



REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR, DE LA
RECHERCHE ET DE L'INNOVATION (MESRI)
UNIVERSITE DE THIES (UT)
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'AGRICULTURE (ENSA)
DEPARTEMENT DE GENIE RURAL



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome
Option : Génie Rural

Thème :

**Cartographie des ressources en eau : Disponibilité
et Qualité Chimique des eaux dans la commune de
Diégoune (basse Casamance)**

Présenté Par : Mlle Aïssatou Aïdara TRAORE

Soutenu publiquement devant le jury compose de :

| | |
|---|-----------|
| Pr Ibrahima Diédhiou, Directeur de l'ENSA | Président |
| M. Magatte WADE, Enseignant Chercheur | Membre |
| Dr Mamadou Talla DIAGNE, Chef du Département Sciences du Sol | Membre |
| Mme Dior DIALLO DIARRA, Enseignant Chercheur | Membre |
| M. Remy Diatta, Responsable Suivi Evaluation du PPDC | Membre |

Dédicace

Louange à ALLAH,

Ce modeste travail est dédié :

À ma chère maman Diénaba SOW, la flamme qui ne cesse d'illuminer mon chemin, celle qui m'a transmis la vie, l'amour, le courage ; je dis merci d'avoir fait de moi celle que je suis aujourd'hui. Aucune dédicace ne pourra exprimer mes respects, mes considérations et ma grande admiration pour toi. En signe de reconnaissance pour l'amour dont tu m'a toujours comblé, l'éducation et le bien-être que tu m'a assuré ; puisse ce travail représenter à tes yeux, le plus beau cadeau que je puisse t'offrir. Que Dieu, le tout puissant, te préserve et te procure santé et longue vie.

A mon cher papa Aïdara Cherif Aboubacar Traoré ; en témoignage de ma reconnaissance pour son amour et son affection.

A mes frères et soeurs, Ablaye, Vieu, Sokhna, Yafatou, Médoune et ATTA

Qu'ils trouvent en ce travail, l'hommage de ma gratitude, qu'aucun mot ne saurait l'exprimer, pour leur amour et leur attachement.

A mes beaux-frères Abdoulaye Dieng et Djibi Ndiaye

À mes meilleures amies, Mame Astou DIASSE et Ramatoulaye TAMBOURA qu'elles gardent de bons souvenirs des moments inoubliables qu'on a passés ensemble.

À mes camarades de la 33ème promotion et à toute l'ENSA,

Remerciement

A tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'édification de ce travail, nous adressons nos remerciements les plus sincères et chaleureux. Ces remerciements vont à l'endroit des personnes suivantes :

Professeur Ibrahima DIEDHIOU, Directeur de l'ENSA, pour son encadrement, ses conseils et encouragements ;

Docteur Mamadou Tandian DIAW, Directeur des Etudes de l'ENSA, pour sa modestie et sa grande disponibilité ;

Monsieur Papa Saer WADE, Chef du Département Génie Rural de l'ENSA, à travers lui, tous les Enseignants du département de Génie Rural qui ont contribué à notre formation. Nous tenons à les notifier un remerciement spécial: Madame Dior Diallo Diarra, Monsieur Magatte Wade et Monsieur Daouda Sow. Qu'ils trouvent ici toute notre gratitude et reconnaissance pour leur aide, leur encadrement dont nous avons bénéficié durant toute notre scolarité.

Docteur Mamadou Talla DIAGNE, Enseignant à l'ENSA, Je désire lui adresser un merci tout particulier, ses précieux commentaires et ses conseils pertinents m'ont grandement aidé tout au long des différentes étapes à l'élaboration de ce mémoire.

A Monsieur Youssouph BADJI, Coordonnateur du Projet *PPDC*, de m'avoir offert l'opportunité de réaliser cette étude et de l'aide apportée jusqu'au bout ;

A Monsieur Rémy DIATTA, Responsable Suivi-évaluation du Projet *PPDC*, pour l'intérêt porté à ce travail, pour les précieux conseils et relecture. A travers vous, je remercie l'ensemble du personnel du *PPDC* pour leur appui notable ;

A Monsieur EL-HADJ SONKO, Maire de la Commune de Diégoune, une personne d'une générosité exceptionnelle qui m'a accueillie et a mis à ma disposition toutes les conditions nécessaires pour la réalisation de ce travail. Je souhaiterais vous remercier pour votre appui précieux, et toute la confiance accordée en ma modeste personne. A travers vous, je remercie l'ensemble du personnel de la Mairie de Diégoune et toute la famille SONKO ainsi que l'ensemble des habitants de la commune, pour nous avoir accueilli, nous avoir offert un cadre propice au déroulement de ce stage, pour leur disponibilité, leurs conseils, leur patience et pour la bonne humeur quotidienne, au sein d'une ambiance toutefois très studieuse;

A Monsieur Gawane Diop, Chef d'Agence de la CNCAS de Bignona, pour sa générosité et son hospitalité ;

A mes collègues du DGR, Momar Diané, Khadim Kane, Moustapha Thiaw, Babacar Niass, Daouda Ba, Mamadou Diop, Mamadou Soumaré et Khadim Seye. J'avoue que les moments partagés avec vous ne seront jamais oubliés. Puisse Allah vous accorde sa miséricorde ;

A mes sœurs de la 33^{ième} : Mariama Dione ; Mame Astou Diassé, Ramata Camara, Awa Niang, Nafissatu Sarr, Awa Nar, Aby Gaye, Mme Cissé, Mme Ba, Mme Tine, Mme Diouf, Mme Sy Diouf et Mme Ndoye je leur dis un grand merci pour les bons moments passés ensembles et aussi pour leur soutien durant tous les moments difficiles. De même je suis très reconnaissant à toute ma promotion de la 33 ;

A mes camarades de la 33^{ème} Promotion, à mes filleuls de la **37^{ème} Promotion** et à tous les élèves ingénieurs de l'ENSA

Que tous ceux ou toutes celles, qui m'ont aidé et soutenu, d'une manière ou d'une autre, de loin ou de près, trouvent ici l'expression de ma profonde et sincère gratitude.

Résumé

La présente étude a consisté à faire une évaluation de la qualité chimique des eaux de surface et de puits sur l'ensemble de la commune de Diégoune ainsi que l'évaluation du remplissage des retenues d'eau des digues réalisées par le PPDC dans les villages de Diégoune et Djimande. Une cartographie de la qualité chimique des eaux de surface et des puits a été établie dans le but de réactualiser le Plan de Développement communal (PDC) de Diégoune.

La caractérisation du territoire communal étudié du point de vue social, économique, géomorphologique et hydrologique a été jugée nécessaire pour une étude cartographique de base. De cette caractérisation ont découlé plusieurs cartes caractéristiques de la commune : carte des bassins et sous bassins versants, carte hypsométrique, carte des pentes, carte du réseau hydrographique, carte pédologique et enfin carte d'occupation du sol.

L'étude de la disponibilité en eau des retenues des digues de Djimande et de Bougolor a été aussi effectuée. Dans le but de déterminer le niveau de remplissage de ces retenues, les apports d'eau potentiels dans les deux sous bassins abritant les ouvrages du PPDC ont été établis.

La qualité chimique des eaux a été aussi étudiée sur l'ensemble du territoire de la commune. Des échantillons d'eaux, soigneusement sélectionnés couvrant l'ensemble du territoire communal, ont été analysés au laboratoire afin de déterminer leurs caractéristiques physico-chimiques. Les analyses ont permis de vérifier le niveau de potabilité des puits de la commune en se basant sur les normes de potabilité de l'OMS. Elles ont permis d'élaborer la carte de la salinité des eaux basée sur les valeurs de la conductivité des eaux et la carte de l'alcalinisation des sols par les eaux de surface. L'analyse des échantillons a permis le classement de chaque échantillon d'eau dans un faciès chimique. C'est ainsi qu'un seul faciès chimique a été identifié pour les eaux de surface étudiées et trois (3) faciès pour les eaux de puits étudiées. Enfin une carte d'aptitude ou de qualité des eaux de surface à l'alimentation des rizières en eau a été produite en distinguant deux classes de qualité des eaux : les eaux de qualité excellente et les eaux de qualité médiocre.

Mots clef : ressources en eau, cartographie et géomatique appliquée à l'étude des agroécosystèmes ; qualité chimique et disponibilité d'eau dans des BV de Basse Casamance

Abstract

This study involved an assessment of the chemical quality of surface and well water throughout the municipality of Diégoune and the assessment of the filling of dams carried out by the PPDC in the villages of Diégoune and Djimande. A mapping of the chemical quality of surface water and wells has been established with the aim of updating the Diégoune Community Development Plan (CDP). The characterization of the communal territory studied from a social, economic, geomorphological and hydrological point of view was deemed necessary for a basic mapping study. From this characterization came several maps characteristic of the commune: map of basins and sub-watersheds, hypsometric map, map of slopes, map of the water system, soil map and finally map of land use. The water availability of dams at Djimande and Bougolor dams was also carried out. In order to determine the level of filling of these reservoirs, potential water supplies in the two sub-basins housing the PPDC structures have been established. The chemical quality of the waters has also been studied throughout the municipality. Carefully selected water samples covering the entire communal area were analysed in the laboratory to determine their physical and chemical characteristics. The analyses were used to verify the level of potability of the wells in the commune based on OMS potability standards. They made it possible to develop the map of water salinity based on the values of water conductivity and the map of the alkalization of soils by surface waters. Analysis of the samples allowed the classification of each water sample in a chemical facies. Thus, a chemical facies were identified for the surface water studied and three (3) facies for the well water studied. Finally, a surface water aptitude or quality map for supplying rice paddies was produced by distinguishing between two classes of water quality: excellent quality water and poor quality water.

Keywords : water resources, mapping and geomatics applied to the study of water agro-ecosystems; chemical quality and water availability in Lower Casamance Bvs

Sommaire

| | |
|---|----|
| Dédicace | 2 |
| Remerciement | 3 |
| Résumé | 5 |
| Abstract | 6 |
| Sommaire | 7 |
| Liste des tableaux | 10 |
| Liste des figures | 11 |
| Liste des cartes | 12 |
| Introduction Générale | 13 |
| Première partie : | 15 |
| Présentation générale et méthodologie | 15 |
| | 16 |
| Chapitre I : Présentation Générale de la Commune..... | 16 |
| I. Milieu physique | 17 |
| I.1. Le climat et la pluviométrie | 17 |
| I.2 Le relief et les sols..... | 18 |
| I.3 Les ressources en eau | 18 |
| I.4 Les ressources végétales et fauniques..... | 19 |
| II. Milieu Humain | 19 |
| II.1. Densité de la population..... | 19 |
| Evolution de la population..... | 19 |
| II.2 Répartition ethnique et religion..... | 20 |
| Chapitre II : Présentations de l'étude | 21 |
| I. Problématique | 21 |
| II. Objectifs de l'étude et résultats attendus | 22 |
| Résultats attendus..... | 23 |
| III. Matériels et méthodes (Méthodologie)..... | 23 |
| III.1 Matériels..... | 24 |
| III.1.1 Collecte de données | 24 |
| III.1.2 Outils de traitement..... | 24 |
| III.2 Méthodes..... | 25 |

| | |
|--|----|
| III.2.1 Données socio-économiques | 25 |
| III.2.2 Etude de base | 27 |
| III.2.2.1 Données géo-morphologiques | 27 |
| Indice de forme | 27 |
| Le rectangle équivalent : | 27 |
| Indice globale de pente | 28 |
| Dénivelé spécifique : | 29 |
| Densité de drainage..... | 29 |
| III.2.2.2 Données Hydrologique..... | 29 |
| III.2.3 Données Hydro-chimiques | 32 |
| Mesure du pH..... | 35 |
| III.2.4 Données Cartographique | 39 |
| DEUXIEME PARTIE : | 40 |
| Synthèse Bibliographique | 40 |
| | 41 |
| Chapitre III : les Ressources en eau | 41 |
| Définition..... | 41 |
| Problématique des eaux en Casamance | 41 |
| Ressources en eaux de la Casamance | 42 |
| Le fleuve Casamance..... | 42 |
| Le marigot de Baïla..... | 42 |
| Qualité des eaux..... | 43 |
| Chapitre IV : Utilité de la Géomatique..... | 44 |
| Applications de la géomatique en gestion de ressources naturelles (Tall M, 1996) | 45 |
| TROISIEME PARTIE : | 47 |
| Présentation et Analyse des résultats | 47 |
| Chapitre V : Etude socio-économique (données de l'enquête)..... | 48 |
| I. La santé :..... | 48 |
| II. Education/Formation | 49 |
| III. L'hydraulique..... | 49 |
| IV. Dynamique de l'économie locale..... | 51 |
| Chapitre VI : Caractérisation de la commune de Diégoune | 53 |
| I. Etude géomorphologique de la commune Diégoune..... | 53 |

| | |
|---|----|
| I.1 La délimitation des bassins versants | 53 |
| I.2 Morphométrie des bassins versants de Diégoune | 54 |
| I.3 caractérisation du relief..... | 55 |
| I.3.1 Courbe hypsométrique de la commune de Diégoune | 55 |
| I.3.2 Le système des pentes | 57 |
| I.4 La géométrie du réseau hydrographique..... | 58 |
| I.5 Occupation du sol | 59 |
| I.6 Types de sol..... | 61 |
| II. Etude hydrologique..... | 62 |
| II.1 Contrôle des données pluviométrique | 62 |
| II.2 Analyse statistique des données pluviométriques | 64 |
| Chapitre VII : Etude des ouvrage du PPDC..... | 66 |
| I. Caractérisation des deux sous bassins versant..... | 66 |
| II. Description et état actuel des ouvrages..... | 69 |
| III. Les apports hydriques..... | 71 |
| Chapitre VIII : Etude hydro-chimique des eaux de Diégoune | 74 |
| IV.1. les paramètres physico-chimiques..... | 74 |
| 1. pH | 74 |
| 2. Conductivité électrique..... | 76 |
| IV.2 Faciès chimiques..... | 77 |
| IV.2.1 Eaux de surface..... | 77 |
| IV.2.2 Eaux souterraines | 80 |
| Chapitre IX : Qualités des eaux de Diégoune..... | 83 |
| | 83 |
| I. Qualité des eaux destinées à la consommation humaine | 83 |
| II. Qualité des eaux destinées aux activités agricoles | 85 |
| Conclusion Générale | 92 |
| Reference bibliographique..... | 93 |
| Liste des annexes | 94 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Evolution de la population de 1988 à 2014 | 19 |
| Tableau 2 : population de Diégoune | 26 |
| Tableau 3 : Caractéristiques de forme des unités hydrologiques des bassins versants de Diégoune | 54 |
| Tableau 4 : Occupation du sol de la commune de Diégoune | 61 |
| Tableau 5 : Caractéristique des sous bassin versant de Bougolor et de Djimande | 68 |
| Tableau 6 : Apport d'eau..... | 71 |
| Tableau 8 : niveau de remplissage des retenues | 72 |
| Tableau 9 : Norme de potabilité de l'eau de point de vue chimique | 83 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1: évolution de la pluviométrie moyenne annuelle (Source : rapport propaix) | 18 |
| Figure 2 : les puits concernés par l'étude..... | 33 |
| Figure 3 : échantillon d'eau de surface | 34 |
| Figure 4 : Photo illustrant les travaux au laboratoire | 38 |
| Figure 5 : Equipements sanitaires | 48 |
| Figure 6 : infrastructure éducatives | 49 |
| Figure 7 : infrastructures hydrauliques | 50 |
| Figure 8 : courbe hypsométrique de la commune | 56 |
| Figure 9 : Résultat du test par moyenne mobile sur 5 ans et sur 11 ans (Station de Tendouck) | 63 |
| Figure 10 : résultat test par la méthode des doubles masses | 64 |
| Figure 11 : résultat d'ajustement statistique des pluies annuelles de la station de Tendouck..... | 65 |
| Figure 12 : résultat d'ajustement statistique des pluies journalières de la station de Tendouck..... | 65 |
| Figure 14 : Ouvrage de la vallée de Bougolor | 70 |
| Figure 13 : Ouvrage de la vallée de Djimande..... | 70 |
| Figure 15 : remplissage de la retenue de Bougolor..... | 72 |
| Figure 16 : pH des eaux de surface de la commune | 75 |
| Figure 17 : pH des eaux de puits de la commune..... | 75 |
| Figure 18 : Conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$) des eaux de surface | 76 |
| Figure 19 : Conductivités des eaux de Puits de Diégoune | 77 |
| Figure 20 : Projection sur le diagramme de piper des analyses d'eau de surface de Diégoune | 78 |
| Figure 21: projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des résultats des analyses des eaux de surface de Diégoune..... | 79 |
| Figure 22 : Projection sur le diagramme de piper des analyses d'eau de puits | 80 |
| Figure 23: projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des résultats des analyses des eaux de Puits de Diégoune | 81 |
| Figure 24 : Présentation de l'aptitude des eaux de surface de DIEGOUNE à l'alimentation des rizières d'après le diagramme de Richard | 86 |
| Figure 25 : projection des résultats d'analyse d'eau de surface sur le diagramme de WILCOX..... | 89 |

Liste des cartes

| | |
|--|----|
| Carte 1: situation de la commune..... | 16 |
| Carte 2: localisation des eaux prélevées..... | 35 |
| Carte 3: les bassins versants de la commune de Diégoune..... | 53 |
| Carte 4: les sous bassins versant de la commune..... | 54 |
| Carte 5 : hypsométrie de la commune | 55 |
| Carte 6 : pentes de la commune de Diégoune..... | 57 |
| Carte 7 : réseaux hydrographiques de la commune | 58 |
| Carte 8 : Occupation du sol de la commune de Diégoune..... | 59 |
| Carte 9 : Image satellite de la commune | 60 |
| Carte 10 : Sols de la commune (source PNAT 2008)..... | 61 |
| Carte 11 : Sous bassin versant de la vallée de Djimande..... | 67 |
| Carte 12 : Sous bassin versant de la vallée de Bougolor..... | 67 |
| Carte 13 : Faciès chimiques des eaux de surface..... | 79 |
| Carte 14 : faciès chimique des eaux de Puits..... | 81 |
| Carte 15 : Salinité des puits concernés par l'étude..... | 84 |
| Carte 16: salinité des eaux de surface | 87 |
| Carte 17: Salinité des eaux de surface concernées par l'étude..... | 88 |
| Carte 18 : Aptitude des eaux de surface à l'irrigation | 90 |

Introduction Générale

Les ressources en eau, leur disponibilité et leur gestion, l'assainissement et la pollution sont des questions qui se posent en permanence, à la fois aux administrations chargées de la planification nationale, mais aussi aux entreprises et aux collectivités locales, parfois démunies de moyens et qui doivent pourtant faire face aux doléances, de plus en plus nombreuses, souvent de plus en plus justifiées de la population.

Elles constituent à la fois un élément essentiel et un facteur stratégique à l'aménagement du territoire ; sa disponibilité en quantité suffisante conditionne de manière déterminante la répartition des populations, de l'urbanisation et des activités économiques. On peut citer parmi ces activités : l'agriculture, l'élevage, la pêche ...

Bien que les 2/3 de la planète terre sont recouverts d'eau, il s'agit d'une illusion d'abondance car en réalité, l'eau douce dont l'homme a plus besoin, ne représente qu'une faible quantité. Cette eau douce que recèle notre planète, sa qualité et son volume sont menacés par des contraintes climatiques qui bouleversent l'équilibre naturel.

Toutefois, en basse Casamance, les conséquences de la longue sécheresse de 1970, qui a sévi dans toute la région et qui s'est traduite par une vidange des nappes, laissant ainsi le champ libre à l'influence maritime qui s'est surtout manifestée par une salinisation sans cesse accrue des eaux et des sols des biefs amont, particulièrement dans les zones de rizières. Ainsi sécheresse et écoulement fluvial ont eu des conséquences sur le milieu naturel avec notamment la baisse du niveau des nappes d'abord, l'invasion des eaux marines et enfin la salinisation des rizières. Ces salinisations aggravées par le manque d'entretien, se manifestent aussi bien sur le sol que sur la végétation et a pris une ampleur de taille. Ce qui entraîne la perte progressive des surfaces rizicoles entraînant la baisse de leur rendement. Les rizières de la basse Casamance particulièrement celle de la commune de Diégoune n'ont pas échappé à ce phénomène de salinisation qui pose un réel problème et qui, aujourd'hui préoccupent les autorités étatiques et les acteurs de l'agriculture.

Devant cette situation dont l'impact sur le développement économique des communes rurales est considérable, seule une gestion très rationnelle de la ressource peut atténuer cette crise. Ainsi, l'Etat et les partenaires au développement doivent assister les populations à mettre en œuvre des ouvrages ou techniques plus adaptés pour stopper ce phénomène de salinisation. Ceci passe par la connaissance de la qualité de la ressource.

C'est ainsi que le PPDC, à travers la composante 3 restructurée a entrepris à la demande de certaines CT, d'appuyer en phase pilote 3 collectivités locales dans les 3 régions respectives de la Casamance à élaborer ou actualiser leur document de planification (Plan de Développement Communal).

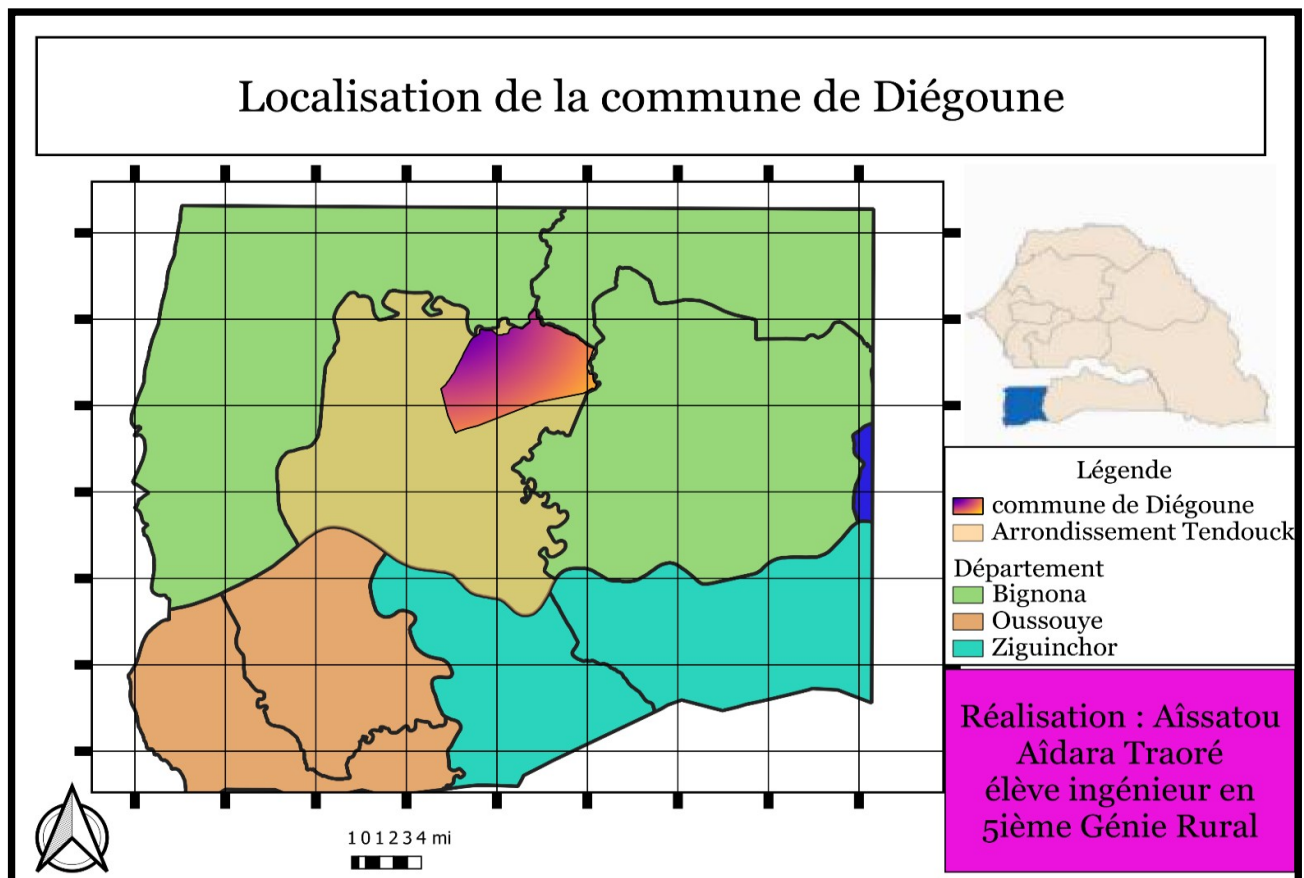
A cette issue, la commune de Diégoune, a été choisie pour faire l'objet d'une cartographie qualitative des ressources en eau en évaluant la disponibilité et la qualité chimique des eaux.

Première partie :

*Présentation
générale et
méthodologie*

Chapitre I : Présentation Générale de la Commune

La commune de Diégoune est située au Nord-Est du département de Bignona a environ 20 km. Elle est l'une des communes de l'arrondissement de Tendouk (908



Km²), situé dans le département de Bignona (5 266 km²) et précisément dans la région de Ziguinchor (7 328 km²). Elle est située en Basse-Casamance, dans la région

historique du Blouf. La commune est composée de 3 villages et de 21 quartiers. Elle est limitée au nord par les communes de Djinaky, de Suelle et le marigot de Baïla, au sud par les communes de Balingore et de Mangagoulack, à l'ouest par les communes de Kartiack et de Mlomp et à l'est par la Commune de TENGHORY. Elle couvre une superficie d'environ 120 km² soit 13.2% de la superficie totale de l'arrondissement de Tendouck et dispose de deux forêts classés. La commune regroupe les villages de Diégoune, de Djimande et de Kagnobon. Les principales productions agricoles de la commune sont l'arachide, le mil, le riz et le niébé.

I. Milieu physique

I.1. Le climat et la pluviométrie

A l'instar de tout le département de Bignona qui se situe en Basse-Casamance, entre la frontière gambienne et le fleuve Casamance, la commune de Diégoune est caractérisée par un climat qui est de transition entre les régions soudano-sahélienne et guinéenne. C'est dans cette partie du pays où l'on peut enregistrer les plus grandes hauteurs pluviométriques. Le climat est caractérisé par l'alternance de deux (02) saisons très contrastées :

- ❖ Une saison sèche, qui s'étale de novembre à mi-juin (7 mois), caractérisée par de moyennes températures (29°) entre mars et Mai et qui s'adoucisent le soir. A partir de novembre jusqu'à mi-janvier, les températures connaissent une baisse variant entre 20 et 25°C ;
- ❖ Une saison des pluies qui dure 05 mois (mi-Juin-Octobre) avec une pluviométrie moyenne annuelle variant entre 1000 et 1500 mm ;

Le graphique ci-dessous montre l'évolution de la pluviométrie moyenne annuelle caractérisée par une grande variabilité. Les pluies sont importantes dans l'ensemble ; ce qui justifie la densité de la végétation dans la zone. Cependant les marques du déficit hydrique se font de plus en plus sentir et engendrent des conséquences négatives qui affectent toute la vie économique basée sur l'agriculture et l'élevage.

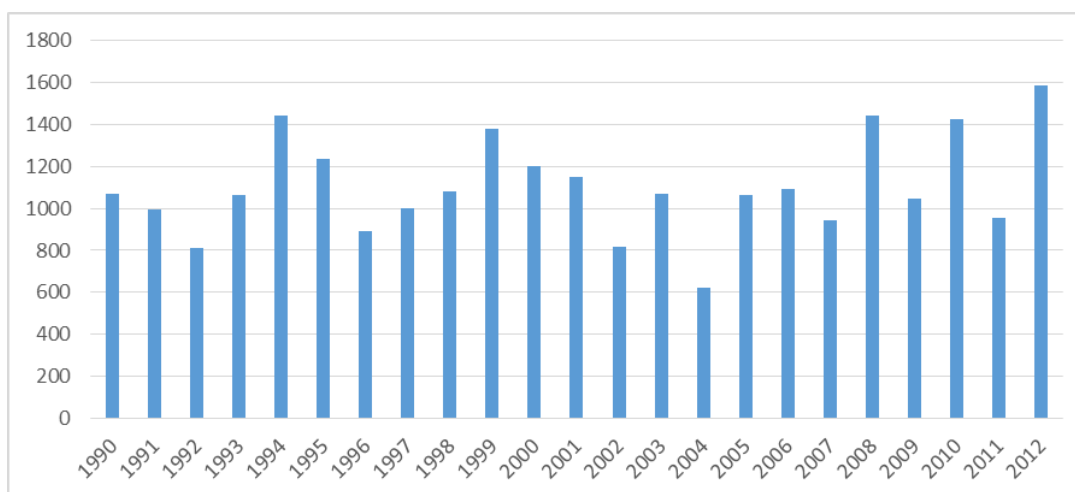


Figure 1: évolution de la pluviométrie moyenne annuelle (Source : rapport propaix)

I.2 Le relief et les sols

Le relief de la commune, est constitué d'un paysage de bas-plateaux et de plaines qui commande la répartition des sols. La typologie des sols dans la zone fait ressortir : des sols hydromorphes, des sols argilo -sableux (aptés à la culture d'arachide, de mil, de maïs, etc.) constituant la transition entre les sols inondés (hydromorphes) et les sols exondés (ferrugineux tropicaux et ferralitique) et des sols halomorphes.

