

# UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES

DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE

MASTER : ESPACES, SOCIETES ET DEVELOPPEMENT

SPECIALITE : ENVIRONNEMENT ET DEVELOPPEMENT

MEMOIRE DE MASTER

THEME :

**Dynamique et gestion des ressources en eau dans le bassin du  
fleuve Casamance en amont de Kolda**

**Présenté et soutenu par :**

Fatou NDIAYE

**Sous la direction de :**

Pr Cheikh FAYE

Nom et Prénom (s)	Grade	Qualité	Établissement
Ibrahima MBAYE	Maître de conférences	Président de Jury	UASZ
Cheikh FAYE	Maître de conférences	Directeur de mémoire	UASZ
Aïdara C.A. Lamine FALL	Maître-assistant	Examineur	UASZ
Cheikh T. WADE	Assistant	Examineur	UASZ

Année universitaire : 2020/2021

## **DEDICACE**

Je dédie ce travail :

A mes parents pour leurs amours et leurs compréhensions sans condition et sans limite mais surtout pour leurs conseils et soutiens dans tout ce que nous entreprenons.

*Maman c'est grâce à toi que ce mémoire est aujourd'hui soutenu, je me rappelle encore de tes incessants appels depuis mon lieu de service m'obligeant à finaliser ce travail.*

*Merci de n'avoir pas céder quand je me victimisais en te disant que l'enseignement est difficile et le temps me manque pour terminer à temps.*

*Sur ce, ce présent travail t'est exclusivement dédié Man car si j'ai enchainé des nuits blanches compte tenu de mon emploi du temps serré, c'est juste pour que tu sois contente.*

A Fatou Kiné Darry, qui a toujours cru en moi.

A mon parrain, mes frères et sœurs et à toute la famille pour leurs amours et leurs soutiens.

## **REMERCIEMENTS**

Au terme de la rédaction de ce mémoire, c'est un devoir pour moi d'exprimer en quelques lignes ma reconnaissance envers ceux qui ont de près ou de loin contribué à l'élaboration de ce travail. Qu'ils trouvent ici mes vifs respects et ma profonde gratitude.

Je remercie tout d'abord Allah le tout puissant de m'avoir donné la force et la capacité de réaliser ce travail.

J'exprime ma profonde gratitude à l'endroit mon directeur de mémoire Pr Cheikh FAYE qui a bien voulu accepter d'encadrer ce travail. Sa très grande disponibilité, son soutien constant, ses critiques fort constructives et ses conseils avisés furent très précieux pour moi tout au long de ce travail de recherche. Encore une fois, merci pour votre patience.

Mes remerciements s'adressent aussi à tous les enseignants du département de géographie de l'UASZ pour la qualité de la formation acquise depuis nos premiers pas à l'université Assane Seck et qui ont fait de nous ce que nous sommes devenus.

Je remercie Dr René Diouf mon directeur de mémoire à la FASTEUF grâce à vous, je suis devenue une personne responsable, engagée à servir notre pays dignement et avec amour.

J'adresse mes remerciements aussi aux doctorants qui m'ont aidé tout au long de ce travail.

Je dis un grand merci aussi à mes camarades de promotion. Le chemin a été long mais nous l'avons parcouru main dans la main de la Licence 1 en Master 2 dignement et avec honneur.

Toute ma reconnaissance et ma gratitude vont à l'endroit de tous ce qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail et que malheureusement nous ne pouvons citer les noms.

## **SIGLES ET ABREVIATIONS**

**ANAT** : Agence National de l'Aménagement du Territoire

**ANIDA** : Agence Nationale pour l'Insertion et le Développement Agricole

**ANSD** : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

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

**ASC** : Association Sportive et culturelle

**BV** : Bassin Versant

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

**FODDE** : Forum pour un Développement Durable Endogène

**GIEC** : Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

**ONG** : Organisation Non Gouvernementale

**ORSTOM** : Office de Recherche Scientifique et technologique d'Outre-Mer

**PADAER** : Programme d'Appui au Développement Agricole et à l'Entreprenariat Rural

**PADERCA** : Projet d'Appui au Développement Rural en Casamance

**PAPIL**/ Projet d'Appui à la Petite Irrigation Locale

**PAPSEN** : Programme d'Appui au Programme National d'Investissement de l'Agriculture du Sénégal

**P2RS** : Programme multinational de Renforcement de la Résilience à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle au Sénégal au Sahel

**SODAGRI** : Société de Développement Agricole et Industriel du Sénégal

**UASZ** : Université Assane Seck de Ziguinchor

**UCAD** : Université Cheikh Anta Diop de Dakar

## **RESUME**

Avoir de l'eau disponible toute l'année dans le cours du fleuve est quasi impossible dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda. En effet, le cours perd son potentiel hydrique quelques mois après la saison des pluies, moment où les événements extrêmes tels que l'étiage et le tarissement s'installent dans notre bassin. Sur ce, l'intérêt d'étudier un tel phénomène se pose et s'impose. Ce qui justifie notre choix porté sur cette étude. Ainsi, afin d'aboutir à des résultats probants et crédibles une démarche composée de trois rubriques a été adoptée. Une première a consisté à faire une recherche documentaire suivie d'une collecte de données et enfin la dernière est le traitement et l'exploitation de ces dites données. Cette méthodologie nous a permis d'obtenir des résultats satisfaisants. D'abord, elle nous renseigne sur l'existence d'une variabilité des ressources en eau dans notre zone d'étude, son origine (certes variabilité pluviométrique, fréquence et intensité des sécheresses mais aussi insalubrité causée par les hommes et les activités socio-économiques de ces derniers...), leurs impacts environnementaux et socio-économiques et pour finir elle nous a permis de découvrir les stratégies d'adaptation dans lesquelles la population trouve refuge. Grâce à ce canevas nous avons aussi recueilli quelques solutions proposées de la part de la population de notre zone d'étude. Il serait important de préciser à cet égard que les stratégies utilisées par la population sont plus ou moins satisfaisantes et que la solution idéale qui est le dragage prôné d'ailleurs par tous, coûte excessivement chère d'où la nécessité de bénéficier de l'appui de l'Etat.

**Mots clés :** Bassin versant, Casamance, Dynamique, Ressources en eau, Changement climatique

## **ABSTRACT**

Having water available all year round in the course of the river is almost impossible in the Casamance river basin upstream of Kolda. Indeed, the course loses its water potential a few months after the rainy season, when extreme events such as low water and drying up settle in our basin. On this, the interest of studying such a phenomenon arises and imposes itself. This justifies our choice of this study. Thus, in order to achieve convincing and credible results, an approach composed of three sections has been adopted. The first consists in carrying out documentary research, the second in data collection and the last in the processing and exploitation of these said data. This methodology allowed us to obtain satisfactory results. First,

it informs us about the existence of variability in water resources in our study area, its origin (certainly rainfall variability, frequency and intensity of droughts, but also insalubrity caused by men and socio-economic activities). of the latter...), their environmental and socio-economic impacts and finally it allowed us to discover the adaptation strategies in which the population finds refuge. Thanks to this framework, we also collected some solutions proposed by the population of our study area. It would be important to specify in this respect that the strategies used by the population are more or less satisfactory and that the ideal solution, which is the dredging advocated by all, is excessively expensive, hence the need to benefit from the support of State.

**Keywords:** Watershed, Casamance, Dynamics, Water resources, Climate change

<b>SOMMAIRE</b>	
<b>DEDICACE.....</b>	<b>i</b>
<b>REMERCIEMENTS.....</b>	<b>ii</b>
<b>SIGLES ET ABREVIATIONS .....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>vi</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>PREMIERE PARTIE .....</b>	<b>16</b>
<b>PRESENTATION DU BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA ET ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUE DES POPULATIONS.....</b>	<b>16</b>
CHAPITRE I. CADRE PHYSIQUE DU BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA	17
CHAPITRE II. CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DU BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA	30
CHAITRE III. CADRE HUMAIN DE LA ZONE D’ETUDE	39
<b>DEUXIEME PARTIE.....</b>	<b>51</b>
<b>FACTEURS DE LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA.....</b>	<b>51</b>
CHAPITRE I : FACTEURS ANTHROPIQUES ET NATURELS DE LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA.	52
CHAPITRE II : FACTEURS NATURELS DE LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DU FLEUVE EN AMONT DE KOLDA	60
<b>TROISIEME PARTIE.....</b>	<b>62</b>
<b>LES MODALITES DE L’ECOULEMENT DANS LE BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA.....</b>	<b>62</b>
CHAPITRE I : ETUDE DES VARIABILITES PLUVIOMETRIQUES	63
CHAPITRE II : LE REGIME MOYEN DE LA CASAMANCE ET SA VARIABILITE	74
CHAPITRE III : L’ANALYSE DE L’ECOULEMENT EXTREME DANS LE BASSIN	87
<b>QUATRIEME PARTIE.....</b>	<b>94</b>

<b>IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIO-ECONOMIQUES DE LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA.....</b>	<b>94</b>
CHAPITRE I : IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIO-ECONOMIQUES DE LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA	95
CHAPITRE II : STRATEGIES PAYSANNE FACE À LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DE LA CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA	109
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>115</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>117</b>
<b>WEBOGRAPHIE : .....</b>	<b>124</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>I</b>
<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>IX</b>

## INTRODUCTION GENERALE

La péjoration climatique qui prévaut depuis le début des années 70 dans les pays du Sahel se caractérise par l'absence, la rareté et la variabilité de la pluviométrie combinée à une élévation des températures maximales comme minimales. Ces modifications des paramètres climatiques ont des incidences directes sur le régime hydrologique des pays concernés. Lesdits cours d'eaux ouest-africains souffrent de disponibilité en eau voire de « stress hydrique » eu égard à leur potentiel en baisse.

Rappelons qu'une telle diminution a globalement entraîné l'amenuisement des ressources en eau, la modification des écosystèmes naturels ainsi que des systèmes socio-économiques (G. Liéno, 2007). Ces affirmations de Liéno sont perceptibles aux seins des bassins du Sénégal qui ont tous connu des modifications dans leur fonctionnement.

Dans le bassin du fleuve Casamance par exemple on assiste à des changements de certains régimes hydrologiques, à la perte de certaines espèces ainsi qu'à la perturbation de certains écosystèmes.

Dans la partie supérieure du fleuve Casamance en l'occurrence le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda, qui est d'ailleurs notre zone d'étude, on constate que l'environnement biophysique<sup>1</sup> est devenu vulnérable compte tenu de sa forte dépendance vis-à-vis des conditions climatiques, à l'image des précipitations (unique source d'alimentation) qui ont connu une diminution sensible depuis la fin des années 1960 mais aussi à l'élévation des températures privant ainsi au fleuve d'abondants ruissellements sur son cours supérieur.

Cette situation qui justifie l'installation périodique du tarissement dans le cours du fleuve en amont de Kolda a aussi des impacts sur le bien-être et les activités socio-économiques de la population riveraine.

Toutefois ce problème va bien au-delà des causes naturelles. Il est bien plus pointu que ça car il interpelle plus la population. L'action anthropique est considérée par plus de la moitié des personnes interrogées comme la cause principale de la diminution du Volume d'eau du fleuve.

L'insalubrité, l'ensablement et certaines activités socio-économiques telles que l'agriculture et l'élevage ont joué un grand rôle dans la dynamique des ressources en eau dans notre bassin.

## **I. PROBLEME**

Ce travail de recherche s'articule autour de quatre principales questions, nous poussant à formuler ses interrogations suivantes : Comment se caractérise cette dynamique des ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda ? Quels sont les facteurs explicatifs de la dynamique des ressources en eau dans cette partie du bassin ? Ce changement a-t-il des impacts négatifs sur l'environnement et les activités socio-économiques ? Quels sont les stratégies d'adaptations qui s'articulent autour de la question de la dynamique des ressources en eau du bassin Casamançais en amont de Kolda ?

### **I.1. CONTEXTE**

Les pays des régions ouest africaines sont victimes depuis plus de 30 ans d'une sécheresse qui a provoqué de nombreuses perturbations à l'instar de la réduction et l'irrégularité de la pluie et ses corollaires comme la réduction des volumes de lame d'eau écoulée au niveau des bassins. En effet, certains scientifiques soutiennent la thèse selon laquelle la variation de la pluviométrie au Sahel est une manifestation de l'interaction océan - atmosphère- terre de la large échelle. D'après ces derniers, il existe de fortes corrélations entre la température de surface de l'Atlantique tropical et la pluviométrie au Sahel. A cet effet, lorsque l'eau de surface de l'Atlantique équatorial est plus chaude, les précipitations au Sahel sont déficitaires.

En fait, le Sénégal faisant partie du Sahel a subi le même phénomène climatique sur l'ensemble de son territoire national combiné à la dynamique temporelle de la température moyenne maximale dans les dernières 40 années présentant toujours la même augmentation constante sur tout le pays avec une différence enregistrée entre la période 1971-2000 et 1981-2010 d'environ 0.5° C et de 1° C avec la période 2008-2012 (Papsen, 2015).

En Casamance par exemple, cette situation s'est manifestée par l'invasion des eaux marines dans presque tout le réseau hydrographique, la baisse généralisée du niveau des nappes, la salinisation et l'acidification des vasières occupées par la mangrove qui a disparu sur de grandes étendues, l'abandon de nombreuses rizières, aussi bien salées que douces. A cela s'ajoute la diminution des activités, liées à l'exploitation de la mangrove comme l'ostréiculture, la chasse, la pêche, la collecte de bois et celles liées à la production halieutique. Il s'en est suivi un important exode rural (Grépin et al, 1990).

En outre, les principales conséquences de cette sécheresse actuelle sur le régime saisonnier de la Casamance sont la réduction de la période des hautes-eaux et l'apparition d'un écoulement intermittent. Ce fait est même visible à Kolda, du fait de l'épuisement des nappes dont la réalimentation n'est plus assurée convenablement par les précipitations (Dacosta, 1989).

Dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda nous assistons à une forte variabilité de la pluviométrie et une forte évaporation impactant sur la disponibilité en eau du bassin. De plus, nous avons enregistré dans les dernières décennies dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda, une augmentation des températures avec une période chaude qui s'est installée réellement depuis 1995 et qui s'est poursuivi jusqu'en 2016 à la station de Kolda. De 1960 à 2016, à la station de Kolda, la température moyenne a fortement augmenté de  $0,68^{\circ}\text{C}/\text{an}$ , la température maximale de  $0,62^{\circ}\text{C}/\text{an}$  et la température minimale de  $0,56^{\circ}\text{C}/\text{an}$ . Cette hausse des températures s'accompagne d'une hausse de l'évaporation qui implique donc des besoins en eau plus importants. Parallèlement, les apports pluviométriques dans le bassin ont chuté, d'où la situation critique du secteur de l'eau dans le bassin (Grépin et al, 1990).

C'est en ce sens que la sécheresse persistante qui sévit depuis 1968 dans les pays du Sahel a eu pour conséquence, outre le déficit hydro pluviométrique et ses répercussions sur l'agriculture et l'économie, la prise de conscience de la nécessité de maîtriser et de gérer au mieux les ressources en eau existantes (Dacosta, 1989). C'est ce qui justifie les nombreux travaux réalisés en ce sens, surtout avec les nombreuses conférences et sommets qui se sont tenus (comme celui de Rio par exemple) pour parler de l'avenir de notre planète car les changements climatiques sont devenus une préoccupation pour les scientifiques du monde en particuliers et pour l'humanité en général.

Dans le cadre de notre étude, nous essayerons dans un premier temps d'indiquer les différents facteurs de la dynamique des ressources en eau dans le bassin fleuve Casamance, ensuite de caractériser la dynamique sur différentes échelles et enfin de montrer les impacts environnementaux et socio-économique que ce fait pourrait engendrer.

## **I.2. JUSTIFICATION**

La longueur et l'irrégularité furent les principaux qualificatifs de la sécheresse des années 70 du Sahel. Le déficit pluviométrique amorcé dans les années 70 dans cette région semi-aride, comparé aux hivernages pluvieux de la période 1950-1960, a atteint un taux de déficit de plus de 50% par endroit. A cet effet, l'impact de cette dite sécheresse s'est ressenti sur l'ensemble du cycle de l'eau, entraînant de graves conséquences pour les activités socio-économiques, le couvert végétal, la sécurité alimentaire, les ressources hydriques et fauniques entre autres. Comme présenté ci-dessus, les hostilités climatiques, impactent sur la lame d'eau écoulée des cours d'eau ouest africains, du coup nous observons des tarissements plus rapides et des étiages dramatiques, entraînant une forte réduction de la disponibilité en eau (Faye, 2018). Par ailleurs, la pluie étant le principal variable d'entrée des cours d'eau en région tropicale, il en résulte que

leur concentration pendant la saison des pluies, allant de Juin à Octobre, entraîne celle de l'écoulement et l'apparition d'une période de hautes eaux et une autre de basses eaux. Mais la variation de la répartition des précipitations mensuelles d'une année à l'autre induit celle des débits moyens mensuels qui sont la résultante des variations des débits journaliers (Dacosta, 1989). Ce fait est aussi une actualité dans le bassin du fleuve Casamance, car la réduction des précipitations impacte sur la dynamique des ressources en eau. Dans ce sens, ce déficit des quantités de précipitations et la réduction de la durée qui peut être assimilé à la sécheresse climatique qui affecte les hauts bassins se répercute aussi sur l'écoulement. De plus, « *Pour la période récente, les éléments climatiques qui exercent une ponction (températures, évaporation, insolation) connaissent un regain d'importance parallèlement à la baisse de la pluviométrie. Cette situation synonyme d'une tendance à un changement climatique nous autorise à parler de sécheresse dans les hauts bassins.* » (Orstom, 1997). Toujours dans cette même perspective, nous avons entre autres facteurs favorisant la dynamique des ressources en eau en amont de Kolda, l'élévation de la température qui occasionne le phénomène de l'évaporation et de l'évapotranspiration par les plantes. Toutefois nos enquêtes de terrain nous donnent d'autres informations à ne pas négliger. En réalité, la dynamique des ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda a des causes belles et bien anthropiques : l'insalubrité, la sédimentation et par conséquent l'ensablement (pendant le ruissellement l'eau draine toutes les saletés jetées par les hommes dans le lit du fleuve). Voilà pourquoi l'étude de ce sujet, s'avère pertinent dans la mesure où dans notre travail, nous essayerons de caractériser les problèmes relatifs à la question des ressources en eau, d'étudier la disponibilité en eau du bassin à travers des paramètres climatiques tels que la pluie et la température, et des paramètres hydrologiques comme les débits, de voir les stratégies adoptées par la population du bassin en amont de Kolda mieux de proposer des solutions pour un fleuve réhabilité et un écoulement pérenne.

Le but principal de ce mémoire est d'essayer d'appréhender l'impact des fluctuations climatiques (déficit pluviométrique et augmentation des températures) sur la dynamique des ressources en eau du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda d'une part et d'autres part de voir la part que les actions anthropiques ont sur l'état actuel du fleuve en amont de Kolda, afin de mieux cerner leurs incidences sur la disponibilité en eau du bassin à cet endroit.

Notre choix a été porté sur le tronçon qui se trouve à la partie amont de Kolda car non seulement, la station de Kolda contrôle l'ensemble du bassin versant de la partie amont du fleuve, partie amont très peu influencée par la remontée marine qui se limite à Diana Malari. Le relief

relativement plat de la région de Kolda justifiant l'écoulement lent des crues pendant la saison pluvieuse, qui favorise la remontée de l'eau marine de l'embouchure à Diana Malari.

Voici, quelques éléments qui justifient notre choix portant sur le tronçon du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda.

### **I.3. OBJECTIF GENERAL**

Comprendre les facteurs explicatifs de la dynamique des ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda et ses impacts environnementaux et socio-économiques

#### **➤ Objectifs spécifiques**

1. Indiquer les différents déterminants de la dynamique des ressources en eau dans le bassin fleuve Casamance
2. Donner les Caractéristiques de la dynamique des ressources en eau du bassin du fleuve Casamance sur différentes échelles
3. Montrer les impacts environnementaux et socio-économiques de la dynamique des ressources en eau du bassin de la Casamance
4. Dégager les Stratégies d'adaptation des populations face à la dynamique des ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance.

### **I.4. HYPOTHESES GENERALE**

Le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda a connu une forte variabilité climatique et une réduction de la disponibilité de la ressource eau.

#### **➤ Hypothèses spécifiques**

1. Les facteurs climatiques et anthropiques sont les principaux déterminants de la dynamique en eau dans le bassin du fleuve Casamance.
2. Le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda est caractérisé par une forte variabilité spatio- temporelle des ressources en eau
3. La baisse des disponibilités en eau du bassin du fleuve Casamance a un impact négatif sur l'écosystème et constitue un obstacle au développement de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche.
4. Les stratégies d'adaptation des populations pour faire face à la baisse de la disponibilité en eau sont souvent inefficaces.

## I.5. ANALYSE CONCEPTUELLE

Dans l'optique de véhiculer notre message de façon claire et précise à travers ce sujet de mémoire, un certain nombre de préliminaires s'avèrent incontournables pour la compréhension et l'appropriation du document final par tout un chacun. Sur ce, on ne peut pas se passer de faire en amont un travail d'analyse conceptuel des termes comme changement climatique, sécheresse, dynamique, ressource en eau et bassin versant.

- Changement climatique (CC) :

Selon Faye et Sané (2015), l'augmentation des températures de l'ordre de 0,6°, l'irrégularité pluviométrique et la fréquence des catastrophes naturelles sont les principales manifestations du CC. D'après ces auteurs, ce phénomène serait susceptible de favoriser les extrêmes climatiques à l'image des inondations et des sécheresses pouvant ainsi rendre les bassins fluviaux de l'Afrique de l'ouest vulnérables et la gestion de leurs ressources en eau pourrait faire l'objet d'énormes défis.

Selon le GIEC, le changement climatique peut se traduire non seulement par une élévation, à l'échelle mondiale et sur plusieurs années, de la température moyenne des océans et de l'atmosphère mais aussi, par une irrégularité de la pluviométrie en termes de quantité et de durée, ainsi que la récurrence des phénomènes de catastrophes naturelles.

En résumé, le CC traduit une fluctuation des paramètres météorologiques aggravée par les actions anthropiques qui se manifeste par une forte variabilité pluviométrique, une élévation des températures, propice à l'avènement des extrêmes climatiques et favorable à la multiplication des catastrophes naturelles.

En fait, ce CC a créé des mutations sur tout le bassin de la Casamance affectant ainsi, sa disponibilité en eau, entraînant des variations de son volume. Ce fait est surtout visible dans la partie du bassin qui nous concerne, c'est-à-dire en amont de Kolda.

- Sécheresse :

La sécheresse revêt un caractère multiforme (Faye, 2018). Elle est d'emblée un phénomène météorologique avant d'être hydrologique et agricole, compte tenu de son origine, car elle est étroitement liée à la pluviométrie. Ainsi, on parle de sécheresse lorsque cette dernière est en manque ou est mal répartie, voire absente. Elle est enfin naturelle dans la mesure où elle pose de nombreux problèmes à travers le monde qui exige des ponctions énormes sur les ressources naturelles et particulièrement sur les ressources en eau.

Ainsi, partant de la définition de Faye (2018), nous pouvons dire que la sécheresse est une variabilité pluviométrique qui se traduit par son déficit, son irrégularité voire son absence et qui impacte sur les activités socio-économiques des populations.

Dans notre sujet, nous l'avons jugé comme étant un mot clé car, elle impacte directement sur les ressources en eau du bassin en amont de Kolda et par conséquent, a des répercussions négatives sur les activités socio-économiques de la population du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda.

- Dynamique :

Le terme dynamique en géographie désigne avant tout un changement, une évolution, mieux, une mutation. Toutefois, la dynamique peut être une évolution soit régressive, soit progressive (déclin, déshérence, déprise).

Par ailleurs, dans (Dynamique — Géoconfluences), la dynamique des territoires tient compte des déplacements des populations et de leurs activités, des aménagements et des capacités de maîtrise des territoires étudiés. (Dynamique — Géoconfluences).

En définitive, nous pouvons dire que la dynamique est une évolution progressive ou régressive induite par des facteurs de mutations, de changements. Dans notre sujet, les facteurs peuvent être assimilés à la sécheresse et l'augmentation des températures entraînant ainsi une évolution (dynamique) des ressources en eau dans notre zone d'étude.

- Ressource en eau :

L'ensemble des eaux disponibles destinées à répondre à la demande des populations d'une contrée donnée et dans un temps bien déterminé est regroupé sous le vocable de ressources **en eau** selon le dictionnaire **aquaportail**

D'après le dictionnaire environnement et développement durable, la ressource est assimilable à la quantité d'eau utilisable susceptible d'assurer la satisfaction des besoins des populations.

Sur ce, nous pouvons dire que les ressources en eau sont l'ensemble des eaux qu'elles soient superficielles ou souterraines capables de faire l'objet d'une valorisation (exploitation) en fonction des différents besoins des populations d'un milieu donné à un temps défini.

Rapporter à notre thématique, ce concept renvoie à la quantité d'eau disponible dans le bassin permettant ainsi à la population de notre zone d'étude de satisfaire ses besoins.

- Bassin versant :

« Un bassin versant est un territoire drainé par un seul système de drainage naturel, c'est-à-dire que ses eaux atteignent la mer à travers une seule rivière, ou déversent ses eaux dans un seul lac endoréique. Un bassin versant est délimité par la ligne des sommets, également appelée *bassin versant*. » (Dictionnaire **environnement et développement durable**).

En guise de résumé, nous pouvons considérer comme bassin versant tous territoires où les eaux s'écoulent et rejoignent un exutoire commun.

La partie du bassin versant qui nous concerne dans notre travail se situe en amont de Kolda car la source est non loin de ce tronçon et dans cette partie l'influence marine y est absente. Donc dans cette zone l'eau du bassin du fleuve est douce.

## **I.6. ETAT DE L'ART**

Le contexte actuel du changement climatique et ses conséquences sur les régimes des cours d'eau ainsi que la disponibilité en eau dans les bassins versants du monde justifient les nombreuses publications qui sont faites à l'endroit de cette problématique. En effet, la modification de certaines paramètres climatiques à l'instar de la pluie (car étant la seule variable d'entrée en région tropicale) et la température sont susceptibles de porter préjudices aux écoulements des cours d'eau car un déficit pluviométrique et une forte évaporation (accentuant ainsi le phénomène de l'évaporation) pourraient entraîner une diminution et une variabilité de la disponibilité en eau dans les bassins de l'Afrique de l'ouest : c'est le cas du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda. Ainsi, dans cette partie, nous allons essayer de répertorier les ouvrages, articles, thèses, mémoires, projets entre autres qui traitent sur les éléments qui sont relativement proches de notre thématique.

- ❖ Dans l'article intitulé **Le changement climatique dans le bassin versant de la Casamance : évolution et tendances du climat, impacts sur les ressources en eau et stratégies d'adaptation** édité par Faye et Sané en 2018, les auteurs se sont donnés comme objectif de caractériser l'évolution et les tendances du climat en Casamance sur la base d'une analyse de la variabilité spatio-temporelle des paramètres climatiques à l'image de la température et la pluviométrie. Ainsi leurs choix concernant ces deux paramètres s'expliquent par le fait que ce sont ces derniers qui sont plus adaptés à mettre en évidence les fluctuations climatiques. Ainsi, l'utilisation de ces deux variables climatiques ont permis de monter l'irrégularité pluviométrique ainsi que la hausse des températures en Casamance.
- ❖ Dacosta en 1989, dans sa thèse qui a pour titre **Précipitations et écoulements sur le bassin de la Casamance**, à dégager, sur la base des données pluviométriques et

hydrologiques disponibles, les caractéristiques essentielles des précipitations et des écoulements sur le bassin de la Casamance, en s'intéressant aux aspects quantitatifs et statistiques des précipitations et des écoulements. Son travail a permis de montrer que les conséquences de la sécheresse actuelle sur le régime saisonnier de la Casamance sont la réduction de la période des hautes-eaux et l'apparition d'un écoulement intermittent, même dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda, du fait de l'épuisement des nappes dont la réalimentation n'est plus assurée convenablement par les précipitations.

- ❖ L'article de **Faye** intitulé **Variabilité climatique et ressources en eau en milieu sud-soudanien : cas du bassin versant de la Casamance en amont de Kolda** montre l'impact de la sécheresse sur les cours d'eau ouest africains en mettant en évidence les profondes modifications avec d'importants déficits d'écoulement, des tarissements plus rapides et des étiages très sévères. Ces modifications ont entraîné une forte diminution des ressources en eau. Cette situation engendre la faiblesse des débits écoulés liés au déficit pluviométrique dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda qui à la longue finirait par rendre insuffisant l'offre en eau par rapport à la demande.
- ❖ **PAPSEN**, ce projet propose une évaluation de l'impact potentiel des changements climatiques sur les écoulements du bassin versant de la Casamance à Kolda. . L'exploitation des résultats des simulations permet de déterminer comment les écoulements du bassin de la Casamance seront affectés par des modifications du climat à moyen terme (horizon 2028, période 2016-2040).
- ❖ Diallo, 2008, dans son mémoire intitulé, **Régimes Crues et Etiages du fleuve Casamance en amont de Kolda** montre que le bassin de la Casamance en amont de Kolda, connaît une alimentation purement pluvieuse en revanche, la sécheresse des années 70 qui se traduit par une forte diminution de la pluviométrie entraîne une interruption de l'écoulement dans ce tronçon.
- ❖ **Diouf** et al ont essayé de faire une brève description du fleuve dans leur article intitulé **Géographie de l'estuaire de la Casamance**, de tracer sa trajectoire, depuis sa source jusqu'à son embouchure, de parler de ses affluents, de sa bathymétrie, de son climat entre autres.
- ❖ Dionne, a fait une étude relativement synoptique sur la Casamance, attesté par son article, **Présentation de la ria Casamance par données historiques et socio-économiques**, où il a d'emblée commencé par définir et décrire une ria étant donné que comme certains auteurs, lui aussi, attribue le nom de Ria au fleuve Casamance. Il a aussi

caractérisé le climat soudano-guinéen qui végète dans la ria Casamance et a parlé aussi de l'agriculture comme la principale activité socio-économique pratiquée par la population qui colonise cette ria. En outre, il a montré la diversité faunistique et floristique de la ria et des nombreuses richesses que possèdent les différents écosystèmes à l'image de la mangrove, des aires marines protégées et des zones humides par exemple.

## **II. METHODOLOGIE**

Incontournable dans tout travail scientifique digne de ce nom, la méthodologie adoptée dans le cadre de notre étude est axée essentiellement autour de trois points qui sont : une partie de recherche documentaire, une autre consacrée aux enquêtes et enfin une troisième destinée au traitement et à l'analyse de nos différents types de données.

### **II.1. Recherche documentaire**

Cette partie s'est faite sur la base d'une étude bibliographique. Elle est la porte d'entrée de notre travail car nous a permis de mieux appréhender notre thématique, de voir « l'héritage » que les différents hydrologues ont légué aux jeunes et futurs chercheurs en matière d'analyse portant sur les ressources en eau à travers leurs disponibilités, leurs variabilités entre autres et de pouvoir continuer dans cette même dynamique soit en mettant à jour leurs productions, soit en commençant là où ils se sont arrêtés pour étudier différents phénomènes.

Sur ce, il a été question de procéder à une consultation des ouvrages, thèses, mémoires, rapports, articles en rapport avec notre thématique. Cette documentation a nécessité la fréquentation de bibliothèques telles que celles de :

- L'université Assane Seck de Ziguinchor
- Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE)
- Bibliothèque de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar
- Département de Géographie de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar

A l'aide de l'internet certains ouvrages disponibles sur les sites de l'IRD, la DGPRE traitant des affaires relatives à l'hydrologie ont été consultés.

Ainsi, l'importance de cette partie réside dans le fait qu'elle nous a donné des éclaircissements sur notre problématique et nous a permis d'éviter de reproduire ce qui a déjà été fait par les autres.

## **II.2. Collectes et traitements des données**

### **II.2.1. Les données d'enquête**

#### **II.2.1.1. L'observation**

Témoin des réponses des enquêtés, cette phase consiste à visualiser le phénomène de la dynamique des ressources en eau dans notre zone d'étude. Cette partie nous a permis de croire que le déficit pluviométrique et l'élévation des températures ne sont pas seulement les causes de cette dynamique mais plutôt les actions anthropiques à travers l'insalubrité, la non gestion du fleuve entre autres.

#### **II.2.1.2. Guide d'entretien**

L'obtention des données qualitatives est rendue possible grâce à notre guide d'entretien conçu et destiné aux personnes ressources à l'image de l'adjoint au Maire (Maire n'étant pas sur place ce jour-là), M. DAFF de la SODAGRI, M. NDIAYE de la PADERCA, Mme Fatou DIOP de l'ONG FODDE, les chefs de quartiers de chacun des 7 quartiers ainsi que les chefs de villages.

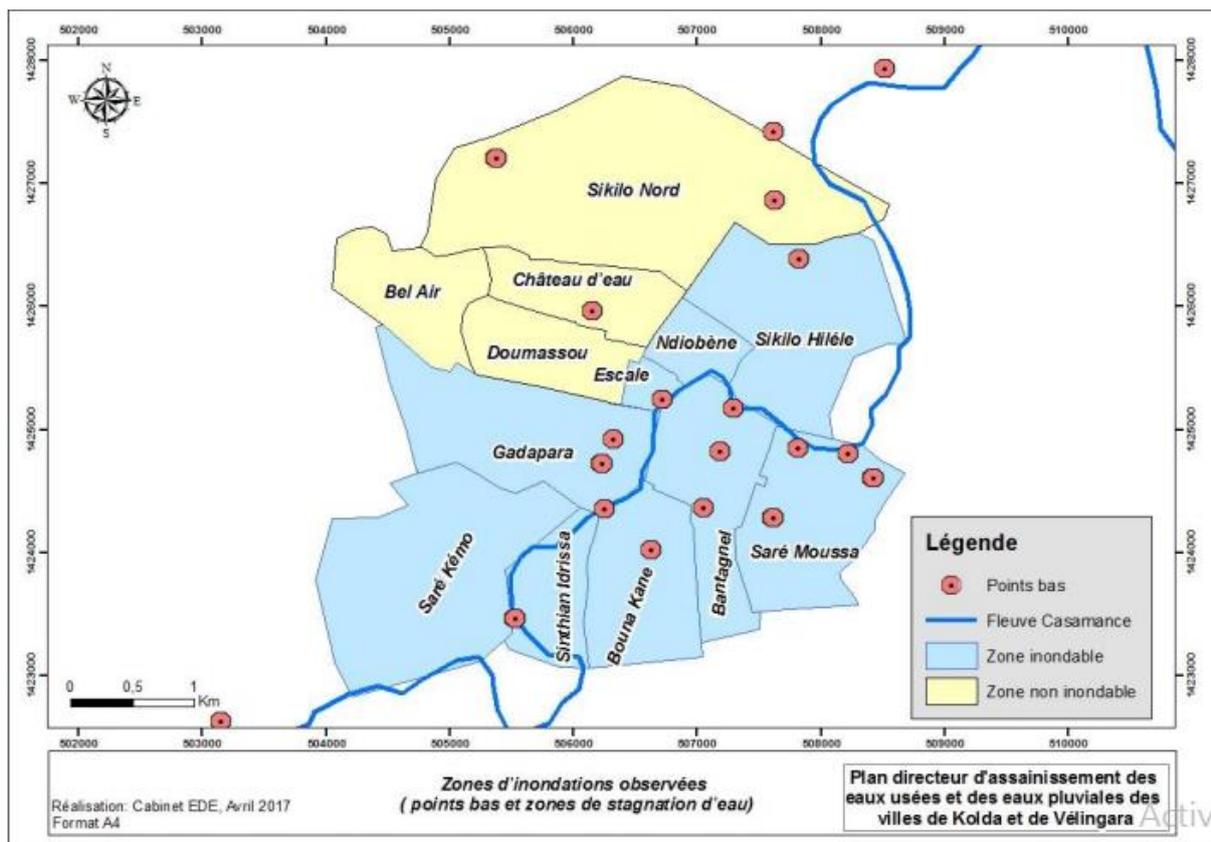
Notre interview avec l'adjoint au Maire Daouda Sidibé a pour objectif de s'enquérir de l'existence ou pas de projets gouvernementaux ou municipaux visant à réhabiliter le fleuve. Quant à l'interview adressé au niveau de la SODAGRI, PADERCA, FODDE était pour voir l'action des ONG par rapport à l'état actuel du fleuve, de voir s'ils interviennent dans l'aide aux agricultures ou non et s'ils proposent des stratégies d'adaptation.

S'agissant des chefs de quartiers et villages, il était question de voir le degré de résilience ou de vulnérabilité de leurs populations face à la dynamique des ressources en eau.

#### **II.2.1.3. L'échantillonnage**

La collecte de données socio-économiques inhérentes à notre zone d'étude ainsi que la perception des populations sur les ressources en eau, leurs variabilités et leurs disponibilités s'est faite grâce à la méthode d'échantillonnage par quotas. Ainsi l'enquête dans les quartiers longeant le fleuve se fera sur les deux 2 rives (gauche et droite) du fleuve cela pour faire un bon maillage de notre terrain d'étude mais également une bonne représentativité.

La carte ci-dessous a pour but de nous aider dans le choix desdits quartiers.



**Carte 1: Quartiers traversés par le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda (Source : Plan d'Investissement Communal de la Commune de Kolda, 2012)**

Ainsi, ce ne sont pas tous les quartiers présentés par la carte qui seront retenus. Seuls les quartiers et sous quartiers présentés dans le tableau ci-dessous seront concernés par cette étude.

**Tableau 1: Quartiers et sous-quartiers traversés par la Casamance à Kolda et retenus pour l'échantillon**

Quartiers	Fonctions	Populations totales	Nombre de ménage	Situation
St idrissa	Sous-quartier	-	-	Rive droite
Bantaguel	Quartier	7102	905	Rive droite
Saré Moussa barrage	Quartier	7246	837	Rive droite
Saré diahé	Sous-quartier	-	-	Rive droite
Hilèle	Sous-quartier	-	-	Rive gauche

Saré kémo	Quartier	4799	616	Rive gauche
Gadapara	Quartier	7318	1000	Rive gauche
<b>Total</b>		26465	3358	

Ainsi pour le choix de la population à interroger, nous jugeons nécessaire de faire une « enquête ménage » suivant un échantillonnage par quota compte tenu de l'inexistence des données des sous-quartiers. Le nombre de ménages total de quatre (4) quartiers est égal à 3358. Sur ce, nous prendrons 30 ménages pour chaque quartier ou sous-quartier.

Pour répartir les 210 ménages à interroger (qui constituent la taille de l'échantillon) en fonction des 4 quartiers et 3 sous-quartiers retenus, un échantillon par quota (**30 ménages par quartier et sous-quartier**) a été choisi. Cette méthode consiste à retrouver dans l'échantillon les mêmes proportions dans chaque quartier selon les caractéristiques choisies pour l'étude dans la population visée pour chacune.

***Tableau 2: Taille de l'échantillon en fonction des quartiers et sous-quartiers retenus***

Quartiers	Fonctions	Nombre de ménage	Nombre de ménages enquêtés	Situation
St idrissa	Sous-quartier	-	30	Rive droite
Bantaguel	Quartier	905	30	Rive droite
Saré Moussa barrage	Quartier	837	30	Rive droite
Saré diahé	Sous-quartier	-	30	Rive droite
Hilèle	Sous-quartier	-	30	Rive gauche
Saré kémo	Quartier	616	30	Rive gauche
Gadapara	Quartier	1000	30	Rive gauche
<b>Total</b>		3358	210	

En somme, cette méthode d'échantillonnage permettra de faire un bon maillage et avoir une bonne représentativité de la localité. En revanche, 20 ménages ont été ajoutés dans cet

échantillon. Ce qui fait qu'on s'est finalement retrouvé avec 230 ménages enquêtés. Ces dits ménages sont situés dans les hameaux tels que Saré Mbemba Touré, Saré Madiou, Saré Mamadou Touré et Bignarabé.

L'enquête de ces ménages situés en milieu rural avec des réalités différentes de celles de la ville ont révélé des résultats identiques concernant les ressources en eau du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda.

### **II.2.2 Les données climatiques**

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

Les données pluviométriques sont celles des stations de Kolda, Dabo, Kounkané et Vélingara, s'étalant sur une période d'observation allant de 1951 à 2016.

La collecte des données des autres paramètres climatiques à l'image de la température, l'humidité relative et l'évapotranspiration, s'est faite strictement à la station de Kolda sur la base d'une série qui s'étend de 1960 à 2016, soit une durée de 56 ans.

Sur ce, nous pouvons noter la pertinence de nos séries de données retenues lors de notre collecte car couvrant non seulement la période avant-sécheresse c'est-à-dire humide, mais aussi la période sèche des années 70 et celle du retour timide et variable de la pluviométrie.

Les logiciels tels qu'Excel et XLSTAT nous ont permis de procéder au traitement de ces données. Ainsi, grâce à ces derniers, les moyennes, les coefficients de variations, les écarts, les fréquences, l'indice de pluviosité ( $I_p$ ) et l'indice standardisé des précipitations ont été calculés selon le paramètre climatique concerné. Certains résultats de ces traitements ont fait l'objet de graphiques et d'autres de tableaux.

### **II.2.3 Les données hydrométriques**

Le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda ne jouit que d'une seule station hydrométrique en l'occurrence la station de Kolda qui est sous la houlette de la DGPRE. Dans cette présente étude, la collecte des données hydrométriques ne concerne que la période 1964-2008 soit une durée de 44 ans. En revanche cette série connaît des lacunes car les mesures de débits de bons nombres d'années ont été absentes voire inconnues.

Comme indiqué précédemment les logiciels Excel et XLSTAT nous ont permis de procéder au traitement de ces dits débits. Sur ce, nous avons calculé les débits moyens mensuels et annuels,

l'hydraulicité, la fréquence des Dmax et des Dmin, les coefficients de variation, les écarts. Ces résultats ont été représentés sous forme de graphiques ou tableaux.

#### **II.2.4. Les données spatiales**

Nos cartes ont été réalisées grâce aux sources comme ANAT, BaseGéo Sénégal, et Google Earth pro (2021). Le site <https://basegeo.sec.gouv.sn/> nous a permis de télécharger notre MNT qui nous a permis de délimiter le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda et de réaliser la carte altimétrique du bassin avec des intervalles d'altitudes à l'aide du logiciel ArcMap 10.3. Les données de l'ANAT ont rendu possible la mise au point de la carte des sols du bassin. Dans le cadre de cette étude, nous avons aussi utilisé Google Earth pour télécharger les images du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda. Le logiciel ArcMap 10.3. nous a permis d'attribuer des coordonnées géographiques à ces images à travers le processus de Géoréférencement dans un même système de projection (UTM, WGS 84, Zone 28 N). Cette étape nous a permis d'arriver à la digitalisation consistant ainsi à créer des couches thématiques sur ArcMap 10.3.

