

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP

Faculté des Lettres et Sciences Humaines

Département de Géographie



MEMOIRE DE DEA DE GEOGRAPHIE

**CONTRIBUTION A L'ETUDE HYDROLOGIQUE
DE L'ESTUAIRE DU FLEUVE SENEGAL**



Présenté par :

M^{elle} COURA KANE

Sous la Direction de :

M. ALIOUNE KANE, Professeur à l'UCAD

GORA NDIAYE, Ingénieur hydrologue à la DGPRE

Année universitaire 2003-2004

SOMMAIRE

Avant-propos	2
Introduction générale.....	3
Problématique.....	4
Méthodologie.....	6
Première partie : Présentation de la zone d'étude.....	8
Chapitre I : Le milieu physique.....	8
Chapitre II : Facteurs hydrodynamiques et modification de l'estuaire	15
Deuxième partie : Etude des écoulements dans l'estuaire	21
Chapitre I : Description de la méthode utilisée.....	21
Chapitre II : Présentation et analyse des résultats.....	23
Conclusion.....	40
Bibliographie.....	41
Liste des figures et des cartes.....	43
Listes des tableaux et photos.....	43
Table des matières.....	45
Annexes.....	46

Avant-propos

Le paradigme de l'analyse spatiale est sous tendu par une représentation de l'espace géographique. Cet espace correspond ici à l'estuaire du fleuve Sénégal. Le choix du thème s'inscrit dans le cadre de l'intitulé du DEA de géographie « Gestion de l'espace en milieu tropical ». Ce travail d'étude et de recherche vise une meilleure compréhension de la gestion de l'espace dans la zone d'étude.

La réalisation de cette étude fut rendue possible grâce à l'intervention de plusieurs personnalités scientifiques que nous remercions ici, il s'agit notamment de :

- M. Alioune KANE, professeur à l'UCAD, département de géographie qui a bien voulu encadré ce travail. Je souhaite par la présente lui exprimer ma gratitude. Ses conseils et son assistance m'ont été d'un grand apport.
- M. Gora NDIAYE, ingénieur hydrologue à la DGPRE (Direction de la Gestion et de la planification des Ressources en Eau) qui n'a pas failli à sa tâche dans l'encadrement de ce travail en dépit de ses divers engagements. A travers lui, nous remercions M. NDIANOR, M. BA, M. CISSE, Mme MBENGUE et tout le personnel de la DGPRE pour leur aide appréciable pour la réalisation de ce travail.
- M. Ibrahima DIOP, chef de service de l'hydraulique de Saint-Louis de qui nous avons obtenu la plupart des informations données ici.
- M. SEYBANI de la SOGED (Société de Gestion et d'Exploitation de Diama) qui nous a fourni les informations sur les débits écoulés à la station de Diama et a su être très attentif à nos interrogations de même que M. SAMB.
- M. Souleymane DIOP, chef de service de l'ONAS (Office National de l'Assainissement du Sénégal) pour l'assistance morale et matérielle et M. Mamadou SOW pour sa disponibilité sur le travail de terrain
- M. Boubou A. SY maître assistant à l'Université Gaston Berger de Saint-Louis, pour son appui significatif et M. André D'ALMEIDA maître assistant à l'UGB pour son aide combien précieuse et spontanée, qu'ils soient assurés de mon estime.

Je dédie ce travail à mes parents, aux professeurs du département de géographie de l'UCAD et de l'UGB, mes amis et mes camarades de promotion.

INTRODUCTION GENERALE

La stratégie d'un développement intégré du bassin du fleuve Sénégal, axé principalement sur l'exploitation des ressources en eau et sur l'amélioration de l'environnement du fleuve Sénégal, a conduit les Etats membres de l'OMVS (Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal) à la réalisation des barrages de Diama sur le fleuve Sénégal et de Manantali sur le Bafing.

Ainsi, l'année 1985 correspond à l'achèvement des travaux du barrage de Diama, édifié à 50 km en amont de l'embouchure. Cette date correspond de façon irréversible à l'artificialisation du fleuve Sénégal. Le régime hydrologique du fleuve est fortement influencé par l'action anthropique.

Les aménagements intervenus sur le fleuve Sénégal ont conduit à la modification d'un certain nombre de paramètres hydrologiques au niveau de l'estuaire. L'hydrodynamisme est maintenant dépendant de l'ouverture et de la fermeture des vannes du barrage de Diama. Toutefois les contraintes de gestion du barrage imposent l'ouverture périodique des vannes pour réguler la côte en amont. Ainsi, l'estuaire peut recevoir les eaux douces évacuées par le barrage. Cette situation contribue au rehaussement du niveau du plan d'eau en aval du barrage.

L'analyse des interactions entre la dynamique fluviale et la dynamique marine en milieu estuarien sahélien constitue un sujet d'importance par rapport à l'évolution de ces écosystèmes fragilisés, de plus en plus, par les interventions anthropiques. C'est dans ce contexte que s'intègre cette étude sur l'estuaire du fleuve Sénégal. L'approche du problème est liée aux modifications récentes intervenues sur la Langue de Barbarie suite à l'ouverture du canal de délestage.

Il s'agira d'apporter une contribution pour une meilleure connaissance de l'hydrologie dans la zone d'étude.

Les différents paramètres à étudier sont donc relatifs aux volumes d'eau écoulés, aux débits et hauteurs d'eau. L'étude de ces différents paramètres nous permettra d'analyser la situation de l'estuaire après l'édification du barrage.

PROBLEMATIQUE

Avant la construction du barrage de Diama, le fleuve recevait à l'étiage, l'eau salée venant de l'océan Atlantique, la langue salée dépassait Dagana, situé à près de 200 km de l'embouchure. Pendant cette période, l'estuaire était beaucoup plus vaste qu'il ne l'est aujourd'hui, circonscrit à une petite zone qui s'étire sur une longueur de 50 km entre l'embouchure et le barrage anti-sel de Diama, à 23 km de la ville de Saint-Louis.

Depuis 1986, date de la mise en service du barrage de Diama, d'importantes modifications sont notées sur tout le milieu physique. Les écoulements marins qui transitaient vers le fleuve sont stoppés par le barrage qui a pour objectifs :

- d'arrêter la remontée de la langue salée ;
- de créer une réserve d'eau pour l'irrigation ;
- d'améliorer le remplissage des défluent, des lacs de Guiers, de Rkiz et de la dépression de l'Aftout es Saheli en Mauritanie et de garantir l'alimentation des prises d'eau des périmètres irrigués.

Pendant la saison sèche, le plan d'eau dans l'estuaire est très bas et le débit du fleuve est pratiquement nul. Le maintien du plan d'eau et du débit dépendent essentiellement du régime régulé des barrages de Diama et de Manantali.

Pendant la crue, les vannes sont ouvertes et le barrage s'efface même en fonction de l'importance des débits suivant le plan de gestion du barrage (voir en annexe). A la fin de la crue, le barrage est fermé. Cette dernière opération a pour but d'éviter l'intrusion d'eau salée et de maintenir le remplissage des réservoirs d'eau douce à vocation d'irrigation.

L'évolution hydrologique du fleuve dépend de la pluviométrie du haut bassin du Fouta Djallon, elle peut être excédentaire ou déficitaire. Une bonne pluviométrie conditionne directement l'apparition de la crue qui contribue au rehaussement du cours d'eau.

Au cours de l'hivernage 2003, suite à une bonne pluviométrie enregistrée dans le bassin du fleuve Sénégal une crue précoce (mois d'août) a été observée à la station de Bakel. Cette crue s'est manifestée par une montée du niveau du plan d'eau qui a atteint la cote de 10,22 m IGN à l'échelle de Bakel. L'onde de crue est arrivée à Saint-Louis en fin septembre et la cote atteinte était de 1,95 m supérieure à la cote d'alerte qui est de 1,75 m. D'autres crues importantes devait arriver, des débordements ont été notés sur tous les points bas au niveau de la ville. Pour soulager Saint-Louis des inondations, dans la nuit du 03 au 04 octobre 2003, un canal de 100m de long et 4m de large a été réalisé sur la langue de Barbarie. Le problème

alors posé est d'une grande acuité car deux jours après l'ouverture de la brèche, la largeur du canal est passée à 200 m, actuellement elle est à 700 m. Avec des débits de 2000 m³/s, l'augmentation de la brèche était prévisible avec le phénomène de l'érosion hydrique.

Cette logique de l'inondation et de modification de l'écosystème estuarien inspire notre travail d'étude qui porte sur la connaissance hydrologique de l'estuaire du fleuve Sénégal.

Le choix de cette présente étude se justifie entre autre par une meilleure appréhension des phénomènes tels que:

- Les flux entrants dans l'estuaire du fleuve Sénégal
- Les modifications récentes intervenues dans la zone d'étude

Avec l'ouverture du canal de délestage, l'influence marine agit à 7 km du bief fluvial que l'embouchure qui se trouve à 30 km au sud de Saint-Louis.

Notre travail consiste à trouver une réponse à la question principale de recherche à savoir :

Comment gérer de façon optimale l'eau du fleuve de manière à ce qu'elle n'inonde plus la ville de Saint-Louis ?

Ainsi les hypothèses posées seront les suivantes

Hypothèse 1 : l'importance des débits impose l'ouverture des vannes du barrage de Diama

Hypothèse 2 : le surplus d'eau évacué par Diama peut créer des inondations à Saint-louis ceci couplé à la morphologie du site et à l'habitat des populations dans le lit majeur du fleuve

Hypothèse 3 : Des stratégies ont été mises en œuvre pour parer aux inondations

Nous aborderons notre analyse par le biais d'un diagnostic du phénomène hydrologique dans l'estuaire du fleuve Sénégal.

METHODOLOGIE

Notre travail consiste à collecter et analyser des données et informations pertinentes, qualitatives ou quantitatives pouvant aider à une meilleure compréhension du comportement hydrologique du cours d'eau dans la zone d'étude. La démarche utilisée est la suivante :

1- Revue documentaire

Il s'est agi, dans cette phase, de consulter les ouvrages qui traitent de la question. La consultation des revues documentaires nous a permis de mieux appréhender notre thème d'étude par le passage au crible des données et informations sur la quantification des eaux entrant dans l'estuaire du fleuve Sénégal. Il faudra noter que les documents consultés présentent des chapitres qui traitent généralement des caractéristiques du fleuve Sénégal, du fonctionnement du barrage de Diama, de l'hydrologie de l'estuaire, de ses modifications intervenues après les aménagements et même des volumes écoulés au barrage de Diama. L'étude des modifications de l'après barrages et de l'évolution de l'estuaire ont longtemps fait l'objet de préoccupation de la part des chercheurs. C'est ainsi que des données hydrométriques existent sur l'estuaire du fleuve Sénégal.

2- le travail de terrain

Cette étape nous a permis de collecter des données et informations auprès des institutions existantes. Le guide d'entretien a été notre support d'outil d'enquête pour recueillir des informations qualitatives auprès des responsables des services publics (OMVS, SOGED) intervenant dans la gestion du barrage de Diama. Les données collectées nous ont permis de faire les calculs des volumes d'eau écoulée à la station de Diama. Ce travail nous a conduit à faire une visite guidée au niveau de l'ouvrage pour voir son fonctionnement. Nous avons également fait des relevés avec le GPS (Global Positionning System) en septembre 2004 pour délimiter la largeur du canal de délestage afin d'évaluer son évolution depuis son ouverture et par ailleurs nous avons pris les coordonnées géographiques de l'ancienne embouchure pour préciser le colmatage.

3- Traitement des données

Plusieurs méthodes ont été utilisées en fonction de la nature de l'information :

Un traitement statistique et informatique pour calculer les volumes d'eau entrant dans l'estuaire, des graphiques pour voir les courbes de tendance des volumes écoulés.

A partir des relevés avec le GPS, nous avons pu faire un traitement cartographique qui nous a permis de confectionner des cartes thématiques avec le logiciel Arc View GIS 3.2a.

La démarche adoptée a permis d'aboutir à des résultats que nous présentons en deux parties : la première qui sera axée sur une présentation de la zone d'étude ; la deuxième mettra l'accent sur une étude des écoulements qui transitent vers l'estuaire et leur impact sur l'environnement.

Première partie : Présentation de la zone d'étude

Chapitre I : Le milieu physique

Prenant sa source dans le massif du Fouta Djallon, le fleuve Sénégal longe sur plusieurs km avant d'atteindre l'océan Atlantique dont il est séparé par un cordon littoral : la Langue de Barbarie. Ce dernier se présente sous la forme d'une longue flèche sableuse fragile et instable, façonnée par le jeu de la dynamique littorale. La Langue de Barbarie ferme ainsi la partie terminale du fleuve qui constitue l'estuaire du fleuve Sénégal.

1.1. Le fleuve Sénégal

Le fleuve Sénégal est la deuxième grande artère fluviale de l'Afrique de l'ouest après le Niger, il est compris entre 10° 30' et 17° 30' de latitude nord et entre 7° 30' et 16° 30' de longitude ouest. Il a un bassin versant d'environ 345.000 km² partagé entre plusieurs Etats : Guinée, Mali, Mauritanie et Sénégal, dont près de 60.000 km² dans le territoire du Sénégal. Le fleuve Sénégal est né de la jonction du Bafing et du Bakoy à Bafoulabé à 130 km au sud-est de Kayes. La branche mère du Bafing prend sa source dans le Fouta Djallon guinéen à 960 m d'altitude, à 17 km au nord ouest de Mamou.

Le fleuve coule du sud vers le nord ouest sur une longueur de 1700 km. Il se dirige d'abord vers le nord-ouest avant de décrire, à partir de Bakel, une boucle de 500 km de longueur s'achevant dans le delta. Il traverse trois zones climatiques que sont : la zone subguinéenne, la zone soudanienne, la zone sahélienne avant de rejoindre l'Océan Atlantique au sud de Saint-Louis. Il gagne l'océan après avoir longé un cordon littoral sableux, la Langue de Barbarie. Le fleuve est essentiellement alimenté par les pluies qui tombent en période d'hivernage. Son régime est irrégulier, de type tropical en relation étroite avec la fréquence des précipitations. Le cours supérieur du fleuve, qui s'étend sur 980 km et prend fin à Bakel, est fortement arrosé.

De Bakel à Richard Toll, la vallée du Sénégal constitue la principale zone d'inondation du fleuve. La pente est très faible, la largeur du lit majeur atteint de 10 à 25 km et le cours d'eau est lacéré en de nombreux bras et marigots. Après Richard Toll, le fleuve Sénégal entre dans le Delta, le chevelu hydrographique y est ramifié et se compose de plusieurs bras (le Gorom, le Lampsar, le Djeuss, le Kassack, la Taouey) et de lacs dont le Djoudj, le lac de Guiers dans la partie sénégalaise et le lac Rkiz dans la partie mauritanienne.

Le delta du fleuve Sénégal est une vaste plaine d'inondation dont l'altitude dépasse rarement 2 m IGN. Il est compris entre les latitudes 16° et 16° 30 nord et se trouve dans la zone sahélienne. C'est une zone instable généralement submergée en période de crue.

Dans le rapport du PNUE/UCC-Water/SGPRE (2002) on note que « la pluviométrie moyenne ne dépasse pas 300 mm, elle est caractérisée par une très forte irrégularité inter annuelle et la région du delta peut se différencier en deux secteurs, suivant les caractéristiques hydrologiques, hydrodynamiques et sédimentologiques :

- l'estuaire, partie terminale du bassin, au modelé très marqué par la salinité ;
- La langue de Barbarie, longue flèche sableuse alignée NNW-SSE dont l'extrémité détermine la position de l'embouchure »

1.2. L'estuaire

C'est la partie du fleuve où l'influence de la mer se fait encore très fortement sentir.