La typologie des sols fait ressortir une prédominance des sols ferrugineux tropicaux peu ou pas lessivés dont les caractéristiques pédologiques varient en fonction de la roche mère et des conditions topographiques.

Au niveau des bas-fonds, les terres cultivables de la zone subissent une salinisation (conséquence de l'avancé de la langue salée) et d'autre part à la non performance des digues antisel qui favorise le ruissellement.

I.3 Les ressources en eau

Deux cours d'eau existent dans la commune : le marigot de Baïla et celui de Bignona. Le marigot de Baïla, principal cours d'eau de la commune, prend sa source dans le fleuve Casamance. Il est la principale source d'eau au niveau des bas-fonds, où se localise la totalité des rizières, des villages de Kagnobon et Diégoune. Tandis qu'une petite partie du marigot de Bignona constitue essentiellement le réseau hydrographique du village de Djimande avec un cours d'eau saisonnier.

Les eaux souterraines sont constituées des nappes alimentées par les eaux de ruissellement et leur captage est possible par des forages et des puits.

Le déficit pluviométrique de ces dernières décennies et le caractère peu perméable des sols ont contribué à une baisse du niveau des eaux souterraines et parfois des eaux de surface.

I.4 Les ressources végétales et fauniques

La végétation, très dense, est de type soudano-guinéen : composée de multiples espèces végétales propices à l'exploitation des produits de cueillette. Il faut noter à cet effet que tout l'Arrondissement de Tendouck et la commune de Kaffountine est couverte par la zone éco géographique forestière dite Sous zone forestière Sud-ouest à mangrove (SOM) selon le PAFR, 2003. Pendant la saison des pluies, diverses espèces herbacées viennent s'ajouter à cette composition et offrent un surplus de fourrage au bétail.

Les espèces végétales dominantes sont palmiers à huile (*Elaeis guinéensis*), rôniers (*Borassus aethiopum*), Tomboiro, Caïlcédrat, Néré, Santan, Fromagers, Prosopis....

La richesse et la densité de la végétation constituent un abri pour une très grande diversité d'animaux sauvages d'antilopes, de singes, de phacochères, de biche, de rongeurs et une avifaune assez variée.

II. Milieu Humain

II.1. Densité de la population

La population de la zone est évaluée à 7511 habitants (RGPH 2013) pour une superficie de 120 km² ; soit une densité de 62 hbts/km² (Direction de la Statistique et de la Prévision, 2013)

Evolution de la population

Tableau 1 : Evolution de la population de 1988 à 2014

| Années | Population de la zone |
|---------------|------------------------------|
| 1988 | 9025 |
| 1989 | 8418 |
| 2001 | 6799 |
| 2002 | 7029 |

| | |
|------|------|
| 2013 | 7511 |
| 2014 | 7511 |

Source : PDC 2018

La population de Diégoune passe de 9025 en 1988 à 7511 en 2014.

II.2 Répartition ethnique et religion

La population de la collectivité territoriale est composée à plus de 99 % de Diolas. Le reste concerne quelques personnes appartenant aux ethnies Mandingue et Peulh, venues exercer le commerce et d'autres professions, de façon temporaire.

Les populations diolas seraient les héritiers d'une antique civilisation fondée, bien avant l'apparition des influences arabes et européennes, sur une riziculture de haute qualité. Cette activité est caractéristique de cette société dont elle détermine l'organisation sociale.

Dans la société diola, à l'origine, le phénomène de la parenté revêt une grande importance. Il a constitué la base d'implantation des villages.

La population de la commune est de confession musulmane à l'exception de quelques fonctionnaires ou agents de structures de développement.

Toutefois, malgré cette forte islamisation, les Diolas antérieurement animistes ont conservé des relents de cette religion à travers les rapports de l'homme à la nature imprégnés de sacralité (fétiches, rites de forêts sacrées etc.).

Chapitre II : Présentations de l'étude

I. Problématique

Dans le cadre de la mise en œuvre du Plan Sénégal Emergent (PSE), la territorialisation des politiques publiques, à travers l'Acte III de la Décentralisation, pour structurer toutes les interventions en matière de développement local, peut-être une voie d'émergence des collectivités locales du fait qu'elle fait véritablement appel aux deux leviers-clés du développement local que sont l'aménagement du territoire et la planification d'un développement durable. Les enjeux du développement territorial et de territorialisation des politiques publiques, imposent aujourd'hui une actualisation et une harmonisation des approches dans l'élaboration des outils de planification des collectivités territoriales.

C'est ainsi que le PPDC, à travers la composante 3 restructurée a entrepris à la demande de certaines CT, d'appuyer en phase pilote 3 collectivités locales dans les 3 régions respectives de la Casamance à élaborer ou actualiser leur document de planification (Plan de Développement Communal). Une des originalités des nouveaux PDC dont l'élaboration est appuyée par le PPDC réside dans son approche et sa volonté d'intégrer une dimension spatiale aux nouveaux documents de planification et la dimension économique qui doit être portée par les communautés dans le cadre de la création de territoires viables et porteurs de développement. Ces PDC font en effet le pari de l'intégration dans un seul et unique document dit de PDC de nouvelle génération des deux principaux documents de planification utilisés par les collectivités territoriales : POAS (Plan d'occupation et d'Affectation des sols) et PDC (Plan de Développement Communal).

Les couts de réalisation de ces deux documents sont habituellement très élevés au regard des maigres ressources dont disposent les collectivités locales. En partant du fait que ces deux (2) documents, conçus habituellement, de façon séparée, étudient le même territoire communal et se partagent en commun dans les faits plusieurs activités et étapes méthodologiques, il est donc fait l'hypothèse que **le recours aux nouvelles technologies de collecte et de traitement de données comme**

la **géomatique**, permettrait aux collectivités territoriales de disposer de véritables outils d'aide à la décision pour une planification participative de leur développement durable et de l'aménagement rationnel et concerté de leur territoire communal.

L'eau constitue à la fois un élément essentiel et un facteur stratégique à l'aménagement du territoire ; sa disponibilité conditionne de manière déterminante la répartition des populations, et des activités économiques. Il importe de trouver des moyens novateurs d'utilisation de ce bien précieux, afin de protéger les écosystèmes et d'assurer les besoins actuels et futurs.

La grande question est de savoir comment gérer de façon rationnelle les ressources en eau (la maîtrise de l'eau du bassin). Un SIG centré sur la collectivité locale peut donc servir aux collectivités territoriales de base de planification, de suivi, et d'aide à la décision dans les différents secteurs socio-économiques des collectivités locales en connaissant la disponibilité et la qualité de cette ressource.

N'est-il pas temps d'intégrer la dimension spatiale dans les nouveaux documents de planification des collectivités territoriales du Sénégal ?

C'est dans ce cadre que le PPDC à travers sa composante 3 restructurée, en collaboration avec l'ENSA de Thiès a commandité cette étude afin de faire la collecte et l'intégration de données à référence spatiale et informationnelles relatives aux collectivités territoriales dans une Base de données SIG.

Afin d'étudier la disponibilité de l'eau ainsi que la qualité de l'eau de la commune de Diégoune, il est nécessaire de répondre aux questions suivantes :

- Quelles sont les ressources naturelles en eau de la commune de Diégoune ?
- Quelles sont les différents cours d'eau qui sillonnent Diégoune ?
- Quelles sont les moyens de conservation et de valorisation des ressources en eaux, dans un cadre de durabilité ?
- Quant est-il par rapport aux apports hydriques dans le bassin versant ?
- Quelle qualification donnée à la ressource par rapport à son aptitude à l'agriculture ?

II. Objectifs de l'étude et résultats attendus

✓ **Objectif général**

L'objectif global de l'étude est de contribuer à l'intégration de la dimension spatiale dans les nouveaux documents de planification (PDC) de Diégoune.

✓ **Objectifs spécifiques**

Les objectifs spécifiques sont entre autres :

- Etablir les cartes caractéristiques de la commune de Diégoune du point de vue hydro-morphologique
- Déterminer le niveau de remplissage des retenues des ouvrages du PPDC
- Etudier l'hydrochimie des eaux de surface et de puits de la commune
- Cartographier la distribution spatiale de la qualité des eaux de puits et de surface

Résultats attendus

Il est attendu, les résultats suivants :

- Les caractéristiques physiques et hydrologiques des différents bassins et sous bassins versants dans l'aire de la collectivité territoriale sont déterminées (caractères morpho métriques)
- la qualité chimique des différentes ressources en eau (surface et puits) est déterminée
- la carte de la qualité des eaux du bassin de Diégoune est produite
- la carte d'Occupation/d'utilisation des sols est actualisée ou établie
- la carte de salinité des eaux du bassin de Diégoune est établie
- le niveau de remplissage des retenues des digues réalisées par le PPDC est déterminé
- une proposition de schéma de valorisation et de gestion des ressources des lames d'eau est faite.

III. Matériels et méthodes (Methodologie)

Cette étude a été possible grâce à la combinaison de deux éléments : la disponibilité de matériels puis la mise en œuvre d'une approche méthodologique conséquente. Après un aperçu sur ces éléments, nous nous évertuerons à apprécier les résultats.

III.1 Matériels

Il s'agit de matériels et d'outils de travail sans lesquels les études seraient très difficiles voire impossibles.

III.1.1 Collecte de données

Les données utilisées pour l'étude sont de deux ordres : les données résultant des enquêtes auprès des populations et structures d'encadrement et les données issues des travaux de terrain.

Données d'enquête et de terrain

Les matériels et outils que nous avons utilisé pour les travaux de terrain comprennent entre autre :

- Des questionnaires pour les études socio-économiques
- Un GPS pour la localisation des sites
- Un décamètre pour prendre des mesures
- Un pH-mètre pour mesurer le pH de l'eau sur place
- Un appareil photo numérique pour les prises de vues
- Des bouteilles de 250 ml pour l'échantillon d'eau
- Du matériel de laboratoire pour les analyses (Erlenmeyer, pipette, fiole, bêcher, burette, pissette etc.)

III.1.2 Outils de traitement

Pour le traitement des données plusieurs logiciels ont été utilisés en raison de la nature des données traitées qui peuvent être de source et de facture diverses. C'est ainsi que pour :

- Données socio-économiques : « Access » a permis l'élaboration du questionnaire et Excel avec le « tableau dynamique croisé » a permis le traitement et l'analyse de ce type de données
- Données hydro-chimiques : « Diagramme » a permis l'interprétation des résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.
- Données pluviométriques : HYFRAN PLUS a été utilisé pour l'analyse statistique des données

- Données cartographiques : plusieurs logiciels ont été utilisés pour la cartographie et l'analyse des données à géo-référence spatiale: « **Sasplanet** » a permis le téléchargement d'images satellitaire de la commune à une très grande échelle.

« **Arc gis** » a été utilisé pour sortir le réseau hydrographique de la commune ainsi que les sous bassin versant

« **Global mapper** » a servi de calculer les pentes transversales de la commune

« **QGIS** » a permis la confection des cartes, le calcul des aires, des périmètres et la mise en page des cartes.

« **DNR Garmin** » pour le transfert des points depuis QGIS au GPS

III.2 Méthodes

Cette étude, portant sur la problématique de la salinité des eaux de Diégoune, a été axée sur une méthodologie qui combine plusieurs étapes, synthétisées dans le synopsis suivant.

III.2.1 Données socio-économiques

Les activités réalisées au titre de l'approche méthodologique pour les données socioéconomiques s'établissent comme suit :

- la recherche documentaire ;
- l'échantillonnage de la population à enquêter ;
- la collecte des données sur le terrain.

- **La revue documentaire**

Cette phase a consisté à connaître et à comprendre la portée du sujet. Elle a permis aussi la collecte des documents et des outils de traitements des données. Elle a consisté à la consultation d'un ancien rapport sur les aménagements de la commune de Diégoune réalisé par le PROPAIX (étude technique) ainsi que les rapports de différentes études réalisées sur la commune, du plan de développement Communal (PDC), les documents au niveau de la bibliothèque de l'ENSA et au niveau de la mairie de Diégoune. Cette étape déterminante dans l'orientation de notre travail, a été entamée avant notre visite sur le terrain et s'est poursuivi tout au long de l'étude.

- **Echantillonnage de la population à enquêter**

Pour la collecte des données socio-économiques, des fiches d'enquête ont été adressé aux ménages, aux comités d'engagement citoyen (CEC) et aux chefs de village.

Tous les trois chefs de village de la commune ont été enquêtés et trois CEC ont été choisi dans chaque village, ce qui fait un total de 9 CEC enquêtés.

Pour la taille de l'échantillon concernant le nombre de ménages à enquêter dans la commune, nous avons procédé par calcul avec la formule de Fisher donnée comme suit :

$$n_m = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}} \quad \text{Avec } n = \frac{1}{d^2}$$

n_m : Taille l'échantillon ;

N : Taille des menages dans la commune ;

d : Degré d'erreur fixé à 10%

Pour un total de 962 ménages, 91 ont été enquêtés dans toute la commune.

Pour le choix du nombre de ménage à enquêter, dans chaque village, nous avons adopté la technique du quota. Il consiste à accorder un nombre donné de questionnaire à un village selon sa taille.

Tableau 2 : population de Diégoune

| Village | Concession | Ménages | Population |
|----------|------------|---------|------------|
| Diégoune | 238 | 405 | 3 544 |
| Djimande | 64 | 112 | 624 |
| Kagnobon | 282 | 445 | 3 343 |
| Total | 584 | 962 | 7 511 |

Source : PDC 2018

- **Collecte de données sur le terrain**

Pour l'administration du questionnaire au niveau des ménages dans chaque village, nous avons retenu la démarche du hasard, dans la mesure où au niveau de la commune, presque tous les habitants pratiquent la riziculture. Nous avons bénéficié de l'appui de personnes au cours du travail sur le terrain, vu la non maîtrise de la

langue locale et du milieu que nous ne connaissons pas trop bien. Durant cette période nous avons approché la population locale

III.2.2 Etude de base

III.2.2.1 Données géo-morphologiques

La caractérisation du bassin versant a nécessité l'utilisation de plusieurs formules :

Indice de forme

Permet de caractériser l'allongement du bassin versant. La forme du bassin permet de différencier deux bassins de même dimension. Un bassin allongé réagit moins rapidement qu'un bassin circulaire. La forme d'un bassin versant est donnée par l'indice de compacité qui est proche de 1 pour un bassin circulaire et éloigné de 1 pour un bassin allongé.

Il existe différents indices morphologiques permettant de caractériser le milieu, mais aussi de comparer les bassins versants entre eux. Citons à titre d'exemple **l'indice de compacité de Gravelius** (1914), Il compare le périmètre du bassin versant à celui d'un cercle qui aurait la même surface. Ainsi, les deux paramètres (surface et périmètre) permettront de déterminer l'indice de forme par calcul du coefficient de Gravelius qui est égal au rapport de ces deux grandeurs.

$$KG = \frac{0.28P}{\sqrt{S}}$$

KG- indice de Gravelius ;

P - périmètre du bassin versant (km) ;

S - superficie du bassin versant (km²) ;

Le rectangle équivalent :

Mis au point par ROCHE, le rectangle équivalent permet de comparer deux bassins entre eux du point de vue de l'influence de leurs caractéristiques sur l'écoulement. Le contour du bassin devient le rectangle de même périmètre dont la longueur et la largeur seront :

Longueur du rectangle équivalent

$$L_{eq} = \frac{KG \times \sqrt{A}}{1.12} \times \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{KG}\right)^2}\right)$$

Largeur du rectangle équivalent

$$l_{eq} = \frac{KG \times \sqrt{A}}{1.12} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{KG}\right)^2}\right)$$

KG : est l'indice de compacité de Gravelius.

A : l'air du bassin versant Km².

Systeme des pentes

❖ La pente moyenne

Elle est obtenue par le rapport de la différence entre l'altitude maximal et minimal sur la longueur du cours d'eau. Elle se définit par la formule suivante :

$$I_{moy} = \frac{H_{max} - H_{min}}{A}$$

Hmax (m) est l'altitude maximale du bassin

Hmin est l'altitude minimale

A est la superficie du bassin en km²

Indice globale de pente

Cet indice permet de déduire la nature du relief en se référant à la classification de l'O.R.S.T.O.M. Il sert à classer le relief des bassins et se calcule de la façon suivante :

$$I_g = \frac{\Delta H}{L}$$

Avec : $\Delta H = h_{5\%} - h_{95\%}$

ΔH : le dénivelé utile est l'altitude entre laquelle s'inscrit 90% de la surface du bassin

h5% : altitude correspondant 5% de la surface totale du bassin au-dessus de h5%

h95% : altitude correspondant 95% de la surface totale du bassin au-dessus de h95%

Dénivelé spécifique :

Elle compare les pentes en se basant sur la pente globale et en la corrigeant de l'effet de la surface.

$$D_s = I_g \times \sqrt{A}$$

Avec A : la superficie du bassin

Densité de drainage

Elle est déterminée comme étant le rapport entre la longueur totale (L) sur la surface du bassin versant (S).

$$Dd = \frac{\sum Li}{S}$$

III.2.2.2 Données Hydrologique

- **Données Climatiques**

Les données climatiques ont été acquises à l'ANACIM. Il s'agit des pluies annuelles et de pluies journalières maximales de la station de Tendouck couvrant la période de 1990 à 2018 et de température moyenne annuelle sur la période de 1990 à 2018 de la région de Ziguinchor.

- **Lois utilisées pour l'analyse des données**

L'étude de ces données a été effectuée sur la base de la série de relevés pluviométriques (maximum journalière et moyenne annuelle) de la période 1990-2018 (s'étendant sur une période de 29 ans) du poste pluviométrique de Tendouck situé à environ 40 km de Diégoune. La technique utilisée consiste en l'estimation de la pluviométrie en année normale et en années décennales, sèche et humide. Pour se faire, on se propose d'effectuer des ajustements statistiques sur l'échantillon (série de relevés) à l'aide du logiciel HYFRAN-PLUS. Le modèle fréquentiel utilisé est la loi de GAUSS (loi normale).

- **Contrôle des données pluviométriques**

Une analyse préalable pour tester l'homogénéité des données est nécessaire avant toute exploitation de celles-ci. Dans le cadre de cette étude, nous avons retenu deux types de contrôle des données :

- La méthode de la moyenne mobile
- La méthode des doubles masses ou des doubles cumuls

❖ **Méthode de la moyenne mobile**

Nous avons utilisé la méthode de la moyenne mobile pour tester l'homogénéité des séries de pluie. C'est un contrôle qualitatif des données sur un nombre N d'années et intrinsèque à chaque station. Elle s'applique à une station dont la série présente une continuité de mesures sur au moins 20 ans. Elle part du principe que la pluviométrie annuelle est une variable aléatoire indépendante dont la loi de probabilité est constante dans le temps. L'échantillon obtenu par les mesures ne doit donc pas présenter ni tendance, ni phénomène cyclique, ni discontinuité. Les moyennes mobiles sont calculées à partir des pluviométries annuelles P_i ; pour une année i , on a

$$M_i = 1 / (2n+1) * (P_{i-n} + P_{i-n+1} + \dots + P_i + \dots + P_{i+n-1} + P_{i+n})$$

M_i est la moyenne des $(2n+1)$ valeurs entourant l'année i ;

$$2n+1=N \longrightarrow n = (N-1)/2$$

On construit le graphique de la moyenne mobile. Si la série est homogène les déviations fluctueront autour de la moyenne.

Dans cette étude nous sommes partis avec $N = 5$ puis $N = 11$ pour pouvoir apprécier cette déviation à la moyenne pour la station retenue.

❖ **Méthode des doubles masses**

C'est un contrôle des données par comparaison avec d'autres stations pluviométriques voisines. Avant de l'appliquer, il convient d'effectuer sur chaque station voisine un contrôle qualitatif par la méthode de la moyenne mobile. Cette méthode consistera à vérifier la constance de la relation entre les relevés de la station étudiée et d'une station voisine suffisamment fiable pour être prise comme référence. Elle peut porter sur des données relevées sur des intervalles de temps divers tels que l'année, le mois, la décade ou la semaine. Soient A et B deux stations disposant de relevés pluviométriques de l'année 1 jusqu'à l'année n incluse P_{Ai} et P_{Bi} respectivement. Portons sur un graphique somme $\sum_{i=1}^n P_{Ai}$ en fonction de somme

$\sum i$ i PA 1 avec $i = 1, \dots, n$. On obtiendra donc n points. En absence d'anomalie, les n points seront alignés suivant une droite de pente m voisine du rapport des moyennes interannuelles PB/PA. Par contre si l'homogénéité d'une série est rompue à partir de l'année X , les points qui suivront seront à proximité d'une seconde droite de pente différente. Dans l'application de cette méthode nous avons travaillé avec les pluviométries moyennes annuelles et pris la station de Ziguinchor comme station de référence.

- **Estimation des apports en eau**

Cette étude permet de vérifier si la retenue d'eau se remplit convenablement sur un cycle annuel afin de satisfaire les besoins en eau des rizières et autres besoins. Les apports en eau sont déterminés avec la formule :

$$V = P \times S \times K_e \quad (\text{FAO 1996})$$

Avec :

V : volume des apports de l'année considérée (m^3),

S : surface du BV (Km^2)

K_e : coefficient d'écoulement (%)

P : pluviométrie de l'année considérée (mm)

- ✓ **Détermination du coefficient d'écoulement, lame d'eau écoulee, déficit hydrique**

Le coefficient d'écoulement (K_e) exprimé en pourcentage, est le rapport, pour une année déterminée, de la lame d'eau écoulee à l'exutoire du bassin (L_e), à la lame d'eau précipitée sur ce même bassin (P).

$$K_e(\%) = \frac{L_e(\text{mm})}{P(\text{mm})} \times 100$$

- Formule de Turc

Avec $K_e = \frac{P - D_e}{P}$; $D_e = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$ et $L = 300 + 25t + 0.05t^3$

t = température moyenne de la zone

III.2.3 Données Hydro-chimiques

a. Travaux de terrain

Pour l'étude de la qualité de l'eau, les travaux de terrain ont consisté à la collecte des eaux (souterraines et surface) sur l'ensemble de la commune de Diégoune (voir carte ci-dessous) comptant trois villages, une dizaine de vallées et un nombre de puits estimés à soixante-dix (70) environ.

❖ Echantillonnage d'eau de puits

Pour l'échantillonnage des eaux souterraines 21 puits étaient prévus dont 7 puits pour chaque village (Diégoune, Kagnobon et Djimande). Mais vu la différence de la taille des populations dans les trois villages, le nombre d'échantillonnage d'eau de puits a été augmenté (basée sur le nombre de quartier dans chaque village). C'est ainsi que nous avons pris dans le village de :

- ✓ Djimande qui compte trois quartiers, 2 puits par quartier soit au total 6 puits;
- ✓ Kagnobon comptant 11 quartiers, un puits par quartier, ce qui fait un total de 11 échantillons de puits dans le village
- ✓ et enfin Diégoune qui compte 11 quartiers, 9 échantillons de puits ont été choisis au hasard dans des quartiers différents.

Au total 25 échantillons d'eau de puits dans la commune ont été effectués, et les caractéristiques de ces eaux de puits sont résumées sur la figure 2.

Pour un total 25 puits, les puits du village de kagnobon occupent les 40% puis ceux du village de Diégoune 36% et enfin ceux du village de Djimande 24%. Parmi ces échantillons les puits à vocation agricole occupent les 8% (2 puits), les puits buvables représentent 52% (7), les puits non utilisés 4% et les puits peu buvable 8% comme le montre la figure suivante :

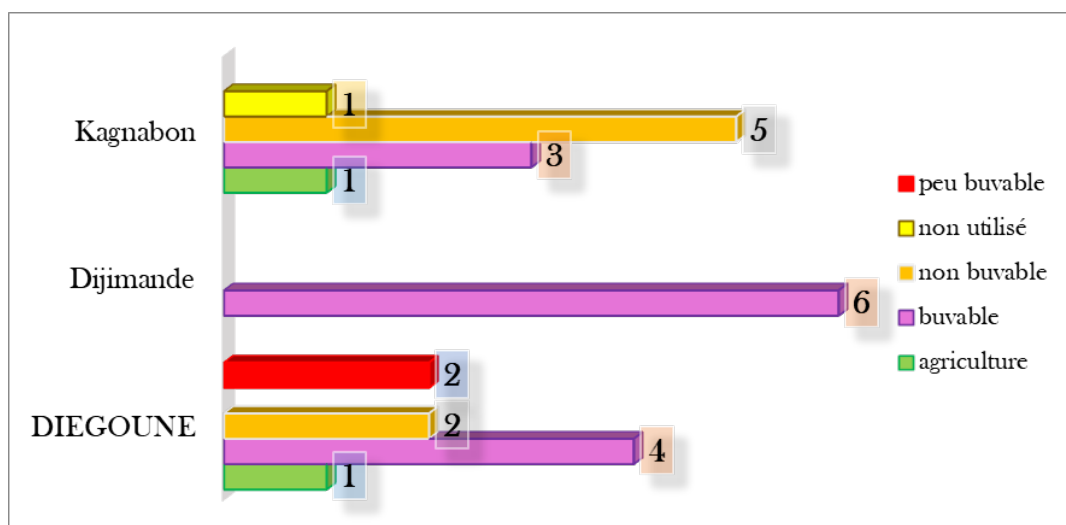


Figure 2 : les puits concernés par l'étude

❖ **Echantillonnage d'eau de surface**

Quinze (15) échantillons d'eau de surface étaient prévus mais les réalités du terrain ont fait que ce nombre a systématiquement été réduit car, une absence totale d'eau est notée au niveau des retenues dont les digues ne sont pas en bon état (rupture de remblai). Ce qui a fait que sur les quinze (15) prévus, seuls treize (13) échantillons ont été possibles de prélever.

Des prélèvements ont été effectués au niveau des retenues (eau de ruissellement) des différentes digues existantes et au niveau du marigot de Baïla. De ce fait, on a essayé de couvrir l'ensemble des vallées existantes dans la zone, ainsi que la source d'eau. Ces treize (13) points se trouvent tous au niveau des bas-fonds comme le montre la carte ci-dessous. Le choix de ces sites a été conditionné par la présence d'eau au niveau des retenues des digues existantes dans la zone.

Le marigot de Baïla a constitué 23,08% des échantillons d'eau de surface, l'eau retenue par les digues du PPDC ont contribué de 15,38% de l'échantillonnage d'eau de surface et les 61,54% restant sont constitué en proportion égale d'échantillon d'eau retenue par les digue-pistes et les digues traditionnelles. Sur un total de treize échantillons d'eau de surface de la commune, le village de Diégoune occupe les 46,15%, ensuite vient le village de Kagnobon 31,77% et en fin le village de Djimande qui occupe les 23,08% de l'échantillon (voir figure 3).

