de l'Ouest dynamique des espaces végétaux à partir des images satellitaires. Exemple du bassin versant du Ferlo Sénégal. Journée de climatologie de Nantes. 20p. » a analysé l'évolution générale de la pluviométrie et de la production primaire végétale en s'appuyant sur des modèles statistiques et cartographiques. Ses travaux ont permis d'identifier le caractère fortement aléatoire de la pluie et de déceler les variabilités interannuelles basées sur des fluctuations entre des années sèches et humides. L'auteur précise que ces toutes dernières années sont caractérisées par une situation pluviométrique améliorée et que ce regain a eu un impact sur la production végétale.

VI. ANALYSE CONCEPTUELLE

Cette phase est une étape importante qui permet, à travers la définition des concepts clés, de mieux comprendre et de cerner la thématique de recherche. Ainsi les concepts clés tels que «vulnérabilité », « ressources en eau » et « variabilité climatique » méritent une analyse approfondie afin de mieux comprendre notre sujet de recherche.

1. Vulnérabilité

Pour le dictionnaire LE GRAND ROBERT (2013), «la vulnérabilité» est considérée comme un élément fragile pouvant être atteint physiquement, mentalement et moralement.

Dans le dictionnaire LES DEFINITIONS (2013) : «La vulnérabilité» est la qualité de ce ou celui qui est vulnérable (qui est susceptible d'être exposé aux atteintes physiques ou morales). Le concept peut être appliqué à une personne ou à un groupe de personnes voir s'il est capable de prévenir, de résister et de faire face à un impact. Les personnes vulnérables sont celles qui, pour plusieurs raisons et qui se trouvent donc, en quelque sorte, dans une situation de risque.

Toujours pour le dictionnaire LES DEFINITIONS, «la vulnérabilité» peut aussi être liée aux désastres naturels. Une zone est dite vulnérable si elle est exposée à un phénomène à potentialité destructrice (par exemple, un peuple habitant aux pieds d'un volcan en activité).

D'après THOURET(2001) dans le document intitulé « *vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales* », ce dernier soutient que la vulnérabilité est le fait d'être sensible aux blessures, aux attaques ou d'éprouver des difficultés pour recouvrir une santé mise en péril. Cette définition implique la prise en compte de deux effets de la vulnérabilité aux risques naturels : les dommages

potentiels ou la capacité d'endommagement des phénomènes naturels ; les difficultés qu'une société mal préparée rencontre pour réagir à la crise, puis restaurer l'équilibre en cas de sinistre (perturbations directes et indirectes, immédiates et durables). Ces deux aspects renvoient à deux approches du système de la vulnérabilité : la vulnérabilité classique consiste à mesurer l'endommagement potentiel des éléments exposés ; la vulnérabilité nouvelle, intégrée et complémentaire de la première, vise à cerner les conditions ou les facteurs propices aux endommagements ou influant sur la capacité de réponse à une situation de crise.

VEYRET et *al.* (2005) abordent dans le même sens dans leur document intitulé « *vulnérabilité et risques : L'approche récente de la vulnérabilité* » en soutenant que « la vulnérabilité » est considérée soit comme l'endommagement que subit un enjeu, soit comme la propension de l'enjeu à subir cet endommagement. Tout système à protéger implique un degré variable de la vulnérabilité face au danger ou une intrinsèque qui est fonction des caractéristiques spécifiques du système.

Selon le Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (2007) : « La vulnérabilité » est une conjonction de risques, d'impacts et de capacité d'adaptation. La vulnérabilité est le degré selon lequel un système est susceptible, ou incapable de faire face aux effets adverses du changement climatique, y compris la variabilité climatique et les événements extrêmes.

Selon TIESZEN (2004), « La vulnérabilité » est fonction du caractère, de l'amplitude et du taux de variabilité climatique et de la variation avec laquelle un système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation.

En sommes, nous pouvons retenir de ces différentes conceptions que la vulnérabilité peut être considérée comme étant le fait d'être sensible, fragile face à un phénomène ou aléa donné pouvant exposer à des risques ou des dommages périls.

En l'espace d'une décennie, la vulnérabilité est devenue une notion centrale dans la réflexion sociale et politique. Suivant les contextes et les auteurs, « vulnérabilité » renvoie à la fragilité, à la dépendance, à la perte d'autonomie, à l'exclusion, à la précarité, à la désaffiliation, etc., et ce souvent dans la plus grande confusion. L'impossibilité pour certains d'entre nous de se faire entendre et de se faire comprendre par autrui est devenue une source majeure des nombreuses situations de vulnérabilité auxquelles chacun d'entre nous peut se trouver confronté. Cette vulnérabilité « linguistique ou langagière » (MAHE, 2006) est sans

aucun doute, aujourd'hui, une des formes majeures des situations de vulnérabilité, tant le langage oral ou écrit est un des véhicules privilégiés de la communication entre les êtres humains. Dans la littérature courante, la vulnérabilité est considérée comme un état de la personne et le plus souvent associée, voire confondue, avec la fragilité. Logiquement, les populations les plus fragiles sont alors étiquetées systématiquement comme les plus vulnérables, telles les populations pauvres, les personnes handicapées et les personnes âgées. Il paraît donc urgent de sortir de cette confusion sémantique. Si la fragilité ou la déficience peut être vue comme une dimension intrinsèque et un état de l'individu à un moment donné de sa vie, la vulnérabilité est bien d'abord et avant tout une dynamique et une interaction entre la personne et son environnement au sens large. D'ailleurs plutôt que d'une vulnérabilité attribut d'un sujet, il est donc préférable de parler d'une situation de vulnérabilité dans laquelle se trouve engagé ce même sujet. La fragilité due à une déficience ou un déficit de l'individu peut donc ne pas conduire à une situation de vulnérabilité grâce à un environnement adéquat (au sens très large) susceptible de permettre à l'individu de choisir son mode de vie et de mettre en actes ses désirs et ses valeurs, même s'il ne peut y arriver tout seul. Cela nous permet d'aborder quelques pistes d'un fonctionnement social propre à réduire les situations de vulnérabilité grâce aux notions d'autonomie relationnelle, de capabilité et de société inclusive. Qu'on parle de société inclusive, de société accessible, de société de capabilité, l'idée commune sous-jacente à tous ces termes est celle d'une société d'individus où chaque personne soit le moins possible confrontée à des situations qui la rendraient plus vulnérable que la moyenne des individus qui composent cette société. En effet, vulnérables, nous le sommes tous, parce que chacun se constitue dans le rapport à autrui. Par ailleurs, contrairement à une idée communément reçue, la vulnérabilité et l'autonomie ne s'opposent pas, elles sont la condition l'une de l'autre et ce de façon réciproque. La vulnérabilité est notre fonds commun d'humanité et c'est seulement à partir de cette reconnaissance de notre vulnérabilité commune que nous pouvons contribuer à l'autonomie de ceux qui apparaissent plus vulnérables que nous.

2. Ressources en eau

« Les ressources en eau » sont constituées d'un réseau hydrographique, formé de plusieurs fleuves et lacs (pérennes ou temporaires), mais également de ressources hydrogéologiques.

Les ressources en eau se présentent sous trois formes : l'eau liquide, la glace et la vapeur d'eau. L'eau est considérée comme un élément indispensable à la vie et un maillon

essentiel au développement socio-économique. L'ampleur de sa convoitise est source de plusieurs conflits entre des peuples et des Etats. L'industrie et l'agriculture sont parmi les secteurs d'activités les plus consommateurs d'eau. Le dictionnaire de la géographie de GEORGE et VERGER (1970) définit l'eau comme étant un corps incolore liquide sous la pression atmosphérique de 0° à 100°, gazeuse au-dessus de 100° et de la glace en dessous de 0°. 97,4% des ressources en eau de la Terre sont dans les réservoirs océaniques. 2,05% dans les calottes glaciaires. Le reste, soit 0,55%, se répartit dans les nappes phréatiques, les lacs et les cours d'eau, les sols et enfin pour moins de 0,01% dans l'atmosphère et le monde vivant.

L'eau des océans et des mers est distincte de l'eau douce par la salinité et par sa densité plus forte résultant de la teneur en sels dissous. La combinaison des températures et de la salinité permet de définir les masses d'eau.

Les eaux continentales comprennent la partie de l'hydrosphère qui, au cours du cycle de l'eau, circule ou stagne sur les terres émergées. Parmi ces eaux nous avons :

Les eaux stagnantes sont celles des lacs, des étangs, marais ou marécages.

Les eaux de ruissellement s'écoulent à la surface du sol quand il y a pluie.

Les eaux courantes ou fluviales sont celles des ruisseaux, rivières et fleuves.

Les eaux d'infiltration pénètrent à travers les pores du sol, entraînées par la gravité.

Les eaux souterraines sont celles des nappes contenues dans les vides du sous-sol situées au-dessus du plancher des talwegs dans lesquels elles s'écoulent.

On appelle ressource en eau ou ressource hydrique, toutes les eaux accessibles dont nous disposons pour satisfaire et couvrir tous nos besoins et pour le bon fonctionnement de nos écosystèmes

Il existe des ressources naturelles (nappes souterraines, fleuves, rivières...) mais également artificielles parce que créées par l'homme (plans d'eau, canaux...). Par contre, une citerne, un puits ne sont pas des ressources mais des dispositifs de stockage provisoire. Les eaux littorales peuvent constituer une ressource en eau notamment dans certaines régions côtières, par exemple pour un usage domestique après dessalement ou pour alimenter des bassins d'aquaculture marine (MARILLYS, 2003).

Cette conception hydrologique et naturaliste des ressources en eau est cependant à la fois réductrice et excessive :

Réductrice car elle tend à privilégier la dimension quantitative de la ressource en négligeant les autres dimensions qui doivent la définir et les relativisés qui servent à l'évaluer : qualités de l'eau, accessibilité et maîtrisable. De plus, elle identifie généralement les ressources aux seuls flux naturels, aux écoulements totaux, en excluant les stocks. L'extension des ressources aux stocks, ou réserves, conduit à distinguer les ressources en eau renouvelables, formées par les flux (plus ou moins régulés par les variations de stock), assimilables à des "revenus", et les ressources en eau non renouvelables du moins à l'échelle humaine offertes par les possibilités de déstockage de réserve. Enfin, cette conception réduit l'eau de la nature à une "matière première" en négligeant sa sensibilité aux impacts d'utilisation et sa capacité d'auto-régénération.

Excessive car elle implique que la totalité des eaux terrestres soit offerte aux utilisations humaines, sans prendre en compte les autres fonctions des eaux dans la nature, notamment dans la biosphère. Cette conception est souvent explicitée par l'adjonction à ressource du qualificatif naturel pour faire la distinction avec les ressources relativisées à des critères socio-économiques mentionnées, ce qui souligne l'identification entre les ressources et les eaux de la nature mais n'en modifie pas la critique. Comme l'a bien fait remarquer P. Hubert (1984) "le concept de ressource naturelle, souvent utilisé, rend très imparfaitement compte de la dualité « ressource-milieu » puisqu'il considère implicitement l'ensemble des eaux comme ressource, la nature n'étant qu'un appendice qualitatif".

Dans cette acception large la ressource en eau, concept physico-économique, conserve le sens d'une offre de la nature, d'un potentiel, à définir suivant de multiples dimensions (référence spatio-temporelle, quantité - flux et stock - qualités, efforts et coûts nécessités pour la mobiliser et la rendre utilisable) évaluées suivant les critères d'utilisation.

- Ressources en eau superficielle ou en eau souterraine suivant le milieu (la composante d'un système d'eau continental) dont on capte -ou on projette de capter- l'eau.
- Ressources en eau régulières ou irrégulières, ou encore permanentes ou variables, suivant la distribution dans le temps des écoulements considérés (délimitation conventionnelle).
- Ressources en eau intérieures ou extérieures en référence à un territoire, suivant qu'elles sont offertes par des écoulements formés dans le territoire ou par des écoulements affluents, d'origine externe.

- Ressources en eau renouvelables ou non renouvelables (déjà mentionnées), suivant qu'elles sont offertes par le captage d'un flux ou par les possibilités d'extraction d'un stock (d'eau souterraine essentiellement).
- Ressources en eau conventionnelles ou non conventionnelles, les unes étant offertes directement par le milieu naturel (eaux douces continentales), les autres par des appareils de production à partir de matière première non directement utilisable (eau de mer ou eau saumâtre (dessalement), eau usée), ou encore pouvant résulter de transformation artificielle du cycle de l'eau (précipitations provoquées, transport d'iceberg).
- Ressources en eau primaires ou secondaires, les premières correspondant aux ressources offertes par le milieu naturel (au sens 2), tandis que les secondes désignent la possibilité de remobiliser tout ou partie des eaux retournées au milieu après usage, en somme d'utiliser l'eau plus d'une fois. Les secondes sont additionnées aux premières dans certaines estimations de ressources en eau d'un pays.
- Ressources en eau intérieures ou extérieures en référence à un territoire, suivant qu'elles sont offertes par des écoulements formés dans le territoire ou par des écoulements affluents, d'origine externe.
- Ressources en eau renouvelables ou non renouvelables (déjà mentionnées), suivant qu'elles sont offertes par le captage d'un flux ou par les possibilités d'extraction d'un stock (d'eau souterraine essentiellement).
- Ressources en eau conventionnelles ou non conventionnelles, les unes étant offertes directement par le milieu naturel (eaux douces continentales), les autres par des appareils de production à partir de matière première non directement utilisable (eau de mer ou eau saumâtre (dessalement), eau usée), ou encore pouvant résulter de transformation artificielle du cycle de l'eau (précipitations provoquées, transport d'iceberg).

3. Variabilité climatique et Changement climatique

La variabilité d'un phénomène désigne le changement de celui-ci. Cette variabilité est souvent prévisible ou connu à l'avance. La variabilité climatique se définit comme étant la variation de l'état moyen du climat à des échelles temporelles et spatiales. Autrement dit, c'est la variation naturelle intra et interannuelle du climat (GIEC, 2007). Elle est une caractéristique inhérente du climat qui se manifeste par les différences entre les statistiques de long terme des éléments climatiques (pluie, température, humidité, durée des saisons)

calculées pour des périodes différentes. La variabilité du climat est souvent perçue à travers l'irrégularité des paramètres climatiques dans leur évolution.

Quant au concept du « Changement climatique », il est défini comme étant des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables"(GIEC, 2007).

La variabilité climatique est due à des causes naturelles, géophysiques et anthropiques, dont la compréhension des processus induits permet d'expliquer les variations climatiques passées, de quantifier les impacts anthropiques, et de produire des scénarios d'évolution future.

Le dictionnaire de la géographie de Pierre GEORGE et de Fernand VERGER (1970) montre que le changement climatique se traduit par un réchauffement du système climatique de la Terre, un accroissement des températures moyennes mondiales de l'atmosphère et de l'océan, la fonte des glaces et de la neige ainsi qu'une élévation du niveau moyen de la mer. Le changement climatique dépend des variations de nombreux facteurs, parmi lesquels des paramètres orbitaux qui déterminent la position relative de la Terre par rapport au Soleil avec des cycles de plusieurs milliers d'années. Mais à une échelle humaine, c'est principalement l'effet de serre additionnel qui provoque un réchauffement global dont l'ampleur et les conséquences restent difficiles à prévoir à brève comme à moyenne ou longue échéance.

VII. METHODOLOGIE

La méthodologie de recherche est une démarche indispensable dans tout travail de recherche scientifique. Dans le cadre de la présente étude, l'adoption d'une méthodologie cohérente devient une nécessité pour l'atteinte des objectifs fixés précédemment. Ainsi la méthodologie adoptée comprend trois parties qui sont : la revue documentaire, la collecte des données et le traitement et l'analyse des données.

1. La revue documentaire

La revue documentaire nous a permis de faire l'état de l'art sur la thématique de recherche. Elle est basée sur la consultation de documents (ouvrages, thèses, mémoires, rapports, articles, etc.) qui sont en rapport avec notre thématique de recherche. Cette phase nous a aidé à mieux comprendre la thématique de recherche, de clarifier certains concepts et

notions, et de connaître la position des différents auteurs par rapport à la question portant sur la vulnérabilité des ressources en eau.

Ainsi, cette phase a nécessité un déplacement vers les bibliothèques et les centres de documentation. Avant tout, nous avons visité la bibliothèque de l'Université Assane SECK et le Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE) de ladite université, où nous avons recueilli un certain nombre d'informations portant sur les ressources en eau. En plus, nous avons consulté certains documents au niveau des centres de documentation du P2RS ex PADERCA entre autres. Nous avons utilisé l'internet pour la consultation de sites de l'IRD, de la FAO, du Ministère de l'Hydraulique du Sénégal. Les informations issues de cette lecture nous ont permis de mieux cerner notre problématique et d'affiner notre argumentaire scientifique.

2. La collecte des données.

La collecte des données est une étape qui vise à mieux comprendre la manifestation du phénomène étudié dans la zone d'étude. Dans la présente étude, nous avons procédé dans un premier temps à une observation des ressources en eau. Nous avons par la suite, procédé à la collecte des données de terrain (les données d'enquêtes, les entretiens, les mesures in-situ et les observations), les données démographiques, les données climatiques (pluviométriques et les autres données climatiques) et les données cartographiques sur la zone d'étude.

2.1. Les données de terrain

2.1.1. Les données socio-économiques

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'île de Carabane, vulnérabilité des ressources en eau dans l'île de Carabane, gestion des ressources en eau et stratégies de lutte contre leur vulnérabilité).

Il nous a permis d'obtenir des données quantitatives. Ainsi, nous avons interrogé tous les manages 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. Il faut cependant noter que compte tenu de la division sexuelle du travail au sein de certaines familles.

Il faut également noter que pour mieux rendre compte de la situation des ressources en eau dans l'île de Carabane, nous avons jugé nécessaire de mener les enquêtes sur l'ensemble du village et des deux hameaux.

Tableau 1: Nombre de chef de ménages questionnés dans l'île en fonction du nombre total

Nom Localité	Nombre de Concessions	Nombre de Ménages	Hommes	Femmes	Population totale	Chefs 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
Total	50	66	212	224	436	66

Source : Commune de Diembéring, 2013

2.1.2. Le Guide d'entretien

S'agissant des données qualitatives, un guide d'entretien a été élaboré et administré à des personnes ressources de la commune de Diembéring et à des structures de la place exploitant les ressources en eau.

D'abord, nous avons rencontré le maire de la commune de Diembéring, puis nous avons discuté avec le président du conseil départemental, en suite nous avons rencontré le Dr Samsidine Sarr pour discuter de la problématique d'obtention de l'eau douce dans l'île. Et enfin nous avons discuté avec le chef du village de Carabane et des gérants des campements (Chez Helena, Baracouda) sur les stratégies mises en place pour lutter contre la vulnérabilité des ressources en eau face à la variabilité climatique.

Ce guide d'entretien porte sur deux volets, identification des impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau et les stratégies de lutte dans l'île de Carabane.

2.1.3. Les 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. Nous avons utilisé des instruments de mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau (conductimètre et réfractomètre (photo1)) pour faciliter l'analyse.

En effet, nous avons utilisé des sceaux pour la mesure car nous n'avions pas de piézomètre pour extraire l'eau dans les puits et pouvoir prendre les paramètres physico-chimiques de l'eau de ces puits. Parmi ces paramètres physico-chimiques, nous avons décidé d'analyser principalement le pH, la conductivité, la salinité et la température de l'eau des puits choisis.

Ainsi, l'outil GPS nous a permis d'obtenir les coordonnées géographiques de chaque point où nous avons effectué les mesures. Les données sur la salinité sont obtenues à partir du réfractomètre. Il s'agit d'un appareil à lecture directe qui permet de mesurer le niveau de salinité de l'eau en pour mille (‰). Pour effectuer les mesures avec le réfractomètre, nous avons prélevé une toute petite quantité d'eau de chaque puits (une goutte) à l'aide d'une pèpite poire. Cette eau a été ensuite vidée sur la lamelle du réfractomètre, puis nous avons effectué la lecture.

En outre, le conductimètre, qui mesure à la fois le pH, la température et la Conductivité électrique nous 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. La lecture des données est effectuée lorsque les valeurs sur l'écran de l'appareil sont stables.

A la fin de chaque mesure, les deux appareils sont rincés dans de l'eau distillée pour les nettoyer afin d'éviter d'éventuelles erreurs liées aux mesures précédentes.



Photo1 : Instrument de mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau : Réfractomètre et Conductimètres

2.1.4. L'observation et la perception des faits

Cette phase nous a permis de voir directement à l'œil nu les impacts des changements climatiques sur les ressources en eau, car nous arrivons à observer directement certains effets comme l'envahissement d'une partie de la terre ferme par les eaux du fleuve en période de marée haute, de même que l'assèchement de certains puits pendant la saison sèche.

2.1.5. Les données photographiques

Il s'agit des images obtenues à l'aide d'un téléphone portable sur la zone d'étude. Ces images prises ont permis d'illustrer les différents phénomènes constatés sur le terrain. Ces images viennent illustrées les observations faites sur le terrain.

2.1.6. Les données climatiques

Les données climatiques sont obtenues à l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie du Sénégal (ANACIM).

Pour les données pluviométriques, nous avons utilisé les données de la station d'Oussouye d'une série pluvieuse de 65 années allant de 1951 à 2015.

En ce qui concerne les autres données climatiques telles que la température, l'humidité relative et l'évapotranspiration, nous avons utilisé les données de la station synoptique de Ziguinchor.

2.1.7. Les données démographiques

Les données démographiques utilisées dans le cadre de cette étude sont obtenues au niveau de l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD) (2013) complétées par les données de la commune de Diembéring (2013) sur la population totale.

2.1.8. Les données cartographiques

Les données cartographiques utilisées dans le cadre de ce travail d'étude concernent essentiellement les images Google Earth et les points GPS.

Pour l'obtention des données images, nous avons capté une image satellitaire de Google Earth Pro de 2018. C'est avec ces données images accompagnées par les points GPS que nous avons pu confectionner les cartes obtenues.

3) Le traitement et l'analyse des données obtenues

C'est une étape qui nous a permis de traiter les informations obtenues après la phase de la documentation et la phase d'acquisition des données quantitatives, qualitatives et cartographiques. Le traitement de ces données et informations nécessite l'acquisition des outils de traitement de même qu'une bonne maîtrise de leurs usages.

3.1. Les données pluviométriques

Les données pluviométriques obtenues ont fait l'objet de traitement statistique. Puisque la série choisie va de 1952 à 2015, nous avons organisé les données et calculé la moyenne de cette série puis nous avons déterminé les écarts pluviométriques en fonction de la moyenne de la série pluviométrique 1952 - 2015.

Pour calculer la moyenne, nous avons pris la valeur de chaque année que nous avons divisée par la somme totale de la série que nous avons multiplié par 100. Et pour trouver l'écart de chaque année en fonction de la moyenne, nous avons fait la différence la valeur de chaque année et la moyenne de la série.

3.2. Les données de la température, de l'humidité relative et de l'évapotranspiration.

Cependant, après le traitement statistique dans Excel, les résultats obtenus ont été représentés sous forme de graphiques dont l'analyse a permis de voir les périodes excédentaires et celles déficitaires mais aussi de déceler les différentes tendances.

3.3. Les données socio-économiques

Le traitement des données d'enquêtes a été effectué dans un premier temps avec le logiciel Sphinx, qui nous avait permis d'élaborer le questionnaire, de faire le dépouillement et de compléter les tableaux statistiques. Après cette phase, les tableaux statistiques ont ensuite été transférés dans le logiciel Excel pour le traitement graphique et l'analyse.

3.4. Les données physico-chimiques

Les données collectées lors des mesures de salinité et d'acidité au niveau des puits dans le village de Carabane ont fait l'objet de saisie et d'organisation dans un tableau Excel. L'analyse de ces données nous a permis de voir le niveau de salinisation et d'acidification de ces différents puits.

3.5. Les données cartographiques

Les données cartographiques obtenues (images de Google Earth Pro de 2016), ont fait l'objet de traitement à l'aide du logiciel ArcGIS (version 10.5). Le traitement de ces données s'est déroulé en trois phases : le géoréférencement, la numérisation et en fin la production des cartes.

3.5.1. Le géoréférencement ou calage

Il existe plusieurs procédures de géoréférencement. Dans ce cas, après avoir téléchargé les images de Google Earth de l'île de Carabane, nous les avons ajoutées dans ArcGIS 10.5 pour effectuer le géoréférencement. La démarche consiste d'abord à mettre les images à géoréférencer dans un même système de projection (UTM, WGS 84, Zone 28 N). Ensuite, après avoir activé l'outil de géoréférencement dans ArcGIS, nous avons choisi des points de calages de l'image dans Google Earth et les coordonnées géographiques de chaque point ont été copiées et reportées dans les images à géoréférencer dans ArcGIS.

3.5.2. **La numérisation**

C'est la phase qui suit le géoréférencement et consiste à créer des couches thématiques. Tout d'abord, nous avons créé des fichiers de formes (points, lignes et polygone) dans Arc Catalogue 10.5, puis nous les avons ajoutées dans ArcGIS 10.5. Nous avons ensuite ajouté l'image à numériser dans ArcGIS. Avec l'outil d'édition, nous avons pu numériser les localités (points), les cours d'eau (lignes) et enfin les classes d'occupation du sol (polygones).

3.5.3. **Les produits cartographiques**

C'est la phase qui nous a permis de réaliser les cartes d'occupation du sol et les autres thématiques concernant les ressources en eau dans l'île de Carabane afin de montrer la dynamique de la vulnérabilité des ressources en eau face à la variabilité climatique.

PREMIERE PARTIE : PRESENTATION GENERALE DE L'ÎLE DE CARABANE

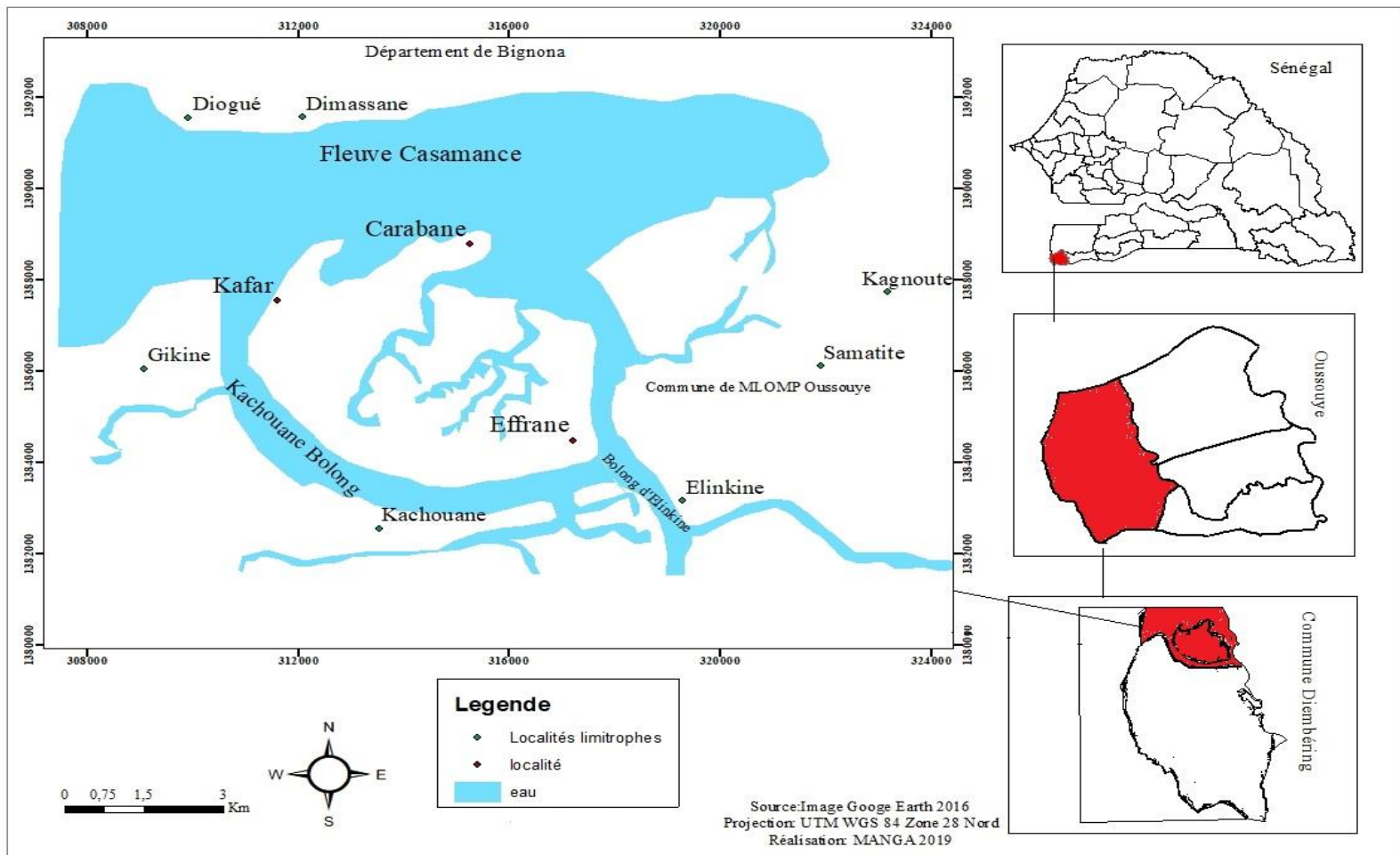
Dans cette première partie, nous allons caractériser en premier lieu le cadre physique et humain et en second temps nous allons parler des activités socio-économiques de l'île de Carabane.