Selon Pritchard (1967), dans le rapport EQUSEN (1993) : « un estuaire se définit comme une masse d'eau semi-fermée en connexion libre avec l'océan, et au sein de laquelle l'eau de mer est significativement diluée par l'eau douce du bassin versant ». Toujours dans ce rapport, trois caractéristiques distinguent les estuaires des autres systèmes aquatiques, qui correspondent à trois concepts liés à leur fonctionnement : « un estuaire est un milieu côtier mais dont l'ouverture est limitée vers la mer, la connection est toutefois suffisante pour que les échanges soient permanents et que prenne place la confrontation des eaux marines et continentales. »

Pour les géomorphologues, l'estuaire est le secteur du littoral, à faible relief, correspondant à l'embouchure d'un cours d'eau important, qui s'évase vers l'aval et dans laquelle pénètre amplement la marée (Paskoff R. 1985).

Il n'y a pas d'estuaire dans une zone sans marée. On peut donc considérer que le propre d'un estuaire est d'être remontée par la marée.

1.2.1. Sa formation

La formation de l'estuaire remonte à la période subactuelle (1800-400 ans). Le régime climatique est sous la dominance sèche. Cette phase se manifeste par une recrudescence de l'action éolienne qui favorise la formation de dunes littorales semi-fixées. Cette phase sèche active une dérive littorale qui a contribué à la fermeture de l'ancienne embouchure située au nord du delta à la fin du XVII^{ème} et début du XVIII^{ème} siècle. Les apports de sable par la dérive littorale ont construit une flèche littorale qui s'est allongée progressivement vers le sud, ainsi se forme la Langue de Barbarie. Dans la thèse de P. CECCHI (1992), on note que « Les anciens bras deltaïques du fleuve (le Gorom, le Lampsar, le Djeuss) rejoignent désormais tous le fleuve en amont de Saint-louis. Vers –1800 ans BP, une chute brutale des écoulements est observée, datant ainsi le début des fortes intrusions salines de la basse vallée (Monteillet 1986). Ainsi après avoir construit un vaste delta dans le golfe nouakchottien, le Sénégal se termine maintenant par un estuaire. Sa largeur ne dépasse pas 1 km, mais sa longueur est variable au gré des migrations de l'embouchure ». Dans le secteur estuarien, différentes unités sont observables sur les chenaux de marée.

1.2.2. Les écosystèmes estuariens

Les unités sont disposées de façon successive. Au milieu du chenal de marée se trouve la vasière basse ou slikke, ensuite la vasière haute qui s'assimile au tanne qui est périodiquement inondé et enfin le schorre à herbacé qui se trouve à l'arrière de la vasière haute.

1.2.2.1. Les vasières

La vase est un dépôt caractéristique des estuaires mais aussi de certains lacs et de nombreux fonds marins littoraux. La vase est un sédiment fin composée de minéraux argileux, du fer et de la matière organique. L'envasement s'effectue par adhérence de vase floclée lors du jusant ou à la faveur de tourbillons sur le front de la partie immergée des berges. La vase abondante floclée et déplacée en suspension dans un estuaire par la marée est appelée bouchon vaseux et la zone d'extension de la vase déposée une vasière.

Les vasières se développent au niveau des chenaux du fleuve, elles constituent une unité géomorphologique importante dans le secteur estuarien. On y distingue deux types de vasières : les vasières recouvertes par la végétation herbacée appelée schorre et celles nues à efflorescence saline connues sous le nom de tanne.

2-2-2- Les tannes

Les tannes sont des terrains dénudés à efflorescences salines. Dans le secteur de l'estuaire, ces unités correspondent aux terrains recouverts par les eaux du fleuve pendant l'hivernage laissant les larges plages nues après leur retrait. On observe ces unités vers le Gandiolais, à l'est de l'île de Sor et aux abords des trois marigots.

2-2-3- Le schorre

Le schorre se présente sous forme de surfaces basses subhorizontales. Il est régulièrement inondé par la marée et la crue selon qu'il se trouve sur le littoral ou abrité au niveau des estuaires. La surface du schorre dispose d'un réseau de chenaux plus ou moins dense. L'unité se compose d'une végétation halophyte qui supporte des inondations périodiques et une salure variable. Le schorre se distingue à Bountou Ndour au sud de Saint-Louis.

2-3- Salinisation de l'estuaire

Avant la mise en service du barrage de Diama, le fonctionnement de l'estuaire dépendait seulement de la marée. La salinisation des eaux de l'estuaire est directement tributaire des apports marins, dont la qualité est susceptible d'évoluer en saison sèche.

Depuis 1986, le fleuve entre dans la zone estuarienne à partir de Diama. Le processus de salinité de l'estuaire est très variable au cours de l'année. En effet trois phases sont à retenir, il s'agit de la dilution, de la salinisation et de l'évaporation.

Dans le rapport EQUESSEN (1993) on note qu'« après l'épisode de la crue durant lequel l'intégralité du fleuve jusqu'à son embouchure est uniformément investi par les eaux de la crue (dilution), l'onde de marée recommence à se propager dans l'estuaire jusqu'à ce que la salinité superficielle à Saint-louis atteigne une valeur proche de la salinité de l'océan (salinisation). L'intrusion saline reprend donc (début décembre) alors que les eaux océaniques présentes devant l'embouchure sont des eaux froides (riches en sels nutritifs) d'origine profonde et advectées en surface par les pulsations d'upwelling côtier. Elle se poursuit jusqu'au mois de mai environ grâce à ces eaux enrichies. Puis sous l'effet de l'évaporation, cette salinité, alimentée alors par les masses d'eaux chaudes tropicales (comparativement pauvres en sels nutritifs) séjournent devant l'embouchure, va dépasser la salinité océanique jusqu'à ce que la crue suivante interrompe la concentration de l'estuaire (évaporation) ».

La salinisation de l'estuaire avant l'édification du barrage se faisait à la même période qu'actuellement, seulement sa zone d'influence était beaucoup plus élargie, la remontée saline était significative. La salinisation est maintenant régulée en fonction du maintien de la côte en amont du barrage. Ce maintien du plan d'eau permet aux paysans de pratiquer l'agriculture irriguée en toute saison.

Avec le retrait des eaux de crue, la salinisation de l'estuaire se fait de manière progressive, occasionnellement il peut être saumâtre pendant la saison sèche à cause des lâchers pour les besoins de gestion du barrage.

1.3. La Langue de Barbarie

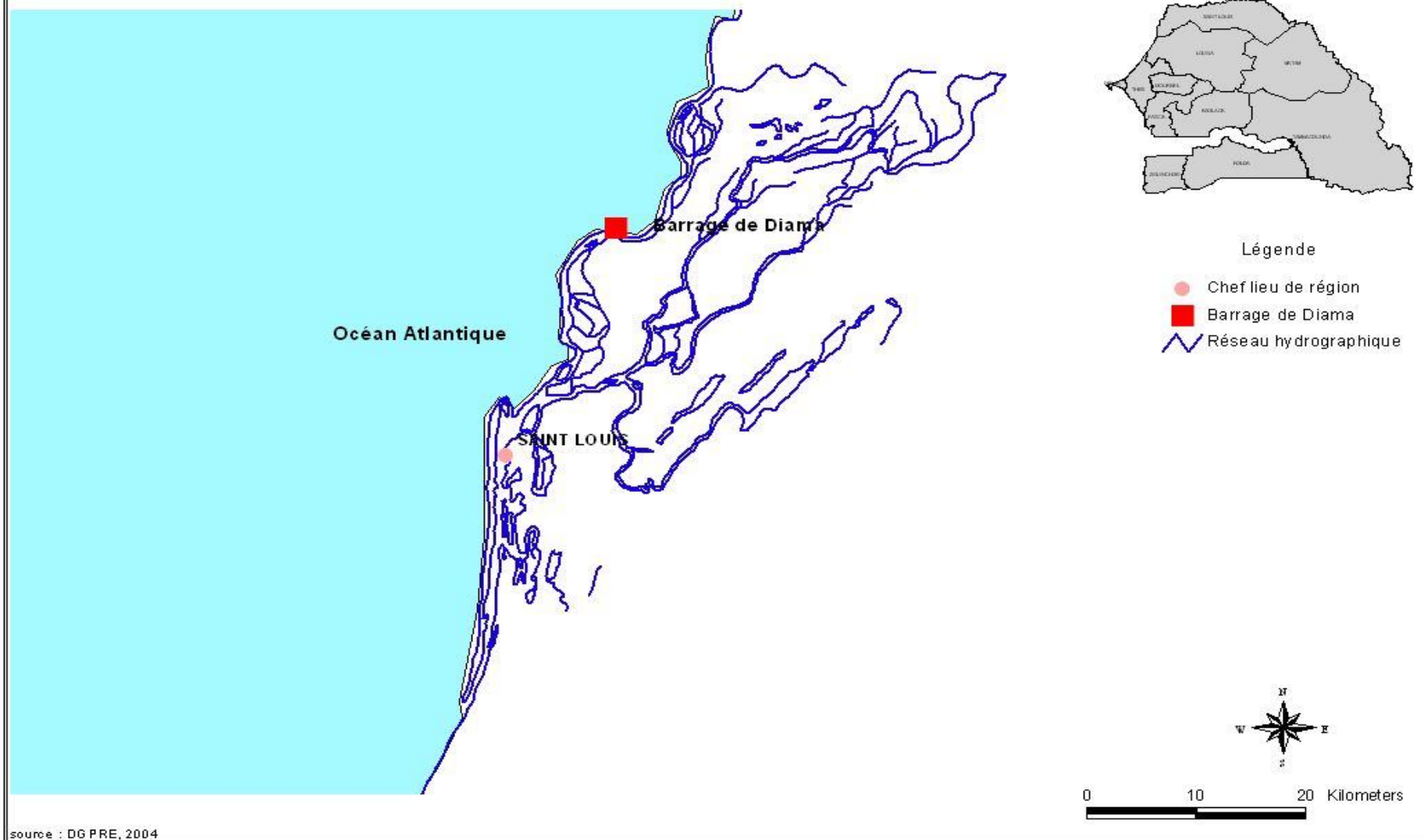
Le fleuve rejoint la mer après avoir été repoussé par un cordon littoral, la Langue de Barbarie. « Cette flèche littorale est fragile et instable, façonné par le jeu de la dynamique littorale. Son extrémité détermine la position de l'embouchure », rapport Gilif (2002). La partie estuarienne représente donc l'unique exutoire du cours d'eau vers l'océan dont l'embouchure se trouve à 30 km au sud de Saint-Louis.

La Langue de Barbarie est une dune de sable qui peut présenter des points de faiblesse dus à l'érosion éolienne ou hydrique. Quand le fleuve est en crue, la force de l'eau peut entraîner une nouvelle passe sur le cordon sableux. Dans le rapport GILIF (2002), on note que « de 1850 à nos jours, vingt ruptures d'inégale importance ont été enregistrées sur la Langue de Barbarie. Les plus notables ont eu lieu en 1894 et 1959, la plus récente est intervenue en 1973. Depuis cette date, le cordon sableux poursuit sa trajectoire vers le sud ; la poursuite de cette trajectoire méridionale implique à la fois la mobilisation et le dépôt de sédiments sur le bord nord du cordon et l'érosion du bord sud. »

Selon Kane (1997), « l'évolution classique notée était la suivante : au bout d'une période durant laquelle l'embouchure est déplacée d'une distance considérable vers le sud et que la résistance hydraulique s'est accrue avec l'augmentation de la distance jusqu'à l'embouchure, une nouvelle brèche se crée sur le cordon littoral à environ 7-8 km au nord. En réalité, le fleuve passe à travers la Langue de Barbarie provoquant la fermeture de l'ancienne embouchure ou, au contraire, sa survivance. Le cordon peut aussi se rattacher au continent par son extrémité méridionale. Il se forme alors au sud de la passe une lagune dont l'étendue est peu à peu réduite par la migration de la nouvelle embouchure ». Depuis 1973, à cause de la sécheresse et de la baisse des écoulements, la Langue de Barbarie ne connaît plus de rupture, ceci est consécutif à l'artificialisation du régime du fleuve, notamment par la construction des

barrages de Diama et de Manantali. Ces derniers régulent le régime hydrologique du fleuve Sénégal.

Carte N°1 : Localisation de l'estuaire du fleuve Sénégal



Chapitre II : Les facteurs hydrodynamiques et la modification de l'écosystème estuarien

L'évolution de l'estuaire est fortement influencée par les facteurs hydrodynamiques et les modifications intervenus après les aménagements sur le fleuve Sénégal en 1985 avec l'avènement du barrage de Diama et en 2003 qui correspond à l'ouverture du canal de délestage.

1.1. Les facteurs hydrodynamiques

Ils contribuent à l'évolution du cours d'eau et conditionnent la morphologie du littoral.

1.1.1. La dynamique océanique

La circulation des eaux océaniques est largement dominée par le vent qui conditionne les mouvements de marée et de houle.

1.1.1.1. La marée

La marée résulte de l'effet direct des forces de gravitation de la lune et du soleil sur l'hydrosphère marine. Marée haute et marée basse ont lieu à intervalles de 6 heures par jour. Son amplitude est à considérer sur la dynamique de l'estuaire. Elle est de type semi-diurne sur l'ensemble du littoral.

En période d'étiage, les fluctuations de la marée conditionnent le régime hydrologique de l'estuaire. C'est la période des basses eaux qui dure de novembre à juillet, le débit du fleuve est pratiquement nul, le niveau du plan d'eau est proche de

-0,44 m IGN. Les vannes du barrage de Diama sont fermées, l'essentiel des apports est d'origine marine, ce qui contribue à la salinisation de l'estuaire. La circulation de l'eau salée refoule l'eau douce en amont et tout le bief fluvial devient salé. Le temps de présence de l'eau marine est beaucoup plus important, l'eau douce est soustraite de la dynamique estuarienne pendant une bonne période de l'année. Mais l'amorce de la décrue se fait très lentement. L'estuaire est encore douce fin octobre début novembre même si la dynamique marine est observable avec cependant un flot beaucoup plus court que le jusan.

Avant le canal de délestage, l'amplitude de la marée était atténuée. Aujourd'hui l'atténuation a diminué du fait de la proximité de la mer. En saison sèche, le fleuve suit les fluctuations de

la marée. En marée basse, l'eau du fleuve a tendance à se retirer, et on observe un tarissement du cours d'eau (voir photo n°1)

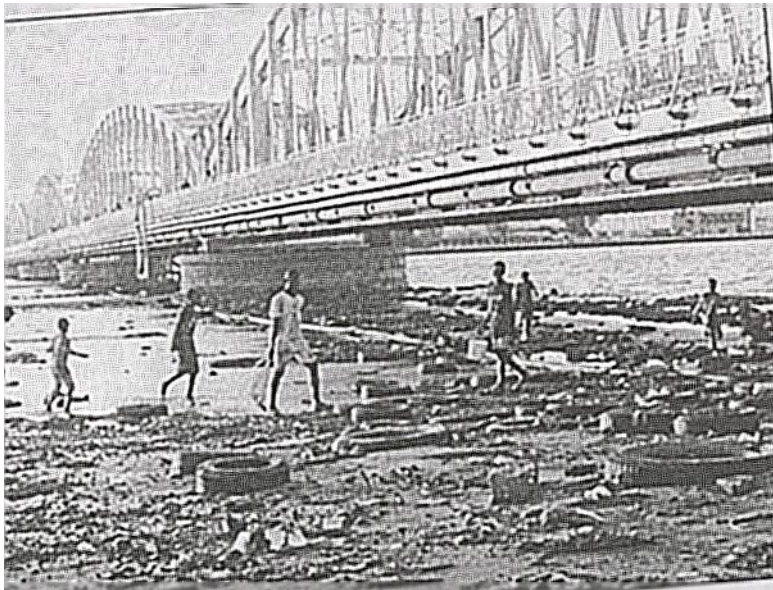


Photo n°1 : Tarissement du fleuve en période sèche

Source : Journal L'oiseau libéré, novembre 2004, mensuel de Saint-Louis

1.1.1.2. La houle

Deux types de houle se distinguent sur le littoral sénégalais.