## **PREMIERE PARTIE**

### **PRESENTATION DU BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA ET ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUE DES POPULATIONS**

Cette première partie a le mérite de nous servir de porte d'entrée dans le cadre de cette étude. Elle est composée de deux chapitres. Le chapitre premier, porte sur la description de la zone d'étude en l'occurrence le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda et en chapitre deux, nous avons débattu sur les questions inhérentes aux aspects humains, à l'image de la composition de la population, et de ses activités socio-économiques.

## **CHAPITRE I. CADRE PHYSIQUE DU BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA**

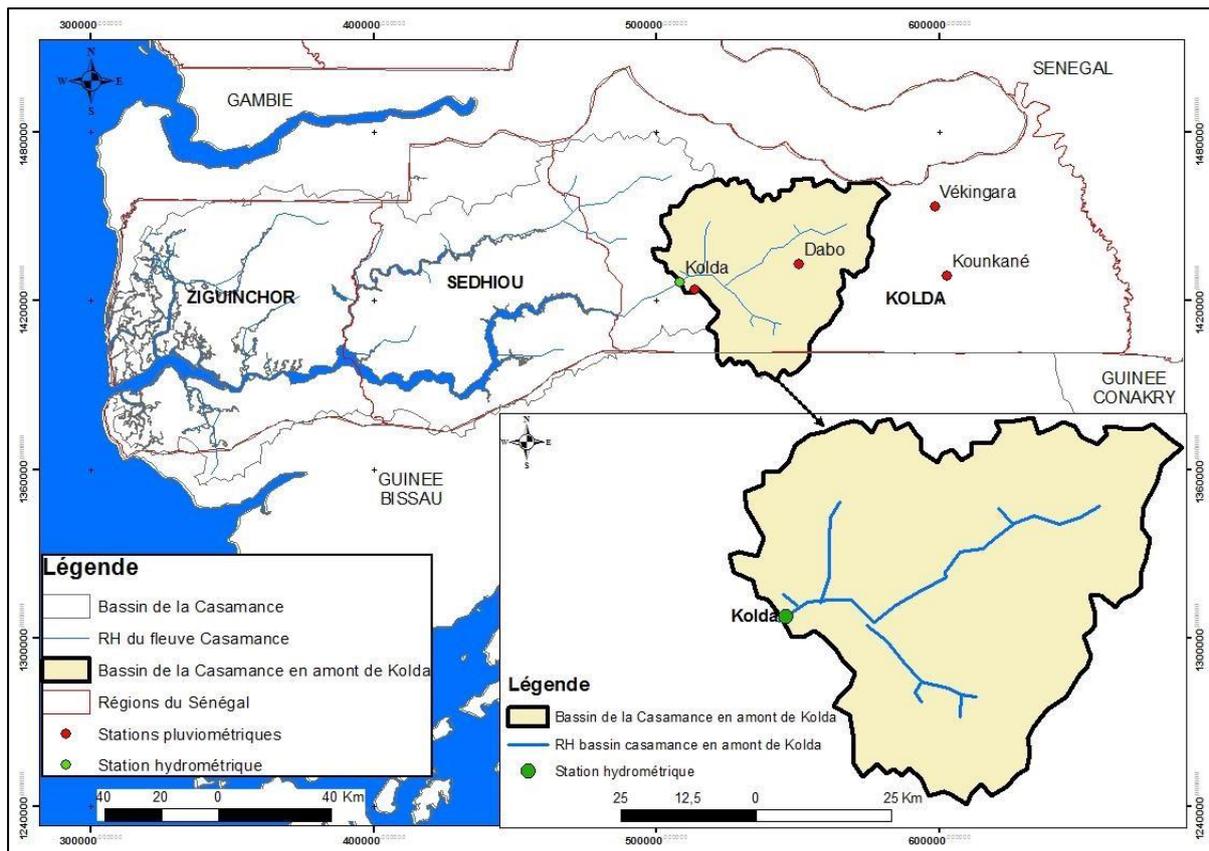
« Les modalités de l'écoulement fluvial sont le résultat d'interaction de facteurs divers, et c'est le bassin fluvial qui offre le meilleur cadre pour « une meilleure compréhension de l'interaction des facteurs morphologiques, litho-pédologiques, climatiques et biogéographique » (R. FRECAUT, 1983 ; Sow, 1984)

Voilà pourquoi, cette première partie, est dédiée avant tout à la présentation de la zone d'étude. Ensuite nous procéderons à l'analyse des caractéristiques physiques de notre bassin à savoir de l'hydrographie, de la géologie, de la morphologie, de la pédologie, de la végétation et d'une part, et l'analyse des éléments climatiques d'autre part.

### **I. Situation géographique du bassin**

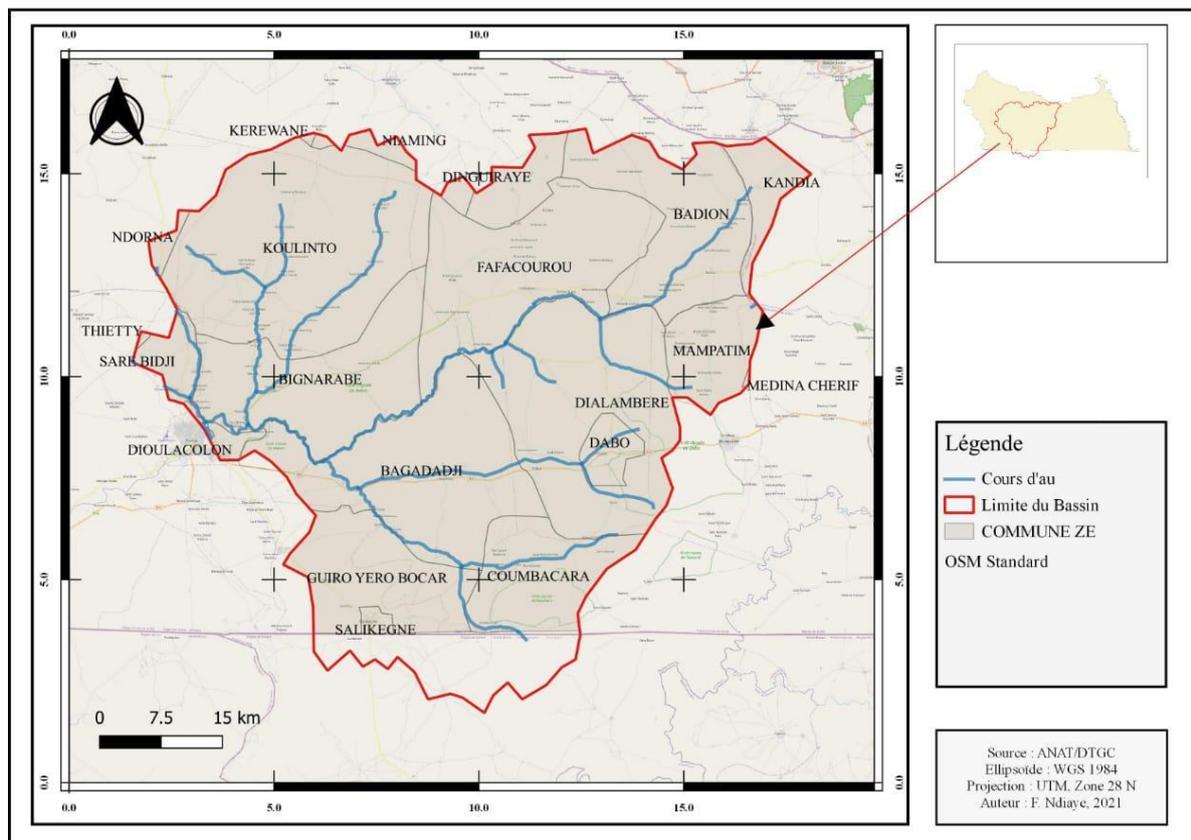
Le bassin de la Casamance, qui abrite le bassin de la Casamance en amont de Kolda, s'étend sur trois régions administratives (Ziguinchor, Sédhiou et Kolda), au sud du Sénégal, est situé en latitude entre 12°20' et 13°21' Nord et en longitude entre 14°17' 1 et 16°47' Ouest. (Faye, 2018). Ce dernier draine un bassin versant de 20150km<sup>2</sup> et est long de 350km dont 260km en cours permanent envahi par les eaux marines jusqu'à 200km de son embouchure compte tenu de la faiblesse des pentes. Le bassin versant de la Casamance se caractérise aussi par la faiblesse de son relief. Du point de vue hydrographique, tous les cours d'eau prennent leur source sur le plateau du Continental terminal. Il est la réponse de la jonction de plusieurs marigots, le fleuve Casamance prend sa source entre Fafacourou et Vélingara à une altitude de 50m et a pour longueur 360km. De telles caractéristiques lui confèrent la place de troisième fleuve du pays, par ordre d'importance après le Sénégal et la Gambie.

Le bassin de la Casamance peut être subdivisé en trois parties : bassin inférieur (Basse-Casamance), bassin moyen (Moyenne Casamance) et le haut bassin (Haute-Casamance). (Faye, 2018). Ce dernier est le bassin qui abrite notre zone d'étude et qui couvre une superficie de 3650 km<sup>2</sup>.



**Carte 2: Découpage du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda (Faye, 2018)**

La carte N°1 nous donne une vision plus fine et synoptique de notre zone d'étude. Elle met en exergue les communes qui se trouvent dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda d'une part et d'autre part, le trajet du fleuve Casamance depuis sa source jusqu'à la station de Kolda.



***Carte 3: Présentation de la zone d'étude***

## **I. Caractéristiques physiques du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda.**

### **I.1. Hydrographie**

La Casamance compte tenu de sa position géographique possède des potentialités qui lui sont propre telles que l'humidité de la zone, tributaire de la forte quantité de pluie qui enregistrent la région (même si on note une variabilité de la pluie) et par conséquent, l'importance de son réseau hydrographique. Le principal affluent du fleuve Casamance est le Soungrougrou (avec pour seule variable d'entrée la pluie). Ce dernier aussi à l'instar du fleuve Casamance qu'il appuie dans le cadre de son alimentation, est issu de la rencontre de nombreux petits marigots au niveau de sa partie orientale. Quant au réseau du tronçon qui concerne notre étude, en l'occurrence la Casamance en amont de Kolda, il est composé de la branche principale du fleuve Casamance qui va de Fafacourou à Kolda et de plusieurs affluents (Diallo, 2008). On peut citer à cet égard :

- Le Tiangol Dianguina

Plus important affluent de la Casamance en amont de Kolda, le Tiangol Dianguina se trouve sur la rive gauche du fleuve Casamance. Il reçoit la Khorine et se jette au niveau du fleuve à

une hauteur de 66km de parcours. Sa superficie est de 815 km<sup>2</sup> à la station Saré Sara. (Dacosta, 1989)

- Le Niampampo

Situé sur la rive droite du fleuve Casamance, le Niampampo se situe au niveau de la rive droite, avec une superficie de 640 km<sup>2</sup> à la station de Saré koutayel.

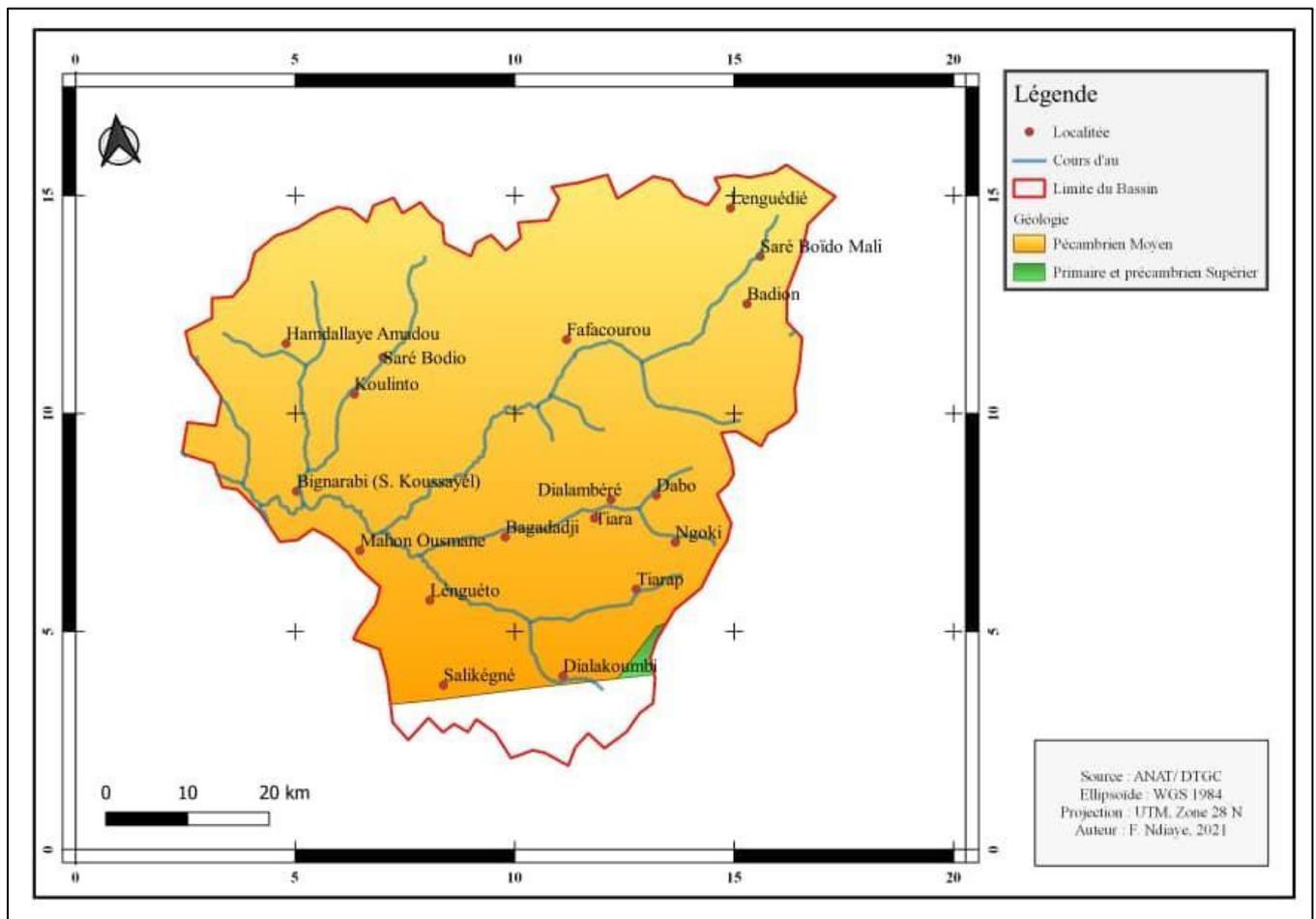
- La Khorine.

Il est contrôlé par les stations de Médina Omar et de Médina Abdoul avec respectivement des superficies de 235 km<sup>2</sup> et 385 km<sup>2</sup>.

A la station de Kolda, le bassin a une surface de 3650 km<sup>2</sup>. Tandisque le bassin intermédiaire entre Kolda et les stations de Saré Koutaye1, Fafacourou, Saré-Sara et Madina Omar couvre une surface de 1160 km<sup>2</sup> soit 31% du bassin versant total en amont de Kolda. (Dacosta, 1989). Confiné en grande partie sur le territoire national, seulement un petit tronçon se trouve en territoire Bissau-Guinéen, ainsi le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda s'étend-il de la source en l'occurrence Fafacourou jusqu'à Kolda. Par ailleurs, précisons que le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda se repose sur les marges du continental Terminal. Dans sa trajectoire, le réseau hydrographique du fleuve Casamance emprunte plusieurs directions. En amont de Kolda, le tracé suit une direction Nord-est Sud-ouest jusqu'aux environs de sa confluence avec le marigot de Tiangol-Dianguina Saré Sara, avec pour largeur du lit du fleuve 50m. Il change de direction à partir de Saré Sara, et s'achemine vers le Sud-Ouest à Saré Yoba Diéga. De Ziguinchor jusqu'en haute Casamance, la profondeur diminue progressivement, et près de Kolda, la profondeur du fleuve, comprise entre 1 et 1,5m, est faible. Cette faible profondeur conjuguée aux actions anthropiques explique le phénomène d'ensablement noté dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda. D'Est en Ouest, la topographie du fond du fleuve s'adoucit de plus en plus, et tend à s'aplatir. Cet aplatissement s'accompagne d'un changement de substrat de fond. (Diallo, 2008).

## **II.2. La géologie**

Partie méridionale du complexe sédimentaire Sénégal-mauritanien, le bassin du fleuve Casamance est doté d'une structure géologique très homogène qui a connu une longue évolution. La carte ci-dessus nous montre en est une parfaite illustration. En effet, la presque totalité de notre zone d'étude est envahie par le précambrien moyen, juste une petite portion, située dans sa partie sud-est est recouverte par le précambrien supérieur



***Carte 4: Géologie du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda***

- Le socle métamorphique paléozoïque

Formée principalement de schistes, quartzites et de grès, cette couche se situe à entre 180 et 200m à Dabo. Le toit du crétacé inférieur est atteint à Kolda à 378m, à Diana Malaria à 563m et à Dabo à 185m.

- Au Maestrichtien

Cette couche s'est déposée lors de la transgression marine qui a occupé tout le bassin de la Casamance, y laissant ainsi des sables hétérométriques, le plus souvent grossiers mêlés à des argiles feuilletées, de couleur gris-foncé. (Dacosta, 1989). Ainsi, l'épaisseur de la série maestrichtienne est variable car elle est de 130m à Diana Malaria, et 30m à Dabo.

- ✓ Au-dessus du Maestrichtien sableux, s'est déposé un étage de paléocène puis un Eocène marno-calcaire. Une discordance sépare l'Eocène (principalement composé calcaire avec des variations de faciès allant calcaires phosphatés à des marno-calcaires) de la

série sablo-argileuse sous-jacente. Précisons que le Miocène est marqué par une importante phase de tectonique cassante. L'après régression post miocène quant à elle, se caractérise par un dépôt de sédiment détritique appelé continental Terminal. Les réseaux de failles vont conditionner l'hydrographie des cours d'eau suivant les lignes de failles. (Diallo, 2008).

### **II.3. L'hydrologie et les nappes**

L'étude de l'hydrologie, nous renseigne sur l'existence des nappes qui peuvent soutenir les débits en périodes de basses eaux. Nous distinguons dans le bassin versant trois nappes aquifères superposées.

- **La nappe du Continental Terminal**

Le Continental Terminal est une nappe d'épaisseur moyenne de 40m, variant d'Est vers Ouest et colonise l'ensemble du bassin. Il s'agit de la nappe la moins profonde et joue le rôle « d'éponge » (collecteur) pour les eaux de ruissellement en raison de sa porosité et par conséquent de sa perméabilité. En revanche, bien que le Continental Terminal soit un important réservoir, ses conditions d'alimentation correcte pendant l'hivernage nécessitent une hauteur de pluie de 1200mm, elle est faible lorsqu'elle est comprise entre 852 et 1200mm et nulle en deçà de 800mm, selon la CSE. Voilà ce qui explique de nos jours la baisse du niveau de cette aquifère largement tributaire de la pluie qui connaît une diminution. Il a un potentiel estimé à 450.000m<sup>3</sup>/jour.

- **La nappe Maestrichtienne**

Couvrant les 4/5 du Sénégal, la nappe Maestrichtienne est non seulement la plus profonde (137m à Dabo) mais aussi la plus ancienne des nappes, datant ainsi du crétacé supérieur. Elle a pour potentiel 500.000m<sup>3</sup>/jour, et pour épaisseur moyenne 200 m est constituée des sables de granulométrie variable allant des grains moyens à grossiers. De tels sédiments sont déposés sur l'ensemble du bassin avec des lacunes. Ces lacunes de sédimentation sont liées à l'existence de haut-fond du socle métamorphique paléozoïque. Fortement exploitée en milieu rural, cette couche supporte l'essentiel des forages avec des profondeurs supérieures à 400m. « Sa limite supérieure est déterminée par le « mur » des formations marneuses et calcaires du paléocène-Eocène moyen très épaisses qui l'isole complètement des aquifères semi-profonds et superficiels, d'où sa qualification d'aquifère captif sur l'ensemble du bassin où il existe. » (Diallo, 2008).

- **La nappe Oligo-miocène**

La nappe Oligo-miocène ou aquifère Oligo-miocène sont essentiellement constitués de sables et d'argile. On les rencontre sur la bordure méridionale du Ferlo, entre Kaffrine et Tambacounda ainsi qu'au Sud du Sénégal. Ainsi, cette nappe est absente au sud de Kolda et à l'approche du socle. Elle est obtenue à une profondeur de 150m. Aussi précisons que la délimitation de cette nappe n'est pas chose aisée car elle est souvent en continuité avec les sables du Continental Terminal.

« Au point de vue lithologique, le bassin versant est très favorable pour la constitution des nappes souterraines en raison de la cassure tectonique du Miocène. Cependant, la sécheresse que subit le fleuve Casamance ajoutée à la faible profondeur des rivières, qui sont d'ailleurs intermittentes, constituent un handicap pour l'écoulement des cours d'eau. » (Diallo, 2008).

#### **II.4. La géomorphologie**

Étant en parfaite liaison avec le régime climatique, la géomorphologie est marquée par une prédominance de vastes plateaux cuirassés, d'altitude variables, entaillée par un réseau hydrographique très lâche. (Diallo, 2008).

Ainsi, durant le quaternaire récent, on assiste à une variation du niveau marin combinée aux changements climatiques. Déjà en 30 000 BP (période de régression marine où le niveau marin a atteint sa cote minimale : - 120 m entre 20 000 et 17 000 BP coïncidant avec la période glaciaire), le fleuve Casamance entaille profondément son lit, accompagné d'un climat hostile (aride), justifiant ainsi la présence des grandes dunes ogoliennes dans la majeure partie du Sénégal.

En 1400 BP intervient une phase de « recreusement » des vallées. Le niveau marin était toujours bas, le climat semi-aride et le couvert végétal limité ( Saos et al...).

Une rubéfaction des sables dunaires et l'apparition des sols ferrallitiques sont notés vers 1200 ans BP, suite à une très rapide remontée du niveau marin marquant le passage d'un climat semi-aride à humide.

Ainsi, après 8000 BP, on assiste à une nouvelle grande phase de transgression marquée l'invasion de l'estuaire de la Casamance par la Casamance : l'estuaire forme une ria.

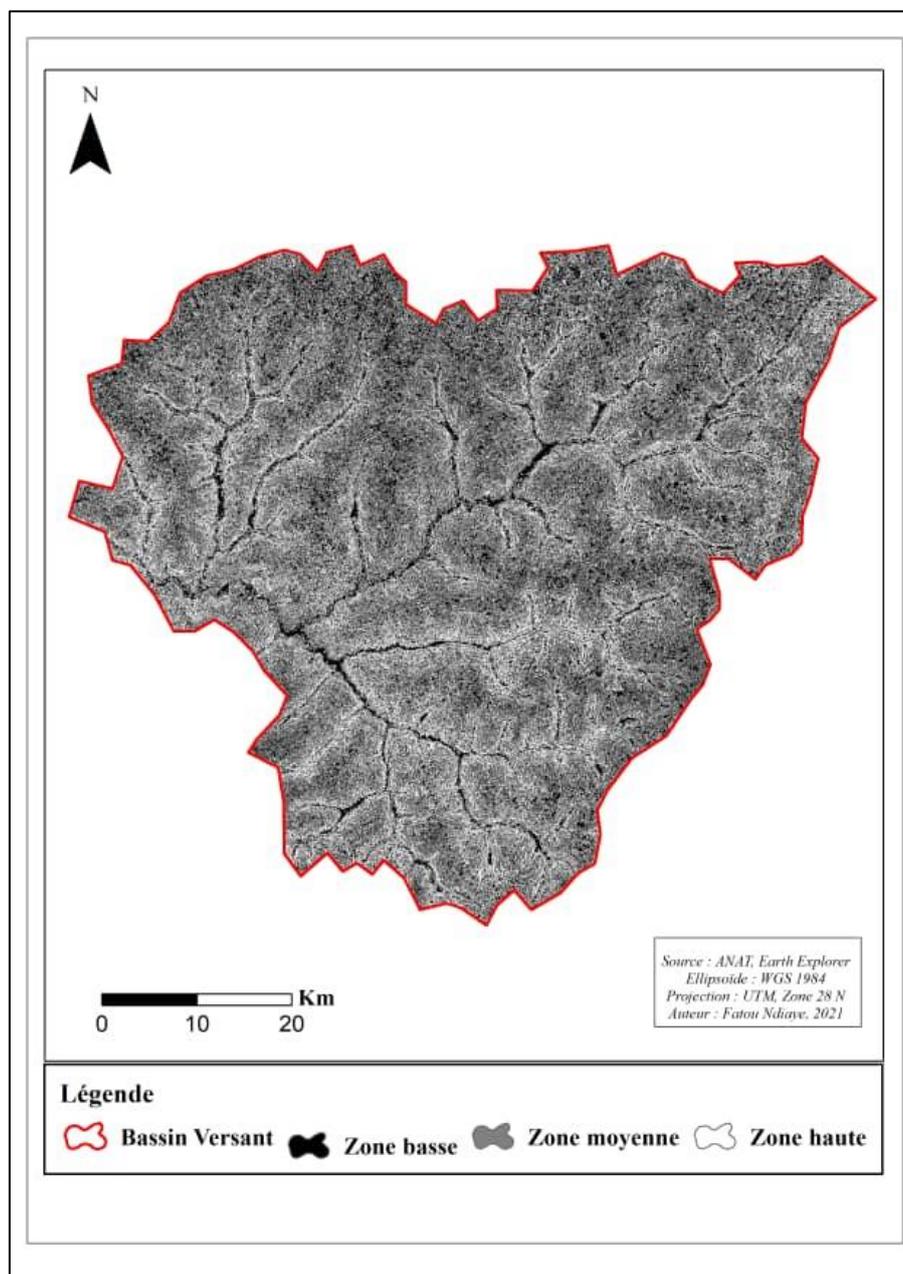
Vers 7000 BP le niveau marin atteint son niveau actuel. Sa cote maximale est atteinte vers 5500 BP. L'invasion marine de l'estuaire se poursuit jusqu'à Diana Malari.

Au cours du Miocène, des mouvements tectoniques seraient responsables des différents changements de directions du fleuve mais aussi de la mise en place du réseau hydrographique actuel (Dcosta, 1989).

## II.5. Le relief, les pentes

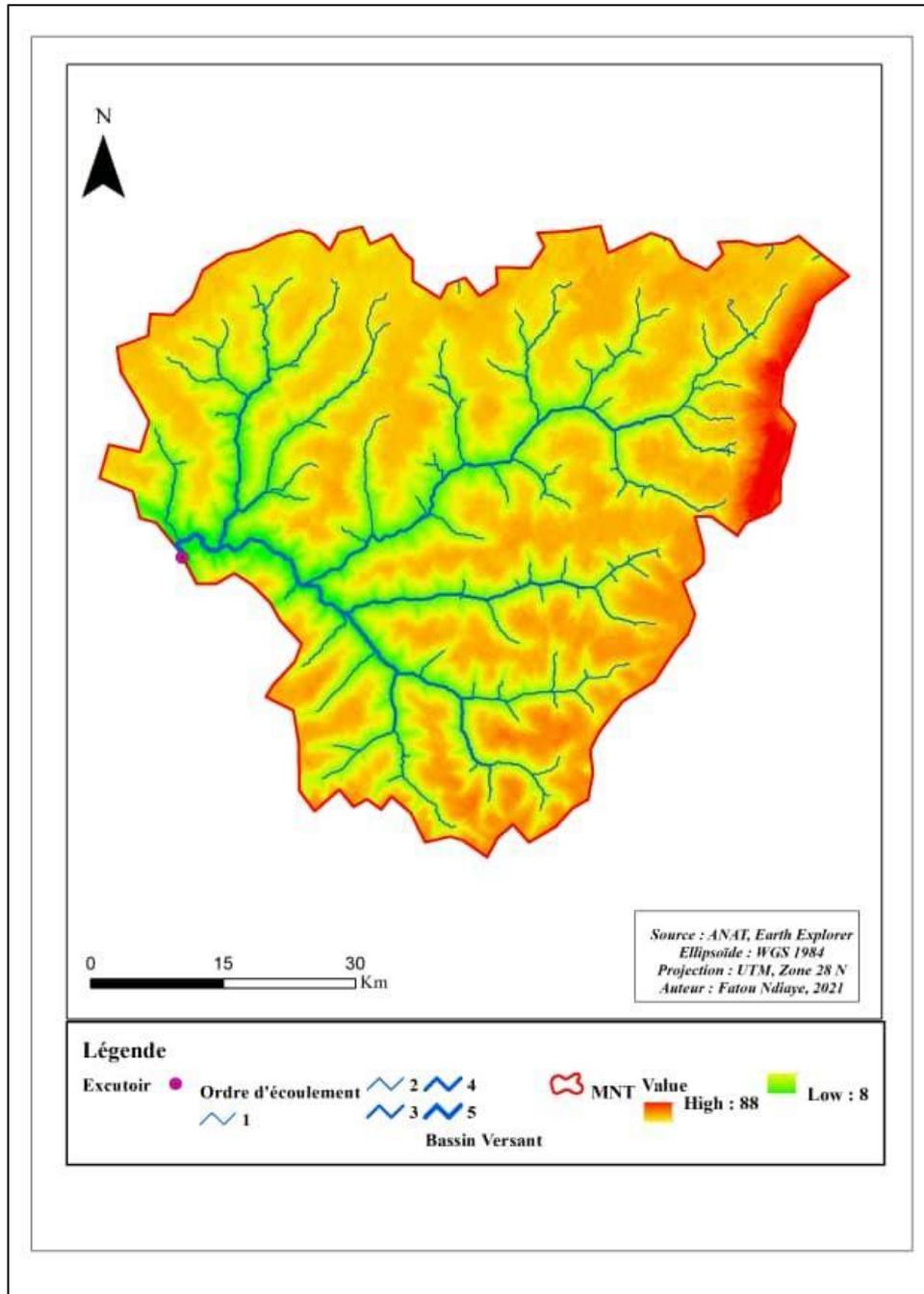
Le relief et la pente sont des facteurs essentiels, ils déterminent en grande partie l'aptitude des terrains au ruissellement, à l'infiltration et à l'évaporation. Ils sont capitaux dans le comportement hydrologique d'un bassin versant.

La prédominance des surfaces vertes sur la carte N°4 en est la preuve.



***Carte 5: Relief du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda***

En effet, le relief de notre zone d'étude est globalement faible et les altitudes varient de l'Est vers l'Ouest. Elles n'atteignent nulle part 100m. D'ailleurs son point culminant d'après notre MNT ci-dessous est de 88m d'altitude. Le point le plus bas se limite à 8m. Cette carte nous montre que c'est une infime partie de notre bassin qui égale cette hauteur et se situe vers la source et les localités comme Saré Boïdo, Badion. Les zones les plus basses sont dispersées et prégantes dans l'ensemble du bassin en amont de Kolda et se poursuit jusqu'à l'exutoire de notre bassin à Kolda.



**Carte 6:** Modèle numérique de Terrain du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda

Les pentes comme le relief sont généralement faibles de Fafacourou à Kolda. En s'éloignant de la source, les pentes ne cessent de s'affaiblir jusqu'à Kolda.

De telles caractéristiques justifient la faiblesse des pentes et par conséquent ralentissent l'écoulement dans le bassin. Ce fait, corrélé à l'insalubrité accrue du bassin justifie l'ensablement notoire du lit du fleuve.

## **II.6. Les sols et la végétation**

Interdépendants, les sols et la végétation sont deux paramètres qui s'imbriquent. Les sols de par leurs natures et structures influent sur l'action de l'infiltration et par conséquent du ruissellement. Le couvert végétal quant à elle fixe les sols et leurs produisent de l'humus nécessaire à leur développement. Ainsi, la combinaison de ces facteurs impacte-t-elle sur l'écoulement du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda.

### **II.6.1. Les sols**

Inhérent aux conditions bioclimatiques et à la géologie, les sols sont de types variés. C'est en ce sens que nous rencontrons dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda des sols à sesquioxides, des sols peu évolués et des sols hydromorphes.

- Les sols à sesquioxides

Sous ce vocable, sont regroupés les sols ferrugineux tropicaux lessivés et les sols ferralitiques, couvrant ainsi, 80% du bassin versant (Dacosta, 1989).

-De couleurs beiges, les sols ferrugineux tropicaux lessivés sont marqués par la présence de concrétions et de cuirasses ferrugineuses souvent affleurentes. La pluie est le facteur déclenchant du processus d'hydromorphie entraînant le concrétionnement puis le cuirassement des sols.

-Dits « terres de barre » ou sols rouges, les sols ferralitiques sur grès argileux sont une altération minérale primaire et la présence d'une importante quantité de produit de synthèse issue des oxydes de fer, d'aluminium.



***Photo 1: Sols ferrallitique avec des cailloux à gauche et sans cailloux à droite à Saré Kémo (Ndiaye, Octobre, 2019)***

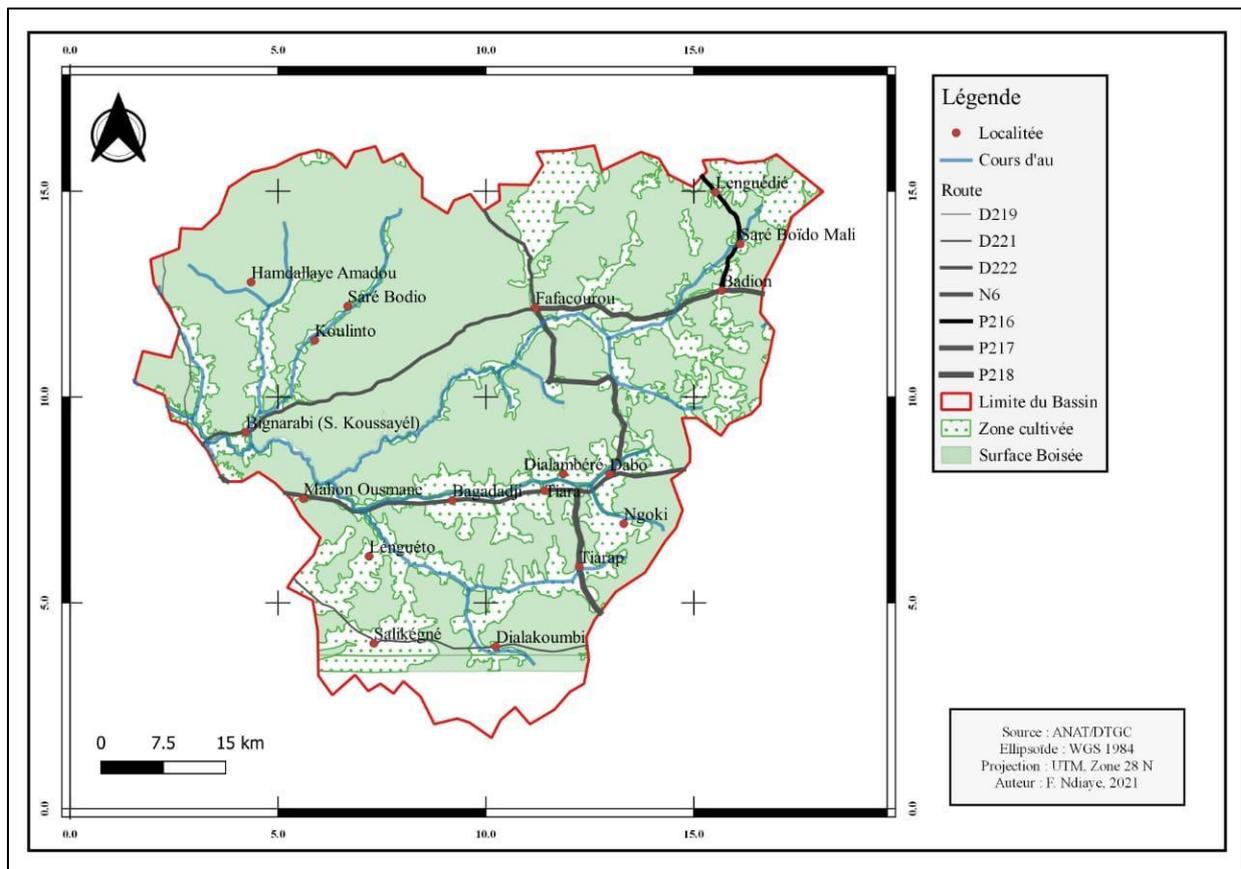
- Les sols halomorphes sur alluvions argileuses

Ces sols se caractérisent par leur richesse en sels solubles et en sodium échangeable.

On les retrouve en arrière des vasières et des tannes dans le fond des vallées ou aux pieds de coteaux de "terre de barre" et sont très humides pendant la majeure partie de l'année (Dacosta, 1989).

## **II.6.2. La végétation**

Important dans le régime du cours d'eau, la végétation joue dans le bassin du fleuve Casamance, une palette de rôle à l'instar de celui paysager, hydrologique, physico-chimique, biologique et économique entre autres.



***Carte 7: Occupation du sol du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda***

Par ailleurs, le bassin de la Casamance du fait de ses conditions climatiques favorables (pluvieuses), abrite une gamme variée de végétation. Notons que sa végétation est la plus luxuriante du Sénégal toujours en raison de la clémence des conditions climatiques. Toutefois, cette luxuriance de la végétation est sujette à de multiples menaces d’origines anthropiques (coupe abusive des bois pour des besoins divers) et naturelles (sécheresse).

Ainsi, retrouve-t-on dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda des formations forestières comme la forêt claire sèche et la savane très boisée.

- La forêt claire sèche

D’origine soudano-guinéenne, cette formation est issue des forêts composées d’arbres recouvrant jadis la grande partie de la Casamance et qui aujourd’hui en raison des diverses menaces mentionner ci-haut connaissent des modifications. Cette forêt située au sud du Sénégal comprend des espèces telles que *khaya senegalensis* (acajou), *bombax costatum* (Kapokier), *Erythrophlaeum africanum*, *cordyla africana*. (Diallo, 2008).

- La savane très boisée

Variante d'une savane très boisée à une forêt claire sèche, cette formation couvre les parties supérieures du plateau du continental terminal. Elle représente des arbres d'altitudes importantes atteignant entre 15 à 20m. Les arbres dominants sont : le Detarium, kapokier avec diverses espèces de combrétacées. On y rencontre également dans l'étage arbustif d'importants groupements denses d'Oxytenanthera abyssinica.

A la lumière de ses nombreuses fonctions, la végétation favorise au sein de notre bassin une évapotranspiration importante, agit sur le ruissellement, ralentit l'écoulement, intercepte une bonne partie de l'eau précipitée, et peut provoquer des crues.

### **Conclusion partielle**

Le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda est bien servi en termes d'affluents, on y retrouve le Tiangol Dianguina, le Niampampo, et la Khorine, cependant, on assiste à une perte de forêts denses au profil des savanes arborées en raison du déficit et de la variabilité pluviométrique d'une part et des feux de brousse, de la coupe abusive des forêts d'autre part. Sur ce, les forêts jadis luxuriantes ont perdu leurs qualificatifs d'antan.

## **CHAPITRE II. CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DU BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA**

Cette deuxième partie traite de la composante climatique du bassin de la Casamance en amont de Kolda. Une telle étude est nécessaire pour comprendre le régime du cours d'eau en ce sens que les conditions climatiques de cette région sont différentes des autres régions du pays. Ainsi, la présentation des mécanismes généraux du climat fait d'une part l'objet de cette partie, l'étude des paramètres climatiques tels que la pluviométrie, les températures, l'humidité relative, l'insolation, l'évaporation et l'évapotranspiration constitue sa deuxième sous-partie

### **I. Mécanisme généraux du climat**

Cette présentation est rendue possible grâce à l'étude de la circulation atmosphérique générale et des flux qu'elle génère. C'est en ce sens que le climat du bassin de la Casamance en générale et du bassin en amont de Kolda en particulier est déterminé par plusieurs types de facteurs dont aérologique (relative à la circulation atmosphérique dans les basses et moyennes couches) et géographique (à l'instar de sa position géographique, sa continentalité et par conséquent de l'augmentation des températures et de l'amplitude thermique, et de son relief plat).

#### **I.1. Les centres d'actions**

Dans l'ensemble des pays de l'Afrique de l'Ouest, la circulation atmosphérique générale est organisée généralement, par le dynamisme de trois centres d'action : l'anticyclone des Açores, de Sainte Hélène et Saharo-libyen. (Faye, 2013).

- L'anticyclone des Açores

Situé dans l'hémisphère Nord, cet anticyclone est en activité pendant l'hiver, et se manifeste par une déviation vers l'hémisphère météorologique sud. Responsable du vent d'alizé maritime, humide et frais, cet anticyclone ne souffle pas dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda.

- L'anticyclone Sainte Hélène

D'abord alizé dans l'hémisphère Sud, cet anticyclone devient mousson dans l'hémisphère Nord en raison de son changement de direction après sa traversée de l'équateur géographique, sous l'impulsion de la force de Coriolis. Pourvoyeur de pluie, la mousson arrive de direction Sud, Sud-ouest et Sud-sud-ouest, pénètre dans le bassin en période d'été (avril) et s'étend vers le Nord progressivement jusqu'en juillet-août et se retire vers l'Equateur au Sud.

- L'anticyclone Saharo-libyen

Sa manifestation dans la zone se fait durant toute l'année ; tantôt en anticyclone soutenant l'activité de l'anticyclone des Açores, tantôt en dépression appuyant le rôle de l'anticyclone de Sainte-Hélène. Il génère des flux d'alizé continental (harmattan). (Faye, 2013). Il est très chaud et très sec, mais frais la nuit. Il se manifeste en saison sèche (de fin novembre à fin mai).