CHAPITRE I : CADRE PHYSIQUE DE L'ÎLE DE CARABANE

Dans ce chapitre, nous analysons en premier lieu les facteurs physiques du milieu (géologie, géomorphologie, sols et végétation) et en second temps les facteurs physiques dynamiques (paramètres climatiques).

I.SITUATION GEOGRAPHIQUE DE L'ÎLE DE CARABANE

La situation géographique de l'île de Carabane porte sur la localisation de l'île par rapport à la commune de Diembéring et dans le bassin versant de la Basse-Casamance (carte 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 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 (Carte 1).



Carte 1: Localisation de l'île de Carabane

D'une superficie totale de 57 km², 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.

En Basse-Casamance, le climat se caractérise par une saison sèche ou non pluvieuse et une saison humide, aussi appelée hivernage, qui commence habituellement en juin et se termine en octobre (PDD Oussouye, 2013). En raison de la proximité de l'océan, le degré hygrométrique de l'air reste toujours supérieur à fraîche et contribue à la luxuriance de la végétation. Grâce aux alizés maritimes, issus de l'anticyclone des Açores, l'île bénéficie d'un climat agréable toute l'année. De direction Nord à Nord-est, ces vents sont frais, toujours humides, et leur amplitude thermique diurne est faible. Les activités agricoles, et notamment la riziculture, dépendent entièrement de la pluviométrie. Cependant au cours des dernières décennies, on a pu observer une baisse générale de la pluviométrie qui menace la productivité dans les rizières, accroît la salinité des sols (PDD Oussouye, 2013) qui ne sont plus suffisamment lessivés et concourt à la dégradation de la mangrove. En mai et juin, la température de l'air est de l'ordre de 28°C et en janvier et février, les mois les plus froids, elle avoisine 24°C. Des températures inférieures à 18°C sont tout à fait exceptionnelles. Au mois de septembre, la température de l'eau de mer constatée en surface est relativement de 26°C (PDD Oussouye, 2013).

II. LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DE L'ÎLE DE CARABANE

II.1. Hydrogéologie

Les études des éléments fournis par les sondages mécaniques et les données hydrogéologiques régionales présentent, de haut en bas, la succession des faciès hydrogéologiques suivants :

➤ Le Quaternaire

La couche phréatique du Quaternaire est exploitée à l'aide de puits. Cette aquifère a généralement une productivité médiocre à cause du faciès géologique trop argileux. Cette nappe est polluée par la langue salée dans les lieux proches du fleuve.

➤ **'Oligo-Miocène**

L'Oligo-Miocène est constitué essentiellement d'argiles, d'argiles sableuses, de sables argileux et de sables. L'augmentation du taux d'argile dans cette aquifère contribue à réduire considérablement le débit de la nappe. Le Miocène ou Continental Terminal est parfois entrecoupé d'horizons latéritiques et de grès ferrugineux (qui forment les caps du littoral).

L'Oligocène sous-jacent au Miocène est généralement constitué par les mêmes formations que ce dernier. La nappe de l'Oligo-Miocène est généralement à eau douce dans certaines zones de l'arrondissement de Cabrousse. Mais dans les zones proches des "bolongs" salées du fleuve de la Casamance, la nappe de l'Oligo-Miocène est polluée par les infiltrations salées. Par contre, plus on s'éloigne de ces affluo-défluents salés, plus l'épaisseur de la nappe des sables à eau douce augmente. Il faut noter que le caractère très argileux de la partie supérieure de cet aquifère constitue une limite hydrogéologique étanche contre une souillure latérale pouvant provenir de l'avancée du biseau salé de la mer. Certains forages réalisés ont montré qu'il est possible que le substratum de la nappe d'eau douce soit constitué par un niveau argileux continu. Ainsi la nappe d'eau douce, n'y serait pas en contact avec l'eau salée, et serait protégée d'une souillure près ascendum.

➤ **L'Éocène et le Paléocène**

L'Éocène et le Paléocène qui sont des aquifères constitués essentiellement de marnes, de marnes calcaires et de calcaire marneux à eau saumâtre à salée

➤ **Le Maastrichtien**

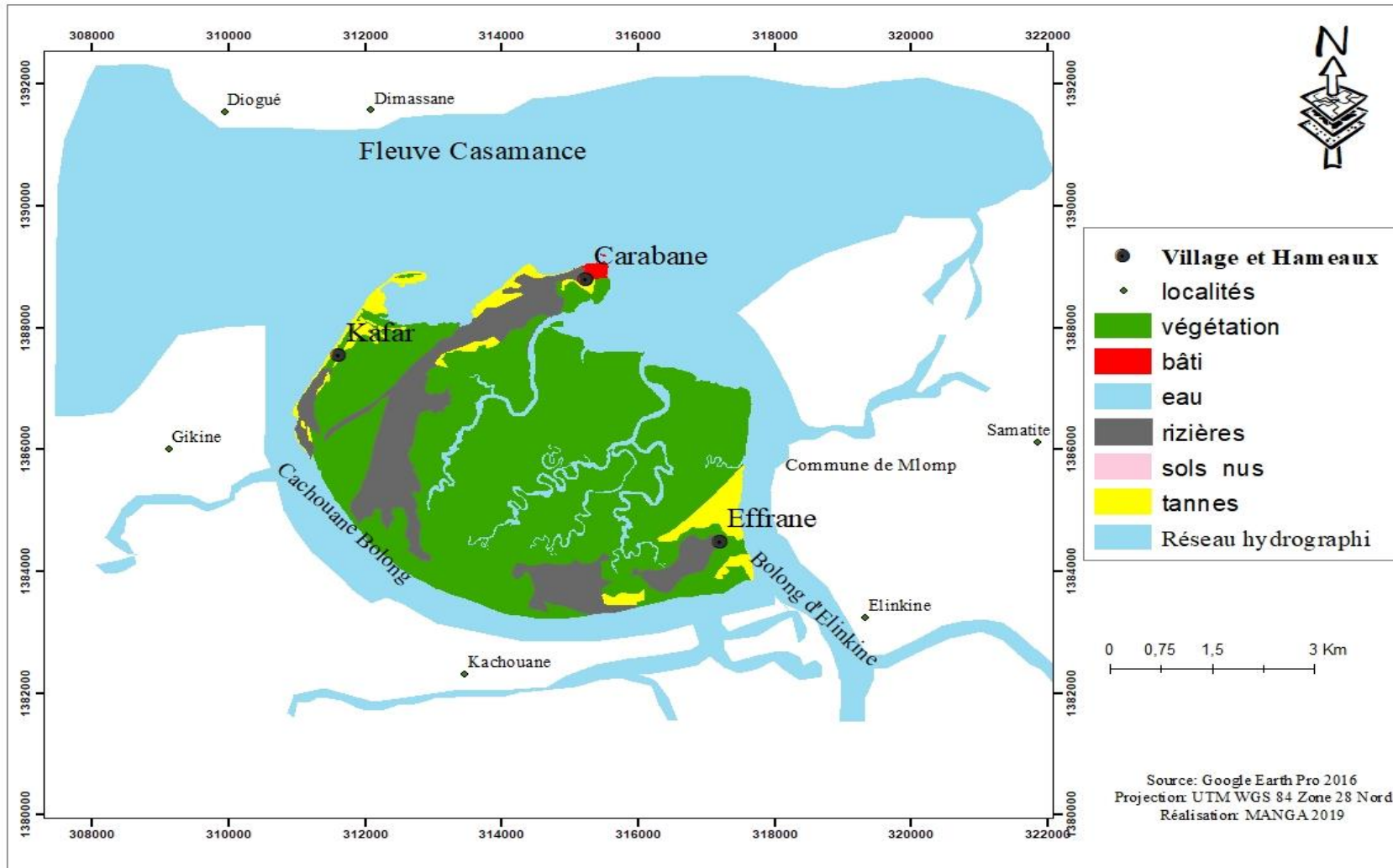
Constitué des sables à sables argileux de bonne productivité au Nord et au centre du Sénégal, le Maastrichtien est devenu trop argileux dans la zone côtière (arrondissement de Cabrousse). La présence de plus en plus élevée d'argiles et de marnes a pour conséquence une réduction significative du débit de cette nappe. L'eau de la nappe du Maastrichtien est saumâtre au niveau de la zone côtière. Les débits peuvent atteindre ponctuellement 200 m³/h avec des débits spécifiques de l'ordre de 10 à 20 m³/h. La profondeur du toit y est comprise entre 150 et 330 m. Ainsi donc, dans le département d'Oussouye, les niveaux aquifères qui peuvent être captés par forage sont représentés par le l'aquifère phréatique de l'Oligo-Miocène. Mais cet aquifère est, dans certaines zones proches des "bolongs", sous la menace des invasions salées. De même, l'augmentation sélective du taux d'argile dans cet aquifère

contribue à réduire considérablement le débit de ces nappes. Étant très argileuse, la partie inférieure l'Oligo-Miocène n'est pas favorable à la réalisation d'un forage productif. Ce qui veut dire que le choix des lieux d'implantation des forages productifs pouvant assurer l'alimentation en eau douce dans certaines localités nécessitera une prospection géophysique. La prospection géophysique permettra de localiser les sites et les niveaux hydrogéologiques les plus favorables pour l'implantation des forages productifs à eau douce. Elle permettra aussi de déterminer la profondeur du toit et l'épaisseur de la nappe des sables les plus favorables pour un bon captage. Elle permettra entre autre de déterminer la profondeur du toit de la nappe saumâtre à salée si elle existe.

II.2. Occupation du sol et Relief

II.2.1 Occupation du sol

L'occupation du sol de l'île de Carabane est très diversifiée en dehors la mangrove qui occupe la majeure partie de l'île, nous y retrouvons d'autres composants qui occupent le reste de l'espace de l'île comme les rizières, le bâti, les tannes, l'eau et les sols nus (carte 2).

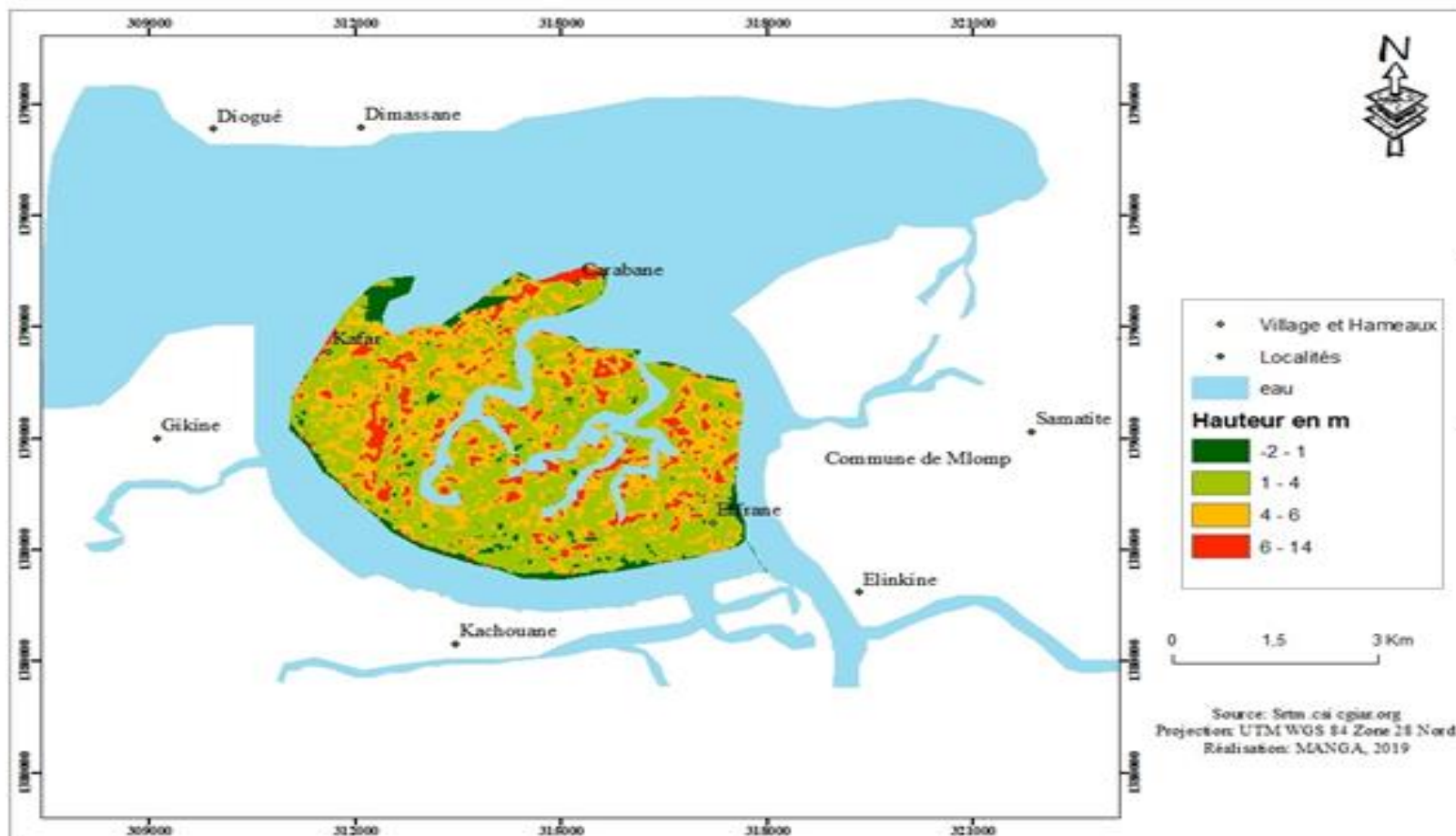


Carte 2 : Occupation du sol dans l'île de Carabane.

La carte 2, nous met en exergue l'occupation du sol dans l'île de Carabane. Dans cette zone, l'occupation du sol est très similaire à la majorité des autres îles du bassin versant de la basse Casamance. En effet, l'île est majoritairement occupée par l'eau (Fleuve Casamance et marigots) et la mangrove. Puis nous avons une présence des tannes et des sols nus dans l'île mais aussi une forêt peut dense. Ainsi comme la plupart des habitants de l'île sont des diolas, nous avons sans doute la présence de beaucoup de rizières dans l'île (Carte 2).

II.2.2 Relief et Sols

C'est un relief globalement plat avec un littoral bordé de dunes de sable créant par endroit des cuvettes. Ces dénivellations sont les entrées des eaux salées issus de la marée et de la remontée de l'eau de mer qui rendent inculte une bonne partie des terres (carte 3)(PDD Oussouye 2013).



Carte 3: Relief l'île de Carabane

Nous remarquons que le relief de l'île de Carabane est pratiquement faible. Nous constatons que l'intervalle le plus fréquent est compris entre 3m et 5m de hauteur. Mais néanmoins nous recensons dans l'île des zones qui sont sensiblement élevées dont l'intervalle varie entre 7 et 14 m (carte 3). Les sols varient selon la topo-séquence et la zone (PDD Oussouye, 2013).

A proximité des plages et sur le plateau : on a un sol sablonneux, très léger, perméable et pauvre en matières organiques. C'est le type de sol majoritaire ; il est souvent issu des dunes de sable. Au niveau des bas-fonds : on retrouve un sol argilo-sableux, riche en matières organiques et apte à l'agriculture, la riziculture particulièrement.

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés (sols beiges) :

Ces types de sol présents sur le bassin de la Casamance se caractérisent par la présence de concrétions et de cuirasses ferrugineuses fréquemment affleurantes. Ils représentent les phases ultimes du lessivage des sols ferrugineux tropicaux. Le concrétionnement puis le cuirassement sont provoqués par l'apparition de processus d'hydromorphie en raison des pluies (DACOSTA, 1989).

Les sols hydromorphes sur vases marines :

Ce sont les sols de mangrove constitués par la sédimentation de colloïdes minéraux et organiques, entraînés par les eaux de ruissellement qui féculent au contact de l'eau de mer. Ces sols occupent l'estuaire de la Casamance jusqu'au cours inférieur du Soungrougrou (DACOSTA, 1989).

Les sols hydromorphes sur colluvions sableuses :

Ces sols jalonnent les vallées de la Casamance et ses affluents dans leur partie non influencées par la marée. Ce sont des sols de couleur noire souvent appelés "diors noirs "

II.2.3. La végétation

La végétation de l'île de Carabane n'est pas aussi diversifiée, elle est constituée essentiellement de mangrove et un autre types de végétation.

Autrefois, certains jugeaient l'île aride, dotée d'une végétation peu diversifiée, où les cocotiers seuls étaient susceptibles. La plus grande partie de Carabane est couverte de mangroves à palétuviers formant un inextricable maquis que l'on ne peut franchir en dehors de passages aménagés. Dans cette unité, nous avons la mangrove proprement dite et les formations qui lui sont associées en arrière-plan : prairies marécageuses, vasières

dénudées, zones de tannes. Cette couverture végétale continue est composée de trois espèces appartenant à deux familles:(DACOSTA, 1989)

- Les Rhizophoracées (*Rhizophora racémosa* et *Rhizophora mangle*), poussant sur les berges des estuaires et les canaux.

- Les Verbénacées (*Avicennia africana*) qui se développent en arrière-plan des Rhizophoracées.

Les palétuviers font partie des quelques espèces capables de s'adapter à ce milieu contraignant, caractérisé par une salinité élevée, une faible oxygénation des sols due à la vase, un sol instable. La dégradation de la mangrove et la transformation des sols en tannes, constatée depuis longtemps dans la région, touche également Carabane.(DACOSTA, 1989) Ce phénomène s'explique par des causes tant naturelles qu'anthropiques, telles que l'exploitation anarchique du bois ou des crustacés. Des actions sont menées pour la sauvegarde de la mangrove et l'on cherche aussi à sensibiliser les plus jeunes. Toujours dans l'île, une autre végétation se situant à quelques kilomètres du village.

II.2.3. Le climat

Située en zone tropicale sèche, la Casamance connaît deux saisons bien marquées: une saison sèche et une saison humide.

II.3.3.1. La saison humide

Elle est marquée par la prédominance de la mousson, de direction Sud-ouest, en provenance de l'anticyclone de Sainte-Hélène dans l'Atlantique Sud. Ce vent chaud, chargé d'une grande humidité du fait de son long parcours océanique, est générateur de précipitations. Il dure au moins 5 à 6 mois de Mai à Octobre voire même le mois de Novembre.

II.3.3.2. La saison sèche

Elle dure de novembre à avril: la région est parcourue par deux types de vents non générateurs de précipitation: l'alizé maritime et l'alizé continental ou Harmattan.

L'alizé maritime est issu de l'anticyclone des Açores; de direction Nord à Nord-ouest, il est frais et humide mais incapable de générer des précipitations du fait de la position trop basse de l'inversion d'alizé (LEROUX, 1974). Le harmattan, en provenance de la cellule anticyclonique maghrébiene est, par contre chaud et sec, chargé d'aérosols du fait de son

long parcours continental. Il souffle selon une direction Est dominante. Ces vents soufflent dans cette zone entre les mois de Février, Mars, Avril et une partie du mois de Mai.

CONCLUSION PARTIELLE

. Sur le plan climatique, le bassin de Casamance se situe dans une région où les précipitations sont quasiment importantes. Même avec la sécheresse qui sévit dans le sahel, au moins 1000 mm de pluies sont enregistrées chaque année. Ainsi, les précipitations apparaissent comme les principaux régulateurs de l'écoulement du fleuve mais aussi comme la principale source d'alimentation des ressources souterraines en d'autres termes la nappe. La température n'est pas très élevée dans le bassin. Elle joue un rôle majeur dans le déficit d'alimentation de la ressource car exerçant des ponctions. Quant à l'analyse des caractéristiques des sols et de la végétation, le bassin versant de Casamance en particulier celui de l'île de Carabane laisse entrevoir une zone à grande potentialité.

CHAPITRE II: CADRE HUMAIN ET ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES DE L'ÎLE DE CARABANE

Dans ce chapitre, nous allons étudier la population et les différentes activités socio-économiques menées dans l'île de Carabane. L'analyse est basée sur les données recueillies lors des enquêtes et celles collectées auprès de la mairie de Diembéring et dans la documentation.

I- LE CADRE HUMAIN

L'île de Carabane compte officiellement 430 habitants répartis en 66 ménages en 2013. (Mairie de Diembéring). La population de l'île de Carabane augmente en fonction des saisons, elle peut atteindre plus de 1000 habitants selon certains habitants de l'île. Il existe 11 ethnies dans l'île (MANGA, 2018)

L'ethnie majoritaire dans l'île de Carabane est celle Diola. Elle représente 61% de la population totale. À côté des Diola, des Wolofs (11%), des Lébous (5%), des Sérères notamment des pêcheurs Bambara (3%) et des Manjacques (5%) vivent également sur l'île, parfois venus de Saint-Louis ou de Gorée au moment de la colonisation (pour les premiers groupes).

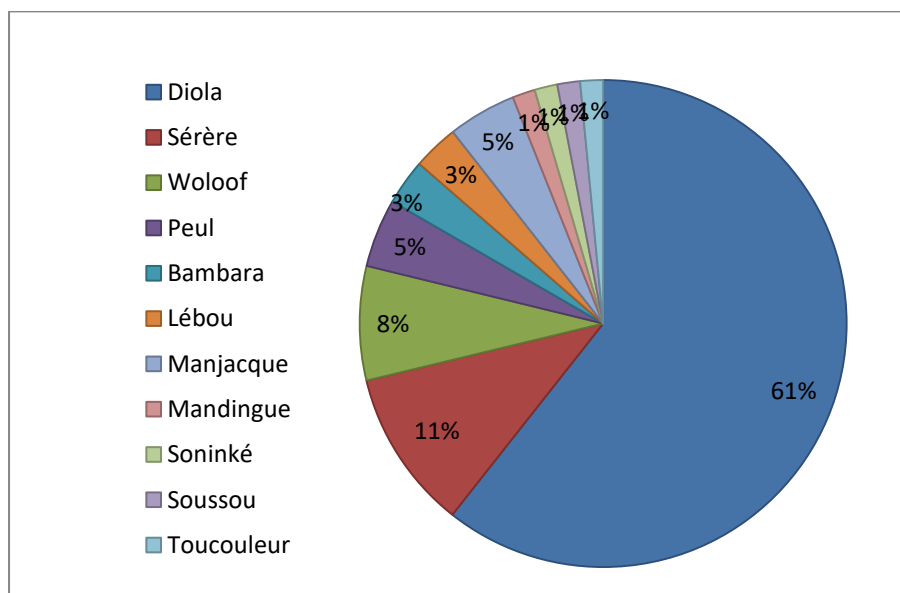


Figure 1 : Répartition de la population de Carabane par ethnies (Source, Enquête MANGA, 2018)

La population autochtone était animiste, mais cette religion tend néanmoins à perdre du terrain au profit des religions monothéistes, le catholicisme et l'islam. Il s'agit cependant d'un

département essentiellement rural, alors que Carabane, de par son histoire, a connu un brassage ethnique plus important. Dès le XIX^e siècle, l'islam s'y était propagé par l'intermédiaire des pêcheurs wolofs et sérères. L'administration coloniale avait aussi amené avec elle depuis Dakar divers personnels des traducteurs, des guides ou des secrétaires, qui étaient souvent musulmans. L'arrivée de pêcheurs étrangers, appartenant à des communautés fortement islamisées, a encore accentué cette évolution.

Le mouvement de la population est fortement lié à l'activité touristique. Durant la période touristique, qui s'étend de Décembre à Avril en général, nous rencontrons une population constituée de toutes les ethnies du Sénégal et beaucoup de ressortissants de la sous-région. Ces migrants s'activent dans les petits commerces, et dans les petits boulots liés au tourisme et dans la prostitution aussi bien féminine que masculine.

Dans la région de Ziguinchor, selon le rapport de recensement générale de la population, on retrouve une migration à vie, c'est-à-dire que les émigrés qui arrivent ont tendance à rester dans la localité. Ainsi, à Carabane, on note un fort mouvement de campagnards et la présence d'une population autochtones majoritairement sédentaire. Au niveau de la Commune de Diembéring, c'est ce facteur déterminant qui explique la croissance de la population. Selon les acteurs de la santé au niveau des postes, on constate une forte baisse du taux de mortalité.

Les mouvements de la population de la commune sont également effectués pour des besoins professionnels et/ou scolaires.

II- LES ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES MENEES DANS L'ÎLE DE CARABANE

Les activités socio-économiques qui sont menées dans l'île sont entre autre l'Agriculture, la pêche, le tourisme etc.

II.1. L'agriculture

L'agriculture reste la principale activité dans la Commune de Diembéring et cela malgré le développement du tourisme. Le riz est la principale spéculacion exploitée, dans la zone, avec des variétés généralement locales. On retrouve d'autres cultures telles que le mil, le maïs et le niébé. Il faut aussi noter un timide développement du manioc et de la patate. A côté de ces spéculacions, il y a le maraîchage qui se développe dans le village de Carabane. Cette activité est essentiellement réservée aux femmes. Le système de production est de type

traditionnel. L'agriculture est tributaire de la pluviométrie et souffre de terres cultivables très réduites.

II.2. La pêche

Le secteur de la pêche a eu à bénéficier, au cours des 10 dernières années, de moyens avec le Projet de développement de la Pêche dans la Région de Ziguinchor (PAMEZ), le Programme d'Appui à la Pêche artisanale en Casamance (PROPAC) (PDD Oussouye, 2013). L'Etat a, en effet, fait de sorte de mettre à profit les potentialités de la zone ; elle dispose de plusieurs bolongs et de plus de 20km de côte maritime. A côté de ces avantages géographiques, il y a l'existence d'un secteur touristique dynamique qui offre un réel marché pour les produits de la pêche.

II.3. Le tourisme

La commune de Diembéring est l'une des plus importantes destinations du Sénégal (PLD Diembéring, 2013) en ce qui concerne le tourisme balnéaire et celui de découverte.

Le secteur touristique est la première source de recettes pour la Commune et pour l'île de Carabane. De lui dépendent directement ou indirectement beaucoup d'activités (maraîchage, artisanat, pêche, aviculture) sans compter les emplois créés autour des campements et des complexes hôteliers implantés dans la zone (PLD Diembéring, 2013).

La réhabilitation de la route Ziguinchor-Elinkine et le remplacement du bateau le Diola n'arrivent pas à régler le problème. L'exploitation autant du bateau que de la route est ralentie par la réalisation des infrastructures de Carabane et menacée par l'insécurité qui sévit de nouveau au niveau des axes routiers.

D'autre part, alors que l'on assiste à la faillite de certains campements, on constate, de plus en plus, le développement de gîte familiale, de maisons exploitées pour héberger les touristes (PLD Diembéring, 2013). Ces installations, en dehors de tout contrôle, ne profitent pas à la commune et produisent une valeur ajoutée insignifiante pour les populations.

Les potentialités touristiques de l'île sont énormes, en plus de ces côtes, il y a les sites historiques au niveau de l'île, la culture locale à l'image du « Boukut ». A cela s'ajoute le patrimoine culturel composé des bois sacrés, des fétiches, des monuments (Eglise de Carabane, tombe du Capitaine PROTET) des sites historiques qui sont à protéger d'abord et à valoriser de plus en plus à travers le tourisme.

Il urge de relancer le secteur et d'y mettre un peu d'ordre à travers une politique de promotion de la destination Casamance. Cette réhabilitation du secteur devrait offrir à la zone la possibilité d'exploiter différents produits durant toute l'année.

Conscient de cette situation, il y a une prise de consciences locales fortes et des rencontres se font, de plus en plus, entre acteurs du secteur pour trouver des voies et solutions de relance.

CONCLUSION PARTIELLE

La population essentiellement jeune et le niveau d'instruction assez élevé de ces jeunes constituent un atout de taille pour la lutte contre la vulnérabilité des ressources en eau face aux changements climatiques et laissent entrevoir de l'espoir pour un lendemain meilleur. Cependant, le niveau de vie précaire de la population et le manque d'équipement, sont les principales contraintes, qui doivent être corrigées par une politique d'investissements de la part des partenaires au développement et des services techniques de l'Etat.