La houle du NW qui a pour origine les tempêtes d'ouest des hautes latitudes de l'Atlantique nord est la plus importante. Elle prédomine sur le littoral d'octobre à juin. Par contre de juin à octobre, le littoral sénégalais est sous l'action prédominante des houles australes (SW) qui sont plus faibles que celle du NW.

La houle est un mouvement ondulatoire régulier de la surface de la mer, induit par des vents lointains et susceptible de se propager au loin. La houle induit des phénomènes de dérive qui sape les falaises littorales. La dérive littorale est un déplacement d'ensemble des eaux littorales sous l'effet des courants et suivant une direction constante parallèle au rivage. La houle et la dérive littorale ont façonné des micro-reliefs (dunes) et sont à l'origine de l'édification de la Langue de Barbarie.

Avec la brèche, il y a une bifurcation rapide de l'eau au niveau du canal de délestage. Le courant de la dérive frappe directement la base sud. Le côté nord est abrité du courant de dérive.

1.2. La dynamique estuarienne

Après les aménagements intervenus sur le fleuve Sénégal, l'hydrodynamisme de l'estuaire est sous la dépendance partielle du régime régulé des barrages de Diama et de Manantali pendant la période des hautes eaux.

Quand l'onde de crue arrive, vers la fin du mois de juillet, le barrage est ouvert pour abaisser le niveau amont. Cette opération permet de maintenir la cote à une échelle de 1,50m pour permettre aux eaux de crue qui viennent des principaux affluents et des lâchers de Manantali de passer vers l'estuaire. Pendant la saison pluvieuse, la cote est maintenue à 1,50 m, le volume stocké à Diama est égal à 250 millions de m³. Pendant la saison sèche, la cote est maintenue à 2,50 m et le volume d'eau stocké est de 530 millions de m³.

En période de crue, les vannes sont ouvertes, il y a une procédure d'abaissement de la cote amont du barrage. L'abaissement du niveau amont est fonction du débit qui arrive à Bakel. Le fleuve est essentiellement alimenté par les pluies qui tombent en hivernage dans le haut bassin. Si la pluviométrie est bonne, il y a un excédent. L'essentiel des eaux viennent du principal affluent le Bafing où est construit le barrage de Manantali. Ce dernier est un barrage réservoir dont la cote de remplissage est de 210 m. Au delà de cette cote l'eau est évacuée plus les apports non contrôlés de la Falémé et du Bakoy qui convergent vers Diama, le niveau amont est abaissé pour évacuer le surplus vers l'estuaire. L'eau salée est repoussée progressivement par l'eau douce du barrage. Dans le rapport GILIF (2002) on note qu'« une masse importante d'eau douce circule vers l'aval et dilue fortement les eaux marines, créant une hétérogénéité saline. Des courants de jusant particulièrement élevés accentuent la stratification des eaux et remettent en suspension les sédiments fins dans la couche d'eau profonde.

La crue inverse le fonctionnement estuarien entre juillet et septembre ; l'estuaire est envahi par les eaux douces qui expulsent l'eau de mer. Les eaux estuariennes sont alors plus chargées en matières en suspension (MES) que celles de l'amont, du fait de l'érosion des berges et des zones basses encore dénudées longeant le fleuve. »

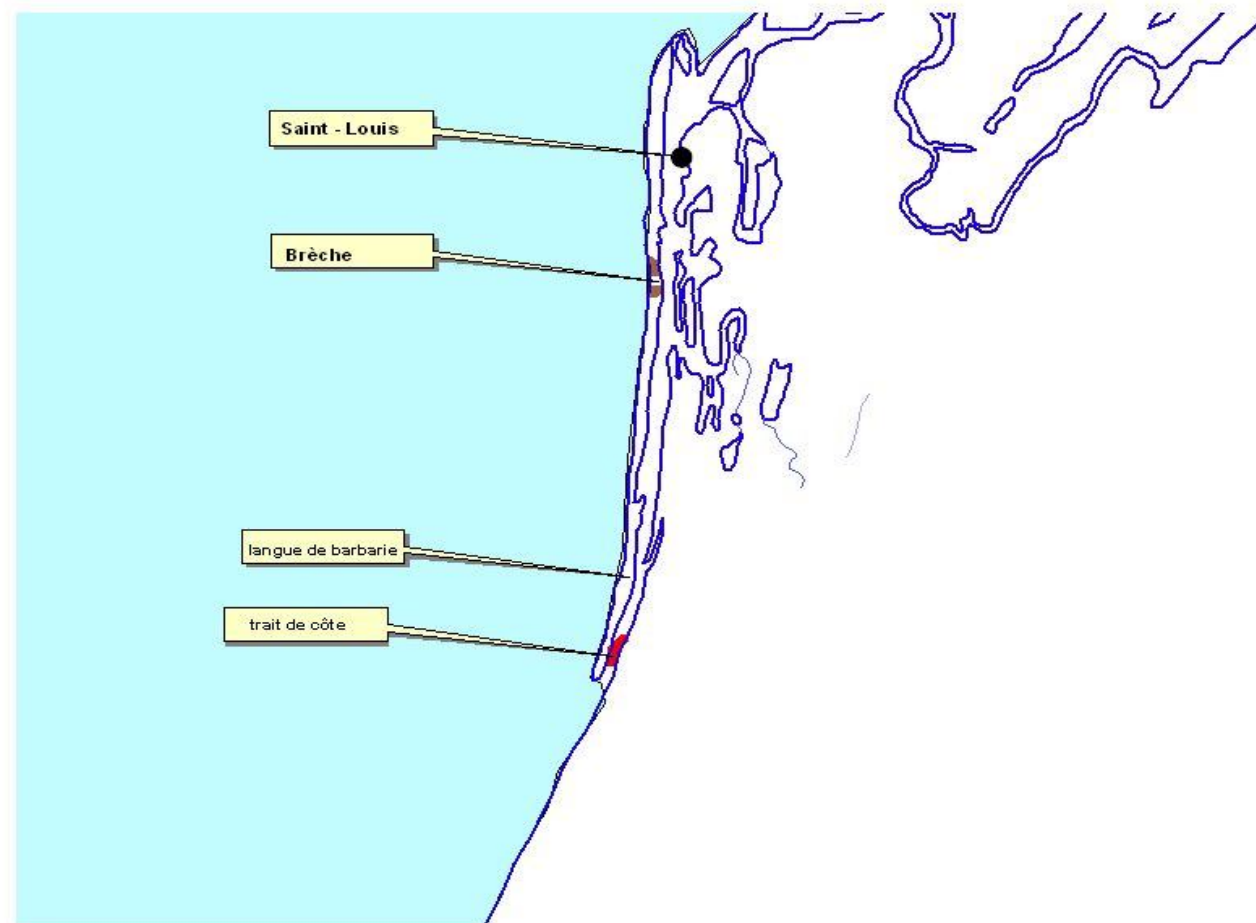
1.3. La modification de l'écosystème estuarien

Depuis octobre 2003, un nouveau phénomène est intervenu sur le littoral nord sénégalais induisant des modifications sur la dynamique fluviale. Un canal de délestage a été réalisé à 7 km en aval de Saint-Louis pour éviter une nouvelle inondation dans la ville. Avec la brèche, on assiste à un colmatage de l'ancienne embouchure. D'ailleurs le travail de terrain que nous

avons effectué en septembre 2004 confirme cette hypothèse, nous avons observé une fermeture complète de l'ancienne embouchure, la mer ne fait plus saillie sur le fleuve (voir carte n°2). La partie située entre l'ancienne embouchure et la brèche évolue sous forme de lagune. Notons cependant que l'ancienne embouchure a toujours subi un déplacement alternatif vers le sud. Ce phénomène est la conséquence des ruptures au niveau de la Langue de Barbarie. L'embouchure a connu plusieurs positions (voir tableau n°1)

La migration de l'embouchure est liée à l'écoulement des eaux. Si la crue est importante, le fleuve a tendance à creuser le sable sous l'action de l'eau et de ce fait crée une nouvelle brèche et par ailleurs l'ancienne embouchure se referme. On peut affirmer que même si le canal de délestage n'était pas ouvert, l'embouchure serait fermée.

Carte n°2 : Colmatage de l'ancienne embouchure



Légende

- Chef lieu région
- Réseau hydrographique
 - grand fleuve et côte
 - fleuve
 - petit fleuve
- Ocean atlantique
- Brèche
- trait de côte septembre 2004



0 4000 8000 Kilomètres

Source : DGP RE

Tableau n°1 : Extension de la Langue de Barbarie et position de l'embouchure du fleuve depuis 1658 selon les cartes historiques (exprimées en km par rapport à l'île de Saint-Louis)

Année	Km	Année	km	Année	km	Année	km	Année	Km
1658	2,5	1840	20,0	1870	12,0	1913	20,0	1966	20,1
1692	20,0	1843	17,0	1872	12,4	1921	16,0	1967	21,3
1707	4,5	1846	9,0	1872	10,3	1923	15,0	1968	22,2
1717	25,0	1849	16,5	1874	11,5	1928	24,2	1969	22,5
1720	21,0	1849	3,4	1874	13,0	1928	20,8	1969	22,8
1726	10,0	1851	27,5	1882	17,0	1932	23,4	1970	20,0
1727	3,5	1854	4,5	1883	17,4	1936	15,7	1971	24,3
1738	12,0	1855	20,0	1883	14,0	1936	23,4	1973	15,0
1750	22,0	1856	4,5	1884	18,3	1948	15,7	1977	16,3
1780	9,0	1858	3,5	1884	14,4	1950	23,9	1978	19,6
1790	4,5	1859	-0,5	1887	12,1	1955	16,8	1980	21,5
1801	27,5	1860	5,0	1889	15,7	1958	25,5	1981	21,8
1802	18,0	1861	10,9	1894	14,3	1958	27,0	1983	21,0
1802	19,0	1862	8,5	1897	12,8	1959	27,0	1986	23,5
1810	6,0	1863	2,5	1904	18,3	1959	16,5	1989	27,5
1820	7,0	1864	6,0	1905	15,0	1960	16,7	1990	28,0
1824	15,0	1865	8,0	1906	15,7	1960	18,9	2000	30,0
1825	14,4	1866	1,5	1908	16,5	1962	18,0	2003	30
1827	30,0	1867	16	1909	20,0	1963	17,7	2004	7

Source : A. KANE 2002 (complété par C. KANE, 2004)

Il faut signaler qu'en 2003, deux embouchures étaient distinctes, l'ancienne qui se trouve à 30 km et la nouvelle à 7 Km de la ville de Saint-louis. L'ancienne s'est colmatée en 2004, la brèche constitue de nos jours l'unique exutoire du cours d'eau.

Deuxième Partie : Etude des écoulements dans l'estuaire

Chapitre I : Description de la méthode utilisée

Pour l'essentiel des outils, nous avons d'abord procédé à la collecte de données au niveau de la Société de Gestion et d'Exploitation de Diama (SOGED). Pour régulariser le débit en amont du barrage de Diama, les gestionnaires de l'ouvrage procèdent à un certain nombre de calcul à l'aide de formules statistiques. En fonction de l'importance de la crue, les vannes sont manipulées à différents niveaux, les formules utilisées dépendent de l'ouverture des vannes.

Le débit lâché par le barrage peut être calculé par :

$$Q1 = 1,0566 * E * N * L * (2 * g * (Hm - Hv))^{0,3761}$$

Dans ce cas les vannes sont noyées c'est-à-dire plongées dans l'eau. Le régime est établi ou transitoire c'est-à-dire quand les vannes sont ouvertes, il y a un tourbillonnement de l'eau.

$$Q2 = 9,494 * N * L * (Hm - 0,01)^{0,8293}$$

Les vannes sont effacées, elles sont hors d'eau, le régime est établi, la différence de niveau entre amont et l'aval est inférieure à 20 cm

$$Q3 = 1,1607 * N * L * (Hv + 8,97) * (2 * g * (Hm - Hv))^{0,4053}$$

Les vannes sont effacées, le régime est transitoire, la différence de niveau entre amont et aval est supérieure à 20 cm.

Signification des paramètres

E (m) : ouverte verticale des vannes

N : nombre de vannes ouvertes

L (m) : largeur des vannes, égale à 20 m

g (m/s²) : accélération de la pesanteur (= 9,81)

Hm(m) : côte à l'amont du barrage

Hv (m) : côte à l'aval du barrage

Q1, Q2, Q3 (m³/s) : débit sortant du barrage

Le barrage compte 7 vannes (N) et 23 paliers. Pendant la crue les vannes sont ouvertes de façon symétrique à différents paliers qui correspond à E (m) qui est l'ouverture verticale des vannes. Les différences de niveau sont calculées par Hm (m) et Hv (m). L'accélération de la pesanteur est un paramètre constant de

l'attraction terrestre, elle a une influence sur le débit. De sa conception, l'ouvrage principal est un barrage mobile qui s'ouvre en période de crue pour assurer l'écoulement normal du fleuve et se ferme en période d'étiage pour empêcher la remontée de la langue salée, permettre l'irrigation et l'alimentation des dépressions des périmètres irrigués.

L'ouvrage de Diama est constitué :

- d'un évacuateur de crue qui a une capacité d'évacuation de 6500 m³/s, il a une longueur de 170 m et 35 m de largeur il est composé de 7 vannes de 20 m de large équipées de vannes segments relevables permettant des retenues entre les côtes 1,50 m IGN et 2,50 m IGN.
- une écluse de navigation de 175 m x 13 m pour le passage des bateaux
- une digue de bouchure du lit mineur du fleuve Sénégal de 440 m de longueur
- deux digues de fermeture du lit majeur du fleuve Sénégal prolongeant les ouvrages jusqu'au Tound Birette en rive droite et au Tound N'Guinor en rive gauche

Le barrage comprend également des endiguements en rive droite et rive gauche qui assurent la fermeture de la retenue, la protection contre les inondations et le contrôle de l'alimentation gravitaire des marigots et zones d'épandage de crue sur le bief Diama - Rosso.

Le débit est calculé chaque jour et chaque enregistrement renseigne sur le nombre de vannes ouvertes, le degré d'ouverture et le niveau du plan d'eau amont et aval, la date et l'heure d'enregistrement.

Presque pour toutes les années hydrologiques, la formule Q1a été utilisée, les vannes sont noyées, les années où la formule Q2 est utilisée correspond à une crue importante où les vannes sont complètement ouvertes, c'est en 1988, 1995, 1999, 2003.

Chapitre II : Présentation et analyse des résultats

Le barrage de Dama en fonction de la crue évacue le surplus d'eau au niveau de l'estuaire. Ainsi nous avons calculé le volume qui est une quantité donnée à partir du débit qui est le volume écoulé par unité de temps, il est exprimé en m^3/s .

2.1. Présentation des résultats

Pour calculer le volume d'eau écoulé au barrage de Dama, nous avons utilisé la formule $V = Q * 86400 \text{ s}$, Q représente le débit déjà calculé par les gestionnaires du barrage et 86400 s représente le nombre de secondes durant 24 h.

Nous avons calculé les volumes à partir de 1986 qui correspond à la date de la mise en eau du barrage de Dama. L'analyse s'est effectuée sur la base de l'année hydrologique qui débute le 1^{er} mai et se termine au 30 avril. Ce calcul nous permet de quantifier les flux entrant dans l'estuaire.