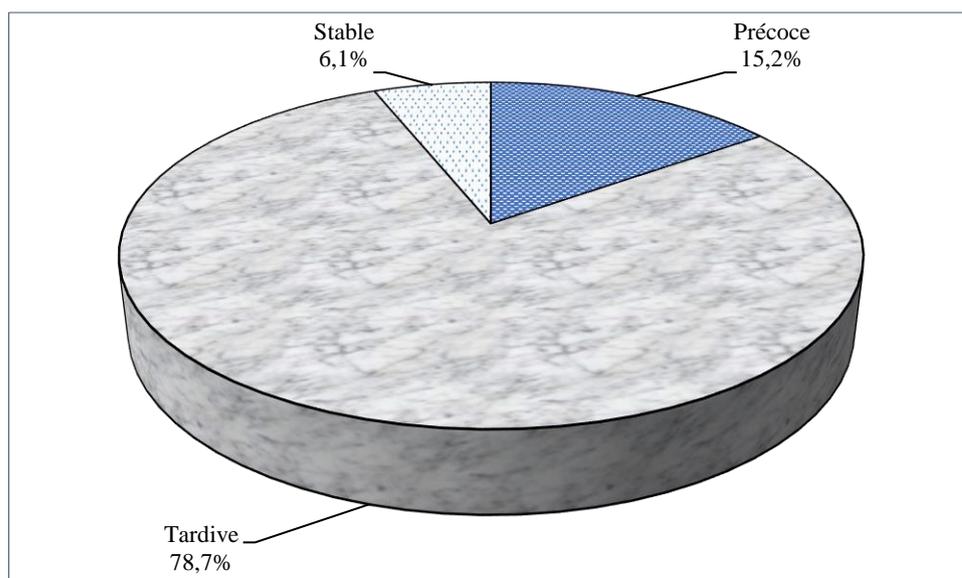
Autrement dit, l'alizé continental ou harmattan provient de l'anticyclone Saharo-libyen et se manifeste durant les mois de la saison non pluvieuse. Ce vent correspond selon Dione O. (1996) aux directions N, NE, E, NO et enregistre des fréquences significatives entre novembre et avril. C'est un vent chaud et sec avec un pouvoir évaporant élevé.

## **I.2. Études des paramètres climatiques**

Cette rubrique sera consacrée à l'analyse des données de température, d'insolation, d'évapotranspiration, d'humidité, de précipitation de la station synoptique de Kolda, ainsi que les données de pluie de cette même station.

### **I.2.1. La pluviométrie**

La pluie constitue la principale source d'alimentation des cours d'eau ouest-africains. Ainsi, notre station se caractérise par l'existence de deux saisons, divisant ainsi l'année hydrologique en deux périodes : une période non pluvieuse et une période pluvieuse enregistrant d'importantes quantités de pluie. D'après l'analyse de nos données climatiques, à la station de Kolda, la pluie commence au mois de mai (76,8%), coïncidant avec le début normal, ensuite vient le mois de juin avec 16,1% (début tardif) et 7,1 % pour avril (début précoce). Cependant notons que les résultats de ces données sur le démarrage de la saison des pluies diffèrent légèrement de la perception de la population du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda, la population sur base sur leur perceptions les plus récentes tandis que les données climatiques particulièrement celles pluviométriques datent de 1964 et s'étalent sur une période d'observation de 56 ans, avec pour total pluviométrique moyen annuel. 1063,5mm.



**Figure 1: Installation de l'hivernage (source: Enquête Ndiaye, 2019)**

En effet, le tableau ci-dessous donne l'avis des populations par rapport à l'installation de l'hivernage. En effet, 181 de nos enquêtés, soit 78,7% nous disent que l'installation est tardive et s'est positionnée au mois juin avec 148 observations soit 76,1%. 35 personnes sentent que l'installation est précoce et 14 personnes seulement disent qu'elle est stable.

**Tableau 3: Durée et installation de l'hivernage**

Début mois hivernage/Installation de l'hivernage	Précoce	Tardive	Stable	Total
Mai	5,7%	0,4%	0,9%	<b>7%</b>
Juin	7,4%	64,3%	4,3%	<b>76%</b>
Juillet	1,7%	12,6%	0,9%	<b>15,2%</b>
Août	0,4%	1,3%	0%	<b>1,7%</b>
<b>Total</b>	<b>15,2%</b>	<b>78,7%</b>	<b>6,1%</b>	<b>100%</b>

**Source :** enquête de terrain, 2019

Par ailleurs, le tableau ci-dessous nous montre la quantité et la durée de l'hivernage. En effet, 132 personnes affirment que la pluie dure quatre mois et est de fortes quantités. 54 enquêtés disent qu'elle dure cinq mois et estiment eux aussi qu'elle est de fortes quantités.

**Tableau 4: Corrélation entre la durée de l'hivernage et la quantité de la pluie**

Durée de l'hivernage/Quantité des précipitations	Forte quantité	Quantité moyenne	Faible quantité	Total
Deux mois	5	0	0	5
Trois mois	31	8	0	39
Quatre mois	104	28	0	132
Cinq mois	41	12	1	54
<b>Total</b>	<b>181</b>	<b>48</b>	<b>1</b>	<b>230</b>

Source : enquête de terrain, 2019

Quant au maximum de la saison pluvieuse, il est noté au mois d'août avec 551 mm, soit 56,4% des fréquences suivi des mois de septembre : 25,5% et juillet : 18,2%.

Pour ce qui est de la fin de la pluie, elle est enregistrée en octobre pour 66,1% (fin précoce), 33,9% pour le mois de novembre (fin normale).

L'année la plus humide de la série est l'année 2005 qui a reçu 1644,3 mm et la plus sèche est 1980 avec 565,9 mm, l'écart étant de 1078,4 mm

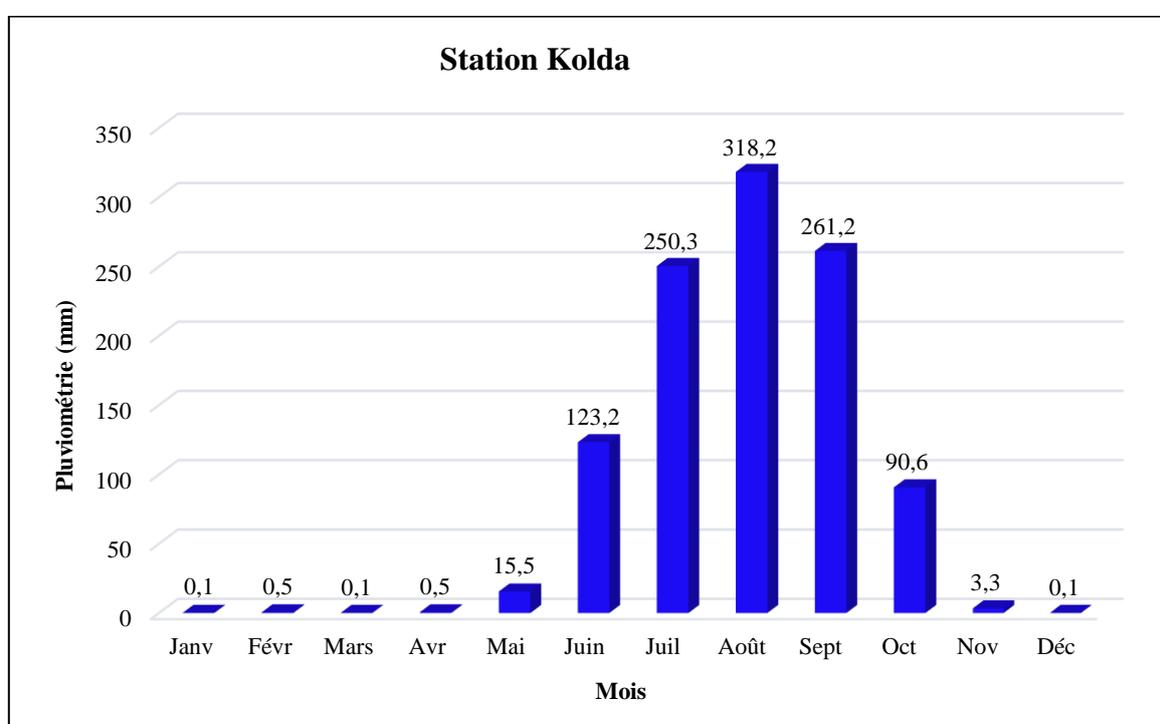
**Tableau 5: Données pluviométriques de la station de Kolda**

Kolda (1960-2016)	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	AN
Nombre d'observations	56	56	56	56	56	56	56	55	56	56	56	56	
Observation manquantes	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	
Moyenne	0,1	0,5	0,1	0,5	15,5	123,2	250,3	318,2	261,2	90,6	3,3	0,1	1063,5
Ecart-type	0,6	2,2	0,4	55	19,2	65,9	90,2	125,8	96,0	67,6	8,8	0,5	532,1
Coefficient de variation	4,4	4,6	4,8	55,0	1,2	0,5	0,4	0,4	0,4	0,7	2,7	4,6	79,7
Maximum de la série	3,4	14,8	2,6	55	83,8	331,8	502,9	734,7	540,4	372,7	50,8	3,3	
Minimum de la série	0,0	0,0	0,0	55	0,0	21,4	98,8	109,6	78,9	4,5	0,0	0,0	368,2
Ecart mm	3,4	14,8	2,6	55	83,8	310,4	404,1	625,1	461,5	368,2	50,8	3,3	2383,0
coefficient pluviométrique en %	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	11,6	23,5	29,9	24,6	8,5	0,3	0,0	100,0

Début saison pluvieuse en %				7,1	76,8	16,1							100,0
Maximum saison pluvieuse en %							18,2	56,4	25,5				100
Fin saison pluvieuse en %										66,1	33,9		100,0

La pluie est caractérisée par une forte variabilité mensuelle avec des coefficients de variation élevés. Les mois les plus pluvieuses à l’instar de juin, juillet, août, septembre ont les variabilités les plus faibles avec respectivement : 0.5, 0.4, 0.4, 0.4.

A la station de Kolda, Sur une période d’observation de 57 ans, le total pluviométrique moyen annuel est de 1063,5mm.



**Figure 2: Variabilité intermensuelle de la pluviométrie à la station de Kolda de 1960 à 2016**

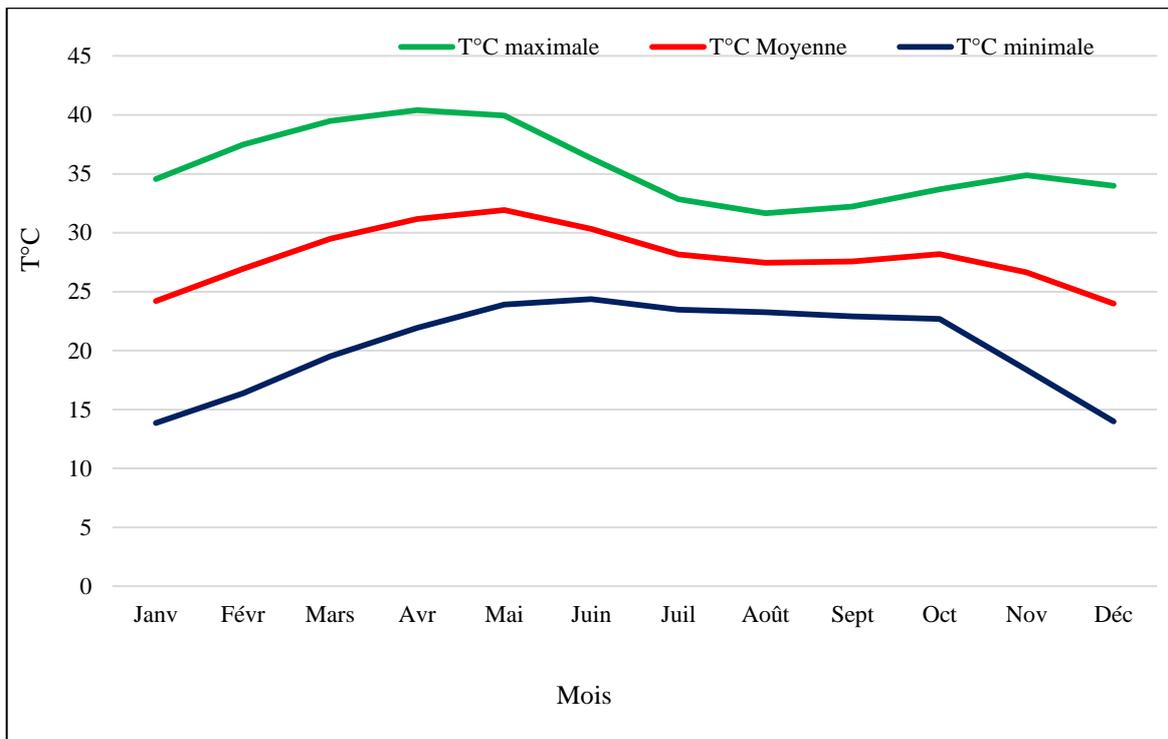
Notre station appartient au régime sud soudanien et elle est caractérisée par une inégale distribution de la pluie. Elle est entièrement concentrée entre juin et octobre. Les 1/3 des pluies annuelles sont enregistrées au mois d’août.

L’augmentation des pluies est étalée sur 4 à 5 mois (mai-août), par contre la décroissance se réalise sur 2 à 3 mois (septembre-octobre ou novembre). En Septembre, la diminution est marquée puis brutale. (Diallo, 2008).

### I.2.2. Les températures

Élément déterminant du climat, la température conditionne l'évaporation et l'évapotranspiration. À température forte, évaporation et/ou évapotranspiration forte(s).

Dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda, nous y notons un régime thermique à évolution bimodale. Marquée par deux minima et deux maxima.



**Figure 3:** Variation des températures moyennes mensuelles en °C à la station de Kolda de 1960 à 2016

Ce présent graphique nous révèle que :

- Les températures maximales moyennes, (TX) sont toujours élevées durant toute l'année, elles dépassent 32°C. Le maximum principal de la TX est noté en avril, le maximum secondaire, en novembre. Le minimum principal est en août: 32,3°C et le minimum secondaire en décembre 34,6°C. La moyenne annuelle de la TX est de 36,2°C.
- Les températures minimales moyennes (TN), ont le maximum principal en juin : 24,2° C, le maximum secondaire est en octobre : 23,0°C. Le minimum principal est en décembre : 14,0° et le second en février : 18°C. La moyenne annuelle des TN est de 20,7°C.
- L'amplitude diurne moyenne reste élevée soit une moyenne de 15,5°C. L'évolution est aussi bimodale avec un maximum principal en mars : 21°C et un maximum secondaire

en janvier : 20,7°C. Les minima principaux et secondaires arrivent respectivement en août: 8,8°C et en février : 19,6°C. La température moyenne annuelle connaît la même évolution bimodale. En Casamance, dans l'ensemble du monde tropical, les températures varient très peu à l'échelle annuelle.

### I.2.3. L'évaporation

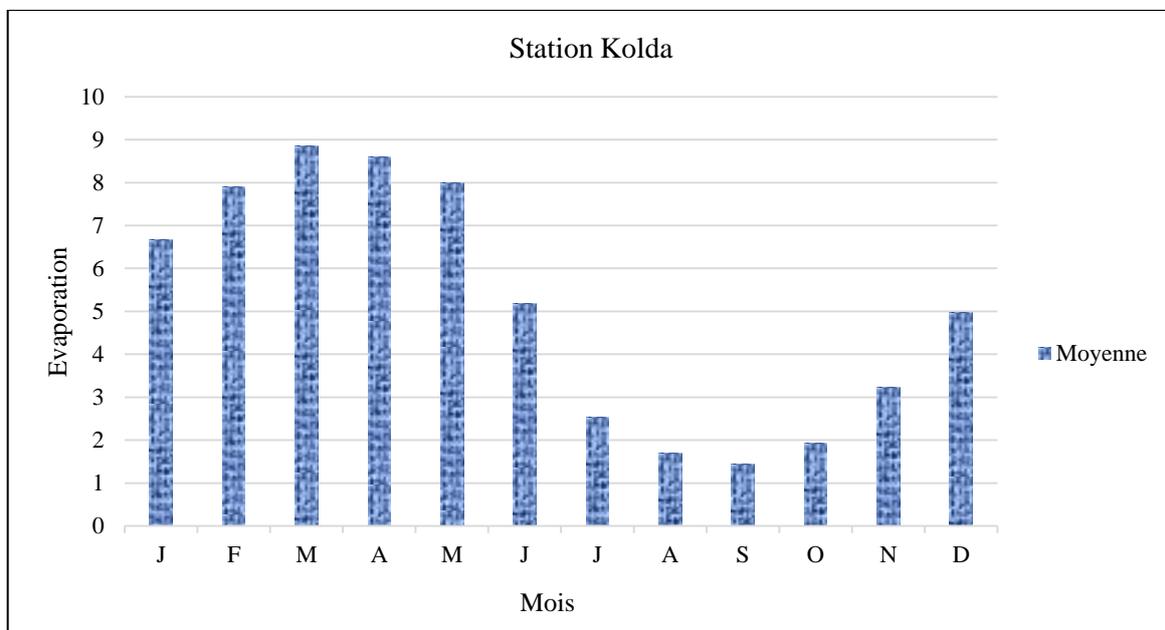
L'évaporation est un phénomène purement physique qui se produit sur le sol, sur un plan d'eau ou sur une couverture végétale. (Diallo, 2008)

En Casamance, de novembre à mai, l'évaporation est très élevée et de juin et de juin à octobre, elle est très faible.

**Tableau 6: Données de l'évaporation de la station de Kolda de 1960 à 2016**

Descripteurs	Jan	Fév	Mars	Av	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	AN
Kolda	6,7	7,9	8,9	8,6	8,0	5,2	2,5	1,7	1,4	1,9	3,2	5,0	61,0

L'évaporation atteint son maximum au mois de mars avec une moyenne de 211 mm. Le minimum est en septembre avec 35 mm de moyenne. La moyenne annuelle est de 122 mm et le total annuel de 1467 mm.



**Figure 4: Variabilité intermensuelle de l'évaporation à la station de Kolda de 1960 à 2016**

#### I.2.4. L'humidité relative

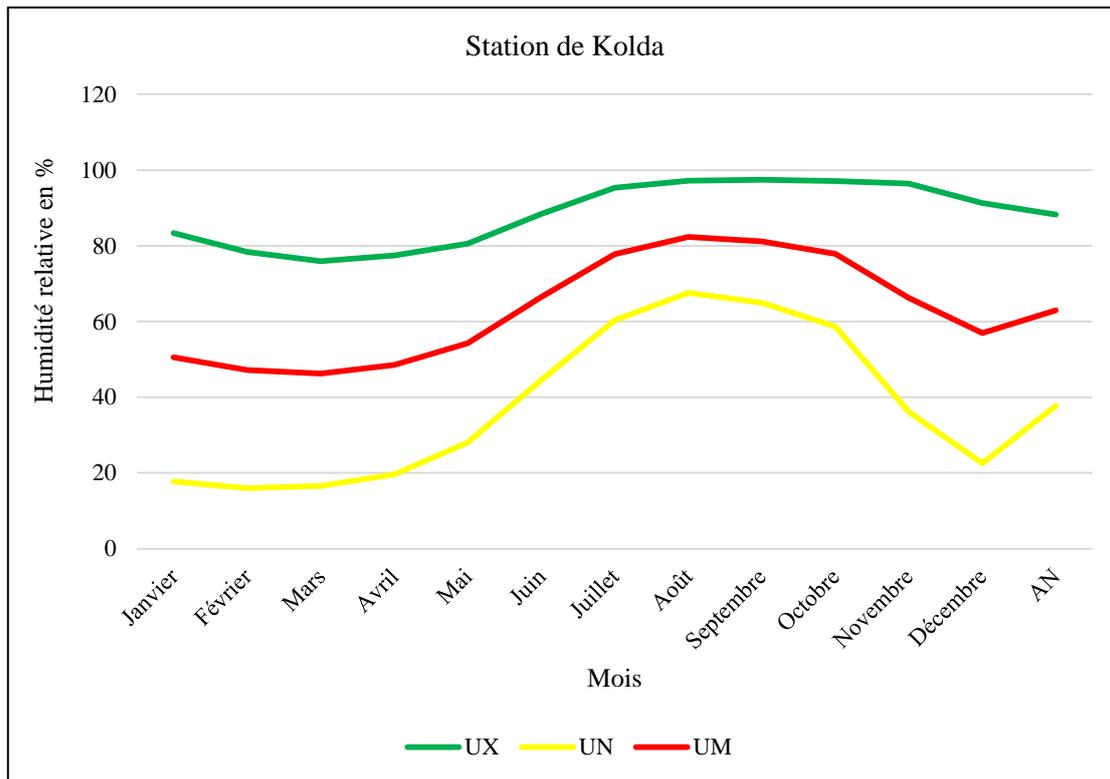
L'humidité de l'air s'exprime par le degré hygrométrique ou humidité relative. Le tableau 3 et la figure présentent les valeurs maximales, minimales et moyennes obtenues à Kolda.

**Tableau 7: Humidité moyenne mensuelle en % de la station de Kolda de 1960 à 2016**

Descripteurs	UX	UN	UM
Janvier	83,34	17,8	50,57
Février	78,4	16	47,2
Mars	75,91	16,54	46,225
Avril	77,5	19,6	48,55
Mai	80,54	28,08	54,31
Juin	88,4	44,6	66,5
Juillet	95,3	60,32	77,81
Août	97,2	67,57	82,385
Septembre	97,44	64,94	81,19
Octobre	97,13	58,67	77,9
Novembre	96,4	36,14	66,27
Décembre	91,32	22,55	56,935
AN	88,23	37,73	62,98

UX : moyenne maximale ; UN : moyennes minimales ; UM : moyennes mensuelles

Les valeurs moyennes mensuelles obtenues dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda montrent que l'humidité relative est assez importante avec une moyenne supérieure à 88%. La figure 9 montre une variation unimodale de l'humidité relative. L'humidité relative est basse entre janvier et mai avec un minimum se situant en janvier à 22,3%. A Kolda, seuls les mois janvier, février, mars et avril connaissent une humidité faible inférieure en moyenne à 50%. Le reste des mois de l'année est marqué par une humidité relative importante. Dès le début du mois de mai jusqu'en décembre, elle est particulièrement élevée dépassant même 58% en moyenne. Le maximum est atteint en septembre (96,8%).



***Figure 5: Humidité relative mensuelle à la station de Kolda de 1960 à 2016***

### **Conclusion partielle**

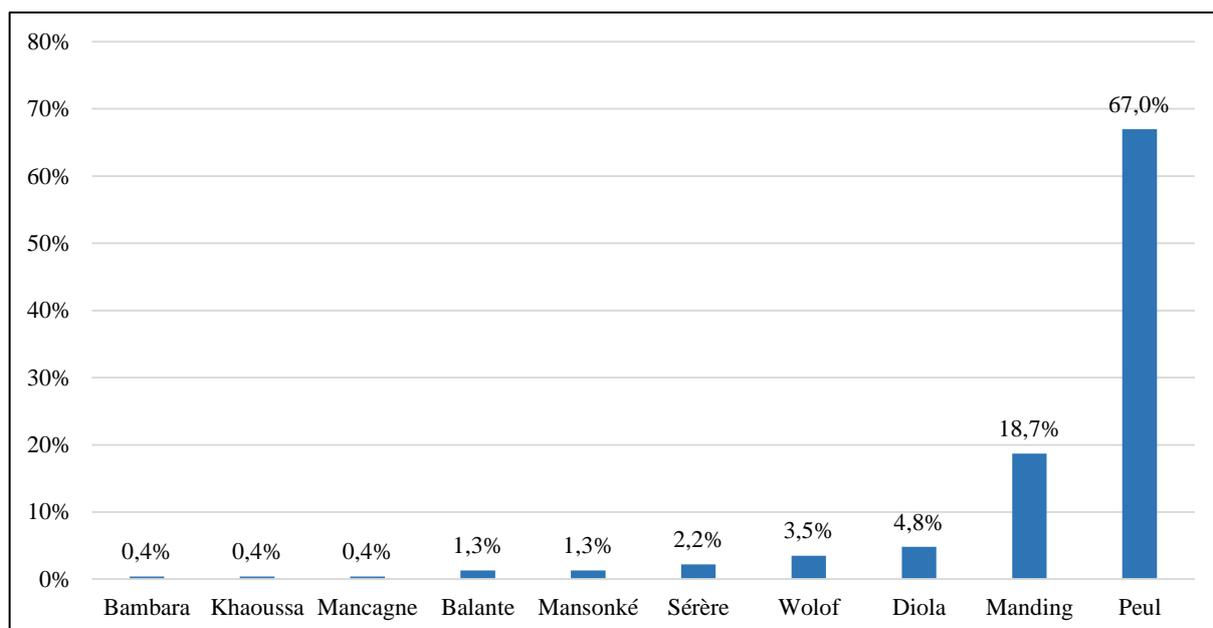
En somme, nous pouvons dire que le bassin de la Casamance en amont de Kolda, ne connaît que les influences des anticyclones de St Hélène et celui Saharo-libyen, compte tenu de sa continentalité. En revanche, nous pouvons dire que le bassin du fleuve Casamance a bien des égards d'énormes potentialités en raison de sa position géographique lui offrant entre autres des conditions bioclimatiques favorables à une densification de la forêt, à l'alimentation des cours d'eau et au développement des activités socio-économique. Il serait important de préciser que le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda appartient au régime sud soudanien et la pluie peut s'y étaler de juin à octobre. Les températures maximales moyennes, (TX) sont toujours élevées durant toute l'année, elles dépassent 32°C.

### **CHAITRE III. CADRE HUMAIN DE LA ZONE D'ETUDE**

Ce chapitre aborde des aspects humains du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda. Il est composé de deux parties. L'une ayant trait aux questions relatives à l'ethnographie et à l'instruction de la population de notre zone d'étude, l'autre relative aux activités socio-économiques auxquelles s'adonnent les populations du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda.

#### **I. Composition ethnique de la population et activités socio-économiques**

Ce tronçon, coïncide avec une partie de la région de Kolda qui fut l'une des plus récentes régions du Sénégal. D'après nos enquêtes, cette région a connu une croissance démographique importante et est habitée en majorité par des agriculteurs (31,3%), commerçants (18,7%) et des éleveurs (16,1%). En outre, l'ethnie majoritaire de la population de ce tronçon du bassin est l'ethnie peulh. Elle représente 66,5% de la population totale. Ensuite viennent, les Mandings (18,7%), les diolas (4,8%), les wolofs (3,5%), des Sérères (2,2%), les Mansonkés et les Balantes représentant chacun (3,3%) et enfin les Mancagnes, Toucouleurs, Khaoussas et Bambaras représentant chacun (0,4%). Ainsi, serait-il important de montrer le lien qui existe entre l'ethnie et l'activité socio-professionnelle. En effet, le tableau ci-dessous, montre d'une part que le peul est non seulement l'ethnie dominante dans notre zone mais aussi constitue qu'elle constitue 51,5% des fonctionnaires, 69,4% des agriculteurs, 64,9% des éleveurs, 72,1% des commerçants, 52,6% des femmes au foyer, 100% des retraités, 45,5% des chauffeurs, 100% des maître-coraniques, 100% des griots et 78,6% des ouvriers. Le tableau nous renseigne sur les différentes professions que l'on rencontre dans le bassin amont Kolda. Ces statistiques nous permettent d'affirmer que le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda est une terre de peul.



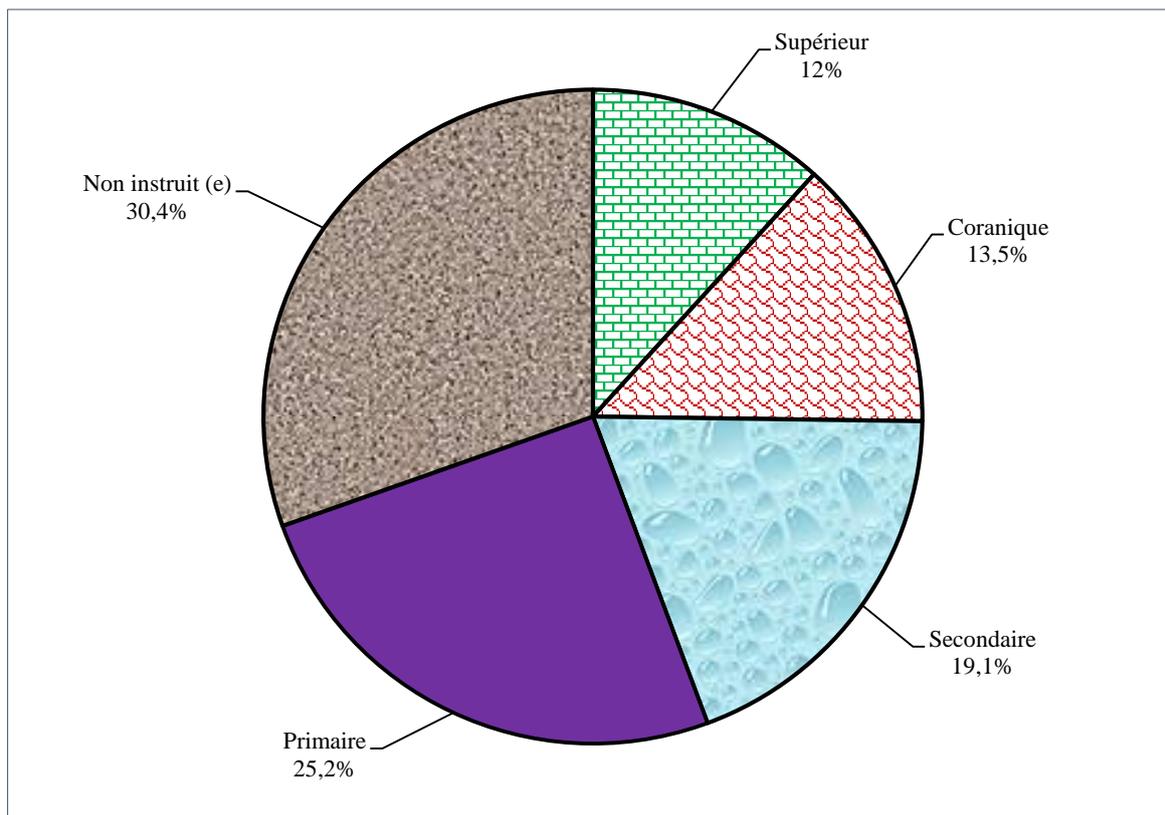
**Figure 6:** Répartition de la population du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda par ethnies (source : Enquêtes Ndiaye, 2019)

Les principales religions sont l’Islam et le Christianisme et leurs adeptes vivent en parfaite harmonie.

## II. Le niveau d’instruction

Le niveau d’instruction de la population Koldoise est relativement faible. Les non-instruits occupent 30,4% de notre échantillon (230 ménages), c’est-à-dire ceux qui n’ont jamais fréquenté l’école. 25,2 % sont ceux qui se sont arrêtés au cycle primaire. 19,1% se sont arrêtés au cycle secondaire et seulement 12% de notre échantillon sont arrivés à l’enseignement supérieur, c’est-à-dire ceux qui ont eu leur bac et accéder dans les écoles de formations ou l’université.

Cependant, il y a une partie de notre population (13,5%) qui ont suivi l’école coranique.



**Figure 7: Niveau d'instruction de la population du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda (source : Enquêtes-Ndiaye 2019)**

Le tableau ci-dessous met en relation le niveau d'instruction et l'ethnie. Il nous montre non seulement le niveau de la population du bassin du fleuve à Kolda mais aussi, il révèle la part de chaque ethnie dans les différents cycles. En effet, presque la moitié de la population n'a pas fréquenté l'école française (108 personnes de notre population enquêtée dont 33 qui suivi l'école coranique). 51 de notre échantillon affirment s'être arrêtés à l'élémentaire dont 35 peulhs. Cet abandon précoce peut s'expliquer par le fait que les filles peulhs se marient très tôt et ont tendance à laisser leurs études au profit de leurs foyers. Les garçons peulhs quittent aussi tôt l'école pour s'adonner au commerce. 44 de notre échantillon se sont limités au cycle moyen et 27 seulement ont suivi les études supérieures. Ces derniers sont pour la plupart des étudiants des universités et qui sont originaires de Kolda revenus pour les vacances.

### III. Activité socio-économiques

Les principales activités socio-économiques auxquelles s'adonnent les populations vivant dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda ainsi que dans la ville du même nom sont entre autres l'agriculture, l'élevage, le commerce et dans une moindre mesure la pêche.

Le tableau suivant met en exergue les différents types d'activités socio-économiques qui existent à Kolda ainsi que l'ampleur de chaque activité d'une part et d'autre part, la proportion de chaque ethnie dans chaque activité. En effet, le tableau 8 nous montre que l'agriculture et l'élevage sont de loin les activités les plus pratiquées avec respectivement 30,4% et 24,8% de notre échantillon. La majeure partie d'entre eux sont des peulhs qui constituent les 20,4% des agriculteurs et 17% des éleveurs. 5,7% des peulhs aussi s'investissent dans le commerce. L'activité de pêche quant à elle, est moindre eu égard à l'état d'insalubrité accrue du fleuve à Kolda (regroupant ainsi 3,9% seulement des personnes enquêtées).

**Tableau 8: Les ethnies et leurs différentes activités socio-économiques**

Ethnie/Profession	Fonctionnaire	Agriculteur	Eleveur	Commerçant	Femme au foyer	Retraité	Chauffeur	Etudiant	Maître coranique	Chanteur griot	Ouvrier	Pêcheur
Peul	2,6%	20,4%	17%	5,7%	4,8%	3,5%	2,2%	0,9%	0,4%	0,4%	7%	3,5%
Manding	0,9%	7%	3%	1,7%	3%	0%	2,2%	0%	0%	0%	1,3%	0,4%
Wolof	0,9%	0%	0,9%	0,4%	0,4%	0,4%	0%	0%	0%	0%	0,4%	0%
Diola	0,9%	1,7%	1,3%	0%	0,9%	0%	0%	0,40%	0%	0%	0,4%	0%
Mancagne	0,4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Balante	0%	0,4%	0,4%	0%	0,4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bambara	0%	0%	0,4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sérère	0,4%	0,4%	0,9%	0%	0,4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Mansonké	0%	0,4%	0,9%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Khaoussa	0%	0%	0%	0%	0,4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Total</b>	<b>6,1%</b>	<b>30,3%</b>	<b>24,8%</b>	<b>7,8%</b>	<b>10,3%</b>	<b>3,9%</b>	<b>4,4%</b>	<b>1,3%</b>	<b>0,4%</b>	<b>0,4%</b>	<b>9,1%</b>	<b>3,9%</b>

Source : enquêtes de terrain, 2019

L'étude de ce tableau nous permettra de faire un focus sur les activités dominantes dans la zone à savoir l'agriculture et l'élevage. Le commerce sera aussi brièvement détaillé car il constitue l'une des activités phares en milieu peulh.

- **L'agriculture**

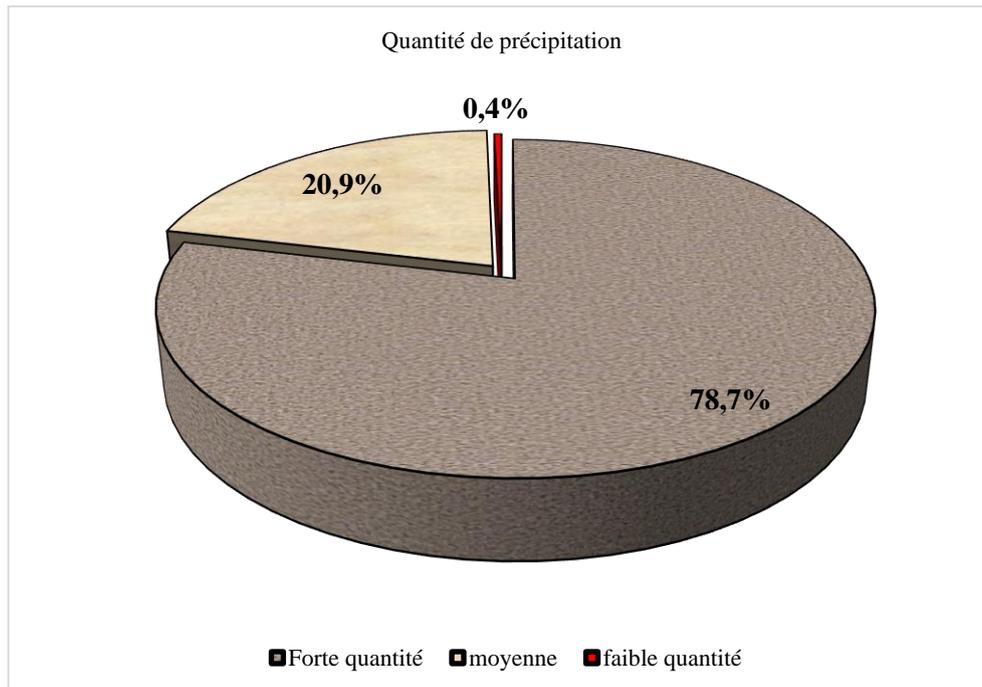
Du point de vue socio-économique, la position géographique du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda est propice à l'agriculture. En effet, c'est ce qui explique la place qu'occupe l'agriculture dans cette zone.

De plus, la forte pluviométrie que connaît la zone combinée à la fertilité des sols lui imprime une vocation agricole.

L'agriculture polarise l'essentielle de la population de notre échantillon (30,3%). Certes, on a l'habitude de constater une faible activité agricole dans les autres communes urbaines, mais à

Kolda c'est tout à fait le contraire, car l'activité agricole est aussi développée en milieu urbain comme en milieu rural eu égard à la trajectoire du lit du fleuve divisant ainsi la ville en deux. Une telle situation offre la possibilité aux urbains de développer des activités agricoles aux même titre que les ruraux.

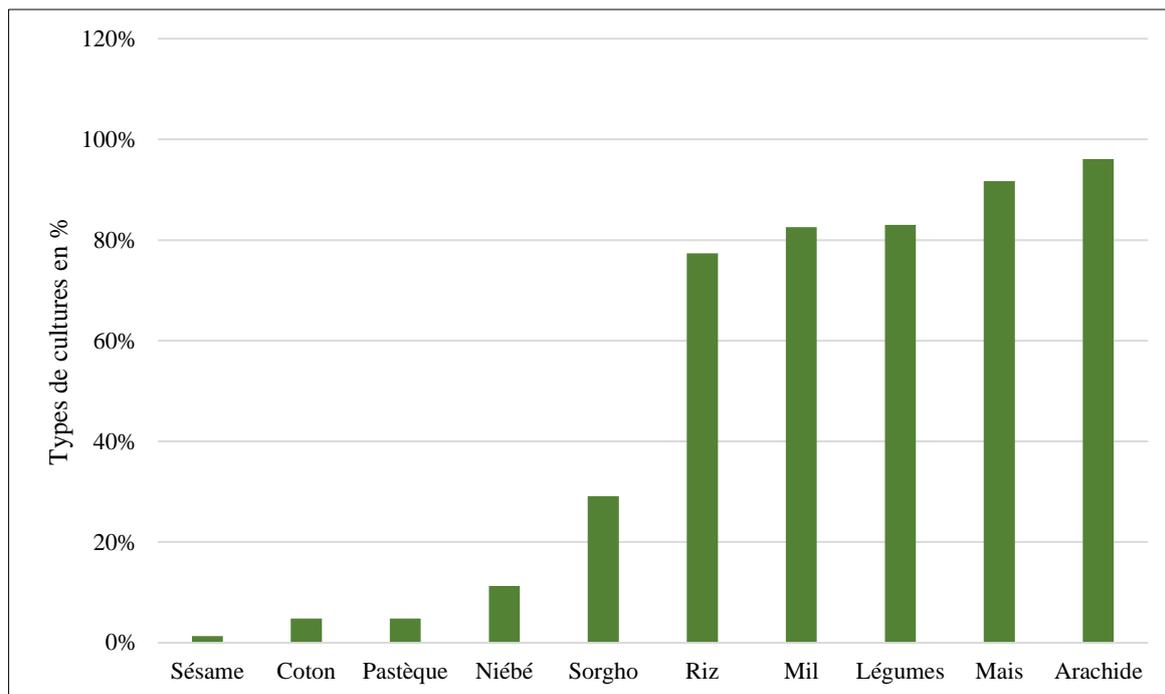
Toutefois, compte tenu de la variabilité pluviométrique et des nombreux problèmes que rencontrent les cultivateurs, l'activité agricole est jugée moyenne. La figure ci-dessous en est une parfaite illustration.



**Figure 8:** Avis de la population sur la quantité des précipitations dans le bassin (source : Enquêtes-Ndiaye 2019)

Selon nos enquêtes, 68,7% des personnes interrogées soutiennent que l'activité agricole est de moyenne envergure, 27 % affirment qu'elle est très abondante et seulement 4,3% estiment qu'elle est peu abondante. Cette situation peut se justifier par le tarissement que connaît le cours du fleuve par moment combiné aux variabilités climatiques auxquelles l'on assiste ces dernières années.

Ainsi, nous y rencontrons des cultures vivrières (comme les céréales telles que le maïs, le mil, le sorgho, le riz et un peu de sésame) et des cultures commerciales (à l'image de des légumes de l'arachide, du coton, de la pastèque, du niébé).



**Figure 9: Différentes cultures pratiquées par la population (source : Enquêtes Ndiaye 2019)**

Nous notons aussi l'existence des rizières dans les quartiers de Bantagnel, Saré Moussa, Bouna Kane, Sinthiang Idrissa, Gadapara et Illèle. (EDE, 2017).

Précisons que les légumes cultivés sont pour la plupart du temps de l'oseille, du gombo, du piment et de la tomate. Principalement pratiqué par les femmes, ce maraîchage subit d'énormes contraintes pour son développement.

Pratiquée en générale par les femmes (mères de familles, parfois aidées par les jeunes filles), cette activité a pour but de renforcer les revenus annuels de la famille issue des retombés rizicoles et champêtres. En réalité, ces aménagements qui abritent cette activité sont construits de façon précaire le long du fleuve pendant la saison sèche et disparaissent pendant l'hivernage en raison de l'invasion des jardins maraîchers suite à l'inondation du fleuve.

Les cultures de *l'arachide* et de *maïs* sont celles qui dominent dans cette zone couvrant respectivement (96,1%) et (91,7%) des spéculations ensuite viennent les légumes, le mil et le riz avec respectivement (83%), (82,6%) et (77,4%) et enfin viennent les autres cultures comme le Sorgho, le Niébé, la Pastèque, le coton et le sésame.