DEUXIEME PARTIE: CADRE CLIMATIQUE ET RESSOURCES EN EAU DANS L'ÎLE DE CARABANE

Dans cette partie, nous faisons d'abord la caractérisation des variables climatiques de l'île de Carabane ensuite la caractérisation des ressources eaux dans l'île. Nous procéderons à l'analyse des données pluviométriques (Pmm) d'une série de dates à la station d'Oussouye, puis à l'analyse de la température, de l'évapotranspiration potentielle (ETP), du vent et de l'humidité relative (Hr) à la station de Ziguinchor. En ce qui concerne les ressources en eau, nous nous baserons sur la perception de la population locale.

CHAPITRE I: CARACTERISATION DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE DANS L'ÎLE DE CARABANE

Les principales variables climatiques analysées dans l'île de Carabane sont la pluviométrie, la température, l'humidité relative, le vent et l'évapotranspiration potentielle.

I. LA PLUVIOMETRIE

Les précipitations constituent un des éléments les plus importants dont dépendent la vie des populations en général et l'agriculture en particulier « *Car de toutes les activités économiques, l'agriculture est certainement celle qui expose le plus l'homme aux aléas du climat* » (MANGA, 2003).

De plus, la pluviométrie joue un rôle incontournable dans l'étude des paramètres hydrologiques et climatiques des bassins versants. C'est d'ailleurs pourquoi, toute étude climatique ou hydrologique est basée sur l'exploitation de séries de données recueillies pendant des périodes plus ou moins longues. Les précipitations constituent aussi la source principale d'alimentation des cours d'eau en domaine tropical ou sud soudanien.

Cependant, la crise climatique qui sévit ces dernières décennies aurait induit des modifications progressives sur les ressources en eau dans l'île de Carabane. Ce déficit pluviométrique constitue l'un des facteurs déterminants sur la de ces ressources en eau. La question du déficit pluviométrique constituait une préoccupation majeure dans cette partie de la Basse Casamance où l'alimentation des nappes en eau douce dépend entièrement de la pluie. Une meilleure compréhension de la situation pluviométrique de l'île de Carabane, passe par une analyse des précipitations de la station d'Oussouye, qui est plus proches de notre zone d'étude.

Ainsi, dans la caractérisation des variables climatiques, le choix d'étudier la pluviométrie est sans doute incontournable. La pluviométrie interannuelle varie dans le temps et dans l'espace. Cette variation se caractérise par une succession d'années excédentaires et déficitaires. Cette succession peut être parfois sans transition, c'est-à-dire une rupture brusque de l'évolution de la série.

Pour une analyse beaucoup plus fine de la pluviométrie dans l'île de Carabane, nous avons jugé nécessaire de travailler avec les données de la station d'Oussouye dans une série d'au moins 60 années, plus précisément 64 années (1951-2015). Ainsi, nous avons adopté l'analyse des écarts à la moyenne pluviométrique 1951-2015, l'écart type le coefficient de variation le maximum et le minimum de la série dans la station d'Oussouye (Tableau 2).

Cependant, l'analyse des écarts à la moyenne pluviométrique 1951-2015 laisse apparaître une succession d'années excédentaires, déficitaires et une phase de transition.

Dans cette série de 64 années pluviométriques, nous recensons 28 années excédentaires soit 45.16 % de la série contre 32 années déficitaires et représente 54.84% de la série d'années choisie et 4 années dont les années excédentaires et déficitaires se succèdent (Fig.2).

Tableau 2 : Statistiques des totaux pluviométriques, de la normale, du pourcentage et de l'écart en pourcentage de 1951 à 2015 dans la station d'Oussouye.

Paramètres	Cumul en mm	Moyenne en mm	Pourcentages	Ecarts en % par rapport N
Moyenne	1348	1348	100	0
Ecart type	309	0	23	23
Coefficient de variation	0,23	0,00	0,23	-249399,04
Maximum de la série	2183	1348	162	62
Minimum de la série	630	1348	47	-53
Ecart	1553	1	115	115

Source : ANALYSE MANGA, 2019

Dans ce tableau, nous avons une moyenne de la série de 1348mm, l'Ecart type et l'Ecart moyen de la série sont respectivement de 309mm et de 1553mm. Quant au minimum et au maximum de la série pluviométrique, ils sont respectivement de 630 mm et de 2183mm. L'écart en pourcentage par rapport à la normale est de 62% par rapport au maximum de la série et de -53 % par rapport au minimum de la série.

L'analyse de la situation pluviométrique de l'île de Carabane entre 1952 et 2015, à travers les stations d'Oussouye, permet de distinguer trois phases importantes. La première phase (1951- 1968) a enregistré d'importants excédents pluviométriques. La seconde (1969 - 2010), la plus déficitaire, s'est caractérisée par une sécheresse avec des déficits très importants (fig.2). A partir du début des années 2010, le retour très timide des précipitations se caractérise par une alternance entre années humides et celles sèches

avec cependant la poursuite de la forte instabilité pluviométrique sur l'ensemble de la Casamance. La tendance générale de l'évolution pluviométrique est à la baisse.

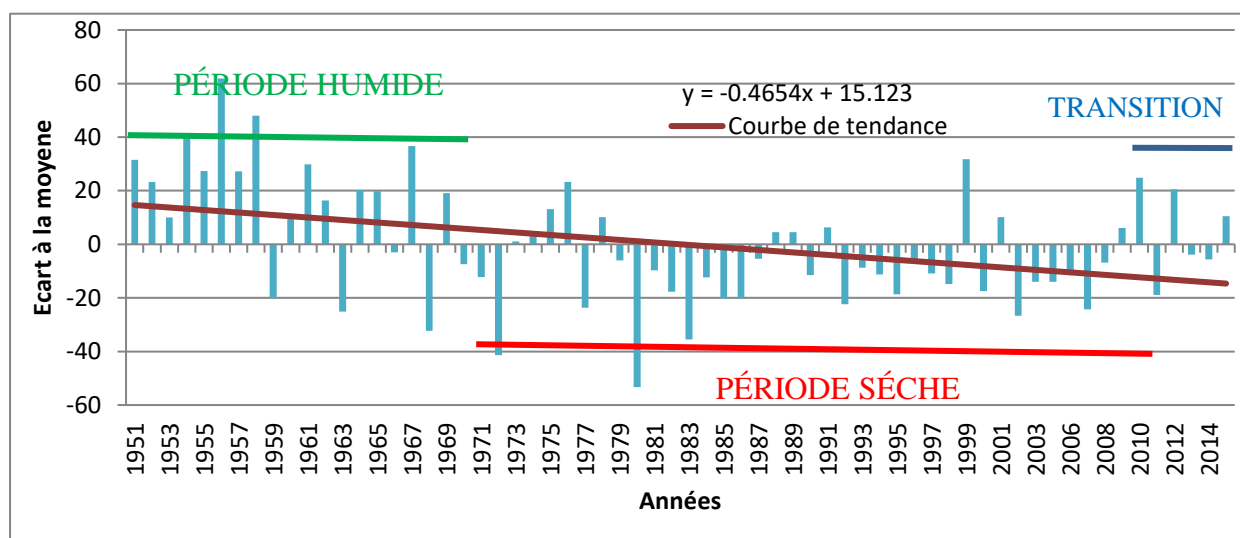


Figure 2 : Evolution des écarts à la moyenne 1951-2015 des précipitations dans la station d'Oussouye

La première partie de cette série pluvieuse nous révèle une tendance positive c'est-à-dire une évolution progressive des écarts à la moyenne.

L'excédent le plus élevé se retrouve en 1956 avec un cumul annuel de 2183,2 mm tandis que l'excédent le plus faible se retrouve en 1953 avec un cumul annuel égal à 1363,5 mm.

Contrairement aux années excédentaires, les années déficitaires de la première partie de cette série pluvieuse sont entre autres que les années 1959, 1963, 1966, 1968. L'année déficitaire la plus faible est celle de 1966 avec un cumul annuel de 1308,5 mm.

Ainsi, nous avons constaté que cette première partie de la série pluvieuse est presque occupée par des années excédentaires. Partant de ces constatations, nous pouvons déterminer cette période comme étant une série pluvieuse c'est-à-dire une phase marquée par la succession de plusieurs années dont la pluviométrie dépasse la moyenne de la série (1347,9mm) (Fig.2).

Alors nous pouvons en déduire que dans l'île de Carabane, cette phase de la série pluvieuse correspond à la période des années humides car la station d'Oussouye englobe tout le département dont l'île de Carabane.

La seconde phase de la série pluvieuse nous montre une tendance négative c'est-à-dire une évolution négative des écarts à la moyenne. Cette période va de 1969 à 2010.

Le déficit le plus élevé est noté sur l'année 1980 avec un cumul annuel de 630mm (Fig.2).

Par contre les années excédentaires de cette partie de la série pluvieuse ne sont que les années 1988, 1989, 1991, 1999, 2001, 2009. L'excédent le plus élevé est noté sur l'année 1999 soit un cumul égal à 1778 mm alors que l'excédent le moins élevé est noté sur l'année 1989 avec un cumul égal à 1409,5 mm.

Partant de ces constants, nous remarquons que cette seconde phase est dite une phase sèche dont les $\frac{3}{4}$ des années pluvieuses ont leurs cumuls qui n'ont pas dépassé la moyenne qui est de 1347,9 mm.

Par contre, il faut noter que nous assistons à un retour des précipitations ces dernières années attesté par ces successions d'années excédentaires 2010, 2012 et 2015. C'est la troisième période de notre série. Nous pouvons en déduire que nous assistons à une phase de transition sur la pluviométrie ces dernières années (Fig.2).

En effet, cette série nous montre que les années avant 1970 sont beaucoup plus pluvieuses que les années post 1970 dans tout le département d'Oussouye en particulier dans l'île de Carabane. Cela nous permet de dire que le département d'Oussouye y compris l'île de Carabane a subi les assauts de la sécheresse des années 1970, ce qui a été un tournant non négligeable sur la population mais aussi sur l'environnement. Cette phase correspond à la période des changements climatiques qui amplifient la vulnérabilité des ressources en eau.

II-LA TEMPERATURE

La température peut se définir comme la manifestation physique de l'énergie solaire dans l'atmosphère. Elle dépend de rayonnement solaire et du refroidissement imposé par les facteurs externes de l'environnement. Dans la caractérisation des variables climatiques, le choix de l'étude de la température est non négligeable.

Les données disponibles sur la température sont celles de la station de Ziguinchor du fait qu'Oussouye n'est pas une station synoptique, elle ne dispose donc pas des données sur la température.

Dans cette rubrique, nous allons montrer l'évolution de la température moyenne, maximale et minimale entre 1962 et 2012.

Tableau 3 : Evolution des températures moyennes en °C à la station de Ziguinchor 1962-2012

Descripteur	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tmax	19,6	20,3	21,3	27,4	24,7	25	24,4	26,4	27,7	28	23,4	20,9
Tmin	13,2	14,7	15,9	17,2	19,2	21,3	22,1	22,4	21,7	20,1	18,2	13,9
Tmoy	16,4	17,5	18,6	22,3	22	23,1	23,3	24,4	24,7	24	20,6	17
Am	6,4	5,6	5,4	10,2	5,5	3,7	2,3	4	6	7,9	5,2	7

(Source : ANACIM, 2013)

Pour les températures maximales (TX), le maximum principal se retrouve au mois d'octobre 28°C et le maximum secondaire au mois de septembre. Les minimums se situent entre Janvier 19°C et Février 20°C. Ces faibles températures coïncident donc avec la saison « fraîche » dite hiver boréale qui est sous l'influence de l'alizé maritime à Ziguinchor.

S'agissant des températures minimales TN, elles ont le maximum principal en août 22,4°C, le maximum second est : 21,7°C et se situe au mois de septembre. Le minimum principal est en janvier : 13,2°C et le minimum second en décembre avec 13,9°C. La moyenne des TN est de 18,3°C. Globalement les températures sont relativement basses même si par moment on observe de légères élévations de celles-ci. En Casamance comme dans l'ensemble des pays tropicaux, les températures varient très peu à l'échelle interannuelle.

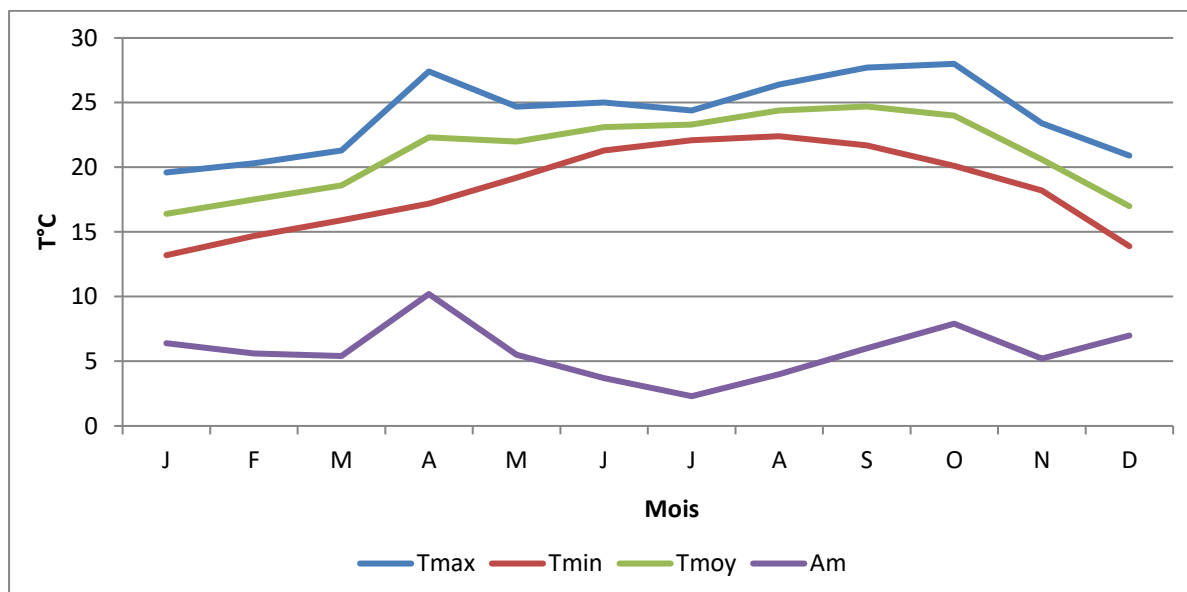


Figure 3 : Evolution de la température moyenne, maximale et minimale de 1962 à 2012 à la station de Ziguinchor

III-EVOLUTION L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE ET REELLE

L'étude de la variation des saisons des pluies est basée sur une analyse comparative des valeurs d'évapotranspiration potentielle (ETP) et réelle (ETR) au pas de temps mensuel (Tableau 4 et Figure 4). Les valeurs d'ETP et ETR ont été calculées par la méthode de Thornthwaite. Pour le calcul de l'ETR selon Thornthwaite, on admet que le sol est capable de stocker une certaine quantité d'eau (Réserve Utile : RU) et cette eau peut être reprise pour l'évapotranspiration par l'intermédiaire des plantes. La quantité d'eau stockée dans la réserve est comprise entre 0 (la réserve est vide) et 200 mm (la réserve est pleine) soit une moyenne de 100 mm (valeur de base utilisée dans cette étude). Cette quantité varie suivant les sols et sous-sols considérés. On admet que la satisfaction de l'ETP a priorité sur l'écoulement. Par ailleurs, la compétition de la réserve utile (RU) est également prioritaire sur l'écoulement. La démarche de calcul du bilan hydrologique selon Thornthwaite se fait à partir de la pluie (P) du mois, de l'évapotranspiration potentielle (ETP) et de la réserve utile (RU) suivant les deux règles suivantes :

- Si $P \geq ETP$: $ETR = ETP$

Ainsi, il restera une quantité d'eau (P-ETR) qui servira à la reconstitution des réserves d'eau du sol ;

- Si $P < ETP$: $ETR = P + RU$

Tableau 4 : Caractéristiques du bilan climatique

Descripteur	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP	103,5	109,2	160,4	164,8	185,9	168,4	149,6	130,3	132,5	153,5	145,2	85,5
Pluies	0,2	0,3	0	0	3,5	101	310,6	421,8	325,7	106,9	3,5	0,6
Bilan Climat	-103,3	-109	-160	-164,8	-182,4	-67,9	161,1	291,1	193,1	-46,6	-141,8	-81
R.U	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0
ETR	0,2	0,3	0	0	3,5	100,5	149,6	130,3	132,5	132,5	3,5	0,6

(Source : Analyse MANGA, 2019)

Ainsi, l'évapotranspiration va se réaliser non seulement sur la totalité des pluies, mais encore sur les réserves du sol.

Sur la période 1962-2012, l'évolution mensuelle de l'ETP et de l'ETR permet de définir les différentes périodes pluvieuses ou sèches. Si la période pluvieuse se définit par une superposition des courbes d'ETP et d'ETR (Fig.4), la période sèche elle est indiquée par la position de la courbe de l'ETP au-dessus de celle de l'ETR (N'guessan *et al.* 2014). Cette méthode qui vise à cerner les différentes périodes de l'année hydrologique, permet de souligner l'impact de la variabilité climatique sur la disponibilité en eau des bas-fonds et les activités agricoles.

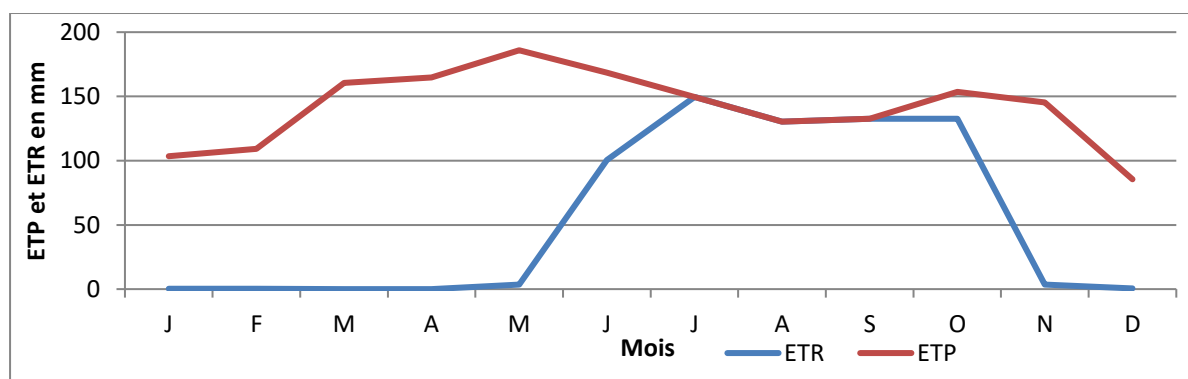


Figure 4 : Evolution de l'évapotranspiration potentielle et réelle de 1962 à 2012 à la station de Ziguinchor (Source : ANACIM, 2013)

IV. EVOLUTION COMPAREE DE L'EVAPOTRANSPIRATION ET DE LA PLUVIOMETRIE

La pluie est la principale source d'alimentation en eau du bassin versant de la Casamance et par extension de ses sous bassins. Depuis ces dernières décennies, les variations climatiques ont engendré des perturbations du régime pluviométrique dans toute la Casamance et se traduit par une importante ponction des stocks d'eau en surface sous l'effet de l'augmentation des températures et du rayonnement solaire. La zone sud-soudanienne enregistre 5 mois de pluies dont 3 ont d'importantes quantités (Juillet, Août et Septembre) il s'agit de la période dite humide. Cette inégalité ou encore la disparité entre mois humides et mois secs (Figure 5) explique en partie la difficulté de compenser les pertes d'eau par évaporation et celle à travers les usages. La figure 5 ci-dessous montre l'évolution de l'ETP par rapport aux précipitations.

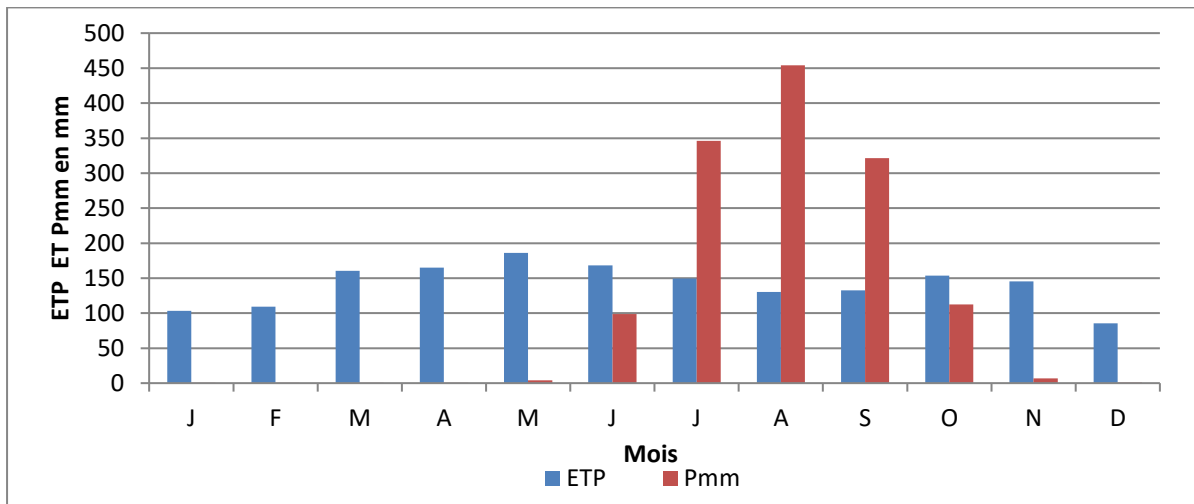


Figure 5: Evolution de l'ETP en fonction des pluies à la station de Ziguinchor de 1962 à 2012 (Source : ANACIM Ziguinchor)

V- L'HUMIDITE RELATIVE

L'humidité relative de l'air, ou degré hygrométrique, couramment notée ϕ , correspond au rapport de la pression partielle de la vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante (ou tension de vapeur) à la même température. Elle est donc une mesure du rapport entre le contenu en vapeur d'eau de l'air et sa capacité maximale à en contenir dans ces conditions. Ce rapport changera si on change la température ou la pression bien que l'humidité absolue de l'air n'ait pas changée. Elle est mesurée à l'aide d'un hygromètre

(HASSANE, 2012). La pression de vapeur saturante correspond à la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air saturé. La pression de vapeur saturante est une fonction croissante de la température. Elle est la pression maximale de vapeur d'eau que peut contenir l'air à une température et une pression déterminées. L'analyse et l'interprétation de l'Humidité relative de l'île de Carabane est basée sur les données de Ziguinchor (Fig.6).

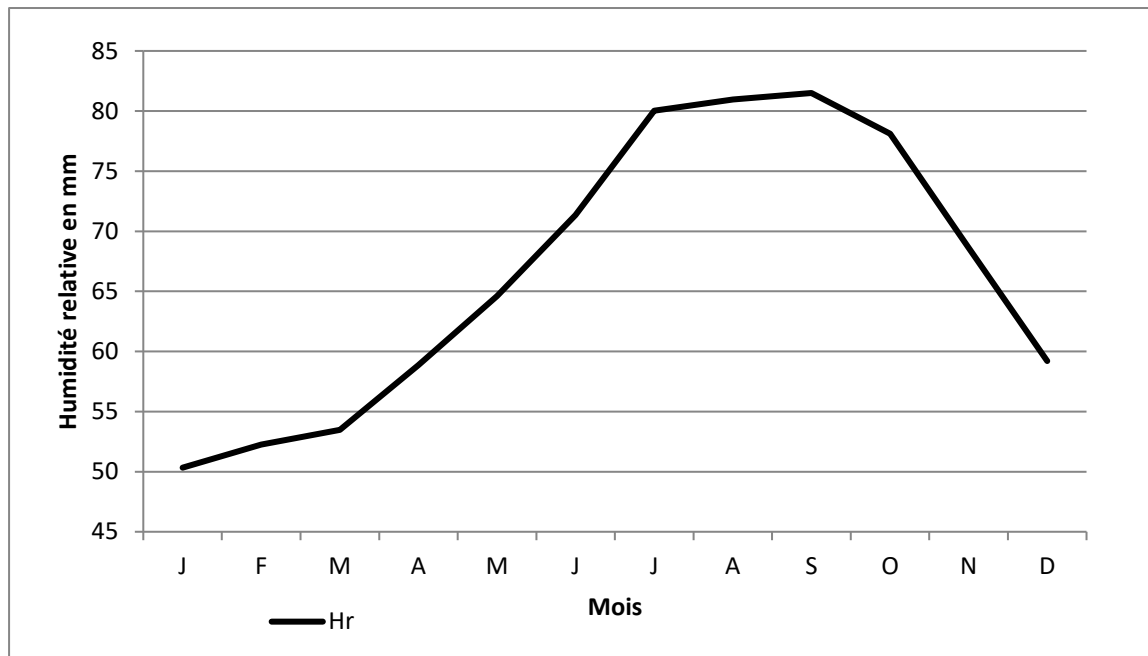


Figure 6 : Evolution de l'humidité relative dans la station de Ziguinchor entre 1962-2012 (Source : ANACIM, 2013)

Nous remarquons que l'humidité relative est très faible entre les mois de Décembre en Juin et elle est élevée entre le mois de juin et novembre dont le pic est enregistré en septembre alors que la valeur la plus faible est enregistrée en Janvier dans la série.

CONCLUSION

Globalement, l'analyse des caractéristiques d'écoulement montre que plusieurs facteurs entrent en jeu ou participent dans l'écoulement d'un bassin versant. Parmi ces facteurs, nous avons d'une part ceux qui sont favorables comme les précipitations qui d'ailleurs conditionnent l'écoulement d'un bassin et d'autre part les facteurs défavorables comme les températures qui exercent une ponction sur les eaux de surface.

CHAPITRE II: CARACTERISATION ET QUANTIFICATION DES RESSOURCES EN EAU SELON LA POPULATION LOCALE DANS L'ÎLE DE CARABANE

Dans ce chapitre, nous procédons à la caractérisation et à la quantification des types de ressources en eau existantes dans l'île de Carabane. Pour ce faire, nous nous sommes basés sur la perception de la population locale sur les ressources en eau.

I- PERCEPTION DE LA POPULATION SUR LES RESSOURCES EN EAU DANS L'ILE DE CARABANE

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 en eau 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, la baisse des pluies... (MAHE, 2006).

La pluie (ressource pluviale) est en général régulière dans l'île de Carabane mais elles sont vulnérables face aux menaces sans cesses des variations climatiques.

Les ressources superficielles sont représentées par le fleuve Casamance, le Cachouane bolong et le Ourong bolong. L'analyse de la figure 7 révèle que selon la population de Carabane, les ressources en eau sont abondantes dans l'île car parmi les 66 ménages interrogés, 92% 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.

En effet, selon la population de Carabane, ces types de ressources sont permanents à l'exception de la pluviométrie qui est saisonnière (Fig.7).

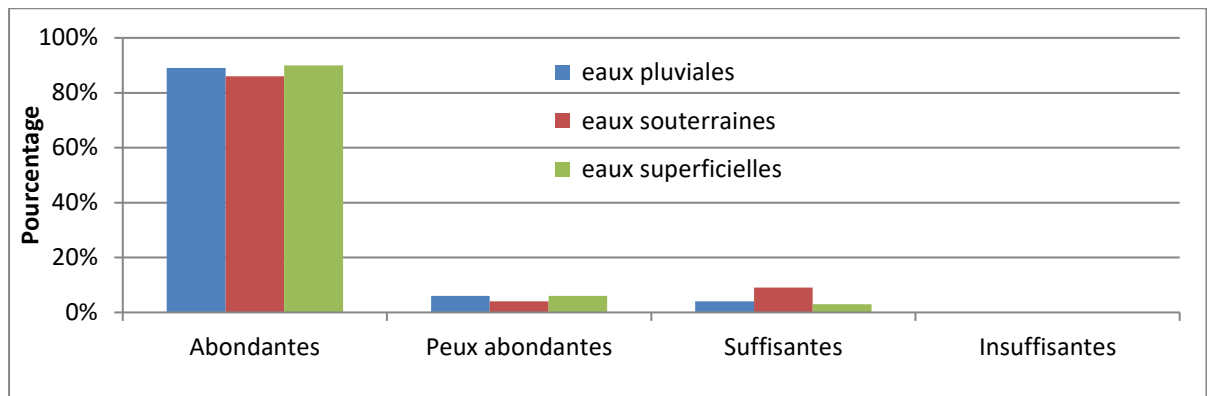


Figure 7 : Perception de la population locale sur les ressources en eau dans l’île de Carabane (Source : enquête MANGA2018).

Toutefois, la qualité reste à apprécier particulièrement surtout pour les ressources souterraines qui sont généralement saumâtres.

II. PERCEPTION DE LA POPULATION LOCALE SUR LA PLUIE DANS L’ILE 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 (Fig.8).