Les formules adoptées nous ont permis d'aboutir aux résultats suivants :

Tableau n°2 : Volumes écoulés en m^3 de 1986 à 2004 à la station de Dama

<i>Année</i> mois	1986/1987	1987/1988	1988/1989	1989/1990	1990/1991
Mai					
Juin					2,E+08
Juillet	1,E+08			6,E+08	1,E+09
Aout	1,E+09	4,E+08	2,E+09	1,E+09	1,E+09
Septembre	3,E+09	2,E+09	3,E+09	3,E+09	1,E+09
Octobre	3,E+09	2,E+09	3,E+09	3,E+09	1,E+09
Novembre	9,E+08	9,E+08	5,E+08	9,E+08	4,E+08
Décembre	1,E+07	4,E+07	6,E+07	2,E+08	5,E+07
Janvier				2,E+07	
Février				4,E+07	2,E+08
Mars					2,E+08
Avril				5,E+07	1,E+08
Total	8,E+09	5,E+09	8,E+09	9,E+09	6,E+09

mois/année	1991/1992	1992/1993	1993/1994	1994/1995	1995/1996
Mai	1,E+08	3,E+08		1,E+08	7,E+07
Juin	2,E+07	3,E+08	8,E+07	1,E+08	9,E+07
Juillet		6,E+08	6,E+08	7,E+08	4,E+08
Aout	1,E+09	8,E+08	1,E+09	3,E+09	3,E+09
Septembre	3,E+09	3,E+09	3,E+09	4,E+09	4,E+09
Octobre	2,E+09	1,E+09	2,E+09	5,E+09	4,E+09
Novembre	1,E+09	5,E+08	7,E+08	3,E+09	7,E+08
Décembre	5,E+08	3,E+08	7,E+07	3,E+09	3,E+08
Janvier	2,E+08	2,E+08		2,E+09	3,E+08
Février		2,E+08		5,E+08	4,E+08
Mars		3,E+08		2,E+08	5,E+08
Avril	1,E+08	2,E+08	7,E+07		4,E+08
Total	8,E+09	7,E+09	7,E+09	2,E+10	1,E+10

mois/année	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001
Mai	1,E+08				
Juin	7,E+07		9,E+07	7,E+07	4,E+08
Juillet	3,E+08	4,E+08	6,E+08	9,E+08	1,E+09
Aout	1,E+09	2,E+09	2,E+09	3,E+09	2,E+09
Septembre	3,E+09	4,E+09	4,E+09	5,E+09	4,E+09
Octobre	2,E+09	2,E+09	3,E+09	5,E+09	3,E+09
Novembre	5,E+08	2,E+08	5,E+08	4,E+09	1,E+09
Décembre	2,E+08		1,E+08	1,E+09	2,E+08
Janvier			6,E+07	6,E+08	
Février				8,E+07	
Mars			2,E+07	1,E+08	
Avril			9,E+07		
Total	7,E+09	8,E+09	1,E+10	2,E+10	1,E+10

mois/année	2001/2002	2002/2003	2003/2004
Mai			6,E+07
Juin		5,E+07	7,E+07
Juillet	5,E+08	5,E+08	2,E+09
Aout	2,E+09	2,E+09	3,E+09
Septembre	4,E+09	3,E+09	4,E+09
Octobre	3,E+09	2,E+09	5,E+09
Novembre	8,E+08	4,E+08	3,E+09
Décembre	7,E+08	3,E+08	7,E+08
Janvier	5,E+08	3,E+08	4,E+08
Février	9,E+07	2,E+08	2,E+08
Mars	5,E+07	2,E+08	3,E+08
Avril		1,E+08	4,E+08
Total	1,E+10	9,E+09	2,E+10

2.2. Analyse et interprétation des résultats

Les volumes calculés renseignent sur les quantités d'eau évacuées par le barrage de Diama vers l'estuaire.

2.2.1. Analyse des résultats

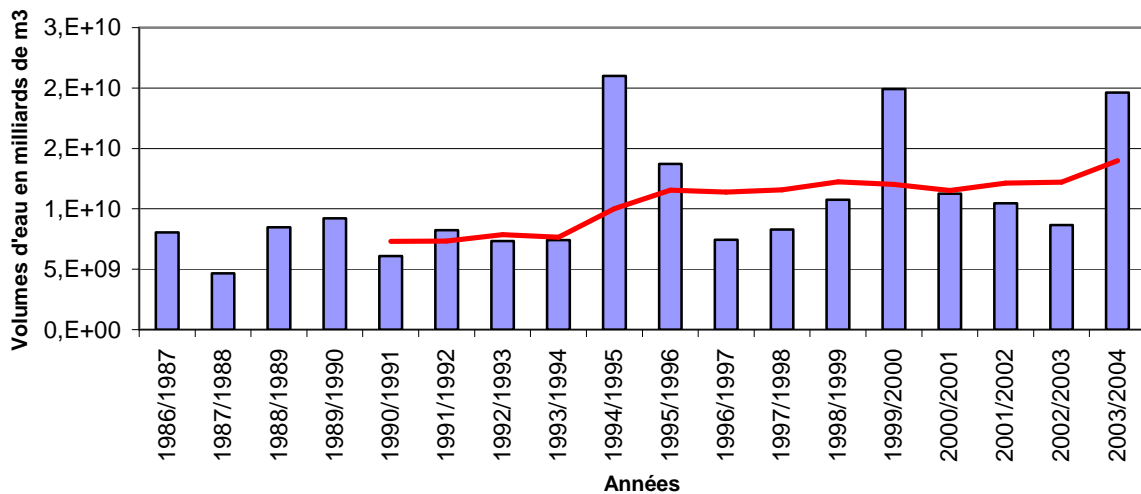
Le débit évacué par le barrage de Diama dépend des apports qui viennent de l'amont. Nous observons sur les tableaux des périodes où les données ne sont pas disponibles, les écoulements vers l'estuaire sont consécutifs aux ouvertures des vannes. Nous avons d'abord calculé les volumes journaliers, pour ensuite faire la somme afin de trouver le volume mensuel. Pour chaque mois, nous avons calculé le volume ensuite nous avons fait la moyenne pour toutes les séries hydrologiques pour voir la quantification des eaux qui arrive vers l'estuaire. Pour toutes les années hydrologiques, nous remarquons que c'est pendant la période des mois de septembre et d'octobre que le volume d'eau atteint son maximum. C'est à partir de l'année hydrologique 1994-1995 que le maximum a été observé avec 20 991 312 000 m³. « Depuis cette année, le passage de la crue est caractérisé par une montée excessive du plan d'eau dans le delta et la basse vallée du fleuve Sénégal », Note sur la problématique des inondations dans la région de Saint-Louis (2002). Cette situation est due à l'abondance de la pluviométrie dans le haut bassin. Le volume d'eau qui transite vers l'estuaire détermine le

niveau de la côte à Saint-Louis. Cela a pour conséquence des débordements au niveau du fleuve ce qui entraîne des inondations au niveau de la ville.

En moyenne, 10 590 509 064 m³ d'eau se sont écoulés sur une période de 18 ans.

Ainsi, on note une progression irrégulière dans l'évolution des volumes annuels écoulés. Cette irrégularité est beaucoup plus nette à partir de la moyenne mobile calculée sur cinq ans (fig. n°2). On constate que depuis 1994, les inondations les plus catastrophiques se produisent presque tous les cinq ans (1994-1999-2003). La moyenne mobile détermine une évolution irrégulière sur une période de 18 ans. Pour les années hydrologiques 1986-1987, 1988-1989, 1989-1990, 1994-1995, 1995-1996, 1998-1999, 1999-2000, 2000-2001, 2003-2004 la tendance est à la hausse et pour les années hydrologiques 1987-1988, 1990-1991, 1991-1992, 1992-1993, 1993-1994, 1996-1997, 1997-1998, 2001-2002, 2002-2003 l'évolution est plutôt régressive. Cette irrégularité inter annuelle est liée à la bonne ou mauvaise pluviométrie dans le haut bassin qui détermine le débit lâché par Diama. L'année 1987-1988 correspond à la mise en service du barrage de Manantali, le volume écoulé est inférieur à 5 milliards de m³ d'eau. Le débit n'était évacué que sur une période de 5 mois, il a fallu procéder aussi au remplissage de son lac de retenue. Cet ouvrage a pour vocation la production hydroélectrique, outre cette fonction il permet de régulariser le débit du fleuve.

**Fig n° 1 : Evolution des volumes d'eau écoulés à la station de
Diamma de 1986 à 2004**



Les années hydrologiques les plus caractéristiques sont celles de 1994-1995, 1999-2000, 2003-2004 dont les volumes avoisinent ou dépassent les 20 milliards. La crue a été plus importante pendant ces périodes surtout celle de 1994-1995.

2.2.2. Impacts des écoulements sur l'environnement

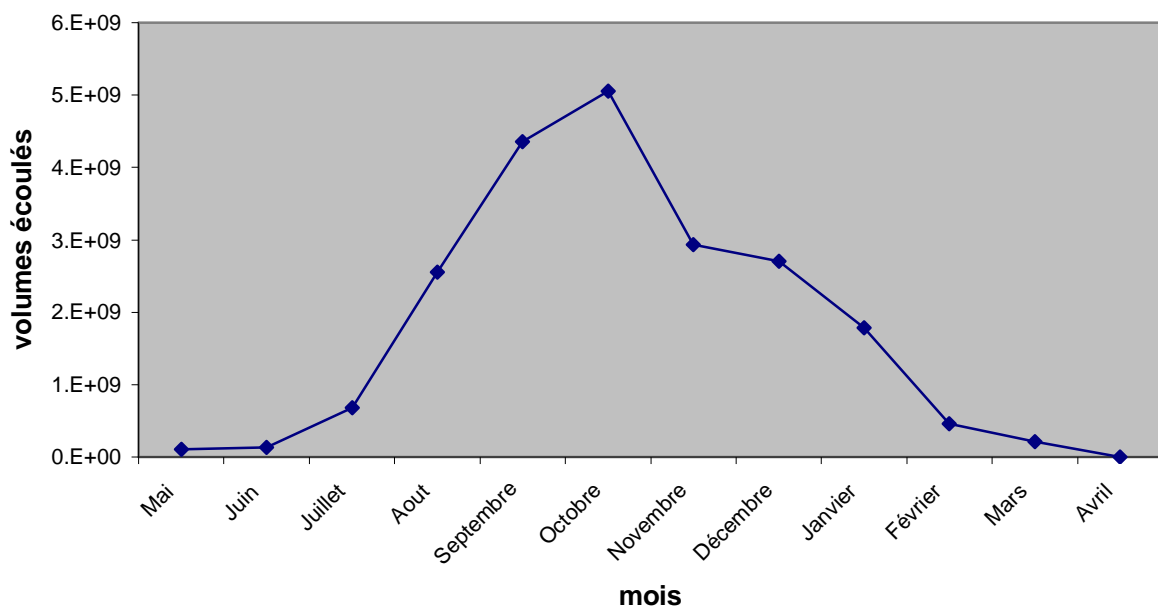
Les volumes écoulés vers l'estuaire peuvent créer des inondations. Ainsi nous avons observé que les quantités d'eau lâchées par Diamma varient en fonction de l'importance de la crue. Pour toutes les années hydrologiques observées, 1994-1995, 1999-2000 et 2003-2004 sont les plus remarquables de part leur volume qui oscillent entre 20 991 312 000 m³, 19 914 508 800 m³ et 19 615 564 800 m³.

2.2.2.1. L'année hydrologique 1994-1995

C'est pendant la deuxième décennie du mois de mai, sur une période de 8 jours, que les débits ont commencé à être évacués au niveau de l'estuaire, le volume durant cette période est égal à 108 086 400 m³. Les débits ont été évacués sur toute la période de l'année à l'exception du mois d'avril. Le maximum des volumes mensuels a été observé durant les mois de septembre et d'octobre où l'on a noté respectivement 4 356 115 200 m³ et 5 054 918 400 m³ (fig. n°2). Durant ces deux mois, le maximum des débits était de 2002 m³/s observé en Septembre et

2054 m³/s en octobre (voir tableau n°1 en annexe). Si le débit évacué par Diama est supérieur à 2000 m³/s, il y a risque d'inondation dans la ville de Saint-Louis. La cote maximum enregistrée aux mêmes périodes était de 1,68 m et 1,71 m alors que la cote d'alerte est de 1,75 m. Les inondations peuvent aussi s'expliquer par l'implantation des populations dans les zones non aedificandi. Certaines parties qui appartenaient au lit majeur du fleuve sont de plus en plus occupées par l'urbanisation non contrôlée. La nappe phréatique est presque affleurante à certains endroits, ce qui réduit l'infiltration pendant la saison pluvieuse. De plus les endiguements n'étaient pas encore réalisés au niveau des points bas. La pluviométrie était bonne à Saint-louis (350 mm) ce qui contribuait à l'étalement des eaux au niveau des quartiers.

fig n°2 : Volumes d'eau écoulés à la station de Diama 1994-1995



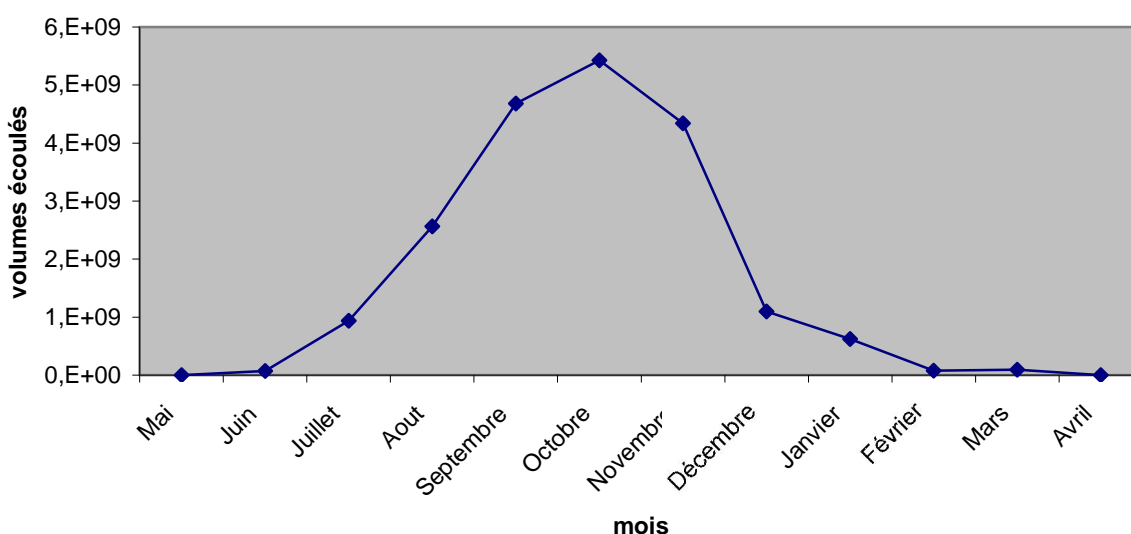
2.2.2.2.L'année hydrologique 1999-2000

Le volume écoulé est égal à 19 914 508 800 m³ d'eau alors que les débits n'ont pas été évacués pendant la période du mois de mai et d'avril. Pendant l'hivernage, pour gérer la cote à l'amont du barrage à 1,50 m IGN, les vannes sont ouvertes par palier successif jusqu'au palier supérieur. Pour cette année, la crue était très importante, les vannes ont été ouvertes jusqu'au palier 22. Le débit était tel que l'effacement de toutes les vannes étaient nécessaires,

ainsi la formule Q2 a été utilisée pour calculer le débit durant le mois de septembre et d'octobre sur un intervalle de temps de trois

semaines. Ces mêmes périodes la ville de Saint-Louis a été inondée, la pointe de crue a été observée en septembre, octobre et novembre avec des débits de $1973 \text{ m}^3/\text{s}$, $2066 \text{ m}^3/\text{s}$ et $2012 \text{ m}^3/\text{s}$ (voir tableau n°2 en annexe). Ce qui explique la montée des eaux dans l'estuaire et par conséquent favorise une inondation. La figure n°3 montre que le maximum des volumes écoulés pour ces mêmes périodes, était respectivement de $4\,682\,102\,400 \text{ m}^3$, $5\,424\,969\,600 \text{ m}^3$ et $4\,339\,785\,600 \text{ m}^3$ (fig. n°3).