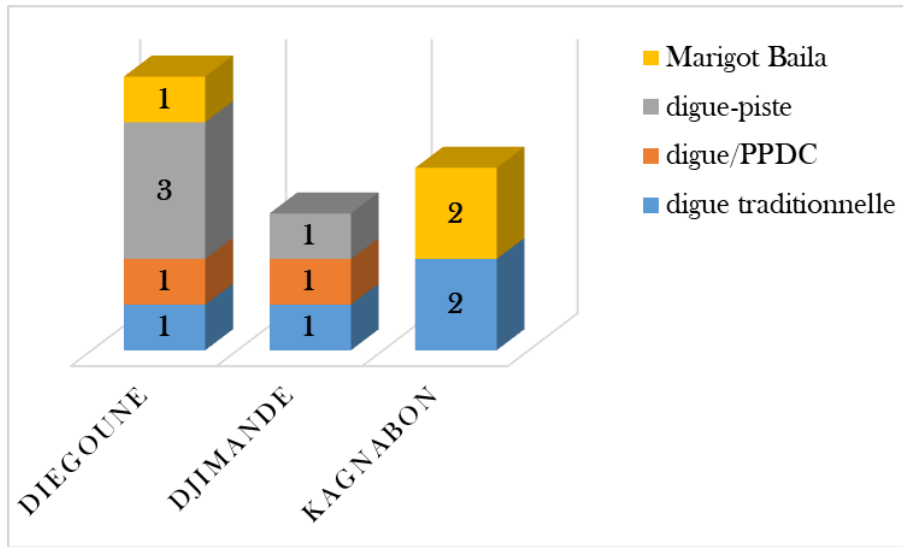
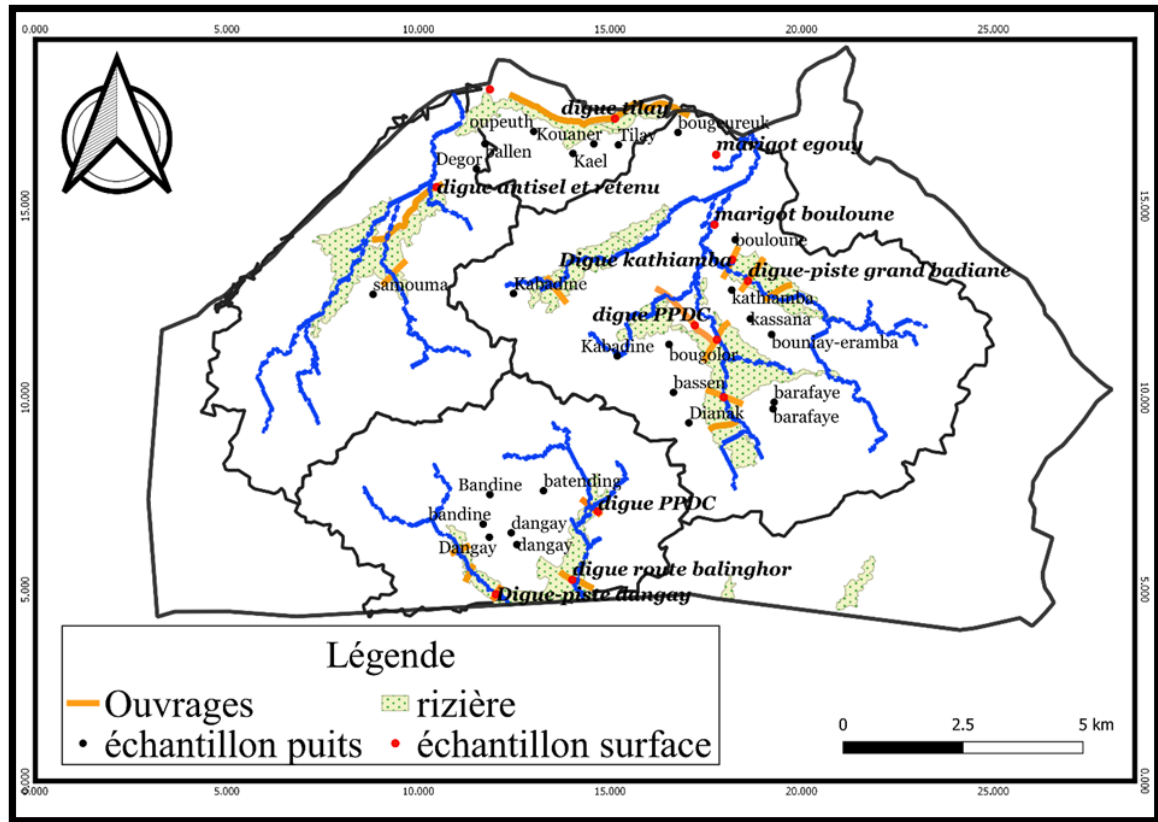


Figure 3 : échantillon d'eau de surface

Au terrain nous avons effectué des mesures sur place comme : pH, conductivité électrique et température de l'eau pour avoir les valeurs réelles car il existe des variations très grande entre la valeur mesurée sur place et celle mesurée au labo.

La carte suivante donne la répartition spatiale des échantillons d'eau de surface et de puits de la commune de Diégoune.



Carte 2: localisation des eaux prélevées

b. Travaux de laboratoires

L'analyse physico-chimique au laboratoire a essentiellement porté sur les paramètres que sont le pH, la conductivité électrique, le titre alcalimétrique, la dureté (Ca et Mg), le dosage des chlorures, le dosage du fer dissous, le dosage des sulfates.

Mesure du pH

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure l'activité en ions H_3O^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples dont la température et l'origine de l'eau.

Titre Alcalimétrique (TA) et Titre Alcalimétrique complet (TAC)

Le TA correspond à la mesure de la teneur d'une eau en **hydroxydes** et de la moitié de sa teneur en **carbonates alcalins** et **alcalino-terreux**. Le TAC est la teneur d'une

eau en hydroxydes, en carbonates, et en hydrogéocarbonates alcalins et alcalino-terreux.

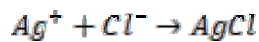
Le TA et le TAC se mesurent après détermination du pH de l'eau, sur une prise d'échantillon de 50 ml.

Dosage des chlorures

L'eau contient toujours de chlorures, mais en proportion très variable. Certaines eaux souterraines sont très saumâtres. L'eau de mer contient environ 20 000 mg/l d'ions chlorure et la salinité des rivières qui s'y déversent peut-être très élevée au voisinage de l'embouchure.

La concentration des ions chlorure (Cl^-) des échantillons d'eaux a été déterminée par dosage en milieu neutre d'une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

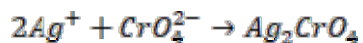
L'ion chlorure Cl^- précipite sous forme $AgCl$ sous l'action de Ag^+ . On utilise donc une solution titrée de nitrate d'argent.



Indicateur de fin de la réaction (équivalence)

On ajoute un peu de chromates de potassium ($2K^+ + CrO_4^{2-}$)

En présence d'excès d'ions Ag^+ (juste après l'équivalence), il se forme un précipité rouge Ag_2CrO_4 .



La formule donnant la concentration $[Cl^-]$ dans l'échantillon d'eau est établie comme suite :

$$[Cl^-] = \frac{C_{Ag} \times V_{Ag}}{V_e} \times M(Cl)$$

Avec V_e = volume d'eau pris de l'échantillon

V_{Ag} = volume de nitrate d'argent versé pour atteindre l'équivalence

$[Cl^-]$ = concentration des ions chlorure dans l'eau

C_{Ag} = concentration du nitrate d'argent préparé

La conductivité

La conductivité mesure l'aptitude de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau et par suite donner une idée sur la minéralisation totale d'une eau.

La conductivité des eaux s'exprime en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$), à 25°C .

Dosage du fer

Il s'agit de doser l'élément fer dans une solution aqueuse par une méthode colorimétrique.

L'ion Fe^{3+} donne un ion complexe thiocyanofère $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$; de couleur rouge vif, en présence de l'ion thiocyanate SCN^- . Le dosage se fait par spectrophotométrie : on mesure la quantité de lumière absorbée par la solution colorée (absorbance) et on la compare à celle absorbée par des solutions de concentration connue. On utilise pour cela la loi de BEER-LAMBERT : l'absorbance est proportionnelle à la concentration de la substance colorée.

L'élément fer en solution se présente sous forme de Fe^{2+} et Fe^{3+} . On oxyde au préalable le Fe^{2+} en Fe^{3+} par le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) en présence d'acide chlorhydrique.

Dosage des sulfates

Le dosage des sulfates s'est fait par gravimétrie après précipitation à l'état de sulfate de baryum :



La précipitation du sulfate de baryum doit se faire à la température de l'ébullition, en versant goutte à goutte le chlorure de baryum et en prenant soin de bien agiter.

Le précipité de BaSO_4 est récupéré ; séché puis pesé.

Dureté totale par titrimétrie à l'EDTA

Cette méthode permet de doser rapidement les ions calcium et magnésium ; avec certaines précautions, elle est appropriée à la plupart des types d'eaux.

■ Principe

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylènediamine tétracétique à pH 10. La

disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome.

Expression des résultats

La concentration en calcium et en magnésium, exprimée en milligramme par litre, est donnée par l'expression :

$$M \times \frac{C \times v1}{v2}$$

c = Concentration de la solution d'EDTA.

$v1$ = Volume en mL de la solution d'EDTA.

$v2$ = Volume d'échantillon

Concentration en ions sodium et potassium

Ces concentrations ont été trouvées par approximation de courbe exponentielle. La conductivité équivalente de chaque ion peut se mettre sous la forme:

$$Ec = a \times [J]^b$$

Les équations utilisées sont les suivantes:

$$Ec(Na) = 0,04828 \times [Na]^{0,9799}$$

$$Ec(K) = 0,07120 \times [K]^{0,9831}$$

Ou Ec est la conductivité électrique



Figure 4 : Photo illustrant les travaux au laboratoire

III.2.4 Données Cartographique

Pour les données cartographiques les travaux de terrain ont consisté à la prise de coordonnées géographiques pour tous les points d'intérêt de la commune. Pour ce faire, nous avons pris des jours pour faire le tour des trois villages et relever les coordonnées des différentes infrastructures dans le domaine de la sante de l'éducation, culture, sport, ...et la localisation des ouvrages existantes au niveau des vallées (digue). Mais également tous les points qui ont fait l'objet d'échantillonnage d'eau, leur coordonnées ont été relevées.

Les résultats d'analyses physico-chimiques sont présentés sous forme de diagrammes par le logiciel « DIAGRAMMES » qui autorise une interprétation aisée. Le diagramme de Piper est utilisé pour définir le faciès type des eaux. Il permet de présenter sur un même schéma un grand nombre d'analyses qui peuvent être comparées visuellement de façon simple. Les unités de mesure utilisées dans le diagramme Piper sont les % de meq/l. Le diagramme de Shoeller-Berkaloff ne permet pas de présenter un nombre important d'analyses, mais autorise une comparaison quantitative des analyses: l'unité utilisée n'est plus un rapport (%) mais le mg/l ou le meq/l. Les échelles de valeur sont graduées dans les deux unités. Et également le diagramme de Wilcox pour l'aptitude des eaux à l'irrigation.

DEUXIEME PARTIE :

Synthèse
Bibliographique

Chapitre III : les Ressources en eau

Définition

Jean Margat en 1995 définit l'expression ressource en eau en ces termes :

L'eau dont dispose ou peut disposer un utilisateur ou un ensemble d'utilisateurs pour couvrir ses besoins. Les eaux de la nature considérées du point de vue de leur utilité pour les humains et des possibilités de les utiliser.

Selon Bethmont (1972) : qu'elle transite en profondeur ou qu'elle s'écoule à la surface du sol, l'eau ne devient ressource que dans la mesure où elle est disponible en vue de la satisfaction des besoins. Dans le fait, il est très rare que l'eau se trouve en quantité suffisante où et quand il faut.

Problématique des eaux en Casamance

Depuis 1968, on assiste à une diminution générale de la pluviométrie dans tout le Sénégal, avec un déficit de l'ordre de 30 % en Casamance, accompagné d'une contraction de la saison de pluies (3 mois, au lieu de 5). Cette sécheresse a provoqué des changements importants dans la végétation et les sols de mangroves, changements qui ont pu être suivis d'une manière détaillée sur une chronoséquence (MARIUS, 1979) qui avait été étudiée par VIEILLEFON (1974). En ce qui concerne la végétation, on observe la disparition quasi définitive des *Rhizophora*, remplacés par l'association *Avicennia-Sesuvium*. Certaines graminées : *Scirpus littoralis*, *Phloxerus* et *Paspalum* disparaissent et ne subsiste plus que *Sesuvium portulacastrum*. D'une manière générale on note une extension considérable de tannes vives aux dépens de la mangrove. En ce qui concerne les sols, les principaux changements résultant de la sécheresse sont :

Du point de vue chimique :

- l'augmentation considérable de la salinité des nappes et des sols, atteignant respectivement 3 fois et 5 fois la salinité de l'eau de mer ;
- la baisse générale du pH dans la séquence et plus particulièrement dans la tanne vive et les horizons profonds des mangroves.

Du point de vue minéralogique :

- la formation généralisée de gypse, minéral caractéristique des régions arides et inconnu en Casamance jusqu'en 1972 ;
- la présence dans certains profils des tannes de racines silicifiées, blancs et poudreux formés d'opale cristobalite associée à de la silice amorphe ;
- la transformation de minéraux argileux dans la tanne où l'hyperacidité du milieu conduit à la fois à une altération des smectites en kaolinite et à une néoformation de ces mêmes smectites par dissolution des diatomées.

Ressources en eaux de la Casamance

Le fleuve Casamance

La Casamance est un fleuve entièrement sénégalais. Du fait de sa longueur limitée (370 km), son débit est faible par rapport au fleuve Sénégal et à la Gambie. Ce faible écoulement explique l'incursion de l'eau marine jusqu'en amont de Sédhiou, où un barrage anti sel bloque actuellement la remontée salée. Ce barrage a été construit en 1996 au droit de Diopcounda, sur une initiative locale.

Le delta, ou Basse-Casamance, très étendu et à pente très faible, est constitué d'un enchevêtrement de chenaux tortueux, les bolons, ou bolongs, dont l'écoulement change de sens deux fois par jour en fonction de la marée (Dacosta, 1989). L'eau saumâtre, chargée de limon, et le sol assez sableux, sulfaté acide, souvent sodique et toujours saturé, permettent le développement d'arbustes bien adaptés avec un système racinaire aérien qui leur permet de capter l'oxygène et le gaz carbonique de l'air : les palétuviers.

Le marigot de Baïla

Le marigot de Baïla est un cours d'eau situé en basse Casamance, dans le département de Bignona, il est partiellement affecté par la marée. L'aquifère qui lui est associé est une nappe libre qui imprègne les formations superficielles du Continental Terminal et du Quaternaire.

L'étude de la salinité met en évidence les conséquences de la longue sécheresse qui a sévi dans toute la région et qui s'est traduite par une vidange des nappes, laissant

ainsi le champ libre à l'influence maritime qui s'est surtout manifestée par une salinisation sans cesse accrue des eaux et des sols des biefs amont, particulièrement dans les zones de tannes.

Des études ont indiqué nettement que les fortes concentrations en fin d'année hydrologique au mois de mai s'observent en aval (Baila) où le taux marin est dépassé alors qu'en amont elles lui restent inférieures.

Ceci suppose un écoulement de base, à partir de la nappe phréatique, qui annule les effets de l'évaporation tout en diluant les concentrations, d'où les taux inférieurs à celui de la mer en cette période de l'année. Par contre en septembre l'eau était pratiquement douce à Djibidione et à Balandine, ce qui ne s'observe plus aujourd'hui. Une baisse des concentrations en NaCl en aval (Kartiak et Baila) et une augmentation, certes faible, en amont à Djibidione ont entraîné une augmentation de l'amplitude de variation de la salinité entre les stations. Ce fait s'explique par trois facteurs :

- ¶ La non-alimentation en eau douce du marigot par la nappe phréatique en saison sèche, non alimentation qui aurait contribué à faire augmenter le taux de salinité,
- ¶ L'écoulement au flot et au jusant est le fait de la marée,
- ¶ La forte radiation solaire, en saison sèche, soumet les eaux, déjà très salées, à une intense évaporation

Qualité des eaux

L'appréciation de la qualité des eaux d'une manière générale se fait à partir des normes de qualité basées sur les paramètres physico-chimiques, chimiques, bactériologiques et organoleptiques. A chaque paramètre est affecté une valeur guide ou idéale et une valeur maximale admissible (CMA). On parle de non-conformité à la norme lorsque cette dernière est dépassée. Les normes de qualité peuvent être légèrement différentes d'une région à une autre, d'un pays à un autre et dépendent des conditions environnementales, socioéconomiques et culturelles locales ou régionales.

Ainsi, une eau impropre à la consommation peut être adaptée à l'irrigation ou à la pisciculture. La mauvaise qualité des eaux peut être induite par des activités anthropiques ou par des phénomènes naturels.

La question de la qualité de l'eau au sein des programmes humanitaires se pose essentiellement en termes de consommation humaine et d'irrigation.

Chapitre IV : Utilité de la Géomatique

De la fin des années 80 à maintenant, on a assisté à un essor de l'information géographique et un fort développement informatique, qui a donné lieu à l'avènement de la **géomatique**. Actuellement, les données géographiques, définies comme les données à référence spatiale, sont largement disponibles sous la forme traditionnelle de cartes, avec possibilité de numérisation manuelle ou automatique, sous forme de bases de données avec une volonté de normalisation pour un partage et un transfert des informations, et sous forme d'images.

Ce dernier type de données est acquis et traité par la **télé-détection**, qui correspond à l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer les caractéristiques physiques d'objets, par des mesures effectuées à distance. Les données d'observation de la Terre sont caractérisées par leur homogénéité et leur objectivité, ainsi que leur disponibilité à une échelle mondiale ; la répétitivité des observations permet de mettre en œuvre des analyses multi-temporelles. Les capteurs, de plus en plus variés et nombreux, permettent d'obtenir des images aériennes ou spatiales, relatives à des longueurs d'ondes, des résolutions temporelles et spatiales très différentes. Certains capteurs, tels que les satellites SPOT, offrent des possibilités d'acquisition de couples stéréoscopiques, conduisant à déterminer le relief d'un objet à partir de deux images prises de deux points de vue différents.

Cette nouvelle technologie a permis de construire de nombreux produits dérivés, dont le **Modèle Numérique de Terrain (MNT)**, information numérique renseignant le relief de la surface topographique. Ce produit numérique offre des représentations du terrain variables suivant les données source utilisées (cartes, mesures, images) et sa méthode de construction (manuelle, semi-automatique, automatique). Il est utilisé dans des domaines applicatifs très variés tels que les sciences environnementales,

sciences agronomiques, ainsi que dans le domaine industriel pour les télécommunications et l'exploration pétrolière.

Ce boom de l'information géographique et de la géomatique a conduit dans de nombreuses applications à l'utilisation croissante des **Systèmes d'Information Géographique (SIG)**. Ces systèmes d'information correspondent à des outils d'aide à la décision permettant l'acquisition, l'archivage, l'analyse et l'affichage des données, par abstraction afin de modéliser le monde réel. Ils sont notamment utilisés pour la cartographie des ressources naturelles, telles que les ressources en eau. Si l'homme a acquis, grâce à de nouveaux outils, une riche information sur son environnement, il pourra aisément proposer un schéma de planification et d'aménagement de son territoire.

Applications de la géomatique en gestion de ressources naturelles (Tall M, 1996)

La technologie SIG a été souvent associée à la cartographie et à la gestion des ressources naturelles. Il y a un intérêt croissant visant à utiliser la technologie des SIG comme support à la recherche scientifique dans plusieurs domaines des sciences relatives aux ressources naturelles.

Les SIG ont permis d'utiles contributions pour la collection, l'analyse et la compréhension de l'information relative à l'environnement et promettent beaucoup plus de succès encore. Ils permettent de réaliser des analyses rapides et compréhensives à la fois des données socioéconomiques et des objets physiques d'un territoire donné. Parmi la galaxie d'applications possibles de SIG, on peut en citer sommairement quelques-unes:

✓ La connaissance du territoire et la planification de son utilisation

pour la gestion des forêts, de l'habitat faunique, des ressources récréatives, des plaines d'inondation, des terres marécageuses, des rivières sauvages et pittoresques; dans le zonage, la révision de plans de subdivision, l'acquisition de terres, la propriété foncière, sur les possibilités d'utilisation des terres, dans la cartographie topographique; dans les inventaires forestiers et dans la planification et l'administration des parcs nationaux ainsi que des sites historiques, des monuments, des itinéraires migratoires , etc.

✓ **La gestion des ressources en eaux de surfaces et celles souterraines**

Pour la gestion de la qualité des eaux, la modélisation des eaux souterraines et pour retracer des éléments contaminants, etc.

✓ **L'exploration et l'exploitation des ressources naturelles**

La technologie géomatique fournit des modèles numériques de terrain pour l'étude des bassins versants ; lesquels permettent :

- d'analyser les impacts visuels des projets de développement ;
- de caractériser les types de sols ou d'habitats en fonction de la pente;
- de déterminer de meilleurs sites d'implantation de bassins de stockage pour les déchets, des ouvrages hydrauliques, etc.;
- de réaliser des plans de conservation des sols et de fertilisation intégrée à l'échelle du bassin versant.

TROISIEME PARTIE :

Présentation et Analyse des résultats

Chapitre V : Etude socio-économique (données de l'enquête)

I. La santé :

L'accès aux soins sanitaires est assez satisfaisant dans l'ensemble. C'est seulement dans le village de Djimande où on note une case de santé pour tout le village et que le personnel de la case est pris en charge par les habitants, en plus vient s'ajouter les rares routes impraticables durant la saison hivernale. L'évacuation des malades surtout des femmes présentant des complications obstétricales peut cependant poser un problème dans cette localité car les moyens de transport sont limités. Le niveau des équipements sanitaires est insuffisant ; les structures de soins ne répondent pas le plus souvent aux normes de qualité et sont constitués de constructions sommaires sans équipement adéquat.

Dans l'ensemble des trois villages étudiés, il existe :

- 1 pharmacie (dans le chef-lieu de la commune)
- 2 postes de santé
- 9 cases de santé
- 2 maternités

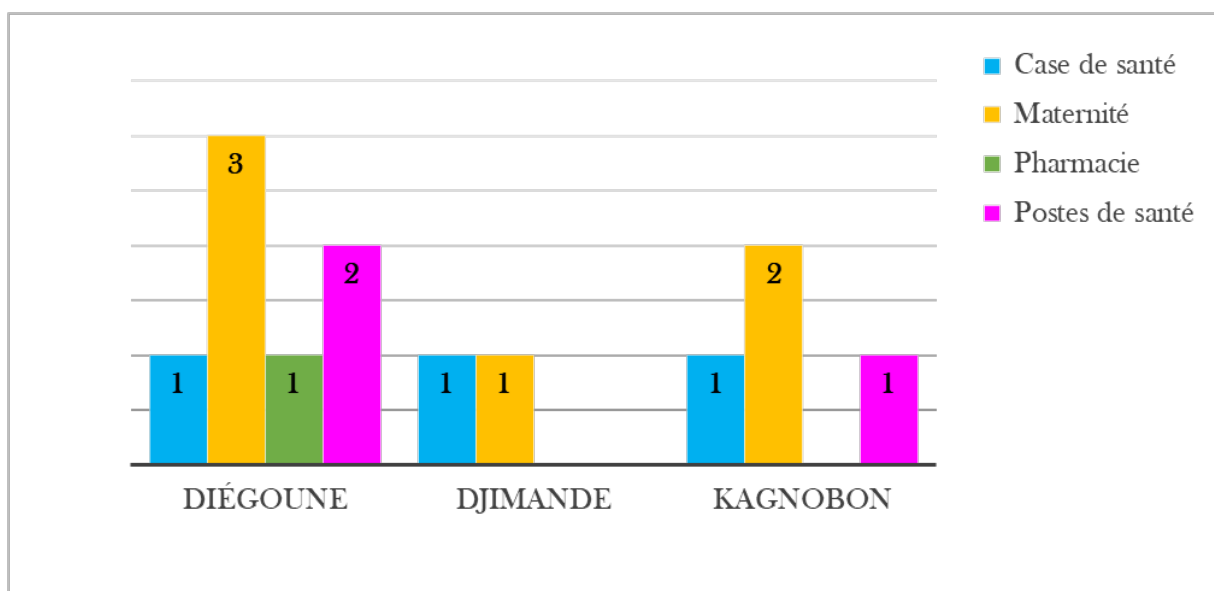


Figure 5 : Equipements sanitaires

II. Education/Formation

Le secteur de l'éducation et de la formation comprend le cycle d'enseignement primaire, le cycle moyen et secondaire, l'enseignement coranique.

On note par ailleurs une totale inexistence de structures de formation professionnelle destinées à accueillir les adolescents et les jeunes hors du système scolaire classique.

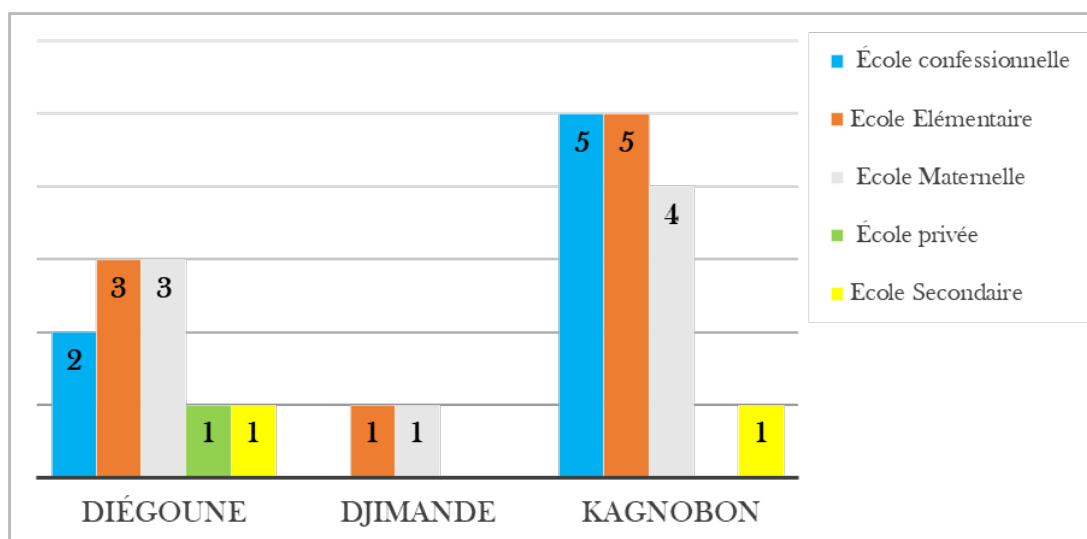


Figure 6 : infrastructure éducatives

L'alphabétisation en arabe le plus souvent associée à l'instruction coranique est dispensée dans les « daaras » implantés dans plusieurs quartiers ;

III. L'hydraulique

L'importance de l'eau dans la vie des Communautés rurales est fondamentale, elle constitue une sur-priorité partout mais connaît des spécificités d'un village à un autre. On compte au total, 17 puits protégés, 71 puits (traditionnels ?) et 4 forages dont un est en cours d'installation dans la commune de Diégoune. La répartition des infrastructures montre également que le chef-lieu de la Collectivité territoriale de Diégoune est le mieux desservi. Il dispose de deux (2) forage et concentre une bonne partie des équipements hydrauliques : un forage motorisé fonctionnel localisé à Bassene et un deuxième mini-forage fonctionnel par système solaire dans le quartier Kathiamba.

Dans le village de Diégoune, les infrastructures hydrauliques les plus nombreuses sont les puits à système d'exhaure traditionnel (manuel). Ce système d'exhaure est contraignant.

Le village de Djimande ne dispose pas actuellement de forage (mais un en cours d'installation) et les puits sont les équipements hydrauliques y existant jusqu'à présent. Même dans le village de kagnobon où il existe un forage motorisé dans le quartier de keugeutoum, la question de la disponibilité de l'eau n'est pas pour autant réglée du fait des coupures de robinet très fréquentes.

Notons également que la corvée d'eau n'est pas à exclure dans toute la commune car les populations doivent parcourir parfois des distances même si elles ne sont pas grandes pour s'en procurer. En moyenne, on note un puits par cinq maisons dans la commune.

Les contraintes donc liées à l'accès à l'eau s'expliquent d'abord par l'insuffisance des équipements hydrauliques et aussi par l'inexistence de systèmes d'exhaure adéquats. Les autres contraintes identifiées sont le tarissement et la non cimentation des puits.

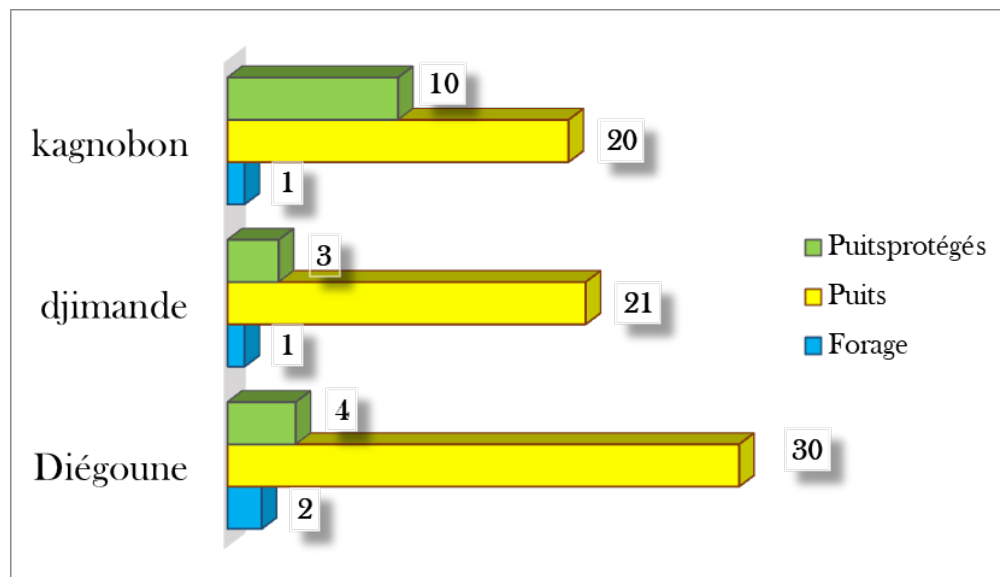


Figure 7 : infrastructures hydrauliques

IV. Dynamique de l'économie locale

L'économie de la commune de Diégoune est essentiellement agricole et est soutenue par plusieurs filières. Il s'agit de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche, du commerce, de l'artisanat, du transport, ... L'activité agricole dans la commune est extensive. Les principales cultures sont le riz, le niébé, l'arachide.... Le riz occupe une place prépondérante dans la production. Il est cultivé le plus souvent dans les bas-fonds et est entièrement de type pluvial.