L’analyse de la figure 8, nous montre que sur 66 ménages interrogés, 89% ont jugé la ressource eau pluviale sont 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% estiment que cette ressource est suffisante car elle parvient à satisfaire au moins leur besoin en eau de pluie pendant toute l’année. Cependant un seul ménage déclare que cette ressource est insuffisante et qu’elle ne peut pas satisfaire les besoins quotidiens des ménages (Fig. 8).

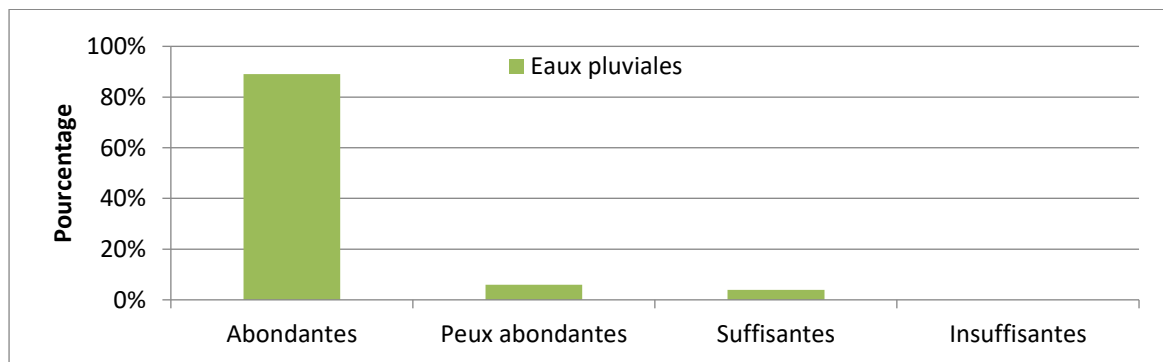


Figure 8 : Perception de la population locale sur les eaux pluviales dans l'île de Carabane. (Source : enquête MANGA 2018).

III. PERCEPTION DE LA POPULATION LOCALE SUR LES RESSOURCES EN EAU SUPERFICIELLE DANS L'ILE 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.

Sur la figure 9, nous avons remarqué que parmi les 66 ménages interrogés à Carabane, 91% ont pu constater un taux abondant des ressources en eau superficielle existantes dans l'île. 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. Par contre 3% des ménages interrogés soutiennent que les ressources en eau superficielle sont insuffisantes car cette ressource n'est pas potable et ne satisfait non plus les besoins quotidiens de la population Carabanoise.

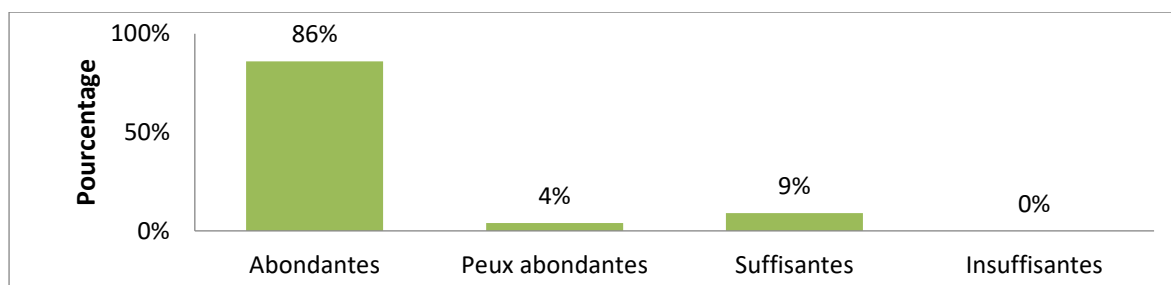


Figure 9: Perception de la population locale sur les ressources en eau superficielle dans l'île de Carabane (Source : MANGA 2018)

IV. PERCEPTION DE LA POPULATION LOCALE SUR LES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DANS L'ÎLE DE CARABANE

Nous avons constaté que parmi les 66 ménages interrogés à Carabane, 86% ont pu constater un taux abondant des ressources en eau souterraines existantes dans l'île. Ces derniers se sont basés sur le fait que la nappe est peu profonde. Mais 5% des ménages estiment que cette ressource est peu abondante. Selon eux, cela se justifie sur le fait que la qualité de cette ressource reste à désirer et 8% pensent que cette ressource est suffisante dans l'île. Par contre, 1% des ménages interrogés soutiennent que les ressources en eau superficielle sont insuffisantes car cette ressource n'est pas potable et ne satisfait non plus les besoins quotidiens de la population Carabanoise (fig.10).

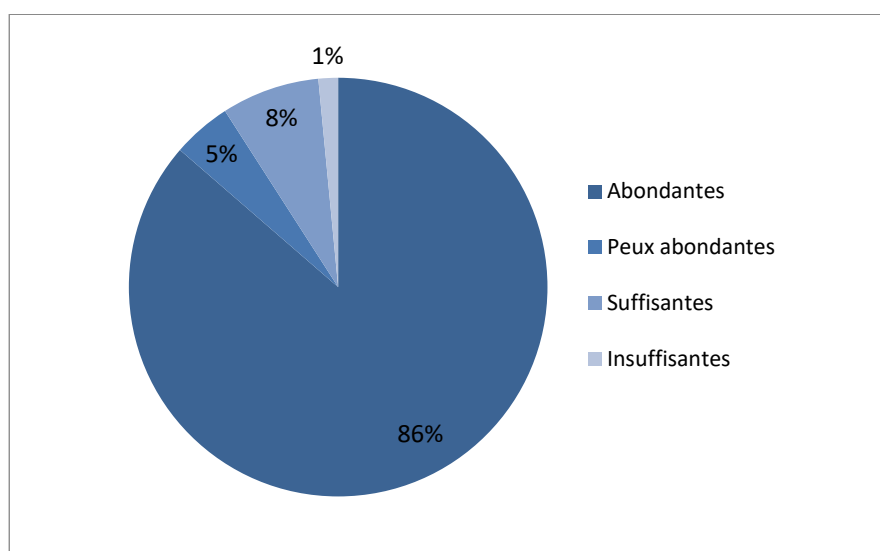


Figure 10: Perception de la population sur ressources en eau superficielle dans l'île de Carabane. (Source : enquête MANGA 2018)

CONCLUSION PARTIELLE

De façon générale, l'île de Carabane dispose d'une potentialité en ressource en eau très importante, en attestent les ressources superficielles qui entourent cette bande de terre. Cependant, avec toutes ces potentielles 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 île de Carabane.

TROISIEME PARTIE : IMPACTS DES FACTEURS NATURELS ET DES ACTIVITES SOCIOECONOMIQUES SUR LES RESSOURCES EN EAU

Dans cette partie, nous allons parler en premier lieu comment par le biais des facteurs naturels, le changement climatique impacte sur les ressources en eau de l'île de Carabane, puis en second lieu parler des liens existants entre les actions anthropiques et les ressources en eau dans cette même zone.

CHAPITRE I : IMPACTS DES FACTEURS NATURELS SUR LES RESSOURCES EN EAU DANS L'ÎLE DE CARABANE

En Casamance en particulier dans l'île de Carabane, les facteurs naturels de la variabilité climatique affecte les ressources en eau (ressource souterraine, pluviale et superficielle).

Selon la population locale, ces facteurs sont les plus distincts sur la vulnérabilité des ressources en eau dans l'île.

I. LES IMPACTS DES FACTEURS NATURELS 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 (Fig.11).

Selon les enquêtes menées dans l'île de Carabane, l'effet le plus marquant sur les ressources superficielles est l'érosion avec 95 % des réponses de la population enquêtée. L'augmentation des plans d'eau, l'élargissement des lits du fleuve et la salinisation des marigots impactent aussi sur la disponibilité en eau dans l'île de Carabane(Fig.11).

En d'autre terme, les facteurs naturels ont favorisé l'augmentation du niveau du fleuve dans l'île de Carabane qui se traduit par une accélération de l'érosion et une salinisation déterminante des marigots dans l'île.

L'île de Carabane est très marquée par l'érosion côtière. Les indices de l'érosion du littoral combinés à l'élévation du niveau de la mer sont bien visibles. En moins d'une vingtaine d'années donc, la mer a gagné plusieurs mètres sur la terre ferme (KANE, 2007), obligeant des familles à se déplacer, la population à abandonner certaines rizières, champs et bois sacrés. L'industrie touristique est affectée par la destruction d'infrastructures souvent coûteuses. L'échelle d'érosion est telle que beaucoup de petits hôteliers ont dû se reconvertir, alors que les plus nantis essaient de lutter à leur manière contre ce phénomène.

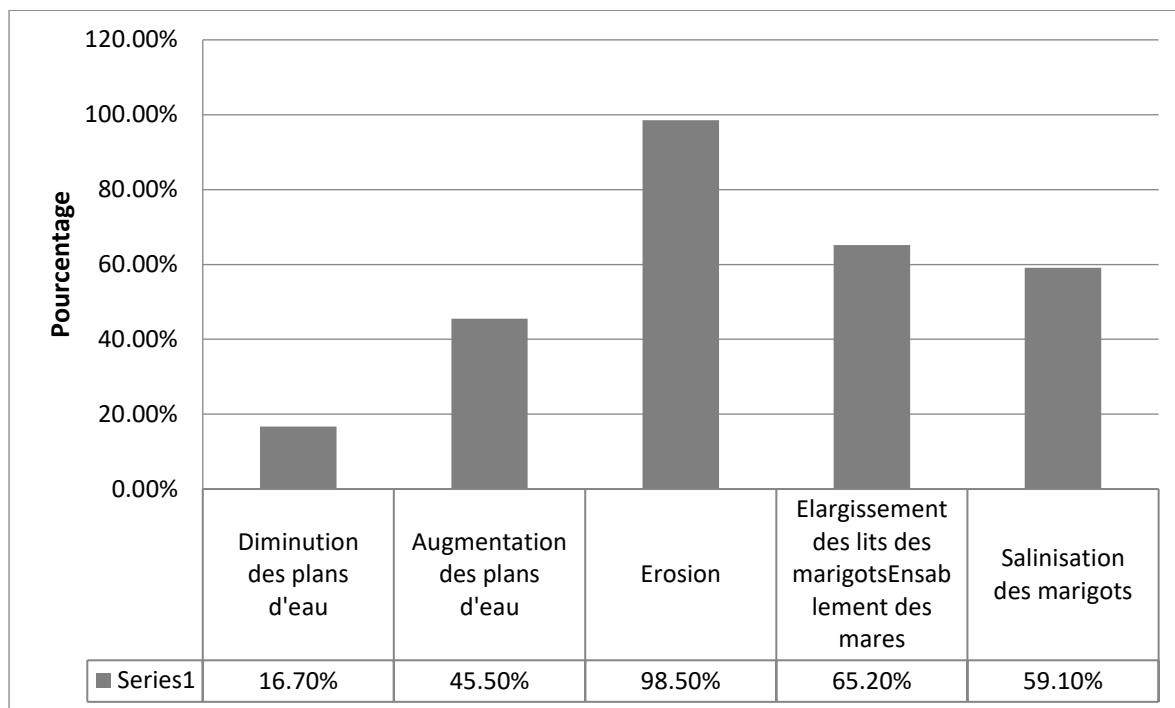


Figure 11 : Les effets de la variabilité climatique affectant les ressources superficielles (source : Enquête MANGA 2018)

Ainsi cette érosion (photo. 2 et 3) est accompagnée par la remontée sans cesse des eaux du fleuve dans la terre ferme. En effet pendant la période des hautes marées, nous remarquons un envahissement des eaux du fleuve dans certaines parties de l'île comme en témoigne cette maison sur (photo. 4) qui est sous les eaux durant la marée haute dans l'île de Carabane. Mais aussi durant cette même période avec l'effet de la puissance des vagues, nous notons le terrassement de quelques arbres (photo. 5) dans l'île de Carabane.



Photo 2 : Erosion à Effrane (source : MANGA 2018)



Photo 3 : Erosion dans l'île de Carabane (source : MANGA 2018)



Photo 4 : Envahissement des eaux du fleuve dans une maison durant les hautes marées (source : MANGA 2018)



Photo 5 : Arrachement de quelques arbres à Kafar (source : MANGA 2018)

Aujourd'hui, le dysfonctionnement hydrologique fait que le fleuve Casamance fonctionne comme une véritable ria caractérisée par de fortes concentrations de sel affectant

significativement les marigots connexes existants dans l'île de Carabane mais aussi la salinisation des terrains adjacents.

En effet, l'intrusion marine est un phénomène très remarqué dans l'île. Avec un régime hydrologique très déficitaire et une faible pente favorisent cette intrusion pratiquement permanente des eaux marines qui se concentrent pendant presque les huit mois de la saison sèche. Par conséquent ce déficit pluviométrique a conduit à :

- ✓ Une augmentation de la salinité des nappes et des sols atteignant des valeurs deux fois supérieures à celle de l'eau de mer ;
- ✓ Un assèchement rapide de certains puits pendant la saison sèche ;
- ✓ Une baisse progressive du niveau des nappes pendant cette même saison...

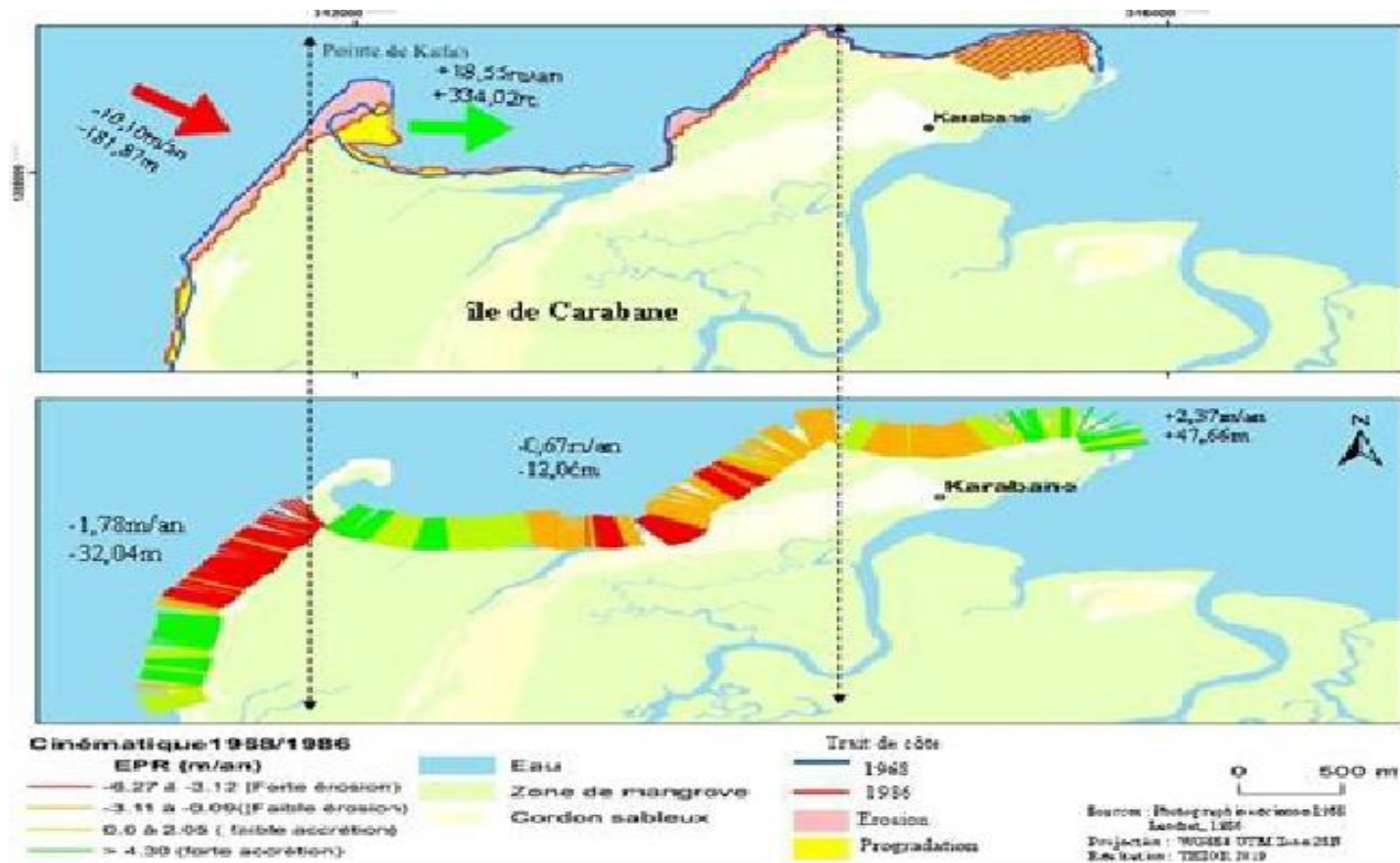
Sur le plan écologique, l'on assiste, depuis, à un taux très élevé de mortalité végétale ainsi qu'une intrusion marine très avancée au niveau des rizières. Ce qui, au demeurant, les rend impropres à l'agriculture. Ainsi, la riziculture, pilier de l'économie agricole dans la zone, risque de disparaître. Faute de rizières, la dynamique érosive a aussi pour conséquence, l'ensablement notamment du chenal qui mène à Ziguinchor, la salinisation des terres et l'engloutissement des rizières.

Évolution du trait de l'île de Carabane de 1986 à 2017

La particularité du secteur analysé est son ouverture sur l'embouchure où l'hydrodynamisme est similaire à celui de la frange côtière. Outre que cette particularité estuarienne, le segment mesuré est caractérisé par la présence d'une flèche sableuse de direction tantôt sud-nord tantôt ouest-est. Cependant nous allons voir comment le trait de côte de l'île de Carabane a évolué entre 1986 et 2017.

✓ **Évolution du trait de côte entre 1968 et 1986**

La figure suivante nous indique l'évolution du trait de côte et la représentation statistique du secteur Carabane entre 1968 et 1986. Les mesures entre les deux traits de côte (entre 1968 et 1986) montrent une variation contrastée. C'est ainsi que, par endroits, on observe des phases d'érosion et des phases d'accrétion. En revanche, il faut noter que les variations de la limite supérieure de la végétation sont relativement faibles et dépassent légèrement les marges d'erreur. C'est au niveau de la pointe de la flèche qu'on observe une évolution importante de la variation du trait de côte (carte 4).



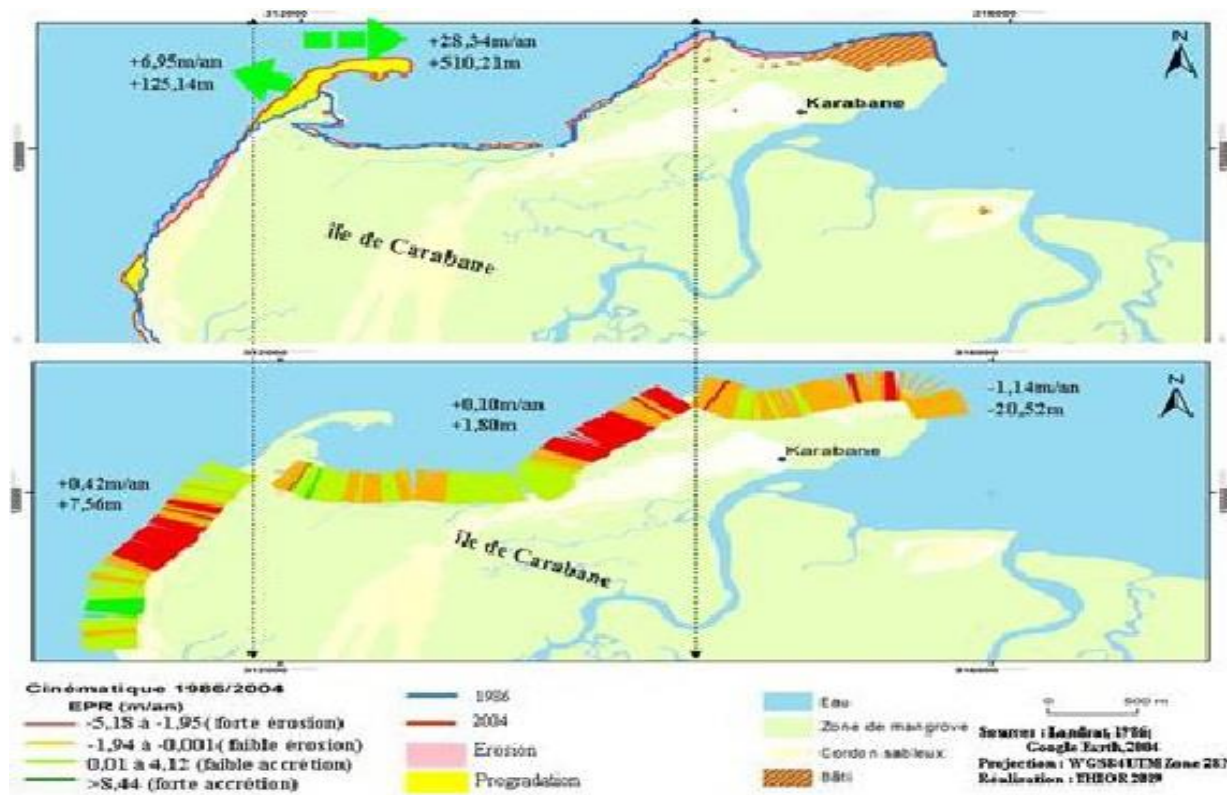
Carte 4 : Évolution du trait de côte et représentation statistique du secteur Carabane entre 1968 et 1986 (source : THIOR, 2019)

C'est pourquoi, dans la partie sud-ouest de l'île de Carabane, on enregistre, malgré la présence d'une accrétion, une érosion moyenne de -1,78 m/an, soit une perte linéaire de -32,04 m. Par ailleurs, à la pointe de la flèche de Kafah, l'érosion est accélérée avec un recul moyen de -10,10 m/an estimé à 181,87 m sur une période de 18 ans (THIOR, 2019). La progression à l'Est est de +334,02 m, soit une progression de +18,55 m/an sur la même période.

Au nord du secteur, l'absence de flèche réduit la vitesse d'évolution du trait de côte. Quant à la partie Est du secteur, moins exposé aux risques marins, connaît globalement une progression de 42,66 m, soit +2m/an (THIOR, 2019), même si parfois dans des endroits on observe des phases d'érosion au niveau de cette partie du secteur Est de l'île.

✓ **Évolution du trait de côte entre 1986 et 2004**

. A la dissimilitude de la première période, où on a constaté une érosion à la base de la pointe de Kafah et une accrétion de celle-ci vers l'est, la période de 1986-2004 est caractérisée par une progradation de la flèche. Cette dernière s'est faite sur deux directions différentes. La première, orientée vers l'ouest, permet un développement de la largeur du cordon de la flèche, tandis que la seconde, en direction vers l'est, entraîne sa progression longitudinale (Carte 5).



Carte 5: Évolution du trait de côte et représentation statistique du secteur Carabane entre 1986 et 2004 (source : THIOR, 2019).

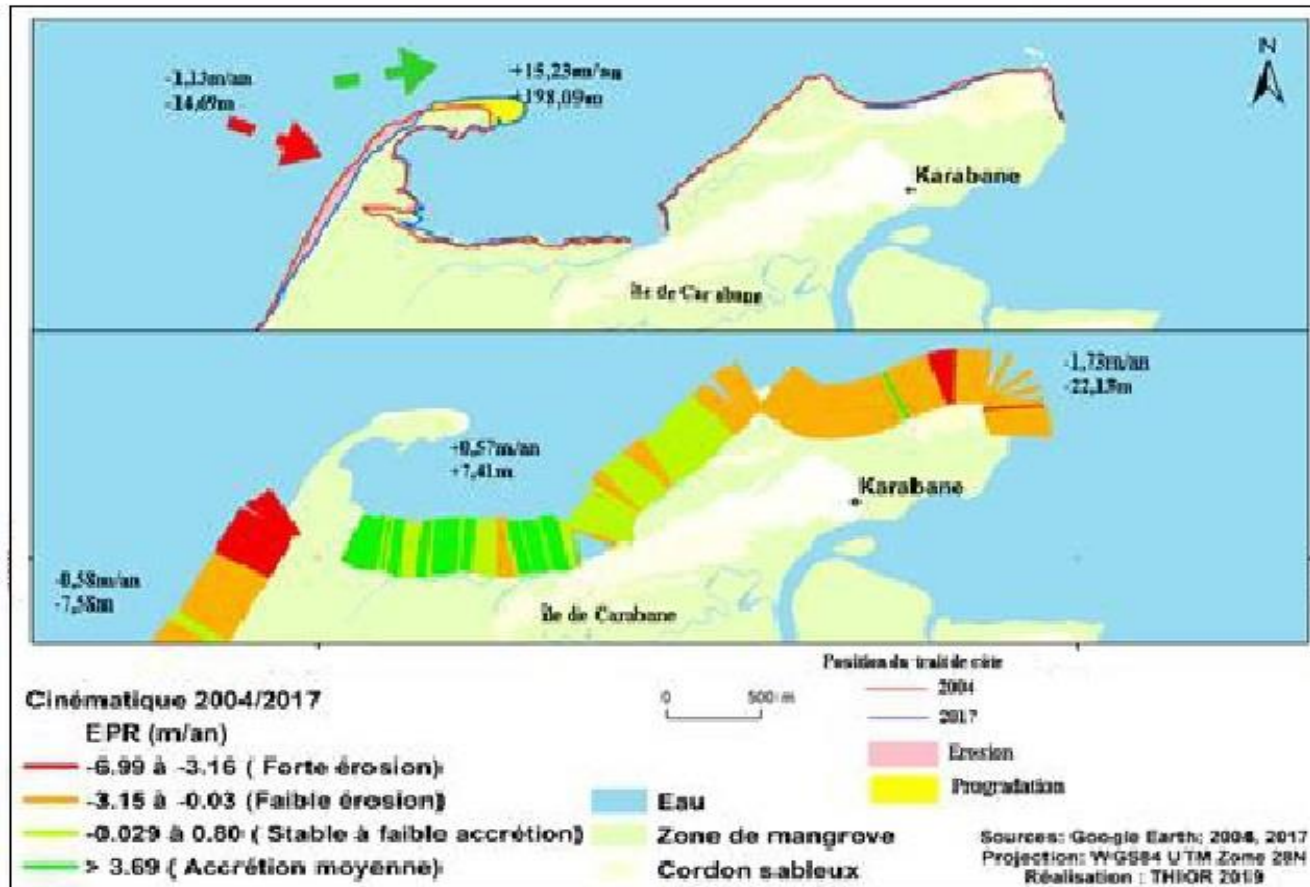
Par ailleurs, au sud de cette accumulation de sable, se manifeste une érosion significative qui explique la sédimentation au nord. Par conséquent, les mesures de l'indice EPR entre les traits de côte montrent une augmentation de l'épaisseur de la pointe de Kafah estimée à + 6,95 m/an en moyenne, soit 125,14 m entre 1986 et 2004 (THIOR, 2019) alors que la progression vers l'Est laisse voir une vitesse moyenne plus rapide. En effet, cette vitesse est de +28, 34m/an en moyenne. Elle permet alors à la pointe de progresser de 510,21 m vers l'Est sur la période observée, soit en direction de l'amont du fleuve Casamance.

Au nord du segment, le secteur est relativement en équilibre, car il ne progresse que de +1,80 m, soit une accrétion de +0,10 m/an, ce qui ne peut être considéré puisqu'inclus dans la marge d'erreur. De la même manière, les résultats dans la partie Est, où la vitesse de l'érosion est bien importante, parce qu'elle atteint en moyenne -1,14 m/an, mais toujours interprétable, sont compris dans la marge d'incertitude.

Cette partie du secteur semble être la partie la moins exposée en raison de la protection naturelle de la pointe de Kafah, mais aussi de la présence du banc de sable à l'Est. Par conséquent, la vitesse des courants de transport sédimentaire est réduite par ces deux extrémités.

✓ **Évolution du trait de côte entre 2004 et 2017**

Par contre, concernant la période 2004-2017, nous remarquons des plages en équilibre le long du segment. Ainsi, la zone dynamique reste le cordon et la pointe de la flèche sableuse (Carte 6).



Carte 6 : Évolution du trait de côte et représentation statistique du secteur Carabane entre 2004 et 2017 (source : THIOR, 2019).

La flèche prend définitivement une direction ouest-est avec une forte érosion de sa partie sud-ouest. En plus, la vitesse d'érosion à ce niveau fait que l'ensemble du système paysager de la flèche roule sur elle-même et entraîne un recul considérable de plage.