fig n° 3 : Volumes d'eau écoulés à la station de Diama 1999-2000

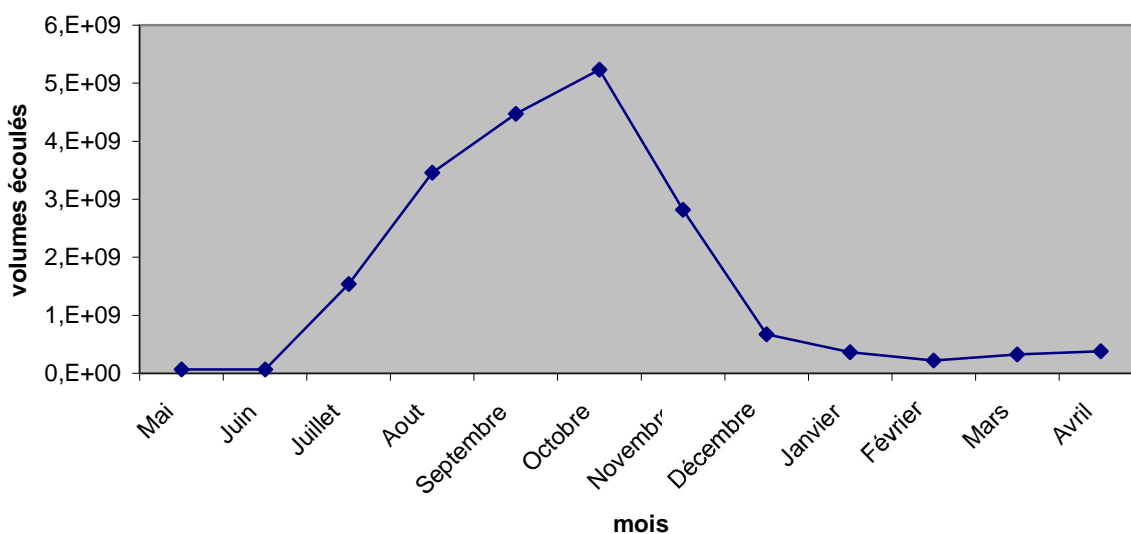


2.2.2.3. L'année hydrologique 2003-2004

C'est une année exceptionnelle. Les débits ont été évacués sur toute la période de l'année. Le bassin du fleuve Sénégal a connu une bonne pluviométrie. Ceci couplé à la procédure des lâchers au niveau du barrage de Manantali a été à l'origine de la crue sur le fleuve Sénégal. Dès le mois d'août les débits évacués étaient supérieurs à $1000 \text{ m}^3/\text{s}$, notons aussi que durant le mois de juillet entre le 18 et le 19 plus de $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ ont été évacués. Pour les autres mois avant juillet, les débits étaient inférieurs à $1000 \text{ m}^3/\text{s}$. Pendant tout le mois de septembre les débits évacués avoisinaient plus de $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ (voir en annexe tableau n°3). Ces lâchers au niveau de l'estuaire ont entraîné le rehaussement du cours d'eau. Ainsi le niveau du plan d'eau est passé à une côte supérieure à la côte d'alerte. Cette situation a pour conséquence des débordements au niveau de la ville. L'installation des inondations a été précoce pour cette

année et elles résultent l'arrivée de la première onde de crue. Quatre ondes de crue devaient arriver à partir du 15 octobre 2003. Pour éviter une catastrophe, une brèche a été ouverte sur la Langue de Barbarie.

fig n°4 : Volumes d'eau écoulés à la station de Dama 2003-2004



Le maximum des volumes mensuels a été enregistré durant les mois d'août avec 3 457 900 800 m³, septembre : 4 472 150 400m³ et octobre : 5 232 643 200 m³. Pour toute l'année hydrologique 19 615 564 800 m³ d'eau ont été écoulés à la station de Dama. L'écoulement des eaux au niveau de l'estuaire est fonction du débit.



Photo n°2 : Inondation du cimetière de Guet Ndar (septembre 2003) source : service hydraulique de Saint-Louis



Photo n° 3 : Débordement du fleuve (septembre 2003), source : service hydraulique de Saint-Louis

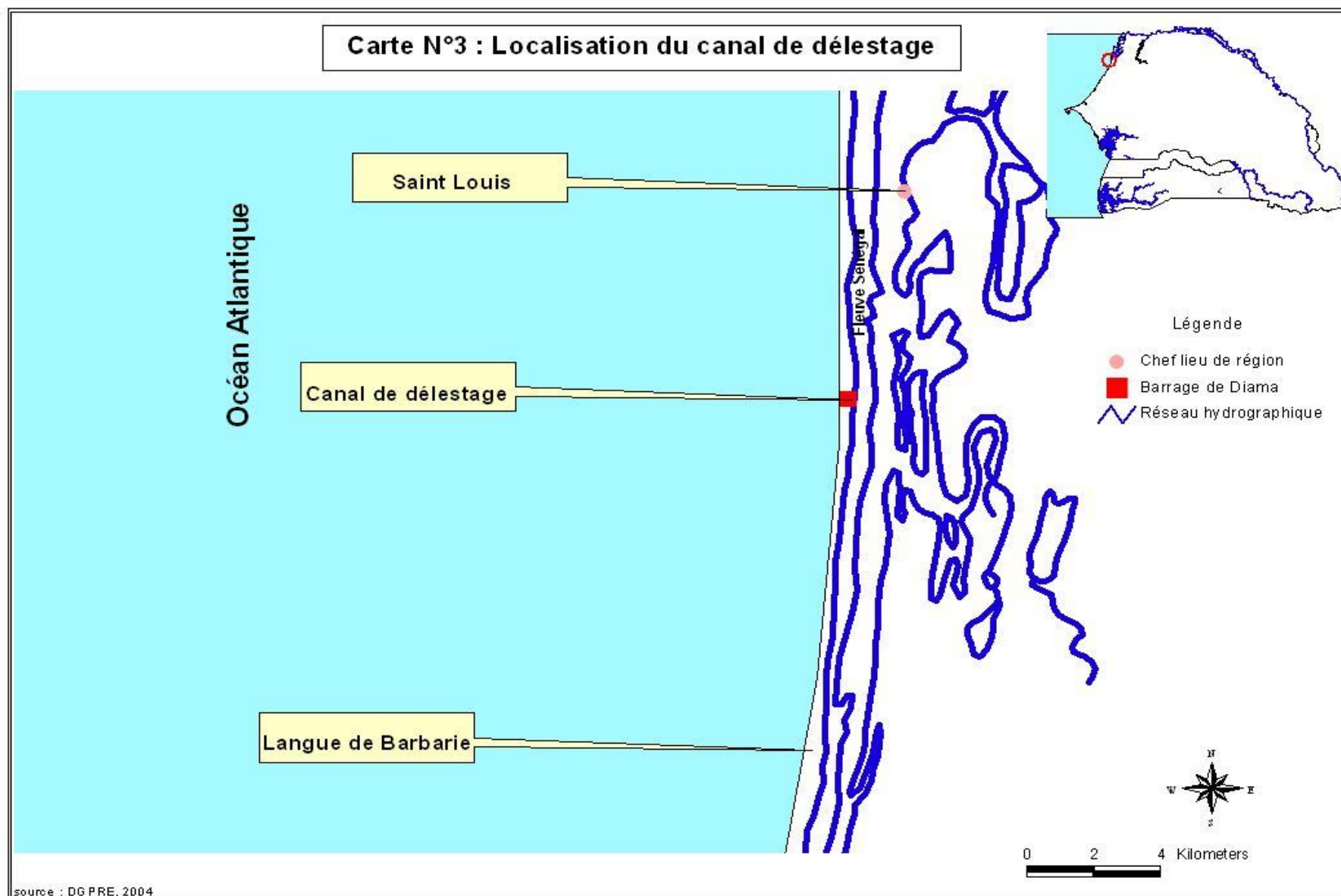
Ces photos montrent l'inondation au niveau de la ville de Saint-Louis au mois de septembre avant la réalisation du canal. Le cimetière de Guet Ndar qui est sur la Langue de Barbarie a été inondé du fait des débordements du fleuve et de la fragilité de cette bande de sable. La deuxième photo montre les débordements du fleuve qui sont atténués par les sacs de sable qui constituent des solutions provisoires pour stopper l'avancée du fleuve vers les quartiers.

2.2.3. L'ouverture du canal de délestage et l'évacuation du trop-plein fluvial

L'année hydrologique 2003 a été caractérisée par une bonne pluviométrie dans le haut bassin du fleuve Sénégal. Ce phénomène se manifeste par une situation hydrologique caractérisée par une crue précoce au niveau du fleuve. La crue généralement observée au mois de septembre a été observée au mois d'août. La durée de propagation de la crue entre Bakel et Diama est de 20 jours. Pour trouver le temps de propagation nous avons effectué une opération (distance / vitesse) en sachant que la distance entre Bakel et Diama est d'environ 600 km et la vitesse de l'écoulement est égale à 0,4 m/s. L'onde de crue observée à Bakel en août est arrivée à Diama en fin août. D'ailleurs le débit maximum pour le mois d'août était égal à 1721 m³/s observé le 31. C'est au cours du mois de septembre que les débits de plus de 1500 m³/s ont été évacués à la station de Diama.

L'inondation qui a commencé au mois de septembre était préoccupante puisque Diama devait encore effectuer d'autres lâchers au niveau de l'estuaire, ce qui contribuait au rehaussement du cours d'eau et par conséquent entraînait d'autres submersions au niveau de la ville. Cette situation a poussé les autorités à prendre des mesures urgentes avant que Saint-Louis ne soit sous les eaux. Ainsi des études ont été faites sur la langue de Barbarie et la décision de réaliser un canal de délestage a été prise pour sauver Saint-louis de ce péril.

La brèche a fait baisser le niveau de la côte du fleuve qui était de 1,95 m à 1 m. Avec des débits journaliers supérieurs ou avoisinant les 2000m³/s pour le mois d'octobre 2003 la ville de Saint-Louis et ses environs n'ont pas connu d'inondation. Cette situation est due essentiellement à l'ouverture de la brèche.



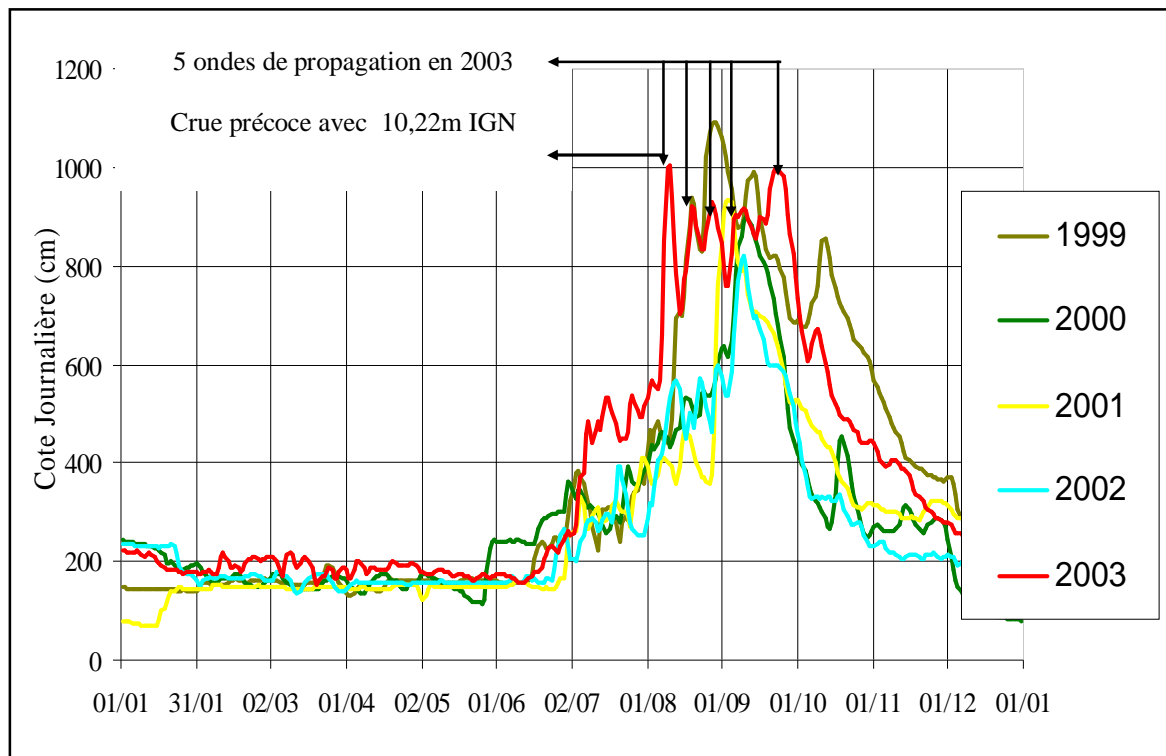


Fig. n°5 : Cotes journalières à Bakel,

Source : DGPRES, 2003

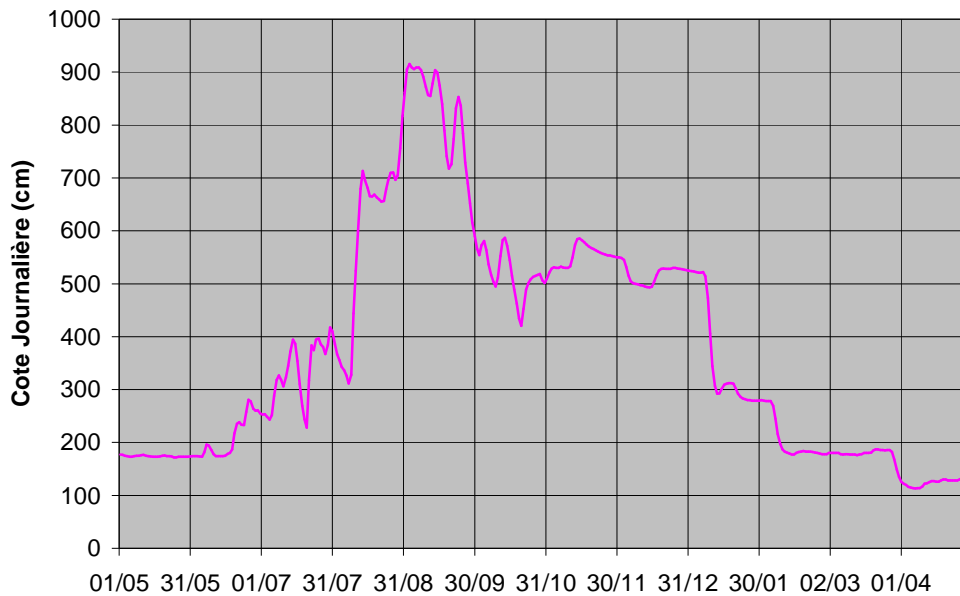
La figure n°5 montre l'évolution des côtes à la station de Bakel de 1999 à 2003. Cinq ondes de crue sont observables pour l'année 2003. La première est arrivée à Bakel le 11 août et a atteint la cote 10,22 m IGN.

Comparativement à l'année 1999, l'onde de crue a été plus importante puisque la cote était de 10,91 m IGN mais elle est arrivée le 30 août. Les ondes de crue étaient au nombre de trois observées en août, septembre et octobre. Dès le mois de septembre le débit évacué par Diamas était supérieur à 1500 m³/s, le maximum a été observé le 30 avec 1973 m³/s. A partir du 9 octobre, les débits étaient supérieurs à 2000 m³/s excepté le 31 où le débit est égal à 1998 m³/s.

Pour l'année hydrologique 1994-1995, l'onde de crue est arrivée à Bakel le 2 septembre avec une cote de 9,08 m IGN. Trois ondes de crue sont enregistrées durant le même mois (voir fig. n°6). Les débits maxima évacués par Diamas se sont effectués au mois d'octobre avec plus de 2000 m³/s.