En revanche, précisons que l'activité agricole subit d'énormes problèmes à l'image du manque de moyens des cultivateurs, de l'appauvrissement des sols, du piétinement pastoral entre autres. A ce propos, Valentin en 1985 et Ange en 1987 cité par Thioune en 2015, nous disent que

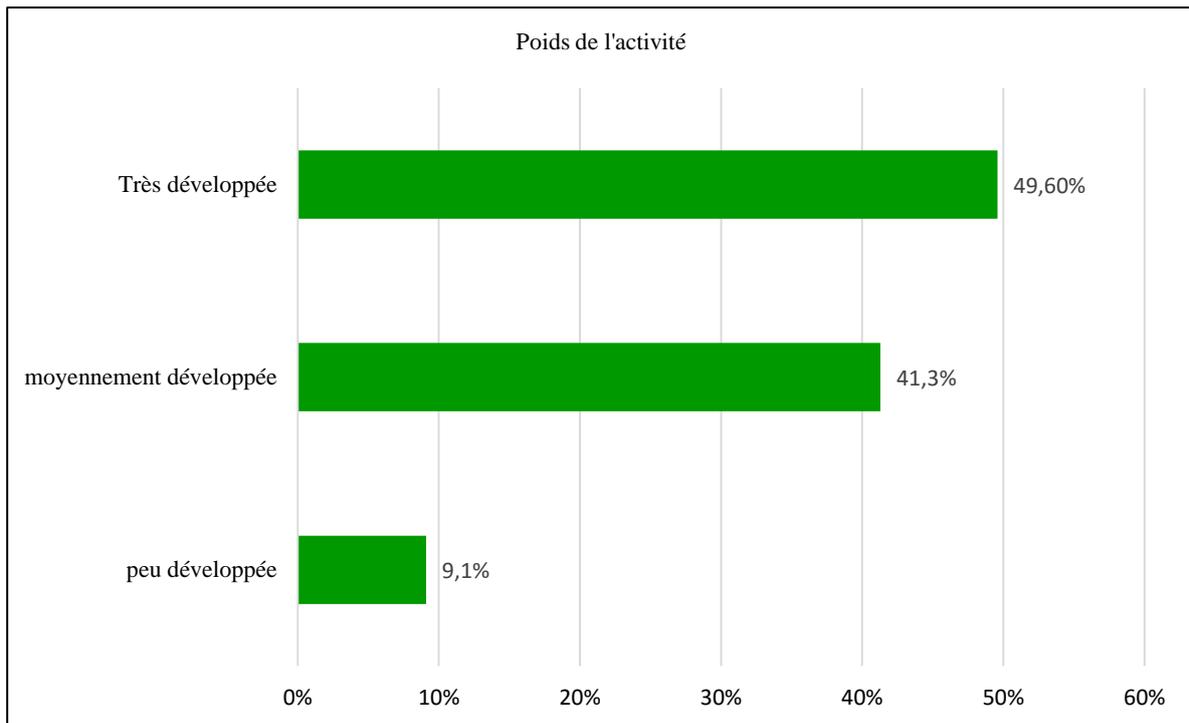
l'activité pastorale au lieu de compenser les déficits de fertilité des sols par le biais de la fumure animale, est vue souvent comme facteur de dégradation de ces derniers par le truchement des phénomènes de surpâturage et de piétinement.

Cette situation est souvent à l'origine de nombreux conflits entre pasteurs et agriculteurs. C'est en ce sens que Mbaye, 2007 affirme que « la circulation du bétail pendant la campagne agricole constitue un facteur éternel de conflit avec les agriculteurs : soit ces derniers occupent illégalement certains couloirs, rendant ainsi très difficile l'accès aux points d'eau, soit les troupeaux dévastent les champs en maturité ou ceux non encore récoltés. ».

- **L'élevage**

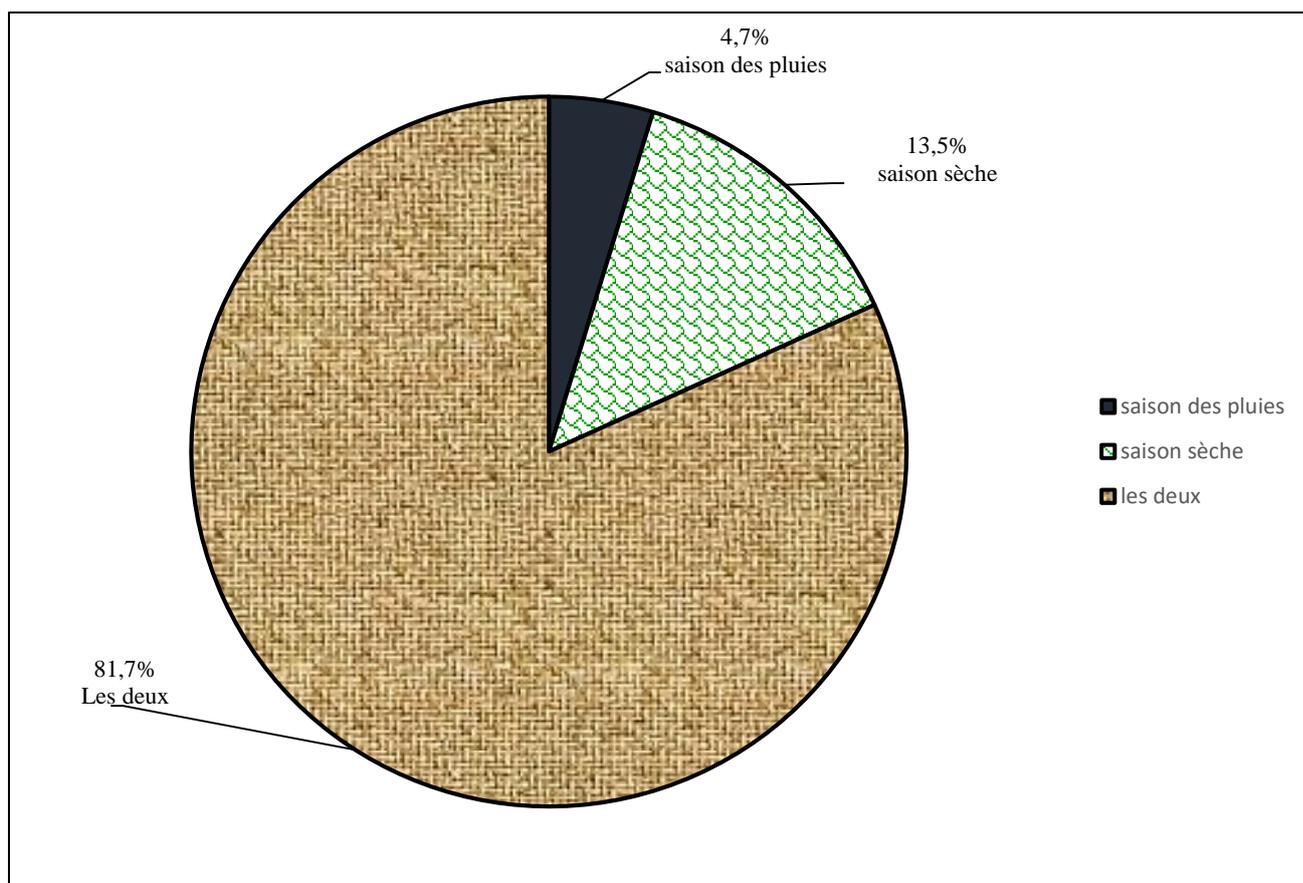
L'élevage est l'une des activités caractéristique de la population du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda devenue des pasteurs rompus à la tâche. Cette situation donne à la région de Kolda une vocation pastorale. En revanche, ce type d'activité est plus développé dans les villages plutôt qu'en ville faute d'espace. Toutefois, accordons-nous sur le fait que la ville a aussi une vocation pastorale très forte avec cependant une prédominance de l'élevage de la volaille, des ovins et des caprins en ville. L'étude du projet, EDE en 2017, en est une parfaite illustration où l'on nous dit que la pluviométrie relativement bonne, la richesse des parcours naturels, l'abondance des résidus de récolte et la diversité des espèces élevées impriment à la commune de Kolda une vocation agro-sylvo-pastorale très marquée. Cette situation justifie cette affirmation de (*Mballo et al, 2019*) qui soutiennent que l'élevage occupe la seconde place dans les activités de production de la zone, après celle de l'agriculture.

D'ailleurs la figure ci-dessous montre nettement que l'élevage est très développé dans notre zone d'étude.



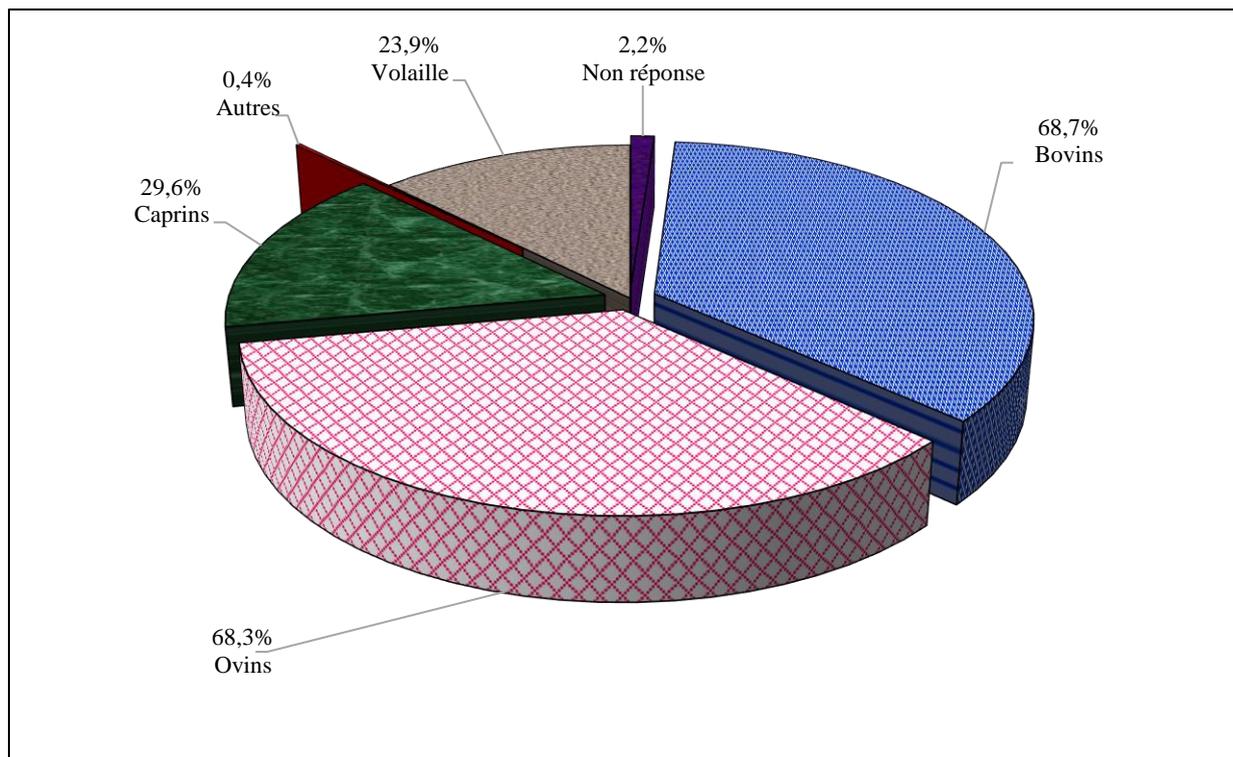
***Figure 10: Poids de l'élevage dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda (source : Enquêtes Ndiaye, 2019)***

Précisons que l'activité d'élevage se pratique toute l'année c'est-à-dire en saison des pluies comme en saison sèche d'après 81,7% de notre échantillon. En revanche, l'élevage de certaines espèces comme la volaille se raréfie en saison des pluies car d'après 4,7% des enquêtés ces espèces sont moins résilientes face à l'humidité surtout s'agissant des poulets de chairs.



**Figure 11: Période de pratique de l'activité de l'élevage (source : Enquêtes Ndiaye 2019)**

On y trouve toutes les espèces domestiques à l'image des ovins, caprins, porcins, asins, équins, volaille, entre autres. Mais si nous prenons en compte en plus de la ville, les villages se trouvant en amont de Kolda, on constate que c'est l'élevage des bovins et des ovins qui dominent avec respectivement 68,7%, et 68,3% ensuite viennent les caprins et les volailles avec respectivement 29,6% et 23,9%. Toutefois il serait important de préciser que d'autres espèces font l'objet d'élevage dans cette zone comme les porcs par exemple. (Source : Enquête Ndiaye, 2019).



**Figure 12:** Les différentes espèces élevées dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda. (Source: Enquêtes Ndiaye, 2019)



**Photo 2:** Élevage de moutons et de poulets dans une maison à Bignarabé (Ndiaye, Octobre, 2019)

- **Le commerce**

Nous ne pouvons pas passer sous silence le commerce qui occupe une place très importante dans l'économie du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda. Certes il n'est pas l'activité socio-économique la plus importante de notre échantillon (en ce sens que les boutiquiers ne font pas parties de notre population cible malgré qu'ils soient les gens qui s'activent le plus dans le secteur au-delà des marchés) mais nous avons jugé nécessaire d'en parler car le commerce est le propre de la plupart des peulhs. 56,1% de la population s'active dans le commerce. Une telle situation s'explique par le fait que cette partie du bassin est habitée en grande partie par les peulhs et ces derniers se reconnaissent par le commerce. En ville, presque dans chaque quartier, nous notons une à deux boutiques. En milieu rural, les peulhs y ont aussi été installés des boutiques.

Outre la prolifération des boutiques dans cette zone, le commerce regorge une panoplie d'activités comme l'exploitation du charbon de bois, la récolte du vin de palme, de l'huile de palme. Autrement dit, dans cette zone, les métiers qui constituent le commerce vont de la boulangerie à la quincaillerie en passant par le textile, l'alimentation générale, les produits agricoles entre autres, justifiant la présence de nombreuses banques et institutions financières. (Thioune, 2015).

- **La pêche**

Pratiquement inexistante ou très peu développée, la pêche est l'activité socio-économique qui regroupe le moins de personnes dans notre zone d'étude. Elle est pratiquée pour la plupart du temps par les Thioubalo. Cette situation peut se justifier par l'état défectueux du fleuve Casamance dans cette zone. Toutefois, « L'affluent du fleuve Casamance, le Soungrougrou, qui passe à l'intérieur de la ville, permet aux populations riveraines de pratiquer, à une échelle réduite, un type de pêche artisanal qui se limite à la consommation locale. » (Thioune, 2015). En effet, son insalubrité rend indésirables ses ressources halieutiques mais aussi son ensablement n'offre pas un lieu propice et favorable à la reproduction de ces dernières.

### **Conclusion partielle**

La population de notre zone d'étude est dominée par les peulhs avec un niveau d'instruction assez faible. Ce qui fait que l'agriculture, l'élevage et le commerce sont les principales sources de revenus de la population. Mais ces dernières décennies avec les perturbations climatiques combinées au tarissement du fleuve dans cette partie (eu égard à son ensablement et son

insalubrité) ces activités et par conséquent l'économie des habitants du fleuve Casamance en amont de Kolda sont confrontés à beaucoup de problèmes.

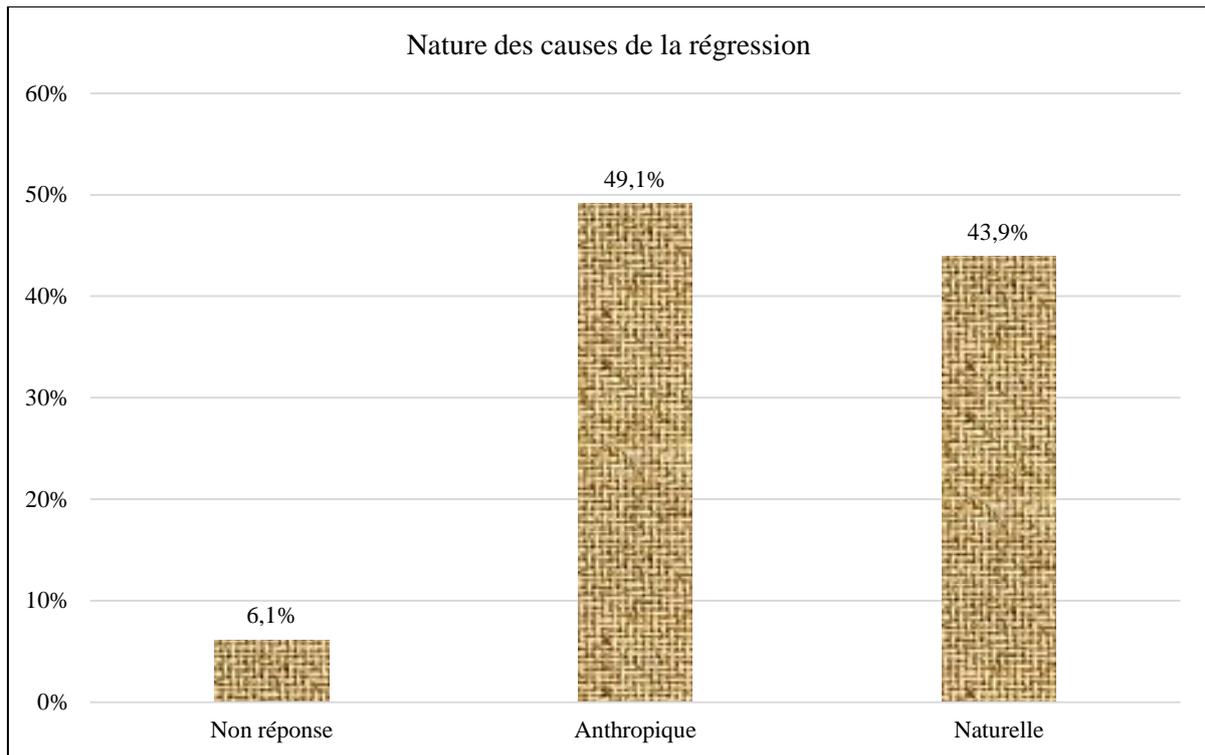
## **DEUXIEME PARTIE**

### **FACTEURS DE LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA**

Dans cette partie, nous avons montré en premier lieu, comment par le biais des facteurs naturels, le changement climatique ainsi que les éléments physiques impactent sur les ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda, puis en second lieu nous avons démontré les liens existants entre les actions anthropiques et les ressources en eau dans cette même zone

## CHAPITRE I : FACTEURS ANTHROPIQUES ET NATURELS DE LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA.

La réduction du volume dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda est inhérente à une multitude de raisons qui peuvent être regroupées en deux groupes que sont les facteurs anthropiques et les facteurs naturels. D'ailleurs la figure ci-dessous est en la confirmation.



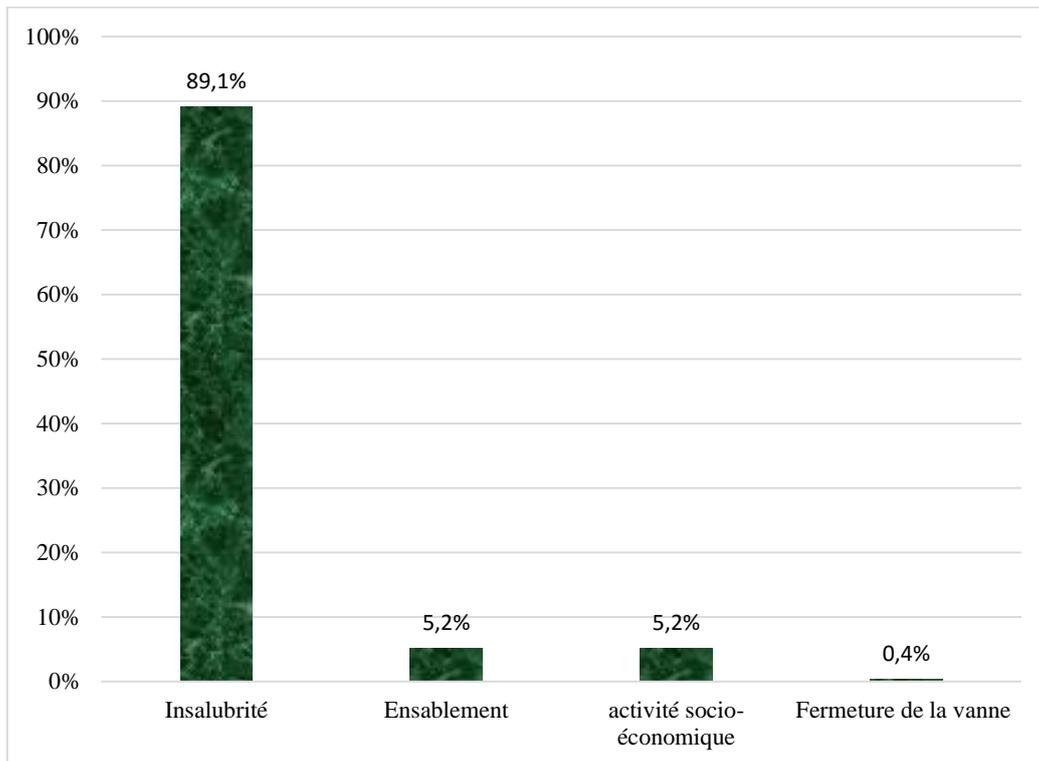
**Figure 13:** *Facteurs de la dynamique des ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda (source : Enquêtes Ndiaye, 2019)*

### I. Les facteurs anthropiques

Les actions anthropiques, sont très visibles sur les modifications du bilan de la Casamance à Kolda.

Les ressources en eau de la Casamance en amont de Kolda subissent de nombreuses et diverses menaces de la part des populations en raison de leurs différentes pratiques et usages supportés par ces dites ressources. On peut citer entre autres l'extension de la ville et des villages se trouvant à son amont, le dépôt anarchique des ordures et l'insalubrité du fleuve, les activités socio-économiques comme l'élevage et l'agriculture, les aménagements sur le fleuve Casamance.

C'est en ce sens que d'après la figure 14 : 89,1% de notre échantillon soutiennent que la dynamique des ressources en eau de notre zone d'étude est inhérente à l'insalubrité, 5,2% des personnes enquêtées quant à elles parlent de l'ensablement. La thèse qui dénonce les activités économiques aussi ne sont pas à négliger car déclarées par 5,2% aussi de notre échantillon. Cependant la figure nous montre qu'une infime partie de la population pense que ce phénomène est dû à la fermeture du barrage de l'Anambé (0,4%).



***Figure 14: Causes anthropiques (source: Enquêtes Ndiaye, 2019)***

### **I.1. L'insalubrité**

89,1% de notre échantillon (230 ménages) taxe l'insalubrité (qui regroupe le rejet anarchique des déchets solide liquides, la mal gestion des eaux usées, la pollution du fleuve), comme étant le principal facteur anthropique de la dynamique des ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda

En effet, notre partie du bassin abrite la région de Kolda, région peu développée en termes d'assainissement. D'ailleurs, le problème d'assainissement que connaît la zone conjugué à la croissance démographique poussant les populations à occuper tout le long du fleuve favorise la concentration des ordures au niveau du fleuve suite aux évènements pluvieux ou sont directement jetés dans le cours d'eau (cas le plus fréquent). (Thioune, 2015).

En outre, pendant la saison des pluies, les pluies torrentielles charrient tout ce qui se trouve dans les rues (eaux usées, excréments, déchets ménagers, sacs plastiques, détritus en tous genre, cadavres d'animaux, etc.) et les transportent soit jusqu'à des mares temporaires, soit au niveau des caniveaux de drainage d'eaux pluviales non couvertes, soit directement vers le fleuve. » (EDE, 2017).

Les constructions anarchiques résultant de la poussée démographique contribuent à l'ensablement du fleuve. D'ailleurs selon Becker et Mulhern en 1975 (cité par Thioune dans son travail de mémoire), les régions habitées, humanisées ont des taux d'érosion de 20,000 à 40,000 fois supérieurs à ceux des régions naturelles non perturbées.

Quant à Sané, dans son mémoire, il nous dit que l'occupation des rives du fleuve par les habitants s'accompagne par le développement des activités comme les constructions de maisons et de jardins, favorisant ainsi la prolifération des ordures ménagères sur les rives du fleuve.

Il ajoute d'une part que le lieu privilégié de déversement des ordures dans le centre-ville se trouve être la rive eu égard au manque d'espace de ce dernier ne permettant pas d'abriter des fossés pour ordures. Et d'autre part, il dit que la présence du marché dans le centre-ville accroît considérablement la quantité d'ordures transporté vers la rive droite en raison des rares bacs à ordures qui ne sont pas proportionnels aux quantités d'ordures produites par jour au sein du marché.

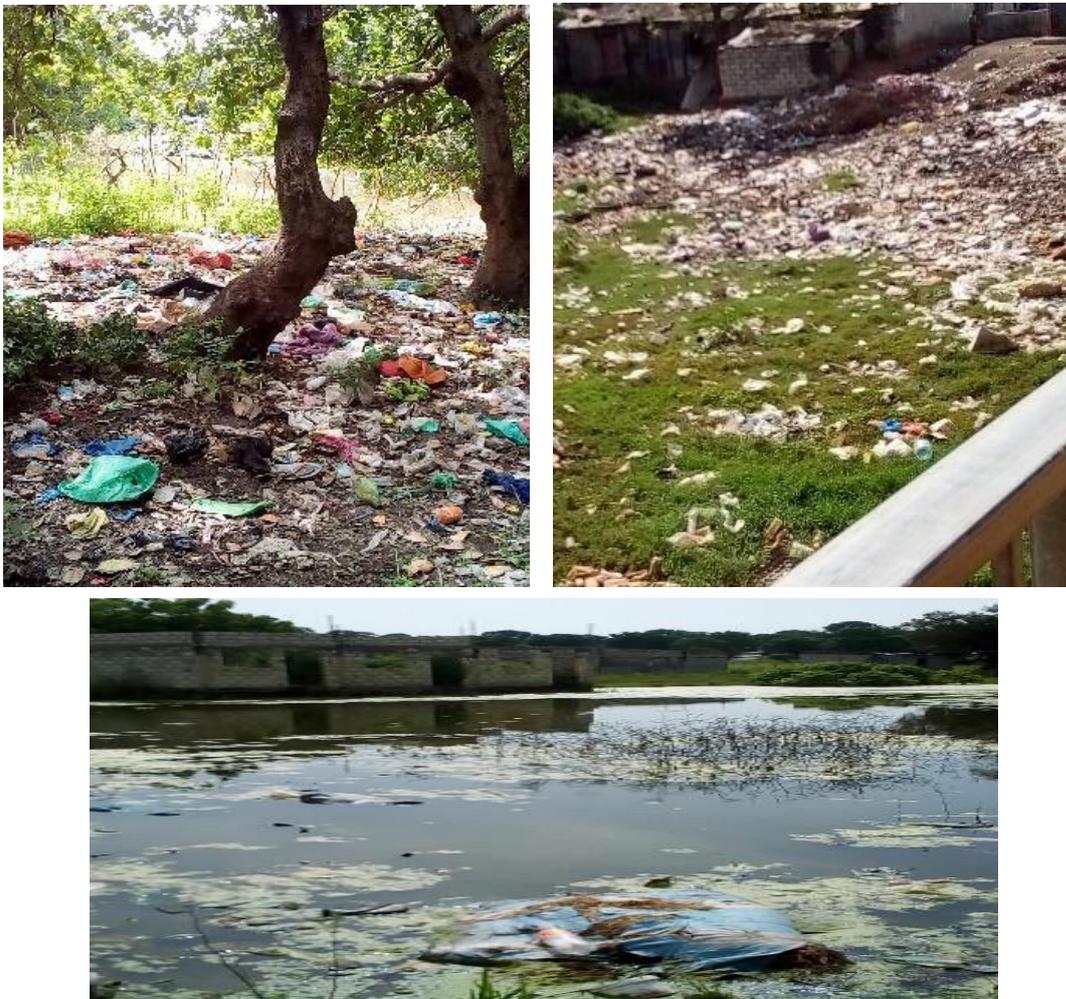
L'urbanisation de la commune de Kolda s'est développée pour la plupart du temps de part et d'autre du fleuve Casamance qui sépare la ville en deux. Cette urbanisation est accompagnée par une diversité d'aménagements à l'image des installations à usage d'habitation, des ateliers de fortune, des jardins maraîchers, des vergers, canalisations et des rizières entre autres. Cette prolifération de constructions engendre d'innombrables impacts comme la pollution des eaux de surface, des sols, de l'air et de la nappe phréatique. (Sané, 2009). Une telle situation est non seulement vectrice de maladie pour la population riveraine du fleuve mais aussi menace la diversité faunique, voire l'équilibre de l'environnement.

Entre autres facteurs qui aggravent l'insalubrité et la pollution du fleuve est sa proximité avec l'abattoir de Kolda. Seules la viande et les peaux des bovins et ovins sortent de l'abattoir, et le reste, déchets et eaux usées, sont directement dans le fleuve, d'ailleurs une petite canalisation en pente vers le fleuve, est construite pour l'évacuation de ces déchets. (Sané, D 2008).

Cette insalubrité persistante (l'occupation permanente des ordures sur le lit du fleuve ainsi que sur les rives) se traduit par de réelles difficultés de collecte et d'élimination des ordures ménagères surtout de la part de la municipalité (Sané. D, 2008).

Ce phénomène, au-delà de ses impacts sur les ressources superficielles, a aussi des conséquences sur les ressources souterraines. En réalité, cette insalubrité permanente et de toute sorte favorise la contamination de la nappe la plus proche à l'instar de la nappe phréatique.

Dans les quartiers qui jouxtent le fleuve, la nappe est affleurante et se trouve à 3-5 m en rive droite, ainsi que les villages enquêtés se trouvant en amont, ce qui fait que la presque totalité des ménages abrite des puits et utilise les eaux souterraines pour la majeure partie de leurs activités, chose qui est vecteur de maladie car l'eau de puits utilisé par la population (pour usage domestique et abreuvement du bétail) est contaminée voire pollué.



***Photo 3: Dépôt sauvage d'ordure sur la rive du fleuve Casamance à Kolda (Ndiaye, Octobre, 2019)***

## I.2. L'ensablement

L'ensablement est le processus de sédimentation au niveau du lit du fleuve résultant ainsi de l'activité de ruissellement des eaux du plateau vers le fleuve.

Ainsi, 5,2% de la population soutiennent que l'ensablement est l'un des facteurs qui participe à la réduction de la disponibilité (dynamique) des ressources en eau en amont de Kolda. Ce phénomène est causé d'une part par l'extension de la ville poussant les populations à se concentrer au long du fleuve (une telle proximité avec l'écosystème fluvial dégradé le milieu), surtout avec la prégnance de l'activité agricole dans cette zone (favorise une désagrégation du sol qui sera vulnérable au phénomène d'érosion hydrique comme éolienne). D'autre part, il est causé par la forte pluviométrie qui sous l'action du ruissellement charrie toutes les matières solides vers le lit du fleuve.

Ainsi, précisons que l'imperméabilité du sol de notre zone d'étude compte tenu de sa nature argileuse constitue un frein à l'activité d'infiltration et par conséquent favorise le ruissellement vers le fleuve emportant avec lui des débris de toutes sortes.

D'après Sané, l'absence de canalisations adaptées aggrave le phénomène d'ensablement induit par l'action de transport des eaux de ruissellement sur la pente du plateau de la commune, en direction du fleuve.

Il ajoute qu'au sud de la rive gauche notamment à Sinthiang Idrissa, les maisons ne sont pas aussi résistantes et sont en « banco », clôturées de haie, donc moins résistantes à l'intrusion fluviale (qui détruit les clôtures fragiles et les façades de maisons. Ces débris sont acheminés au milieu du cours d'eau avec le retrait des eaux du lit inférieur du fleuve.

Cette pratique qui se répète chaque fois au niveau de cette rive, a pour conséquence l'ensablement du lit du fleuve.

Une telle situation rend l'écoulement lent et une recharge des nappes de plus en plus difficile.

Il serait important de préciser qu'il y a une imbrication entre l'ensablement et l'insalubrité en ce sens que l'une peut être provoquée par l'autre.



***Photo 4: Le fleuve Casamance très ensablé à Saré Moussa barrage (Ndiaye, Octobre, 201)***



***Photo 5: Le cours du fleuve, perd sa profondeur à Saré Moussa barrage (Ndiaye, Octobre, 2019)***

### **I.3. Les activités socio-économiques**

Les activités socio-économiques (5,2%), qui regroupent l'élevage du bétail et les activités culturelles, participent aux perturbations du régime du cours par l'ameublissement du sol qui peut occasionner la sédimentation au niveau du lit du fleuve.

En effet, le secteur de l'élevage qui regroupe 24,8% de notre échantillon peut constituer un réel danger pour le cours du fleuve en ce sens que si l'activité se pratique à proximité du fleuve, elle

provoque une désagrégation du sol conduisant à l'ensablement du cours du fleuve compte tenu du piétinement du bétail. Leur abreuvement est l'une des raisons de leur présence à côté du fleuve.

Parallèlement, l'activité agricole qui s'opère aux alentours du fleuve à l'image du maraîchage favorise la sédimentation du fleuve car en période de crue l'eau du fleuve envahit les jardins et en se retirant entraîne avec elle certains débris provenant des jardins.

Par ailleurs, les jardins maraîchers construits chaque année le long du fleuve en saison sèche, sont détruits en saison pluvieuse avec l'augmentation du volume d'eau du cours se traduisant par l'occupation de son cours inférieur. Les débris (bois mort, et végétaux des anciens jardins) issue de cette destruction les sols et provoque l'ensablement du cours réduisant la profondeur du lit et l'importance de la pente.

Une telle situation accroît le phénomène d'insalubrité et de l'ensablement du lit du fleuve qui a pour conséquence le ralentissement du cours du fleuve conduisant même à son tarissement à une période de l'année.

#### **I.4. La fermeture du barrage de l'Anambé**

Une tierce partie de la population (0,4%) soutient que la fermeture du barrage de l'Anambé est la cause principale des perturbations de l'écoulement au sein du bassin supérieur. D'après leur raisonnement, à chaque fois que les vannes sont fermées, l'eau du bassin diminue jusqu'à tarir deux mois après l'hivernage. Une telle situation de rareté de la ressource était catastrophique pour l'ensemble des activités pratiquées et qui sont en rapport avec l'eau du bassin supérieure de la Casamance (Faye, 2009).

Rappelons que la mise en place du barrage de l'Anambé était d'une part une réponse au déficit pluviométrique et d'autre part une sécurisation alimentaire à travers une gestion intégrée des ressources naturelles.

Toutefois, il serait important de signaler que le barrage de l'Anambé n'a pas une grande influence sur l'écoulement du fleuve Casamance à Kolda car il y a pas d'affluent direct venant de cette zone et qui alimente notre fleuve.

Donc compte tenu de son indépendance par rapport, on peut nettement affirmer que cette théorie venant des 0,4% de notre échantillon n'est qu'un jugement de valeur.

### **Conclusion partielle**

En définitive, nous pouvons dire que l'état actuel du fleuve s'explique par plusieurs facteurs, allant de ceux d'ordre anthropiques, à ceux d'ordre naturels. En effet, cette étude nous a montré que le comportement de la population à travers leur non gestion et le non-respect du fleuve est à 50% à l'origine de la variabilité des ressources en eau dans le bassin.

## CHAPITRE II : FACTEURS NATURELS DE LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DU FLEUVE EN AMONT DE KOLDA

Aussi d'ordre naturel, les facteurs de la dynamique des ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance à Kolda sont strictement liés à certains paramètres climatiques comme la pluie et les fortes températures (dans une moindre mesure).

### I. La pluie

Au regard de notre série (allant de 1951 à 2016), nos données pluviométriques traitées à partir du logiciel XLSTAT via le test de Pettit nous révèle que la pluie étant la seule variable d'entrée du bassin de la Casamance, connaît une diminution aussi bien pour la station de Kolda que pour nos trois autres stations à l'image de celle de Vélingara, Kounkané et Dabo. En effet, nous notons l'existence de rupture pour toutes ces quatre stations. Leurs dates d'apparition sont respectivement 1970, 1967, 1966 et 1966. Par ailleurs, le test nous montre que les moyennes de la période avant ruptures sont supérieures aux moyennes après les ruptures (voir tableau ci-dessous). Il serait important de préciser que ces tests sont significatifs au seuil d'erreur de 5%. Ce qui nous permet de conclure aisément qu'il y a un déficit pluviométrique dans tout l'ensemble de nos quatre stations.

***Tableau 9: Test de Mann Kendall et de Pettit de la pluie au sein des quatre stations pluviométriques du bassin***

Mann Kendall	Vélingara	Dabo	Kounkané	Kolda	Pettit	Vélingara	Dabo	Kounkané	Kolda
Tau de Kendall	-0,22	-0,25	-0,17	-0,22	Année de rupture	1967	1966	1966	1970
p-value	0,01	0,00	0,04	0,01	Moyenne avant rupture	1116,98	1232,25	1180,94	1286,72
Pente de Sen	-3,69	-4,31	-3,41	-4,26	Moyenne après rupture	847,48	961,67	937,21	1030,79
Tendance	Baisse significative	Baisse significative	Baisse significative	Baisse significative	Variation %	24,13	21,96	20,64	19,89

L'évolution est aussi mise en exergue par notre test via la variation entre les deux périodes de chaque station. A la station de Kolda par exemple une évolution régressive a été notée, attester ainsi par une baisse de 19,89%.

Sur ce, on peut tirer l'existence du couple pluie-débit (que l'on va plus détaillée dans les chapitres à venir) nous permettant de comprendre que plus la pluie diminue, plus l'eau du fleuve diminue aussi dans ce tronçon.

## II. La température

Principal facteur de l'évaporation, la température lorsqu'elle est élevée occasionne des pertes d'eau dans notre bassin.

Les fortes températures de la Casamance à Kolda s'expliquent par le fait qu'elle soit située dans une zone continentale complètement éloignée de la mer et de l'océan, donc ne bénéficiant d'aucun avantage de ces derniers (dépourvu de brise marine, de proximité avec le littoral ou la plage).

Précisons que l'élévation de la température est de loin le principal facteur naturel qui est à l'origine de la réduction du volume d'eau dans le fleuve mais on ne peut pas passer sous silence des pertes en eau dont il est à l'origine.

Aussi, l'analyse des températures à travers le test de Pettit, nous montre-t-elle qu'elles ont augmenté dans le temps pour la station de Kolda. Cette remarque est valable autant pour les températures maximales que minimales. Ainsi notons que la tendance n'a pas toujours été la même durant toute notre période d'observation (1960 à 2016) car une rupture est apparue pour les températures maximales, minimales et moyennes respectivement en 1997, 1982 et 1997 étayées par les taux de variations de 4,7%, 4,6% et 4,6%. Ces résultats attestent de l'existence d'une hausse significative des températures avec une probabilité de 95% d'après le test de Mann Kendall.

**Tableau 10: Test de Mann Kendall et de Pettit de la température à la station de Kolda (1960-2016)**

Mann Kendall	T°C max	T°C min	T°C moy	Pettit	T°C max	T°C min	T°C moy
Tau de Kendall	0,4475	0,50	0,55	Année de rupture	1997	1982	1997
p-value	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	Moyenne avant rupture	35,30	19,89	27,74
Pente de Sen	0,04	0,03	0,04	Moyenne après rupture	36,95	20,81	29,00
Tendance et caractère	Hausse significative	Hausse significative	Hausse significative	Variation en %	4,67	4,60	4,56

### Conclusion partielle

Si nous avons démontré plus haut que la dynamique des ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda est due à l'action de l'homme, on ne peut pas cependant passer sous silence le rôle joué par les facteurs naturels dans cette variabilité de la disponibilité en eau du bassin. Sur ce, l'étude de ce chapitre nous imprègne aussi sur l'impact du déficit pluviométrique et l'élévation des températures sur la disponibilité des ressources en eau de notre bassin.

### **TROISIEME PARTIE**

#### **LES MODALITES DE L'ECOULEMENT DANS LE BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA**

Après avoir étudié les facteurs naturels et anthropiques de la dynamique des ressources en eau dans notre bassin. Nous présentons dans cette partie les modalités de l'écoulement dans le

bassin. Ainsi, nous aurons en chapitre 1 : la variabilité pluviométrique, en chapitre 2 : L'étude du régime moyen du bassin et enfin en chapitre 3 : l'étude des événements extrême dans le bassin, notamment, la crue et l'étiage

## **CHAPITRE I : ETUDE DES VARIABILITES PLUVIOMETRIQUES**

L'objet de ce chapitre est consacré à la caractérisation de la variabilité pluviométrique au niveau de notre bassin versant. D'où son intérêt de précéder notre deuxième chapitre qui porte sur le régime moyen et sa variabilité. En effet, les deux premiers chapitres de cette partie du travail sont les lieux par excellence pour montrer l'existence du couple pluie-débit qui caractérise nos bassin ouest-africains d'une part et d'autre part pour nous permettre d'appréhender comment les fluctuations climatiques peuvent impacter sur le régime de nos cours d'eau voire leur disponibilité en eau. D'ailleurs de telles fluctuations modifient simultanément les différentes

composantes des systèmes hydrologiques à l'image de la quantité des précipitations, leur intensité et leur fréquence, les écoulements entre autres (Faye, 2018).

Ainsi, le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda comprend en son sein quatre stations pluviométriques en l'occurrence, celle de Vélingara, Kounkané, Dabo et Kolda. C'est pourquoi dans le but d'imprimer à ce chapitre une pertinence sans faille, nous allons essayer de caractériser la variabilité pluviométrique au niveau des quatre stations citées ci-haut.

Sur ce, nous allons en primo montrer la variabilité pluviométrique interannuelle de la période d'observation allant de 1951 à 2016 et en secundo, faire appel au calcul et à l'analyse de l'écart à la moyenne (EM), à l'indice de pluviosité (Ip) et l'indice standardisé des précipitations et pour montrer l'existence du couple pluie-débit, nous allons procéder au calcul de l'hydraulicité.