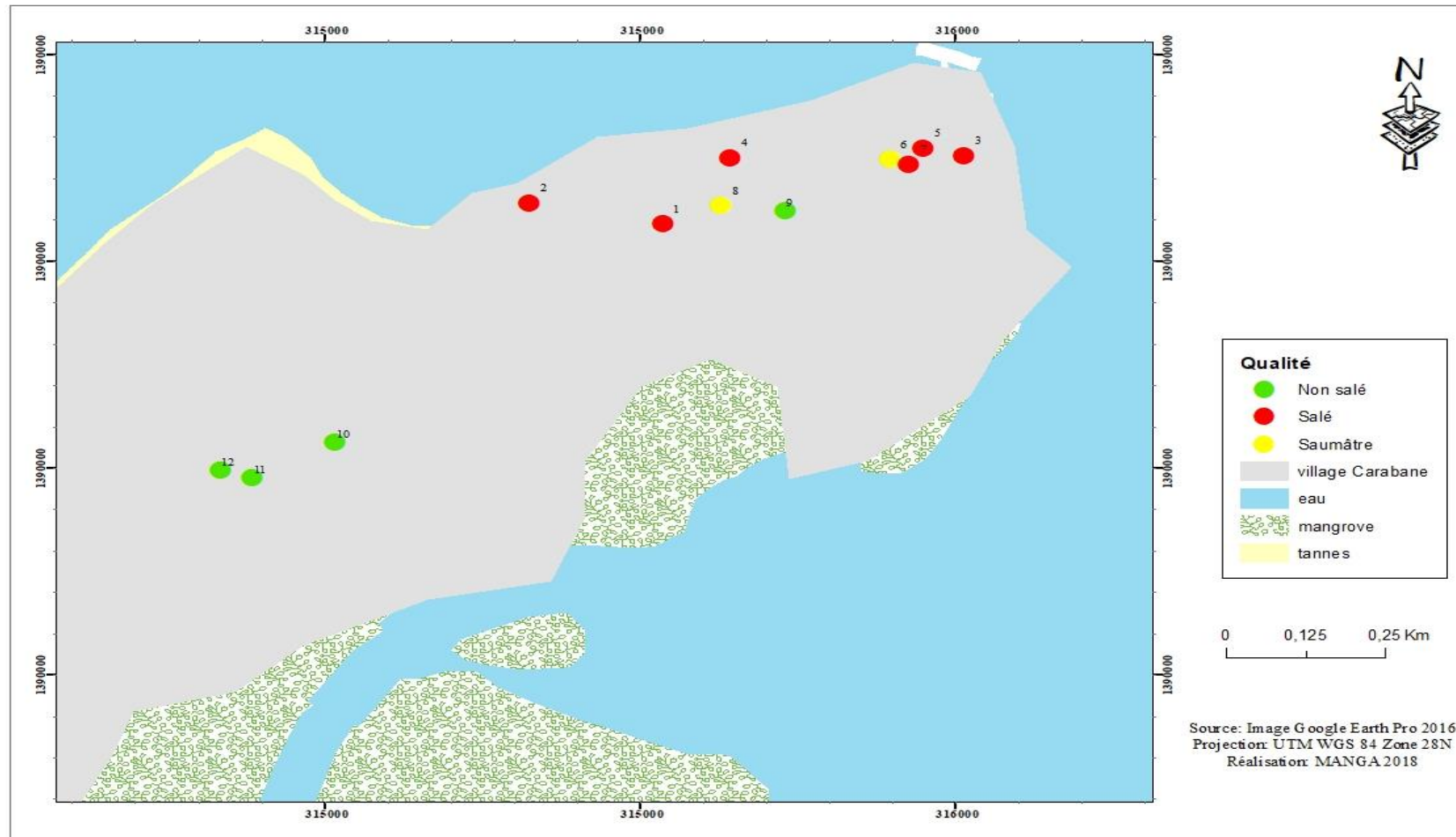
À ce rythme d'érosion, une possible ouverture naturelle risque de se produire et créera une rupture de la flèche (THIOR, 2019). Par ailleurs, l'accumulation de ces sédiments arrachés à ce niveau puis déposés à la pointe lui donne une orientation ouest-est. Cette progression de la pointe sableuse est de +198,09 m, soit une moyenne de +15,23 m/an.

En revanche, à l'est du segment mesuré, l'érosion s'est accélérée, mais avec une durée moins longue que celle qui l'a précédée. En effet, au cours de cette période, des infrastructures ont été installées modifiant l'hydrodynamisme naturel. Il s'agit du ponton et de ses extensions qui font que la plage à ce niveau ne recule pas de manière homogène. De ce fait, ces infrastructures de protection créent des mécanismes qui freinent le courant qui doit transporter le sable vers les plages voisines (ouest et est de l'infrastructure). Par conséquent, l'équilibre est à ce niveau rompu, car il part davantage plus de sable dans large qu'il n'en arrive au rivage. Ainsi, on enregistre un recul en moyenne de -1,73 m/an, soit une régression moyenne de -22,13 m en 13ans.

En somme, l'étude du trait de côte de 1968 à 2017 nous montre que le littoral fluvio-marin de Carabane a connu des phases d'érosion et d'accrétion. Ainsi, la partie sud-ouest de l'île est marquée par un léger bilan positif, malgré la forte érosion du cordon de la flèche. Cette faible progression est de +0,42 m/an, tandis qu'au nord du secteur la progression de la pointe de Kafah vers l'est a dissimulé les rares endroits érodés. Par conséquent, le bilan de l'évolution est de +1,07 m/an. En revanche, dans la partie nord-est, le bilan reste globalement négatif avec un recul en moyenne de -0,91 m/an

II. LES IMPACTS DES FACTEURS NATURELS 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 vulnérables et dont les conséquences sont sans équivoques. Nous avons pu faire des analyses et la cartographie de certains puits du village de Carabane (carte 7).



Carte 7: Localisation des différents puits analysés dans le village de Carabane

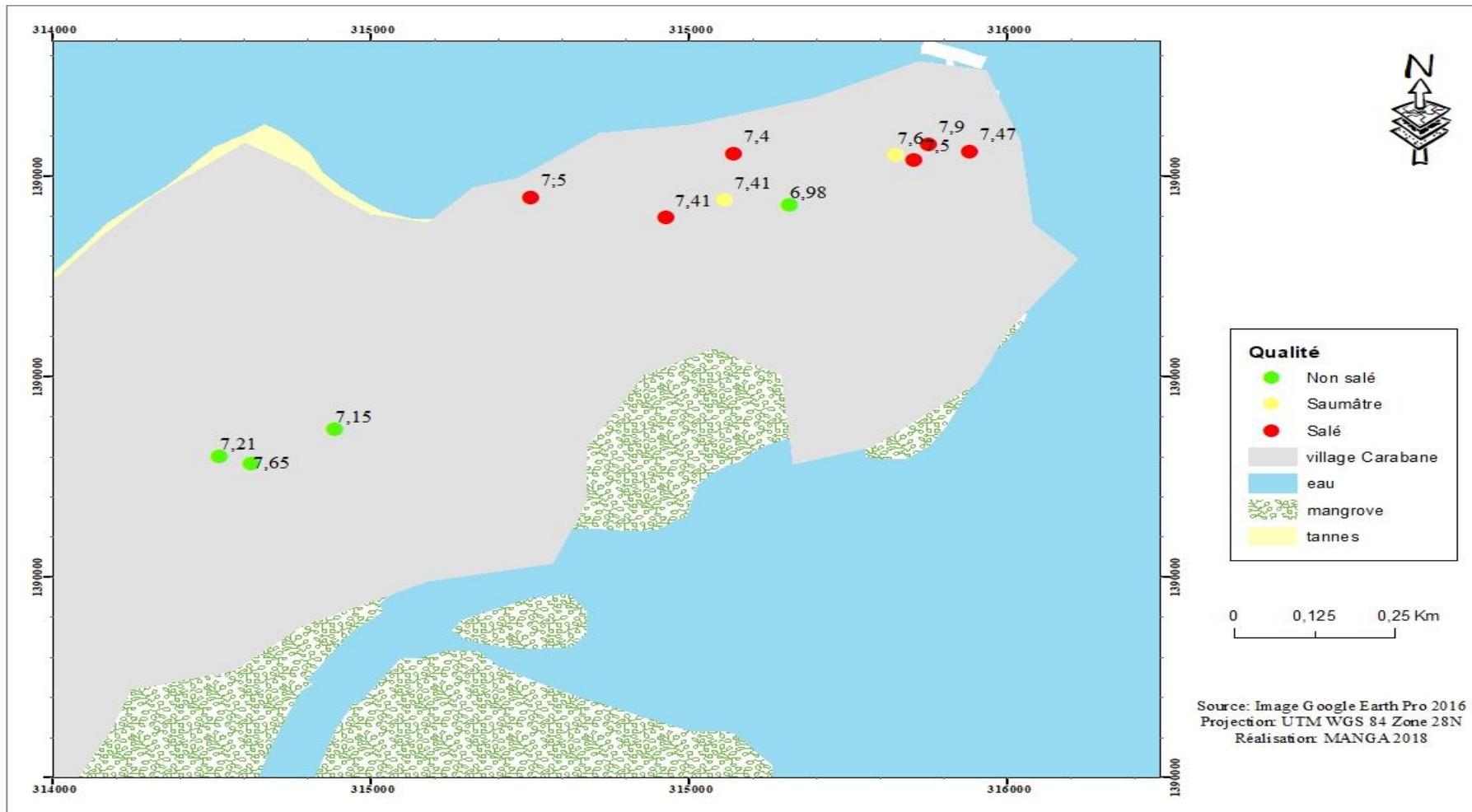
Dans le village de Carabane, les puits, le forage et l'eau de pluie constituent les principales sources d'approvisionnement en eau de consommation. Afin de déterminer la qualité des eaux consommées par les populations du village de Carabane, un échantillonnage a été réalisé dans le village, sur 28 puits pendant le mois d'Octobre 2018, et les analyses physicochimiques effectuées. Le pH, la température, la salinité et la conductivité ont été mesurés sur le site de prélèvement. Sur le plan physico-chimique les résultats obtenus montrent que parmi les éléments analysés la majorité des échantillons prélevés sont hors normes (Organisation Mondiale de la Santé) (tableau 5). Le tableau 5, nous montre que les puits qui sont plus proche du fleuve sont les plus salés. Cela est dû par l'intrusion marine, le contact direct entre les eaux du fleuve et les eaux de la nappe. Dans le graphique 14 nous avons essayé de voir comment se comporte le pH en fonction de la salinité de même que la conductivité et la température (fig.12).

Tableau 5: Résultats des analyses des paramètres hydrologiques de 12 puits dans le village de Carabane.

PARAMETRES	Salinité (mg/L)	pH	Conductivité (mS)	Température (°C)
ELEMENTS				
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
Puits 4 (Chez Hélène)	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

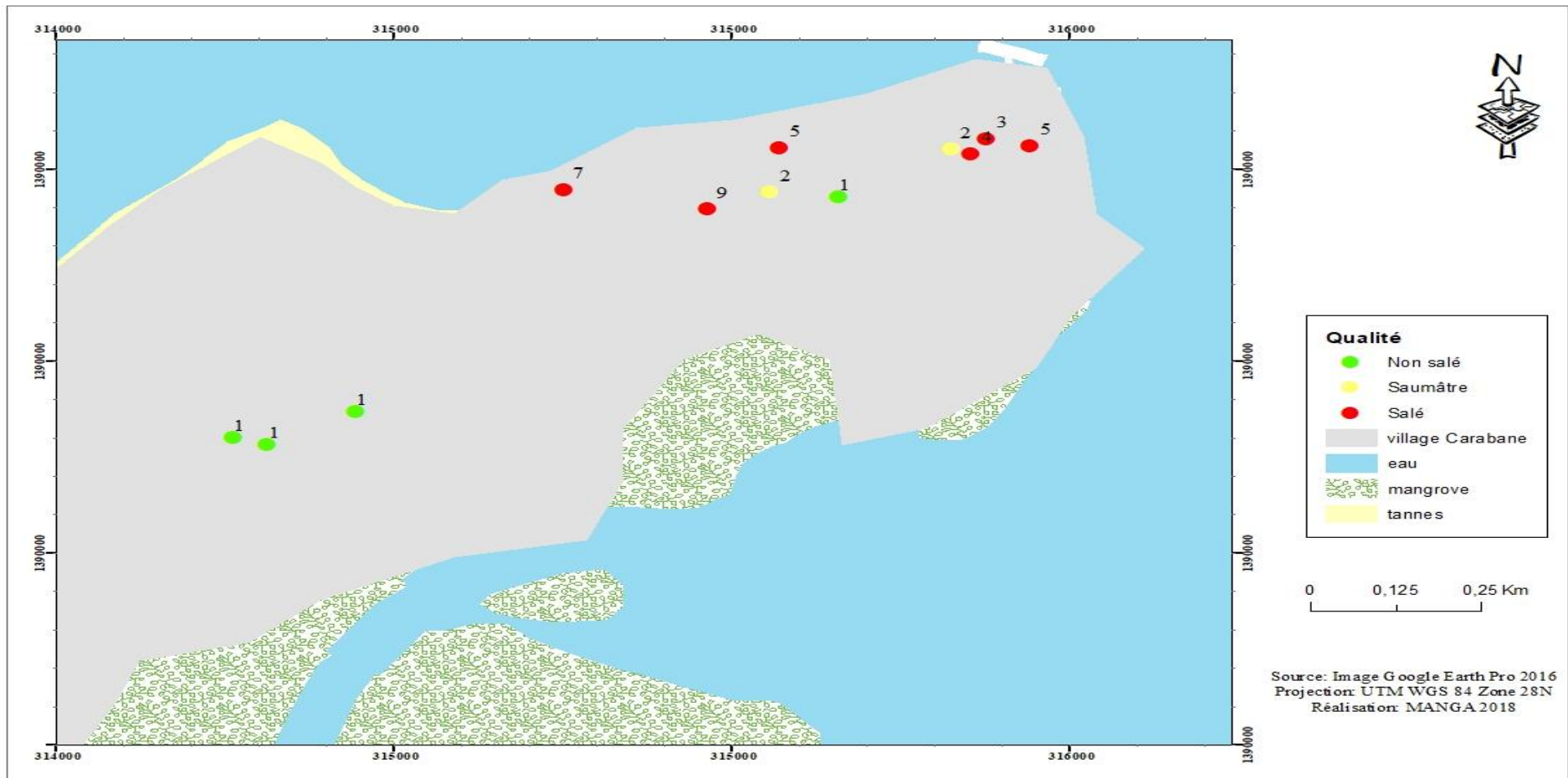
Source : Analyse MANGA 2018

En effet, nous avons constaté que le pH est légèrement alcalin dans presque tous les puits analysés dans île. Cela est en rapport direct avec la salinité de ces puits car le sel détermine le caractère alcalin de l'eau (Carte 8).



Carte 8: Qualité des eaux de puits analysés en fonction du pH dans le village de Carabane

Cette graphique nous permet en d'autre terme de justifier que les puits les plus proches du fleuve sont les plus salés de l'île à l'exception du puits de l'école spéciale qui est proche du fleuve et pas aussi salé que les autres puits (carte 9).



Carte 9: Qualité des eaux de puits analysés en fonction de la Salinité dans le village de Carabane

En effet, nous remarquons que le pH évolue en fonction du taux de salinité des puits car ceux qui ont un taux de salinité sensiblement élevé, ont un caractère sensiblement alcalin. C'est le cas des puits (Héllena, Badjicounda, Baracouda etc.), qui longent le long du fleuve. Par contre les puits qui sont un peu éloignés du fleuve, ont un pH sensiblement neutre donc un taux de salinité sensiblement faible. Parmi ces puits nous avons celui du mini forage, les puits du CEM dont les analyses physico-chimiques de l'eau nous montrent que ces puits ont un taux de salinité pratiquement nul. Alors nous pouvons caractériser cette eau comme étant une eau douce (Fig.12).

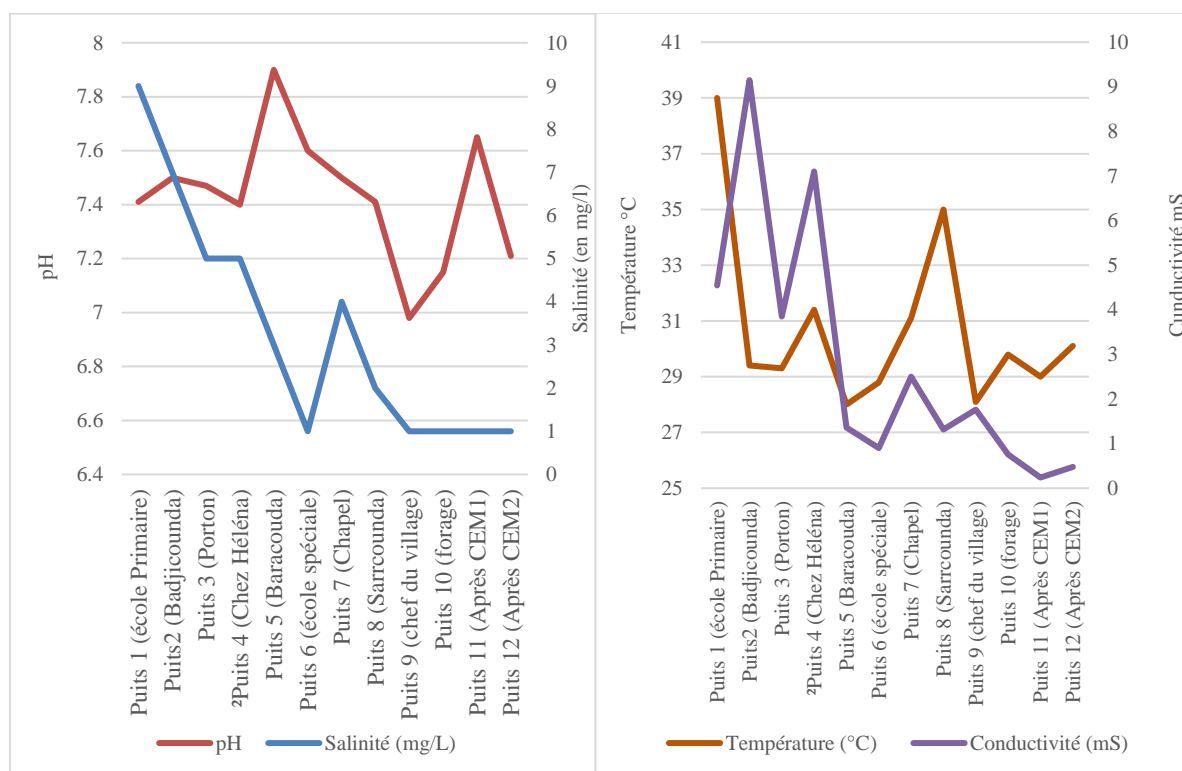


Figure 12 : Taux de salinité, du pH, de la conductivité et de la température de 12 puits dans le village de Carabane

Ces résultats trouvés viennent justifier le raisonnement de la population locale qui lors des enquêtes soutiennent que les puits de l'île sont contaminé (carte 5) par les eaux du fleuve à défaut les puits qui sont dans la forêt et près du CEM comme le forage (fig.12)

L'analyse de la figure 13 montre que la population locale estime que l'intrusion marine (93,3%), la rareté des pluies et l'augmentation de la température sont les principales manifestations de la variabilité climatique sur les ressources en eau souterraines. En effet, l'eau douce trait marquant du paysage en Casamance, a beaucoup contribué à l'émergence d'une civilisation agraire d'ingénieurs riziculteurs surtout en Basse Casamance et à façonner les paysages.

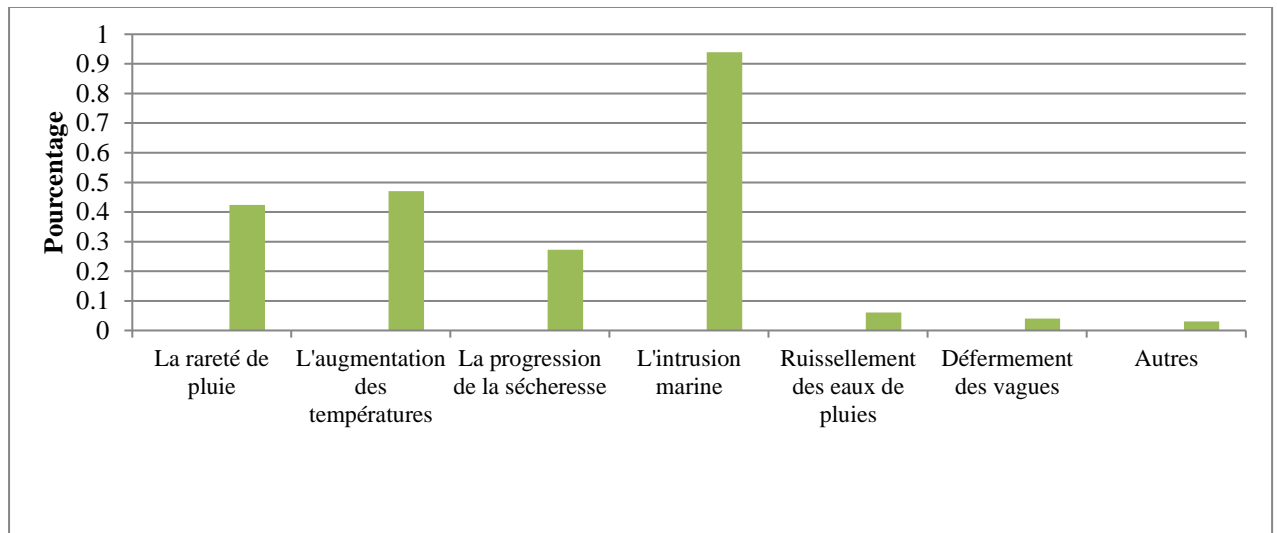


Figure 13: Les manifestations de la variabilité climatique affectant les ressources souterraines (source : MANGA 2018)

Aujourd'hui, le déficit pluviométrique fait que le fleuve Casamance fonctionne comme une véritable ria caractérisée par de fortes concentrations de sel sur l'essentiel du fleuve affectant significativement les terrains adjacents (DACOSTA, 1989). La salinisation des eaux du fleuve remonte jusqu'à atteindre le continent, particulièrement l'île de Carabane. 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, nous notons 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).

Cependant avec le problème pluviométrique que subit la Basse Casamance, le processus d'évaporation des eaux de surface et des nappes souterraines est accéléré de plus

en plus. Cette forte évaporation des eaux provoque une perte et une descente des aquifères vers les profondeurs conduisant à l'intrusion suivie par une contamination des eaux douces des nappes superficielles qui alimentent la végétation et les sols. Ce processus est très remarqué au niveau de l'île, en particulier dans les espaces plus proches des eaux du fleuve et de ses marigots

Alors avec le taux de sel du fleuve qui est très élevé, par l'intermédiaire de la remontée capillaire et de l'intrusion marine, l'eau douce de ces nappes se transforme en eau saumâtre dans l'île de Carabane. Cela a des conséquences non négligeables au niveau de la population de Carabane.

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. Cela a des conséquences sur la santé des personnes qui consomment cette eau. Elles sont soumises à un risque d'attaque de plusieurs maladies telles que la diarrhée, le choléra et certaines infections liées à l'eau. Par contre certains préfèrent faire des kilomètres pour trouver de l'eau douce, c'est-à-dire se déplacer jusqu'à Elinkine pour acheter de l'eau douce puis la transporter avec une pirogue. Mais cette stratégie est trop coûteuse car chaque bidon de 20 l est évalué dans le transport. C'est ainsi que certains ont choisi d'aller chercher de l'eau au niveau du mini forage près du CEM à environ 1 km du village. Le problème majeur de cette alternative est que cette eau est trouble alors la qualité reste à désirer (photo. 6 et 7).



Photo 6 : Couleur sombre de l'eau d'un puits dans l'île de Carabane (source : MANGA, 2018)



Photo 7 : Conservation à l'air libre des eaux puisées dans le mini forage dans du village de Carabane (source : MANGA, 2018)

Le mini forage est localisé au niveau de la forêt de Carabane précisément à côté du CEM. C'est dans cette zone qu'on peut de nos jours trouver de l'eau douce car tous les autres puits qui existent dans le village sont saumâtres voir salés à l'exception du puits de l'école spéciale (carte.6). Ainsi dans le village, les puits qui y existent, sont utilisés pour des fins domestiques.

Cependant, dans l'île de Carabane ce n'est pas seulement la salinisation des nappes qui est la seule conséquence des facteurs naturels de la variabilité climatique qui existe dans cette île. Il existe d'autres impacts néfastes tels que le tarissement des puits durant la saison sèche (photo.9) mais aussi la couleur rougeâtre de certains puits qui peut avoir des conséquences non négligeables sur la qualité (photo. 8).



Photo 8 : Couleur rougeâtre d'un puits dans le village de Carabane (source : MANGA, 2018)



Photo 9 : Puits asséché pendant la saison sèche dans le village de Carabane (source : MANGA, 2018)

III. LES IMPACTS DES FACTEURS NATURELS SUR LES RESSOURCES EN EAU PLUVIALES DANS L'ILE DE CARABANE

En se basant sur les enquêtes, 81% 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% de ces ménages déclarent qu'ils observent une baisse de la pluviométrie. Selon eux, les seules raisons de cette diminution sont les impacts de la variabilité climatique.

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 couvraient 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. Cela se traduit par les valeurs actuelles de pluies enregistrées dans la zone particulièrement dans l'île. Ainsi, les facteurs naturels des changements climatiques ont beaucoup contribué à la baisse de cette ressource en eau pluviale. Nous recensons comme impacts majeurs dans cette zone :

- ✓ la baisse progressive des totaux pluviométriques dans l'île ;
- ✓ un retard fréquent de la saison des pluies ;

- ✓ un arrêt brusque de la saison des pluies ;
- ✓ une réduction de la durée de la saison ;
- ✓ une pluviométrie qui ne favorise plus la pratique de l'agriculture dans cette île conduisant certains cultivateurs à abandonner leurs parcelles, car cette réduction des totaux pluviométriques favorise la remontée capillaire conduisant à la salinisation des terres cultivables mais aussi à la contamination des nappes par le sel.
- ✓ l'assèchement rapide des puits pendant la saison sèche dû à la baisse ou au retard de la pluviométrie

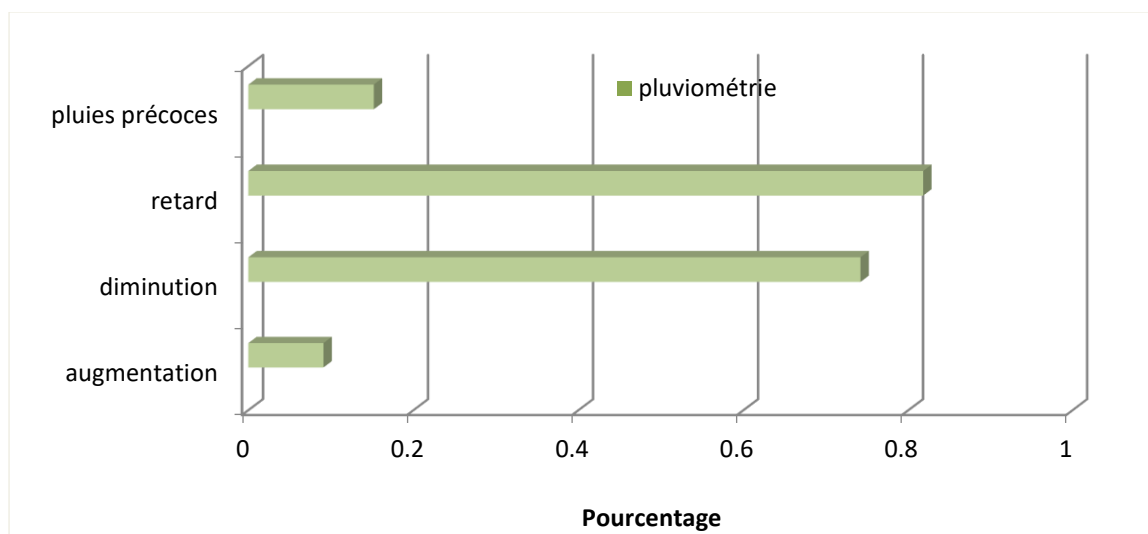


Figure 14 : Perception de la population de l'île de Carabane sur la pluviométrie
(source : Enquête MANGA 2018).

CONCLUSION PARTIELLE

En conclusion, dans ce chapitre, nous montrons que les facteurs naturels de la variation climatique favorisent sans cesse la vulnérabilité des ressources en eau dans l'île de Carabane. Cela se justifie par l'étude du trait de côte qui nous montre comment le trait de côte à évoluer entre 1984 et 2017. Mais aussi cela peut se justifier par les autres études comment l'analyses des paramètres physico-chimiques de l'eau des puits qui montre l'ampleur des impacts des facteurs naturels sur la vulnérabilité des ressources en eau.

CHAPITRE II : IMPACTS DES ACTIVITES SOCIOECONOMIQUES 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 croissance urbaine et les transformations du paysage telles que la déforestation. Chacune d'elles a un impact qui lui est propre, le plus souvent directement sur les écosystèmes, avec des répercussions sur les ressources en eau.