Pour toutes les années où Saint-Louis a connu une inondation, l'année 2003 a été la plus caractéristique puisqu'elle est marquée par cinq ondes de crue.

fig. n°6 : Cotes Moyennes Journalières de la Station : Bakel et du Capteur : J-1 1994-1995



Source : service de l'hydraulique de Saint-louis

2.2.3.1- Impacts de l'ouverture de la brèche

La réalisation du canal de délestage est certes une solution aux problèmes d'inondation mais elle a à l'origine des problèmes écologiques. Chaque option d'aménagement comporte des avantages et des inconvénients.

L'eau du fleuve tarit et se retrouve à des niveaux très bas où la cote est négative ou nulle. La confrontation des eaux fluviales et maritimes crée une érosion aux environs immédiats du canal, ce qui explique d'ailleurs son élargissement. L'influence de la marée sur le fleuve est devenu beaucoup plus importante.

La langue salée a envahi le Gandiolais par le canal de délestage. Le sol est devenu salé empêchant toute possibilité de culture maraîchère à Mouit et à Tassinère.

Le canal de délestage a imposé une nouvelle gestion de la cote en amont de l'ouvrage de Diam. Le niveau du plan d'eau de l'estuaire a connu une baisse. Pour limiter la dissipation d'énergie à moins de 1000 m³/s (dénivelé entre amont et aval dans les limites acceptables en fonction du débit), la cote est maintenue pour l'hivernage 2004 à 1,20 m.

2.2.3.2. Evolution de la brèche

A la date de son ouverture, le 4 octobre 2003, le canal avait une longueur de 100 m, une largeur de 4 m et 1,5 m de profondeur.

Avec un débit de déversement de $1906 \text{ m}^3/\text{s}$ à la date du 6 octobre, la largeur est passée à 200 m. Le 23 octobre la largeur passe à 329 m avec un débit de $1968 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dès les premiers mois de l'ouverture, le débit qui est en transit sur une brèche réduite explique la vitesse de l'élargissement de plus le sédiment est meuble (sable), le creusement devient important. En avril 2004, la largeur atteint 800 m. Mais en septembre 2004, lors de notre travail de terrain, la largeur mesurée était égale 700 m. Cette diminution est due à l'ensablement. Le débit en transit a diminué du fait de la faiblesse de la crue. L'année 2004 est caractérisée par une crue très faible, la cote maximum observée est de 6,99 m à Bakel contre 10,22 m en 2004. Le ralentissement est susceptible de créer des conditions de sédimentation au nord de la brèche.

Hormis son élargissement, la profondeur de la brèche a sensiblement augmentée (voir fig. n°8).

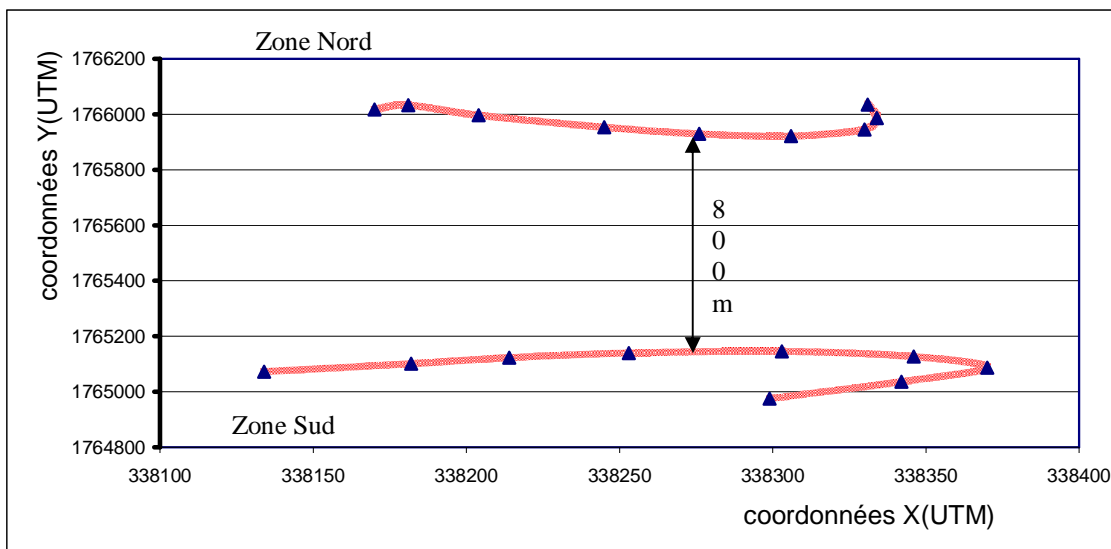
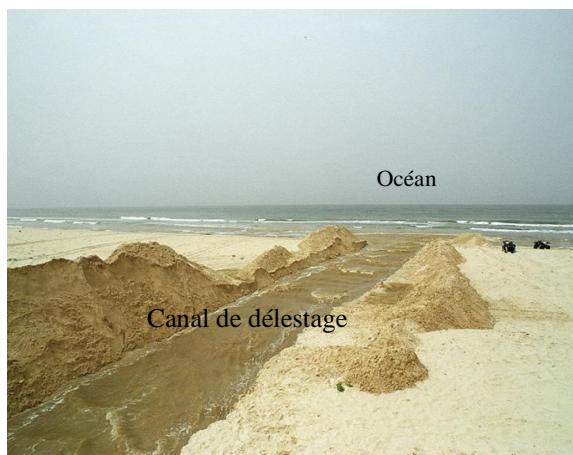


Fig. n°7: largeur du canal de délestage à la date du 12 avril 2004, Source : DGPPE

Photos n° 4 : Evolution du canal de délestage

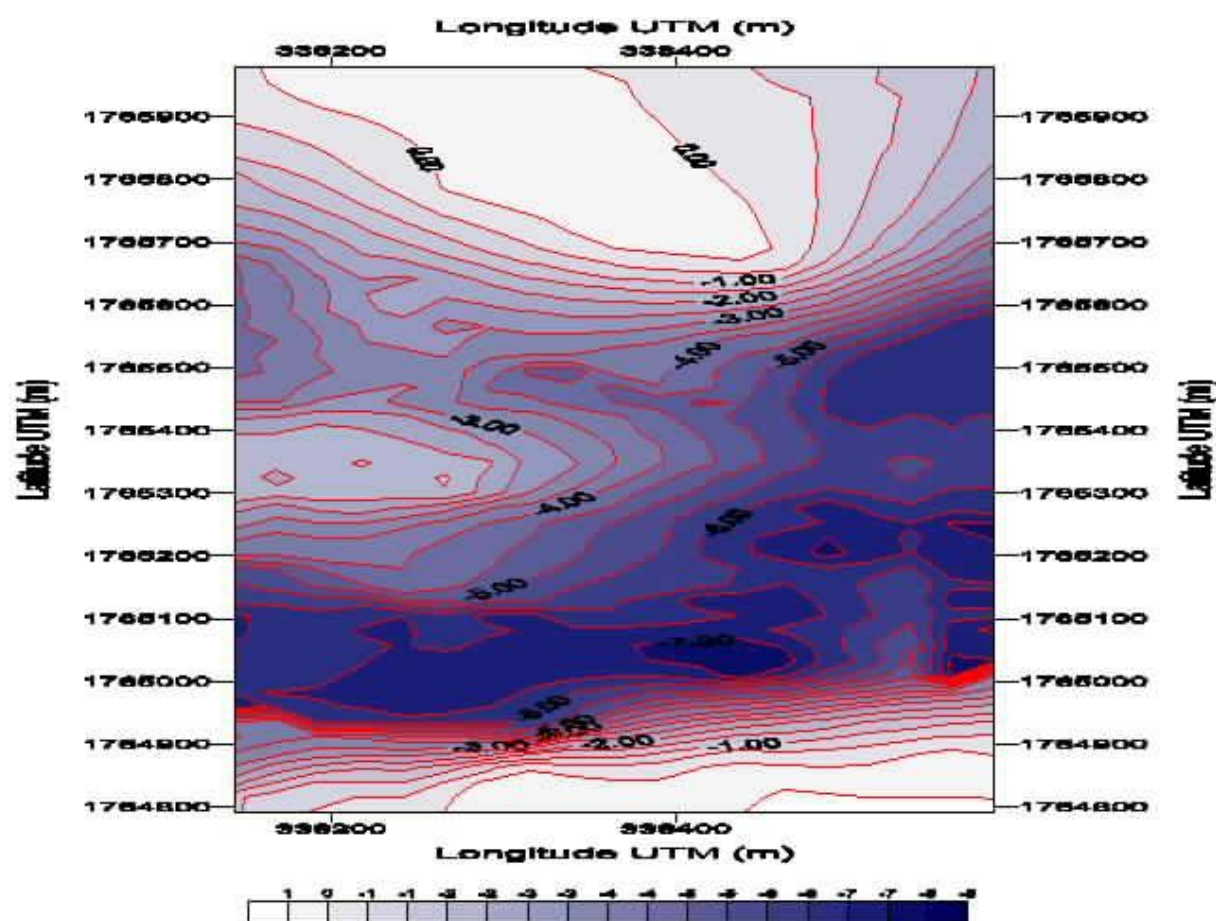




Source : service de l'hydraulique de Saint-louis

Ces photos montrent l'évolution de la brèche depuis son ouverture jusqu'à la période actuelle (2004).

Fig. 8 : Carte bathymétrique du canal de délestage en septembre 2004



Source : Rapport DGPRE, septembre 2004

Les profils bathymétriques montrent des fonds irréguliers très prononcés.

Les fonds irréguliers sont liés à la différence des vitesses de courant qui transitent par le canal. Le côté sud est beaucoup plus profond que la base nord. La bathymétrie est descendue jusqu'à -5 m IGN. La couleur est plus prononcée du côté sud que du côté nord. La profondeur est matérialisée par une accentuation de la couleur.

CONCLUSION

L'analyse du comportement hydrologique de l'estuaire du fleuve Sénégal révèle que le régime est totalement dépendant de la marée et de la crue qui draine l'essentiel des eaux au niveau du barrage. Ceci constitue un facteur déterminant de la hausse du débit et du plan d'eau. Le débit journalier lâché par Diama n'est pas sans avoir des conséquences sur le milieu.

Ce phénomène est une des principales causes des inondations dans la ville de Saint-Louis, et qui du reste associe dans un rapport de concomitance la basse topographie, à l'habitation des populations dans le lit majeur du fleuve et une bonne pluviométrie dans le haut bassin.

En fonction du débit de pointe, on constate que l'année hydrologique peut être normale ou exceptionnelle. Il y a risque d'inondation si le débit avoisine les 2000 m³/s. Pendant toutes périodes où ce chiffre a été atteint Saint-Louis a connu des inondations.

Pour lutter contre les phénomènes d'inondation, les autorités ont pris l'initiative d'ouvrir sur la Langue de Barbarie une brèche qui a constituée une nouvelle embouchure du fleuve Sénégal. Par ailleurs ce canal n'est pas pour autant exempt de complications.

Le canal de délestage pose certes des problèmes liés à son élargissement et à la gestion du barrage pour la régularisation de la cote en amont. Toutefois il faut reconnaître que depuis son avènement, aucune inondation n'a été enregistrée dans la ville de Saint Louis pour l'année 2004. Cette situation peut aussi s'expliquer par la faible pluviométrie enregistrée dans le haut bassin, principal facteur déterminant de la crue.

En outre l'ancienne embouchure est colmatée du fait de l'apport des sédiments marins et par la dérivation des eaux vers le canal. Il devient, dès lors, urgent de procéder à des études d'impacts pour évaluer les effets de ce canal sur la dynamique estuarienne, afin de mieux déterminer l'avenir de cet aménagement hydraulique qui n'avait pour vocation première que de constituer une panacée ponctuelle à une menace imminente sur la ville de Saint – Louis.

Les interventions sur des milieux aussi fragiles que l'estuaire du Fleuve Sénégal devraient être étudiées à l'avance, planifiées et intégrées dans le cadre d'un schéma cohérent d'aménagement et de gestion de cette partie du bassin fluvial.

Bibliographie

Bouvard Maurice (1984) : Barrages mobiles et ouvrages de dérivation, à partir de rivières transportant des matériaux solides ; édition Ayrolle, 359 pages

Cecchi P. (1993) : Phytoplancton et condition de milieu dans l'estuaire du fleuve Sénégal : effets du barrage de Diama. Travaux et documents micro fichés n° 94, ORSTOM, Paris, 437 pages

Coly A, Niang A. (2001): Gestion intégrée du littoral et des bassins fluviaux GILIF, programme pilote du delta du Sénégal: Inventaire des problèmes, 46 pages

Dia A. M, (2000) : Ecoulements et inondations dans l'estuaire du fleuve Sénégal : le cas de la ville côtière de Saint-Louis, mém. DEA Géo, Chaire UNESCO/UCAD, 65 p

Diakhaté M. (1988): Ecodynamique des milieux et effets potentiels du barrage de Diama dans le delta du fleuve Sénégal, thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, Université de Lyon II, 450 pages

DIOUF B. KANE A. (2002) : Modifications morphologiques dans la zone de l'embouchure du fleuve Sénégal après la construction du barrage de Diama. Gestion Intégrée du Littoral et des bassins Fluviaux GILIF, SGPPE, 14 pages

Division régionale de l'hydraulique de Saint-Louis (2000) : Note sur les effets de crue de 1999 sur la ville de Saint-Louis, 3 pages

Division régionale de l'hydraulique de Saint-Louis (2004) : Note sur la situation hydrologique du fleuve Sénégal dans l'estuaire, 4 pages

Division de l'hydraulique de Saint-louis (2002) : Note sur la problématique des inondations dans la région de Saint-louis, 3 pages

Division régionale de l'hydraulique de Saint-louis (2003) : Note sur le canal de délestage, 2 pages

EPEEC (1988) : Etude des estuaires : Sénégal et Casamance, rapport final UCAD, 40 pages

EPEEC (1991) : Etude des estuaires du Sénégal : Sénégal, Saloum, Casamance rapprt final, UCAD, 99 pages

EPEEC (1995) : Estuaires du fleuve Sénégal, du Saloum et de la Casamance. Presqu'île du Cap Vert, rapport final, UCAD, 42 pages

EQUESEN, Environnement et qualité des eaux du fleuve Sénégal (1993) : Rapport de Synthèse en 6 vol. 601 pages

Faye A. (1991) : Les écoulements du fleuve Sénégal à la station de Diama au cours de l'année hydrologique 1990, mém. DEA, UCAD, 62 pages

- Faye A.** (1996) : Les critères de gestion optimum des ressources en eau dans le delta du fleuve Sénégal, thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, UCAD, 201 pages
- Gac J.Y., Kane A. Saos J.L., Carn et Villeneuve J.E.** (1985) : L'invasion marine dans la basse vallée du fleuve Sénégal, ORSTOM, 64pages
- Gac J.Y., Kane A.** (1985) : Les flux continentaux particuliers et dissous à l'embouchure du fleuve Sénégal (station de Saint-louis), ORSTOM, 79 pages
- KANE A.** (1985) : Le bassin du Sénégal à l'embouchure : flux continentaux dissous et particuliers, invasion marine dans la basse vallée du fleuve, thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, Université de Nancy II, 205 pages
- KANE A.** (1997) : L'après-barrages dans la vallée du fleuve Sénégal. Modifications hydrologiques, morphologiques, géochimiques et sédimentologiques. Conséquences sur le milieu naturel et les aménagements hydro-agricoles. Thèse de doctorat d'état de géographie physique, UCAd, 570 pages
- KANE A.** (2002) : Modifications morphologiques dans la zone de l'embouchure du fleuve Sénégal après la construction du barrage de Diama. UCAD, département de géographie, 9 pages
- Michel P, Barusseau J.P, Richard J.F, Sall M.** (1993) : L'après-Barrages dans la vallée du Sénégal - Modifications hydro-dynamiques et sédimentologiques – Conséquences sur le milieu et les aménagements hydro-agricoles ; Résultats des travaux du projet campus 1989-1992, 152 pages
- Monteillet J.** (1988): Environnement sédimentaire et paléoécologie du delta du Sénégal – Evolution d'un système fluvio-marin tropical au cours des derniers 100 000ans, Université Perpignan, 167 pages
- OMVS, IRD** (2001) : Programme d'optimisation de la gestion des réservoirs – Manuel de gestion du barrage de Diama, version finale, 72 pages
- Paskoff R.** (1985) : Les littoraux (impacts des aménagements sur leur évolution) Paris, Masson, 186 pages
- PNUE/UCC-Water/SGPRE** (2002) : Vers une gestion intégrée du littoral et du bassin fluvial. Programme pilote du delta du fleuve Sénégal et de sa zone côtière, 110p
- Soumaré A.** (1996) : Etude comparative de l'évolution des bas estuaires du Sénégal et du Saloum, thèse de doctorat de 3^{ème} cycle de géographie, UCAD, 265 pages