Le secteur agricole dispose d'un certain nombre de facteurs favorables à son développement :

- ✓ Une forte pluviométrie dont la moyenne annuelle entre 1990 et 2012 est de 1104.21 mm ; elle permet à toutes les cultures de boucler leur cycle avec de bons rendements.
- ✓ La disponibilité de terres aptes à l'agriculture pluviale.

Malgré ces potentialités, l'agriculture ne parvient pas encore à satisfaire les besoins des populations du fait de :

- ✓ La non maîtrise de l'eau
- ✓ L'acidification et la salinisation des terres
- ✓ Manque de moyens matériels et financiers pour la mise en valeur des vallées

Les productions agricoles qui demeurent insuffisantes sont utilisées pour l'autoconsommation. Ainsi, les quantités écoulées sur les marchés sont très faibles. Cependant l'approvisionnement des populations en denrées de première nécessité est assuré par quelques boutiques dans les villages. Les échanges intracommunautaires sont très faibles du fait de l'absence de marchés permanents.

La commune de Diégoune abrite 1980 hectares de forêts classées (forêt classée de Diégoune, 1180 ha et 800 ha de la forêt classée de Tendouck). Ces forêts sont riches et diversifiées avec la présence de grandes espèces d'arbres pour l'exploitation du bois d'œuvre et du charbon de bois et l'existence d'un énorme potentiel en bois de chauffe. Elles sont également riches en produits de cueillette qui constituent pour les populations une importante source de revenus. On y rencontre plusieurs variétés dont le maad (*Saba senegalensis*), le solom (*Dialium guineensis*), le ditakh (*Detarium*

senegalensis), le mampatan (*Parinari excelsa*), le néré (*Parkia biglobosa*), le toll, le palmier à huile (*Elaeis guineensis*)

L'élevage occupe le second rang selon le classement par ordre d'importance des activités de production menées dans la commune. Cette activité est pratiquée par des agro-pasteurs. Il est de type extensif. Le cheptel est constitué de bovins, d'ovins, de caprins, et de volaille. Le petit élevage (volailles, caprins) est pratiqué dans la majorité des ménages.

L'aviculture moderne et la pisciculture se développent timidement.

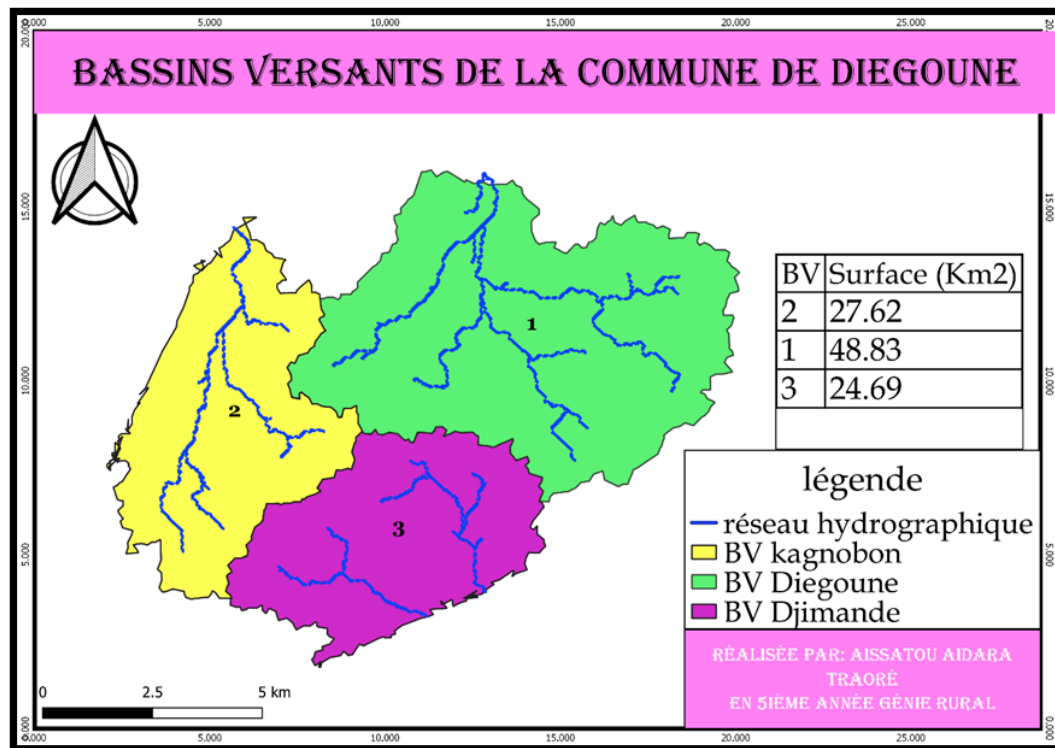
La pêche n'est que timidement pratiquée dans le marigot de Baïla, plan d'eau devenu de moins en moins poissonneux du fait de la dégradation de l'environnement (destruction de la mangrove, etc.).

Chapitre VI : Caractérisation de la commune de Diégoune

I. Etude géomorphologique de la commune Diégoune

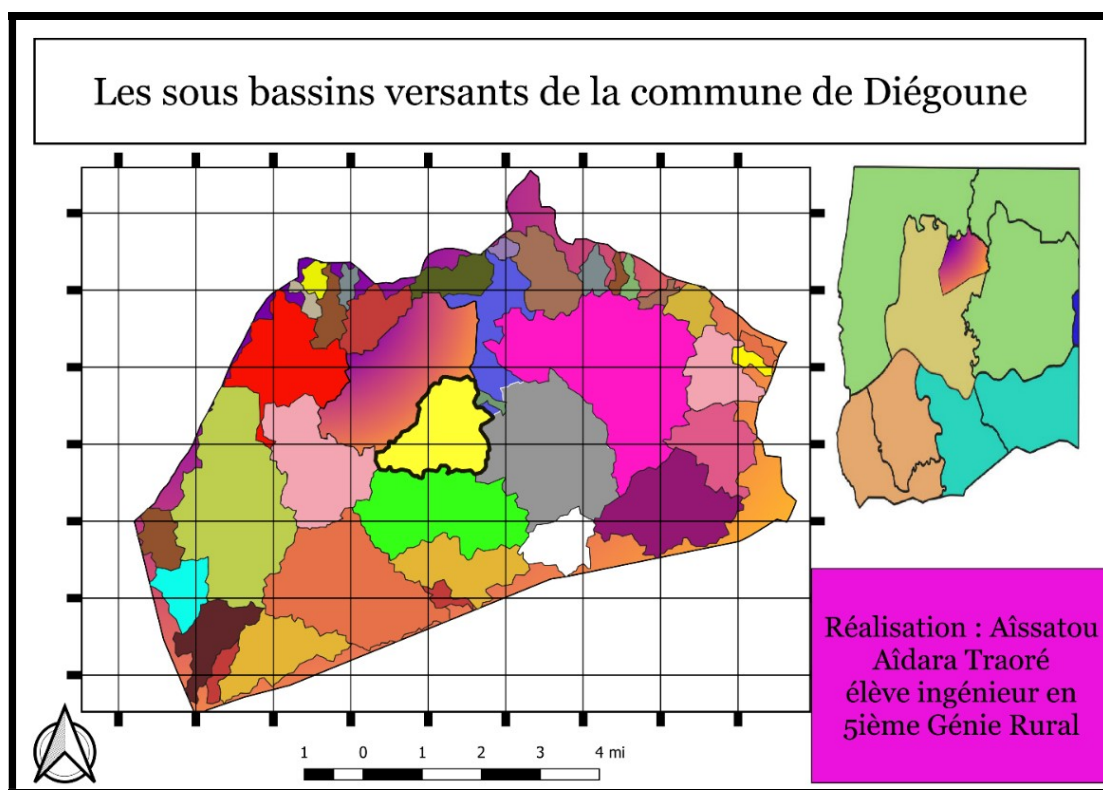
I.1 La délimitation des bassins versants

Trois grands bassins versants ont été identifiés dans la commune. Il s'agit de trois bassins dont le réseau hydrographique concoure à un même point d'exutoire et se compose chacun de plusieurs sous bassins.



Carte 3: les bassins versants de la commune de Diégoune

En tenant comptes de l'existence d'un point d'exutoire (ouvrage de retenue d'eau ou le marigot) sur l'ensemble du réseau hydrographique, plusieurs sous bassins versants ont été générés. Ces sous bassins versants, de taille différentes, sont présentés sur la carte suivante :



Carte 4: les sous bassins versant de la commune

I.2 Morphométrie des bassins versants de Diégoune

La forme du bassin renseigne sur la réaction du bassin face à une averse. Elle influence l’allure de l’hydrogramme à l’exutoire du bassin versant. Il influence le temps et la forme de réponse du bassin versant autrement dit combien de temps mettrait une goutte d’eau pour arriver à l’exutoire.

Tableau 3 : Caractéristiques de forme des unités hydrologiques des bassins versants de Diégoune

| Bassins | Superficie (Km2) | Périmètre (Km) | Kc | Longueur (Km) | Largeur (Km) |
|----------|------------------|----------------|---------|---------------|--------------|
| Diégoune | 48,83 | 38,36 | 1,53707 | 16,16 | 3,02 |
| kagnobon | 27,62 | 40,05 | 2,13378 | 18,53 | 1,49 |
| Djimande | 24,69 | 28,6 | 1,61162 | 12,29 | 2,01 |

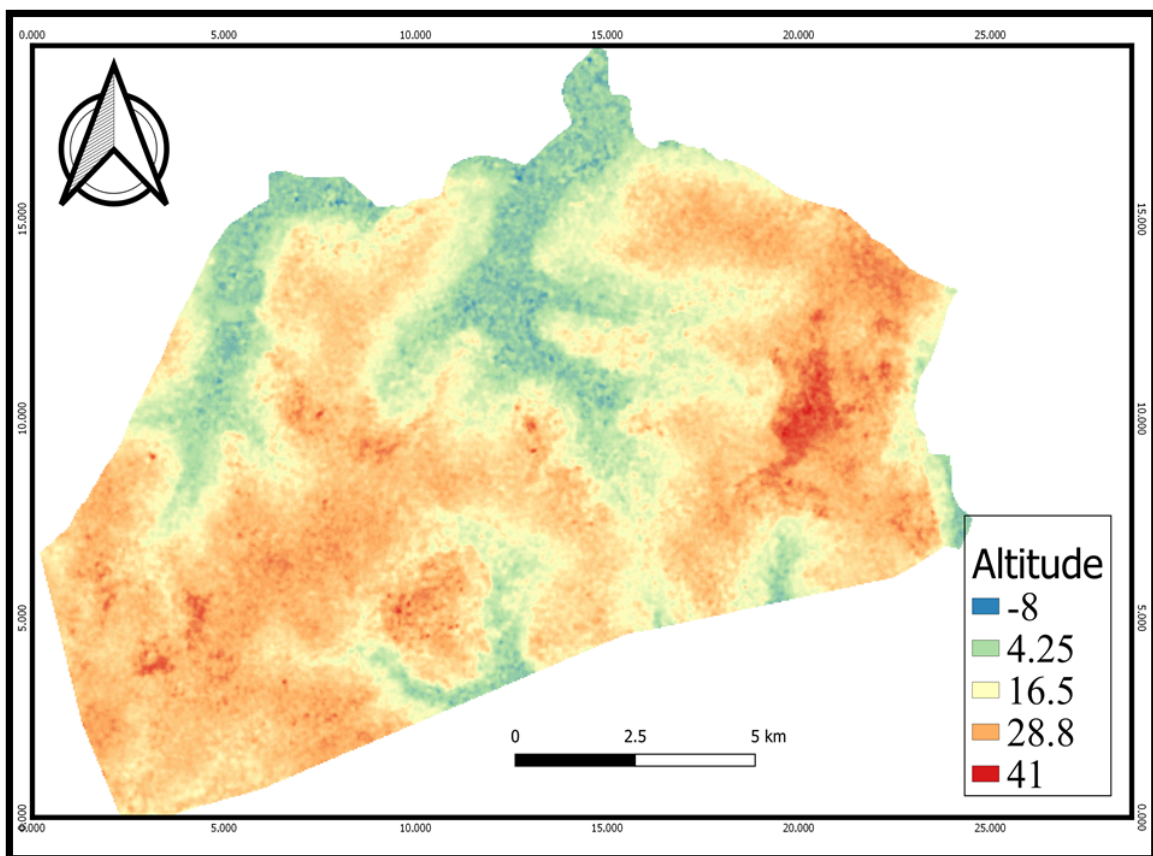
Tous les trois bassins ont un $KG \geq 1$. Au vu de ces résultats, nous pouvons dire que les bassins versants de Diégoune se caractérisent par des formes allongées.

Ce qui favorise pour une même pluie de faibles débits de pointe de crue.

I.3 caractérisation du relief

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques (précipitations, températures, etc.) varient avec l'altitude et la morphologie du bassin. En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques suivants :

I.3.1 Courbe hypsométrique de la commune de Diégoune



Carte 5 : hypsométrie de la commune

Pour estimer ces paramètres on doit présenter la répartition hypsométrique après mesure des aires partielles comprises entre les courbes de niveau et les différentes cotes.

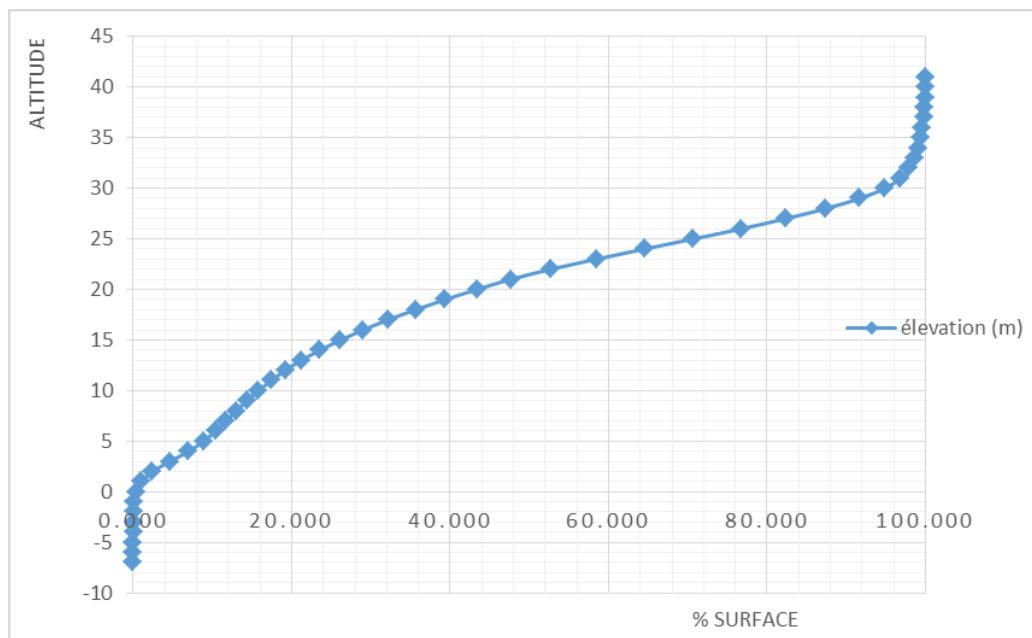


Figure 8 : courbe hypsométrique de la commune

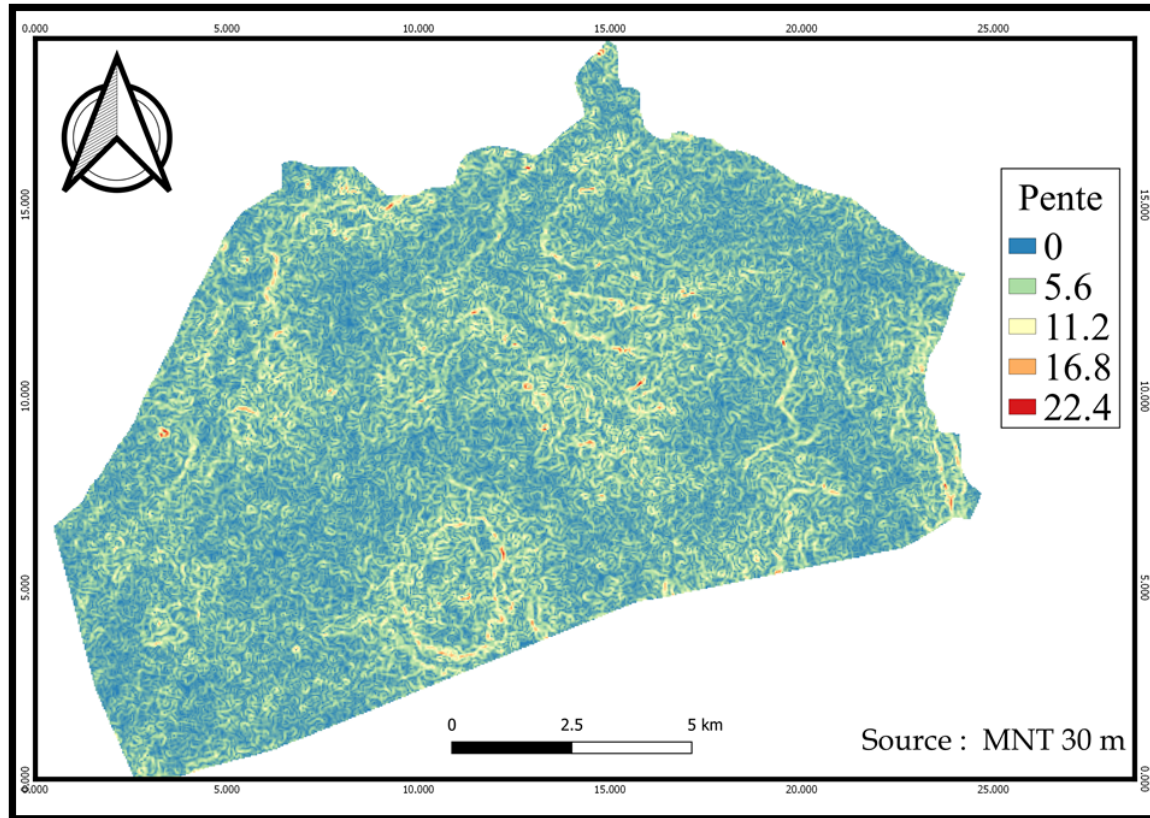
L'hypsométrie met en évidence la répartition de la surface de la commune en fonction des altitudes et conduit au calcul des pentes. L'analyse de la répartition des altitudes montre que celles qui sont inférieures à 0m n'occupent que 0,14% de la superficie du bassin, soit 0,17Km². Ensuite vient la tranche supérieure à 0m et inférieure à 10m qui occupe 14% de la superficie, soit 16,8 km². La majeure partie de la commune est occupée par les altitudes qui sont inférieures à 30m et supérieure à 19m qui représentent 52,31% de la superficie, soit 62,77 km². L'altitude maximale dans la commune est de 41m et l'altitude minimale est de -7 m. Cette répartition altitudinale de relief dans la commune a une influence directe sur le régime hydrologique des bassins versants de la commune.

La connaissance de ces informations qui sont fournies par la carte hypsométrique complètent entre autres celles de la carte des pentes et constituent des pistes d'orientations pour la valorisation ou l'aménagement de la commune.

I.3.2 Le système des pentes

La pente moyenne de la commune de Diégoune est dans son ensemble égale à :

$$I_{moy} = 0.4 \text{ m/km}^2$$



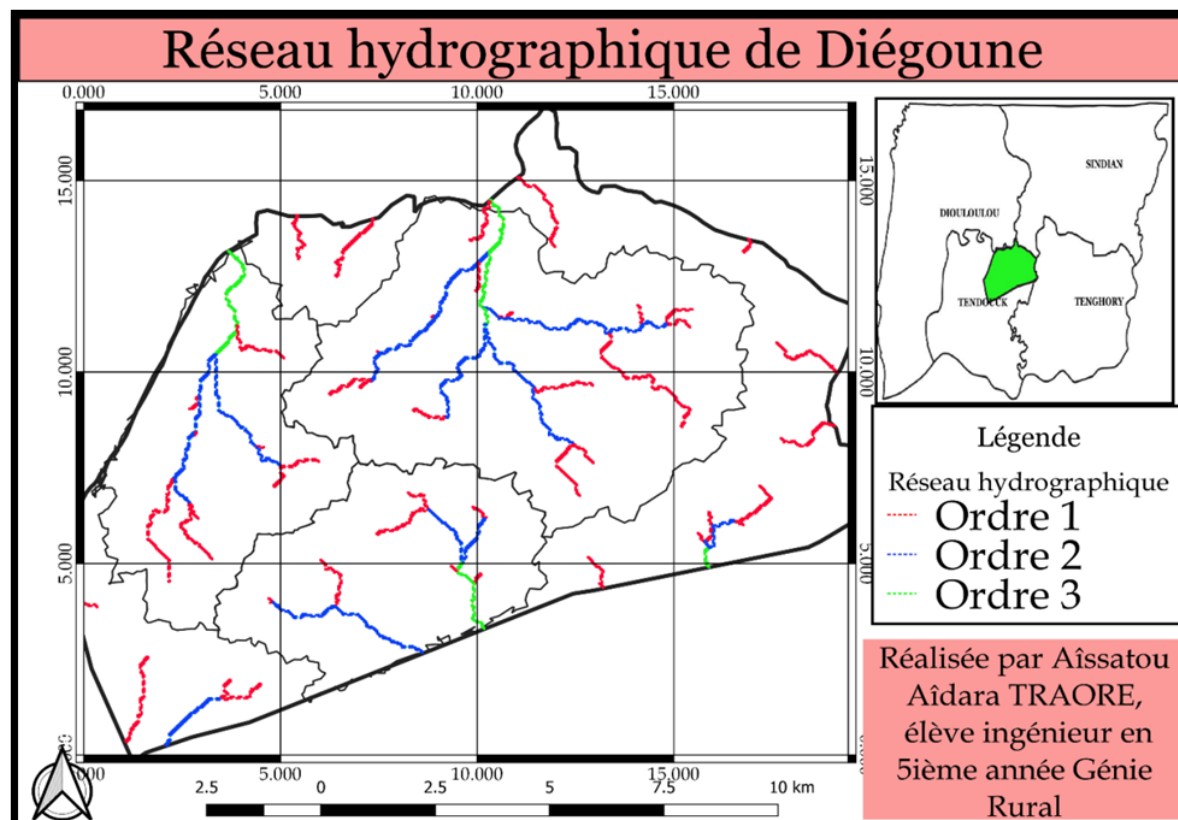
Carte 6 : Pentes de la commune de Diégoune

L'analyse de cette carte fait sortir que la classe des pentes de 0% est bien représentée et occupe la quasi-totalité de la surface du bassin, s'en suit les classes de pentes de 5,6 ; 11,2 ; 16,8% et celles de 22,4% qui sont présentes à l'état de traces. Les fortes pentes (pas trop représentées dans la commune) entraînent le ruissellement des eaux de surface et une érosion très forte. Par contre la faiblesse des pentes ; classe la plus dominante dans la commune explique la pénétration profonde de la marée à l'intérieur de la commune plaçant ainsi l'ensemble de la commune dans le bief maritime.

I.4 La géométrie du réseau hydrographique

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique est une des caractéristiques les plus importantes. Il peut prendre une multitude de formes.

Dans la commune de Diégoune, il est de type radial et d'ordre 3 selon la classification de straheler (voir carte 6).



Carte 7 : Réseaux hydrographiques de la commune

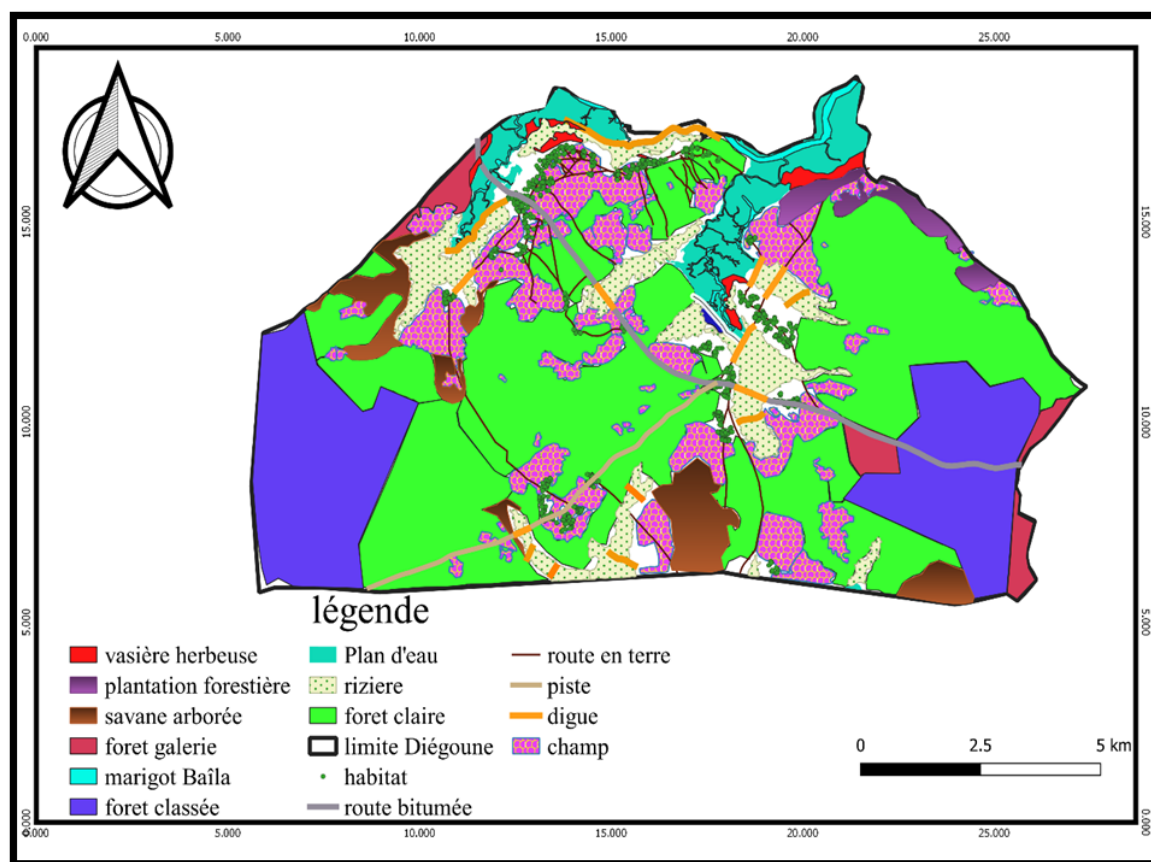
Cette carte montre que le réseau hydrographique de la commune de Diégoune est dominé par deux cours d'eau : le marigot de Baïla dans sa partie Nord et le marigot de Bignona dans sa partie Sud. Ce qui fait que la commune de Diégoune est marquée par des zones de dépressions correspondant à des bandes de terres qui évoluent du Nord au sud.

En outre, il faut reconnaître que le réseau hydrographique est très dense dans la partie Nord. En Basse Casamance les affluents des principaux marigots, qui prennent

l'appellation de Bolons, forment un réseau très dense en doigts de gant, qui entaille très profondément le plateau du Continental Terminal.

I.5 Occupation du sol

La dernière carte d'occupation du sol de la commune produite dans le PDC 2018 a été prise et actualisée par numérisation de l'image satellite de très haute résolution.