C'est pour cette raison que les facteurs anthropiques jouent un rôle très important dans l'accélération du processus de la vulnérabilité des ressources en eau face aux changements climatiques dans l'île de Carabane (fig. 15). En effet, selon la population locale de Carabane, leur part de responsabilité sur ce problème est non négligeable du fait de leur niveau de vie très sensiblement accompagné d'une croissance démographique élevée de la population, etc.

Sur la figure 15, nous constatons que les facteurs anthropiques participent à l'accélération de la vulnérabilité des ressources en eau dans l'île de Carabane. Comme facteurs, on peut noter la souillure ou pollution (51.5%), l'augmentation des besoins en eau due à la hausse de la population (36.4%), la pauvreté (37.9%), la sur-utilisation des ressources en eau (33.3%) mais aussi l'utilisation et gestion ancienne de ces ressources (24.2%)

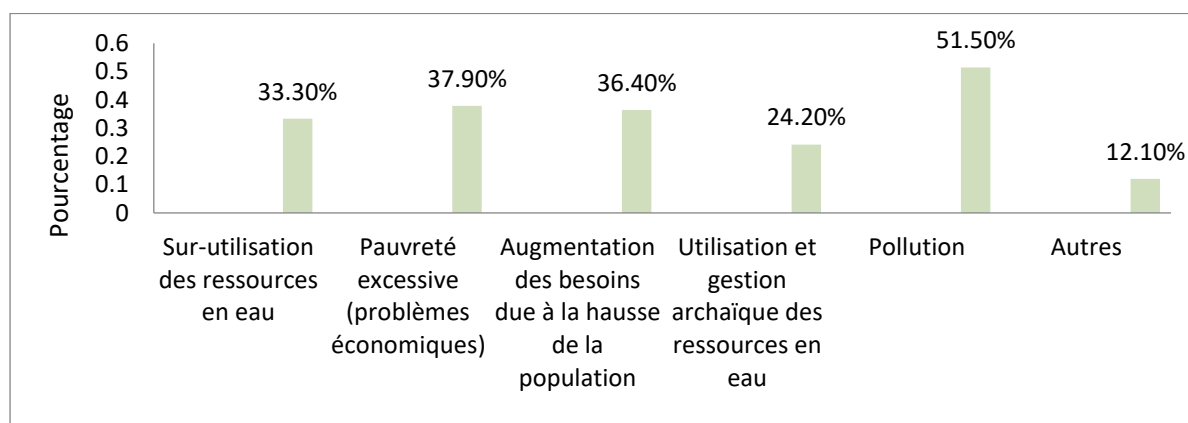


Figure 15: Les facteurs anthropiques impactant les ressources en eau dans l'île de Carabane (source : Enquête MANGA 2018)

I. LA SOUILLURE OU LA POLLUTION DU LIT MAJEUR DU FLEUVE ET DES BOLONGS DANS LE VILLAGE DE CARABANE

La souillure ou la pollution est le fait de jeter un produit potentiellement toxique 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 de ces ressources en eau qui les rendent très vulnérables face aux assauts des changements climatiques

Selon la population locale, la souillure de ces ressources est le facteur le plus marquant dans l'île. Cela se justifie avec les 51.5% des réponses en faveur de la souillure des eaux dans l'île de Carabane.

Ainsi, dans cette île, nous avons pu constater que les familles qui habitent près des marigots du fleuve ont l'habitude de jeter les ordures dans les chenaux du fleuve (photo 10 et 11) qui impactent directement sur ces ressources, particulièrement les ressources en eau superficielles (marigots et fleuve) et les ressources en eau souterraines (nappes). Etant donné que la population locale utilise sans cesse ces ressources, elle est ainsi exposée à de multiples conséquences comme l'apparition de beaucoup de maladies telles que le choléra, la diarrhée et des autres infections dues à la mauvaise qualité de ces ressources en particulier les nappes.

Dans ce lieu, la plupart des eaux des nappes existantes sont le plus souvent sombre cela est dû sans doute à une souillure de ces eaux. Les causes principales de cette infection sont les actions anthropiques qui en d'autre terme sont les facteurs principales de la souillure de ces ressources. Selon une partie de la population, le fait de jeter des ordures dans les marigots est la raison principale de la souillure de ces ressources en eau, car les marigots et le fleuve sont parfaitement connectés aux nappes souterraines. Alors si les marigots sont pollués, on assiste à une contamination des nappes. Ce qui rend la population locale de Carabane très vulnérable aux maladies dues à l'eau comme la diarrhée etc.



Photo 10 : Souillure du lit majeur du marigot de l'île de Carabane (source MANGA, 2018)



Photo 11 : Pollution du lit mineur du marigot de l'île de Carabane (source MANGA, 2018)

II. AUGMENTATION DES BESOINS EN EAU DUE A 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, on assiste à des arrivées massives des personnes dans cette île dont la majorité finie 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, nous assistons à une augmentation sans cesse des besoins en eau potable dans l'île pour des fins agricoles, des tâches ménagères, pour 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 Carabanoise, 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 et plus les besoins en produits agricoles et domestiques ne s'accroissent. L'agriculture représente aujourd'hui la moitié de la consommation d'eau dans le monde. Il en est de même en basse Casamance précisément dans l'île de Carabane dont l'activité principale est l'agriculture et les besoins domestiques.

Si rien n'est fait pour rationaliser son utilisation 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 d'étresse de ses ressources en eau douce. 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 pendant cette même période de l'année.

III. LA FORTE UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU

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 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 des plantes cultivées en eau douce.

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, on a trouvé qu'avec l'activité touristique avancée dans cette petite île avec plus de 4 campements, un hôtel et plusieurs résidences, l'exploitation des ressources en eau devient très probable. Cependant, avec le problème de retrouver de l'eau douce en abondance dans l'île, et étant dans l'obligation de satisfaire leur besoin en eau, la population Carabanoise se voit juste dans l'obligation d'exploiter le peu de cette ressource afin de pouvoir maintenir leurs activités touristiques mais aussi ménagères et pouvoir satisfaire la demande en eau.

Par conséquent, cette surexploitation a des répercussions non négligeables sur ces ressources en eau particulièrement celle souterraine, car on assiste à une baisse sans cesse du niveau des nappes phréatiques en conséquence une baisse du niveau des puits ou même à leur tarissement durant la saison sèche (photo. 12).



Photo12 : Puits taris pendant la saison sèche dus à la forte exploitation de l'eau (source : MANGA 2018)

IV. LA PAUVRETE ET L'UTILISATION ANCIENNE DE CES RESSOURCES.

La population Carabanoise est très pauvre (PDD Diembéring, 2013) et utilise de manière ancienne les ressources en eau, favorisant leur 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 qui sévit dans la zone, la population locale va chercher de l'eau douce dans la forêt avec des bassines, des bidons ou des seaux. Mais cette eau n'est 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 consommation alors que la conservation reste à désirer. Ce qui rend certains des habitants et les ressources en eau très vulnérables face aux offensives du changement climatique dans le bassin versant de la basse Casamance, en particulier dans de l'île de Carabane.

CONCLUSION PARTIELLE

De façon générale, nous pouvons dire que les ressources en eau dans le bassin versant de la Basse-Casamance en particulier l'île de Carabane sont très vulnérables face aux attaques des changements climatiques. Par conséquent, cette de ces ressources impacte directement sur la population locale Carabanoise tant dans l'aspect environnemental comme socio-économique. Ainsi même si cette est plus ou moins causée par des facteurs naturels, les actions anthropiques quant à elles accélèrent cette tendance des ressources en eau face aux changements climatiques.

QUATRIEME PARTIE : GESTIONS ET STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LA VARIABILITE CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU DANS L'ÎLE DE CARABANE.

Dans cette partie, nous allons parler de la gestion de la ressource puis des stratégies de lutte face aux impacts de la variation climatique dans cette zone.

CHAPITRE I : ACTEURS ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS L'ÎLE DE CARABANE

Dans ce chapitre, il est question de montrer comment les ressources en eau sont gérées par la population Carabanoise, d'identifier les stratégies de lutte contre la dégradation de ces ressources face aux changements climatiques dans l'île de Carabane. En plus, les acteurs intervenants dans la gestion de ces ressources sont indiqués.

I. ACTEURS INTERVENANT SUR LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS L'ÎLE DE CARABANE

L'utilisation durable des ressources en eau est un véritable défi en raison des nombreux facteurs concernés, notamment la variabilité climatique, la fluctuation des ressources, ainsi que les pressions exercées par les activités humaines.

À l'heure actuelle, la politique de l'eau est toujours en grande partie déterminée par des préoccupations politiques et économiques à court terme qui ne prennent en compte ni les avancées scientifiques ni les critères de bonne gouvernance. Les pays, en particulier ceux en voie de développement, ont besoin de solutions techniques de pointe, de financements plus importants et de données plus complètes sur les ressources en eau.

Pour évaluer l'état de nos ressources en eau, nous devons être pleinement conscients du rôle joué par les différentes composantes du cycle de l'eau - comme la pluie, les eaux issues de la fonte des glaciers, etc.

Sans cela, il sera ardu de développer des stratégies de protection et d'atténuation adéquates. Une mauvaise qualité de l'eau et une exploitation non durable des ressources peuvent limiter le développement économique d'un pays, nuire à la santé de la population et mettre à mal ses moyens de subsistance. Heureusement, on commence à adopter des pratiques plus durables (PAGIRE, 2007).

La gestion des ressources en eau devrait davantage veiller à accroître les ressources naturelles existantes et à réduire la demande et les pertes en eau.

Ainsi pour une bonne gestion de ces ressources en eau, la participation de tous les acteurs est une nécessité. Dans l'île de Carabane, les acteurs les plus remarquables sur cette gestion sont l'État, les acteurs privés et la population locale (fig. 16).

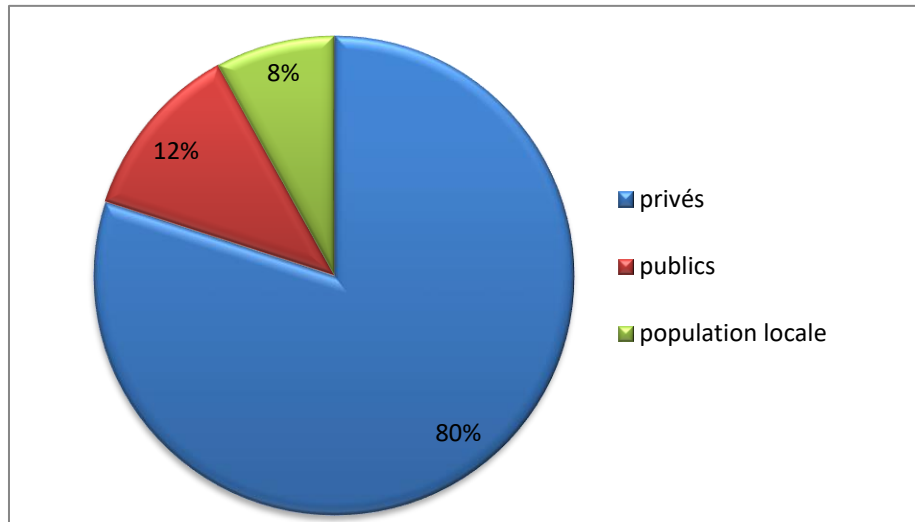


Figure 1612: Les différents acteurs intervenants dans la gestion des ressources en eau dans l'île de Carabane (Source : Antoine D MANGA, 2018)

La figure 16 montre le niveau d'influence des différents acteurs intervenant dans la gestion des ressources en eau dans l'île de Carabane. En effet, selon les sources obtenues, le privé participe à 80% sur la gestion contre seulement 20% pour l'Etat et la population locale (12% pour l'Etat et 8% pour la Population locale).

I.1. Rôle de l'Etat sur la gestion

Le Sénégal est un pays sahélien disposant de ressources en eau fortement tributaires des conditions pluviométriques, donc fragiles et mal réparties. La question de l'eau est un enjeu national compte tenu de son impact sur différents secteurs de développement du pays : santé, industrie, environnement, agriculture, tourisme, etc.

Alors dans sa politique d'une bonne gestion des ressources en eau face aux impacts du changement climatique, l'Etat du Sénégal joue un rôle très important dans la protection et la gestion intégrée de l'eau.

Au niveau du bassin versant de la Basse-Casamance, l'Etat du Sénégal tente à maîtriser la problématique de l'eau en mettant en place un plan d'action sur la gestion intégrée des ressources en eau (PAGIRE) qui est inclus dans le programme de la gestion intégrée des ressources en eau.

En effet, la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) est une approche de gestion concertée entre les acteurs en vue d'une utilisation judicieuse et rationnelle des ressources en

eau. Elle a été inspirée par la conférence des Nations Unies sur la Terre tenue à Rio de Janeiro (Brésil) en 1992. La GIRE s'appuie sur un certain nombre de principes : la gestion intégrée et l'accès à l'eau, la protection de l'environnement et les risques liés à l'eau, la participation des populations dans la gestion des eaux par le transfert de certaines compétences aux collectivités décentralisées... (GIEC, 2007).

Cependant, malgré ces plans d'action, dans l'île de Carabane, l'Etat a une faible implication sur la gestion des ressources en eau. Selon la population locale, il n'y a aucune aide venant de l'Etat sur la problématique des ressources en eau face aux impacts du changement climatique. De plus, la population interrogée soutient que l'Etat ne les aide pas à lutter contre l'érosion, à stopper l'avancée de la langue salée mais aussi à trouver des solutions au problème de l'eau douce dans l'île.

Dans l'île, la population locale se sent délaissée par l'Etat sur la gestion et la protection des ressources en eau. Néanmoins, nous notons ces dernières années des efforts de l'Etat par l'intermédiaire de la mairie de Diembéring, quelques projets de lutte contre l'érosion, la salinisation des puits mais aussi la construction d'un forage avec le partenariat turc dans l'île de Carabane.

Même avec ces projets et ces plans de gestion, le rôle de l'Etat sur la gestion des ressources en eau dans l'île de Carabane reste cependant faible par rapport à l'appui des acteurs privés sur la gestion intégrée des ressources en eau dans cette zone du bassin versant de la basse Casamance.

II.2. Rôle des acteurs privés sur la gestion des ressources en eau dans l'île de Carabane

Dans l'île de Carabane, les acteurs privés sont les acteurs les mieux représentés dans la gestion des ressources en eau. Ces acteurs privés interviennent plus sur la gestion des ressources en eau souterraine dans cette zone (figure 17).

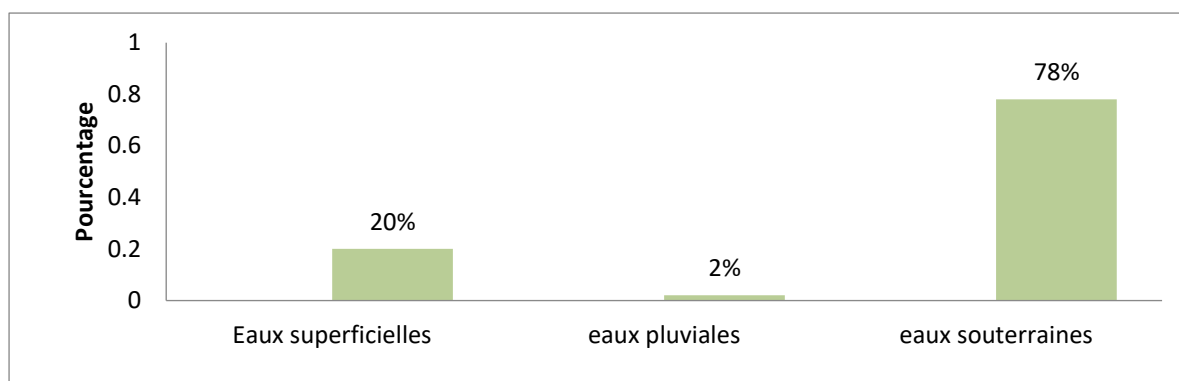


Figure 17 : Domaine d'intervention des acteurs privés sur la gestion des ressources en eau dans l'île de Carabane (source : Enquête Antoine D MANGA 2018)

Sur la figure 17, nous remarquons que les acteurs privés interviennent de plus sur la gestion des eaux souterraines (78%) que dans la gestion des eaux superficielles (20%) et des eaux pluviales (02%). En effet, les acteurs privés, en particulier les ONG, les touristes, les étrangers etc. sont les plus actifs sur la gestion des ressources en eau dans le bassin versant de la Basse-Casamance, plus précisément dans l'île de Carabane. Ces acteurs privés, par le biais de l'autorisation des autorités étatiques, se manifestent de manière très forte dans la gestion en créant des projets, en construisant des ouvrages hydrauliques permettant à la population locale de s'adapter un peu face aux effets des changements climatiques dans l'île.

Ces ouvrages hydrauliques sont le plus souvent des ouvrages permettant d'exploiter les eaux souterraines tels que la construction de puits, de forages (un seul existant dans l'île).

La construction de ces puits et forage est en partie financée par des ONG turques mais aussi par des touristes ou étrangers résidents dans l'île de Carabane.

Pour le cas des eaux superficielles, ces acteurs s'activent à aider la population à mettre en place des stratégies plus ou moins adaptées à lutter contre l'érosion mais aussi contre l'avancée de la langue salée au niveau des terres cultivables.

Pour les eaux pluviales, ces acteurs aident la population locale à maîtriser cette ressource à la conservation mais aussi à son utilisation telles que les techniques de décantation et de filtrages.

Le tableau 6 ci-dessous nous montre les différents acteurs privés qui interviennent dans la gestion de ces ressources en eau dans l'île de Carabane et leur domaine d'intervention par rapport aux types de ressources en eau existantes dans cette zone du bassin versant de la Basse-Casamance.

Tableau 6: Les différents acteurs intervenants dans la gestion des ressources en eau dans l'île de Carabane.

Acteurs privés	Types de ressources en eau	Activités
Afrique écologique	Eaux superficielles	Plantation de Filao
AMA	Eaux souterraines	Construction de puits
Eiffage	Eaux superficielles	Construction de digue
Investisseurs étrangers	Eaux souterraine/pluviales	Techniques de filtrage des eaux de puits et de pluies
ONG Français	Eaux souterraines	Construction de puits
ONG Turques	Eaux souterraines	Construction de Forage
Rottary Club	Eaux pluviale	Technique de maîtrise des eaux de pluies

Source : Enquête MANGA (2018)

II.3. Rôle de la population locale sur la gestion des ressources en eau dans l'île de Carabane

Dans l'île de Carabane, la population locale joue un rôle très important dans la gestion des ressources en eau avec un taux de participation de 8% par rapport aux autres acteurs qui interviennent dans cette lutte pour la sauvegarde et le maintien des ressources eau face à la variabilité climatique.

En effet, même avec un niveau de vie sensiblement faible, la population locale de Carabane à travers les associations de jeunes, de femmes tentent, avec leur moyen très faible, de participer à la gestion des ressources en eau dans l'île. Les populations du village s'organisent en mettant en place des stratégies de lutte contre la des ressources en eau. Pour gaspiller moins d'eau dans le maraichage, elles s'organisent et trouvent un espace unique là où elles pratiqueront le maraichage et éviter que chaque famille crée son propre jardin. Cela leur permettra de mieux gérer la ressource en eau souterraine. Ils s'organisent aussi tous les

années, pendant les 72h de la jeunesse de Carabane, à nettoyer l'île afin d'éviter la souillure des nappes et des marigots mais aussi à planter certaines arbres comme les filaos pour réduire plus ou moins l'érosion.

Cependant même avec ces efforts pour mieux gérer les ressources eau face aux assauts du changement climatique, leurs niveau d'intervention est trop faible par rapport aux autres acteurs tels que les acteurs privés et les acteurs étatiques.

II. MODES DE GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS L'ÎLE DE CARABANE

Nous avons deux types de gestion des ressources en eau dans l'île qui sont : la gestion traditionnelle et celle moderne.

II.1. Gestion traditionnelle de l'eau dans l'île

Traditionnellement, la gestion de l'eau dans l'île de Carabane relève de la famille. Chaque famille autochtone propriétaire d'une ou de plusieurs parcelles est compétente à gérer l'eau. En effet, dans l'île, la terre est étroitement liée au statut de l'eau car le droit coutumier attribue les mêmes valeurs à la terre et à l'eau. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle les populations considèrent que gérer une parcelle c'est en même temps gérer l'eau qui s'y trouve.

II.2. Gestion moderne de l'eau dans l'île

La gestion moderne des ressources en eau du bassin est marquée par les réalisations des multiples projets des acteurs étatiques et privés. Cette gestion est essentiellement caractérisée par un changement de système ou de paradigme de gestion de l'eau comme la GIRE. Ces différents acteurs à travers l'organisation des populations en comité villageois de gestion a permis une valorisation accrue de la ressource en eau dans l'île de Carabane. Toutefois, malgré ces réalisations, la population n'a pas su assurer la continuité à cause des différents conflits entre les habitants de l'île.

II.3. Contraintes de la gestion des ressources eaux dans l'île de Carabane

Les contraintes de gestion de l'eau sont notées un peu partout dans le bassin versant de la Basse-Casamance, en partie dans l'île de Carabane. Ce problème est de plus en plus inquiétant du fait du phénomène de l'augmentation et la concentration de la population.

Dans l'île, les contraintes de gestion de l'eau sont essentiellement liées à l'insécurité rendant inaccessible certains points d'eau, à un manque d'initiatives de gestion collective de la ressource en eau, à une absence de cadre de concertation pour la gestion de l'eau et à une insuffisance de dispositifs hydro pluviométriques. Au-delà de ces contraintes, on note une anarchie dans les usages des types d'eau. Les populations attribuent plusieurs fonctions à un type d'eau. Par exemple, l'eau souterraine (puits traditionnels) est utilisée à la fois pour la consommation potable, pour le maraîchage, l'abreuvement du bétail et pour d'autres usages domestiques. Cette forte pression a comme pour conséquences le tarissement rapide de certains puits.

II.4. Comment gérer les ressources en eau de manière durable ?

L'utilisation durable des ressources en eau est un véritable défi en raison des nombreux facteurs concernés, notamment les changements climatiques, la variabilité naturelle des ressources, ainsi que les pressions exercées par les activités humaines.

À l'heure actuelle, la politique de l'eau est toujours en grande partie déterminée par des préoccupations politiques et économiques à court terme qui ne prennent en compte ni les avancées scientifiques ni les critères de bonne gouvernance. Les pays, en particulier ceux en voie de développement, ont besoin de solutions techniques de pointe, de financements plus importants et de données plus complètes sur les ressources en eau (GIEC, 2007).

Pour évaluer l'état de nos ressources en eau, nous devons être pleinement conscients du rôle joué par les différentes composantes du cycle de l'eau comme la pluie, les eaux issues des nappes et des marigots.

Sans cela, il sera difficile de développer des stratégies de protection et d'atténuation adéquates face aux changements climatiques.

Une mauvaise qualité de l'eau et une exploitation non durable des ressources peuvent limiter le développement économique de l'île, nuire à la santé de la population et mettre à mal ses moyens de subsistance. Heureusement, les populations ont commencé à adopter des pratiques plus durables.

La gestion des ressources en eau devrait davantage veiller à accroître les ressources naturelles existantes et à réduire la demande et les pertes en eau.

Traditionnellement, répondre à la demande croissante en eau consistait à stocker de l'eau de surface dans des réservoirs, à détourner des cours d'eau vers les régions arides et à

exploiter les nappes phréatiques. A l'heure actuelle, d'autres procédés viennent s'ajouter à ces méthodes, comme la réutilisation de l'eau et la récupération des eaux de pluie. Certaines personnes de l'île vont même jusqu'à exploiter les nappes phréatiques un peu plus profondes.

Cela impliquera des changements de comportements nécessitant une meilleure information du public et un engagement politique. Ces efforts pour conserver l'eau et réduire la demande ne sont pas seulement pertinents dans le bassin versant de la Basse-Casamance, en particulier dans l'île de Carabane où l'on manque d'eau. Ils peuvent également apporter des bienfaits économiques dans la zone.

CONCLUSION PARTIELLE

En conclusion, nous retenons dans ce chapitre, que les acteurs qui œuvrent le plus souvent dans la gestion des ressources en eau, sont principalement les acteurs privés avec des méthodes sensiblement modernes. Par contre, les acteurs publics et la population locale tente aussi à gérer ces ressources mais de manière traditionnelle. Ce qui nous ramène à dire que la gestion faite par les acteurs privés est plus efficace que celle des autres acteurs.

CHAPITRE II : STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LES IMPACTS DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU

Dans cette rubrique, nous montrons les différentes stratégies de lutte mises en place par les acteurs et en fin nous dégageons quelques perspectives.

I. LES STRATEGIES OU METHODES DE LUTTES

Les impacts des changements climatiques sur les ressources eaux sont multiples. Ils pèsent sur les habitants de l'île de Carabane, sur le capital des exploitations et sur les résultats de ces dernières mais également sur les dynamiques collectives, le tout contribuant à accroître la des plus pauvres mais aussi des ressources en eaux dans cette île de la basse Casamance.

La vulnérabilité de ces ressources en eau (superficielle, souterraine et pluviale), l'impossibilité de faire jouer les mécanismes traditionnels de gestion du risque et la très grande incertitude fragilisent les systèmes et induisent des stratégies de court terme qui sont souvent inefficaces face aux impacts des changements climatiques (MBAYE *et al.* 2009).

Dans ces conditions, les habitants de l'île avec l'appui de certains acteurs tentent de s'adapter en mettant en place des stratégies de lutte pour amoindrir la de ces ressources en eau face au changement climatique dans l'île de Carabane.

En effet dans l'île de Carabane, il existe pratiquement deux types de stratégies d'adaptation : celle traditionnelle et celle moderne. Les stratégies traditionnelles y sont plus fréquentes avec 77% contre 23% des méthodes d'adaptations modernes comme en témoigne la figure 18.

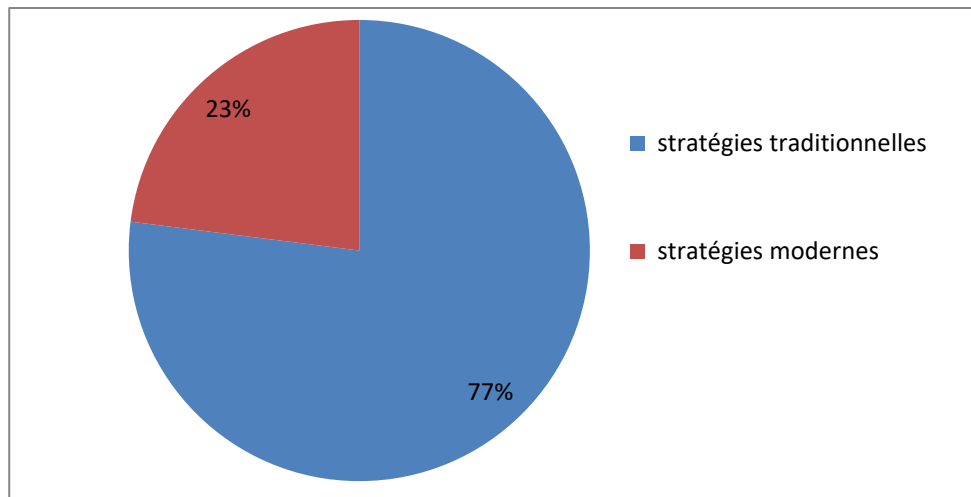


Figure 18 : Les différents types de stratégies de lutte dans l'île de Carabane

(Source : Enquête MANGA, 2018)

Sur la figure 18, nous avons la représentation en pourcentages des différents types de stratégies d'adaptation des populations face à la des ressources en eau dans l'île de Carabane.

I.1. Les stratégies ou méthodes de lutttes traditionnelles

Dans l'île de Carabane, les stratégies traditionnelles de lutte contre la des ressources en eaux face aux changements climatiques sont très nombreuses et variées en fonction du type de ressources en eau considéré. Nous avons des méthodes traditionnelles de lutte pour la préservation des ressources en eau superficielles, souterraines et pluviales.

I.1.1. Les méthodes de lutttes traditionnelles pour les eaux superficielles

Au niveau de l'île, les ressources en eau superficielles sont très vulnérables face aux changements climatiques, impactant directement la population locale et leur terre par le biais de l'érosion fluviale, de la salinisation des terres cultivables etc.

De ce fait, la population Carabanoise tente de mettre en place des méthodes de lutttes pour freiner ces problèmes (érosion, salinisation des terres) avec leur moyen économique très faible. Parmi ces méthodes de lutte, nous avons entre autres la construction de diguette, le système de remblaiement et de plantation de plantes.

✚ Construction de diguettes

Cette méthode de lutte traditionnelle est la plus utilisée dans l'île de Carabane. En effet, la population locale tente de construire des diguettes pour ralentir les effets de l'érosion et de la salinisation des terres. Ces diguettes sont construites à base de planches, de bâtons ou même de sacs remplis de sable ou de pierres ou par des pneus (photos13-14-15).