Liste des cartes et tableaux

Cartes

Carte n°1 : Localisation de l'estuaire du fleuve Sénégal.....	14
Carte n°2 : Localisation du canal de délestage.....	19
Carte n° 3 : Colmatage de l'ancienne embouchure.....	33

Tableaux

Tableau n°1 : Extension de la Langue de Barbarie et position de l'embouchure depuis 1658	20 20
Tableau n°2 : Volumes écoulés en m ³ de 1986 à 2004 à la station de Diama.....	23

Liste des figures et photos

Figures

Figure n°1 : Evolution des volumes d'eau écoulés à la station de Diama.....	27
Figure n°2 : Volumes d'eau écoulés à la station de Diama 94-95.....	28
Figure n°3 : Volumes d'eau écoulés à la station de Diama 99-00.....	29
Figure n°4 : Volumes d'eau écoulés à la station de Diama 03-04.....	30
Figure n°5 : Côtes journalières à Bakel.....	34
Figure n°6 : Côtes journalières à Bakel 94-95.....	35
Figure n°7 : largeur du canal de délestage à la date du 12 avril 2004.....	36
Figure n°8 : Carte bathymétrique du canal de délestage en septembre 2004.....	39

Photos

Photo n°1 : tarissement du fleuve.....	16
Photo n°2 : Inondation du cimetière de Guet Ndar	31
Photo n°3 : Débordement du fleuve	31
Photo n°4 : Evolution de la brèche.....	37

Table des matières

SOMMAIRE	2
Avant – propos	3
INTRODUCTION GENERALE.....	4
PROBLEMATIQUE	5
METHODOLOGIE	7
1- Revue documentaire	7
2- le travail de terrain.....	7
3- Traitement des données	7
Première partie : Présentation de la zone d'étude.....	9
Chapitre I : Le milieu physique.....	9
1.1. Le fleuve Sénégal	9
1.2. L'estuaire.....	10
1.2.1. Sa formation	11
1.2.2. Les écosystèmes estuariens	11
1.2.2.1. Les vasières.....	11
2-2-2- Les tannes	12
2-2-3- Le schorre	12
2-3- Salinisation de l'estuaire.....	12
1.3. La Langue de Barbarie	13
Chapitre II : Les facteurs hydrodynamiques et la modification de	15
l'écosystème estuarien.....	15
1.1. Les facteurs hydrodynamiques	15
1.1.1. La dynamique océanique.....	15
1.1.1.1. La marée	15
1.1.1.2. La houle	16
1.2. La dynamique estuarienne	17
1.3. La modification de l'écosystème estuarien	17
Deuxième Partie : Etude des écoulements dans l'estuaire.....	21
Chapitre I : Description de la méthode utilisée	21
Chapitre II : Présentation et analyse des résultats.....	23
2.1. Présentation des résultats	23
2.2. Analyse et interprétation des résultats	25
2.2.1. Analyse des résultats.....	25
2.2.2. Impacts des écoulements sur l'environnement.....	27
2.2.2.1. L'année hydrologique 1994-1995.....	27
2.2.2.2. L'année hydrologique 1999-2000.....	28
2.2.2.3. L'année hydrologique 2003-2004.....	29
2.2.3. L'ouverture du canal de délestage et l'évacuation du trop-plein fluvial.....	32
2.2.3.1- Impacts de l'ouverture de la brèche.....	35
2.2.3.2. Evolution de la brèche.....	36
CONCLUSION	40

Bibliographie.....	41
Liste des cartes et tableaux.....	43
Liste des figures et photos.....	43
Annexes	46

Annexes

- 1- Tableau n°1 : Volumes d'eau écoulés à la station de Diama 1994-1995
- 2- Tableau n°2 : Volumes d'eau écoulés à la station de Diama 1999-2000
- 3- Tableau n°3 : Volumes d'eau écoulés à la station de Diama 2003-2004

Tableau n°1 : Volumes d'eau écoulés à la station de Diama 1994-1995

Mai	débit journalier	volume/m3	Juin	débit journalier	volume/m3	Juillet	débit journalier	volume/m3
01/05/94	0	0	01/06/94	0	0	01/07/94	159	1,E+07
02/05/94	0	0	02/06/94	0	0	02/07/94	159	1,E+07
03/05/94	0	0	03/06/94	0	0	03/07/94	160	1,E+07
04/05/94	0	0	04/06/94	0	0	04/07/94	161	1,E+07
05/05/94	0	0	05/06/94	0	0	05/07/94	164	1,E+07
06/05/94	0	0	06/06/94	0	0	06/07/94	166	1,E+07
07/05/94	0	0	07/06/94	0	0	07/07/94	165	1,E+07
08/05/94	0	0	08/06/94	0	0	08/07/94	162	1,E+07
09/05/94	0	0	09/06/94	0	0	09/07/94	161	1,E+07
10/05/94	0	0	10/06/94	0	0	10/07/94	162	1,E+07
11/05/94	0	0	11/06/94	0	0	11/07/94	163	1,E+07
12/05/94	0	0	12/06/94	0	0	12/07/94	162	1,E+07
13/05/94	0	0	13/06/94	0	0	13/07/94	162	1,E+07
14/05/94	0	0	14/06/94	291	3,E+07	14/07/94	162	1,E+07
15/05/94	0	0	15/06/94	185	2,E+07	15/07/94	163	1,E+07
16/05/94	0	0	16/06/94	185	2,E+07	16/07/94	164	1,E+07
17/05/94	0	0	17/06/94	59	5,E+06	17/07/94	165	1,E+07
18/05/94	130	1,E+07	18/06/94	0	0	18/07/94	281	2,E+07
19/05/94	187	2,E+07	19/06/94	0	0	19/07/94	393	3,E+07
20/05/94	184	2,E+07	20/06/94	0	0	20/07/94	554	5,E+07
21/05/94	183	2,E+07	21/06/94	0	0	21/07/94	345	3,E+07
22/05/94	186	2,E+07	22/06/94	0	0	22/07/94	293	3,E+07
23/05/94	151	1,E+07	23/06/94	0	0	23/07/94	422	4,E+07
24/05/94	167	1,E+07	24/06/94	0	0	24/07/94	430	4,E+07
25/05/94	63	5,E+06	25/06/94	33	3,E+06	25/07/94	261	2,E+07
26/05/94	0	0	26/06/94	188	2,E+07	26/07/94	184	2,E+07
27/05/94	0	0	27/06/94	168	1,E+07	27/07/94	185	2,E+07
28/05/94	0	0	28/06/94	159	1,E+07	28/07/94	182	2,E+07
29/05/94	0	0	29/06/94	157	1,E+07	29/07/94	342	3,E+07
30/05/94	0	0	30/06/94	157	1,E+07	30/07/94	686	6,E+07
31/05/94	0	0				31/07/94	603	5,E+07
	volume/mois	1,E+08		volume/mois	1,E+08		volume/mois	7,E+08

Août	débit journalier	volume/m3	Septembre	débit journalier	volume/m3	Octobre	débit journalier	volume/m3
01/08/94	639	6,E+07	01/09/94	1 421	1,E+08	01/10/94	1 998	2,E+08
02/08/94	634	5,E+07	02/09/94	1 416	1,E+08	02/10/94	1 925	2,E+08
03/08/94	633	5,E+07	03/09/94	1 387	1,E+08	03/10/94	1 936	2,E+08
04/08/94	626	5,E+07	04/09/94	1 572	1,E+08	04/10/94	2 034	2,E+08
05/08/94	635	5,E+07	05/09/94	1 679	1,E+08	05/10/94	2 095	2,E+08
06/08/94	779	7,E+07	06/09/94	1 728	1,E+08	06/10/94	2 070	2,E+08
07/08/94	823	7,E+07	07/09/94	1 732	1,E+08	07/10/94	2 042	2,E+08
08/08/94	548	5,E+07	08/09/94	1 831	2,E+08	08/10/94	2 039	2,E+08
09/08/94	482	4,E+07	09/09/94	1 710	1,E+08	09/10/94	2 045	2,E+08
10/08/94	489	4,E+07	10/09/94	1 422	1,E+08	10/10/94	2 054	2,E+08
11/08/94	388	3,E+07	11/09/94	1 477	1,E+08	11/10/94	2 045	2,E+08
12/08/94	642	6,E+07	12/09/94	1 490	1,E+08	12/10/94	2 039	2,E+08
13/08/94	720	6,E+07	13/09/94	1 504	1,E+08	13/10/94	2 039	2,E+08
14/08/94	560	5,E+07	14/09/94	1 518	1,E+08	14/10/94	2 028	2,E+08
15/08/94	649	6,E+07	15/09/94	1 638	1,E+08	15/10/94	2 010	2,E+08
16/08/94	1 071	9,E+07	16/09/94	1 680	1,E+08	16/10/94	1 996	2,E+08
17/08/94	1 235	1,E+08	17/09/94	1 674	1,E+08	17/10/94	1 951	2,E+08
18/08/94	1 180	1,E+08	18/09/94	1 668	1,E+08	18/10/94	1 960	2,E+08
19/08/94	1 222	1,E+08	19/09/94	1 637	1,E+08	19/10/94	2 026	2,E+08
20/08/94	1 108	1,E+08	20/09/94	1 645	1,E+08	20/10/94	1 976	2,E+08
21/08/94	1 166	1,E+08	21/09/94	1 643	1,E+08	21/10/94	1 867	2,E+08
22/08/94	1 342	1,E+08	22/09/94	1 739	2,E+08	22/10/94	1 747	2,E+08
23/08/94	1 393	1,E+08	23/09/94	1 775	2,E+08	23/10/94	1 673	1,E+08
24/08/94	1 252	1,E+08	24/09/94	1 783	2,E+08	24/10/94	1 697	1,E+08
25/08/94	1 190	1,E+08	25/09/94	1 855	2,E+08	25/10/94	1 691	1,E+08
26/08/94	1 221	1,E+08	26/09/94	1 939	2,E+08	26/10/94	1 634	1,E+08
27/08/94	1 343	1,E+08	27/09/94	1 896	2,E+08	27/10/94	1 632	1,E+08
28/08/94	1 402	1,E+08	28/09/94	1 964	2,E+08	28/10/94	1 620	1,E+08
29/08/94	1 396	1,E+08	29/09/94	1 993	2,E+08	29/10/94	1 575	1,E+08
30/08/94	1 405	1,E+08	30/09/94	2 002	2,E+08	30/10/94	1 560	1,E+08
31/08/94	1 415	1,E+08				31/10/94	1 502	1,E+08
	volume/mois	3,E+09		volume/mois	4,E+09		volume/mois	5,E+09

Novembre	débit journalier	volume/m3	Décembre	débit journalier	volume/m3	Janvier	débit journalier	volume/m3
01/11/94	1 503	1,E+08	01/12/94	1 137	1,E+08	01/01/95	0	0
02/11/94	1 408	1,E+08	02/12/94	1 193	1,E+08	02/01/95	915	8,E+07
03/11/94	1 257	1,E+08	03/12/94	1 080	9,E+07	03/01/95	1 079	9,E+07
04/11/94	1 215	1,E+08	04/12/94	1 018	9,E+07	04/01/95	1 153	1,E+08
05/11/94	1 227	1,E+08	05/12/94	1 286	1,E+08	05/01/95	1 018	9,E+07
06/11/94	1 226	1,E+08	06/12/94	1 312	1,E+08	06/01/95	979	8,E+07
07/11/94	1 100	1,E+08	07/12/94	1 006	9,E+07	07/01/95	1 029	9,E+07
08/11/94	1 017	9,E+07	08/12/94	988	9,E+07	08/01/95	1 179	1,E+08
09/11/94	1 049	9,E+07	09/12/94	1 007	9,E+07	09/01/95	813	7,E+07
10/11/94	1 055	9,E+07	10/12/94	1 127	1,E+08	10/01/95	885	8,E+07
11/11/94	1 059	9,E+07	11/12/94	1 166	1,E+08	11/01/95	1 164	1,E+08
12/11/94	1 072	9,E+07	12/12/94	1 037	9,E+07	12/01/95	1 220	1,E+08
13/11/94	1 083	9,E+07	13/12/94	1 098	9,E+07	13/01/95	1 082	9,E+07
14/11/94	1 097	9,E+07	14/12/94	1 009	9,E+07	14/01/95	890	8,E+07
15/11/94	1 106	1,E+08	15/12/94	717	6,E+07	15/01/95	842	7,E+07
16/11/94	1 129	1,E+08	16/12/94	927	8,E+07	16/01/95	960	8,E+07
17/11/94	1 127	1,E+08	17/12/94	1 209	1,E+08	17/01/95	369	3,E+07
18/11/94	1 126	1,E+08	18/12/94	1 057	9,E+07	18/01/95	0	0
19/11/94	1 128	1,E+08	19/12/94	1 042	9,E+07	19/01/95	440	4,E+07
20/11/94	1 129	1,E+08	20/12/94	1 139	1,E+08	20/01/95	680	6,E+07
21/11/94	1 132	1,E+08	21/12/94	976	8,E+07	21/01/95	659	6,E+07
22/11/94	1 044	9,E+07	22/12/94	977	8,E+07	22/01/95	526	5,E+07
23/11/94	988	9,E+07	23/12/94	975	8,E+07	23/01/95	434	4,E+07
24/11/94	1 119	1,E+08	24/12/94	986	9,E+07	24/01/95	271	2,E+07
25/11/94	1 090	9,E+07	25/12/94	985	9,E+07	25/01/95	198	2,E+07
26/11/94	998	9,E+07	26/12/94	894	8,E+07	26/01/95	265	2,E+07
27/11/94	1 085	9,E+07	27/12/94	738	6,E+07	27/01/95	462	4,E+07
28/11/94	1 185	1,E+08	28/12/94	822	7,E+07	28/01/95	464	4,E+07
29/11/94	1 180	1,E+08	29/12/94	1 316	1,E+08	29/01/95	273	2,E+07
30/11/94	1 051	9,E+07	30/12/94	1 095	9,E+07	30/01/95	190	2,E+07
			31/12/94	0	0	31/01/95	201	2,E+07
	volume/mois	3,E+09		volume/mois	3,E+09		volume/mois	2,E+09