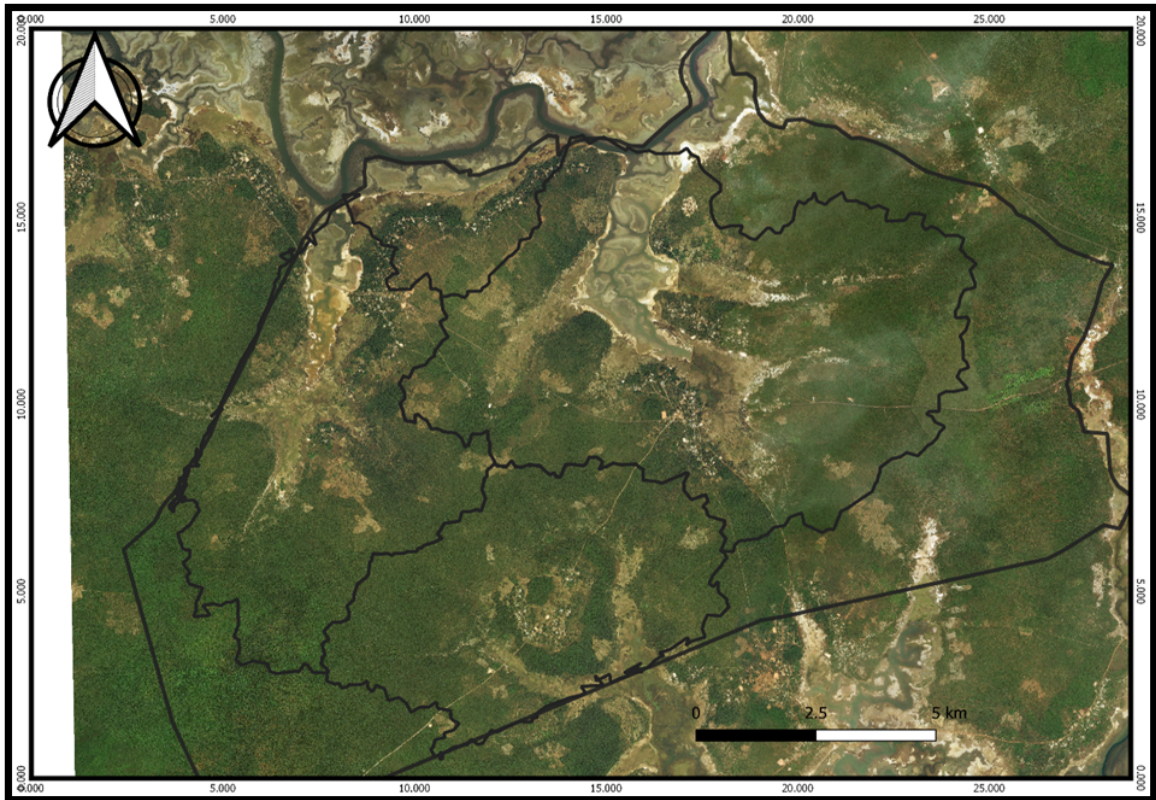


Carte 8 : Occupation du sol de la commune de Diégoune

De l'analyse de la carte d'occupation des sols, il ressort que les surfaces occupées par les vasières et les eaux de surface sont globalement de faibles proportions par rapport aux autres unités du point de vue superficie soit un pourcentage de 0,98% et de 6.52% respectivement. La comparaison des grands écarts entre les superficies de ces unités d'occupation avec celle du reste (58,91% pour Forêt galerie + Forêt claire + savane arborée + autre ; 25,78% pour forêts classées 16,27% pour les champs) révèle clairement que, la commune est couverte essentiellement de végétation en se basant sur les surfaces qu'occupent les forêts (claire, galerie et classé) et les savanes. Cet état

de chose constitue un autre indice de la faiblesse des ruissellements et de l'absence de l'érosion hydrique sur le bassin de Diégoune.

Par ailleurs, cette végétation joue également un rôle atténuateur important en période de crue : en effet, comme la végétation est développée sur ce bassin, le ruissellement est retardé et la pointe de crue est atténuée. Ainsi, l'écoulement étant plus long, la part d'eau reprise par l'évapotranspiration augmente et le volume de la crue diminue.



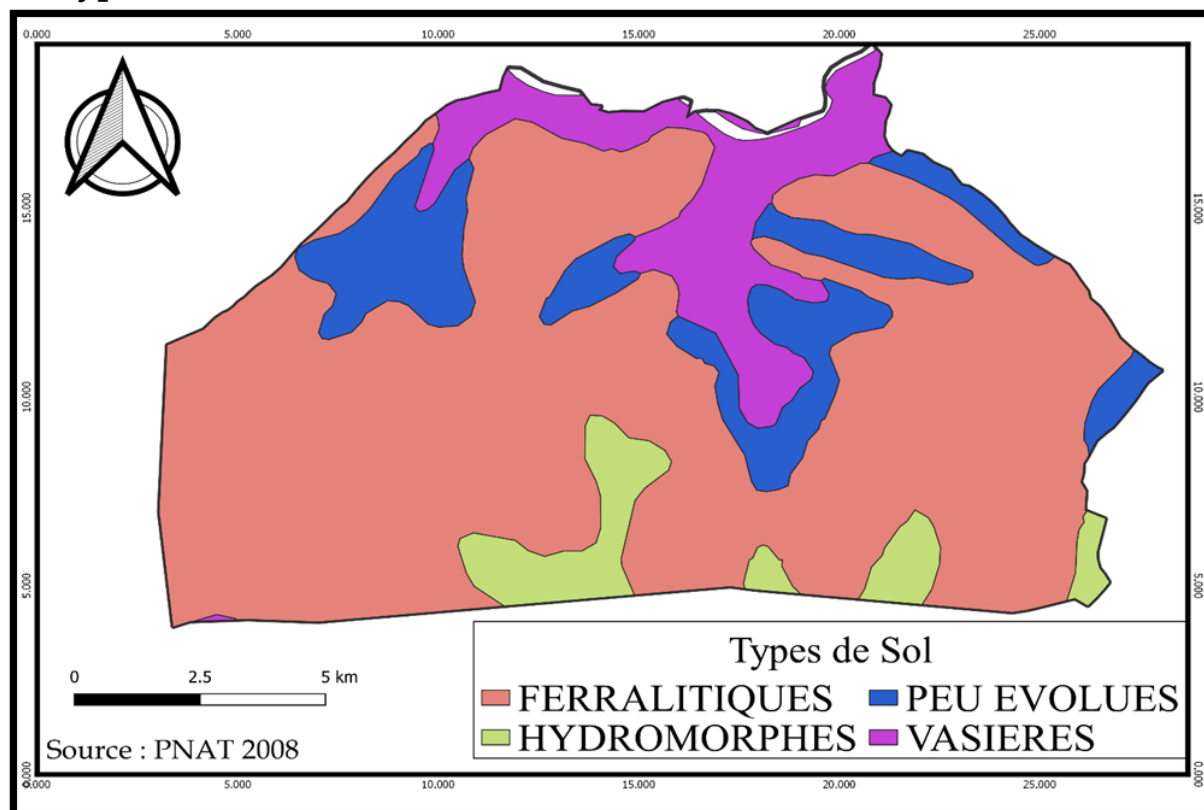
Carte 9 : Image satellite de la commune

En résumé, pour l'occupation du sol de la commune de Diégoune, le tableau suivant récapitule les surfaces occupées par chaque type d'unité :

Tableau 4 : Occupation du sol de la commune de Diégoune

| Catégorie d'occupation | surface couverte | |
|---|--------------------|-------|
| | (km ²) | % |
| Rizière | 10,06 | 8,38 |
| Champs | 16,27 | 13,56 |
| Plan d'eau | 7,86 | 6,55 |
| Vasière | 1,12 | 0,93 |
| foret classée | 25,78 | 21,48 |
| Foret galerie + Foret claire + savane arborée + autre | 58,91 | 49,09 |

I.6 Types de sol



Carte 10 : Sols de la commune (source PNAT 2008)

D'une manière générale le sol de la commune est caractérisé en majorité (75 %) de sols hydromorphes à texture fine. Ces terres sont aptes pour la riziculture en simple ou double saison dépendant de la disponibilité en eau pour l'alimentation des rizières. Leur faible perméabilité et leur forte capacité de rétention font d'eux des sols favorables à la riziculture.

En récapitulatif, il ressort des résultats obtenus que les trois grands bassins versants caractéristiques de la commune de Diégoune, dont les superficies respectives sont de 48,83 ; 27,62 et 24,69 km², présentent dans leur ensemble une forme compacte avec une densité moyenne du réseau hydrographique de classe d'ordre trois (3) selon la classification de Strahler. Cependant la valeur des altitudes présentes sur la carte hypsométrique permet de ranger la commune dans la classe de « relief faible ».

La présence d'un réseau hydrographique dense combinée à l'existence d'une topographie assez variée (relief faible) offre à la commune de Diégoune une importante ressource en eau et donc des atouts favorables à la culture du riz. Les terrains de tannes se développent dans les aires d'influence des eaux de crues des marigots. Les espaces occupées par ces bas-fonds restent relativement basses et humides.

II. Etude hydrologique

II.1 Contrôle des données pluviométrique

❖ Méthode de la moyenne mobile

L'examen des relevées pluviométriques montre que la quantité moyenne annuelle de pluie recueillie sur la période considérée est de 1191,81 mm (moyenne de l'année 1990 à 2018). L'essentiel de la pluviométrie annuelle se concentre sur une période de 5 mois soit juin à Octobre, avec une pointe dans le mois de juillet et d'Août (Figure 18). D'une façon générale, on remarque une légère variation de la pluie annuelle dans les trois (3) premières années avec deux années de pointes 2005 (1531,4mm) et 2012 (1610,6mm). Les années les moins pluvieuses de la période 1990-2018 avec une pluviométrie annuelle recueillie en dessous de la valeur moyenne ont été observées

en 1992 et 2002, avec une baisse d'environ 40 à 60 % par rapport à la pluviométrie moyenne.

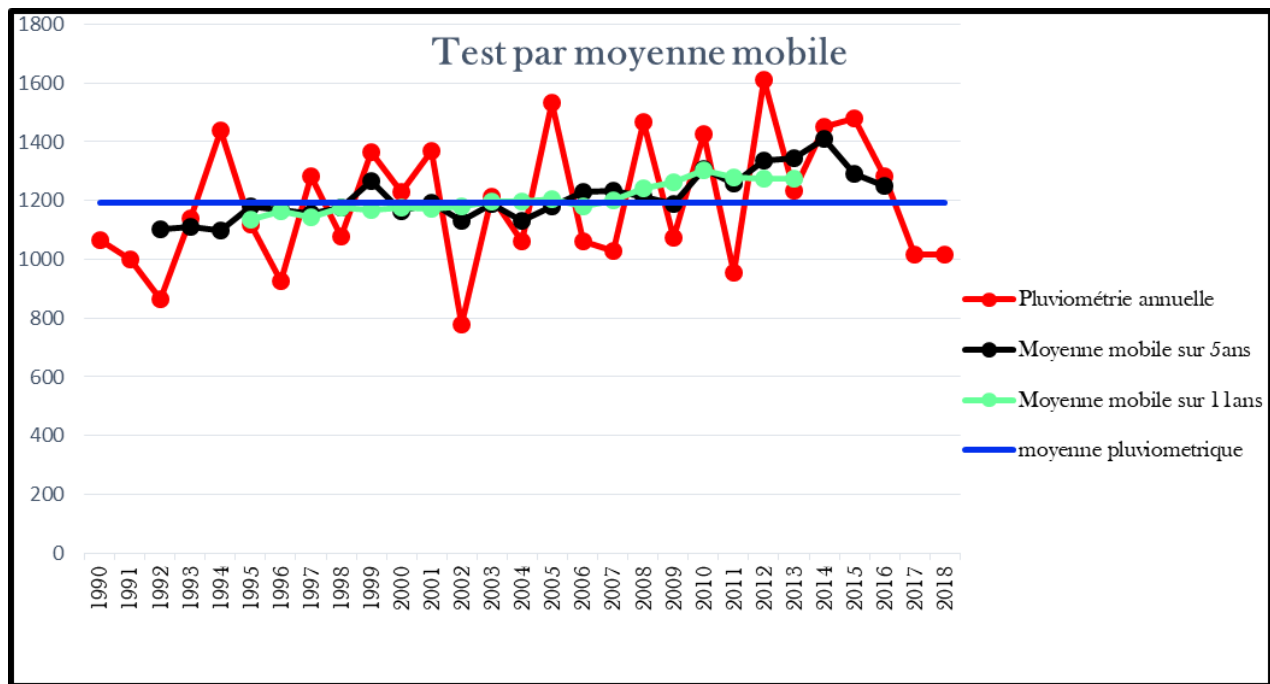


Figure 9 : Résultat du test par moyenne mobile sur 5 ans et sur 11 ans (Station de Tendouck)

Cette figure laisse voir dans l'ensemble une fluctuation des moyennes mobiles autour de la pluie moyenne annuelle. On peut donc confirmer l'uniformité des séries des données de la station de Tendouck.

Le test par la méthode de la moyenne mobile montre l'existence des phénomènes cycliques à pseudo périodes traduisant une alternance des périodes humides et sèches dans la série chronologique de cette station (voir figure ci-dessus).

❖ **Méthode des doubles masses**

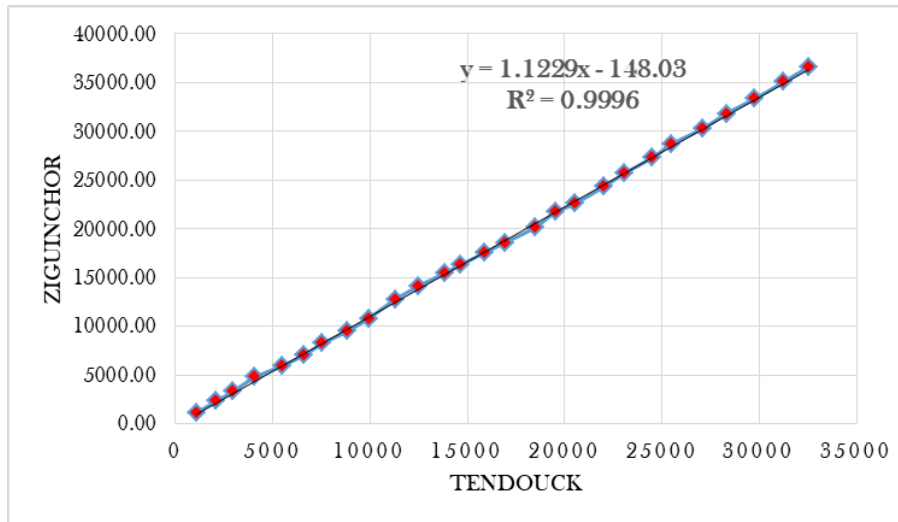


Figure 10 : résultat test par la méthode des doubles masses

Le test par le double cumul montre une parfaite relation entre la série de la station de Ziguinchor prise comme référence et celle de Tendouck avec un coefficient de régression linéaire de l'ordre de 0.99 (voir figure 19)

II.2 Analyse statistique des données pluviométriques

Le traitement de la pluviométrie maximale journalière et annuelle de la station de Tendouck à partir du logiciel Hyfran a permis d'obtenir certains résultats. Parmi ces derniers, figurent la pluviométrie pour les différentes années de retour, les courbes des pluviométries maximales journalières et annuelles ainsi que les probabilités au non-dépassement (Loi de GUMBEL et loi Normal ou de GAUSS). Ainsi, nous présenterons l'ensemble des résultats obtenus à partir du logiciel Hyfran (détail en annexe).

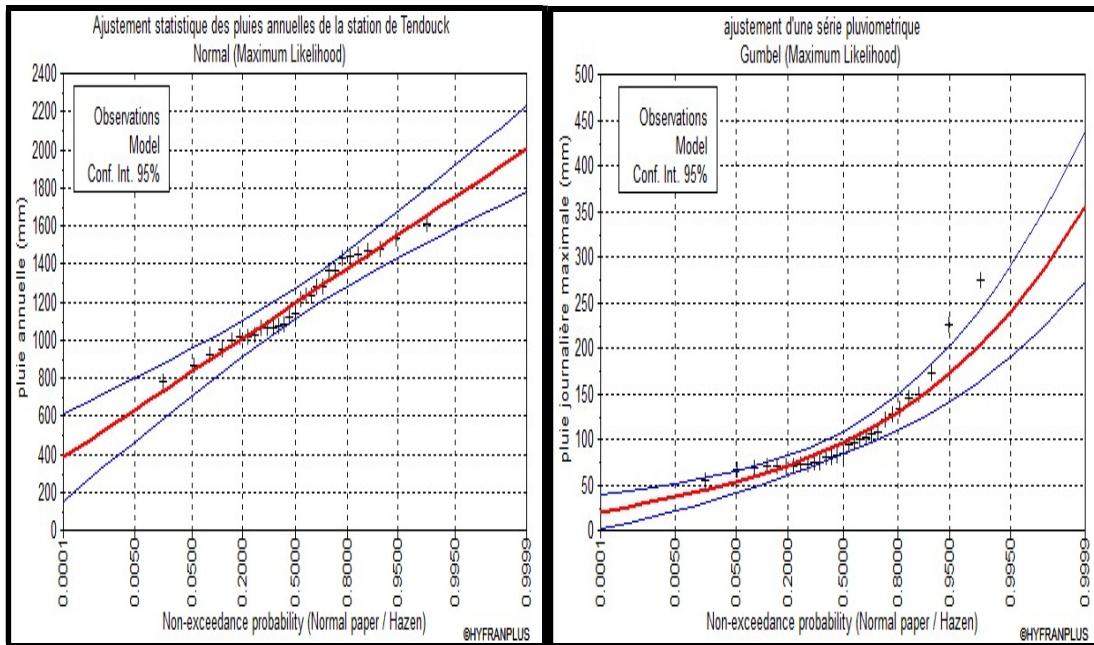


Figure 11 : résultat d’ajustement statistique des pluies annuelles de la station de Tendouck

Figure 12 : résultat d’ajustement statistique des pluies journalières de la station de Tendouck

Les ajustements effectués sur les échantillons de pluies à l’aide des logiciels HYFRAN-PLUS montrent que la série de pluies annuelles s’ajuste bien à la loi de GAUSS (loi Normale) et la série de pluies journalières maximales s’ajuste à la loi de GUMBEL. Sur la (Figure 21), on constate que plus de 80 % des valeurs de l’échantillon se trouve à l’intérieur de l’intervalle de confiance tracé. Seuls 2 points se trouvent en dehors de l’intervalle, alors on peut dire que la loi utilisée est acceptée.

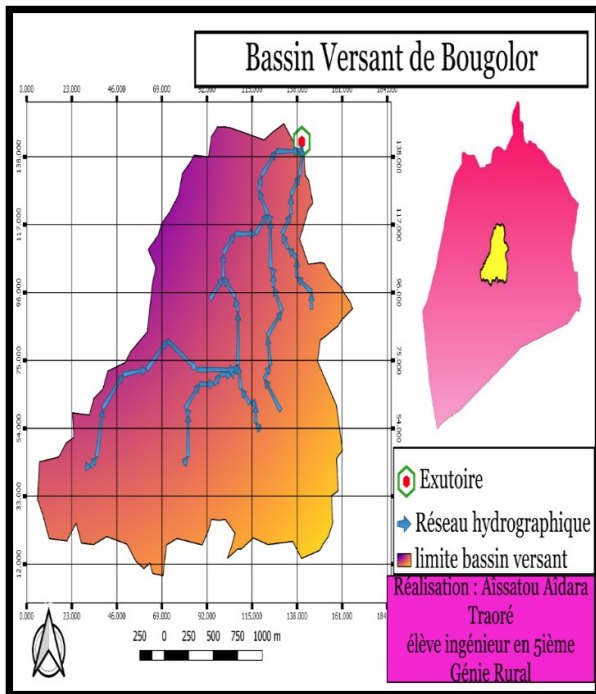
Chapitre VII : Etude des ouvrage du PPDC

La principale ressource en eau pour l'alimentation des bas-fonds de la commune pendant la saison hivernale constitue les marigots. Le régime de débit naturel du marigot de Baïla comporte une saison de crue qui correspond à la période d'hivernage assez courte et une longue saison sèche. Le marigot de Bignona constitue la seconde ressource en eau non pérenne (sèche de février à fin avril) de la commune à partir des bas-fonds du village de Djimande. En plus de ces principales ressources il existe quelques petites mares temporaires dans la zone.

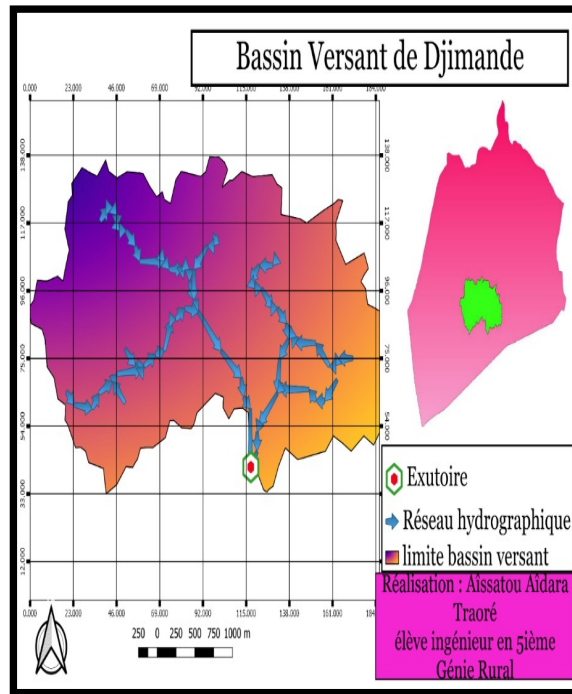
L'alimentation des bas-fonds est assurée grâce à la réalisation de digues qui constituées de retenues d'eau et d'ouvrages anti sels. Cependant une ressource en eau est disponible à partir des deux ouvrages du PPDC. Ces derniers retiennent les eaux de pluie pour ensuite servir d'alimentation des activités de riziculture, à partir de la lame d'eau qu'ils créent. Ces deux ouvrages réalisés par le PPDC sont destinée à fournir 170 390 m³ au niveau de la vallée de Bougolor et 24 700 m³ au niveau de la vallée de Djimande. Elles approvisionnent au total 108,16 ha de rizièrè dans la commune.

I. Caractérisation des deux sous bassins versant

La délimitation des sous bassins versants qui abritent les ouvrages du PPDC a été réalisée grâce au logiciel ArcGIS après avoir repéré l'exutoire des deux bassins versants (ouvrage Bougolor et ouvrage Djimande) sur la carte. Ce qui a permis de présenter les cartes de ces sous bassins versant comme suit :



Carte 12 : Sous bassin versant de la vallée de Bougolor



Carte 11 : Sous bassin versant de la vallée de Djimande

Caractéristiques physiques et géomorphologiques des deux sous bassins versants

Le tableau ci-dessous montre les résultats de calculs des caractéristiques physiques et géomorphologiques des deux sous bassins versants.

Tableau 5 : Caractéristique des sous bassin versant de Bougolor et de Djimande

| Paramètres Calculés | BV de Bougolor | BV de Djimande |
|--|----------------------|----------------------|
| Superficie (km ²) | 5,31 | 8,41 |
| Périmètre (km) | 11,64 | 15,98 |
| Typologie du bassin versant selon la surface | petit bassin versant | petit bassin versant |
| Typologie du bassin versant selon le réseau hydrographique | Dendritique | Dendritique |
| Typologie du relief | Relief faible | Relief faible |
| Indice de compacité | 1,41 | 1,54 |
| Forme du bassin | Semi-circulaire | Semi-circulaire |
| Longueur du rectangle équivalent (km) | 4,69 | 6,74 |
| Largeur du rectangle équivalent (km) | 1,13 | 1,25 |
| Longueur du réseau Hydrographique (km) | 11,64 | 15,97 |
| Pente moyenne du bassin versant (%) | 1,91 | 1,01 |
| Indice globale de pente (m/km) | 4,73 | 2,4 |
| Indice de pente transversal moyen (m/km) | 0,4 | 0,394 |
| Indice global de pente corrigé (m/km) | 2,57 | 1,73 |
| Densité de drainage (km/km ²) | 1,54 | 1,32 |
| Dénivelé spécifique (m) | 5,91 | 5,02 |

Les réseaux hydrographiques des deux sous bassins versants (Bougolor et Djimande), sont classés d'ordre trois (3) selon la classification de Straheler. Ces types de BV connaissent généralement des crues brutales dues au faible temps de concentration. Les valeurs assez élevées de l'indice de pente global (I_g) traduisent que le relief n'est pas accidenté, Ce qui a une incidence sur l'écoulement (crues et

apports). Cependant les valeurs des dénivelées spécifiques permettent de les classer en « relief faible ».

II. Description et état actuel des ouvrages

Le projet pôle de développement de la Casamance (PPDC) a réalisé deux digues dans la commune de Diégoune. Ces ouvrages jouent deux rôles à la fois : un rôle antisel et un rôle de retenue d'eau.

II.1 Description des digues

L'ouvrage à Bougolor est constitué

- De deux évacuateurs en béton de 3 m de longueur avec chacun deux vannes
- D'un remblai de 1600 m de longueur

La capacité de retenu de la digue de Bougolor est de 170 390 m³ avec hauteur maximale de 11m sur terrain naturel. Le corps de la digue est implanté suivant un axe rectiligne. Sa longueur est de 1600 m et sa largeur en crête moyenne est de 4m. L'ouvrage comporte deux déversoirs, situés en position latérale, de longueur 3,0 m. Ces déversoirs sont équipés de vanne.

L'ouvrage de Djimande présente les caractéristiques énumérées ci-après :

- **Retenue**

- Cote Retenue Normale (CRN) : 5,75 m
- Cote des PHE : 6,85 m
- Volume de la Retenue Normale : 24 700 m³
- Surface du plan d'eau à la CRN : 4,93 hectares

- **Digue**

- Type : Homogène en terre
- Hauteur maximale : 1 m
- Largeur en crête : 3,50 m

- **Evacuateurs**

- Type : rectangulaire en béton armé équipés de deux vannes
- hauteur : 6,5 m
- Longueur : 520 cm

II.2 Etat actuel des digues

L'ouvrage de Djimande conçu principalement pour retenir de l'eau ; lors des visites effectuées en plein saison hivernale, une absence d'eau au niveau de la retenue a été notée. Pendant ce temps, la retenue de l'ouvrage de Bougolor est remplie à sa capacité maximale comme l'illustre les figures ci-dessous. Ce qui remet en question la gestion de l'ouvrage, autrement l'ouverture et la fermeture des vannes au niveau des deux vallées méritent d'être revu. Cependant il est à souligné que la volonté manifestée par le comité de la vallée de Bougolor vis-à-vis de la gestion de l'ouvrage n'est pas retrouvée au niveau de la vallée de Djimande. Quant à l'état de ces deux ouvrages, aucune trace de dégradation (remblai et évacuateur) n'a pas été observée au cours des visites effectuées.

Néanmoins on note l'enherbement du talus amont de l'ouvrage de Bougolor. En effet l'entretien du remblai de la digue est préconisé pour l'ouvrage de Bougolor qui consistera à enlever la végétation du remblai pour éviter l'infiltration des eaux à travers la digue qui à la longue pourrait causer des dommages à l'ouvrage (rupture de remblai).



Figure 14 : Ouvrage de la vallée de Djimande



Figure 13 : Ouvrage de la vallée de Bougolor

II.3 Impacts Positifs des ouvrages

Les deux digues de Diégoune-Bougolor (anti sel) et de Djimande (retenue d'eau) réalisées ont eu des impacts positifs :

- La récupération de 70 ha dans la vallée de Bougolor de terres rizicultivables qui étaient jadis salées
- La récupération de 12 puits jadis salés
- La réapparition de la faune et flore disparues
- La récupération des rizières dans la vallée de Djimande qui étaient abandonnées à cause d'un manque crucial d'eau.

III. Les apports hydriques

L'examen des relevés pluviométriques montre que la quantité moyenne annuelle de pluie recueillie dans la zone sur la période considérée est d'environ 640 mm (moyenne des années 1990 à 2018). L'année la moins pluvieuse durant cette période a été 1993 avec une baisse d'environ 38% par rapport à la pluviométrie moyenne.

Dans une telle étude il est plus souhaitable d'évaluer le remplissage des retenues depuis leur construction en 2015 pour celle de Bougolor et 2017 pour celle de Djimande.