Photo13 : Diguettes de protection contre l'érosion à Carabane (source : MANGA 2018)



Photo 14 : Diguettes de protection contre l'érosion à Carabane (source : MANGA 2018)



Photo 15 : Diguettes de protection contre l'avancé de la salinisation des terres à Carabane (source : MANGA 2018)

✚ Le système de remblaiement et de reboisement de plantes

Ces méthodes sont moins utilisées par la population locale. Pour ce qui concerne le système de remblaiement, il consiste à fermer des portions de terres avec du sable ou des feuilles d'arbre dans des espaces un peu bas proche du fleuve. Pour ce qui concerne le reboisement de plantes, il consiste à planter des arbres au niveau des berges afin de ralentir les effets de l'érosion (photo.16-17).



Photo 16: Système de remblaiement à Carabane (source : MANGA 2018)



Photo 17 : Alignement de plantes de filao à Carabane (source : MANGA 2018)

I.1.2. Les méthodes de lutttes traditionnelles pour les eaux souterraines

Au niveau de l'île de Carabane, les méthodes de lutttes traditionnelles pour les eaux souterraines sont très nombreuses.

En effet, avec la problématique de trouver de l'eau douce dans l'île de Carabane car la quasi-totalité des nappes souterraines, source d'alimentation en eau douce dans le bassin versant de la Basse-Casamance, en particulier l'île de Carabane, est saumâtre. Alors pour pouvoir satisfaire leur besoin en eau potable douce, la méthode utilisée par la population locale Carabanoise est d'aller chercher de l'eau hors du village. Une partie de la population se rend à Elinkine, une autre préfère trouver de l'eau douce dans la forêt et une autre choisie

d'aller dans les autres îles (Kafar ou Efrane) afin de pouvoir trouver de l'eau douce convenable à leur goût (voir schéma 1).

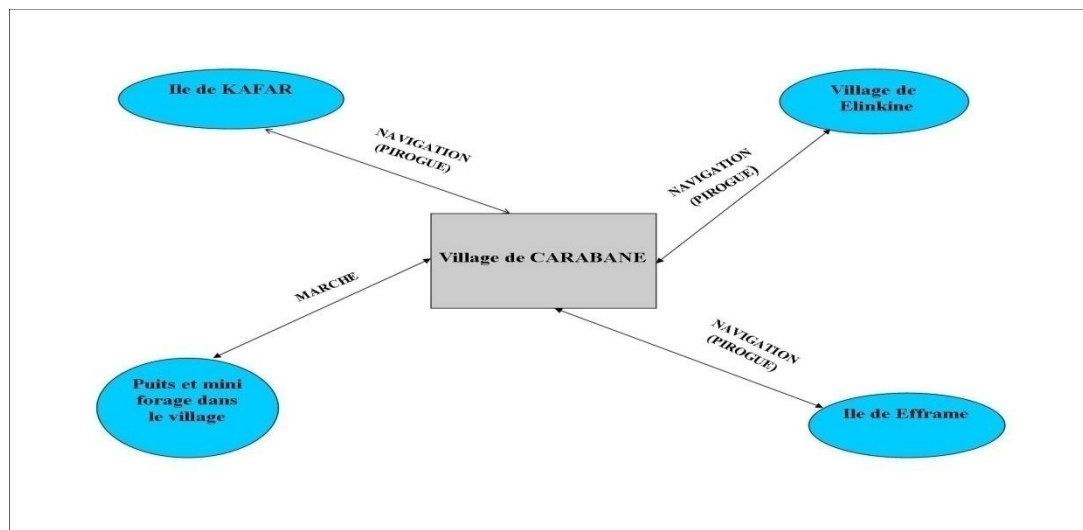


Schéma 1: Méthode d'approvisionnement en eau douce dans le village de Carabane (Source : MANGA 2018)

Cette méthode d'approvisionnement en eau douce est la plus utilisée dans l'île de Carabane. Le lieu le plus fréquenté par la population locale de Carabane est la forêt car c'est la zone la plus proche du village à moins de 2km de marche. Cependant, les autres lieux d'approvisionnement d'eau sont très éloignés du village et très coûteux car le moyen de transport pour rallier ces lieux est la pirogue et il faudrait payer, surtout à Elinkine, pour pouvoir trouver de l'eau douce. Donc la piste la plus probable employée par la plupart de la population locale de Carabane est d'aller chercher de l'eau douce dans la forêt avec moins de coût. L'autre méthode de lutte est de creuser des puits traditionnels dans les zones un peu plus éloignées du fleuve et des marigots, c'est-à-dire creuser des puits traditionnels au centre de l'île et près du CEM de Carabane (photo.18).



Photo18 : Puits traditionnel à Carabane (Source : Antoine D MANGA 2018).

I.1.3. Les méthodes de luttes traditionnelles pour les eaux pluviales

Pour ce qui concerne les eaux pluviales, les méthodes d'adaptations traditionnelles sont très diverses. En effet, avec la problématique de la salinisation des nappes souterraines de l'île, une partie de la population locale préfère conserver les eaux de pluies afin de pouvoir satisfaire leurs besoins pour un moment donné en eau douce.

La méthode employée par la population locale est de recueillir les eaux de pluies dans des bassines ou des sceaux puis laisser l'eau au repos après filtration par le biais d'un morceau de tissu, elle transverse cette eau recueillie dans des bidons.

I.1.4. Le niveau d'efficacité de ces stratégies de luttes traditionnelles

Pour ce qui concerne le niveau d'efficacité de ces méthodes d'adaptation, nous avons constaté qu'elles sont peu efficaces. Les méthodes de luttes concernant les ressources en eau superficielles sont inefficaces car elles ne parviennent pas à ralentir l'érosion fluviale, à stopper l'avancée progressive du sel dans les terres cultivables. Il en est de même pour les méthodes concernant les eaux souterraines comme pluviales pour les habitants de l'île, ces méthodes de luttes sont archaïques et inefficaces. C'est pourquoi, il serait nécessaire de trouver d'autres méthodes de lutte plus modernes afin d'augmenter leur niveau de résilience (fig.19).

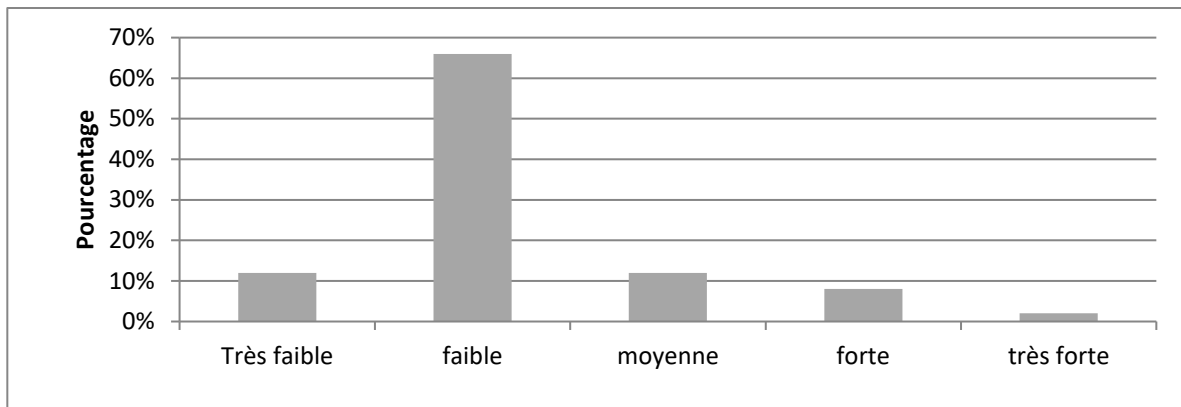


Figure 19: Niveau d'efficacité de ces méthodes d'adaptation traditionnelles

(Source : Enquête MANGA 2018)

La figure 19 nous montre que selon la population locale les méthodes traditionnelles sont inefficaces face aux changements climatiques.

I.2. Les stratégies ou méthodes de luttes modernes

Les méthodes de luttes modernes dans l'île de Carabane sont très nombreuses et diverses. Nous avons des méthodes concernant les ressources superficielles, souterraines et pluviales.

I.2.1. Les méthodes de luttes modernes pour les ressources en eau superficielles

Les méthodes modernes existantes au niveau de l'île afin de réduire la des ressources en eau superficielle sont très diverses. Elles sont entre autre la construction de digues afin de ralentir l'érosion, la plantation de filaos et de la mangrove afin de stabiliser les berges réduisant de même les effets de l'avancée du fleuve et en fin la construction de dépotoirs d'ordure servant à réduire la souillure des marigots, en d'autre terme la souillure des ressources eaux superficielles.

En effet, dans l'île de Carabane, les acteurs privés intervenant dans la gestion des ressources en eau ont tenté d'apporter leur expertises afin d'augmenter le niveau de résilience de l'île. Parmi ces méthodes, nous avons la construction d'une digue de protection en mur devant l'hôtel le Carabane et devant le port de Carabane (photo19) mais aussi une digue en basse de roches dures devant le campement le Barracuda (photo 20). Avec ces même acteurs en particuliers les investisseurs étrangers, on a installé trois dépotoirs

d'ordures afin de permettre à la population de ne plus jeter des ordures dans les marigots de l'île et le fleuve mais aussi de réduire la souillure dans cette même zone.



Photo19 : mur de protection contre l'érosion à Carabane (Source : MANGA2018)



Photo20 : enrochement de protection contre l'érosion à Carabane (Source : MANGA2018)



Photo21 : Dépotoir d'ordure dans l'Île de Carabane (Source : MANGA 2018)

I.2.2. Les méthodes de luttés modernes pour les ressources en eau souterraines

Pour ce qui concerne les ressources en eau souterraines, nous avons beaucoup de méthodes de lutte modernes permettant à la population locale de pouvoir surmonter les effets du changement climatique sur cette ressource.

En effet, dans l'île de Carabane avec la présence des partenaires turcs, l'île a pu être dotée d'un mini forage. Ce forage permettra à la population locale de disposer d'un point d'approvisionnement en eau douce et par conséquent alléger les efforts que fournissaient ces habitants de l'île pour trouver de l'eau douce (photo.22). Ce mini forage est le seul ouvrage hydraulique moderne existant dans l'île et fonctionne avec une pompe manuelle.

Mais aussi, d'autres acteurs ont pu creusés des puits plus ou moins modernes dans le jardin communautaire des femmes du village de Carabane. Ces puits modernes serviront à l'arrosage mais aussi à la consommation.



Photo22 : le mini forage de l'île de Carabane (source : MANGA 2018)

I.2.3. Les méthodes de luttés modernes pour les ressources en pluviale

L'eau pluviale est très consommée dans l'île de Carabane. Mais avec les effets de la variabilité climatique, cette ressource peut être polluée et engendrer des maladies. Ainsi la

population locale avec leur moyen, essaie à chaque fois de traiter cette eau mais les techniques employées ne sont pas aussi efficaces pour réduire le taux de bactéries contenu dans l'eau. Cependant, avec l'aide des investisseurs étrangers, certaines méthodes de filtrage d'eau ont été proposées à la population locale. C'est le cas du filtrage de KATADYN qui élimine plus de 99.99% des bactéries contenues dans l'eau. En effet cette méthode consiste à mettre dans le sceau d'eau un élément de filtrage en céramique relié par un tuyau d'aspiration qui permet de conduire l'eau filtrée dans un autre sceau ou bidon. Le premier sceau est déposé sur une table et le second sous la table. Ainsi avec l'aide de la pesanteur le filtrage sera plus rapide. Pour lancer le filtrage on aspire ou bout du tuyau pour le déclencher (Schéma 2 et photo 23).

Cette méthode peut être appliquée aussi pour les eaux de puits.

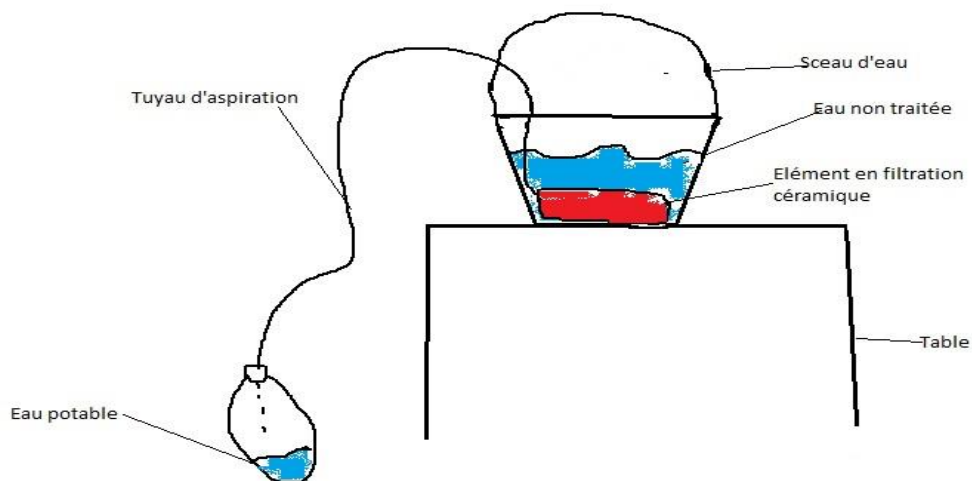


Schéma 2: mode d'emploi du filtre de KATADYN (réalisateur : Antoine D MANGA 2018)



Photo23 : Filtre de KATADYN (Source : MANGA 2018)

D'autres méthodes modernes de filtrage existent aussi dans l'île de Carabane. C'est le cas de la superposition de deux seaux l'un contenant l'eau non traitée et le second contenant l'eau potable résultat du filtrage.

I.2.4. Le niveau d'efficacité de ces stratégies de luttes modernes

Les stratégies ou méthodes de luttes modernes pour faire face à la des ressources en eau due aux changements climatiques sont satisfaisantes et plus ou moins efficaces. En effet, ces méthodes modernes parviennent à réduire considérablement les impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau dans l'île de Carabane. Mais le seul problème concernant ces méthodes reste le coût élevé, et donc inaccessibles pour la majorité des habitants de l'île. Par exemple seul l'hôtel le Carabane est bénéficiaire de la construction du mur de protection contre l'érosion. Il en est de même pour le campement le Barracuda qui est bénéficié de la digue en roche dures, mais aussi du filtre de KATADYN très efficace mais trop cher pour la majorité des habitants de l'île.

La figure 20 ci-dessous illustre avec plus de précision du fort niveau d'efficacité de ces stratégies de lutte moderne.

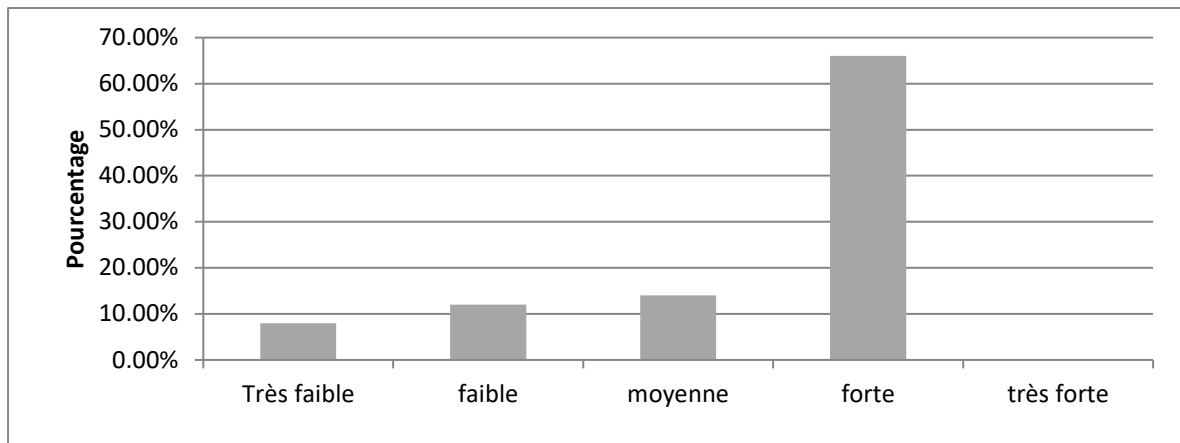


Figure 20: Niveau d'efficacité de ces méthodes d'adaptation moderne (Source : Enquête MANGA 2018)

La figure 20 nous montre que selon la population locale les méthodes modernes sont plus ou moins efficaces face aux changements climatiques.

II. PERSPECTIVES : QUELLES STRATEGIES A ADOPTÉES DANS LE FUTUR

Lors des travaux de terrain (enquêtes, entretiens...) nous avons pu récolter un certains nombres de perspectives venant de la part des habitants de l'île mais aussi de quelques acteurs. Parmi ces perspectives nous avons entre autres :

➤ Réalisation d'ouvrages :

La réalisation de points d'eau pour la couverture totale des besoins en eau ;
La réalisation de petits barrages de retenues d'eau pour l'agriculture et la recharge des nappes d'eau souterraine ;
La construction de bassin de rétention d'eau de pluie

➤ Protection contre la souillure.

Pour la protection contre la souillure, il faudra :

Un réseau de suivi de la qualité des eaux.

Une protection des cours d'eau du déversement des ordures et eaux usées.

Une construction de dépotoirs d'ordures au sein de l'île

➤ Protection contre l'érosion et la salinisation

Quant à la protection contre l'érosion et la salinisation, il faudra

Le prolongement du mur de protection tout au long de la plage

La favorisation de la plantation de filao au niveau des berges du fleuve

Le reboisement de la mangrove

.La prise en charge de la diguette de protection contre l'avancé du sel

➤ Recherche Education.

Enfin pour la recherche, il faudra :

Une évaluation quantitative et qualitative des ressources renouvelables en vue d'améliorer le niveau des connaissances tant sur les eaux de surfaces que souterraines,

Une évaluation des réserves par la réalisation de forages profonds pour définir les conditions d'exploitation,

Une réalisation de projets pilotes (petits périmètres irrigués, recharge artificielle des nappes),

Une sensibilisation et éducation de la population.

CONCLUSION

En définitive, nous avons remarqué que les ressources en eau de l'île sont très vulnérables face aux changements climatiques dont les impacts sont trop élevés envers la population locale. Mais cette dernière avec l'appui des acteurs étatiques et privés, tente d'élever son niveau de résilience en mettant en place des projets de luttés mais aussi des méthodes traditionnelles comme modernes afin de combattre ce fléau. Par contre certaines méthodes comme celles traditionnelles sont inefficaces pour ralentir les effets de la variabilité climatique.

CONCLUSION GENERALE

Cette étude est menée dans le souci d'analyser la vulnérabilité des ressources en eau face aux effets de la variabilité climatique dans le bassin versant de la Basse-Casamance : cas de l'île de Carabane. L'étude qui est faite dans cette zone où le tourisme, la pêche et l'agriculture représentent les principales activités socio-économiques des populations a permis de caractériser et de mettre en lumière le niveau de vulnérabilité des ressources en eau et, le paquet de stratégies d'adaptation proposé par la population locale et les acteurs y relevant pour faire face à la variabilité climatique.

La caractérisation des paramètres hydrologiques et climatiques montre que le bassin versant de la Basse-Casamance, en particulier l'île de Carabane, s'inscrit dans un environnement où les altitudes sont faibles favorisant alors l'érosion, l'intrusion marine. Mais le problème majeur de l'île n'est pas le manque en quantité des ressources en eau mais plus tôt c'est la qualité de ces ressources qui causent d'énormes problèmes aux habitants de l'île de Carabane. Ces ressources sont en majorité saumâtre à salée (eaux souterraines et superficielles). Ainsi pour arriver à ces résultats, nous avons utilisé les paramètres climatiques afin de les mettre en relation avec les effets de la variabilité climatique pour en fin caractériser la vulnérabilité de ces ressources en eau dans l'île de Carabane.

Cependant, l'analyse des données pluviométriques (de 1951 à 2015) nous a permis de distinguer trois périodes : une première période excédentaire allant de 1951 à 1968, une deuxième période déficitaire allant de 1969 à 2009 et la troisième partie nous avons une phase de transition une succession d'années déficitaires et excédentaires ce qui se traduit par un retour progressif de la pluviométrie.

Nous avons fait de même pour la température, l'évapotranspiration et l'humidité relative.

Les disponibilités en eau dans le bassin 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 vulnérabilité 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 vulnérabilité des ressources en eau face à la variabilité climatique impacte directement sur les activités socio-économiques des habitants de l'île de Carabane.

Cela pousse les populations à s'adapter face aux impacts de ce fléau. Ces modes d'adaptations sont souvent traditionnelles mais il existe aussi des stratégies modernes instaurées par les acteurs qui interviennent dans la gestion de ces ressources en eau dans le sous bassin versant de la Basse-Casamance, en particulier l'île de Carabane. Ces méthodes traditionnelles employées par la population locale sont souvent inefficaces pour réduire les effets du changement climatique sur les ressources en eau. Par contre, les méthodes modernes sont plus ou moins efficaces face aux impacts de la variabilité climatique. Mais le seul problème qui se présente est le fait que ces méthodes sont trop coûteuses, et donc inaccessibles pour la population locale dont les revenus annuels sont trop faibles. Ainsi avec l'appui des acteurs étatiques et privés, l'île pourra augmenter sensiblement son niveau de résilience afin de réduire la vulnérabilité de ses ressources en eau face à la variabilité climatique. Par contre toutes ces stratégies ne seront favorables ou efficaces qu'en adoptant une approche de gestion participative et inclusive. Cela permettra d'organiser les populations à la base afin de promouvoir une autogestion des ressources en eau et des activités à l'échelle village.

En perspective, dans nos travaux futurs, nous envisageons de changer d'échelle (passer de l'échelle sous bassin de l'île de Carabane à l'échelle bassin versant de la Basse-Casamance c'est-à-dire étudier la vulnérabilité de ces ressources dans toutes les îles de la basse Casamance, voir même de la Casamance ou encore faire une étude comparative entre bassin de la Casamance et un autre), d'affiner l'analyse hydrologique en procédant à des mesures hydrométriques dans les parties amont et aval du bassin afin de pouvoir déterminer le débit, la quantité d'eau de pluie qui tombe chaque année mais aussi essayer de quantifier les ressources en eau douce souterraines disponible dans le bassin versant de la Basse-Casamance pas seulement le sous bassin de l'île de Carabane . Ce qui permettrait une meilleure analyse des relations ressource eau-changement climatique et ressource eau-activités anthropiques.

BIBLIOGRAPHIE

- Ababou, R. (2012). *ELEMENTS D'HYDROLOGIE SOUTERRAINE – RESUME*. 314.
- Alibou J (2002). *Impacts des changements climatiques sur les ressources en eau et les zones humides du Maroc*. ECOLE HASSANIA DES TRAVAUX PUBLICS.42.
- Andreaniy. B et al. (2004) : *Eau ressources et menaces*.30.
- Ammar, H. (2006). *Vulnérabilité des ressources en eaux des aquifères côtiers en zones semi-arides – Etude comparative entre les bassins d'Essaouira (Maroc) et de la Jeffara (Tunisie)*. 155.
- Ardoin-Bardin, S., Dezetter, A., Servat, E., Mahe, G., Paturol, J. E., Dieulin, C., & Casenave, L. (2002). *Évaluation des impacts du changement climatique sur les ressources en eau d'Afrique de l'Ouest et Centrale*. 90.
- Badiane (2016). *Caractérisation et dynamique des systèmes de production agricole dans la commune d'Adeane (Basse Casamance) (Mémoire de Master)*. UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR.168.
- Brodhag C et al. *Glossaire pour le développement durable*. Version 1. AGORA. 13.
- Baimey, A. (2007). *L'eau face au changement climatique*.112.
- Bates, B., Kundzewicz, Z. W., Palutikof, J., & Wu, S. (2013). *Le changement climatique et l'eau*. 237.
- Beltrando, G. (2012). *Elévation du niveau marin dans les îles intertropicales des océans Pacifique et Indien : responsabilité du changement climatique et des autres actions de l'Homme*. Consulté à l'adresse <http://journals.openedition.org/tem/1783>
- Biens et services des écosystèmes forestiers tropicaux : intégrer les enjeux liés aux changements globaux*. (2010). 101.

Bouaicha, R., & Benabdelfadel, A. (2010). *Variabilité et gestion des eaux de surface au Maroc*. 21, 115.

Bouchet, R. J. (2013). *ÉVAPOTRANSPIRATION RÉELLE ET POTENTIELLE SIGNIFICATION CLIMATIQUE*.

Brodhag, C. (2001). *Glossaire pour le développement durable*. 132.

Cheret (1967). *L'eau*. Article. Paris, Ed du seuil. . 105

Claude, R. (2006). *CAPABILITES, RISQUE ET VULNERABILITE*. 142.

Cosandey C., (1992). *Influence de la Forêt sur le Cycle de l'Eau : Conséquences d'une coupe forestière sur le bilan d'écoulement annuel, in Hydrologie continentale*. Vol. 7, n°1, ORSTOM éditions .13-22.

Conrad, G., Faure, P. D., FLICOTEAUX, R., Neumann, M., Poignant, A., & Carbonnel, G. (2007). *LE TERTIAIRE DE CASAMANCE (SÉNÉGAL) : BIOSTRATIGRAPHIE (FORAMINIFÈRES) ET SÉDIMENTOLOGIE D'APRÈS LES DONNÉES DE SUBSURFACE*.

Dacosta, H. (1989). *Précipitations et écoulements sur le bassin de la Casamance*. Thèse doctoral 3ème cycles. UCAD. 283.

Diallo, A. (2006). *Variabilité Climatique et Impacts sur les Ressources en Eau* (Mémoire de Master). 103.

DICTIONNAIRE LAROUSSE, (2003). *Le Petit Larousse/ VUEF 2002*, Paris, 226.

Diongue, M. (2014). *Périphérie urbaine et risques d'inondation à Dakar (Sénégal) : 45 le cas de Yeumbeul Nord* (Mémoire de Master) UCAD. 100.

DGPRE, (1994). *Planification des Ressources en Eau : Rapport sur le bilan Diagnostic des Ressources en eau du Sénégal*. Dakar, 152.

Dione J. A., (1998). *Contraintes et Evolution climatique récente au Sénégal Oriental : Impact sur le milieu physique*. These doctoral 3eime cycles. UCAD, 410.

Dibue J. P. B (2011). *Climate change and adaptation of water resources in the Democratic Republic of Congo*. Africa adapts. 50.

Etchevers P et Martin E (2002). *Impact d'un changement climatique sur le manteau neigeux et l'hydrologie des bassins versants de montagne*. Météo-France, Centre National de Recherches Météorologiques, Centre d'Etudes de la Neige.122.

Faye C., (2013). *Evaluation et Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans un Contexte de Variabilité Hydroclimatique : Cas du Bassin Versant de la Falémé*. Thèse de Doctorat en Hydrologie continental. UCAD. 311.

Feumba R. et al. (2007). *Evaluation de la vulnérabilité spatiale des nappes superficielles d'une zone équatoriale par la méthode DRASTIC : cas du bassin versant de Besseke, zone industrielle de Bonabéri- Douala (Cameroun) (Mémoire de Master)*. 106.

GIEC (1995). Rapport sur les ressources en eau dans le monde. 75.

Gomis C (2017). *Eau et activités dans le bassin versant de GOUDOMP (Mémoire de Master)*. UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR.110.

Goula, B., Kouassi, V., & Savane, L. (2009). Impacts du changement climatique sur les ressources en eau en zone tropicale humide : cas du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 18(1), 121. <https://doi.org/10.4314/aga.v18i1.1674>

Harrow, J.-P. (1964). La conservation des ressources naturelles du Tiers Monde. *Tiers-Monde*, 5(20), 719-734. <https://doi.org/10.3406/tiers.1964.1146>

Mabonzo M.N (2008). *Etude hydrogéologique de la nappe du bassin supérieur de la Loeme (Mayombe)*. Mémoire de Maîtrise en Géographie physique. 68.