### **I. La variabilité pluviométrique interannuelle**

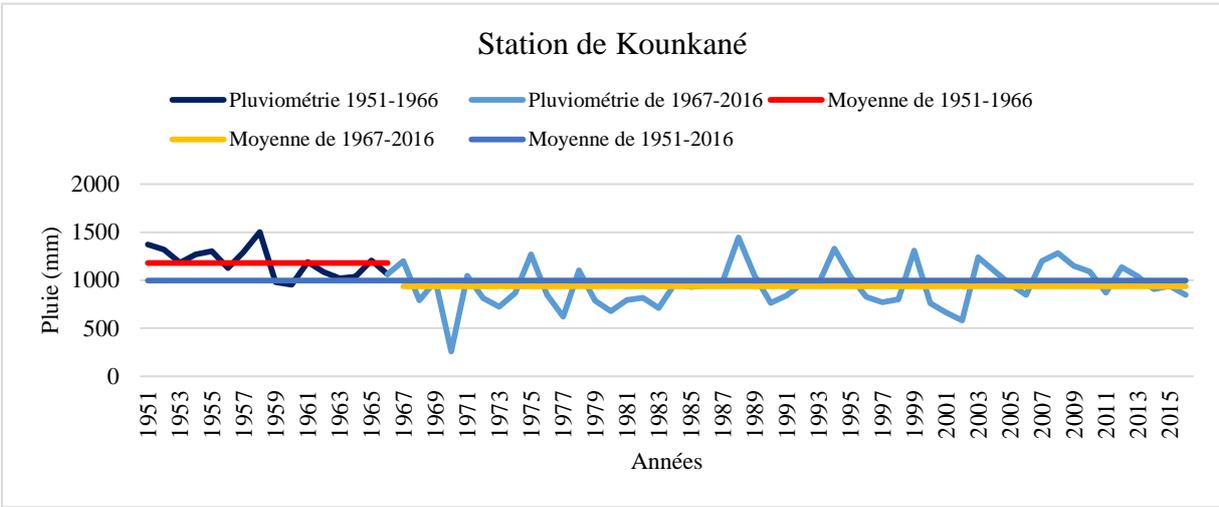
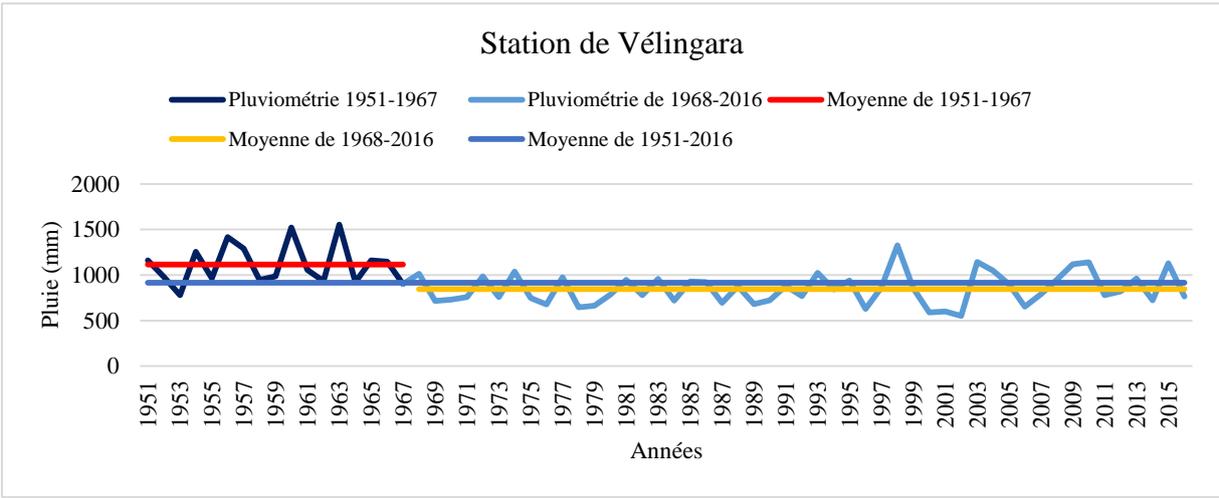
L'analyse de la variabilité annuelle au niveau des quatre stations révèle une panoplie d'informations.

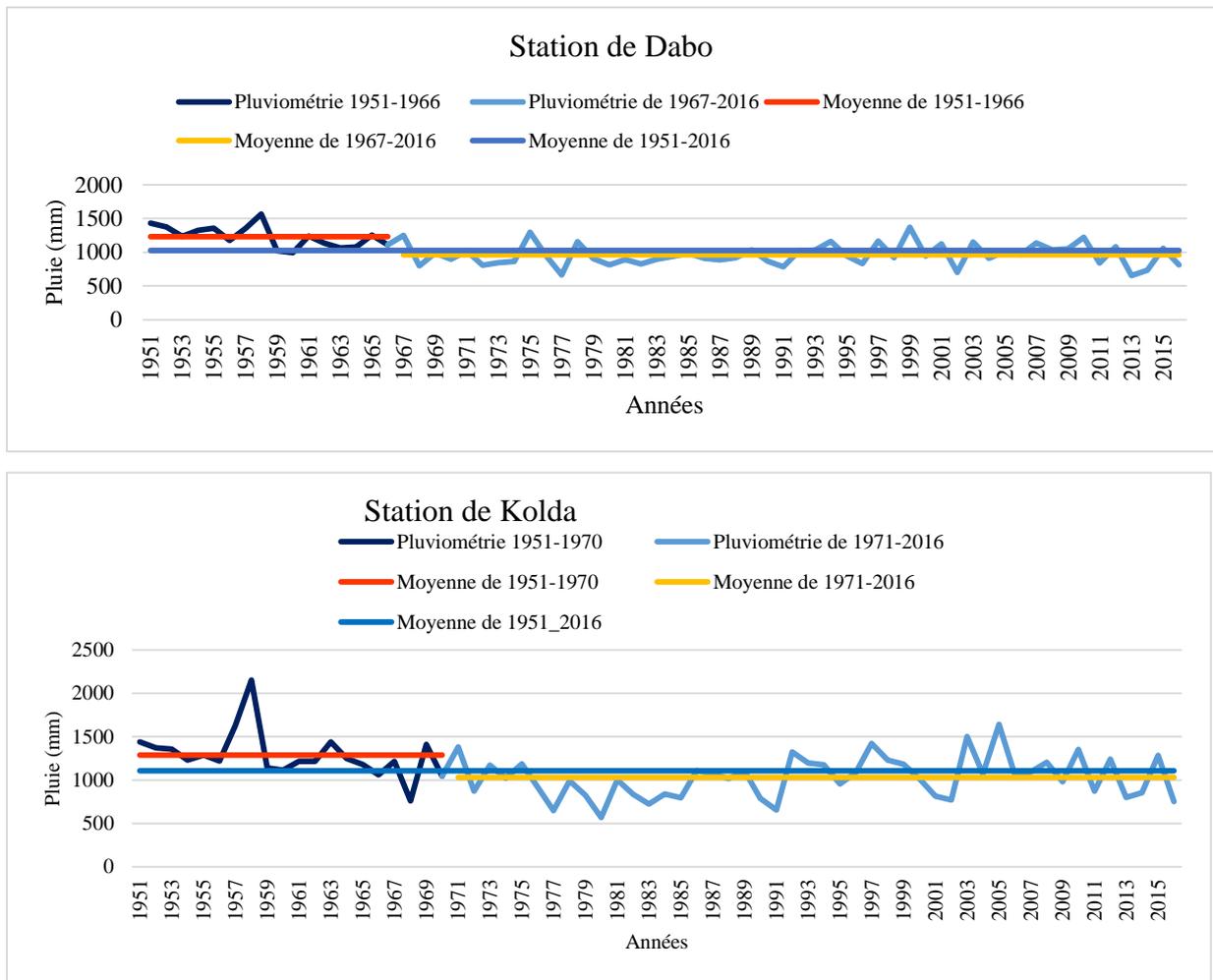
D'abord l'évolution en dent de scie de la pluviométrie interannuelle propre à chacune de nos stations sur toute la durée de notre observation retient notre attention. Une telle évolution laisse entrevoir de grandes fluctuations autour des moyennes, mettant ainsi en exergue deux périodes contrastées marquées par des ruptures.

En réalité, sur toutes les quatre stations, les périodes avant rupture s'avèrent être les plus pluvieuses avec des moyennes respectives de 1117 mm, 1180,9mm, 1232,3 mm et 1286,7 pour Vélingara, Kounkané, Dabo et Kolda. Précisons que les dates d'apparition des ruptures diffèrent d'une station à l'autre. Dans l'ensemble des stations, la période après rupture est marquée par des déficits pluviométriques sévères à l'exception de Kounkané qui se présente relativement plus résilient à ce phénomène de sécheresse par rapport aux autres stations.

Les moyennes après ruptures sont respectivement 847,5mm, 937,2mm, 961,7mm et 1030,8mm.

Ensuite nous avons constaté qu'une année humide pouvait succéder une année sèche et vice-versa. A Kolda par exemple, l'année 1967, enregistre 1216,9 mm et l'année 1968 quant 'à, elle reçoit 761 mm. A Kounkané, l'année 1970 enregistre 257 mm tandis que l'année 1971 reçoit 1046 mm.





**Figure 15:** Variabilité interannuelle de la pluviométrie de quelques stations du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda

## II. L'écart à la moyenne

Pour une analyse beaucoup plus fine, et précise, nous allons calculer et analyser l'écart à la moyenne de la pluviosité de l'année considérée. Autrement dit, il s'agit de tenir compte de l'écart à la moyenne correspondant à l'excédent ou au déficit des précipitations de l'année considérée rapportée à la moyenne de 65 ans d'observation. (Bodian, 2011). Grâce à cet indice, il sera possible d'estimer le déficit pluviométrique annuel car cet écart à la moyenne n'est rien d'autre que la différence entre la hauteur de précipitations d'une année  $P_i$  et la hauteur moyenne annuelle de précipitations  $P_m$  de la série. Sa formule s'écrit :

$$EM(\%) = (P_i - P_m / P_m) * 100$$

Si  $P_i < P_m$  : Année déficitaire

Si  $P_i > P_m$  : Année excédentaire

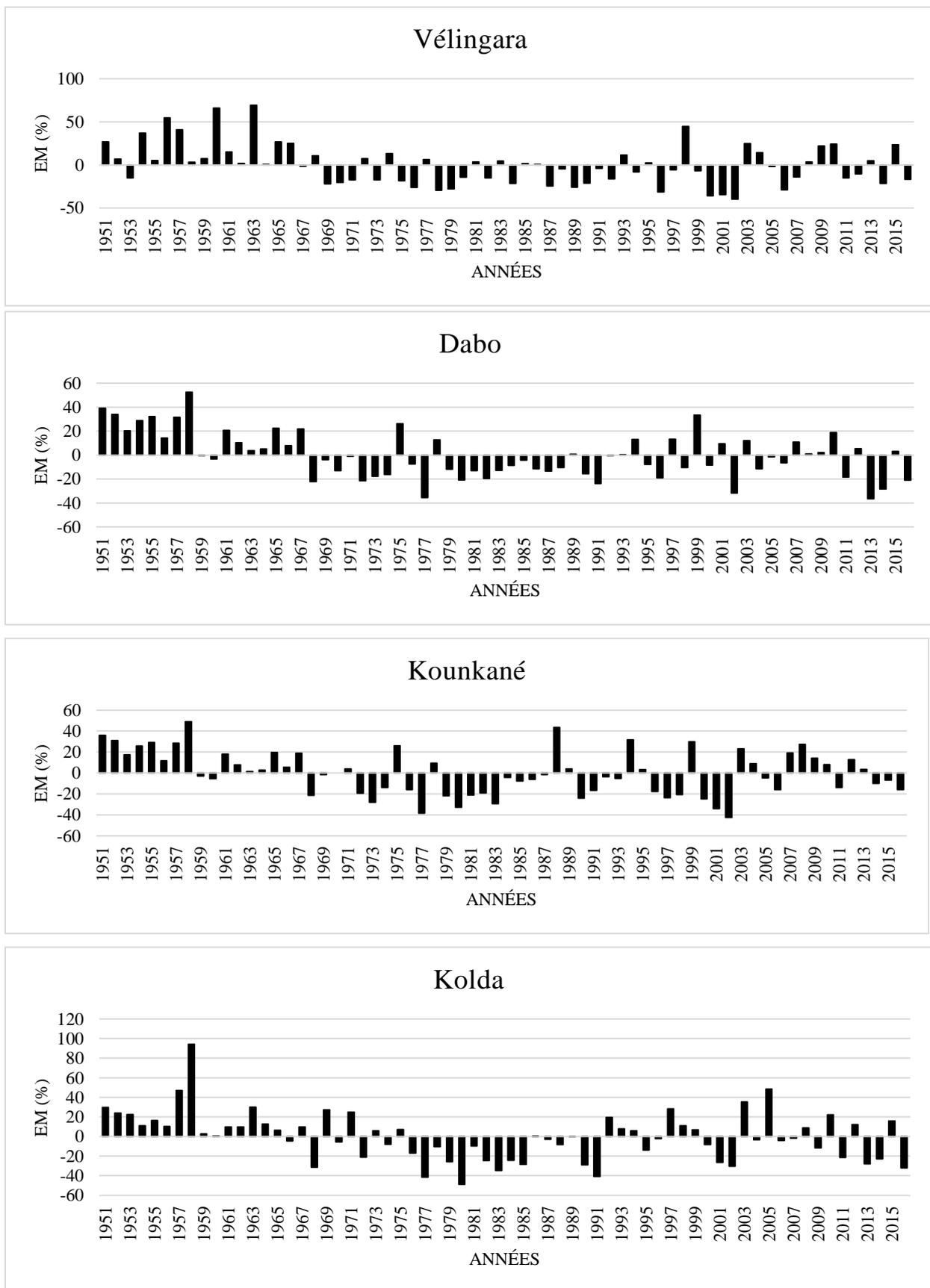
Au regard de ces conditions d'interprétation, cet indice permet une meilleure perception de la succession des années déficitaires.

Le calcul de cet indice nous a révélé l'existence d'années humides et d'années de sécheresse au niveau de nos quatre stations. Ainsi, l'année 1958 a été la plus humide au niveau des stations de Dabo, Kounkané et Kolda avec des écarts à la moyenne respective de 52,5%, 49,1% et 94,2%. Toutefois, à Vélingara l'année la plus humide est survenue en 1963 avec un écart à la moyenne de 69,5%. Quant à l'année la plus sèche, elle apparaît en 2012 à Dabo avec un écart de 36,4% et à Kolda en 1980 avec 48,9%. Les stations de Vélingara et Kounkané enregistrent leur année la plus sèche en 2002 avec des écarts respectifs 39,7% et 42,4%. La période 1967-1968 marque le début de la sécheresse au niveau de nos quatre stations pluviométriques.

En outre, le calcul de cet indice nous a révélé ces séquences suivantes :

- Une séquence globalement humide, commune à l'ensemble des quatre stations, allant de 1951 jusqu'à la fin de la première moitié de l'année 1960. L'année est 1958 celle qui a enregistré le maximum pluviométrique à Dabo, Kounkané et Kolda avec respectivement des précipitations de 1567 mm, 1502 mm et 2152,2 mm. A Vélingara, c'est l'année 1963 qui a enregistré la plus grande quantité de pluie (1554,1mm). Toutefois, nous avons noté aussi des déficits pluviométriques à Vélingara en 1955 (963,4 mm), à Dabo en 1960 (994 mm), à Kounkané en 1959 et 1960 (952 mm et 979 mm).
- Une séquence sèche allant de 1968 au début des années 1990. A Dabo, l'année 1977 a reçu la plus faible quantité de pluie qui est de 664 mm, à Vélingara, l'année 1978 est le plus déficitaire avec 647 mm, à Kounkané l'année 1980 enregistre 677 mm et à Kolda c'est l'année 1968 qui est le plus déficitaire avec 761 mm.

À partir des années 1990, les sécheresses observées au niveau de nos quatre stations sont d'intensité moins fréquente et sont aussi moins sévères par rapport à celles des décennies 1970 et 1980. « La succession des années sèches a dépassé rarement deux années consécutives, tandis que celle des années humides a évolué inversement, passant d'une année à parfois 4 années consécutives (entre 2007 et 2010 à Dabo et Kounkané). » (Faye ,2018)



**Figure 16:** Écart moyen relatif de la pluviométrie annuelle de quelques stations du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda

### III. L'indice des précipitations standardisé (ISP)

L'ISP fait partie des indices les plus utilisés en hydrologie pour quantifier voire caractériser les déficits pluviométriques pour des échelles de temps multiples.

Ainsi, il permet de mesurer l'ampleur de la sécheresse en terme de sa fréquence, son intensité, sa durée entre autres. Autrement dit, il mesure l'ampleur de la sécheresse en termes de sévérité.

Sur ce, par souci de prudence on peut d'emblée s'aventurer à préciser ce que l'on entend par période de sécheresse. Elle n'est rien d'autre ici que quand l'ISP est nous seulement négative (valeur atteignant une intensité de -1 au moins) mais aussi se prolonge sur plusieurs années. L'apparition d'une valeur positive de l'ISP marque la fin de la période dite sèche.

Sa formule s'écrit :

$$ISP = \frac{(P_i - P_m)}{\sigma} \quad \text{Avec } \sigma \text{ l'écart type de la série}$$

Le calcul de l'ISP nous a permis de déterminer des classes en fonction de la sévérité de la Sécheresse.

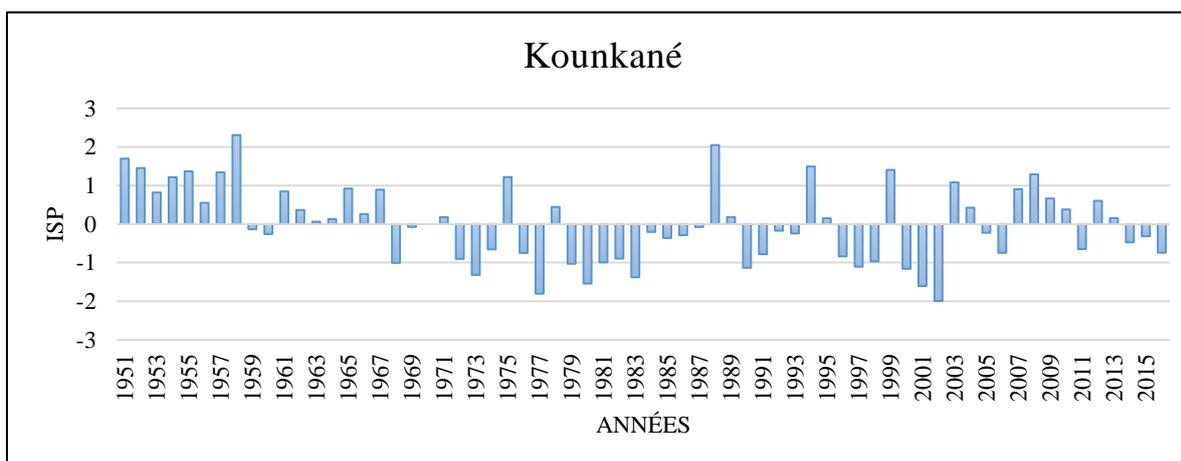
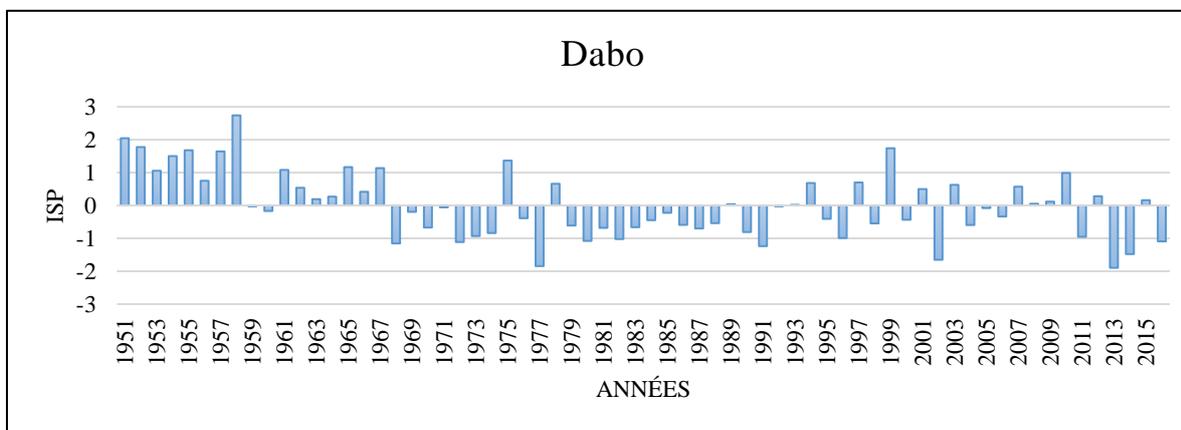
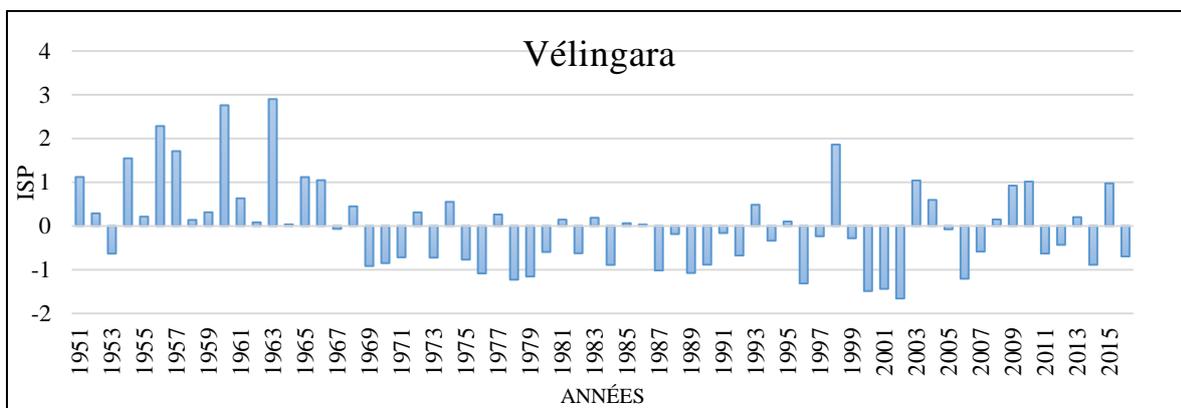
**Tableau 11: Interprétation des ISP de 1951 à 2016 des quatre stations**

Paramètres	Vélingara		Dabo		Kouankané		Kolda	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
Extrêmement humide	3	4,54	2	3,03	2	3,07	1	1,51
Sévèrement humide	3	4,54	5	7,57	1	1,53	2	3,03
Modérément humide	5	7,57	5	7,57	9	13,84	6	9,09
Légèrement humide	22	33,3	18	27,27	19	29,23	24	36,36
Légèrement sèche	23	34,84	26	39,39	23	35,38	21	31,81

Modérément sèche	9	13,63	7	10,60	7	10,76	9	13,63
Sévèrement sèche	1	1,51	3	10,60	4	6,15	3	4,54
Extrêmement sèche	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	66	100	66	100	65	100	66	100

En partant du calcul des ISP, on a confiné dans ce tableau les différentes séquences de sécheresse au niveau des quatre stations sur une période d'observation de 66 ans.

Ainsi, ce tableau nous révèle que les sécheresses que connaissent nos quatre stations sont caractérisées de légères. Leurs fréquences d'apparition sont variables selon les stations. Elles sont de 39,39% à Dabo, de 35,38% à Kounkané, de 34,84% à Vélingara et de 31,81% à Kolda. Au-delà de cette caractéristique, le tableau nous révèle aussi que nos stations ont connu des séquences de sécheresses jugées modérées avec 9 cas dénombrés à Vélingara et à Kolda et 7 cas à Dabo et à Kounkané. Des sécheresses de forme sévère sont aussi notées mais sont négligeables car leurs fréquences d'apparition est de 10,60% à Dabo, de 6,15% à Kounkané, de 4,54% à Kolda et seulement de 1,51% à Vélingara. Notre bassin ne connaît pas de sécheresse sévère. Les années 1977, 1980, 1991, 2001 et 2002 sont réputées très sèches. La station de Dabo a connu une sécheresse sévère en 2013 avec un ISP de -1,89 (figure 17). « Toutefois, quel que soit son degré de sévérité dans le bassin, la sécheresse qui a sévi de façon fréquente dans le passé (décennies 1970 et 80), s'estompe de plus en plus depuis les années 2000, malgré sa persistance sur certaines années comme 2012 et 2013 » (Faye, 2018).



***Figure 17: Indice Standardisé pluviométrique de quelques stations du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda***

**IV. Coefficient d'hydraulicité**

Ces différentes analyses effectuées ci-haut, nous permettent de glisser directement sur l'existence du couple pluie-débit dans le bassin de la Casamance en amont de Kolda.

« Le coefficient d'hydraulicité exprime le caractère humide ou sec de l'année hydrologique. Il représente le débit d'une année donnée ( $D_i$ ) sur le débit moyen interannuel calculé sur plusieurs années ( $D_m$ ). » (Faye, 2015).

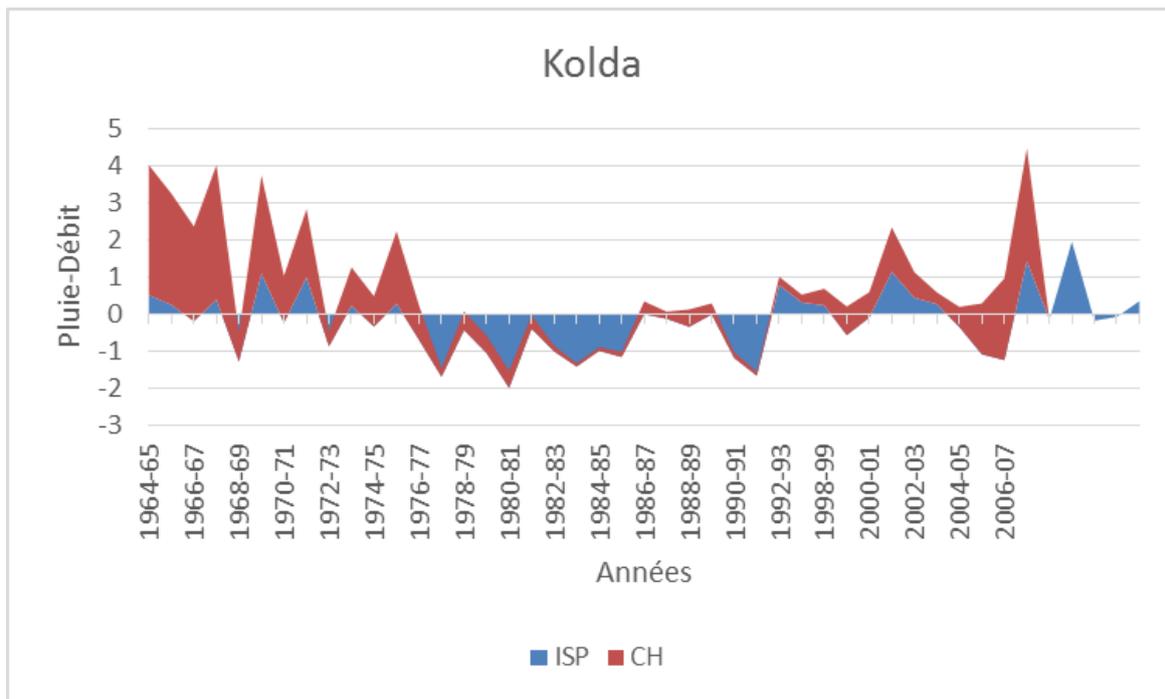
$$CH = \frac{D_i}{D_m}$$

L'interprétation des résultats du coefficient d'hydraulicité se fait comme suit. Pour un coefficient

Si  $CH > 1$ , c'est une année humide à écoulement important

Si  $CH < 1$ , c'est une année de faible hydraulicité, c'est à dire de faibles débits du cours d'eau ou du bassin versant.

Ainsi, le calcul de cet indice confirme les travaux de Faye en 2018 lorsque qu'il affirmait que l'analyse des CH sur une période allant de 1964 à 2008 montre que 27 années de notre série sont sèches au niveau de nos stations avec des CH inférieurs à 1 attestant ainsi les faibles débits notés dans le bassin eu égard au déficit pluviométrique caractérisé au cours du développement de ce chapitre. La figure 18 mettant en exergue la relation pluie-débit dans le bassin révèle que la Station de Kolda a connu une séquence humide de 13 années. Durant cette séquence, l'année la plus humide est notée en 1967-1968 donc la plus pluvieuse avec un coefficient de 3,61. La période 1976-1977 à 2000-2001 est marquée par de faible hydraulicité tous inférieur à 1, donc jugée de séquences sèche. La plus faible hydraulicité (avec comme coefficient 0,09) est enregistrée en 1983. Toutefois, durant cette longue période, précisons que les années 1986-1987, 1993-1994, 1998-1999 et 1999-2000 sont considérés comme légèrement humides.



***Figure 18: Couple pluie-débit à la station de Kolda***

### **Conclusion partielle**

Au regard de nos différentes analyses, nous pouvons confirmer que le bassin du fleuve Casamance en générale et en amont de Kolda en particulier est confronté à un déficit pluviométrique. L'analyse de la variabilité pluviométrique interannuelle, l'Interprétation des résultats de l'écart à la moyenne (qui nous a montré la succession des séquences sèches et humides dans le bassin), et des ISP (nous permettant de mesurer ainsi l'ampleur de la sécheresse) nous ont révélés la tendance à la baisse de la pluviométrie dans le bassin, attestant ainsi de l'existence de la sécheresse météorologique avancé par ces certains auteurs dont Faye en 2018. En revanche, cette dite sécheresse n'est pas restée figée dans le temps et n'a non plus les mêmes ampleurs, en réalité, la sécheresse de cette dernières décennie est moins sévère mais aussi s'étend rarement sur deux années consécutives.

## CHAPITRE II : LE REGIME MOYEN DE LA CASAMANCE ET SA VARIABILITE

Le régime hydrologique est le comportement des débits mensuels d'un cours d'eau. Il est la réponse d'un bassin versant aux facteurs physiques stables et aux aléas climatiques (Faye, 2013). Cependant, le régime d'un cours d'eau n'est pas statique et est sujet à des variations spatiales et temporelles élevées (Gomis, 2000). Une telle situation rend plus ou moins difficile la caractérisation ou la quantification de l'écoulement dans un bassin. Voilà pourquoi dans le cadre de notre étude, nous nous appesantirons sur une série de données allant de 1964 à 2008 pour nous permettre d'étudier le régime de la Casamance en amont de Kolda à travers les paramètres principaux tels que les modules, les crues, les étiages, la saisonnalité, les coefficients d'écoulement entre autres.

### I. Le régime fluvial dans le bassin de Kolda

Selon Faye l'étude du régime hydrologique se fera sur la base du calcul des coefficients Mensuels de débits (CMD) qui est le rapport entre le débit d'un mois considéré et le débit moyen annuel. Ils ont pour rôle de définir les périodes de hautes eaux et les périodes de basses eaux. Ainsi, d'après Pardé en 1968, un CMD supérieur ou égal à 1 est considéré comme période de hautes eaux et un CMD inférieur à 1 est assimilé à une période de basses eaux.

Ainsi, dans le cadre de notre étude, les CMD sont calculés sur la période 1964 à 2008. Ce tableau ci-dessus présente les coefficients mensuels de débits du bassin de la Casamance en amont de Kolda qui sont calculés sur la période 1964-2008.

$$C.M.D = Q \text{ d'un mois} / Q \text{ annuelle} \quad Q = \text{débit en m}^3/\text{s}$$

**Tableau 12: Période de basses eaux et de hautes eaux en fonction du coefficient mensuel de débits (CMD) à la station de Kolda**

Descripteur	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
Station Kolda	0,3 2	0,2 8	0,2 2	0,2 1	0,1 8	0,3 5	1,3 3	2,4 5	3,6 8	1,9 2	0,7 2	0,58	1,02
	Basses eaux						Hautes eaux				Basses eaux		

L'analyse des coefficients mensuels de débits du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda, rendu possible grâce à la station de Kolda, nous montre qu'on est en présence d'un régime tropical de transition. Ce tableau nous montre que nous avons une période de hautes

eaux qui dure quatre mois allant de juillet (CMD=1,33) à octobre (CMD=1,92) correspondant ainsi à la saison pluvieuse et de huit mois de basses eaux qui va de novembre (CMD=0,7) à juin (CMD=0,35). Ce régime est unimodal.

Ainsi dans PAPSEN en 2016, on nous dit que le régime hydrologique de la Casamance se calque dans sa grande ligne sur celui des précipitations, mais le parallélisme entre les précipitations et les débits est plus ou moins modifié par la taille du bassin qui décale d'un mois le maximum hydrologique, c'est-à-dire au mois de septembre par rapport au maximum pluviométrique qui est enregistré au mois d'août. Voilà pourquoi, la réduction de la pluviométrie a engendré la diminution de 20 à 55% des écoulements de surface, l'abaissement du niveau des nappes d'eau souterraines dans certaines zones du bassin et l'apparition des phénomènes environnementaux comme la progression de la désertification, les érosions hydriques, l'ensablement du lit, la prolifération et l'envahissement des plans d'eau par les végétaux flottant et une pollution d'origine diverse. (Thioune, 2015).

## **II. Le régime fluvial tropical de transition et sa variabilité dans le bassin de la Casamance**

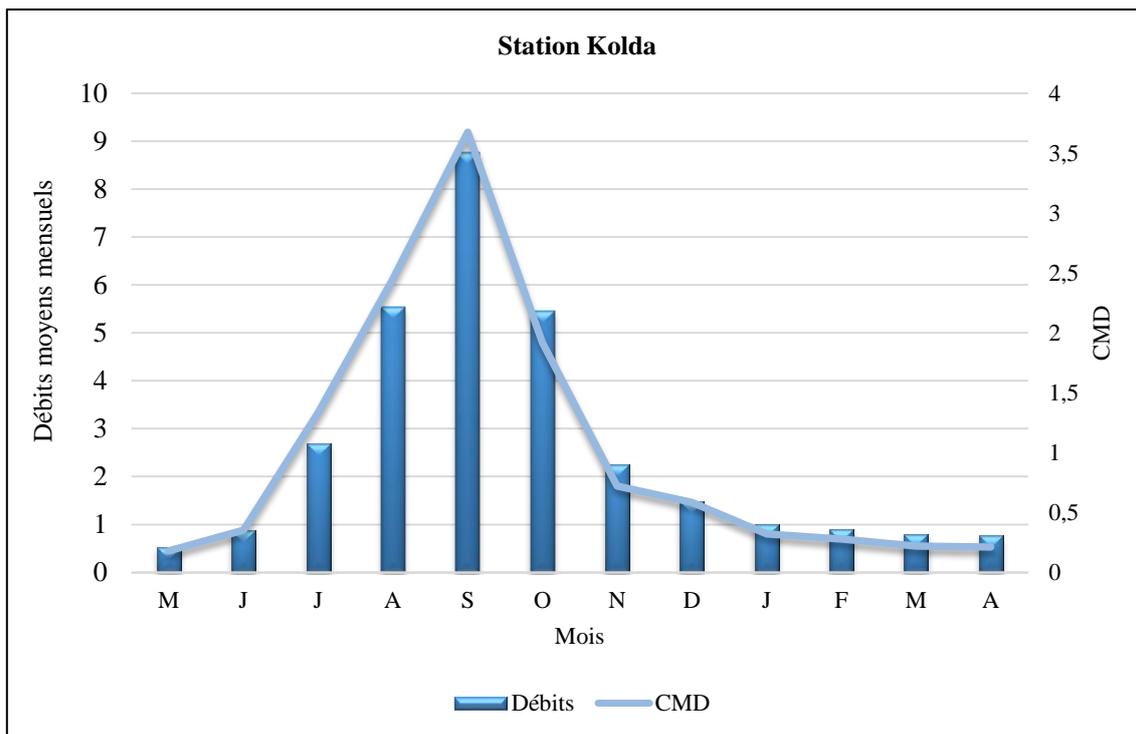
Selon Faye, l'analyse de l'écoulement dans le régime fluvial de transition du bassin, passe par l'étude du régime moyen, de sa variabilité et de l'évolution journalière.

### **I.1. Le régime moyen**

L'étude du régime fluvial de transition dans le bassin de la Casamance en amont de Kolda est faite à la station de Kolda. L'analyse des données du **tableau 11** montre une phase de montée et une phase de descente des eaux.

#### **□ Phase de montée des eaux**

La période de montée des eaux va de mai à septembre et coïncide avec la crue annuelle. La progression est la suivante (Figure 19.)



**Figure 19:** Évolution comparée des CMD et des DMM à la station de Kolda de 1964 à 2008

De mai à juin, le débit passe de  $0,53\text{m}^3/\text{s}$  à  $0,87\text{m}^3/\text{s}$  avec une évolution de  $0,34\text{m}^3/\text{s}$  soit 3,88%, faible augmentation eu égard au début de la saison des pluies en domaine sud-soudanien et la période qui correspond à la phase de rétention capillaire, c'est-à-dire la période où les nappes se remplissent.

**Tableau 13:** Évolution des débits moyens mensuels à la station de Kolda de 1964 à 2008

Station de Kolda	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	AN	R
Période	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	
Lacune	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
NB	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
Moyenne	0,53	0,87	2,69	5,53	8,77	5,46	2,26	1,49	1,00	0,90	0,80	0,77	2,59	
Évolution brute	- 0,24	0,34	1,82	2,84	3,24	3,31	3,2	0,77	0,49	0,1	0,1	0,03		
Évolution en %	- 2,74	3,88	20,75	32,38	36,94	37,74	36,49	8,78	5,59	1,14	1,14	0,34		
CMD	0,20	0,34	1,04	2,14	3,39	2,11	0,87	0,58	0,39	0,35	0,31	0,30	1	

De juin à juillet, le débit passe à  $0,87$  à  $2,69\text{ m}^3/\text{s}$ , avec une augmentation de 1,82%, soit 20,75%. Une telle augmentation est relativement importante mais reste encore timide. L'augmentation des précipitations conjuguées au début de saturation de l'atmosphère et des nappes souterraines explique cette hausse du débit.

De juillet à août, le débit passe de 2,69 m<sup>3</sup>/s à 5,53 m<sup>3</sup>/s avec une augmentation de 2,84 m<sup>3</sup>/s, soit 32,28%. Le bassin a enregistré une telle augmentation en raison des conditions climatiques à Kolda, le maximum pluviométrique est atteint en août (318,2 mm), les températures (27,46°C et au dixième) et l'évaporation (1,7 mm, au dixième) connaissent leur minimum.

D'août à septembre, le débit passe de 5,53 m<sup>3</sup>/s à 8,77 m<sup>3</sup>/s avec une hausse de 3,24 m<sup>3</sup>/s soit 36,94%. Cette augmentation s'explique par le fait que les débits les plus élevés sont observés au mois de Septembre (occasionnant le remplissage des nappes, la saturation du sol et par conséquent l'apparition de la crue), même si une baisse des pluviométries est observée. L'apparition de la crue en Septembre est en déphasage avec le maximum pluviométrique noté au mois d'août compte tenu des délais de rétention des sols, du temps de propagation de l'onde de crue, de l'organisation du drainage entre autres (Diallo, 2008).

#### □ **La phase de descente des eaux**

Entre septembre et octobre, nous notons une baisse de 3,31 m<sup>3</sup>/s, soit 37,74%. Une telle chute du régime s'explique par le fait que le FIT connaît un retrait brutal entraînant ainsi la diminution des précipitations. Cette période de décrue se prolonge jusqu'en novembre malgré qu'il y ait des pluies en octobre pouvant ainsi relancer les débits et assurer un écoulement important en novembre.

D'octobre à novembre, la décroissance des débits est de 3,2 m<sup>3</sup>/s, soit 36,49%. Le débit ne cesse de décroître, il diminue car le mois de novembre n'enregistre pas de pluie et qu'il appartient à la période des basses eaux. Cette période coïncide avec la phase de ressuyage des eaux, où les nappes superficielles se vident. Le ressuyage est favorisé par une forte température correspondant dans le bassin au maximum thermique (TX=41,4°C).

De novembre à décembre, les débits enregistrent une diminution. Ils faiblissent davantage avec une diminution nette de 0,77 m<sup>3</sup>/s soit 8,78%.

Le mois de janvier, février, mars et avril ont des débits très faibles presque nuls, tous inférieurs à 1 m<sup>3</sup>/s, avril étant le minimum annuel des débits. Ils correspondent à la période de tarissement, le ressuyage terminé seul le substratum peut assurer encore un débit au cours d'eau. Ceci dépend des lois de vidange des nappes aquifères du bassin.

### III. La variabilité du régime moyen

#### III.1. L'écoulement journalier

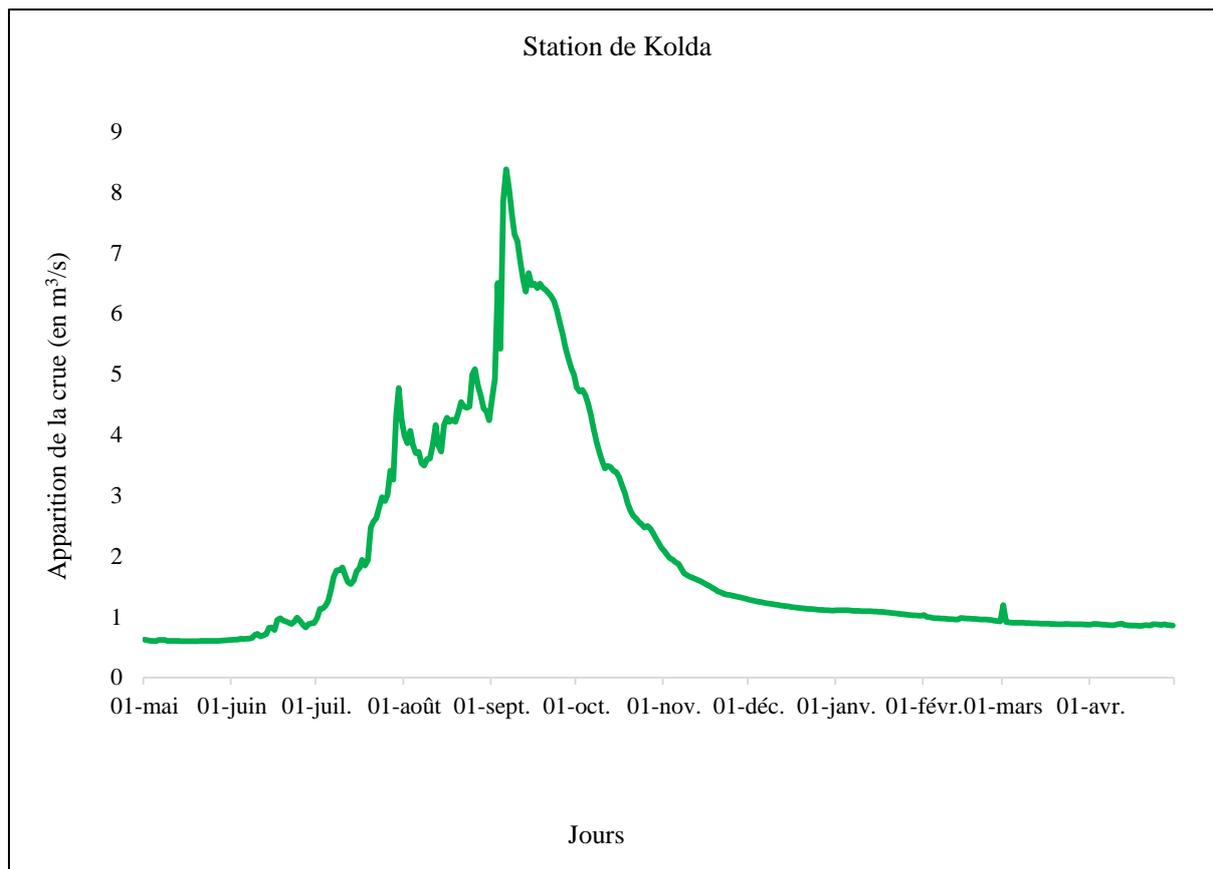
L'écoulement journalier en régime fluvial de transition à Kolda est analysé en année moyenne et en années extrêmes. Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques de l'écoulement journalier de ces trois années.