Les volumes écoulés sur le sous bassin versant de Bougolor et celui de Djimande calculés à l'aide de la formule énoncée dans la méthodologie, se présentent comme suit :

Tableau 6 : Apport d'eau

| Année | Apports annuels dans le BV de Bougolor en m³ | Apports annuels dans le BV de Djimande en m³ |
|--------------|--|--|
| 2015 | 1 132 295,50 | |
| 2016 | 561 669,90 | |
| 2017 | 289 141,37 | 963,8 |
| 2018 | 263 225,45 | 965,7 |

| année | Niveau de remplissage de la retenue de Bougolor | Niveau de remplissage de la retenue de Djimande |
|--------------|--|--|
|--------------|--|--|

| | | |
|------|---------|------|
| 2015 | 664,53% | |
| 2016 | 329,64% | |
| 2017 | 169,69% | 186% |
| 2018 | 154,48% | 169% |

Remplissage de la retenue

Tableau 7 : niveau de remplissage des retenues

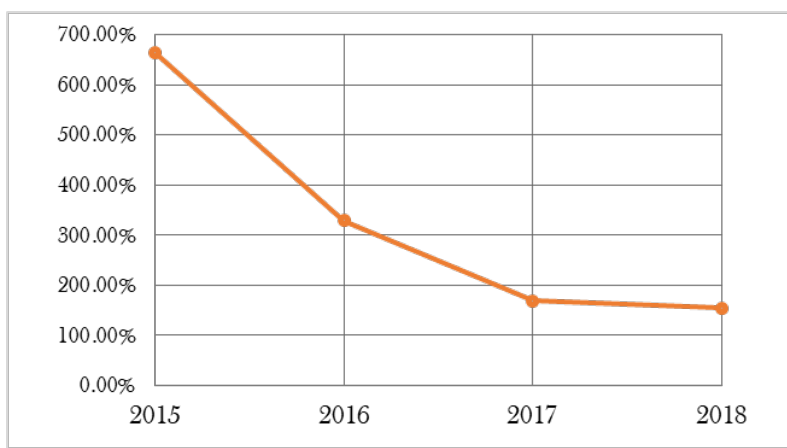


Figure 15 : remplissage de la retenue de Bougolor

L'analyse de ces valeurs montre que les retenues dont les capacités maximales sont de 170 390 m³ pour la vallée de Bougolor et 24 700 m³ pour la vallée de Djimande, se remplissent convenablement depuis leur installation jusqu'ici quelques soit la pluviométrie de l'année mais néanmoins le taux de remplissage baisse chaque année. En effet, les apports annuels sont suffisants pour remplir les retenues de Bougolor et de Djimande, cela même pour des années de pluviométrie très faible atteignant la décennale sèche.

IV. Analyse de la valorisation de la lame d'eau et schéma de gestion

Parmi les difficultés liées à l'exploitation de ces bas-fonds, il y a la mauvaise gestion de planification de l'ouverture des vannes. En effet, la non maîtrise du système de remplissage de la retenue est source de beaucoup de difficultés pour l'alimentation hydrique des cultures des premières parcelles ainsi que pour le programme de travail des exploitants. En dépit de toute ces difficultés, ces parcelles inondées en premières et exondées en dernières peuvent parfois poser des pertes en terme de rendement si leur remplissage est précoce ou leur vidange tardive.

Et d'ailleurs, lors des entretiens avec les exploitants de la vallée de Bougolor, ces derniers nous ont affirmé que même avec la présence de l'ouvrage du PPDC les parcelles les plus éloignées de l'ouvrage font toujours face à une insuffisance d'eau. Et pour palier à ce manque d'eau on propose de mettre deux autres diguettes traditionnelles qui seront fabriquées par les populations eux même.

Aussi, nous préconisons la submersion contrôlée qui consiste à la maîtrise partielle du plan de l'eau pour une meilleure irrigation et vise à améliorer les conditions de remplissage et de vidanges de la retenue. Plus spécifiquement il s'agit d'assurer :

- la protection de la retenue contre les inondations ;
- un meilleur contrôle du remplissage ;
- une meilleure conduite de l'eau dans les bas-fonds afin de permettre aux zones de mêmes altitudes de recevoir de l'eau en même temps ;
- l'alimentation en eau de la surface cultivable au point de vue submersion par le choix d'une crue assez fréquente.

Chapitre VIII : Etude hydro-chimique des eaux de Diégoune

Les eaux douces, qu'elles soient d'origine souterraine ou superficielle sont plus ou moins minéralisées par des sels naturels. Il est souvent très important de connaître précisément cette minéralisation en plus des indications données par les paramètres globaux de type « titre » et « potentiel ». Par ailleurs, certains des cations et anions minéraux naturels présents dans les eaux sont considérés comme indésirables ou toxiques selon l'usage auquel l'eau douce est destinée (domestique, agricole, industriel, santé, tourisme, refroidissement...) (Rodier et al)

IV.1. les paramètres physico-chimiques

1. pH

Pour les eaux de surface, les pH sont relativement neutres à légèrement acide (figure 16). Ils varient entre 3,15 et 6,7.

Le pH des eaux de puits varie entre 4,2 enregistré dans le quartier de Bouloune et 7,4 mesuré dans le quartier de Kouaner. La moyenne est de l'ordre de 7,4. En général, les eaux sont neutres à acide. Ceci est lié à la nature des roches présentes dans la région et qui sont essentiellement constituées de roches sédimentaires à composante carbonatée (Malou, 1992).

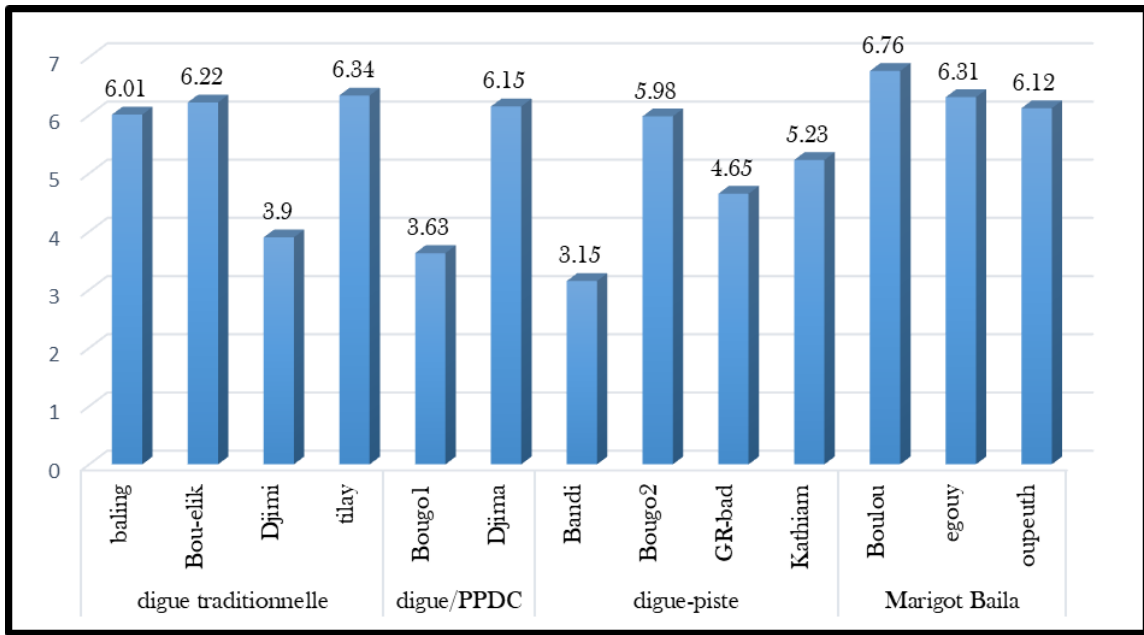


Figure 16 : pH des eaux de surface de la commune

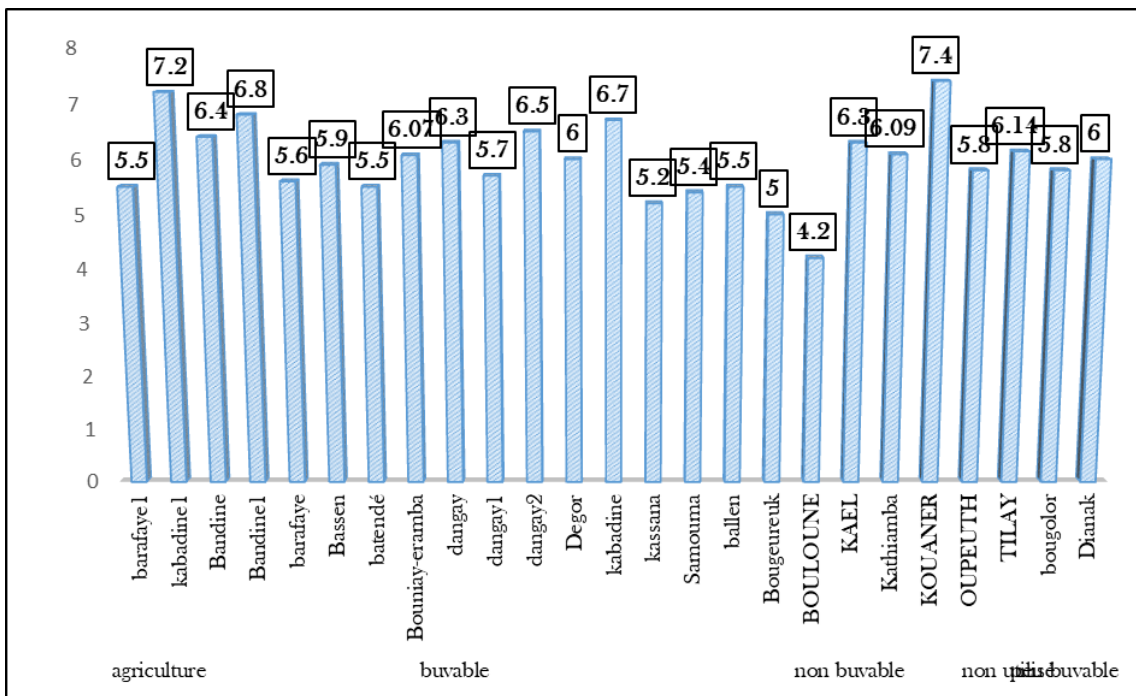


Figure 17 : pH des eaux de puits de la commune

2. Conductivité électrique

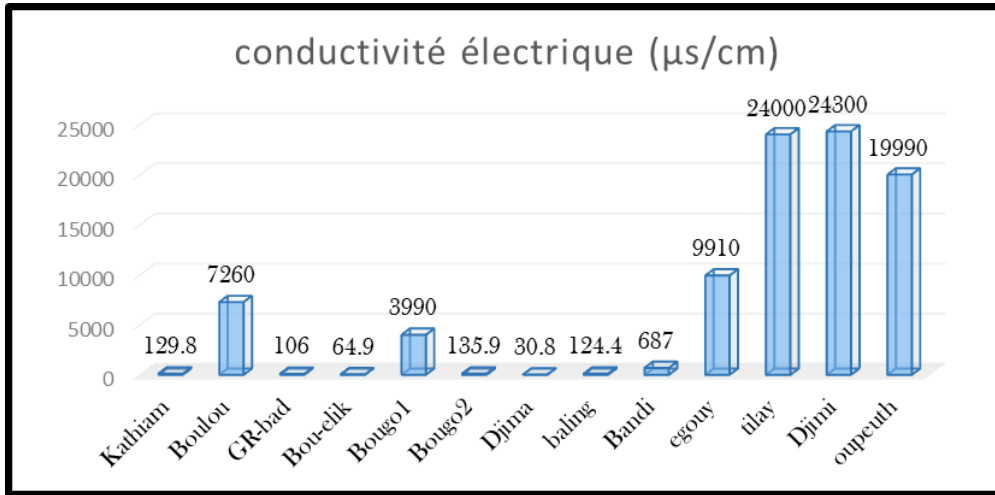


Figure 18 : Conductivité électrique (µs/cm) des eaux de surface

La figure révèle que les conductivités varient de petite valeur à de forte valeur avec un minimum de 30,8 µs/cm à la retenue de Djimande (PPDC) et d'un maximum de 24000 µs/cm enregistrée au marigot de Baïla. En général, toutes les eaux situées en amont des digues en bon état (digue-pistes...) présentent des minéralisations faibles, à l'exception des eaux de la digue de Bougolor (3990 µs/cm). Par contre, Seules les eaux des digues en mauvais état et du marigot de Baïla présentent des minéralisations relativement élevées, 7260 µs/cm au niveau du marigot de Baïla et 24300 µs/cm. Pour les deux digues traditionnelles de Tilay et Djiminir, où on a respectivement 9910 µs/cm et 19990 µs/cm en dépit de leur situation très critique.

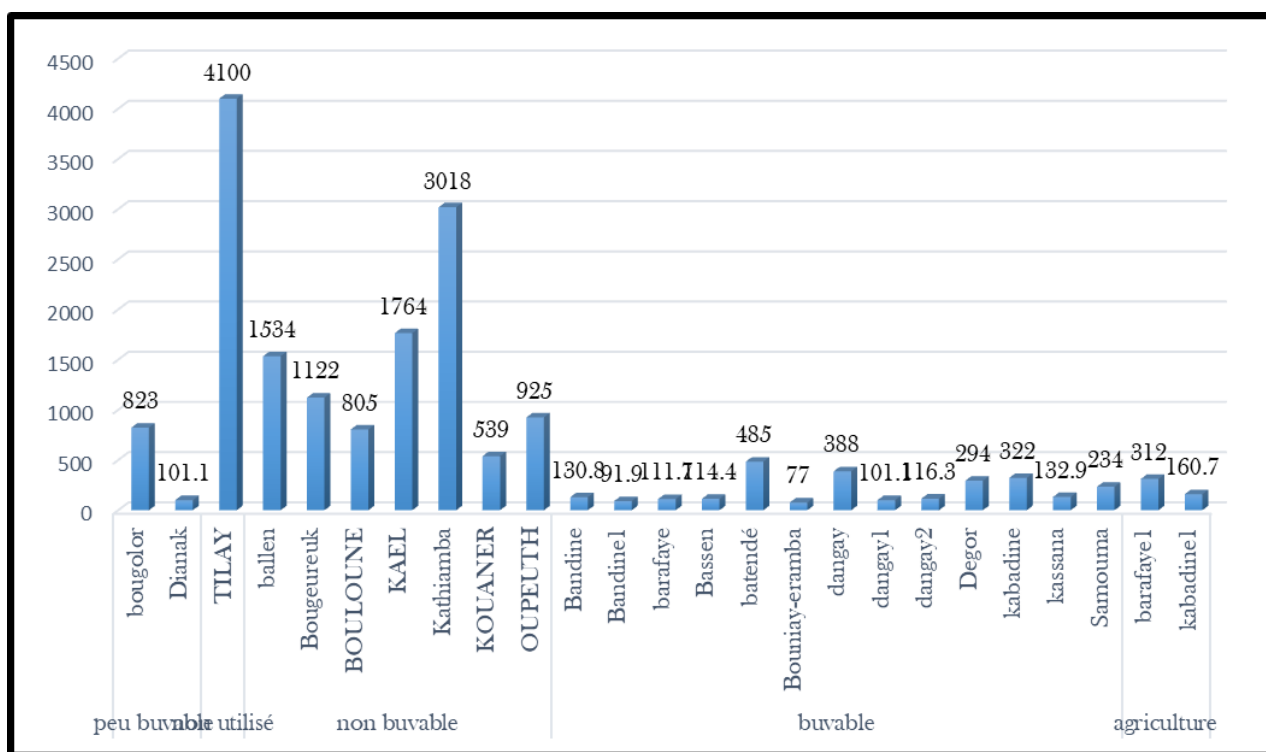


Figure 19 : Conductivités des eaux de Puits de Diégoune

Les conductivités enregistrées au niveau des eaux de puits sont relativement moyennes (entre 77 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 4100 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (figure 19). Elles reflètent celle enregistrées au niveau des eaux de surface. L'incidence des fortes conductivités des eaux du marigot et celles liées aux mauvais états de digues sont tel que les puits les plus proches sont affectés par cette salinité.

IV.2 Faciès chimiques

IV.2.1 Eaux de surface

La projection des analyses relatives aux eaux de surface du bassin de Diégoune est représentée dans la figure 20. Les eaux se retrouvent sur le faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien.

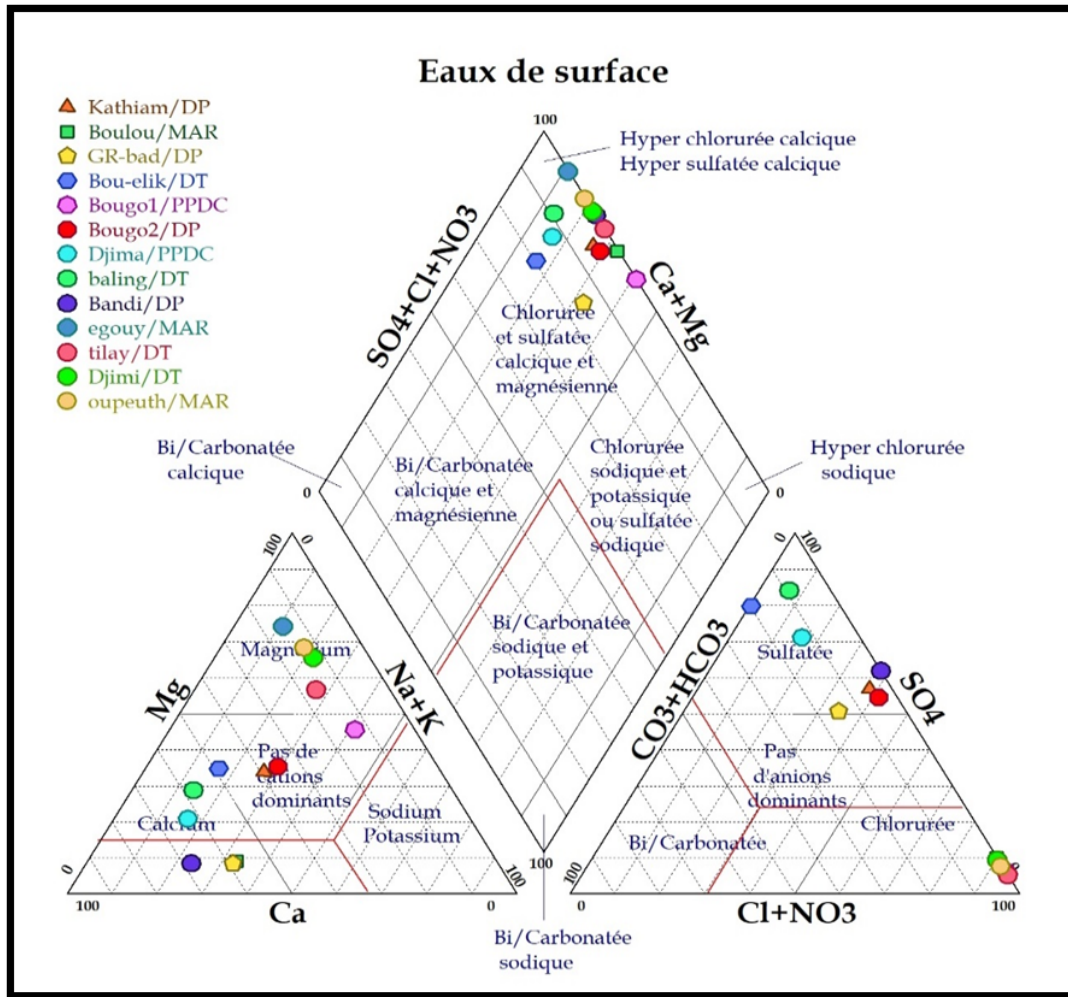
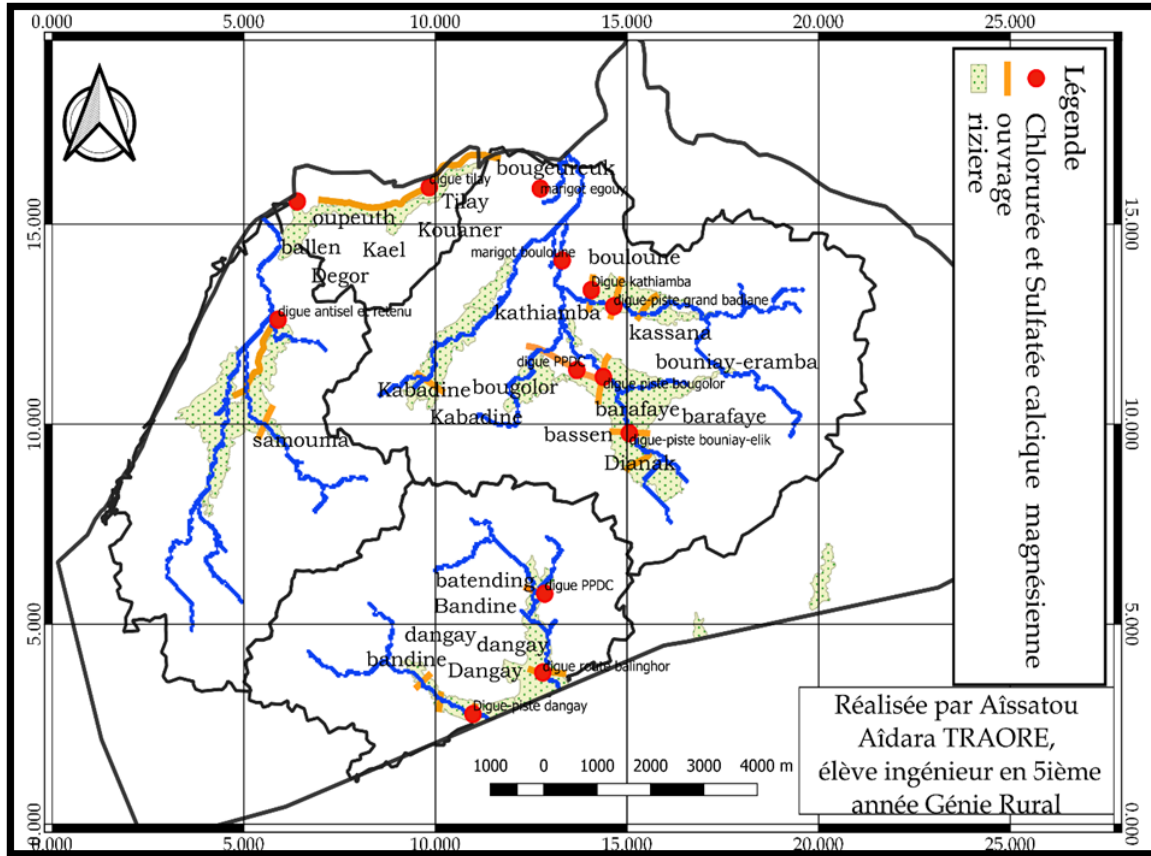


Figure 20 : Projection sur le diagramme de piper des analyses d'eau de surface de Diégoune



Carte 13 : Faciès chimiques des eaux de surface

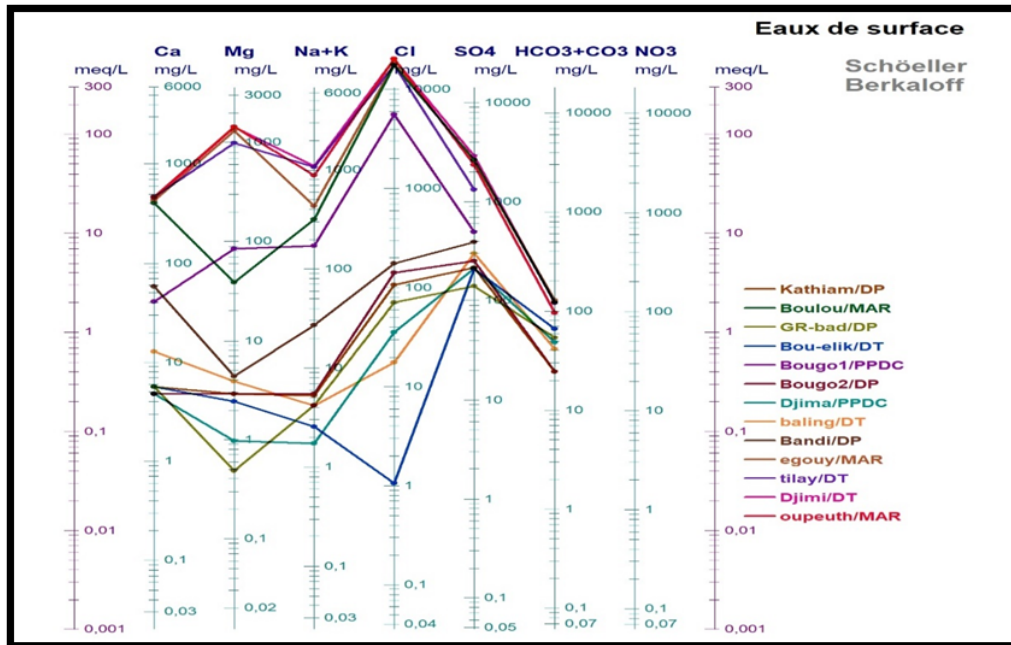


Figure 21: projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des résultats des analyses des eaux de surface de Diégoune

Ce faciès représente la totalité des eaux de surface étudiées (100%). C'est le faciès le plus dominant de la commune. Il se trouve essentiellement sur l'ensemble de la commune. Les eaux sont moyennement riches en différents éléments chimiques dans leur ensemble, les teneurs du calcium varient d'un minimum de 4,8 mg/l à la retenue de Djimande (PPDC) à un maximum de 468,9mg/l dans le marigot de Baïla (figure 21).

IV.2.2 Eaux souterraines

Les diverses analyses, relatives aux 25 points d'eaux de puits de la commune de Diégoune, sont reportées sur le diagramme de piper (figure 21). Les eaux se répartissent selon les trois familles essentielles de faciès. Leur répartition spatiale est illustrée par la carte 15. Ainsi, on distingue :

- Le faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien (23 puits),
- Le faciès bicarbonaté calcique et magnésien (1 puits),
- Le faciès chloruré sodique et potassique ou sulfaté sodique (2 puits).