- Magnan A (2009). *La vulnérabilité des territoires littoraux au changement climatique : Mise au point conceptuelle et facteurs d'influence*. Hypothèses de recherche. Institut du développement durable et des relations internationales. 30.
- Mahamat M. et al (2002). *Application de la géophysique dans la gestion des ressources en eaux souterraines dans la région du Guera (Tchad)*. 121.
- Mahé, G. (2008). *Vulnérabilité des ressources en eau superficielle d'un bassin soudano-sahélien dans un contexte de changement climatique : approche par indicateurs*. Article. 73.
- Mahe, G., Olivry, J. C., & Servat, E. (2006). *Sensibilité des cours d'eau ouest-africains aux changements climatiques et environnementaux: extrêmes et paradoxes*. Article. 90.
- Maignien, R., ORSTOM (France), & Centre de Dakar. (1965). *Carte pédologique du Sénégal à l'échelle de 1:1 000 000*. Dakar: Office de la recherche scientifique et technique outremer, Centre Dakar-Hann.
- Malon, R. (2006). *Etude des aquifères superficiels en basse Casamance : un modèle de bilan hydrique* (Mémoire de Master). 100.
- Manga I., (2003). *Crise agricole dans une vallée de la Casamance : Le bassin de Goudomp (Sénégal)*. 73.
- Mendy A., (2010). *Ressources en eau des bassins versants de Néma et de Madina Djikoye. Perception, caractérisation de la vulnérabilité et perspective de gestion durable*. Thèse de doctorat 3ième cycle UCAD. 327.
- Martin, E., & Etchevers, P. (2002). *Impact des variations climatiques sur le manteau neigeux, incidence sur l'hydrologie nivale, les avalanches*. *La Houille Blanche*, (8), 84-88.
<https://doi.org/10.1051/lhb/2002113>

- Mariko A *et al* (2008). *Contribution des eaux souterraines aux écoulements fluviaux et analyse des débits d'étiage dans un contexte de variabilité climatique dans le bassin du Bani, Mali*. 102.
- Marillys (2003). *La ressource en eau, c'est quoi ?*. 15.
- Mbaye i *et al* (2009). *Potentialités et perspectives touristiques face au changement climatique en Casamance (Sénégal)*. *Geographia Technica*. 310.
- Mboumiet al. (2005). *Hydrodynamique des eaux de la nappe superficielle du bassin versant de Besseke (Douala-Cameroun)*. 94.
- Mfochive O. *et al* (2011). *Variabilité et changement climatiques : Impacts sur les ressources en eau et stratégies d'adaptation des populations dans le massif forestier du Sud-Cameroun (bassin du So'o)*. P.101
- Mendy A., (2010). *Ressources en eau des bassins versants de Néma et de Madina Djikoye. Perception, caractérisation de la et perspective de gestion durable*. Thèse de doctorat 3ième cycle UCAD. 327.
- Michel-Guillou, é. (2011). La construction sociale de la ressource en eau. *Pratiques Psychologiques*, 17(3), 219-236. <https://doi.org/10.1016/j.prps.2010.04.001>
- Modeste, B. G. (2013). *DEVELOPPEMENT URBAIN ET MENACE D'EROSION COTIERE A ABIDJAN*. 172.
- Mohamed, N. (2009). *CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET RESSOURCES EN EAU EN ALGÉRIE: VULNÉRABILITÉ, IMPACT ET STRATÉGIE D'ADAPTATION*.
- Nassopoulos, H. (2003). *Les impacts du changement climatique sur les ressources en eaux en Méditerranée*. 174.
- PDD d'Oussouye (2016). Plan de développement départemental d'Oussouye. 117.
- PLD de Diembéring(2013). Plan local de développement de la commune de Diembéring. 155.

Quevauviller, P. (2007). *Direction Générale pour la Recherche et l'Innovation Direction I – Environnement Unité I.4 – changement climatique et catastrophes naturelles*. 280.

Rapport ONU (2008). *Rapport sur les ressources en eau dans le monde*. 35.

Sall, M. (2011). *Climate change, adaptation strategies and mobility: evidence from four settlements in Senegal*. London: International Institute for Environment and Development.

SDADT d'Oussouye (2016). *Schéma départemental d'aménagement et de développement territorial d'Oussouye*. 70.

Soumare P.O (1999). *Eau et environnement dans le bassin de l'Anambé. Analyse des impacts d'utilisation de l'eau et contribution à la gestion durable des ressources en eau*.

Mémoire de Maîtrise de Géographie, UGB, Saint-Louis (Sénégal), 186 p

Sy, M. B. A. (2009). *Le Sahel, l'eau et les risques sociaux pour une gestion intégrée de la ressource*. 191.

Tello et al. (2010). *Impacts et perspectives de gestion de l'évolution des ressources en eau du bassin du fleuve Logone en liaison avec la variabilité climatique et les activités anthropiques*. 75.

Thior, M., Sane, T., Sy, O., Descroix, L., Ba, B. D., Solly, B., & Mendy, V. (2019). *Analyse Spatiale de l'évolution du Trait de Côte Autour de l'embouchure du Fleuve Casamance (Sénégal) de 1968 à 2017, à Partir de l'outil DSAS*. *European Scientific Journal ESJ*, 15(9).

<https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n9p106>

Tieszen L., Tappan G.G., Toure A.: *Sequestration of carbon in soil organic matter in Senegal: an overview 2004 Journal of Arid Environments*,

Trabelsi et al (2008). *Vulnérabilité des ressources en eaux des aquifères côtiers en zones semi-arides – Etude comparative entre les bassins d'Essaouira (Maroc) et de la Jeffara (Tunisie)*.

Comunicações Geológicas. 121.

UNESCO (1978). *L'eau dans un monde qui change*.16.

Van Liempt H et Müssner R (2008) : *Variabilité climatique et eau*. Ministère fédéral de l'enseignement et de la recherche. Science Allemagne. 35.

Vaillant (1977). *Accroissement et gestion des ressources eau*.120.

Yanon G et al .*Diminution observée des ressources en eau, une conséquence de la variabilité climatique ? Étude basée sur une approche participative à Bambey (Sénégal)*. 156.

ANNEXE

Tableau 1 : Statistiques des totaux pluviométriques, de la normale, du pourcentage et de l'écart en pourcentage de 1951 à 2013 dans la station d'Oussouye.

Années	Cumul	Normale	Pourcentages	Ecart en % par rapport N
1951	1774	1349	131	31
1952	1663	1349	123	23
1953	1484	1349	110	10
1954	1896	1349	141	41
1955	1719	1349	127	27
1956	2183	1349	162	62
1957	1716	1349	127	27
1958	1997	1349	148	48
1959	1077	1349	80	-20
1960	1502	1349	111	11
1961	1752	1349	130	30
1962	1570	1349	116	16
1963	1010	1349	75	-25
1964	1623	1349	120	20
1965	1616	1349	120	20
1966	1309	1349	97	-3
1967	1844	1349	137	37
1968	913	1349	68	-32
1969	1607	1349	119	19
1970	1249	1349	93	-7
1971	1184	1349	88	-12
1972	791	1349	59	-41
1973	1364	1349	101	1
1974	1401	1349	104	4
1975	1525	1349	113	13
1976	1663	1349	123	23
1977	1030	1349	76	-24
1978	1486	1349	110	10
1979	1268	1349	94	-6
1980	630	1349	47	-53
1981	1218	1349	90	-10
1982	1111	1349	82	-18
1983	870	1349	65	-35

1984	1183	1349	88	-12
1985	1076	1349	80	-20
1986	1077	1349	80	-20
1987	1277	1349	95	-5
1988	1410	1349	104	4
1989	1410	1349	104	4
1990	1193	1349	88	-12
1991	1434	1349	106	6
1992	1047	1349	78	-22
1993	1230	1349	91	-9
1994	1196	1349	89	-11
1995	1098	1349	81	-19
1996	1256	1349	93	-7
1997	1201	1349	89	-11
1998	1149	1349	85	-15
1999	1778	1349	132	32
2000	1113	1349	83	-17
2001	1486	1349	110	10
2002	989	1349	73	-27
2003	1160	1349	86	-14
2005	1160	1349	86	-14
2006	1194	1349	88	-12
2007	1022	1349	76	-24
2008	1257	1349	93	-7
2009	1431	1349	106	6
2010	1684	1349	125	25
2011	1093	1349	81	-19
2012	1626	1349	121	21
2013	1297	1349	96	-4
2014	1272	1349	94	-6
2015	1491	1349	110	10

Source : ANACIM Ziguinchor

Tableau2 : Statistique de la population de la Commune de Diembéring

1121100000

Communauté Rurale de DJEMBERING

Indicatif	CODE		Nom localité	EFFECTIF				
	Village	Hameau		Concession	Ménage	Homme	Femme	Population
CR de DJEMBERRING				1145	1992	6474	5640	12114
1121100100	1	0	BOUCOTTE DIOLA	30	38	107	100	207
1121100200	2	0	BOUCOTTE WOLOF	162	200	756	682	1438
1121100201	2	1	Djifandène	10	10	46	38	84
1121100300	3	0	BOUYOUE	43	45	126	87	213
1121100400	4	0	CACHOUANE	5	32	98	91	189
1121100500	5	0	CAP-SKIRRING	191	438	1513	1233	2746
1121100501	5	1	Randoulène	2	2	4	0	4
1121100600	6	0	DJEMBERING ETAMA	10	13	40	35	75
1121100700	7	0	DJEMBERING ETOUNE	16	33	89	79	168
1121100800	8	0	DJEMBERING HALOUDIA	113	178	558	485	1043
1121100900	9	0	DJEMBERING HOUDIABOUSS	32	71	224	205	429
1121101000	10	0	DJEMBERING KAENGHA	24	37	85	98	183
1121101100	11	0	DJEMBERING KAOUTE	29	44	134	110	244
1121101400	14	0	GNIKINE (KELLOUM)	23	23	38	38	76
1121101500	15	0	KABROUSSE KADIAKAYE	1	1	9	4	13
1121101600	16	0	KABROUSSE MOSSOR	191	438	1513	1233	2746
1121101700	17	0	KABROUSSE NIALOU	126	226	630	604	1234
1121101800	18	0	CARABANE	44	66	203	205	408
1121101801	18	1	Kafakh	4	4	5	15	20
1121101900	19	0	OURONG	48	56	196	179	375
1121101901	19	1	Guizor	4	4	8	7	15
1121102000	20	0	SIFOCA	8	8	20	24	44
1121102100	21	0	WINDAYE (WOUDAYE)	25	25	72	88	160

Source : Commune de Diembéring(2013).

QUESTIONNAIRE DE RECHERCHE.

IDENTIFICATION

1. Prénom(s)et Nom

2. Sexe

- 1.M 2.F

3. Ethnie

4. Profession

5. Résidence

6. Situation matrimoniale

7. Niveau d'instruction

- 1.élémentaire 2.secondaire
 3.supérieure 4.coranique
 5.autre

13. Avez-vous accès à ces ressources ?

- 1.oui 2.non

CADRE CLIMATIQUE ET RESSOURCES EN EAU DANS L'ILE DE CARABANE

8. 1. Quels sont les différents types de ressources en eau disponibles ?

- 1.Eaux pluviales 2.Eaux souterraines
 3.Eaux superficielle

9. Comment jugez-vous ces ressources?

- 1.Abondantes 2.Peux abondantes
 3.Suffisantes 4.Insuffisantes

10. Pour les eaux pluviales

- 1.Abondantes 2.Peux abondantes
 3.Suffisantes 4.Insuffisantes

11. Pour les eaux souterraines

- 1.Abondantes 2.Peux abondantes
 3.Suffisantes 4.Insuffisantes

12. Pour les eaux superficielles

- 1.Abondantes 2.Peux abondantes
 3.Suffisantes 4.Insuffisantes

14. Pour les eaux souterraines

- 1.oui 2.non

15. si non, pourquoi?

- 1.Inexploitable 2.Trop profonde
 3.Salée 4.Polluée

16. Pour les eaux pluviales 1

- 1.oui 2.non

17. Si non, pourquoi?

- 1.Rareté des pluies 2.non maitrise de ces eaux

18. Pour les eaux superficielles 1

- 1.oui 2.non

19. Si non, pourquoi?1

- 1.Salée 2.dure
 3.polluée

20. Apercevez-vous les effets du changement climatique ?

- 1.oui 2.non

21. Si oui, dans quelles paramètres se font plus sentir ces effets du changement climatique ?

- 1.Température 2.pluviométrie
 3.vents 4.humidité relative
 5.autres

22. Quelle est l'évolution de la température en fonction des effets du changement climatique ?

- 1.Diminution 2.Stabilité
 3.Augmentation 4.Variable

23. Quelle est l'évolution de la pluviométrie en fonction des effets du changement climatique ?

- 1.Diminution 2.Stabilité
 3.Augmentation 4.Variable

24. quelle est l'évolution du vent en fonction des effets du changement climatique ?

- 1.Diminution 2.Stabilité
 3.Augmentation 4.Variable

25. Quelle est l'évolution de l'humidité relative en fonction des effets du changement climatique ?

- 1.Diminution 2.Stabilité
 3.Augmentation 4.Variable

26. Selon vous, est-ce-que les ressources en eau subissent les assauts des changements climatiques?

- 1.oui 2.non

27. Pour les eaux souterraines

- 1.oui 2.non

28. - Si oui, quels sont les impacts ?

- 1.Diminution des réserves 2.Diminution de la recharge en eau des nappes souterraines
 3.Diminution de la profondeur 4.Intrusion marine

29. Pour les eaux pluviales

- 1.oui 2.non

30. - Si oui, quels sont les impacts ?

- 1.augmentation 2.diminution
 3.retard 4.pluies précoces

31. Pour les eaux superficielles

- 1.oui 2.non

32. si oui quels sont les impacts

- 1.Diminution des plans d'eau 2.Augmentation des plans d'eau
 3.Erosion 4.Elargissement des lits des marigots
 5.Salinisation des marigots 6.Ensablement des mares

33. Si vous constatez une vulnérabilité (dégradation) des ressources en eau, quels sont les facteurs qui sont à l'origine

- 1.Les causes humaines ou anthropiques 2.Les causes naturelles

34. Quels sont les facteurs naturels qui rendent les ressources en eau vulnérables

- 1.La rareté de pluie 2.L'augmentation des températures
 3.La progression de la sécheresse 4.L'intrusion marine
 5.La remontée du biseau salée 6.Ruissellement des eaux de pluies
 7.Déferment des vagues 8.Autres

35. Comment est le niveau de vulnérabilité ces ressources en eau lié aux facteurs naturels

- 1.Très faible
- 2.faire
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

36. Pour les eaux pluviales

- 1.Très faible
- 2.faire
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

37. Pour les eaux souterraines

- 1.Très faible
- 2.faire
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

38. Pour les eaux superficielles

- 1.Très faible
- 2.faire
- 3.moyennes
- 4.fort
- 5.très fort

39. Quels sont les facteurs anthropiques qui rendent les ressources en eau vulnérables

- 1.Sur- utilisation des ressources en eau
- 2.Pauvreté excessive (problèmes économiques)
- 3.Augmentation des besoins due à la hausse de la population
- 4.Utilisation et gestion archaïque des ressources en eau
- 5.Pollution
- 6.Autres

40. Comment est le niveau de vulnérabilité de ces ressources en eau lié à l'homme

- 1.très faible
- 2.faire
- 3.moyenne
- 4.forte
- 5.très forte

41. Pour les ressources souterraines

- 1.Très faible
- 2.faire
- 3.moyenne
- 4.forte
- 5.très forte

42. Pour les eaux pluviales

- 1.Très faible
- 2.faire
- 3.moyenne
- 4.forte
- 5.très forte

43. Pour les eaux superficielles

- 1.Très faible
- 2.faire
- 3.moyenne
- 4.forte
- 5.très forte

44. Quelles conséquences sur la ressource

- 1.Pollution
- 2.salinisation
- 3.endurcissement
- 4.autres

GESTION DES RESSOURCES EN EAU ET STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LEUR VULNERABILITE

45. Existe-il des acteurs intervenant dans la gestion des ressources en eau

- 1.oui
- 2.non

46. Si Oui, quels sont les types d'acteurs

- 1.privés
- 2.publics

47. Citer quelques types d'acteurs publics

48. Citer quelques types d'acteurs privés

49. Ces acteurs publics ou privés interviennent dans quel type de ressources en eau

- 1.Eaux superficielles
- 2.eaux pluviales
- 3.eaux souterraines

50. - S'ils sont des acteurs publics, quelle est leur niveau d'influence sur la gestion de ces ressources en eau ?

- 1.Très faible
- 2.f faible
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

51. pour les eaux souterraines

- 1.Très faible
- 2.f faible
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

52. pour les eaux pluviales

- 1.Très faible
- 2.f faible
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

53. pour les eaux superficielles

- 1.Très faible
- 2.f faible
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

54. S'ils sont des acteurs privés, quelle est leur niveau d'influence sur la gestion de ces ressources en eau

- 1.Très faible
- 2.f faible
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

55. Pour les eaux souterraines

- 1.Très faible
- 2.f faible
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

56. Pour les eaux pluviales

- 1.Très faible
- 2.f faible
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

57. Pour les eaux superficielles

- 1.Très faible
- 2.f faible
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

58. Est-ce que la population locale participe à la gestion des ressources en eau

- 1.oui
- 2.non

59. Si oui, quelle est leur niveau de responsabilité sur la prise de décision dans la gestion intégrée des ressources en eau

- 1.Très faible
- 2.f faible
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

60. si non, pourquoi?

61. Existe-t-il des méthodes de lutte contre la vulnérabilité des ressources en eau face aux changements climatiques

- 1.oui
- 2.non

62. Si, Oui quelle type de méthodes sont-elles

- 1.modernes
- 2.traditionnelles

63. Citer des types de méthodes traditionnelles

64. Citer des types de méthodes modernes

65. Si elles sont de types traditionnels, quel est leur niveau d'efficacité

- 1.Très faible
- 2.f faible
- 3.moyenne
- 4.forte
- 5.très forte

66. Pour les eaux souterraine

- 1.Très faible
- 2.faible
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

67. pour les eaux pluviales

- 1.Très faible
- 2.faible
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

68. Pour les eaux superficielles

- 1.Très faible
- 2.faible
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

69. Si elles sont de types modernes, quel est leur degré de résilience

- 1.Très faible
- 2.faible
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

70. Pour les eaux souterraines

- 1.Très faible
- 2.faible
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

71. Pour les eaux pluviales

- 1.Très faible
- 2.faible
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

72. Pour les eaux superficielles

- 1.Très faible
- 2.faible
- 3.moyen
- 4.fort
- 5.très fort

73. Comment jugez-vous ces modes d'adaptation

- 1.Inefficace
- 2.moyennement efficace
- 3.efficace

GUIDE D'ENTRETIEN

Ce guide d'entretien nous permettra d'analyser le niveau de vulnérabilité des ressources en eau face aux changements climatiques afin de proposer des solutions adaptées pour éradiquer ce phénomène. Il est adressé au chef du village, aux acteurs étatiques et aux gérants de campement dans l'île de Carabane

1. Avez-vous accès aux ressources en eau ? Comment ?

2. Avez-vous remarqué une diminution de cette ressource ? Pourquoi ?

3. Selon vous, est-ce-que les ressources eau subissent les assauts de la variabilité climatique ?

4. Quels sont les facteurs qui rendent les ressources en eau vulnérables

5. Comment luttez-vous contre les effets du changement climatique sur les ressources en eau ?

6. Ces méthodes sont-elles durable ? Qu'est ce que vous nous suggérez sur les stratégies à entreprendre dans le futur ?

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Répartition de la population de Carabane par ethnies (Source, Enquête MANGA, 2018).....	35
Figure 2 : Evolution des écarts à la moyenne 1951-2015 des précipitations dans la station d'Oussouye.....	42
Figure 3 : Evolution de la température moyenne, maximale et minimale de 1962 à 2012 à la station de Ziguinchor.....	45
Figure 4 : Evolution de l'évapotranspiration potentielle et réelle de 1962 à 2012 à la station de Ziguinchor (Source : ANACIM, 2013)	46
Figure 5: Evolution de l'ETP en fonction des pluies à la station de Ziguinchor de 1962 à 2012 (Source : ANACIM Ziguinchor).....	47
Figure 6 : Evolution de l'humidité relative dans la station de Ziguinchor entre 1962-2012 (Source : ANACIM, 2013).....	48
Figure 7 : Perception de la population locale sur les ressources en eau dans l'île de Carabane (Source : enquête MANGA2018).....	50
Figure 8 : Perception de la population locale sur les eaux pluviales dans l'île de Carabane. (Source : enquête MANGA 2018).....	51
Figure 9: Perception de la population locale sur les ressources en eau superficielle dans l'île de Carabane (Source : MANGA 2018).....	51
Figure 10: Perception de la population sur ressources en eau superficielle dans l'île de Carabane. (Source : enquête MANGA 2018)	53
Figure 11 : Les effets de la variabilité climatique affectant les ressources superficielles (source : Enquête MANGA 2018).....	56
Figure 17 : Domaine d'intervention des acteurs privés sur la gestion des ressources en eau dans l'île de Carabane (source : Enquête Antoine D MANGA 2018).....	88
Figure 19: Niveau d'efficacité de ces méthodes d'adaptation traditionnelles (Source : Enquête MANGA 2018)	99

Figure 20: Niveau d'efficacité de ces méthodes d'adaptation moderne (Source : Enquête MANGA 2018) 104

TABLE DES CARTES

Carte 1:Localisation de l'île de Carabane	25
Carte 2 : Occupation du sol dans l'île de Carabane.	29
Carte 3: Relief l'île de Carabane	31
Carte 4: Réseau hydrographique de l'île de Carabane ... Error! Bookmark not defined.	
Carte 5 : Évolution du trait de côte et représentation statistique du secteur Carabane entre.....	59
Carte 6: Évolution du trait de côte et représentation statistique du secteur Carabane entre.....	61
Carte 7 : Évolution du trait de côte et représentation statistique du secteur Carabane entre.....	63
Carte 8: Localisation des différents puits analysés dans le village de Carabane.....	66
Carte 9: Qualité des eaux de puits analysés en fonction du pH dans le village de Carabane.....	69
Carte 10: Qualité des eaux de puits analysés en fonction de la Salinité dans le village de Carabane.....	71

TABLE DES SCHEMA

Schéma 1: Méthode d'approvisionnement en eau douce dans le village de Carabane (Source : Antoine D MANGA 2018).....	97
Schéma 2: mode d'emploi du filtrage d'eau du filtre de KATADYN (réalisateur : Antoine D MANGA 2018)	102

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1: Nombre de chef de ménages questionnés dans l'île en fonction du nombre total	17
Tableau 2 :Statistiques des totaux pluviométriques, de la normale, du pourcentage et de l'écart en pourcentage de 1951 à 2015 dans la station d'Oussouye.	41

Tableau 3 : Evolution des températures moyennes en °C à la station de Ziguinchor 1962-2012.....	44
Tableau 4 : Caractéristiques du bilan climatique.....	46
Tableau 5: Résultats des analyses des paramètres hydrologiques de 12 puits dans le village de Carabane.....	68

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE	i
REMERCIEMENTS	iii
SIGLES ET ABBREVIATIONS	iv
RESUME	v
INTRODUCTION GENERALE	1
I. PROBLEMATIQUE	2
1. Contexte	2
2. Justification	3
II. OBJECTIFS	4
III.1. Objectif général	4
III.2. Objectifs spécifiques.....	4
IV. HYPOTHESES	4
IV.1. Hypothèse générale	4
IV.2. Hypothèses spécifiques	4
V. REVUE DOCUMENTAIRE	5
VI. ANALYSE CONCEPTUELLE	9
1. Vulnérabilité	9
2. Ressources en eau	11
3. Variabilité climatique et Changement climatique	14
VII. METHODOLOGIE	15
1. La revue documentaire	15
2. La collecte des données	16
3) Le traitement et l'analyse des données obtenues	20
3.5. Les données cartographiques	21
PREMIERE PARTIE : PRESENTATION GENERALE DE L'ÎLE DE CARABANE	23
CHAPITRE I : CADRE PHYSIQUE DE L'ÎLE DE CARABANE	24

I.	SITUATION GEOGRAPHIQUE DE L'ÎLE DE CARABANE	24
II.	LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DE L'ÎLE DE CARABANE	26
II.1.	Hydrogéologie	26
II.2.	Occupation du sol et Relief	28
II.2.1	Occupation du sol	28
II.2.2	Relief et Sols	30
II.2.3.	La végétation	32
II.2.3.	Le climat	33
	CHAPITRE II: CADRE HUMAIN ET ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES DE L'ÎLE DE CARABANE.....	35
I-	LE CADRE HUMAIN	35
II-	LES ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES MENEES DANS L'ÎLE DE CARABANE	36
II.1.	L'agriculture	36
II.2.	La pêche.....	37
II.3.	Le tourisme.....	37
	CONCLUSION PARTIELLE	38
	DEUXIEME PARTIE: CADRE CLIMATIQUE ET RESSOURCES EN EAU DANS L'ÎLE DE CARABANE	39
	CHAPITRE I: CARACTERISATION DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE DANS L'ÎLE DE CARABANE	40
I.	LA PLUVIOMETRIE	40
II-	LA TEMPERATURE.....	43
III-	EVOLUTION L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE ET REELLE	45
V-	L'HUMIDITE RELATIVE.....	47
	CONCLUSION	48
	CHAPITRE II: CARACTERISATION ET QUANTIFICATION DES RESSOURCES EN EAU SELON LA POPULATION LOCALE DANS L'ÎLE DE CARABANE.....	49
I-	PERCEPTION DE LA POPULATION SUR LES RESSOURCES EN EAU DANS L'ILE DE CARABANE	49

II. PERCEPTION DE LA POPULATION LOCALE SUR LA PLUIE DANS L'ILE DE CARABANE.....	50
III. PERCEPTION DE LA POPULATION LOCALE SUR LES RESSOURCES EN EAU SUPERFICIELLE DANS L'ILE DE CARABANE	51
IV. PERCEPTION DE LA POPULATION LOCALE SUR LES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DANS L'ÎLE DE CARABANE	53
CONCLUSION PARTIELLE	53
TROISIEME PARTIE : IMPACTS DES FACTEURS NATURELS ET DES ACTIVITES SOCIOECONOMIQUES SUR LES RESSOURCES EN EAU.....	54
CHAPITRE I : IMPACTS DES FACTEURS NATURELS SUR LES RESSOURCES EN EAU DANS L'ÎLE DE CARABANE	55
I. LES IMPACTS DES FACTEURS NATURELS SUR LES RESSOURCES EN EAU SUPERFICIELLES DANS L'ILE DE CARABANE.....	55
II. LES IMPACTS DES FACTEURS NATURELS SUR LES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINES DANS L'ILE DE CARABANE.	65
III. LES IMPACTS DES FACTEURS NATURELS SUR LES RESSOURCES EN EAU PLUVIALES DANS L'ILE DE CARABANE	76
CONCLUSION PARTIELLE	77
CHAPITRE II : IMPACTS DES ACTIVITES SOCIOECONOMIQUES SUR LES RESSOURCES EN EAU DANS L'ILE DE CARABANE.....	78
I. LA SOUILLURE OU LA POLLUTION DU LIT MAJEUR DU FLEUVE ET DES BOLONGS DANS LE VILLAGE DE CARABANE	79
II. AUGMENTATION DES BESOINS EN EAU DUE A LA HAUSSE DE LA POPULATION.....	80
III. LA FORTE UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU	81
IV. LA PAUVRETE ET L'UTILISATION ANCIENNE DE CES RESSOURCES.	

CHAPITRE I : ACTEURS ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS L'ÎLE DE CARABANE.....	85
I. ACTEURS INTERVENANT SUR LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS L'ÎLE DE CARABANE	85
I.1. Rôle de l'Etat sur la gestion.....	86
II.2. Rôle des acteurs privés sur la gestion des ressources en eau dans l'île de Carabane.....	87
II.3. Rôle de la population locale sur la gestion des ressources en eau dans l'île de Carabane.....	89
II. MODES DE GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS L'ÎLE DE CARABANE .	90
II.1. Gestion traditionnelle de l'eau dans l'île.....	90
II.2. Gestion moderne de l'eau dans l'île.....	90
II.3. Contraintes de la gestion des ressources eaux dans l'île de Carabane.....	90
II.4. Comment gérer les ressources en eau de manière durable ?.....	91
CHAPITRE II : STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LES IMPACTS DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU	93
I. LES STRATEGIES OU METHODES DE LUTTES	93
I.1. Les stratégies ou méthodes de luttes traditionnelles	94
I.1.1. Les méthodes de luttes traditionnelles pour les eaux superficielles	94
I.1.2. Les méthodes de luttes traditionnelles pour les eaux souterraines.....	96
I.1.3. Les méthodes de luttes traditionnelles pour les eaux pluviales	98
I.1.4. Le niveau d'efficacité de ces stratégies de luttes traditionnelles.....	98
I.2. Les stratégies ou méthodes de luttes modernes	99
I.2.1. Les méthodes de luttes modernes pour les ressources en eau superficielles	99
I.2.2. Les méthodes de luttes modernes pour les ressources en eau souterraines	101
I.2.3. Les méthodes de luttes modernes pour les ressources en pluviale	101

I.2.4. Le niveau d'efficacité de ces stratégies de lutttes modernes.....	103
II. PERSPECTIVES : QUELLES STRATEGIES A ADOPTEES DANS LE FUTUR.....	105
CONCLUSION	106
CONCLUSION GENERALE.....	107
BIBLIOGRAPHIE	109
ANNEXE	I
TABLE DES ILLUSTRATIONS	X
TABLE DES MATIERES.....	XIII