**Tableau 14:** *Caractéristiques des années du débit moyen, du débit le plus élevé et du débit le plus faible*

STATION DE KOLDA	Année moyenne	Année du débit moyen le plus élevé (1965-66)	Année du débit moyen le plus faible (1983-1984)
Nombre de jours d'écoulement	365	107	118
Lacunes	0	168	0
Q=0	0	24	248
Q<=1l/s.km <sup>2</sup>	0,7	4,8	0,6
Moyenne	2,7	17,7	0,2
Écart type	2,4	27,2	0,5
Coefficient de variation	1,2	1,5	2,0
Médiane	1,0	14,9	0,7
Maximum de la série	14,1	207	3,9
Minimum de la série	0,2	0,027	0,0
Écart entre maximum et minimum	13,9	206,9	3,9

#### III.1.1. L'année moyenne

Le débit moyen journalier enregistré à la station de Kolda est de 2,7m<sup>3</sup>/s. L'écoulement y est pérenne toute l'année.



***Figure 20: Hydrogramme des débits journaliers à Kolda (moyenne 1964-2008)***

Etant donné que la pluie est la principale source d’approvisionnement en eau de notre bassin et que cette dernière confrontée à des fluctuations (rareté, variabilité de sa durée), n’assure pas un écoulement moyen journalier considérable compte tenu des débits faibles. Ce fait s’est aggravé par l’état d’insalubrité et d’ensablement avancé du cours du fleuve en amont de Kolda, constituant ainsi un frein à la recharge de la nappe et occasionnant par conséquent un tarissement sévère.

- La courbe de montée

Notre hydrogramme de crue connaît une évolution sinueuse marquée par la prégnance de plusieurs fausses crues. Le maximum journalier (D<sub>MAX</sub>) est atteint le 06 septembre avec 3,9603m<sup>3</sup>/s, le minimum journalier (D<sub>MIN</sub>) est noté le 01 mai avec 0,6 m<sup>3</sup>/s. Comme la crue de tous les bassins ouest-africains, celle-ci est aussi médiocre avec une puissance de crue 0,06. La durée de montée est de 129 jours.

**Tableau 15: Caractéristique de la crue**

Crue			Moyenne
Date			06-sept
Valeurs			3,9603
Puissance de la crue			655,51352
Caractère de la puissance de la crue			Médiocre
Courbe de montée	Début	Date	01-mai
		Débit	0,62649999
	Fin	Date	06-sept
		Débit	3,9603
	Temps		129
	taux d'augmentation		99,998418

L'écart moyen journalier entre le minimum et maximum est relativement élevé et est de  $3,34\text{m}^3/\text{s}$ .

- La courbe de descente

La phase de montée s'achève avec le pic. Juste après ce pic, on note l'apparition d'une autre phase appelée : la phase de descente. Elle débute le 06 septembre et se termine le 19 avril (date à laquelle le fleuve Casamance en amont de Kolda enregistre son plus faible débit) avec un débit de  $0,85\text{ m}^3/\text{s}$ .

**Tableau 16: Caractéristique de l'étiage**

Étiage			1964-65
Date			19-avr
Valeurs			0,85274284
Courbe de l'étiage	Début	Date	06-sept
		Débit	3,9603
	Fin	Date	19-avr
		Débit	0,85274284
	Temps		225
	taux de diminution		99,9978468

La durée de l'étiage est égale à 225 jours. Du maximum au minimum journalier, on note un écart de  $3,11\text{m}^3/\text{s}$  soit un taux de diminution de 99,99%. La descente des eaux présente une pente plus redressée que la montée.

- **La courbe de tarissement**

Le tarissement est le type d'écoulement qui s'opère à partir de l'arrêt de la saison pluvieuse. Il représente la phase où le débit journalier connaît une baisse régulière. Ce débit ne dépend que des lois de vidange des nappes aquifères du BV car ce sont ces dernières qui assurent dorénavant l'alimentation du cours d'eau. Cette situation aura comme conséquence la diminution des réserves souterraines. Il commence le jour où la décroissance des débits est continue et s'exprime selon une loi exponentielle de la forme

$$Q = Q_0 e^{-kt}$$

Avec

Q : le débit à la fin du tarissement ;

Q<sub>0</sub>: le débit au jour où débute le tarissement ;

t : le nombre de jours entre Q<sub>0</sub> et Q ;

k : le coefficient de tarissement.

Le coefficient de tarissement est obtenu à partir de la formule suivante :

$$K = \frac{\text{Log}Q - \text{log}Q_0}{t}$$

Le tableau ci-dessus nous fait l'inventaire des dates d'apparition du début et de la fin du tarissement.

Cette dite courbe présente une décroissance continue compte tenu d'une baisse progressive du débit moyen journalier dépourvu de soutien des étiages. Dans notre bassin, le tarissement a démarré le 12 octobre avec un débit d'environ 3,43m<sup>3</sup>/s et s'est poursuivi jusqu'au 30 avril avec environ 0,9m<sup>3</sup>/s (cf. tableau 17). Ainsi notre bassin tarit-il pendant 200 jours avec un coefficient de tarissement de 0,005 m<sup>3</sup>/s soit un volume de soutien des nappes de 721,1m<sup>3</sup>.

***Tableau 17: Caractéristique du tarissement***

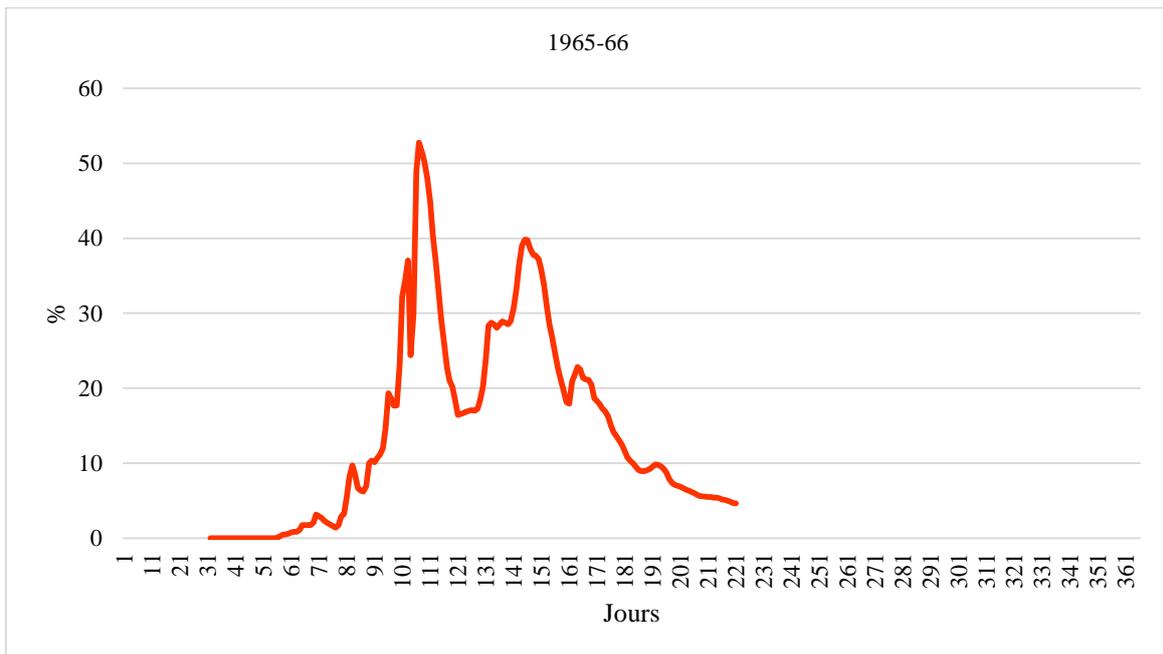
Tarissement			1964-65
Courbe de tarissement	Début	Date	12-oct

	Débit	3,48871427
Fin	Date	30-avr
	Débit	0,85725714
Temps		200
Coefficient de tarissement (K)		0,00483769
Volume de soutien des nappes		721,153118

Dans sa globalité, l'évolution des débits moyens journaliers est irrégulière compte tenu de la fréquence de l'apparition des fausses crues.

### III.1.2. L'année du débit moyen le plus élevé

L'année du débit moyen le plus élevé à la station de Kolda, est l'année hydrologique 1965-1966. Son hydrogramme se caractérise par l'irrégularité de son allure compte tenu d'une part de la présence de ses deux pics et d'autre part par l'importance de ses « fausses crues » (figure 21).



**Figure 21:** Hydrogramme journalier de l'année du débit moyen le plus élevé à Kolda (1964-2008)

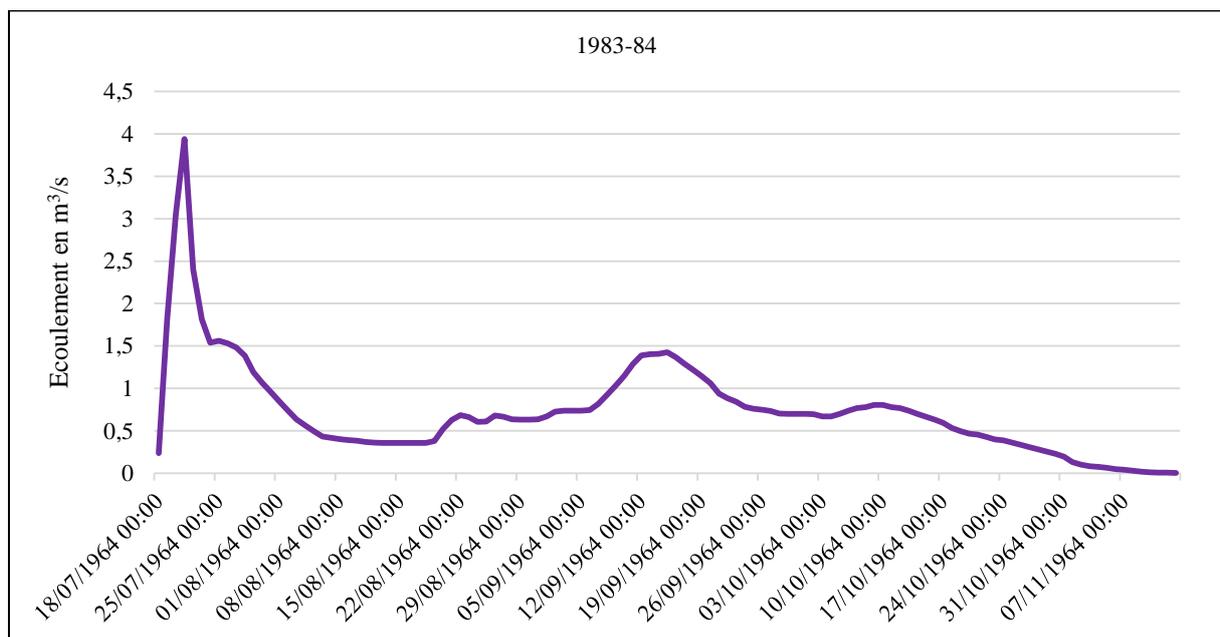
L'année 1965-1966 bien qu'étant celle qui enregistre le débit le plus élevé est marquée par un écoulement discontinu avec comme module  $17,66\text{m}^3/\text{s}$ . Elle ne compte que 107 jours d'écoulement et 24 jours de  $Q=0$  s'étalant du 01 juin au 24 juin. Elle enregistre deux maximums journaliers, l'une notée le 29 décembre et l'autre le 27 avril avec comme débits  $207\text{m}^3/\text{s}$

proportionnellement. Le minimum journalier est atteint le 25 juin avec  $0,027\text{m}^3/\text{s}$ , soit un écart de  $206,9\text{ m}^3/\text{s}$ .

- L'année du débit moyen le plus faible

L'allure de l'hydrogramme de l'année du débit moyen le plus faible (1983-1984) est irrégulier en raison de la présence de pics plus ou moins nombreux. Cependant, la véritable crue est apparue le 21 juillet, juste deux mois après le début de l'année hydrologique. L'écoulement commence le 18 juillet et s'annule le 14 novembre et se poursuit jusqu'au 30 avril. Le caractère sec de cette année s'explique par l'importance de jour où l'écoulement est nul : 248 jours mais aussi la faiblesse des écoulements. La durée de montée des eaux de l'année 1983-84 est très réduite et ne compte que 4 jours marqués par un seul pic au quatrième jour. La durée de la descente quant à elle est plus longue et est plus lente aussi et se réalise jusqu'au 13 novembre, coïncidant ainsi au dernier jour de l'écoulement.

Le débit moyen ( $0,2\text{m}^3/\text{s}$ ) et le débit médian ( $0,7\text{m}^3/\text{s}$ ) atteste de la sécheresse de cette année (Tableau 13).



**Figure 22:** Hydrogramme journalier de l'année du débit moyen le plus faible à Kolda (1964-2008)

#### IV. Bilan hydrologique

Pour une meilleure connaissance de la disponibilité en eau de surface, nous allons procéder à la détermination des apports. (PAPSEN, 2016). Seule une bonne connaissance des ressources superficielles permet d'apprécier la gravité des actions (climatiques et anthropiques) qui pèsent

sur elle. Afin de parvenir à cette connaissance de la disponibilité des ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda, nous allons procéder à l'analyse du bilan hydrologique. Le bilan hydrologique est la quantification de l'ensemble des entrées et sorties d'eau défini dans un espace alimenté en eau et dans un temps qui peut être l'année hydrologique. (Faye, 2009).

Cette analyse est importante en ce sens qu'elle se fonde essentiellement sur les entrées constituées en domaine tropical par les pluies, les sorties et les stocks. Il permet d'évaluer les ressources en eau de surface disponible dans un bassin versant donné. (PAPSEN, 2016). Le bilan hydrologique a pour formule :

$$P \text{ (mm)} = Q \text{ (mm)} + DE \text{ (mm)} + \Delta R$$

Où P (mm) : la lame d'eau moyenne ou pluie moyenne reçue par le bassin ; Q (mm) : la lame d'eau moyenne écoulée en mm égale au volume divisé par la superficie du bassin et est déduit à partir du module moyen annuel par la formule :

$$Q \text{ (mm)} = Q \text{ (m}^3\text{/s)} * t$$

Avec Q (m<sup>3</sup>/s) : le débit en m<sup>3</sup>/s ; A (Km<sup>2</sup>) : superficie du bassin ; t (s) : le nombre de seconde (dans l'année, le mois, le jour) de l'unité de temps considérée.

Outre la pluie, Sow, nous dit que les facteurs thermiques sont les derniers facteurs déterminants de l'écoulement moyen et que leur influence significative dans le bilan hydrologique est obtenue grâce au calcul du déficit d'écoulement qui est perçu par la valeur moyenne de l'évapotranspiration potentielle.

Ainsi, connaissant P (mm) = précipitation, et Q (mm) = lame d'eau écoulée, on a calculé la quantité d'eau que peuvent écouler les bassins à savoir le coefficient d'écoulement à l'aide de la formule suivante :

$$Ke \text{ (\%)} = Q * 100 / P$$

L'autre paramètre du bilan, est le volume total de l'eau écoulée pendant une année ou un mois (appelé indice d'écoulement). Il donne une idée sur la disponibilité moyenne annuelle et mensuelle en eau de surface par la relation suivante :

$$V \text{ (m}^3\text{/an)} = Q \text{ m}^3\text{/an} * t \text{ (s)}$$

**Avec V (m<sup>3</sup>) : Indice d'écoulement ; Q (m<sup>3</sup>) : Module moyen annuel ; t : temps en seconde**

L'ensemble de ces paramètres constitue le bilan hydrologique et définissent ce qu'on appelle l'abondance moyenne annuelle (PAPSEN, 2016). Naturellement chacun des termes du bilan peut être pondérés par divers paramètres climatiques et géographiques. De 1964 à 2008, les écoulements constatés au niveau du bassin supérieur de la Casamance sont faibles avec un débit moyen de **3,19 m<sup>3</sup>/s** ce qui correspond à un volume de **100744813 m<sup>3</sup>** (cf. tableau 18).

**Tableau 18: Quelques éléments du bilan hydrologique de la station de Kolda de 1964 à 2008**

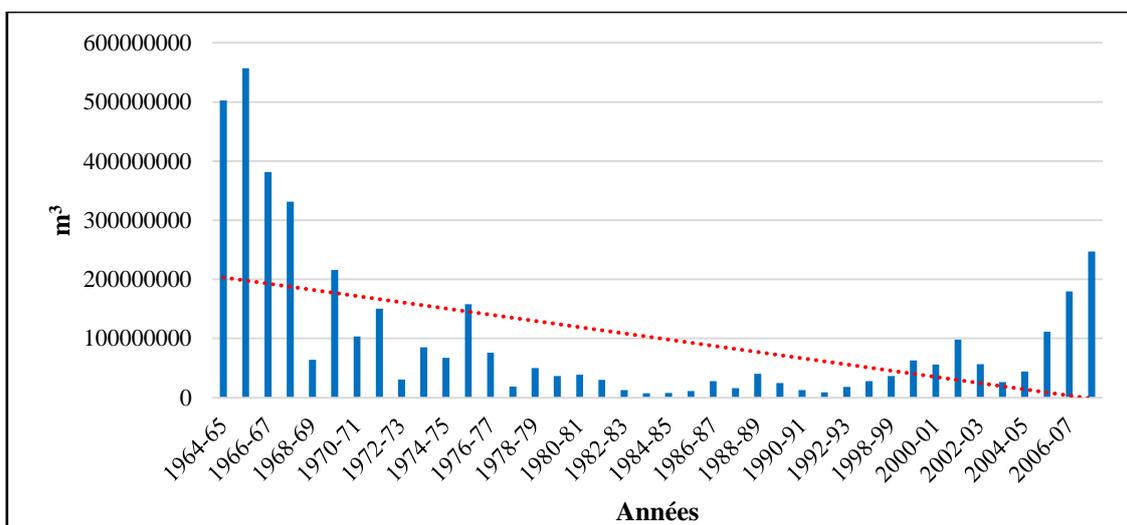
Années	Dm <sup>3</sup> /s	Qmm	Pmm	CE%	Demm	Vm <sup>3</sup> /an
1964-65	15,9	137,7	1072,3	12,8	934,6	502644888
1965-66	17,7	152,6	1200,6	12,7	1048,0	556930773
1966-67	12,1	104,5	1094,3	9,6	989,8	381470079
1967-68	10,5	90,8	1142,3	8,0	1051,4	331581147
1968-69	2,0	17,5	842,1	2,1	824,5	63984677,3
1969-70	6,8	59,1	1026,7	5,8	967,6	215572953
1970-71	3,3	28,3	732,1	3,9	703,8	103384944
1971-72	4,8	41,3	1051,1	3,9	1009,8	150654643
1972-73	1,0	8,4	869,9	1,0	861,5	30819461,8
1973-74	2,6	23,3	874,8	2,7	851,5	85044298
1974-75	2,1	18,4	946,5	1,9	928,1	67069555,2
1975-76	5,0	43,3	1125,2	3,8	1081,9	158018539
1976-77	2,4	20,8	849,3	2,4	828,5	75844897,2
1977-78	0,6	5,1	727,0	0,7	721,9	18532022,4
1978-79	1,6	13,6	974,7	1,4	961,1	49787771,2
1979-80	1,2	10,0	795,1	1,3	785,1	36437761,8
1980-81	1,2	10,6	711,0	1,5	700,4	38600292,9
1981-82	1,0	8,2	909,6	0,9	901,4	30046291,2
1982-83	0,4	3,5	814,4	0,4	810,9	12659760
1983-84	0,2	2,1	822,6	0,3	820,5	7514270,56
1984-85	0,3	2,2	866,1	0,3	863,8	7962780,2
1985-86	0,4	3,0	909,6	0,3	906,5	11078726,4
1986-87	0,9	7,7	972,6	0,8	964,9	28099008
1987-88	0,5	4,3	912,5	0,5	908,2	15714578,4
1988-89	1,3	11,0	1065,1	1,0	1054,1	40039153,8
1989-90	0,8	6,7	967,4	0,7	960,6	24544339,2
1990-91	0,4	3,5	785,5	0,4	781,9	12811996,8
1991-92	0,3	2,5	790,2	0,3	787,7	9107010,94
1992-93	0,6	5,0	1021,5	0,5	1016,5	18173436,6
1993-94	0,9	7,6	1051,4	0,7	1043,8	27598082,8
1998-99	1,2	10,1	1069,3	0,9	1059,2	36749607,3
1999-00	2,0	17,2	1179,4	1,5	1162,1	62844940,9
2000-01	1,8	15,4	826,7	1,9	811,3	56181135,7
2001-02	3,1	26,8	800,9	3,4	774,1	97966281,6
2002-03	1,8	15,4	651,4	2,4	636,0	56289686,4
2003-04	0,8	7,2	1258,8	0,6	1251,7	25992815,6
2004-05	1,4	12,0	1032,1	1,2	1020,0	43949244,7
2005-06	3,5	30,6	1128,8	2,7	1098,2	111580934

2006-07	5,7	49,1	880,5	5,6	831,4	179332618
2007-08	7,8	67,7	1054,9	6,4	987,2	247177100
Moyenne	3,2	27,6	945,1	2,7	917,5	100744813

La faiblesse des débits s'explique par la faible capacité d'écoulement du bassin avec un coefficient d'écoulement moyen de 2,72 %. Ainsi, c'est environ 2 % de la pluie moyenne reçue qui peut être écoulee par le bassin versant.

Ce résultat vient en appoint à l'affirmation de Malou (2004) qui soutient que « depuis les années 1970, avec le début du déficit pluviométrique, la Casamance fait face à une décroissance importante des débits avec des étiages absolus à partir des années 1980 (Malou R., Dacosta H. et al. 1999).

La figure 23 est une illustration de la tendance à la baisse du volume d'eau écoulee dans le cours du fleuve Casamance en amont de Kolda. Il nous montre que la période dite humide de notre série allant de 1964 à 1969 (c'est-à-dire avant celle de la sécheresse climatique) coïncide avec la période où l'écoulement est plus important dans le cours du fleuve Casamance en amont de Kolda. En revanche, à partir l'année 1970, nous constatons une baisse considérable des volumes d'eau écoulés combinée à une forte variabilité interannuelle dans notre bassin. Cette baisse est inhérente à certains paramètres climatiques à l'image de la pluviométrie (qui connaît une baisse et une variabilité en quantité et en durée) et de la température (qui est en hausse, favorisant ainsi l'évaporation dans le fleuve).



**Figure 23:** *Évolution interannuelle du volume d'eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda (1964-2008)*

### Conclusion partielle

L'analyse hydrologique des données de notre série couvrant la période 1964-2008, révèle que notre zone d'étude appartient au régime tropical de transition caractérisé par quatre mois de hautes eaux et est marquée par une forte variabilité de l'écoulement à l'échelle journalière, mensuelle et annuelle. Le régime de notre bassin a une alimentation exclusivement pluviale dont le maximum est pour la plupart du temps enregistré au mois de septembre tandis que le minimum pluviométrique est noté au mois de mai. Une phase de montée des eaux débute au mois de juin jusqu'à la pique en Septembre.

A l'échelle journalière, l'hydrogramme de crue de la série connaît une évolution sinueuse marquée par la prégnance de plusieurs fausses crues. Concernant les années extrêmes, celle 1965-66 est considérée comme l'année du débit moyen le plus élevé avec pour module 17,66 m<sup>3</sup>/s et celle 1983-1984 est considéré comme l'année du débit moyen le faible avec un module de 0,2m<sup>3</sup>/s. S'agissant de l'analyse du bilan hydrologique, une pluviométrie moyenne relativement importante par rapport au reste du pays est notée dans notre zone d'étude. Cependant la lame d'eau écoulée y est faible compte tenu de la faiblesse des pentes, de l'évaporation importante et de l'ensablement du cours du fleuve. Une forte variabilité du volume d'eau est aussi notée attestant ainsi de la variabilité du bilan hydrologique entre les années hydrologiques.

### **CHAPITRE III : L'ANALYSE DE L'ÉCOULEMENT EXTREME DANS LE BASSIN**

L'étude des ressources en eau d'un bassin fluvial, qu'il soit relatif à leur caractérisation ou leur quantification, ne peut se faire sans une étude parallèle des extrêmes hydrologiques tels que la crue et l'étiage. Une telle étude est une nécessité pour la caractérisation de l'écoulement du bassin de la Casamance à Kolda. Compte tenu du fait que cette dernière subit d'importantes perturbations tant du point de vue climatique qu'anthropique.

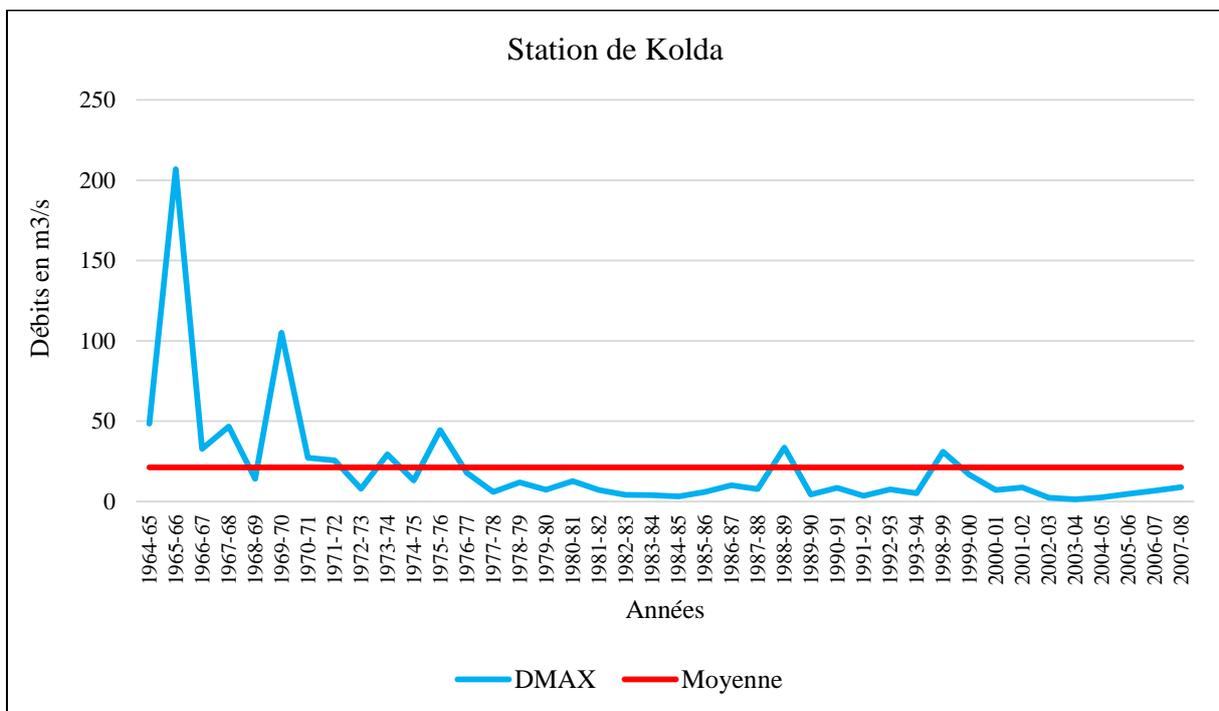
#### **I. Les crues**

La crue est la valeur la plus élevée atteinte par l'écoulement chaque année et toujours dans la période des hautes eaux en domaine tropical (Bodian, 2014). La crue et les hautes eaux sont différentes d'ailleurs plusieurs auteurs le confirment par leur fréquence, leur durée et les valeurs de débits écoulés Faye, 2013, Bodian 2014).

D'après Faye en 2013 « la crue intervient donc au moment où les conditions favorables pour l'écoulement sont réunies : sols et atmosphère saturés, évaporation et températures faibles, précipitations élevées. ».

A la station de Kolda, exutoire du bassin, les hauts-eaux se concentrent sur trois mois (Août - Septembre et Octobre) même si le CMD du mois de Juillet est déjà proche de l'unité. Ce retard à Kolda s'explique par la faiblesse de la pente longitudinale du cours de la Casamance ce qui a pour conséquence un retard énorme sur le transfert de l'onde de crue (BRUNET- MORET, 1970).

Dans le bassin de la Casamance à Kolda, l'évolution interannuelle de la crue est irrégulière. Pour mettre en évidence la grande variabilité de la crue dans le bassin, les DMAX des années du débit moyen le plus élevé et du plus faible des stations sont analysées et comparées.



**Figure 24:** *Évolution interannuelle des DMAX à la station de Kolda de 1964-2008*

### I.1. Les crues en régime fluvial tropical de transition

L'analyse des débits maximaux journaliers de l'année (DMAX) en régime fluvial de transition à Fadougou est faite en année moyenne et en années extrêmes. Le **Tableau 19** présente les caractéristiques des crues de la station de Kolda.

**Tableau 19:** *Caractéristiques des années de la crue moyenne, de la crue la plus élevée et de la crue la plus faible*

Station de Kolda	Année moyenne	1965-1966 l'année du DMAX le plus élevé	1965-66 l'année du module annuel le plus élevé	1983-84 l'année du module annuel le plus faible
DMAX en m <sup>3</sup> /s	10,45	207	207	0,24
DMAX L/s/km <sup>3</sup>	2,86	56,71	56,71	0,07
Puissance A de la crue	0,17	3,43	3,43	0,0039
Date d'apparition du DMAX	06-sept	29-déc	29-déc	30-oct
Nombre de jours d'écoulement de l'année	129	243	243	183
Nombre de jours où Q>1l/s/km <sup>2</sup>	100	142	142	0

## I.2. La crue moyenne

La crue moyenne est étudiée avec les dates d'apparitions du DMAX qui sont concentrées sur les quatre mois de hautes eaux (juillet à octobre). « Au cœur de la saison pluvieuse, l'air et les sols sont saturés d'humidité et les températures, l'insolation et l'évaporation sont minimales » (Faye 2013). Les mois de juillet, août, septembre, octobre et décembre sont ceux qui enregistrent les DMAX.

**Tableau 20: Fréquence d'apparition de la crue à la station de Kolda de 1964 à 2008**

Descripteurs	Du 1 <sup>er</sup> au 10 juil	Du 11 au 20 juil	Du 21 au 31 juil	Du 1 <sup>er</sup> au 10 août	Du 11 au 20 août	Du 21 au 31 août	Du 1 <sup>er</sup> au 10 sept	Du 11 au 20 sept	Du 21 au 30 sept	Du 1 <sup>er</sup> au 10 oct	Du 11 au 20 oct	Du 21 au 31 oct	Du 21 au 31 déc	Total
Nombre	1	1	5	1	3	4	6	3	7	2	1	0	1	35
Fréquence en %	2,86	2,86	14,29	2,86	8,57	11,43	17,14	8,57	20	5,71	2,86	0	2,86	100
Somme mensuelle	7			8			16			3			1	35
Fréquence mensuelle	20			22,86			45,71			8,57			2,86	100
Caractéristiques	Précoce					Normale				Tardive				

Les dates d'apparition des DMAX varient entre la première décade du mois de juillet et la dernière décade du mois de décembre (Tableau 20). Le nombre le plus élevé se trouve au mois de septembre avec 16 apparitions, soit une fréquence de 45,71 %, suivi du mois d'août avec 8 apparitions, soit 22,86%, et du mois d'octobre avec une fréquence de 20 %. La troisième décade du mois de septembre présente la plus grande fréquence avec 7 apparitions soit 20% suivie de

la première décade de septembre avec 6 apparitions soit 17,14 % et de la troisième décade de juillet avec 5 apparitions soit 14,29 %. Les autres décades enregistrent de faibles fréquences.

### I.3. La crue de l'année du débit et du module les plus élevé

Le tableau 20 nous fournit des renseignements sur les caractéristiques hydrologiques et pluviométriques de l'année 1965-66, qui est celle qui enregistre le débit journalier le plus élevé et le module annuel le plus élevé.

En effet, à la station de Kolda, l'année 1965-1966 a une pluviométrie excédentaire de 1,12 % par rapport à la moyenne avec un total de 1178,2 mm. Le mois d'août enregistre le maximum pluviométrique avec 468,70mm. La saison pluvieuse démarre en mai (début précoce) et se termine en novembre (fin normale).

**Tableau 21: Évolution de la crue et de la pluviométrie de l'année du débit et du module le plus élevé (1965-1966)**

Station de Kolda	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	AN	Écart moyen	Écart en %
1965-66	0	0,09	4,41	28,59	29,18	18,29	7,45	4,26	0	0	0	0	7,75	8,83	0,09
Évolution brute	0	0,09	4,32	24,18	0,59	10,89	10,84	3,19	4,26	0	0	0			
Évolution en %	0	0,31	14,80	82,86	2,02	42,24	37,32	10,93	14,59	0	0	0			
CMD	0	0,01	0,57	3,7	3,8	2,4	1,0	0,6	0	0	0	0	1		
Pmm à Kolda en 1965	1,4	58,5	219,3	468,7	277,3	102,2	50,8	0	0	0	0	0	1178,2	112,46	1,12

L'année hydrologique 1965-66, compte quatre mois à CMD supérieur à 1, à la station de Kolda en régime tropical de transition. Le mois de septembre enregistre le débit maximum mensuel avec 28,59 m<sup>3</sup>/s, en revanche, il augmente seulement de 0,59m<sup>3</sup>/s.

Cette année connaît 4 jours de débit supérieur ou égal à 1l/s.km<sup>2</sup>. L'écoulement commence le 25 juin (0,027 m<sup>3</sup>/s), s'arrête le 27 avril (207 m<sup>3</sup>/s) et enregistre deux DMAX le 29 décembre, l'autre le 27 avril avec comme Q=207m<sup>3</sup>/s.

### I.4. La crue de l'année du module annuel le plus faible

À la station de Kolda, l'année 1983 est marquée par un excédent pluviométrique presque nul : 0,73 mm seulement avec un total annuel de 723,4mm. L'hivernage débute timidement au mois de mai avec

16,1mm (début précoce), et se termine en octobre avec 32,5 mm. Le maximum pluviométrique est noté en juillet avec 374 mm.

L'année 1983, compte également quatre mois de CMD supérieur à 1 allant de juillet à octobre car on est en régime tropical de transition. Elle enregistre son maximum mensuel au mois de septembre avec 4,09 m<sup>3</sup>/s.

**Tableau 22: Évolution de la crue et de la pluviométrie de l'année du débit le plus faible**

Station de Kolda	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	AN	Écart Moyen	Écart en %
1983-1984	0	0	0,77	0,52	0,97	0,56	0,02	0	0	0	0	0	0,24	0,313	0,003
Évolution brute	0	0	0,77	-0,25	0,45	0,41	0,54	0,02	0	0	0	0			
Évolution en %	0	0	79,38	-25,77	46,39	42,26	55,67	2,06	0	0	0	0			
CMD	0	0	3,26	2,20	4,09	2,36	0,09	0	0	0	0	0	1		
Pmm à Kolda en 1983	16,1	54,4	374	109,6	136,8	32,5	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	723,4	73,26	0,73

L'écoulement de l'année hydrologique 1983-84 débute le 18 juin avec 0,23 m<sup>3</sup>/s et se termine le 13 novembre avec 0,003 m<sup>3</sup>/s. Son DMAX est apparu le 21 juillet, enregistrant ainsi un débit de 3,938 m<sup>3</sup>/s.

Ces statistiques attestent l'existence de la faiblesse de l'écoulement concernant l'année 1983-84.

## II. L'étiage

Se confinant dans la période de basses eaux, l'étiage est un phénomène extrême de l'écoulement qui survient, en saison sèche. En domaine tropical de transition l'étiage est la réponse à une évaporation forte, combinée à des températures élevées.

« Sow (2007) définit l'étiage comme la période étalée sur plusieurs jours ou mois et qui connaît un écoulement faible. Ces débits diminuent jusqu'au débit minimal journalier de l'année. » (Faye, 2013).

Les étiages sont caractérisés par leurs dates d'apparition, le débit minimal, le volume et la durée. Nous appelons DMIN, le débit journalier minimum absolu de l'année.

Ce tableau nous fournit les dates d'apparition du DMIN et leurs fréquences. En régime tropical de transition auquel appartient notre bassin, la date d'apparition normale du DMIN est positionnée entre le mois d'avril et le mois de mai avec respectivement 15% et 12,5% des fréquences d'apparition et plus précisément dans la troisième décade d'avril (6 apparitions) et la première décade de mai (4 apparitions). Toutefois, ces résultats ne seront pas adoptés par le tableau car les données de débits journaliers contiennent des lacunes au niveau des deux mois : avril et mai (pour être plus concis sur la date d'apparition des DMAX). Le DMIN est apparu plusieurs fois en juin (11 fois date d'apparition qui est tardive) et en mars (7 fois date d'apparition qui est précoce) mais n'apparaît qu'une (1) seule fois au mois de juillet et de novembre. Il apparaît respectivement 2 fois, 3 fois, et 4 fois en décembre, janvier et février.

**Tableau 23: Fréquence d'apparition de l'étiage à la station de Kolda de 1964 à 2008**

Descripteurs	Du 11 au 20 nov	Du 11 au 20 dec	Du 21 au 31 dec	Du 1er au 10 janv	Du 11 au 20 janv	Du 21 au 31 janv	Du 1er au 10 fevr	Du 11 au 20 fevr	Du 21 au 29 fevr	Du 1er au 10 mars	Du 11 au 20 mars	Du 21 au 31 mars	Du 1er au 10 juin	Du 11 au 20 juin	Du 21 au 30 juin	Du 11 au 20 juil	Total
Nombre	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	1	4	6	1	1	29
Fréquence en %	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	7	3,4	10,3	10,3	3,4	14	21	3,4	3,4	100
Somme mensuelle	1	2		3			4			7			11			1	29
Fréquence mensuelles	3,4	6,9		10,3			13,8			24,1			37,9			3,4	100
Caractéristiques	très précoce						Précoce			Normale			Tardive			très tardive	

### III. Le tarissement

Ainsi, constatons-nous qu'à l'image de la variation annuelle de la crue et de l'étiage, le tarissement connaît lui aussi une variation annuelle de ses dates d'apparition de début et de fin. Sur ce, le début du tarissement concerne 11 décades qui va du mois de septembre au mois d'avril avec : 4 apparitions dans la seconde et dernière décade de septembre soit 9,5%, 17 apparitions en octobre soit 40,5%, 5 apparitions durant la première et la seconde décade de novembre soit 11,9%, une seule apparition soit 2,4% dans la deuxième décade de décembre, 3

apparitions en janvier soit 7,1% , 3 apparitions en février (2 pour la première décade et 1 pour la seconde) soit 7,1%, 6 apparitions en mars ( 4 lors de la première décade et 2 lors de la seconde) soit 14,3% et enfin 3 pour le mois d’avril avec 2 apparitions pour la première décade et une pour la dernière soit 7,1%.

13 décades sont enregistrées pour caractériser la fin du tarissement, s’étalant ainsi de novembre à avril. Une seule apparition est notée au mois de mai soit 2,9%, 4 apparitions au mois de décembre (11,8%), 2 apparitions en janvier (lors de la seconde et la dernière décade avec chacune une apparition) soit 5,9%, 6 apparitions en février soit 17,6%, 9 apparitions en mars soit 26,5% et 12 apparitions en avril soit 35,3%. Avril est le mois qui correspondrait dans notre station au mois normal de fin de tarissement, cependant novembre et décembre seraient les mois qui correspondraient aux fins qui sont caractérisées de très précoces

**Tableau 24: Fréquence d’apparition du tarissement à la station de Kolda de 1964 à 2008**

Date d'apparition du tarissement																		
Descripteurs	Du 11 au 20 sept	Du 21 au 30 sept	Du 01 au 10 oct	Du 11 au 20 oct	Du 21 au 31 oct	Du 01 au 10 nov	Du 11 au 20 nov	Du 10 au 20 déc	Du 01 au 10 janv	Du 11 au 20 janv	Du 21 au 31 janv	Du 01 au 10 fev	Du 11 au 20 fev	Du 1er au 10 mars	Du 11 au 20 mars	Du 1er au 10 avril	Du 20 au 30 avril	Total
Total décade	1	3	2	8	7	3	2	1	1	1	1	2	1	4	2	1	2	42
Fréquence en %	2,4	7,1	4,8	19,0	16,7	7,1	4,8	2	2,4	2,4	2,4	4,8	2	10	4,8	2	5	100
Total mensuel	4		17			5		1	3			3		6		3		42
Fréquence mensuelles	9,5		40,5			11,9		2,4	7,1			7,1		14,3		7,1		100
Date de fin du tarissement																		
Descripteurs	Du 11 au 20 nov	Du 01 au 10 dec	Du 11 au 20 dec	Du 21 au 31 dec	Du 11 au 20 janv	Du 21 au 31 janv	Du 01 au 11 fev	Du 11 au 20 fev	Du 21 au 28 fev	Du 01 au 10 mars	Du 11 au 20 mars	Du 21 au 30 mars	Du 21 au 30 avril	Total				
Total décade	1	1	1	2	1	1	3	2	1	4	4	1	12	34				
Fréquence en %	2,9	2,9	2,9	5,9	2,9	2,9	8,8	6	2,9	11,8	11,8	2,9	35	100				
Total mensuel	1	4			2		6			9			12	34				
Fréquence mensuelles	2,9	11,8			5,9		17,6			26,5			35,3	100				

### Conclusion partielle

Ainsi, rappelons-nous que le régime constitue l’ensemble des variations inter-mensuelles des débits durant l’espace de temps que constitue l’année hydrologique. (Diallo, 2008). Une année hydrologique, compte tenu de son mode d’alimentation exclusivement pluvial des cours d’eau

tropicaux, débute en mai et se termine en avril (Faye, 2013). Dans le bassin de la Casamance en amont de Kolda comme dans l'ensemble des bassins fluviaux tropicaux, elle compte huit mois d'une année légale et quatre mois de l'année suivante (Faye, 2013).

La pluie constitue le phénomène météorologique essentiel à la connaissance du régime hydrologique, surtout les précipitations annuelles conditionnant ainsi fortement le volume d'eau total écoulé dans les cours d'eau. Cette réalité atteste le fait que l'on dise que la pluie est la principale source d'alimentation des cours d'eaux ouest-africains et la période des basses-eaux correspond à la période de la saison non pluvieuse.

## **QUATRIEME PARTIE**

### **IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIO-ECONOMIQUES DE LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA**

La disponibilité et la variabilité en eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda a bel et bien des répercussions tant sur l'environnement que sur les activités socio-économiques. Cette partie nous propose une étude détaillée de ces différents impacts qui se fera en deux temps. Primo, elle va montrer les conséquences du comportement du fleuve sur le capital hydrique de la zone, sur les ressources halieutiques et sur la végétation. Secundo, elle nous fera découvrir les nombreuses difficultés qui freinent certaines activités économiques comme l'agriculture, la pêche et le tourisme entre autres.

## **CHAPITRE I : IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIO-ECONOMIQUES DE LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA**

Dans notre zone d'étude, le fleuve Casamance compte tenu de tous les problèmes qui pèsent sur lui a des impacts environnementaux et socio-économiques. De tels impacts pour la plupart du temps négatifs sont perceptibles tant sur les ressources fauniques, hydriques, la santé de la population, la qualité de la végétation que sur les activités agricoles, de pêche, touristiques entre autres. Ce chapitre fera l'objet d'une étude détaillée de ces dits impacts.