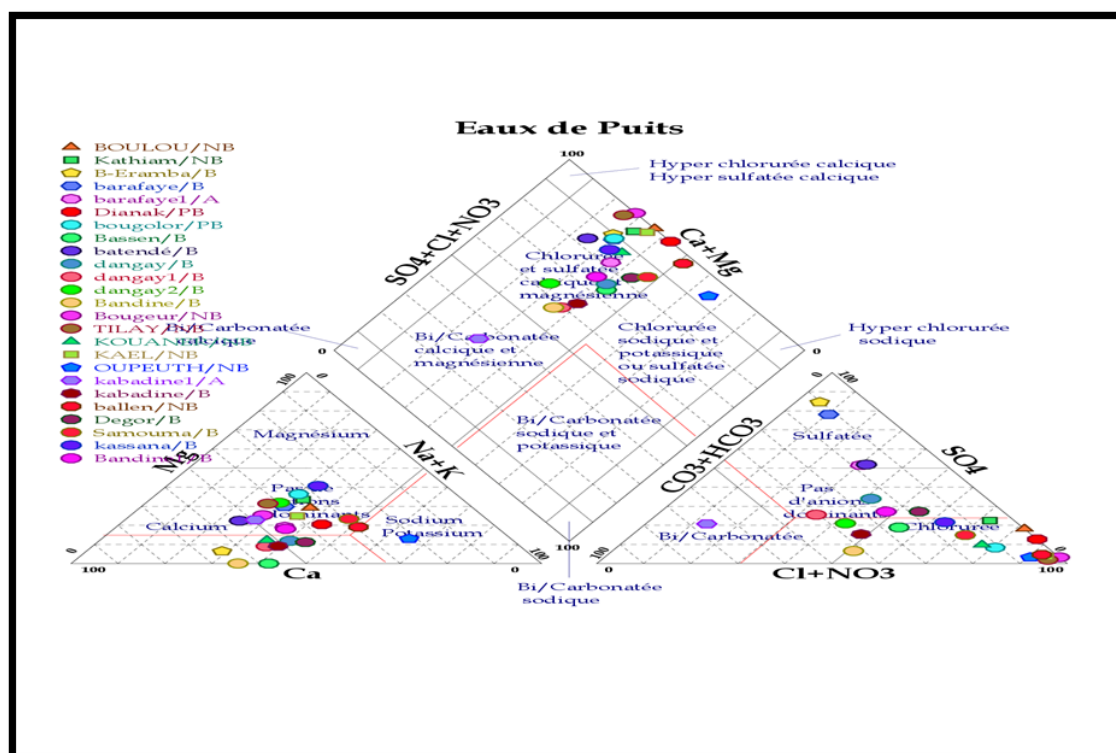
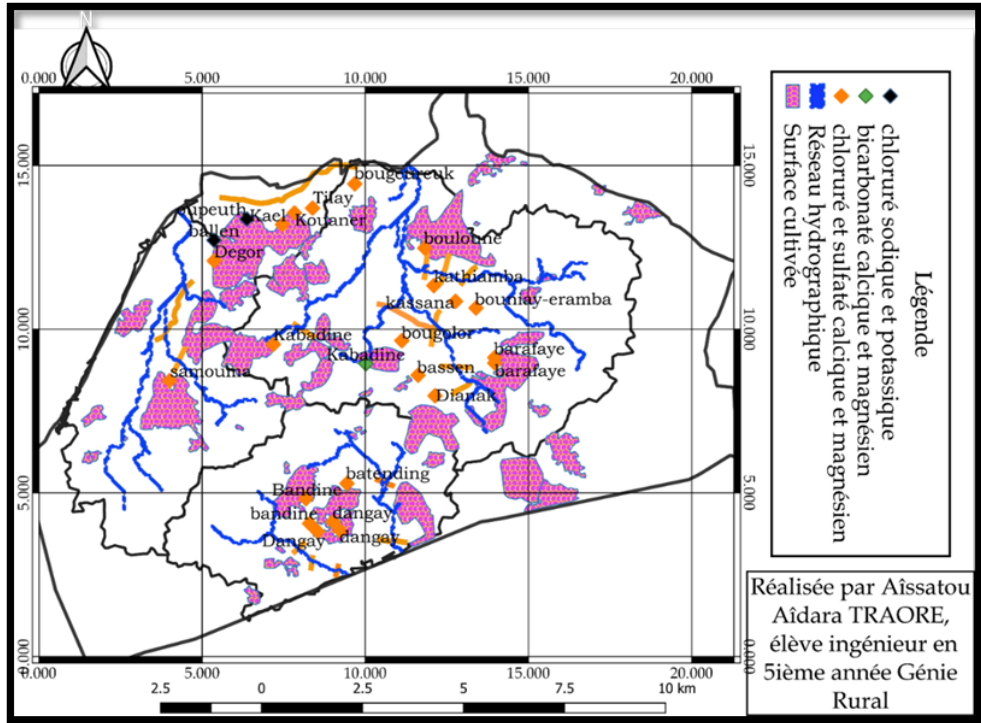


Figure 22 : Projection sur le diagramme de piper des analyses d'eau de puits



Carte 14 : facies chimique des eaux de Puits

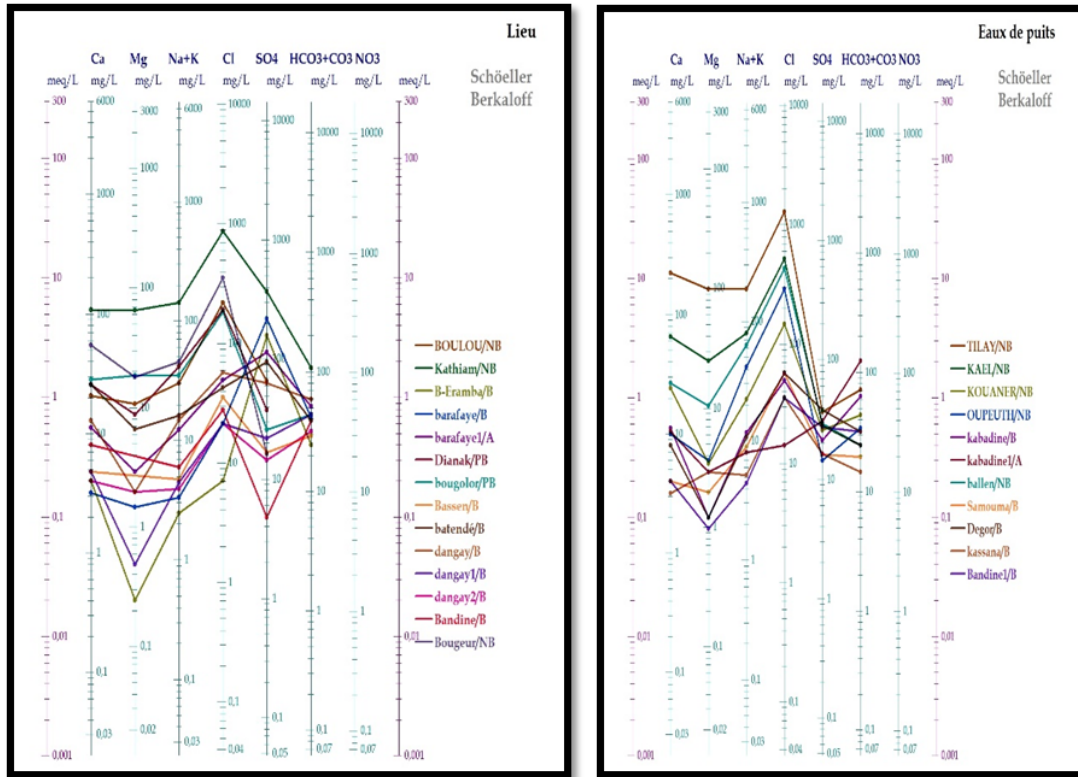


Figure 23: projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des résultats des analyses des eaux de Puits de Diégoune

➤ **Faciès chloruré sulfaté calcique et magnésien**

Les eaux du faciès chloruré sulfaté calcique et magnésien sont moyennement concentrées. La conductivité électrique est toujours supérieure à 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à l'exception de deux sites, où elle est de l'ordre de 82 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à la retenue de et 950 $\mu\text{s}/\text{cm}$ au niveau de la retenue de. L'anion le plus dominant est le chlorure oscillant entre 7,09 mg/l au niveau de Bouniay-Eramba et 1293,9 mg/l au quartier de Tilay (un puits abandonné non utilisé). Les eaux présentent aussi des teneurs relativement élevées en sulfate (SO_4^{--}).

Le faciès chloruré sulfaté calcique et magnésien est un faciès moyennement évolué.

Ce faciès est le plus dominant dans la zone d'étude où il représente 92 %, il est localisé presque dans toutes les quartiers de la commune.

➤ **Le faciès chloruré sodique et potassique ou sulfaté sodique**

Le faciès chloruré sodique et sulfato-potassique est moins dominant dans la commune, il présente un pourcentage de 8% des eaux de puits analysées. Ce faciès est localisé dans les deux quartiers de Kagnobon Ballen et Oupeuth très proche du marigot de Baïla. Ce sont des puits non buvables. C'est le faciès le plus évolué et dont les eaux sont les plus concentrées dans la zone d'étude.

Ce faciès est caractérisé par une dominance des cations de sodium, du potassium et l'anion chlore. Ces eaux présentent un enrichissement en sodium avec un maximum de 38,51mg/l dans le quartier de Ballen, d'un minimum de 25,06mg/l dans le quartier de Oupeuth. Pour l'ion chlorure, on note un maximum de l'ordre de 432,49 mg/l au niveau du puits de Ballen, un minimum de 290,69 mg/l dans le quartier de Oupeuth.

➤ **Faciès bicarbonaté calcique et magnésien**

Le faciès bicarbonaté calcique et magnésien représente 4%, il est le moins évolué. Cet échantillon d'eau (kabadine 1) est le plus dilué, il a une conductivité électrique inférieure à 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Ce faciès présente des teneurs relativement faibles, le calcium et les bicarbonates sont respectivement le cation et l'anion les plus dominants, ces eaux présentent un appauvrissement relatif en sodium (10,42 mg/l pour l'échantillon analysé).

Chapitre IX : Qualités des eaux de Diégoune

Les exigences relatives à la qualité sont différentes d'une utilisation à l'autre. Dans ce travail, seule la qualité d'eau destinée à la consommation humaine et aux activités agricoles est soulevée. Dans cette optique, nous allons profiter des données analytiques disponibles pour évaluer la qualité des eaux destinées à la consommation humaine et aux activités agricoles.

En effet, la quasi-totalité des eaux mobilisables dans la commune sont utilisées pour ces deux activités.

I. Qualité des eaux destinées à la consommation humaine

La qualité d'une eau est définie par des paramètres physiques, chimiques et biologiques, mais également par son usage. Pour l'eau de boisson, le Sénégal fait référence aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Ces recommandations sont utilisées dans le souci constant de protection de la santé publique. Dans ce travail, seule la potabilité du point de vue chimique a été prise comme critère de potabilité tout en se référant aux normes de l'OMS.

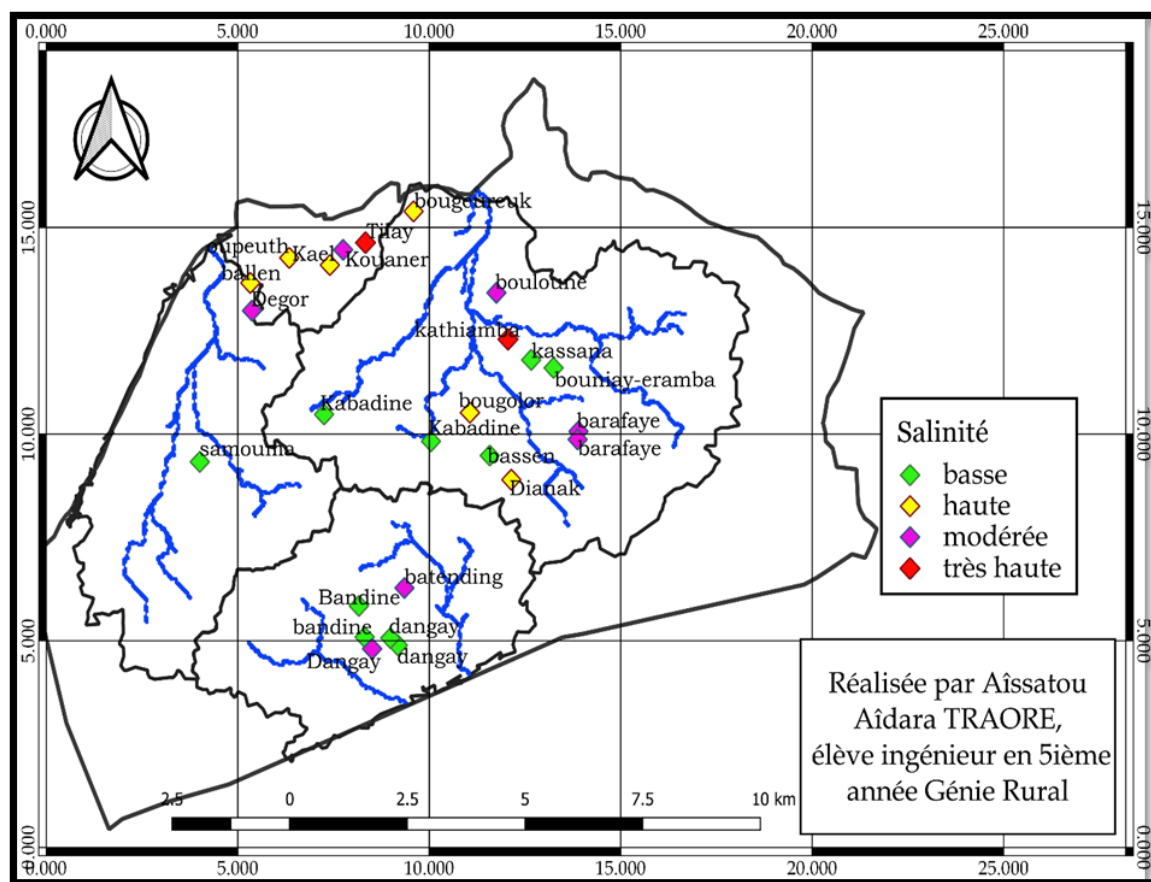
Le tableau 8 résume les résultats de la potabilité des eaux de puits de la commune de Diégoune.

Tableau 8 : Norme de potabilité de l'eau de point de vue chimique

| | valeur maximale recommandée | concentration maximale admissible | concentration minimale requise | Tous les puits répondant aux normes |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---|
| pH | 6,5-8,5 | 9,2 | 6 | Tous les puits à l'exception de ceux de Bouloune, Dianak, Bougeureuk, Samouma |
| CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$) | 1300 | 2700 | 110 | Tous les puits sauf Kathiamba, Tilay, Kael, Ballen |
| calcium (mg/l) | 100 | | | Tous les puits sauf Kathiamba et Tilay |
| magnésium (mg/l) | 100 | | | tous les puits |
| sulfate (mg/l) | 200 | | | Tous les puits sauf Kathiamba et Barafaye |
| chlorure (mg/l) | 300 | 750 | | Tous les puits sauf Kathiamba, Tilay, Kael et Ballen |

| | | | |
|------------|--|-----|--|
| fer (mg/l) | | 0,3 | |
|------------|--|-----|--|

Généralement les puits localisés près du marigot ne répondent pas aux normes de potabilité du point de vue conductivité, des ions de chlorure, de sulfates et de calcium. Et ceci concerne exclusivement les villages de Kagnobon et Diégoune. Toutes les eaux de puits du village de Djimande répondent aux normes de potabilité. Et ceci sera confirmé aussi par la carte de la salinité des eaux de puits présentée ci-dessous.



Carte 15 : Salinité des puits concernés par l'étude

La figure montre que les eaux de puits du village de Djimande analysées sont de salinité basse à l'exception de deux puits qui ont des salinités modérées.

Les eaux de puits du village de Kagnobon situé en amont de la digue traditionnelle de Bouloune présentent des salinités haute à très haute sauf deux (quartiers Dégor et kouaner) qui présentent une salinité modérée.

Pour les puits du village de Diégoune étudiés, les eaux de salinité basse et modérée dominant mais néanmoins on retrouve quelques eaux de puits de salinité haute et très hautes. Les eaux de salinité haute voir très haute sont des puits généralement non profond et non loin du marigot.

Sur les trois villages de la commune de Diégoune seul le village de Djimande ne présente pas des problèmes de salinité des eaux de puits. Les deux autres villages (Diégoune et kagnobon) sont confrontés à des problèmes de salinité des puits dans les quartiers les plus proches du marigot qui fait que le plus souvent ces puits abandonnés ou utilisés souvent pour des tâches ménagères. Ce problème est plus récurrent dans les endroits où les digues présentes sont en mauvais état. Ceci peut être expliqué par la présence du marigot en cette zone. Les retenues des digues en mauvais état, colonisée par les eaux du marigot, en rechargeant la nappe, participe à sa salinisation.

II. Qualité des eaux destinées aux activités agricoles

La commune de Diégoune caractérisé par un climat semi-aride, où la salinisation et l'alcalinisation des eaux sont les principaux risques qui peuvent encourir les eaux destinées aux activités agricoles. Dans le but d'évaluer ces deux risques, les résultats des analyses physicochimiques ont été projetées sur le diagramme Riversids (U.S salinity Laboratory staff, 1954 *In* Hem, 1985) et de Wilcox. Sur ces représentations graphiques, le risque de salinité est estimé par la conductivité exprimée en $\mu\text{s}/\text{cm}$. Alors que le risque d'alcalinisation des sols est quantifié par le S.A.R (sodium Adsorption Ratio). Ce coefficient permet d'évaluer le risque d'alcalinisation du sol par les eaux de surface (marigot et retenues), selon le risque croissant d'alcalinisation, les eaux sont classées de S1 à S4.

1. Alcalinité des eaux

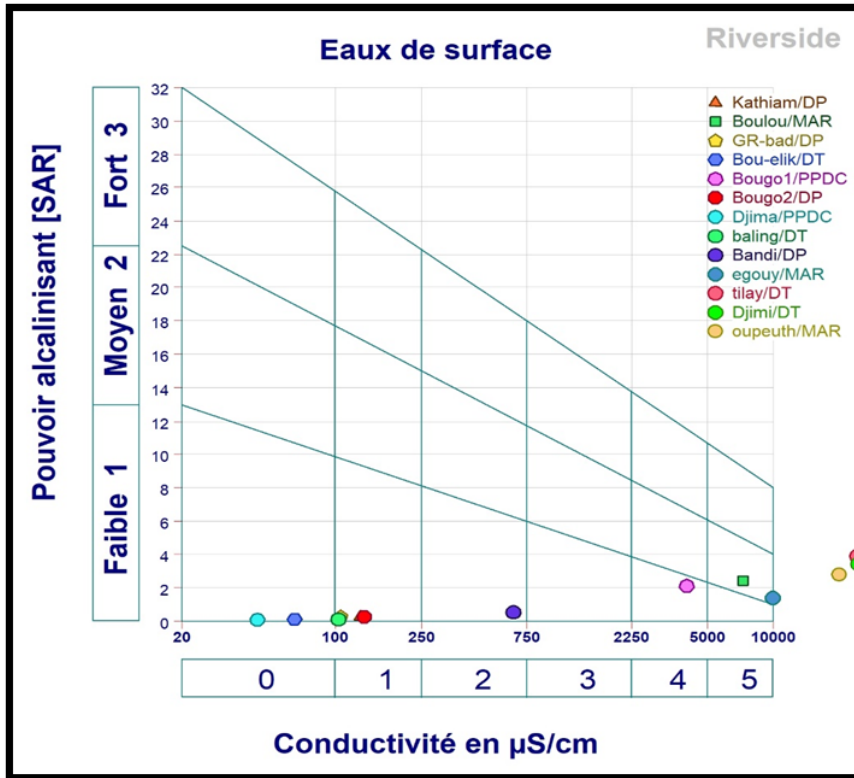
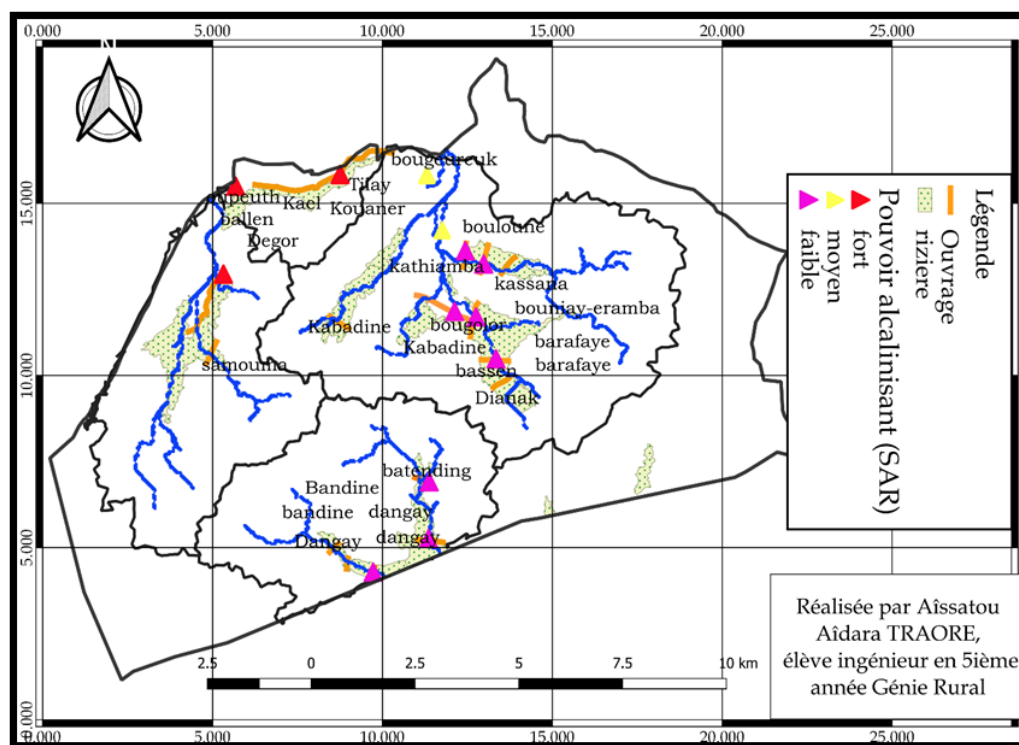


Figure 24 : Présentation de l'aptitude des eaux de surface de DIEGOUNE à l'alimentation des rizières d'après le diagramme de Richard

Ce diagramme a permis de présenter la répartition spatiale de l'alcalinité des eaux de surface de la commune de Diégoune sur une carte.



Carte 16: salinité des eaux de surface

Selon cette carte, la majorité des eaux de surfaces de la commune présentent un faible pouvoir alcalinisant à l'exception des eaux de marigot et les eaux des deux digues traditionnelles (Tilay et Djiminir). Ces deux derniers présentent un risque d'alcalinité très élevés tandis que les eaux de marigot un risque d'alcalinité moyen à très élevé.

De point de vue conductivité, les eaux de surface appartiennent aux classes C0, C1, C2, C4 et C5 caractéristiques des salinités moyennes élevées et très élevées.

Les eaux collectées à partir des marigots et en amont des digues traditionnelles en mauvais état (Oupeuth et Djiminir) et également celle de la digue de Bougolor (PPDC) se trouvent dans la classe C4 et C5. Ces eaux ne conviennent pas à l'irrigation.

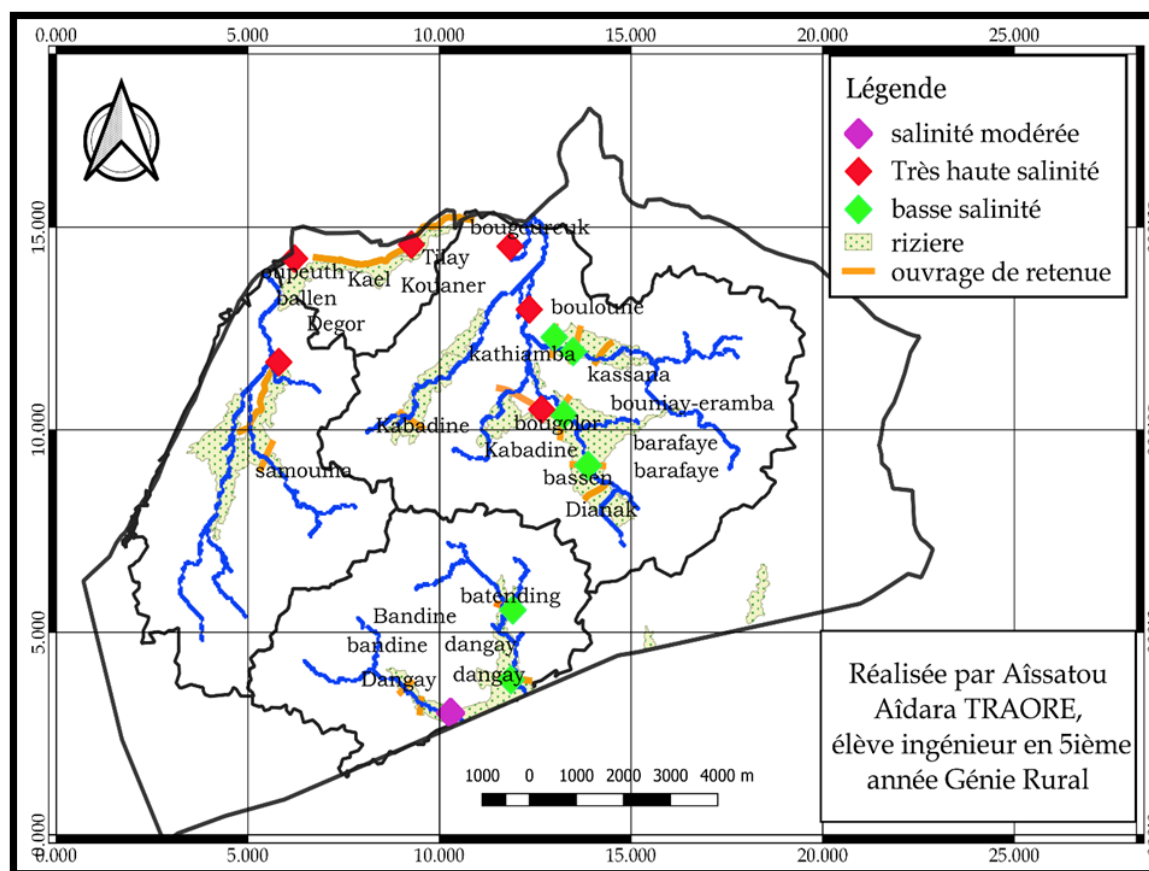
Au niveau des bas-fonds, les terres cultivables de la zone subissent une salinisation (conséquence de l'avancé de la langue salée) et d'autre part à la non performance des digues antisel qui favorise le ruissellement.

Par contre les eaux des digues de Djimande (PPDC), Grand Badiane, Bouniay Elik, Balingor et Bougolor (digue piste) présentent la classe C0 et C1.

Les eaux en amont de la digue-piste de Bandine se trouvent dans la classe C2. Dans ce cas, les eaux peuvent être utilisées pour irriguer des sols avec certaines précautions : le drainage doit être adéquat et les récoltes doivent être tolérantes à la salinité (tableau annexe).

2. Salinité des eaux (classification USDA)

La salinité d'une eau se détermine à partir de sa conductivité électrique. Selon la classification proposée par les United States Département of Agriculture (USDA), les eaux analysées dans le cas de notre étude ont soit une salinité basse ou soit une salinité très haute.



Carte 17: Salinité des eaux de surface concernées par l'étude

Cette carte fait ressortir que les eaux de surface du bassin de Diégoune présentent deux types de salinité : une salinité soit basse soit une salinité très haute. Seules les eaux de retenues des ouvrages en bon état présentent des salinités basses. Par contre les ouvrages en mauvais états ont dans leur retenu des eaux de salinité proche à celle du marigot qui est de très haute salinité (Tilay et Djiminir).

3. Aptitude des eaux aux activités agricoles

En ce qui concerne les données des eaux de surface traitées dans le cadre de cette étude, on a effectué le traitement pour 13 points répartis sur l'ensemble de la zone d'étude.

Les résultats obtenus en termes de qualité sont résumés dans ce diagramme de Wilcox qui se présente comme suit :

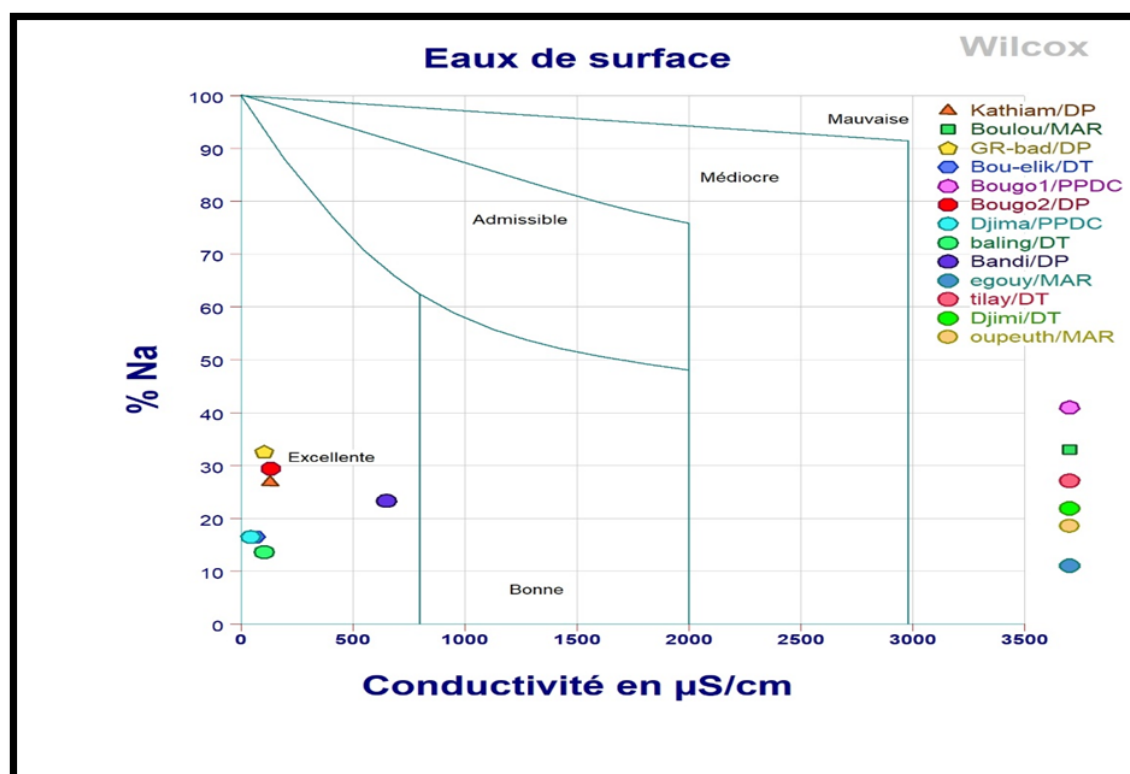
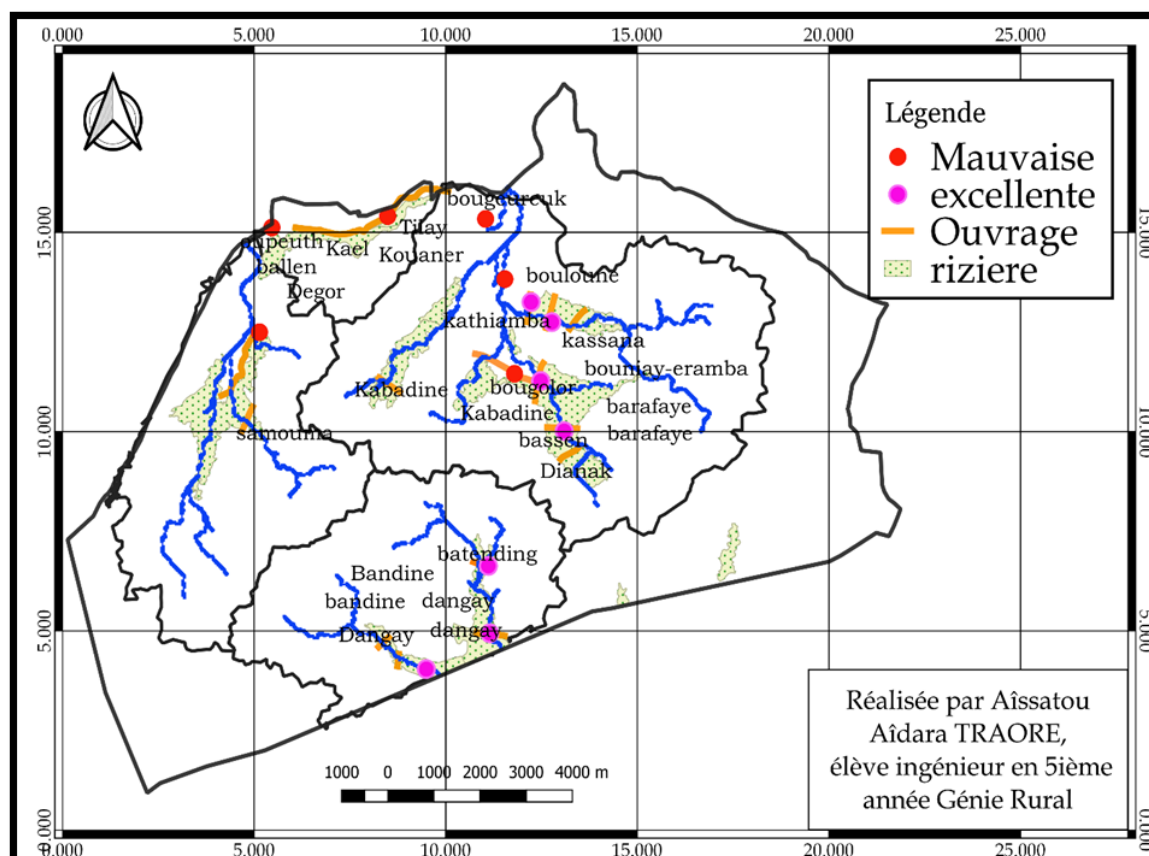


Figure 25 : projection des résultats d'analyse d'eau de surface sur le diagramme de WILCOX

D'après la figure 46,15% des eaux de surface analysées sont excellentes pour l'irrigation et 53,85% ont une qualité médiocre.