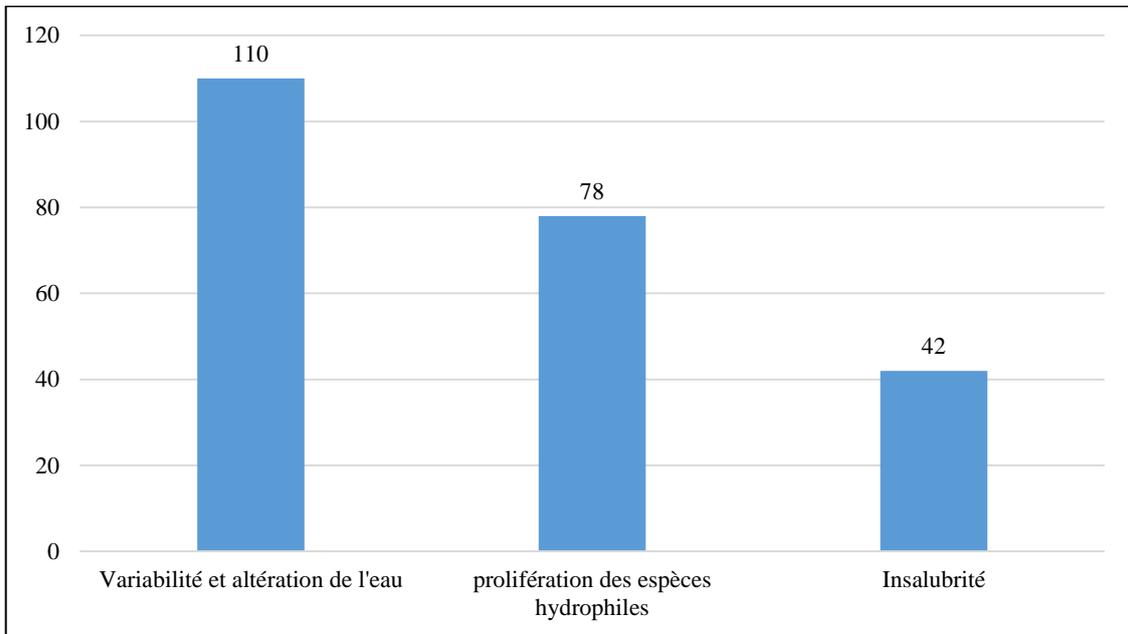
### **I. Impacts environnementaux de la dynamique des ressources en eau**

Cette première partie de ce chapitre nous renseigne sur les impacts environnementaux de la dynamique des ressources en eau de notre bassin. En effet, cette dite dynamique impacte gravement sur la qualité des eaux de surface, la végétation riveraine, les ressources animales en générale et halieutiques en particuliers.

#### **I.1. Impacts de la dynamique des ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda sur la disponibilité en eau de la zone**

Le changement de certains paramètres climatiques (à l'image de la pluviométrie et de la température) combinés aux actions anthropiques a causés bon nombres de problèmes sur l'environnement de notre zone d'étude dont la réduction du volume d'eau dans le bassin de la Casamance à Kolda, créant ainsi d'énormes changements au niveau des différentes ressources

hydriques. Chose qui est une véritable nuisance pour l'environnement car l'a expliqué Mbaye en 2007, « les ressources hydriques permettent le développement de l'agriculture en même temps qu'elles peuvent concourir à la satisfaction des besoins en eau des populations et du bétail, et au maintien de la biodiversité ».



**Figure 25:** Impacts environnementaux de la dynamique des ressources en eau sur la zone

### **I.1.1. Disponibilité des ressources en eau superficielle dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda**

D'après nos enquêtes réalisées auprès de 230 ménages, situé dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda, on se rend compte que la presque totalité de cet échantillon juge les ressources en eau superficielles insuffisantes. On constate qu'ils sont mal dotés en matière de ressources superficielles.

Le fleuve Casamance qui était jadis en bon état, et avait de l'eau pendant toute l'année et par conséquent assurait l'économie de Kolda à travers les chaloupes qui transportaient l'arachide de Ziguinchor à Kolda pour sa transformation, s'est vu de nos jours diminuer de volume, ensabler, eutrophiser. À ce propos, la population du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda se trouve confrontée à des problèmes d'insuffisance en eau de surface (cf. photo 7).



***Photo 6: Le chenal principal s'amincit de jour en jour près du quartier Ndiobène (Ndiaye, Octobre, 2019)***

En revanche, il serait important de préciser que même si l'eau est présente (en petite quantité bien sûr elle n'est pas convoitée par toute la population. La majeure partie d'entre elle la juge insalubre et ne l'utilise ni de manière directe (aller s'y rafraîchir pour diminuer la chaleur) ni de manière indirecte (ressources halieutiques et produits maraîchers arrosés par cette eau).

Par ailleurs, le fleuve Casamance en raison de son écoulement temporaire et qui va jusqu'à tarir complètement créent d'énormes problèmes pour le peu de pêcheurs (raréfaction de certaines espèces halieutiques dans le cours du fleuve de notre zone d'étude.

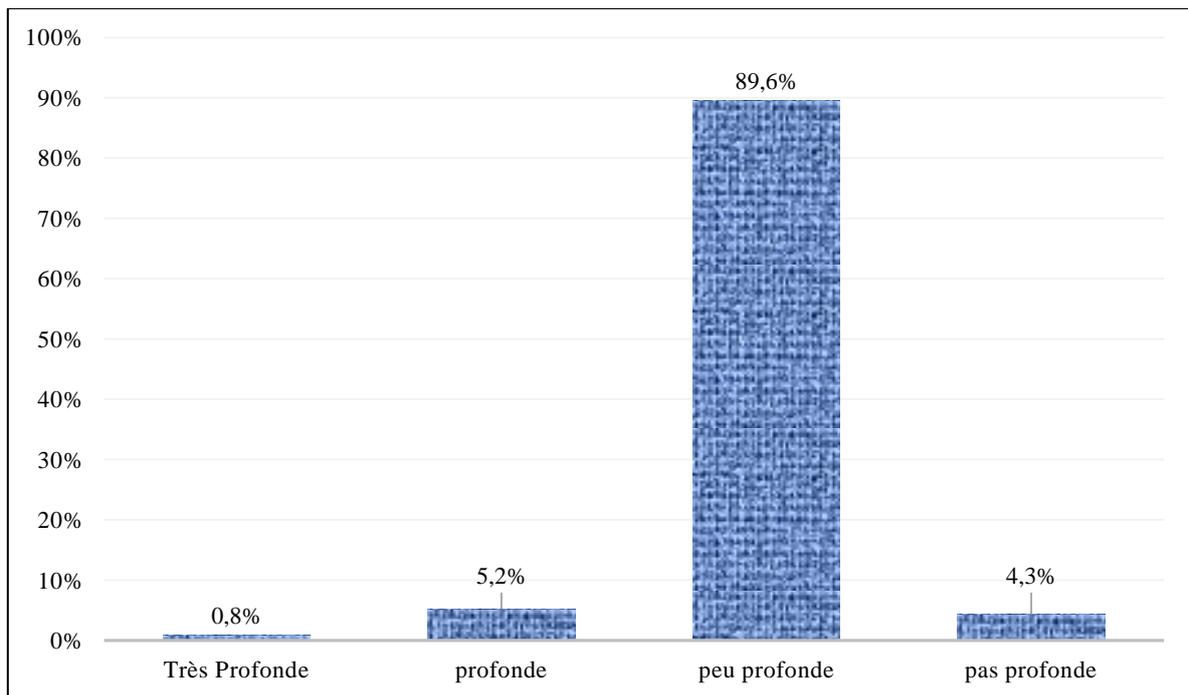
### **I.1.2. Disponibilité des ressources en eau souterraine dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda**

D'après notre population cible, les ressources en eau souterraine sont abondantes dans les zones qui jouxtent le fleuve en raison de la nappe proche, de sorte que les puits sont généralement de deux à cinq mètres de profondeur.



***Photo 7: Moyen d'exploitation des eaux souterraine dans presque toutes les maisons (Ndiaye, Octobre, 2019)***

Ainsi, dans nos quartiers et villages enquêtés, 4,3%, des populations soutiennent que la nappe n'est pas du tout profonde, 89,6% disent que la nappe est peu profonde. Toutefois 5,2% estiment qu'elle est profonde et 0,8% disent que la nappe est très profonde.



***Figure 26: Profondeur de la nappe du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda selon la population (source : Enquêtes Ndiaye, 2019)***

La qualité de l'eau de la nappe est relativement bonne et la presque totalité de la population l'utilise pour différents usages.

En revanche, au fur et à mesure que les quartiers et villages de notre zone d'étude s'éloignent du fleuve, l'eau des puits diminue.

Cette situation est aggravée par le fait que le maraîchage ainsi que les constructions riveraines favorisent la sédimentation du fleuve et par conséquent ralentissent l'alimentation des nappes à travers l'infiltration.

Ainsi, ces facteurs anthropiques qui ont causé la dynamique des ressources en eau impactent sur la disponibilité des ressources en eau souterraines occasionnant la baisse du niveau piézométrique.

Précisons que ce n'est pas seulement la baisse du niveau des puits dans les quartiers plus ou éloignés du cours du fleuve qui est la conséquence de la réduction du volume d'eau dans le bassin du fleuve Casamance à Kolda.

En effet, d'après nos enquêtes, certaines personnes enquêtées nous disent qu'elles notent des changements du goût de l'eau des puits, elles soutiennent que l'eau est parfois salée et n'a pas un goût agréable. Sur ce, elles sont obligées de la filtrer ou d'y mettre de l'eau de javel avant de l'utiliser. Cette situation peut être due au fait que l'eau de pluie soit contaminée avant son infiltration compte tenu des l'insalubrité et l'ensablement du cours du fleuve. En d'autres termes, les conséquences des actions anthropiques sont nombreuses, on peut citer entre autres, l'accentuation du tarissement déjà noté, avec l'imperméabilité des sols qui empêche ou ralentissent l'infiltration des eaux de pluie.

**Tableau 25: Altération de la qualité de l'eau des nappes**

Profondeur de la nappe/Changement qualité eau	Non réponse	Oui	Non	Total
Non réponse	0	1	0	<b>1</b>
Très profonde	0	1	0	<b>1</b>
Profonde	0	7	5	<b>12</b>
Peu profonde	3	129	74	<b>206</b>
Pas profonde	0	8	2	<b>10</b>
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>146</b>	<b>81</b>	<b>230</b>

Par ailleurs, l'eutrophisation du fleuve provoque une contamination de la nappe, altérant ainsi la qualité des ressources en eau souterraine perceptible au niveau des puits.

## **I.2. L'insalubrité qui empêche l'épanouissement des ressources halieutiques**

« Les fleuves et rivières tropicaux, du fait de leur grande richesse faunistique, constituent des laboratoires du plus grand intérêt pour l'étude de l'écologie des communautés animales », cette thèse de Bernard de Maronna mérite d'être relativisée en ce sens qu'il existe des fleuves qui en constituent l'exception. Citons à cet égard le fleuve Casamance à Kolda.

Le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda est dépourvu de cette dite richesse. Le stade d'insalubrité avancé du fleuve n'autorise pas l'existence d'une diversité de ressources halieutiques. Le peu de poisson que l'on retrouve dans la zone (en l'occurrence le tilapia) est réputé de qualité mauvaise eu égard à leur couleurs et leurs odeurs nauséabondes). Les poissons qui existent dans cette partie du fleuve Casamance ont une couleur différente et dégagent une odeur nauséabonde qui persiste même après cuisson.



***Photo 8: L'insalubrité, cause de la rareté des ressources halieutiques dans la zone (Ndiaye, Octobre, 2019)***

## **I.3. L'insalubrité et risques sanitaire chez la population**

Le lien qui existe entre la population et son environnement immédiat n'est plus un secret pour les géographes de la santé. En effet, on est en présence d'une réelle imbrication entre ces deux composantes de l'écosystème. Autrement dit, plus un milieu est habité par des personnes, plus il est anthropisé, et par conséquent, cette modification impact à son tour sur ses mêmes personnes à l'origine de ce changement voire plus.

C'est le cas du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda, la population a modifié ce patrimoine naturel par l'entremise de l'insalubrité et d'autres comportements nocifs au biotope qui a complètement modifié son fonctionnement. Cette situation a bien des conséquences sur

la santé de la population car la photo 6, nous montre la proximité entre la population et cette insalubrité.



***Photo 9: La population riveraine exposée à l'insalubrité (Ndiaye, Octobre, 2019)***

Cette proximité que nous montre la photo ci-dessus montre que la situation alarmante et que quelque chose doit être faite car les personnes qui vivent dans ces maisons à côté du fleuve risquent d'attraper plusieurs maladies car l'eau sale et infectée présente en permanence derrière le mur de leurs maisons est favorable à la prolifération de moustiques, vecteurs de paludisme. Les personnes qui souffrent de problèmes respiratoires verront leurs maladies empirées.



***Photo 10: Les enfants en contact avec les microbes à Saré Kémo (Ndiaye, Octobre, 2019)***

En outre, les enfants plus innocents (inconscients par rapport aux conséquences de l'insalubrité), mais moins résilients à l'insalubrité, sortent souvent pour se retrouver et jouer dehors malgré la pollution aiguë du milieu. Cela peut entraîner chez eux des maux de ventre, de la fièvre, de la diarrhée, des vomissements entre autres.

Cette affirmation de Nguesso et Machin en 2007 en est une parfaite illustration lorsqu'ils nous disent que « *les sites sont contaminés par des bactéries, des virus, des parasites, produits toxiques issus des eaux usées domestiques rejetées en mer sans traitement. Ces eaux peuvent transmettre à l'homme de graves maladies, (diarrhée, amibiase, cécité des rivières, saturnisme...) en cas d'ingestion ou de contact* ».

#### **I.4. La végétation**

Essentielle pour le maintien de l'équilibre des écosystèmes, les plantes aquatiques font l'objet de convoitise de la part des animaux et des hommes compte tenu de son rôle écologique important à travers les processus écologiques d'oxygénation, thérapeutique et de purification de l'eau.

Si la végétation riveraine des fleuves est réputée pour ses multiples atouts allant de la purification et du filtre de l'eau issue du ruissellement avant de se jeter sur le fleuve jusqu'à sa capacité de ralentir la vitesse de l'écoulement en passant par sa générosité d'offrir de lieu d'habitation à d'innombrables êtres vivants (oiseaux, tortue, rapaces...), de procurer des revenus à la population (bois de chauffe, bois d'œuvre, plantes médicinales, fruit de mer...), celle du bassin du fleuve Kolda en amont de Kolda reste à désirer.

Malheureusement, on note dans le bassin du fleuve Casamance à Kolda une prolifération de la mauvaise végétation due à l'eutrophisation du fleuve dans cette partie. En effet, les types de végétation varient en fonction des milieux et des conditions bioclimatiques. Cette affirmation peut être étayer par les propos de Niang en 2010, pour qui « Des facteurs comme la permanence et la profondeur de l'eau, ses caractéristiques chimiques (teneur en sels et pH surtout) peuvent être considérés comme essentiels quant à leur influence sur la végétation » ; dans la mesure où ils résultent eux-mêmes du jeu de nombreux éléments édaphiques, climatologiques et même biologiques, la différenciation de la végétation intègre de façon complexe et précise les variations des facteurs essentiels de l'écologie générale ».

Sur ce, on peut dire Précisons qu'en plus de la diminution du volume d'eau que connaît le cours, certaines parties du fleuve sont atteintes d'eutrophie et sont envahies par de mauvais végétaux.

Une telle altération de la qualité de l'eau le rend inutilisable. Cette eutrophisation a même touché les gens qui s'adonnent au maraîchage car les puits qu'ils avaient creusés pour recueillir l'eau de puits pendant l'hivernage ont aussi été infectés



***Photo 11: Prolifération des mauvaises herbes sur le lit du fleuve à Saré Diahé (Ndiaye, Octobre, 2019)***

## **II. Impacts socio-économiques de la dynamique des ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance**

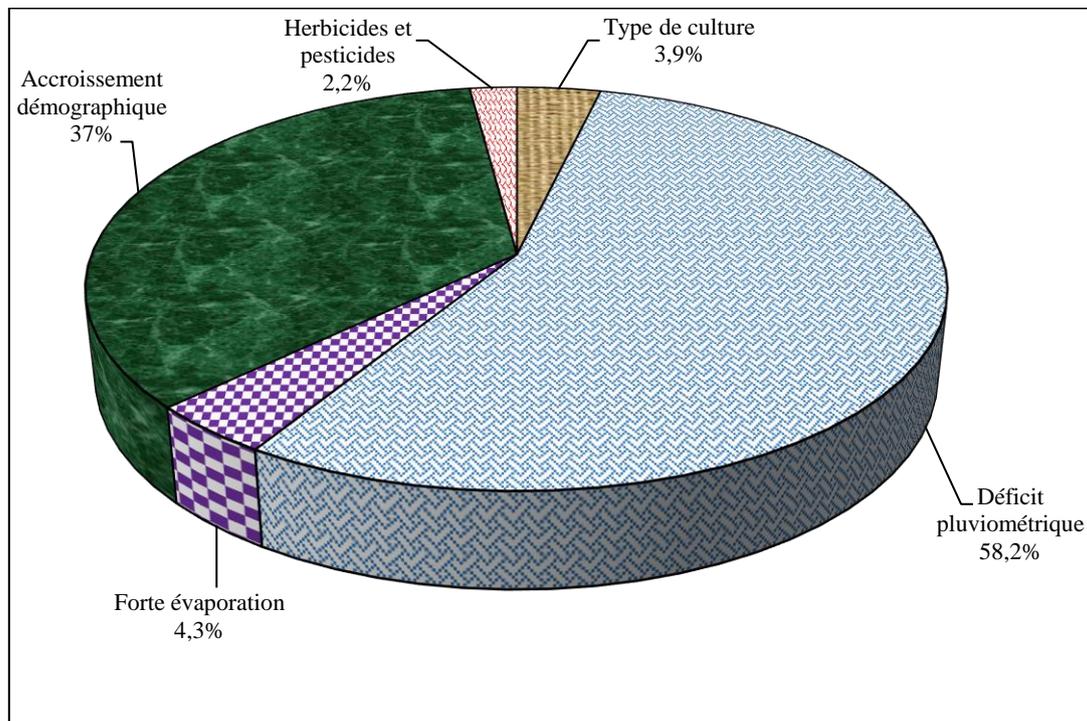
La variabilité du volume d'eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda ne revêt pas seulement des conséquences environnementales. Elle a une panoplie de conséquences socio-économiques à travers des pertes d'argent énormes. Nous pouvons citer à cet égard l'activité agricole qui est confronté à beaucoup de problèmes, la pêche qui est faiblement pratiquée dans la zone, l'activité touristique (écologique et balnéaire) inexistante.

### **II.1. L'agriculture**

Ainsi, précisons que dans cette zone la pratique de l'agriculture n'est pas chose facile compte tenu du fait que l'écoulement est temporaire dans la partie du bassin du fleuve se trouvant en amont de Kolda. Autrement dit, le fleuve tarit deux mois après la fin de la saison des pluies (enquête 2019). Le fleuve laisse ainsi la place à une passerelle car il est sec à tel enseigne que la population passe sur son lit pour rallier l'autre rive. Les principales causes de ce tarissement est l'ensablement du fleuve et l'insalubrité. Ce problème est dû aussi en partie par le déficit pluviométrique dont dépend le développement de l'agriculture.

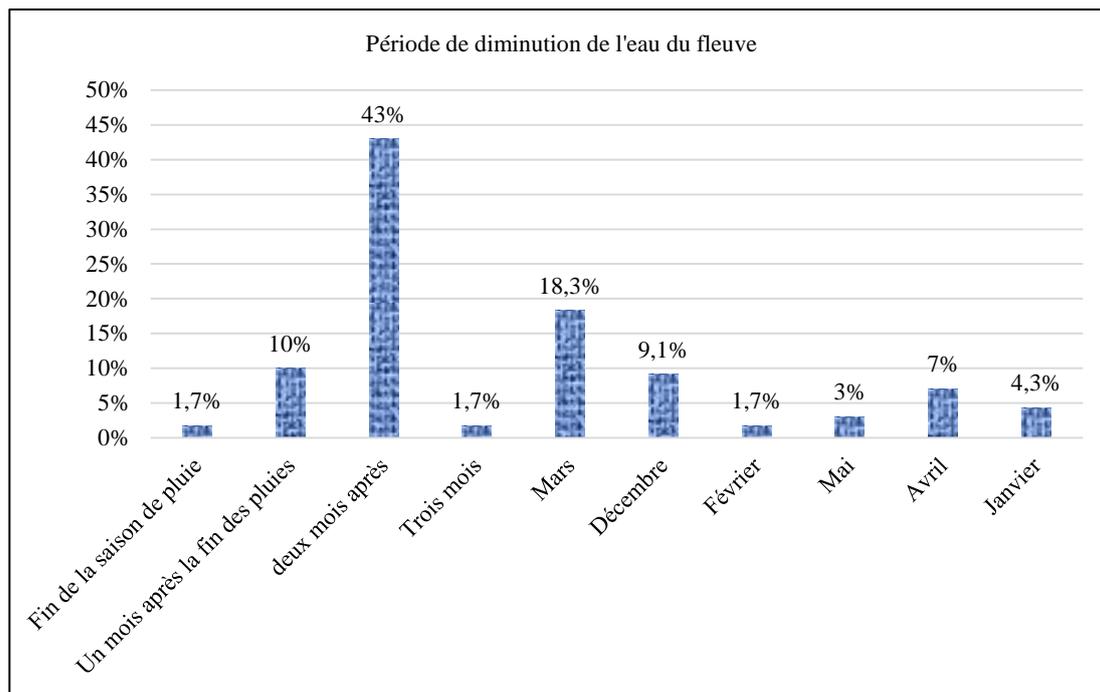
La figure ci-dessous nous montre les différents facteurs qui gangrènent le développement de l'activité agricole. De telles informations recueillies auprès de la population de notre zone d'étude, reflètent la réalité car 58,2% d'entre elles crient le déficit pluviométrique, la pluie qui était jadis abondante à Casamance tarde soit à venir ou tout simplement repart plutôt que prévu.

En revanche, 37% nous parlent de l'accroissement de la population accéléré par l'exode rural, le taux de natalité élevé et surtout l'extension de la ville. Pour certains (4,3), la forte évaporation entraîne un assèchement rapide du fleuve et par conséquent l'agriculture irriguée devient de plus en plus difficile. Il ne faut pas négliger aussi l'effet de pesticides et de certains types de culture sur le sol, entraînant ainsi sa dégradation.



***Figure 27: Menaces qui pèsent sur l'agriculture (source : Enquêtes Ndiaye, 2019)***

Le graphique 27 vient en appoint au graphique 26 car celui-ci nous révèle que 42,6% de notre échantillon constate que l'eau du fleuve commence à diminuer deux mois après la fin des pluies.



**Figure 28: Période de diminution de l'eau du fleuve selon la population (source : Enquêtes Ndiaye, 2019)**

Une telle situation se traduit par la destruction de nombreuses cultures et crée par conséquent d'énormes problèmes à l'activité agricole. D'où l'obligation pour les paysans de trouver des points d'eau pour assurer l'irrigation des cultures. Voilà ce qui justifie la création de puits à côté du cours du fleuve afin de permettre une bonne maturation des cultures et de minimiser les pertes.

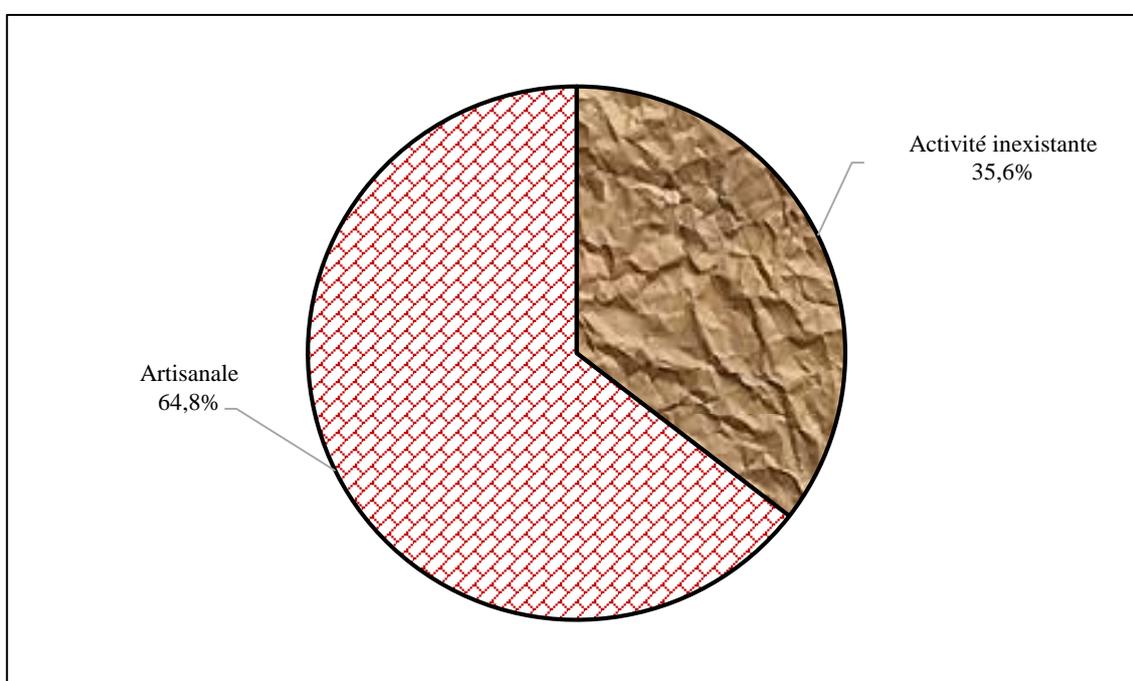
Sur ce, on peut dire que l'agriculture n'est plus pourvoyeur de richesse à Kolda mais s'est transformée en une activité de survie (dans beaucoup de maisons on note l'existence de culture vivrière). Ce qui donne une idée de l'importance du maraîchage dans cette zone. Toutefois, il serait essentiel de préciser l'augmentation fulgurante des zones de cultures dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda. Si on s'adonne à une comparaison de l'occupation du sol en 1987 et en 2018, on se rend compte avec l'appui du tableau ci-dessus que les espaces agricoles ont nettement gagné du terrain au détriment des forêts (Faye et al, 2020).

**Tableau 26:** Extrait du tableau de l' « Évolution et bilan de l'occupation du sol dans le bassin entre 1987 et 2018 dans le bassin de la Casamance en amont de Kolda » (source : Faye et al 2020)

Classe	1987		2018		1987-2018
	Ha	%	Ha	%	Bilan en ha
Forêt	216 260,5	58,9	83 541,3	22,7	-132 719,2
Zone de culture	42 497,6	11,6	80 266,7	21,9	37 769,1

## II.2. La pêche

Exclusivement artisanale, la pêche est considérée inexistante pour beaucoup de personnes dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda.



**Figure 29:** Type de pêche pratiqué dans la zone (source : Enquêtes Ndiaye, 2019)

Elle est pratiquée par une infime partie de la population. Cette situation découle en partie du fait que dans les années 70, le cours supérieur de la Casamance a connu une grande sécheresse affectant l'écoulement du fleuve, le rendant non pérenne depuis sa source à Kolda. (Sané, 2009).

Comme amorcé ci-haut, cette activité socio-économique regroupe le moins d'artisans dans cette zone car elle n'est pas garante d'un revenu pouvant satisfaire les besoins des gens qui s'y adonnent. Le peu de gens qui exercent ce métier de pêcheur sont des peulhs plus précisément des *Thioubalo*, un dialecte peulh. Ces derniers vont pêcher les quelques rares poissons qui existent dans le cours du fleuve.

Le tableau ci-dessous atteste de la faiblesse de l'activité de pêche. En effet, 64,3% de notre échantillon soutiennent que l'activité de pêche est peu développée et se pratique en saison des pluies et en saison sèche d'après 40% de notre échantillon. Elle est plus pratiquée en hivernage plutôt qu'en saison sèche (17% contre 10%) car l'augmentation du volume d'eau dans le bassin en saison des pluies. L'activité est presque inexistante en saison sèche car 4,3% seulement affirment qu'elle existe. Sa faiblesse en saison sèche est inhérente au fait que durant cette période l'eau du cours est très réduite, parfois le fleuve connaît même un tarissement donc difficile d'y pratiquer la pêche car il n'y aura pas de ressources halieutiques.

***Tableau 27: La pêche dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda***

<b>Période d'activité/Intensité de l'activité de pêche</b>	<b>Inexistante</b>	<b>Très développée</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Peu développée</b>	<b>Total</b>
<b>Inexistante</b>	33	0	0	0	<b>33</b>
<b>Saison sèche</b>	0	0	0	10	<b>10</b>
<b>Saison des pluies</b>	0	0	0,4	14,8	<b>16,9</b>
<b>Les deux</b>	0	0	0	41,7	<b>40</b>
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>0</b>	<b>0,4</b>	<b>66,5</b>	<b>100</b>

**Source :** Enquête de terrain, 2019

Cependant la population de la ville ainsi que celle des villages se trouvant en amont ne consomment pas les ressources halieutiques pêchées dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda. Ce refus de consommer locale est dû au fait que la population juge la partie du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda d'insalubre, de polluer, d'eutrophie entre autres. La plupart de la population achète les poissons provenant des autres localités.

### **II.3. Le tourisme**

Le tourisme n'est pas très développé dans cette zone. Cette rareté des touristes peut s'expliquer par le fait que la zone est dépourvue de site attractif pour encourager ladite activité dans la zone. L'état défectueux du fleuve ne permet ni la construction d'hôtel, d'auberge ou de restaurant le long du fleuve. Cette situation crée un frein au développement du tourisme balnéaire ou écologique se traduisant par des pertes colossales en termes d'argent pour la zone. En effet, le tourisme est une activité pourvoyeur de richesse dans une localité en ce sens que l'activité crée beaucoup d'emplois à savoir des gérants d'hôtels, des traiteurs, des guides, en passant par des chauffeurs, jardiniers, des femmes de ménages entre autres.

## **Conclusion partielle**

En définitive, nous pouvons dire que la disponibilité en eau du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda, est très limitée en raison des changements climatiques d'une part et des actions anthropiques d'autre part qui ont conduit à la dynamique des ressources en eau. Les ressources en eau de notre zone d'étude sont relativement importantes. Une telle importance s'explique par sa position géographique, qui fait ainsi partie du climat sud soudanien accueillant le plus de précipitations au Sénégal.

Les ressources souterraines sont les pneus de secours des populations compte tenu de l'irrégularité pluviométrique conjuguée au tarissement du fleuve. La quasi-totalité des ménages de notre zone d'étude qu'il soit en ville comme en campagnes sont dotés de puits, même s'ils possèdent des robinets en leur sein. L'eau de puits est utilisée pour l'abreuvement des bétails, la consommation domestique entre autres. Nous notons aussi une prolifération de puits, le long des deux côtés du fleuve servant de réceptacle d'eau pendant l'hivernage, moment où le fleuve accueille ses plus importants volumes d'eau se traduisant ainsi par un déversement au niveau des zones de cultures. Ce qui fait que ces puits retiennent une grande partie des eaux qui se sont déversées au moment des hautes eaux. Ces eaux retenues par les puits sont utilisées dans le maraîchage encore balbutiant.

En revanche, une quantité importante de ces eaux est polluée en raison de l'insalubrité qui pèse sur ces eaux.

La sédimentation est l'autre facteur de la dynamique des ressources en eau souterraines qui empêche une alimentation des nappes.

## **CHAPITRE II : STRATEGIES PAYSANNE FACE À LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DE LA CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA**

Comme à l'accoutumé, tout travail scientifique digne de son nom suit un canevas cohérent qui répond aux exigences des normes. C'est dans cette logique qu'après avoir confirmé l'hypothèse d'une éventuelle dynamique des ressources en eau dans le bassin de la Casamance en amont de Kolda et par la suite détecté les causes d'un tel phénomène ainsi que ses impacts sur l'environnement et les populations, on se doit de présenter les stratégies d'adaptations mises en place par la population pour faire face à cette situation mais aussi le rôle joué par les ONG et les autochtones et enfin proposer des solutions.

### **I. Stratégies d'adaptation face à la dynamique des ressources en eau dans le bassin du fleuve**

#### **I.1. Stratégies d'adaptation paysanne face à la dynamique des ressources en eau**

Les paysans ne sont pas restés les bras croisés devant ces problèmes qui gangrènent leur principale activité de subsistance. De nombreux changements se sont opérés dans le domaine de l'agriculture. Sur ce, on assiste à :

- La création de puits le long du fleuve pour permettre l'irrigation en saison sèche lorsque le fleuve tarit ;
- Les cultures à cycle long laissent la place aux cultures à cycle court.

En effet, on assiste au choix des variétés de cultures résistantes à la sécheresse pour s'adapter au raccourcissement de la saison pluvieuse et à la sécheresse,

- La diversification des cultures ;
- L'utilisation de l'engrais chimique devient de plus en plus fréquente afin de promouvoir ;
- Une intensification des cultures compte tenu de la rareté des pluies ;
- L'adaptation des périodes de cultures aux démarrages des saisons ;
- L'activité maraîchère qui gagne en terrain ;



***Photo 12: Puit pour le maraîchage***



***Photo 13: Bassin de rétention***



***Photo 14: Puit pour abreuvement du bétail***



***Photo 15: Maraîchage pratiqué sur le lit du fleuve***



***Photo 14: Tracteur acheté par le GIE RIOU BASSAL de Bignarabé (Ndiaye, Octobre, 2019)***

## **I.2. Autres stratégies d'adoption face à la dynamique des ressources en eau**

La presque totalité de notre échantillon nous révèle que malgré les graves conséquences de la variabilité des ressources en eau, l'Etat n'a pas réagi et n'est pas venu en aide à la population du bassin du fleuve Casamance à Kolda.

Les seuls appuis dont ils ont bénéficié proviennent du côté des ASC et des ONG. En effet, les ASC organisent des activités de set sétal du fleuve et de ses environs dans le but de faire retrouver au fleuve son caractère salubre. Toutefois, précisons que les résultats de ces opérations menées par les jeunes n'est pas très satisfaisants compte tenu de l'état d'insalubrité avancé du fleuve. Voilà ce qui explique l'irrégularité voire la rareté de ces opérations.

D'après Mame Yacine Diop, agent de développement à FODDE, nous dit que les ONG (FODDE, P2RS, DRDR, PADAER, PADERCA, PAPIL, ANIDA) quant 'à eux aident les populations à travers des activités de sensibilisation, des incitations à l'utilisation des variétés de culture à cycle court, la promotion de l'élevage, l'octroi de l'engrais aux paysans, des renforcements de capacité, des formations en transformation de produit. Ces ONG ont aussi mis en place des aménagements comme des clôtures, des barrages, des aménagements hydro-agricoles, des forages, des puits entre autres.

L'ONG PAPIL a mis en place un barrage qui assure l'obtention de l'eau au mois d'avril dans le fleuve.

La SODAGRI quant à elle a réalisée des diguette, des bassins de rétention et des périmètres maraîchers

Elle ajoute que l'Etat à travers PADAER, P2RS construit des aménagements hydro-agricoles, doté les paysans en équipements (tracteurs), semences, intrants.

L'ONG « *BELLAL* » appuie l'élevage.



***Photo 15: Projet à Saré Koutayel financé par le Koweït (Ndiaye, Octobre, 2019)***

### **I.3. Quelques propositions de la population pour une meilleure adaptation face à la dynamique des ressources en eau**

Étant donné que le fleuve a perdu ses caractéristiques d'antan (écoulement permanent, cours navigable) et que par conséquent il n'est plus une potentialité par la population car n'assurant plus l'irrigation des cultures pour les paysans, l'abreuvement du bétail, le commerce (transport de marchandise via bateau), des propositions ont été faites de la part de la population.

De telles propositions sont données afin de pallier à toutes ces pertes matérielles et financières induites par la réduction du volume de l'eau du cours d'eau voire son ensablement. On peut citer à ce propos :

- Le financement des agriculteurs
- L'octroi des paysans en semences, matériels agricoles
- Création de forages pour le maraîchage
- Promouvoir l'agriculture irriguée
- Création d'ouvrages hydro-agricoles (de digues, diguettes, puits modernes)
- Financer les femmes et les responsabilisées dans la gestion du fleuve
- Construction de périmètre maraîcher
- Clôturer les rizières pour les protéger de la divagation des animaux

## **II. Solution face à la dynamique des ressources en eau**

Résoudre le problème de la dynamique des ressources en eau en amont de Kolda n'est pas chose aisée d'où la nécessité d'employer les gros moyens pour y parvenir. Pour ce faire, il doit y avoir une coordination entre les acteurs pour trouver une solution et essayer d'harmoniser leurs politiques pour une meilleure gestion des ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda. En effet, une cogestion s'avère être une obligation pour la réhabilitation du

fleuve avec au centre la population autochtone car même si des décisions ont été prises par les autorités étatiques, elles seront vouées à l'échec si la population ne coopère pas. Voilà pourquoi des :

- Campagnes de sensibilisation ;
- Focus groupe ;
- Publicités.

Devraient être encouragés afin que la population de l'ensemble du bassin de la Casamance en amont de Kolda puisse se sentir concernée par cette lutte.

Tout un chacun doit prendre l'initiative d'assurer la propreté du fleuve en veillant à ne point le salir ou laisser quelqu'un d'autre le salir. Les animaux morts, les ordures ménagères, les habits des morts entre autres doivent être défendus d'être jetés au niveau du fleuve.

En outre, la population doit encourager ses jeunes à organiser régulièrement des activités de nettoyage du fleuve et même des quartiers jouxtant le fleuve afin d'éviter le charriage des ordures durant l'activité de ruissellement.

Rappelons que pour gagner cet engagement de la part de la population, il faudrait que cette dernière se sente concernée et intégrée lors des prises de décision.

La municipalité doit bénéficier de l'appui de l'Etat pour avoir des résultats satisfaisants compte tenu de la gravité du problème d'insalubrité, de pollution, de l'ensablement du fleuve.

100% de nos enquêtés nous disent que la solution la plus efficace est le dragage du fleuve. Cependant, cette opération nécessite de nombreux efforts matériels et financiers, ce qui montre que la municipalité à elle seule ne peut pas prendre en charge toutes ces dépenses. D'ailleurs c'est la raison pour laquelle l'adjoint au maire de Kolda nous dit que le dragage du fleuve est une opération qui nécessite des moyens colossaux en ce sens que le dragage ne doit pas exclusivement se limiter sur la commune de Kolda mais plutôt sur l'ensemble des communes des départements de la Casamance affectées par le problème et ceci en concert avec l'Etat. À M. Aliou Seydi (âgé de 67ans, habitant de Saré Kémo) de rebondir sur le même propos en nous disant que le dragage devrait se faire de **Fafacourou à Goudomp**.

Mme Aissatou Badji, enseignante (habitante de Hillel) nous dit que l'Etat leur avait promis de draguer le fleuve depuis 2005 mais rien jusqu'à présent pas fait.

Par ailleurs, pour certains, l'ouverture des vannes du barrage de l'Anambé doit être de plus en plus fréquente. En effet, lorsque les vannes sont ouvertes, le volume de l'eau sera plus important et par conséquent le dépôt des sédiments ne sera pas trop considérable par rapport à la situation actuelle compte tenu de la puissance de l'eau.

L'implication de l'Etat devrait se faire à travers ses services déconcentrés comme le service d'hygiène publique et les districts de santé. Un travail pluridimensionnel s'impose pour la réhabilitation du fleuve car le service d'hygiène aura pour rôle, d'éduquer, de sensibiliser la population et donner des conseils à la municipalité. « Quant au district sanitaire, il pourra faire intervenir le service d'hygiène suite à l'analyse des rapports de prévalence des affectations liées à l'insalubrité (Sané, 2009) ».

- Augmentation des barrages ;
- Construction d'un pont de St-Idrissa à Escale ;
- Reboisement pour bloquer les sédiments lors de l'activité de ruissellement ;
- Agrandir le chenal du fleuve ;
- Promouvoir l'aquaculture.

### **Conclusion partielle**

Soucieux face aux nombreux impacts environnementaux et socio-économiques de la dynamique des ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda, les différentes couches sociales à l'image des paysans, des femmes, des ASC, des ONG, ont adopté plusieurs stratégies d'adaptation afin de minimiser les dommages induits par la variabilité des ressources en eau dans le fleuve Casamance en amont de Kolda. Ils sont allés plus loin en posant sur la table quelques propositions qui selon eux pourraient profiter à tous. Ce dernier chapitre de ce travail a ainsi été clos par quelques solutions que j'ai moi-même proposées car après avoir fait le terrain je me sens désormais concerné par ce problème.

## CONCLUSION GENERALE

En somme, nous pouvons retenir de notre bassin en l'occurrence le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda, un milieu doté d'énormes potentialités en raison de sa pluviométrie importante et son réseau hydrographique dense, mais qui subit plusieurs contraintes allant même jusqu'à gangréner son développement (faiblesse de son relief et de sa pente ( $I_g : 0,36$  m/km, d'après Faye, 2018), continentalité et déficit pluviométrique).

Couvrant une superficie de 3650km<sup>2</sup>, le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda est partie intégrante du bassin du fleuve Casamance. Située dans la région naturelle du même nom, la Casamance fut et demeure toujours la région la plus arrosée du pays et ce, quelles que soient les perturbations climatiques. Ce privilège de la Casamance devrait en principe militer en faveur de ses écosystèmes. Toutefois, cette étude nous révèle que la clémence du climat de la région qui coiffe notre bassin est parfois inhibée dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda car cette dernière rencontre d'énormes problèmes en termes de disponibilité en eau. Le fleuve Casamance tarit complètement à ce niveau. Son lit mineur encaissé dans les formations argilo-sableuses du Continental Terminal, et qui n'est large que d'une cinquantaine de mètres devient le pont qui relie les deux rives car les populations de la rive droite passent à l'intérieur du lit du fleuve pied pour rallier la rive gauche et vice-versa. D'après 43% de la population ciblée, l'eau du fleuve commence à diminuer deux mois après la fin de la saison des pluies, pour s'assécher complètement au mois d'avril le plus souvent.

Cette situation corrélée à la hausse des températures et à la diminution de la pluie créent une perte de la forêt au profit de la savane.

Le déficit pluviométrique est une réalité dans notre bassin en ce sens que les déficits pluviométriques qui ont débuté au cours des années 1970 se poursuivent jusqu'à nos jours même si leurs durées et leurs intensités varient suivant les années. Ces déficits se traduisent dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda par un appauvrissement du régime hydrologique marqué par de faibles débits. Ce qui atteste que la sécheresse météorologique avait bel et bien engendré la sécheresse hydrologique du bassin de la Casamance en amont de Kolda.