Ainsi ces résultats sont présentés sur la carte suivante :



Carte 18 : Aptitude des eaux de surface à l'irrigation

Les bas-fonds rizicoles dont les eaux de retenus sont de qualité mauvaise à campagne hivernale unique sont en proie à une grave contamination de sel (voir cartes 14, 15 et 16). En effet, une fois l'hivernage passé les terres agricoles perdent leur humidité dont elles disposaient et connaissent une acidification due à l'aridité de la saison sèche. Par suite, cette acidification favorise l'absorption des ions par les cultures à la reprise de la campagne hivernale suivante (KEITA, 2015). Du coup, les rendements connaissent une forte baisse et dans de nombreux cas la production du riz tombe tout simplement à zéro au niveau de ces bas-fonds.

Cependant, il existe une solution adéquate pour remédier à ce phénomène récurrent d'acidification de ces terres. En effet, pour la réduction de l'acidification des terres en saison sèche; il est ainsi question du maintien permanent des terres agricoles dans des conditions humides (dans leurs conditions de capacité au champ). De ce fait, nous proposons de réhabiliter les ouvrages hydro-agricoles en place et qui sont

en mauvais états (digues traditionnelle) sur ces bas-fonds rizicoles. Ceci permettra d'avoir une lame d'eau de qualité en permanence pour maintenir le sol dans des conditions humides le plus de temps possible dans l'année.

De plus, la future cuvette va non seulement assouvir les besoins en eau des rizières mais aussi contribuer à la recharge de la nappe phréatique.

Conclusion Générale

Cette étude qui rentre dans le cadre de renforcer la dimension spatiale du PDC de Diégoune, permet de visualiser la situation actuelle des eaux de surfaces et des eaux de puits de la commune de Diégoune, de point de vue hydro-chimique et qualité. Mais également l'évolution des apports en eau dans le temps des sous bassins qui abritent les ouvrages du PPDC.

L'approche hydro-chimique montre l'existence de trois faciès importants : Faciès bicarbonaté calcique et magnésien, Faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien, et le faciès chloruré sodique et sulfato-sodique, ces faciès évoluent en allant de l'amont (faciès bicarbonate calcique et magnésien) vers l'aval (chloruré sodique et sulfato-potassique).

L'approche de la qualité chimique des eaux de la commune montre que les eaux de quelques puits présentent une réponse acceptable par rapport aux normes de potabilité de l'OMS et que les eaux de surfaces présentent soit une qualité excellente ou soit une qualité médiocre.

Quant aux remplissages des deux retenues de digues réalisées par le PPDC, on a noté que les apports en eau du bassin diminuer avec le temps mais cette diminution du volume n'enlève en rien du remplissage à plein (100%) de la retenue de Bougolor et de Djimande abritant les ouvrages du PPDC.

Les connaissances acquises sur la commune montrent que ce dernier présente une potentialité très importante pour l'amélioration de l'alimentation en eau potable des puits et l'alimentation en eau des rizières. De même la contamination des ressources en eau douce à l'échelle de la commune nécessite la réhabilitation des ouvrages en mauvais état (digue anti-sel) qui ont la capacité de bloquer la progression des eaux salées en saison sèche et par conséquent stopper la dégradation du milieu en amont en protégeant notamment les rizières afin d'assurer un développement durable.

Reference bibliographique

- MALOU R. - 1992 - *Etude des aquifères superficiels en Basse Casamance: Un modèle de bilan hydrique*. Thèse de 3ème cycle. Dépar Géol., fac. Sci. UCAD.
- PROPAIX ARDZ - septembre 2014 - *Etudes techniques, économiques d'aménagement d'ouvrages anti-sel dans la Communauté rurale de Diégoune, région de Ziguinchor*.
- JAOUEN M. - juillet 2012 - *Les SIG dans l'aménagement du territoire*. Paris.
- RODIER J. et al. - 2015 - *l'Analyse de l'Eau*. 9e édition. DUNOD.
- SAOS J.L, THIEBAUX J.P. - 1991 - *EVOLUTION DE LA SALINITE EN BASSE CASAMANCE : exemple du marigot de BAILA*. Orstom/Dakar.
- OLIVRY J.C., DACOSTA H. - Juin 1984 - *Le Marigot De Baila (Basse Casamance) : Bilan Des Apports Hydriques Et Evolution De La Salinité (Résultats Des Campagnes 1980-1981, 1981-1982, 1982-1983)*.*
- PPDC - 2018 - *PLAN DE DEVELOPPEMENT COMMUNAL (PDC)*
- PEPAM - JUILLET 2010 - *Plan local d'hydraulique et d'assainissement (PLHA)*. Communauté rurale de Diégoune.
- Stancioff A., Staljanssens M. - 1984 - *Cartographie Et Télédétection Des Ressources De La République Du Sénégal : Etude De La Géologie, De L'hydrologie, Des Sols, De La Végétation Et Des Potentiels D'utilisation Des Sols*.
- WADE M., DUC T.M., DACOSTA H. - 2005 - *Les ressources en eau*. ISRA, ITA, CIRAD. Mamadou Talla Diagne. *SIG. Concepts fondamentaux et applications à la gestion des sols*. Notes de cours Fertilisation des Agroecosystèmes (SLS-64885). Module 4. Système d'information géographique. FSSA. U. Laval
- Direction des Aménagements et des infrastructures hydro-agricoles - SEPTEMBRE 1986 - *ETUDE PEDOLOGIQUE SUR LA VALLEE DE BIGNONA EN CASAMANCE*.
- JOB J.O., COCHONNEAU G., CHEVALIER Nathalie.,- Octobre 1987 - *CALCUL DES ACTIVITES DES IONS: ESTIMATION DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE DES SOLUTIONS PAR LA METHODE DES POLYNOHES ET CELLE DES ACTIVITES*.

Liste des annexes

| | |
|---|-----|
| Annexe 1 : calcul des apports hydriques dans le bassin de Bougolor | 95 |
| Annexe 2 : calcul des apports dans le bassin de Djimande..... | 95 |
| Annexe 3 : Ajustement statistique des pluies annuelles de la station de Tendouck... | 96 |
| Annexe 4 : résultat d'ajustement statistique des pluies journalières de la station de tendouck..... | 97 |
| Annexe 5 : Données de l'ANACIM | 98 |
| Annexe 6 : tableau des élévations en fonction des surfaces..... | 99 |
| Annexe 7 : Résultat d'analyse des eaux de surface | 101 |
| Annexe 8 : résultat des analyses de laboratoire des eaux de puits..... | 103 |

| année | pluie (mm) | Pluie annuelle ² (mm) | Tmoy annuel ° | L ² | Déficit d'écoulement selon Turc (mm) | Apports annuels dans le BV en m3 | Niveau de remplissage de la retenue | cote (m) | Hauteur d'eau (m) |
|-------|------------|----------------------------------|---------------|----------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------|-------------------|
| 2015 | 1480,2 | 2190992 | 29 | 4714023 | 1267 | 1 132 295 | 664,53 % | 11 | 1,3 |
| 2016 | 1283,8 | 1648142 | 30 | 5731266 | 1178 | 561 670 | 329,64 % | | |
| 2017 | 1018,2 | 1036731 | 29 | 4796359 | 964 | 289 141 | 169,69 % | | |
| 2018 | 1015,3 | 1030834 | 29 | 5022157 | 966 | 263 225 | 154,48 % | | |

Annexe 1 : calcul des apports hydriques dans le bassin de Bougolor

| année | pluie (mm) | Pluie annuelle ² (mm) | Tmoy annuel ° | L ² | Déficit d'écoulement selon Turc (mm) | Apports annuels dans le BV en m3 | Niveau de remplissage de la retenue | cote (m) | Hauteur d'eau (m) |
|-------|------------|----------------------------------|---------------|----------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------|-------------------|
| 2017 | 1018,2 | 1036731,2 | 28,6 | 2190,1 | 4796359,2 | 963,8 | 458309,4 | 5,75 | 1,1 |
| 2018 | 1015,3 | 1030834,1 | 29,0 | 2241,0 | 5022157,3 | 965,7 | 417230,8 | | |

Annexe 2 : calcul des apports dans le bassin de Djimande

Annexe 3 : Ajustement statistique des pluies annuelles de la station de Tendouck

Résultats de l'ajustement

Normale (Maximum de vraisemblance)

Nombre d'observation : 29

Paramètres

mu 1191.806897

sigma 217.928637

Quantiles

q = F(X) : probabilité au non-dépassement

T = 1/(1-q)

| T | Q | XT | écart-type | Intervalle de confiance (95%) | |
|---------|--------|--------|------------|-------------------------------|--------|
| 10000.0 | 0.9999 | 2002.3 | 115.62 | 1775.6 | 2229.0 |
| 2000.0 | 0.9995 | 1909.0 | 104.03 | 1705.0 | 2112.9 |
| 1000.0 | 0.9990 | 1865.3 | 98.682 | 1671.9 | 2058.8 |
| 200.0 | 0.9950 | 1753.2 | 85.243 | 1586.1 | 1920.4 |
| 100.0 | 0.9900 | 1698.9 | 78.925 | 1544.2 | 1853.6 |
| 50.0 | 0.9800 | 1639.5 | 72.224 | 1497.9 | 1781.1 |
| 20.0 | 0.9500 | 1550.3 | 62.715 | 1427.4 | 1673.3 |
| 10.0 | 0.9000 | 1471.1 | 55.054 | 1363.2 | 1579.1 |
| 5.0 | 0.8000 | 1375.2 | 47.309 | 1282.4 | 1467.9 |
| 3.0 | 0.6667 | 1285.6 | 42.364 | 1202.5 | 1368.6 |
| 2.0 | 0.5000 | 1191.8 | 40.468 | 1112.5 | 1271.1 |
| 1.4286 | 0.3000 | 1077.6 | 43.250 | 992.83 | 1162.4 |
| 1.2500 | 0.2000 | 1008.4 | 47.309 | 915.68 | 1101.2 |
| 1.1111 | 0.1000 | 912.48 | 55.054 | 804.55 | 1020.4 |
| 1.0526 | 0.0500 | 833.27 | 62.715 | 710.32 | 956.22 |
| 1.0204 | 0.0200 | 744.14 | 72.224 | 602.55 | 885.73 |
| 1.0101 | 0.0100 | 684.73 | 78.925 | 530.01 | 839.46 |
| 1.0050 | 0.0050 | 630.37 | 85.243 | 463.26 | 797.48 |
| 1.0010 | 0.0010 | 518.29 | 98.682 | 324.84 | 711.75 |
| 1.0005 | 0.0005 | 474.66 | 104.03 | 270.72 | 678.59 |
| 1.0001 | 0.0001 | 381.30 | 115.62 | 154.64 | 607.97 |

Annexe 4 : résultat d'ajustement statistique des pluies journalières de la station de tendouck

Résultats de l'ajustement

Gumbel (Maximum de vraisemblance)

Nombre d'observation : 29

Paramètres

u 85.363321

alpha 29.187899

Quantiles

q = F(X) : probabilité au non-dépassement

T = 1/(1-q)

| T | Q | XT | Ecart-type | Intervalle de confiance | |
|---------|--------|------|------------|-------------------------|------|
| 10000.0 | 0.9999 | 354 | 42.1 | 272 | 437 |
| 2000.0 | 0.9995 | 307 | 35.1 | 238 | 376 |
| 1000.0 | 0.9990 | 287 | 32.2 | 224 | 350 |
| 200.0 | 0.9950 | 240 | 25.3 | 190 | 290 |
| 100.0 | 0.9900 | 220 | 22.3 | 176 | 263 |
| 50.0 | 0.9800 | 199 | 19.4 | 161 | 237 |
| 20.0 | 0.9500 | 172 | 15.6 | 142 | 203 |
| 10.0 | 0.9000 | 151 | 12.7 | 126 | 176 |
| 5.0 | 0.8000 | 129 | 9.83 | 110 | 148 |
| 3.0 | 0.6667 | 112 | 7.80 | 96.4 | 127 |
| 2.0 | 0.5000 | 96.1 | 6.33 | 83.6 | 108 |
| 1.4286 | 0.3000 | 79.9 | 5.49 | 69.2 | 90.7 |
| 1.2500 | 0.2000 | 71.5 | 5.43 | 60.8 | 82.1 |
| 1.1111 | 0.1000 | 61.0 | 5.76 | 49.7 | 72.3 |
| 1.0526 | 0.0500 | 53.3 | 6.23 | 41.1 | 65.6 |
| 1.0204 | 0.0200 | 45.5 | 6.88 | 32.1 | 59.0 |
| 1.0101 | 0.0100 | 40.8 | 7.34 | 26.4 | 55.2 |
| 1.0050 | 0.0050 | 36.7 | 7.76 | 21.5 | 51.9 |
| 1.0010 | 0.0010 | 29.0 | 8.63 | 12.0 | 45.9 |
| 1.0005 | 0.0005 | 26.2 | 8.95 | 8.61 | 43.7 |
| 1.0001 | 0.0001 | 20.6 | 9.63 | 1.67 | 39.4 |

Annexe 5 : Données de l'ANACIM

| Années | pluie annuelle | Température °C |
|--------|----------------|----------------|
| 1990 | 1065,9 | 28 |
| 1991 | 1000,3 | 27 |
| 1992 | 862,7 | 27 |
| 1993 | 1140,1 | 27 |
| 1994 | 1438,2 | 27 |
| 1995 | 1119,6 | 28 |
| 1996 | 924,4 | 28 |
| 1997 | 1281,5 | 28 |
| 1998 | 1079 | 29 |
| 1999 | 1364,4 | 28 |
| 2000 | 1231,1 | 27 |
| 2001 | 1368,6 | 28 |
| 2002 | 779,4 | 28 |
| 2003 | 1212,4 | 28 |
| 2004 | 1060,9 | 28 |
| 2005 | 1531,4 | 29 |
| 2006 | 1063,4 | 28 |
| 2007 | 1027 | 29 |
| 2008 | 1467,1 | 28 |
| 2009 | 1073,5 | 28 |
| 2010 | 1427,7 | 29 |
| 2011 | 952,7 | 28 |
| 2012 | 1610,6 | 28 |
| 2013 | 1233,9 | 28 |
| 2014 | 1449,1 | 28 |
| 2015 | 1480,2 | 28 |
| 2016 | 1283,8 | 30 |
| 2017 | 1018,2 | 29 |
| 2018 | 1015,3 | 29 |

Annexe 6 : tableau des élévations en fonction des surfaces

| Surface cumulée(%) | élévation (m) | valeur en % | surface (km2) | surface cumulée (km2) |
|--------------------|---------------|-------------|---------------|-----------------------|
| 0,001 | -7 | 0,001 | 0,001 | 0,00 |
| 0,003 | -6 | 0,002 | 0,003 | 0,00 |
| 0,006 | -5 | 0,004 | 0,004 | 0,01 |
| 0,014 | -4 | 0,010 | 0,012 | 0,02 |
| 0,025 | -3 | 0,015 | 0,018 | 0,03 |
| 0,054 | -2 | 0,039 | 0,047 | 0,07 |
| 0,138 | -1 | 0,099 | 0,118 | 0,17 |
| 0,382 | 0 | 0,283 | 0,339 | 0,46 |
| 1,032 | 1 | 0,749 | 0,899 | 1,24 |
| 2,394 | 2 | 1,645 | 1,974 | 2,87 |
| 4,621 | 3 | 2,976 | 3,571 | 5,55 |
| 6,974 | 4 | 3,998 | 4,798 | 8,37 |
| 8,888 | 5 | 4,890 | 5,868 | 10,67 |
| 10,367 | 6 | 5,478 | 6,573 | 12,44 |
| 11,710 | 7 | 6,232 | 7,478 | 14,05 |
| 13,006 | 8 | 6,774 | 8,128 | 15,61 |
| 14,345 | 9 | 7,571 | 9,085 | 17,21 |
| 15,794 | 10 | 8,224 | 9,868 | 18,95 |
| 17,413 | 11 | 9,190 | 11,028 | 20,90 |
| 19,175 | 12 | 9,985 | 11,982 | 23,01 |
| 21,231 | 13 | 11,246 | 13,495 | 25,48 |
| 23,574 | 14 | 12,328 | 14,794 | 28,29 |
| 26,153 | 15 | 13,825 | 16,590 | 31,38 |
| 29,039 | 16 | 15,214 | 18,257 | 34,85 |
| 32,159 | 17 | 16,946 | 20,335 | 38,59 |
| 35,645 | 18 | 18,699 | 22,439 | 42,77 |
| 39,380 | 19 | 20,680 | 24,817 | 47,26 |
| 43,360 | 20 | 22,679 | 27,215 | 52,03 |
| 47,667 | 21 | 24,988 | 29,985 | 57,20 |
| 52,719 | 22 | 27,731 | 33,277 | 63,26 |
| 58,497 | 23 | 30,766 | 36,919 | 70,20 |
| 64,531 | 24 | 33,765 | 40,518 | 77,44 |

| | | | | |
|--------|----|--------|--------|--------|
| 70,680 | 25 | 36,915 | 44,298 | 84,82 |
| 76,794 | 26 | 39,879 | 47,854 | 92,15 |
| 82,360 | 27 | 42,481 | 50,978 | 98,83 |
| 87,435 | 28 | 44,954 | 53,944 | 104,92 |
| 91,687 | 29 | 46,733 | 56,080 | 110,02 |
| 94,887 | 30 | 48,154 | 57,785 | 113,86 |
| 96,818 | 31 | 48,664 | 58,397 | 116,18 |
| 97,951 | 32 | 49,287 | 59,144 | 117,54 |
| 98,628 | 33 | 49,341 | 59,209 | 118,35 |
| 99,028 | 34 | 49,687 | 59,624 | 118,83 |
| 99,332 | 35 | 49,645 | 59,574 | 119,20 |
| 99,600 | 36 | 49,954 | 59,945 | 119,52 |
| 99,803 | 37 | 49,849 | 59,819 | 119,76 |
| 99,913 | 38 | 50,064 | 60,077 | 119,90 |
| 99,970 | 39 | 49,906 | 59,888 | 119,96 |
| 99,988 | 40 | 50,081 | 60,097 | 119,99 |
| 99,998 | 41 | 49,916 | 59,900 | 120,00 |

| Nom de l'échantillon | Conductivité à 25°C | pH | TAC | Ca ²⁺ | Fe ³⁺ soluble | K ⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ |
|----------------------|---------------------|------|-----|------------------|--------------------------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| unité | µS/cm | | °f | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| Kathiam/DP | 129,8 | 5,23 | 0,5 | 5,61 | 0,80 | 2,07 | 2,92 | 3,16 | 106,35 | 215,43 | 24,4 |
| Boulou/MAR | 7260 | 6,76 | 2,5 | 404,81 | 0,80 | 124,32 | 38,90 | 192,03 | 17689,55 | 2616,86 | 122 |
| GR-bad/DP | 106 | 4,65 | 1,1 | 5,61 | 1,38 | 1,69 | 0,49 | 2,57 | 70,90 | 141,78 | 53,68 |

Annexe 7 : Résultat d'analyse des eaux de surface

Cartographie des ressources en eau : disponibilité et qualité chimique des eaux de la commune de Diégoune

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|------|------|------------|-------|--------|-------------|--------|----------|---------|--------|
| Bou-elik/DT | 64,9 | 6,22 | 1,35 | 5,61 | 5,30 | 1,02 | 2,43 | 1,56 | 1,06 | 209,34 | 65,88 |
| Bougo1/PPDC | 3990 | 3,63 | 0 | 40,88 | 0,92 | 67,63 | 84,60 | 104,25 | 5565,65 | 499,07 | 0 |
| Bougo2/DP | 135,9 | 5,98 | 0,5 | 4,81 | 2,54 | 2,17 | 2,92 | 3,31 | 141,80 | 252,13 | 24,4 |
| Djima/PPDC | 43,9 | 6,15 | 1 | 4,81 | 0,41 | 0,69 | 0,97 | 1,05 | 35,45 | 213,29 | 48,8 |
| baling/DT | 103,7 | 6,01 | 0,85 | 12,83 | 1,40 | 1,65 | 3,89 | 2,51 | 17,73 | 299,85 | 41,48 |
| Bandi/DP | 649 | 3,15 | 0 | 57,72 | 0,99 | 10,66 | 4,38 | 16,34 | 177,25 | 391,27 | 0 |
| egouy/MAR | 9910 | 6,31 | 2,6 | 432,8 6 | 0,70 | 170,61 | 1303, 02 | 263,80 | 18434,00 | 2593,35 | 126,88 |
| tilay/DT | 24000 | 3,9 | 0 | 468,9 4 | 18,79 | 419,52 | 991,8 5 | 650,57 | 17902,25 | 1327,45 | 0 |
| Djimi/DT | 24300 | 6,12 | 2,45 | 456,9 1 | 1,43 | 424,86 | 1434, 29 | 658,87 | 20241,95 | 2862,02 | 119,56 |
| oupeuth/MAR | 19990 | 6,34 | 1,95 | 468,9 4 | 0,68 | 348,33 | 1448, 88 | 539,84 | 20631,90 | 2348,55 | 95,16 |

Annexe 8 : résultat des analyses de laboratoire des eaux de puits

| Nom de l'échantillon | Conductivité à 25°C | pH | TA | TAC | Ca ²⁺ | Fe ³⁺ soluble | K ⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ |
|----------------------|---------------------|------|----|------|------------------|--------------------------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| unité | µS/cm | | °f | °f | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| BOULOU/NB | 718 | 4,04 | 0 | 0 | 20,84 | 3,44 | 11,82 | 10,70 | 18,11 | 219,79 | 66,16 | 0 |
| Kathiam/NB | 3330 | 6,46 | 0 | 2,2 | 109,02 | 0,41 | 56,27 | 65,15 | 86,68 | 872,07 | 367,74 | 107,36 |
| B-Eramba/B | 61,7 | 6,64 | 0 | 0,5 | 4,01 | 0,44 | 0,97 | 0,24 | 1,48 | 7,09 | 157,91 | 24,4 |
| barafaye/B | 84,2 | 4,39 | 0 | 0,85 | 3,21 | 0,44 | 1,34 | 1,46 | 2,03 | 21,27 | 219,38 | 41,48 |
| barafaye1/A | 299 | 5,84 | 0 | 1,05 | 11,22 | 0,27 | 4,85 | 2,92 | 7,41 | 49,63 | 114,13 | 51,24 |
| Dianak/PB | 990 | 4,15 | 0 | 0 | 25,65 | 0,29 | 16,38 | 8,75 | 25,14 | 191,43 | 37,85 | 0 |
| bougolor/PB | 831 | 5,51 | 0 | 0,9 | 28,06 | 0,92 | 13,71 | 18,48 | 21,02 | 184,34 | 25,76 | 43,92 |
| Bassen/B | 118,5 | 5,59 | 0 | 0,6 | 4,81 | 0,31 | 1,89 | 0,00 | 2,88 | 35,45 | 16,54 | 29,28 |
| batendé/B | 395 | 5,14 | 0 | 0,8 | 25,65 | 0,70 | 6,43 | 6,56 | 9,84 | 42,54 | 95,12 | 39,04 |
| dangay/B | 364 | 6,01 | 0 | 1,2 | 12,83 | 1,28 | 5,92 | 1,94 | 9,05 | 56,72 | 63,20 | 58,56 |
| dangay1/B | 112,2 | 6,15 | 0 | 0,9 | 4,81 | 0,56 | 1,79 | 0,49 | 2,72 | 21,27 | 21,81 | 43,92 |
| dangay2/B | 97,5 | 5,75 | 0 | 0,65 | 4,01 | 0,44 | 1,55 | 1,94 | 2,36 | 21,27 | 14,32 | 31,72 |
| Bandine/B | 149,6 | 5,97 | 0 | 0,8 | 8,02 | 0,44 | 2,40 | 0,00 | 3,65 | 27,65 | 4,77 | 39,04 |
| Bougeur/NB | 1074 | 3,76 | 0 | 0 | 54,51 | 0,63 | 17,80 | 17,99 | 27,32 | 354,50 | 16,05 | 0 |
| TILAY/NB | 4330 | 5,9 | 0 | 1,45 | 221,24 | 0,63 | 73,49 | 99,18 | 113,32 | 1293,93 | 36,70 | 70,76 |
| KOUANER/NB | 541 | 6,28 | 0 | 0,9 | 24,05 | 1,21 | 8,86 | 3,40 | 13,57 | 148,89 | 25,67 | 43,92 |
| KAEL/NB | 1889 | 5,18 | 0 | 0,5 | 64,93 | 0,92 | 31,61 | 24,80 | 48,60 | 524,66 | 28,14 | 24,4 |
| OUPEUTH/NB | 987 | 5,32 | 0 | 0,7 | 10,02 | 0,80 | 16,33 | 3,65 | 25,06 | 290,69 | 14,24 | 34,16 |
| kabadine1/A | 197 | 6,63 | 0 | 2,55 | 10,42 | 1,02 | 3,17 | 2,92 | 4,84 | 14,18 | 30,78 | 124,44 |
| kabadine/B | 288 | 6,28 | 0 | 1,3 | 11,22 | 0,85 | 4,67 | 1,22 | 7,13 | 49,63 | 21,39 | 63,44 |
| ballen/NB | 1504 | 4,98 | 0 | 0,5 | 26,45 | 0,68 | 25,07 | 10,45 | 38,52 | 432,49 | 29,29 | 24,4 |
| Degor/B | 266 | 5,62 | 0 | 0,65 | 8,02 | 0,99 | 4,30 | 1,22 | 6,57 | 56,72 | 38,02 | 31,72 |
| Samouma/B | 219 | 4,52 | 0 | 0,4 | 4,01 | 0,31 | 3,53 | 1,94 | 5,39 | 56,72 | 16,13 | 19,52 |
| kassana/B | 129,4 | 5,14 | 0 | 0,3 | 3,21 | 0,68 | 2,07 | 2,92 | 3,15 | 35,45 | 16,46 | 14,64 |
| Bandine1/B | 110,3 | 6,66 | 0 | 0,65 | 4,01 | 0,99 | 1,76 | 0,97 | 2,68 | 35,45 | 27,24 | 31,72 |