Il serait important de savoir le rôle joué par la modification des paramètres climatiques (facteurs naturels) sur le comportement actuel du fleuve surtout avec l'augmentation de la quantité d'eau évaporée, l'irrégularité et la variabilité de la pluie. Toutefois l'action anthropique reste en rade. L'insalubrité, l'ensablement, les activités socio-économiques ont nettement perturbé le

fonctionnement du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda : à cause de l'homme l'écosystème de notre zone d'étude est modifié.

On assiste à cet effet, non seulement à l'installation des problèmes environnementaux mais aussi au recul de certaines activités socio-économiques.

Face à cette situation, toutes les parties prenantes se mettent debout pour chercher des stratégies d'adaptation. Les jeunes du quartier organisent des set-sétal, des sensibilisations à travers les ASC, les ONG tentent de réformer l'agriculture en adoptant les cultures à court terme, en créant des barrages pour retenir l'eau au mois d'avril. Ils font aussi dans le renforcement de capacité des femmes et leurs financements.

Des solutions aussi ont été pensées comme le dragage du lit du fleuve dans l'espoir de retrouver leur oasis, toutefois, cette entreprise reste de grande envergure et demande énormément de ressources.

A travers cette étude, nous pouvons dire que cette situation dans laquelle se trouve le fleuve Casamance en amont de Kolda pouvait être évité. Certes il est doté d'un relief et d'une pente faible, on ne disconvient pas aussi le fait que les modifications de certains paramètres climatiques influent sur le régime hydrologique du fleuve mais si les populations avaient respecté leur patrimoine naturel, je pense qu'il serait encore toujours fonctionnel. De plus, la pêche serait toujours existante comme le reste des autres bassins du fleuve, la localité serait plus développée et attirerait même des investissements.

## **BIBLIOGRAPHIE**

Albergel, J, 1997 : Expertise hydrologique sur 11 sites de Basse et Moyenne Casamance, ORSTOM

Albergel, J et Dacosta, H : Les écoulements non pérennes sur les petits bassins du Sénégal, Orstom, BP 434, 1004 El Menzah, Tunis, Tunisie

ANSD, 2015 : Situation Economique et Sociale du Sénégal, Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan

Bacci, M et al, 2013 : Climat, Encadrement cliatique et évaluation du changement climatique dans les régions d'étude, Rapport numéro 6, PAPSEN

Bassène, O A, 2017 : L'évolution des mangroves de la Basse Casamance au Sud du Sénégal au cours des 60 dernières années : surexploitation des ressources, pression urbaine, et tentatives de mise en place d'une gestion durable, Géographie, Université Lyon, France

Bodian, A.2012 : Approche par modélisation pluie-débit de la connaissance régionale de la ressource en eau : application au haut bassin du fleuve Sénégal, Carnets de géographes

Bodian, A et al. Octobre 2015 : Fleuve Casamance impact potentiels du changement climatique sur les ressources en eau de surface du bassin de la Casamance à partir des scenarios du cmip5, PAPSEN.

Bodian A., 2014 : Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest), Physio-géo, volume 8.

Bricquet J P et al 1997 : Evolution récente des ressources en eau de l'Afrique atlantique, Water resource variations of the atlantic river basins of africa : the long term effects of rain shortage, Volume 10, numéro 3

Brunet, 1970.- Etudes hydrologiques en Casamance. Rapport définitif, O.R.S.T.O.M., PARIS, 1970.

Chaperon, P et Guiguen, N, 1974 : Etude hydrologique du bassin continental du fleuve Gambie, Rapport Terminal, Tome 1, Résultats des mesures et analyse des données, ORSTOM, Dakar

COGEB : La végétation en bordure des cours d'eau, Rôle et méthodes de gestion

Coly, A. janvier 1993: Bilan hydrologique du lac de Guiers en 1992 : vers une gestion concertée des crues du fleuve Sénégal, article, source : OAI

Dacosta, H. Juillet 1989 : Précipitations et écoulements sur le bassin de la Casamance, Thèse de doctorat, Université de Cheikh Anta Diop, Dakar, faculté des lettres et sciences humaines, Département de géographie

Dacosta, H : Les écoulements non pérennes sur les petits bassins du Sénégal J. ALBERGEL Orstom, BP 434, 1004 El Menzah, Tunis, Tunisie, Université de Cheikh Anta Diop, Faculté des Sciences et Techniques, Dakar, Sénégal.

Descroix, L et al. Juin 2015 : Eaux et sociétés face au changement climatique dans le bassin de la Casamance.

Développement Local, Institutions et Changement Climatique au Sénégal, 2010, Analyse de la Situation et Recommandations opérationnelles, Draft final

DGPRES, 2007. Plan d'action de la gestion intégrée des ressources en eau du Sénégal. Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement, *Université de Cheikh Anta Diop, Faculté des Sciences et Techniques, Dakar*

Diallo, M.S, 2008 : Régime crues et étiages du fleuve Casamance en amont de Kolda, mémoire de maîtrise université Cheikh Anta Diop, Dakar.

Diatta, I. 2007 : Impact des fluctuations pluviométriques sur la production agricole dans la région de Thionck- Essyl en Basse Casamance, Université Cheikh Anta Diop de Dakar - Certificat d'aptitude à l'enseignement moyen (CAEM) 2007

Diaw et al : Péjoration climatique et dégradation des formations forestières en haute Casamance Sénégal.

Dieng, M, 1999 : Sursalure et gestion de l'environnement en moyenne Casamance : le bief samine-Diana Malari, Mémoire de Maîtrise, Université Gaston Berger de St-Louis, Unité de Formation de Recherche Lettres et Sciences Humaines, section de Géographie

Dione O., 1996 : Evolution climatique récente et dynamique fluviale dans les hauts bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Thèse de doctorat, Université Lyon 3 Jean Moulin, 477 p.

Diouf, P.S et al : Géographie de l'estuaire de la Casamance.

Drobot, R et Carbonnel, J P, 1998 : La dynamique du cycle de l'eau dans un bassin versant : Processus, facteurs, modèles, Office Fédéral de l'Education et de la Science, Suisse, Editions HGA

Faye, C. et al 2015 : Impact des changements de climat et des aménagements sur les ressources en eau du fleuve Sénégal : Caractérisation et évolution des régimes hydrologiques de sous-bassins versants naturels et aménagés, Belgéo

Faye C., 2018. Caractérisation d'un bassin versant par l'analyse statistique des paramètres morphométriques : cas du bassin versant de la Gambie (bassin continental Guineo-Sénégalais). *Revue Marocaine de Géomorphologie*, 2. pp. 110-127.

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

Faye C., Sow A.A., Ndong J.B., 2015. Étude des sécheresses pluviométriques et hydrologiques en Afrique tropicale : caractérisation et cartographie de la sécheresse par indices dans le haut bassin du fleuve Sénégal. *Physio-Géo*, pp. 17-35.

Faye et al.2016 : « Impacts des changements de climat et des aménagements sur les ressources en eau du fleuve Sénégal : caractérisation et évolution des régimes hydrologiques de sous-bassins versants naturels et aménagés », Belgéo [En ligne], 4 | 2015, mis en ligne le 30 décembre 2015, consulté le 02 octobre 2016. URL : <http://belgeo.revues.org/17626> ; DOI : 10.4000/belgeo.17626

Faye, C. février 2018 : Analyse des tendances de la distribution régionale et de l'intensité des précipitations : utilisation d'indices climatiques dans le bassin de la Casamance (Sénégal), Département de Géographie / U.F.R. des Sciences et Technologies / Laboratoire de Géomatique et d'Environnement Université Assane Seck de Ziguinchor (Sénégal)

Faye, C. 2018 : Variabilité climatique et ressources en eau en milieu sud-soudanien : cas du bassin versant de la Casamance en amont de Kolda, Département de Géographie, U.F.R. Sciences et Technologies, UASZ, Laboratoire de Géomatique et d'Environnement, BP 523 Ziguinchor (Sénégal).

Faye, C et Solly, B : Etude de la fluctuation du NDVI dans le bassin versant de la Casamance en amont de Kolda à l'aide de données de télédétection : quel impact sur l'écoulement, article, Département de Géographie, U.F.R. Sciences et Technologies, UASZ, Laboratoire de Géomatique et d'Environnement, BP 523 Ziguinchor (Sénégal).

Faye, C.2009 : Le lac de Guiers : étude du régime et des bilans hydrologique et hydrochimique, Université Cheikh Anta Diop de Dakar - CAES/Histoire/Géographie

Faye, C, 2013. Évaluation et gestion intégrée des ressources en eau dans un contexte de variabilité hydroclimatique : cas du bassin versant de la Falémé. *Thèse de Doctorat de l'Université Cheikh Anta DIOP*, 312 p.

Gesellschaft, D et al, 2005 : Les impacts socio-économiques de la gestion décentralisées des ressources naturelles

Grepin,G et al.octobre 1990 :Conservation et utilisation durable des ressources naturelles du bassin hydrographique de la Casamance, annales du séminaire tenu du 22 au 26 octobre 1990 ,Ziguinchor, Sénégal

Hathie, I et al, 2013 : Recherche-action sur les moyens de subsistance des agriculteurs et les options d'intervention de Global Water Initiative, Barrages de Niandouba et confluent (Anambé)- Sénégal

Kamara, S et al, 2012 : Gestion des ouvrages hydrauliques et des ressources en eau dans le delta du Sénégal, 1st International Colloquium on « Water resources in the arid and semi-arid régions : challenges and prospects. Case of the « African continent », volume 3, issue 2, 66-75p

Kotlicki, M J, 20018 : Les activités économiques dans le monde liées à l'eau, Avis et Rapports du Conseil Economique, Social et Environnemental, République Française

Lhomme, F : Sénégal, sine Saloum, Gambie, Casamance : Hydrographie, pêche crevetteière (SD)

Livre Bleu, 2009 : « L'eau, la vie, le développement humain », Rapport pays : Sénégal, SENAGROSOLCONSULT

Malou, R. 2004 : Impact du climat sur les ressources en eau Souterraines en zone soudano-sahélienne, Thèse de Doctorat en Sciences Naturelles de Géologie Appliquée, université cheikh Anta Diop, Faculté des sciences et techniques département de géologie

Mballo, I et al, : Dynamiques des ressources en eau dans le bassin de l'Anambé (Haute Casamance-Sénégal), article, Département de Géographie, UFR Science et Technologies, Université Assane Seck de Ziguinchor, Laboratoire de Géomatique et d'Environnement, BP 523 Ziguinchor (Sénégal)

Mahé G et al, 2005 : Sensibilité des cours d'eau ouest-africains aux changements climatiques et environnementaux: extrêmes et paradoxes, IRD/UMR Hydrosociétés Montpellier, Case MSE, Université Montpellier 2, F-34095 Montpellier, France.

Manga, A D, 2019 : Les ressources en eau face aux impacts de la variabilité climatique dans le bassin versant de la Basse Casamance : cas de l'île de Carabane, Mémoire de Master, Université Assane Seck de Ziguinchor, UFR Sciences et Technologies, Département Géographie

Mazvimavi, D et al : Gestion des ressources en eau

Morizio, B et al. 2013 : CLIMAT Encadrement climatique et évaluation du changement climatique dans les régions d'étude, PAPSEN

Montoroi, J P, 1994 : Dynamique de l'eau et géochimie des sels d'un bassin versant aménagé de Basse-Casamance (Sénégal), conséquences sur la gestion durable de l'écosystème de mangrove en période de sécheresse, Thèse de doctorat, Université Nancy, UFR Sciences et Techniques de la Matière et des Procédés

Ndiaye, G et al. 2007 : Plan d'actions pour la gestion intégrée des ressources en eau du Sénégal

Ndiaye, M, 2010 : Systèmes de production et mutations des paysages ruraux dans la basse vallée du Ferlo au Sénégal, Science de l'Homme et Société, Université Michel de Montaigne, Bordeaux III, France

Niang, Nd A, 2009 : Dynamique socio-environnementale et développement local des régions côtières du Sénégal : l'exemple de la pêche artisanale : Thèse de doctorat, UFR de Lettres et Sciences Humaines, Département de Géographie, Université de Rouen

Ngueffo, N et Machin, H. 2007. Assainissement et hygiène dans les pays en voie de développement : identifier les obstacles et y apporter des réponses Étude de cas au Burkina Faso

Olivry, J C : De l'évolution de la puissance des crues des grands cours d'eau intertropicaux d'Afrique depuis deux décennies, ORSTOM, Bamako, Mali

ONAS : Etude des plans directeurs d'assainissement des eaux usées et des eaux pluviales des villes de Kolda et de Vélingara (Horizon 2030), Rapport numéro 1, Rapport final

Orange D., Wesselink A. J., Mahé G., Feizoure C. T., 1997. The effects of climate changes on river base flow and aquifer storage in Central Africa. Sustainability of Water Resources under Increasing Uncertainty. *Proceedings of Rabat Symposium*, pp. 113-123.

Roche, M et al, 2009 :Les aspects hydrologiques de la sécheresse récente en Afrique de l'ouest / Hydrological aspects of the recent drought in west Africa, *Hydrological aspects of the recent drought in west Africa, Hydrological Science Journal*, 212, 315-331.

Rodier, J A : Caractères généraux des régimes hydrologiques des grands fleuves d'Afrique Tropicale dans l'Hémisphère Nord

Roudier, P, 2008 : Vulnérabilité des ressources en eau superficielle d'un bassin soudano-sahélien dans un contexte de changement climatique : approche par indicateurs, Mémoire de stage de Master 2, Risques Naturels

Saos, J-L et al : Aspects géologique et géomorphologique de la Casamance, Etude de la sédimentation actuelle.

Sané T. 2003. La variabilité climatique et ses conséquences sur l'environnement et les activités humaines en Haute-Casamance. *Thèse de Doctorat de l'Université Cheikh Anta DIOP*, 367 p.

Sané, M.2015 : Note sur les ressources en eaux du Sénégal : Zones potentielles pour le transfert d'eau, Ministère de l'hydraulique et de l'assainissement, direction de l'hydraulique.

Sané et Mbaye, 2007 : Etat des lieux et étude diagnostique de l'environnement de la Casamance, *Annales de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines*, n° 37/B, Université de Ziguinchor

SENAGROSOL CONSULT, 2009. LIVRE BLEU « L'eau, la vie, le développement humain », Rapport pays : Sénégal.

Sène, O, 1992 : Ecoulement, Crues et Etiages dans le bassin versant de la Koulountou, Mémoire de Maîtrise, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Département de Géographie, Laboratoire d'Hydrologie

Sène S M K, 2021 : Dynamique des Ressources en eau et Impacts sur les Activités socio-économiques : Cas du Bassin Versant du Niaoulé (Tambacounda), Mémoire de Master 2, Université Assane Seck de Ziguinchor, UFR Sciences et Technologies, Département Géographie

Soro, T.D et al : La variabilité climatique et son impact sur les ressources en eau dans le degré carré de Grand-Lahou (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire)

Sow A.A., 2006. Le Niaoulé et son bassin versant : étude hydrologique. *Anale de géographie, Thèse de Doctorat de l'Université Cheikh Anta DIOP*, 26 p.

Tarchiani, V, 2013: Caractérisation des systèmes de production dans la moyenne Casamance, Analyse préliminaire des dynamiques des systèmes de production agricole, Rapport numéro 5, PAPSEN

Wade,M et al. Janvier 2005 : Les ressources en eau, Cheikh Anta Diop University, Dakar, article.

Wesselink. J et al : Les régimes hydroclimatiques et hydrologiques d'un bassin versant de type tropical humide: l'Oubangui (République Centrafricaine).

**WEBOGRAPHIE :**

<http://www.ramsar.org>

[www.cairn-info.com](http://www.cairn-info.com)

[www.futura-sciences.com](http://www.futura-sciences.com)

[http:// www.environnement.gouv.sn](http://www.environnement.gouv.sn)

[http:// www.greenfacts.org/fr/dossiers/changement-climatique/](http://www.greenfacts.org/fr/dossiers/changement-climatique/)

[www.oxfam.org](http://www.oxfam.org)

[www.memoireonline.com](http://www.memoireonline.com)

[www.actu-environnement.com](http://www.actu-environnement.com)

[www.geoconfluence.net](http://www.geoconfluence.net) [s.ens-lyon.fr](http://s.ens-lyon.fr)

[www.hydrologie.org](http://www.hydrologie.org)

## ANNEXES

### ANNEXE A : Liste des cartes

Carte 1: Quartiers traversés par le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda (Source : Plan d'Investissement Communal de la Commune de Kolda, 2012).....	12
Carte 2: Découpage du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda (Faye, 2018) .....	18
Carte 3: Présentation de la zone d'étude .....	19
Carte 4: Géologie du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda .....	21
Carte 5: Relief du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda.....	24
Carte 6: Modèle numérique de Terrain du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda.....	25
Carte 7: Occupation du sol du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda.....	28

### ANNEXE B : Liste des figure

Figure 1: Installation de l'hivernage (source: Enquête Ndiaye, 2019).....	32
Figure 2: Variabilité intermensuelle de la pluviométrie à la station de Kolda de 1960 à 2016 .....	34
Figure 3: Variation des températures moyennes mensuelles en ° C à la station de Kolda de 1960 à 2016 .....	35
Figure 4: Variabilité intermensuelle de l'évaporation à la station de Kolda de 1960 à 2016 .....	36
Figure 5: Humidité relative mensuelle à la station de Kolda de 1960 à 2016.....	38
Figure 6: Répartition de la population du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda par ethnies (source : Enquêtes Ndiaye, 2019).....	40
Figure 7: Niveau d'instruction de la population du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda (source : Enquêtes-Ndiaye 2019) .....	41
Figure 8: Avis de la population sur la quantité des précipitations dans le bassin (source : Enquêtes-Ndiaye 2019) .....	43
Figure 9: Différentes cultures pratiquées par la population (source : Enquêtes Ndiaye 2019).....	44
Figure 10: Poids de l'élevage dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda (source : Enquêtes Ndiaye, 2019) .....	46
Figure 11: Période de pratique de l'activité de l'élevage (source : Enquêtes Ndiaye 2019) .....	47
Figure 12: Les différentes espèces élevées dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda. (Source: Enquêtes Ndiaye, 2019).....	48
Figure 13: Facteurs de la dynamique des ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda (source : Enquêtes Ndiaye, 2019) .....	52
Figure 14: Causes anthropiques (source: Enquêtes Ndiaye, 2019) .....	53

Figure 15: Variabilité interannuelle de la pluviométrie de quelques stations du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda .....	66
Figure 16: Écart moyen relatif de la pluviométrie annuelle de quelques stations du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda .....	68
Figure 17: Indice Standardisé pluviométrique de quelques stations du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda .....	72
Figure 18: Couple pluie-débit à la station de Kolda.....	73
Figure 19: Évolution comparée des CMD et des DMM à la station de Kolda de 1964 à 2008 .....	76
Figure 20: Hydrogramme des débits journaliers à Kolda (moyenne 1964-2008).....	79
Figure 21: Hydrogramme journalier de l'année du débit moyen le plus élevé à Kolda (1964-2008)....	82
Figure 22: Hydrogramme journalier de l'année du débit moyen le plus faible à Kolda (1964-2008) ...	83
Figure 23: Évolution interannuelle du volume d'eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda (1964-2008) .....	86
Figure 24: Évolution interannuelle des DMAX à la station de Kolda de 1964-2008 .....	88
Figure 25: Impacts environnementaux de la dynamique des ressources en eau sur la zone .....	96
Figure 26: Profondeur de la nappe du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda selon la population (source : Enquêtes Ndiaye, 2019).....	98
Figure 27: Menaces qui pèsent sur l'agriculture (source : Enquêtes Ndiaye, 2019).....	104
Figure 28: Période de diminution de l'eau du fleuve selon la population (source : Enquêtes Ndiaye, 2019) .....	105
Figure 29: Type de pêche pratiqué dans la zone (source : Enquêtes Ndiaye, 2019).....	106

### **ANNEXE C : Liste des photos**

Photo 1: Sols ferrallitique avec des cailloux à gauche et sans cailloux à droite à Saré Kémo (Ndiaye, Octobre, 2019).....	27
Photo 2: Élevage de moutons et de poulets dans une maison à Bignarabé (Ndiaye, Octobre, 2019) ....	48
Photo 3: Dépôt sauvage d'ordure sur la rive du fleuve Casamance à Kolda (Ndiaye, Octobre, 2019) .	55
Photo 4: Le fleuve Casamance très ensablé à Saré Moussa barrage (Ndiaye, Octobre, 201).....	57
Photo 5: Le cours du fleuve, perd sa profondeur à Saré Moussa barrage (Ndiaye, Octobre, 2019) .....	57
Photo 6: Le chenal principal s'amincit de jour en jour près du quartier Ndiobène (Ndiaye, Octobre, 2019) .....	97
Photo 7: Moyen d'exploitation des eaux souterraine dans presque toutes les maisons (Ndiaye, Octobre, 2019).....	98

Photo 8: L'insalubrité, cause de la rareté des ressources halieutiques dans la zone (Ndiaye, Octobre, 2019).....	100
Photo 9: La population riveraine exposée à l'insalubrité (Ndiaye, Octobre, 2019).....	101
Photo 10: Les enfants en contact avec les microbes à Saré Kémo (Ndiaye, Octobre, 2019).....	101
Photo 11: Prolifération des mauvaises herbes sur le lit du fleuve à Saré Diahé (Ndiaye, Octobre, 2019) .....	103
Photo 12: Puit pour le maraichage                      Photo 13: Bassin de rétention .....	110
Photo 14: Puit pour abreuvement du bétail .....	110
Photo 15: Maraîchage pratiqué sur le lit du fleuve .....	110
Photo 16: Tracteur acheté par le GIE RIOU BASSAL de Bignarabé (Ndiaye, Octobre, 2019).....	110
Photo 17:Projet à Saré Koutayel financé par le Koweït (Ndiaye, Octobre, 2019).....	112

## **ANNEXE D : Liste des tableaux**

Tableau 1: Quartiers et sous-quartiers traversés par la Casamance à Kolda et retenus pour l'échantillon .....	12
Tableau 2: Taille de l'échantillon en fonction des quartiers et sous-quartiers retenus .....	13
Tableau 3: Durée et installation de l'hivernage.....	32
Tableau 4: Corrélation entre la durée de l'hivernage et la quantité de la pluie.....	33
Tableau 5: Données pluviométriques de la station de Kolda .....	33
Tableau 6: Données de l'évaporation de la station de Kolda de 1960 à 2016 .....	36
Tableau 7: Humidité moyenne mensuelle en % de la station de Kolda de 1960 à 2016 .....	37
Tableau 8: Les ethnies et leurs différentes activités socio-économiques .....	42
Tableau 9: Test de Mann Kendall et de Pettit de la pluie au sein des quatre stations pluviométriques du bassin .....	60
Tableau 10: Test de Mann Kendall et de Pettit de la température à la station de Kolda (1960-2016)...	61
Tableau 11: Interprétation des ISP de 1951 à 2016 des quatre stations .....	69
Tableau 12: Période de basses eaux et de hautes eaux en fonction du coefficient mensuel de débits (CMD) à la station de Kolda .....	74
Tableau 13: Évolution des débits moyens mensuels à la station de Kolda de 1964 à 2008.....	76
Tableau 14: Caractéristiques des années du débit moyen, du débit le plus élevé et du débit le plus faible .....	78
Tableau 15: Caractéristique de la crue .....	80
Tableau 16: Caractéristique de l'étiage .....	80
Tableau 17: Caractéristique du tarissement.....	81

Tableau 18: Quelques éléments du bilan hydrologique de la station de Kolda de 1964 à 2008.....	85
Tableau 19: Caractéristiques des années de la crue moyenne, de la crue la plus élevée et de la crue la plus faible.....	88
Tableau 20: Fréquence d'apparition de la crue à la station de Kolda de 1964 à 2008.....	89
Tableau 21: Évolution de la crue et de la pluviométrie de l'année du débit et du module le plus élevé (1965-1966).....	90
Tableau 22: Évolution de la crue et de la pluviométrie de l'année du débit le plus faible .....	91
Tableau 23: Fréquence d'apparition de l'étiage à la station de Kolda de 1964 à 2008.....	92
Tableau 24: Fréquence d'apparition du tarissement à la station de Kolda de 1964 à 2008 .....	93
Tableau 25: Altération de la qualité de l'eau des nappes .....	99
Tableau 26: Extrait du tableau de l' « Évolution et bilan de l'occupation du sol dans le bassin entre 1987 et 2018 dans le bassin de la Casamance en amont de Kolda » (source : Faye et al 2020).....	106
Tableau 27: La pêche dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda.....	107

## ANNEXE E : Questionnaire

### I. Identification de l'enquêté

#### 1. Zone

1. Rurale  2. Urbaine

#### 2. Quartier

#### 3. Prénom(s)

#### 4. Nom

#### 5. Age

#### 6. Sexe

1. M  2. F

#### 7. Ethnie

1. Peul  2. Manding  3. Wolof  
 4. Diola  5. Mancagne  6. Balante  
 7. Bambara  8. Sérère  9. Mansonké  
 10. Khaoussa

#### 8. Profession

1. Fonctionnaire  2. Agriculteur  
 3. Eleveur  4. Commerçant  
 5. Femme au foyer  6. Retraité  
 7. Chauffeur  8. Etudiant  
 9. Maître coranique  10. Chanteur Griot  
 11. Ouvrier  12. Pêcheur

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (4 au maximum).*

#### 9. Situation matrimoniale

1. Marié(e)  2. célibataire  3. Veuf(ve)  
 4. Divorcé(e)  5. Autres

#### 10. Niveau d'instruction

1. non instruit(e)  2. coranique  3. primaire  
 4. secondaire  5. Supérieur

#### 11. Taille du ménage

1. 2-4 enfants  2. 4-6 enfants  3. 6-8 enfants  
 4. 8-10 enfants  5. +10 enfants  6. Aucun  
 7. un enfant

### II. Disponibilité des ressources en eau de pluie

#### 12. Comment caractérisez-vous l'hivernage dans la localité

1. Précoce  2. tardive  3. stable

#### 13. A partir de quel mois commence-t-il à pleuvoir ?

1. Mai  2. juin  3. juillet  4. Août

#### 14. Combien de temps durent les pluies dans la localité ?

1. Deux mois  2. trois mois  3. quatre mois  
 4. cinq mois

#### 15. Comment sont les précipitations de manière générale dans la localité ?

1. Forte quantité  2. moyenne  3. faible quantité

### III. Disponibilité des ressources en eau de surface

#### 16. A quelle période de l'année constatez-vous une augmentation des eaux au niveau de cette partie du bassin ?

1. Début saison des pluies  2. mi de la saison de pluie  
 3. fin saison de la pluie

#### 17. Comment le remarquez-vous ?

1. Par déversement des eaux dans la zone de culture  
 2. par une augmentation du volume d'eau dans le sous bassin

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

#### 18. L'eau de ce tronçon du bassin déborde-t-elle dans les zones de culture en période de hautes eaux ?

1. Oui  2. Non

#### 19. Si oui quels sont ses effets sur les cultures ?

1. croissance rapide des cultures  
 2. enrichissement des cultures  
 3. Périssage des produits cultivés

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).*

**20. A partir de quelle période de l'année les eaux commencent-elles à diminuer dans le sous bassin?**

- 1. Fin de la saison de pluie
- 2. un mois après la fin des pluies
- 3. deux mois après
- 4. Autres
- 5. Trois mois
- 6. Mars
- 7. Décembre
- 8. Février
- 9. Mai
- 10. Avril
- 11. Janvier

**21. Cette diminution n'a-t-elle pas des effets sur les cultures ?**

- 1. Oui
- 2. Non
- 3. Ne sais pas

**22. Si oui, lesquels ?**

- 1. Mauvaise récolte
- 2. problème de maturité des produits cultivés
- 3. Mauvaise qualité des produits récoltés

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

**23. Y a-t-il d'autres points d'eau différents du bassin que l'on trouve dans la localité ?**

- 1. Oui
- 2. Non
- 3. Ne sais pas

**24. Si oui combien sont-ils ?**

- 1. une
- 2. deux
- 3. trois
- 4. quatre
- 5. cinq
- 6. Plusieurs
- 7. Moto pompe

**25. Contiennent-ils de l'eau douce ?**

- 1. Oui
- 2. Non

**26. Si oui en quoi cette eau est utile ?**

- 1. La boisson
- 2. le maraichage
- 3. l'abreuvement du bétail

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

**27. Quelle est la durée de rétention de ces eaux après la saison pluvieuse ?**

- 1. Permanente
- 2. temporaire

**28. Si elles sont temporaires quel alternatif trouvez-vous pour le reste de l'année ?**

- 1. Recueillir l'eau de pluie
- 2. se rabattre sur le bassin du fleuve
- 3. Aucun
- 4. Puits

**29. Ont-elles un impact sur l'environnement immédiat ?**

- 1. Changement de l'écosystème
- 2. propice à accueillir des espèces hydrophiles

**IV. Disonibilité des ressources en eau souterraine**

**30. Quelle impression avez-vous de la profondeur de la nappe phréatique ?**

- 1. Très Profonde
- 2. profonde
- 3. peu profonde
- 4. pas profonde

**31. Avez-vous constaté un changement sur la qualité de l'eau de la nappe phréatique ?**

- 1. Oui
- 2. Non

**32. Si oui qu'est-ce qui est à l'origine de ce changement selon vous ?**

- 1. Remontée du biseau salé
- 2. Déficit pluviométrique
- 3. Forte évaporation
- 4. Forte pluviométrie

**V. Facteurs explicatifs de la dynamique des ressources en eau du bassin du fleuve Casamance à Kolda**

**33. Avez-vous constaté une quelconque évolution du volume d'eau dans le bassin ?**

- 1. Oui
- 2. Non

**34. Si régressive, de quel ordre en sont les causes :**

- 1. Anthropique
- 2. Naturelle
- 3. Autres
- 4. Progressive

**35. Si Anthropique, lesquelles**

- 1. Extraction de sable
- 2. activité socio-économique
- 3. insalubrité
- 4. Forte pluviométrie
- 5. Fermeture barrage Anambé

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).*

**36. Si naturelles, lesquelles**

- 1. Déficit pluviométrique
- 2. hausse des températures
- 3. Volonté Divine

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).*

**VI. Impacts environnementaux de la dynamique des ressources en eau**

37. Avez-vous constaté des impacts environnementaux liés à la dynamique des ressources en eau?

1. Oui  2. Non  3. Ne sais pas

38. De quelle nature ?

1. Salinisation  2. Erosion  3. Ensablement

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

39. Quels sont les plus fréquents en saison des pluies :

1. Salinisation  2. Erosion  3. Ensablement

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

40. Quels sont les plus fréquents en saison sèche

1. Salinisation  2. Erosion  
 3. Ensablement  4. Autres  
 5. Piétinement des bétails

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (3 au maximum).*

## VII. Impacts socio-économiques de la dynamique des ressources en eau

41. Quelles sont les différentes activités pratiquées dans ce sous bassin ?

1. Agriculture  2. Pêche  3. Elevage  4. Inactif

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (3 au maximum).*

42. La dynamique des ressources en eau influence-t-elle ces activités socio-économique?

1. Oui  2. Non

43. Quelles types d'agriculture est pratiquées dans ce village ?

1. Traditionnelle  2. Industrielle

44. Quelle est l'ethnie qui s'active le plus dans ce secteur

1. Peulh  2. Manding  
 3. Bambara  4. Diola  
 5. Balante  6. Mancagne  
 7. Tout le monde

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (3 au maximum).*

45. Quels sont les produits cultivés ?

1. Arachide  2. Mil  3. Mais  
 4. Sorgho  5. Riz  6. Légumes  
 7. Niébé  8. Pastèque  9. Coton  
 10. Sésame

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (9 au maximum).*

46. A quelle période vous pratiquez cette agriculture ?

1. Saison sèche  2. saison des pluies  3. Les deux

47. Comment est la production agricole

1. Très abondante  2. moyenne  3. peu abondante

48. Constatez-vous une diminution des terres arables le long de cette partie du bassin ?

1. Oui  2. non  3. Ne sais pas

49. Si oui qu'est-ce qui est à l'origine de cette diminution ?

1. Type de culture  
 2. Accroissement démographique  
 3. Herbicides et pesticides

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

50. Quel sont les types de problèmes auxquels se heurtent l'agriculture dans cette zone ?

1. Baisse pluviométrique  
 2. Inégale répartition de la pluie  
 3. baisse de la fertilité des sols  
 4. Manque de moyens  
 5. Usage des herbicides  
 6. Les animaux  
 7. Ne sais pas

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (3 au maximum).*

51. Quel type de pêche rencontre-t-on dans cette zone ?

1. Artisanale  2. industrielle

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

52. Comment est l'activité de pêche dans cette partie du bassin

1. Très développée  2. moyenne  3. peu développée

53. Quelle est l'ethnie qui s'active le plus dans ce secteur

1. Peulh  2. Manding  
 3. Diola  4. Balante  
 5. Bambara  6. Mancagne  
 7. Tout le monde  8. Ne sais pas  
 9. Sérère  10. Laobé  
 11. Lébou

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (3 au maximum).*

54. A quelle période cette activité est la plus pratiquée ?

1. Saison sèche  2. saison des pluies  3. Les deux

55. Quelles sont les espèces les plus exploitées ?

1. Poisson  2. crevette  3. huitres  4. Autres

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (3 au maximum).*

56. Quel est l'impact de la diminution de la disponibilité en eau sur l'activité de pêche ?

1. Emigration des espèces pêchées  
 2. rareté de certaines espèces  
 3. Autres  
 4. Ne sais pas  
 5. étroitesse du canal

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).*

57. Comment est l'élevage dans cette partie du bassin

1. Très développé  2. moyen  3. peu développé  
 4. Autres

61. Y'a-t-il des actions menées par les ONG face à l'impact du changement climatique sur les ressources en eau ?

1. Oui  2. Non  3. Ne sais pas

62. Si Oui, lesquelles

63. Comment sont les résultats de ces actions ?

1. Satisfaisantes  
 2. peu satisfaisantes pas satisfaisantes  
 3. Autres  
 4. Pas satisfaisante

64. Y'a-t-il des actions menées par l'Etat pour lutter contre les différents problèmes liés à la dynamique des ressources en eau dans cette zone ?

1. Oui  2. Non  3. Ne sais pas

65. Si oui, lesquelles

66. Quels sont les impacts de ces actions sur la préservation des ressources en eau ?

58. Quel est l'ethnie qui s'active le plus dans ce secteur

1. Peulh  2. Manding  
 3. Diola  4. Balante  
 5. Bambara  6. Mancagne  
 7. Tout le monde

Vous pouvez cocher plusieurs cases (3 au maximum).

59. A quelle période cette activité est plus pratiquée ?

1. Saison sèche  2. saison des pluies  3. les deux

67. Quel est le rôle des organisations communautaires de bases dans la gestion des ressources en eau ?

1. Participation lors des prises de décision  
 2. sensibilisation de la population locale sur l'importance des ressources en eau  
 3. Autres  
 4. Set-Setal

Vous pouvez cocher plusieurs cases (3 au maximum).

68. Sont-ils des moyens efficaces pour la gestion des ressources en eau ?

1. Oui  2. Non

69. Quels sont les autres acteurs présents dans cette zone ?

1. Société civile  2. touriste  
 3. Partenaires techniques et financiers  4. Autres

Vous pouvez cocher plusieurs cases (3 au maximum).

70. Quelles sont les actions menées par ces acteurs pour la gestion des ressources en eau de la zone ?

71. Quelles sont selon vous les aspects qui peuvent permettre une utilisation durable des ressources en eau ?

60. Quelles sont les espèces les plus convoitées par l'élevage dans cette zone ?

1. Bovins  2. ovins  3. caprins  
 4. Autres  5.

Vous pouvez cocher plusieurs cases (3 au maximum).

### VIII. Stratégies d'adaptation face à la dynamique des ressources en eau du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda

## TABLE DES MATIERES

<b>DEDICACE</b> .....	<b>i</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>ii</b>
<b>SIGLES ET ABREVIATIONS</b> .....	<b>iii</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>vi</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>1</b>
<b>I. PROBLEME</b> .....	<b>2</b>
I.1. CONTEXTE.....	2
I.2. JUSTIFICATION.....	3
I.4. HYPOTHESES GENERALE .....	5
I.5. ANALYSE CONCEPTUELLE .....	6
I.6. ETAT DE L'ART.....	8
<b>II. METHODOLOGIE</b> .....	<b>10</b>
II.1. Recherche documentaire .....	10
II.2. Collectes et traitements des données .....	11
II.2.1. Les données d'enquête .....	11
II.2.1.1. L'observation.....	11
II.2.1.2. Guide d'entretien .....	11
II.2.1.3. L'échantillonnage .....	11
II.2.2 Les données climatiques .....	14
II.2.3 Les données hydrométriques.....	14
II.2.4. Les données spatiales .....	15
<b>PREMIERE PARTIE</b> .....	<b>16</b>
<b>PRESENTATION DU BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA ET ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUE DES POPULATIONS</b> .....	<b>16</b>
<b>CHAPITRE I. CADRE PHYSIQUE DU BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA</b> .....	<b>17</b>
I. Situation géographique du bassin .....	17
I. Caractéristiques physiques du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda.	19

I.1.	Hydrographie.....	19
II.2.	La géologie.....	20
II.3.	L'hydrologie et les nappes .....	22
II.4.	La géomorphologie.....	23
II.5.	Le relief, les pentes.....	24
II.6.	Les sols et la végétation.....	26
II.6.1.	Les sols.....	26
II.6.2.	La végétation.....	27
<b>CHAPITRE II. CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DU BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA</b>		<b>30</b>
I.	Mécanisme généraux du climat	30
I.1.	Les centres d'actions .....	30
I.2.	Études des paramètres climatiques.....	31
I.2.1.	La pluviométrie .....	31
I.2.2.	Les températures .....	35
I.2.3.	L'évaporation .....	36
I.2.4.	L'humidité relative.....	37
<b>CHAITRE III. CADRE HUMAIN DE LA ZONE D'ETUDE</b>		<b>39</b>
I.	Composition ethnique de la population et activités socio-économiques	39
II.	Le niveau d'instruction	40
III.	Activité socio-économiques	41
<b>DEUXIEME PARTIE.....</b>		<b>51</b>
<b>FACTEURS DE LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA.....</b>		<b>51</b>
<b>CHAPITRE I: FACTEURS ANTHROPIQUES ET NATURELS DE LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA.</b>		<b>52</b>
I.	Les facteurs anthropiques	52
I.1.	L'insalubrité .....	53
I.2.	L'ensablement .....	56
I.3.	Les activités socio-économiques .....	57
I.4.	La fermeture du barrage de l'Anambé .....	58
<b>CHAPITRE II : FACTEURS NATURELS DE LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DU FLEUVE EN AMONT DE KOLDA</b>		<b>60</b>
I.	La pluie	60

II. La température	61
<b>TROISIEME PARTIE.....</b>	<b>62</b>
<b>LES MODALITES DE L'ECOULEMENT DANS LE BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA .....</b>	<b>62</b>
CHAPITRE I : ETUDE DES VARIABILITES PLUVIOMETRIQUES	63
I. La variabilité pluviométrique interannuelle	64
II. L'écart à la moyenne	66
III. L'indice des précipitations standardisé (ISP)	69
IV. Coefficient d'hydraulicité	72
CHAPITRE II : LE REGIME MOYEN DE LA CASAMANCE ET SA VARIABILITE	74
I. Le régime fluvial dans le bassin de Kolda	74
II. Le régime fluvial tropical de transition et sa variabilité dans le bassin de la Casamance	75
I.1. Le régime moyen.....	75
III. La variabilité du régime moyen	78
III.1. L'écoulement journalier .....	78
III.1.1. L'année moyenne.....	78
III.1.2. L'année du débit moyen le plus élevé.....	82
IV. Bilan hydrologique	83
CHAPITRE III : L'ANALYSE DE L'ECOULEMENT EXTREME DANS LE BASSIN	87
I. Les crues	87
I.1. Les crues en régime fluvial tropical de transition .....	88
I.2. La crue moyenne .....	89
I.3. La crue de l'année du débit et du module les plus élevé.....	90
I.4. La crue de l'année du module annuel le plus faible .....	90
II. L'étiage	91
III. Le tarissement	92
<b>QUATRIEME PARTIE.....</b>	<b>94</b>
<b>IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIO-ECONOMIQUES DE LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA .....</b>	<b>94</b>
CHAPITRE I : IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIO-ECONOMIQUES DE LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DU FLEUVE CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA	95
I. Impacts environnementaux de la dynamique des ressources en eau	95

I.1.	Impacts de la dynamique des ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda sur la disponibilité en eau de la zone .....	95
I.1.1.	Disponibilité des ressources en eau superficielle dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda .....	96
I.1.2.	Disponibilité des ressources en eau souterraine dans le bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda .....	97
I.2.	L'insalubrité qui empêche l'épanouissement des ressources halieutiques.....	100
I.3.	L'insalubrité et risques sanitaire chez la population .....	100
I.4.	La végétation .....	102
II.	Impacts socio-économiques de la dynamique des ressources en eau dans le bassin du fleuve Casamance .....	103
II.1.	L'agriculture .....	103
II.2.	La pêche .....	106
II.3.	Le tourisme .....	107
<b>CHAPITRE II : STRATEGIES PAYSANNE FACE À LA DYNAMIQUE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DE LA CASAMANCE EN AMONT DE KOLDA</b> .....		<b>109</b>
I.	Stratégies d'adaptation face à la dynamique des ressources en eau dans le bassin du fleuve	109
I.1.	Stratégies d'adaptation paysanne face à la dynamique des ressources en eau .....	109
I.2.	Autres stratégies d'adoption face à la dynamique des ressources en eau .....	111
I.3.	Quelques propositions de la population pour une meilleure adaptation face à la dynamique des ressources en eau.....	112
II.	Solution face à la dynamique des ressources en eau .....	112
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....		<b>115</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....		<b>117</b>
<b>WEBOGRAPHIE :</b> .....		<b>124</b>
<b>ANNEXES</b> .....		<b>I</b>
ANNEXE A :	Liste des cartes .....	I
ANNEXE B :	Liste des figure .....	I
ANNEXE C :	Liste des photos .....	II
ANNEXE D :	Liste des tableaux .....	III
ANNEXE E :	Questionnaire .....	V
<b>TABLE DES MATIERES</b> .....		<b>IX</b>



**Photo 1:** Quelques éléments de mesures du climat à la station de Kolda



**Photo 2:** Même les maisons qui jouxtent le fleuve font l'objet de dépôt d'ordure



**Photo 3:** Quelques éléments de la biodiversité du bassin du fleuve Casamance en amont de Kolda