Février	débit journalier	volume/m3	Mars	débit journalier	volume/m3	Avril	débit journalier	volume/m3
01/02/95	196	2,E+07	01/03/95	0	0	01/04/95	0	0
02/02/95	199	2,E+07	02/03/95	0	0	02/04/95	0	0
03/02/95	200	2,E+07	03/03/95	0	0	03/04/95	0	0
04/02/95	199	2,E+07	04/03/95	0	0	04/04/95	0	0
05/02/95	199	2,E+07	05/03/95	0	0	05/04/95	0	0
06/02/95	196	2,E+07	06/03/95	137	1,E+07	06/04/95	0	0
07/02/95	385	3,E+07	07/03/95	198	2,E+07	07/04/95	0	0
08/02/95	281	2,E+07	08/03/95	200	2,E+07	08/04/95	0	0
09/02/95	198	2,E+07	09/03/95	204	2,E+07	09/03/95	0	0
10/02/95	200	2,E+07	10/03/95	204	2,E+07	10/04/95	0	0
11/02/95	202	2,E+07	11/03/95	203	2,E+07	11/04/95	0	0
12/02/95	205	2,E+07	12/03/95	202	2,E+07	12/04/95	0	0
13/02/95	206	2,E+07	13/03/95	66	6,E+06	13/04/95	0	0
14/02/95	201	2,E+07	14/03/95	0	0	14/04/95	0	0
15/02/95	204	2,E+07	15/03/95	0	0	15/04/95	0	0
16/02/95	206	2,E+07	16/03/95	0	0	16/04/95	0	0
17/02/95	201	2,E+07	17/03/95	0	0	17/04/95	0	0
18/02/95	198	2,E+07	18/03/95	0	0	18/04/95	0	0
19/02/95	199	2,E+07	19/03/95	0	0	19/04/95	0	0
20/02/95	202	2,E+07	20/03/95	0	0	20/04/95	0	0
21/02/95	200	2,E+07	21/03/95	138	1,E+07	21/04/95	0	0
22/02/95	197	2,E+07	22/03/95	203	2,E+07	22/04/95	0	0
23/02/95	196	2,E+07	23/03/95	203	2,E+07	23/04/95	0	0
24/02/95	192	2,E+07	24/03/95	199	2,E+07	24/04/95	0	0
25/02/95	193	2,E+07	25/03/95	198	2,E+07	25/04/95	0	0
26/02/95	63	5,E+06	26/03/95	72	6,E+06	26/04/95	0	0
27/02/95	0	0	27/03/95	0	0	27/04/95	0	0
28/02/95	0	0	28/03/95	0	0	28/04/95	0	0
			29/03/95	0	0	29/04/95	0	0
			30/03/95	0	0	30/04/95	0	0
			31/03/95	0	0			
	volume/mois	5,E+08		volume/mois	2,E+08			

Tableau n°2 : Volumes d'eau écoulés à la station de Diama 1999-2000

Mai	débit journalier	volume/m3	Juin	débit journalier	volume/m3	Juillet	débit journalier	volume/m3
01/05/99	0	0	01/06/99	0	0	01/07/99	212	2,E+07
02/05/99	0	0	02/06/99	0	0	02/07/99	214	2,E+07
03/05/99	0	0	03/06/99	0	0	03/07/99	213	2,E+07
04/05/99	0	0	04/06/99	0	0	04/07/99	209	2,E+07
05/05/99	0	0	05/06/99	0	0	05/07/99	204	2,E+07
06/05/99	0	0	06/06/99	0	0	06/07/99	201	2,E+07
07/05/99	0	0	07/06/99	0	0	07/07/99	199	2,E+07
08/05/99	0	0	08/06/99	0	0	08/07/99	546	5,E+07
09/05/99	0	0	09/06/99	0	0	09/07/99	496	4,E+07
10/05/99	0	0	10/06/99	0	0	10/07/99	397	3,E+07
11/05/99	0	0	11/06/99	0	0	11/07/99	404	3,E+07
12/05/99	0	0	12/06/99	0	0	12/07/99	413	4,E+07
13/05/99	0	0	13/06/99	0	0	13/07/99	416	4,E+07
14/05/99	0	0	14/06/99	0	0	14/07/99	415	4,E+07
15/05/99	0	0	15/06/99	0	0	15/07/99	414	4,E+07
16/05/99	0	0	16/06/99	0	0	16/07/99	495	4,E+07
17/05/99	0	0	17/06/99	0	0	17/07/99	594	5,E+07
18/05/99	0	0	18/06/99	0	0	18/07/99	581	5,E+07
19/05/99	0	0	19/06/99	0	0	19/07/99	578	5,E+07
20/05/99	0	0	20/06/99	0	0	20/07/99	491	4,E+07
21/05/99	0	0	21/06/99	0	0	21/07/99	351	3,E+07
22/05/99	0	0	22/06/99	0	0	22/07/99	192	2,E+07
23/05/99	0	0	23/06/99	0	0	23/07/99	379	3,E+07
24/05/99	0	0	24/06/99	0	0	24/07/99	496	4,E+07
25/05/99	0	0	25/06/99	0	0	25/07/99	395	3,E+07
26/05/99	0	0	26/06/99	18	2,E+06	26/07/99	192	2,E+07
27/05/99	0	0	27/06/99	179	2,E+07	27/07/99	192	2,E+07
28/05/99	0	0	28/06/99	199	2,E+07	28/07/99	195	2,E+07
29/05/99	0	0	29/06/99	209	2,E+07	29/07/99	201	2,E+07
30/05/99	0	0	30/06/99	210	2,E+07	30/07/99	204	2,E+07
31/05/99	0	0				31/07/99	380	3,E+07
				volume/mois	7,E+07		volume/mois	9,E+08

Août	débit journalier	volume/m3	Septembre	débit journalier	volume/m3	Octobre	débit journalier	volume/m3
01/08/99	459	4,E+07	01/09/99	1603	1,E+08	01/10/99	1976	2,E+08
02/08/99	452	4,E+07	02/09/99	1600	1,E+08	02/10/99	1969	2,E+08
03/08/99	408	4,E+07	03/09/99	1694	1,E+08	03/10/99	1964	2,E+08
04/08/99	198	2,E+07	04/09/99	1714	1,E+08	04/10/99	1955	2,E+08
05/08/99	382	3,E+07	05/09/99	1684	1,E+08	05/10/99	1971	2,E+08
06/08/99	459	4,E+07	06/09/99	1755	2,E+08	06/10/99	1978	2,E+08
07/08/99	448	4,E+07	07/09/99	1817	2,E+08	07/10/99	1973	2,E+08
08/08/99	598	5,E+07	08/09/99	1768	2,E+08	08/10/99	1989	2,E+08
09/08/99	690	6,E+07	09/09/99	1754	2,E+08	09/10/99	2017	2,E+08
10/08/99	774	7,E+07	10/09/99	1787	2,E+08	10/10/99	2034	2,E+08
11/08/99	850	7,E+07	11/09/99	1817	2,E+08	11/10/99	2066	2,E+08
12/08/99	838	7,E+07	12/09/99	1800	2,E+08	12/10/99	2072	2,E+08
13/08/99	835	7,E+07	13/09/99	1798	2,E+08	13/10/99	2055	2,E+08
14/08/99	827	7,E+07	14/09/99	1778	2,E+08	14/10/99	2043	2,E+08
15/08/99	826	7,E+07	15/09/99	1773	2,E+08	15/10/99	2044	2,E+08
16/08/99	823	7,E+07	16/09/99	1812	2,E+08	16/10/99	2041	2,E+08
17/08/99	836	7,E+07	17/09/99	1790	2,E+08	17/10/99	2050	2,E+08
18/08/99	1045	9,E+07	18/09/99	1780	2,E+08	18/10/99	2055	2,E+08
19/08/99	1062	9,E+07	19/09/99	1665	1,E+08	19/10/99	2059	2,E+08
20/08/99	996	9,E+07	20/09/99	1733	1,E+08	20/10/99	2059	2,E+08
21/08/99	1222	1,E+08	21/09/99	1762	2,E+08	21/10/99	2054	2,E+08
22/08/99	1359	1,E+08	22/09/99	1906	2,E+08	22/10/99	2041	2,E+08
23/08/99	1348	1,E+08	23/09/99	1904	2,E+08	23/10/99	2049	2,E+08
24/08/99	1343	1,E+08	24/09/99	1917	2,E+08	24/10/99	2052	2,E+08
25/08/99	1327	1,E+08	25/09/99	1943	2,E+08	25/10/99	2063	2,E+08
26/08/99	1398	1,E+08	26/09/99	1957	2,E+08	26/10/99	2066	2,E+08
27/08/99	1706	1,E+08	27/09/99	1965	2,E+08	27/10/99	2050	2,E+08
28/08/99	1524	1,E+08	28/09/99	1971	2,E+08	28/10/99	2023	2,E+08
29/08/99	1516	1,E+08	29/09/99	1971	2,E+08	29/10/99	2011	2,E+08
30/08/99	1537	1,E+08	30/09/99	1973	2,E+08	30/10/99	2012	2,E+08
31/08/99	1597	1,E+08				31/10/99	1998	2,E+08
	volume/mois	3,E+09		volume/mois	5,E+09		volume/mois	5,E+09

Novembre	débit journalier	volume/m3/s	Décembre	débit journalier	volume/m3	Janvier	débit journalier	volume/m3
01/11/99	1997	2,E+08	01/12/99	688	6,E+07	01/01/00		
02/11/99	2002	2,E+08	02/12/99	854	7,E+07	02/01/00	475	4,E+07
03/11/99	2012	2,E+08	03/12/99	870	8,E+07	03/01/00	478	4,E+07
04/11/99	1995	2,E+08	04/12/99	725	6,E+07	04/01/00	484	4,E+07
05/11/99	1985	2,E+08	05/12/99	661	6,E+07	05/01/00	300	3,E+07
06/11/99	1980	2,E+08	06/12/99	653	6,E+07	06/01/00	209	2,E+07
07/11/99	1981	2,E+08	07/12/99	654	6,E+07	07/01/00	212	2,E+07
08/11/99	1973	2,E+08	08/12/99	642	6,E+07	08/01/00	214	2,E+07
09/11/99	1957	2,E+08	09/12/99	630	5,E+07	09/01/00	214	2,E+07
10/11/99	1943	2,E+08	10/12/99	648	6,E+07	10/01/00	213	2,E+07
11/11/99	1925	2,E+08	11/12/99	657	6,E+07	11/01/00	210	2,E+07
12/11/99	1915	2,E+08	12/12/99	657	6,E+07	12/01/00	385	3,E+07
13/11/99	1901	2,E+08	13/12/99	565	5,E+07	13/01/00	473	4,E+07
14/11/99	1886	2,E+08	14/12/99	449	4,E+07	14/01/00	285	2,E+07
15/11/99	1857	2,E+08	15/12/99	452	4,E+07	15/01/00	202	2,E+07
16/11/99	1832	2,E+08	16/12/99	151	1,E+07	16/01/00	67	6,E+06
17/11/99	1802	2,E+08	17/12/99	0	0,E+00	17/01/00	0	0
18/11/99	1755	2,E+08	18/12/99	0	0,E+00	18/01/00	0	0
19/11/99	1652	1,E+08	19/12/99	74	6,E+06	19/01/00	0	0
20/11/99	1578	1,E+08	20/12/99	344	3,E+07	20/01/00	0	0
21/11/99	1569	1,E+08	21/12/99	305	3,E+07	21/01/00	129	1,E+07
22/11/99	1665	1,E+08	22/12/99	408	4,E+07	22/01/00	187	2,E+07
23/11/99	1505	1,E+08	23/12/99	486	4,E+07	23/01/00	187	2,E+07
24/11/99	1400	1,E+08	24/12/99	295	3,E+07	24/01/00	182	2,E+07
25/11/99	1255	1,E+08	25/12/99	202	2,E+07	25/01/00	183	2,E+07
26/11/99	1088	9,E+07	26/12/99	201	2,E+07	26/01/00	179	2,E+07
27/11/99	1087	9,E+07	27/12/99	67	6,E+06	27/01/00	179	2,E+07
28/11/99	1001	9,E+07	28/12/99	0	0	28/01/00	301	3,E+07
29/11/99	954	8,E+07	29/12/99	143	1,E+07	29/01/00	602	5,E+07
30/11/99	777	7,E+07	30/12/99	203	2,E+07	30/01/00	460	4,E+07
			31/12/99	0	0	31/01/00	208	2,E+07
	volume/mois	4,E+09		volume/mois	1095897600		volume/mois	6,E+08

Février	débit journalier	volume/m3	Mars	débit journalier	volume/m3	Avril	débit journalier	volume/m3
01/02/00	149	1,E+07	01/03/00	150	1,E+07	01/04/00	0	0
02/02/00	152	1,E+07	02/03/00	152	1,E+07	02/04/00	0	0
03/02/00	48	4,E+06	03/03/00	153	1,E+07	03/04/00	0	0
04/02/00	0	0	04/03/00	152	1,E+07	04/04/00	0	0
05/02/00	0	0	05/03/00	153	1,E+07	05/04/00	0	0
06/02/00	0	0	06/03/00	150	1,E+07	06/04/00	0	0
07/02/00	0	0	07/03/00	152	1,E+07	07/04/00	0	0
08/02/00	0	0	08/03/00	50	4,E+06	08/04/00	0	0
09/02/00	0	0	09/03/00	0	0	09/04/00	0	0
10/02/00	0	0	10/03/00	0	0	10/04/00	0	0
11/02/00	0	0	11/03/00	0	0	11/04/00	0	0
12/02/00	0	0	12/03/00	0	0	12/04/00	0	0
13/02/00	0	0	13/03/00	0	0	13/04/00	0	0
14/02/00	0	0	14/03/00	0	0	14/04/00	0	0
15/02/00	0	0	15/03/00	0	0	15/04/00	0	0
16/02/00	102	8,81E+06	16/03/00	0	0	16/04/00	0	0
17/02/00	151	1,30E+07	17/03/00	0	0	17/04/00	0	0
18/02/00	47	4,06E+06	18/03/00	0	0	18/04/00	0	0
19/02/00	0	0	19/03/00	0	0	19/04/00	0	0
20/02/00	0	0	20/03/00	0	0	20/04/00	0	0
21/02/00	0	0	21/03/00	0	0	21/04/00	0	0
22/02/00	0	0	22/03/00	0	0	22/04/00	0	0
23/02/00	0	0	23/03/00	0	0	23/04/00	0	0
24/02/00	0	0	24/03/00	0	0	24/04/00	0	0
25/02/00	0	0	25/03/00	0	0	25/04/00	0	0
26/02/00	0	0	26/03/00	0	0	26/04/00	0	0
27/02/00	0	0	27/03/00	0	0	27/04/00	0	0
28/02/00	103	8,90E+06	28/03/00	0	0	28/04/00	0	0
29/02/00	150	1,30E+07	29/03/00	0	0	29/04/00	0	0
			30/03/00	0	0	30/04/00	0	0
			31/03/00	0	0			
	volume/mois	7,79E+07		volume/mois	1,E+08			

Tableau n°3 : Volumes d'eau écoulés à la station de Diama 2003-2004

Mai	débit journalier	volume/m3	Juin	débit journalier	volume/m3	Juillet	débit journalier	volume/m3
01/05/03	0	0	01/06/03	0	0	01/07/03	212	1,83E+07
02/05/03	0	0	02/06/03	0	0	02/07/03	210	1,81E+07
03/05/03	0	0	03/06/03	0	0	03/07/03	137	1,18E+07
04/05/03	0	0	04/06/03	0	0	04/07/03	105	9,07E+06
05/05/03	0	0	05/06/03	0	0	05/07/03	176	1,52E+07
06/05/03	0	0	06/06/03	0	0	06/07/03	205	1,77E+07
07/05/03	0	0	07/06/03	0	0	07/07/03	201	1,74E+07
08/05/03	0	0	08/06/03	0	0	08/07/03	199	1,72E+07
09/05/03	0	0	09/06/03	0	0	09/07/03	198	1,71E+07
10/05/03	0	0	10/06/03	0	0	10/07/03	201	1,74E+07
11/05/03	0	0	11/06/03	0	0	11/07/03	203	1,75E+07
12/05/03	0	0	12/06/03	0	0	12/07/03	301	2,60E+07
13/05/03	0	0	13/06/03	74	6,39E+06	13/07/03	345	2,98E+07
14/05/03	0	0	14/06/03	107	9,24E+06	14/07/03	341	2,95E+07
15/05/03	0	0	15/06/03	107	9,24E+06	15/07/03	428	3,70E+07
16/05/03	0	0	16/06/03	105	9,07E+06	16/07/03	624	5,39E+07
17/05/03	0	0	17/06/03	105	9,07E+06	17/07/03	900	7,78E+07
18/05/03	0	0	18/06/03	104	8,99E+06	18/07/03	1039	8,98E+07
19/05/03	0	0	19/06/03	33	2,85E+06	19/07/03	1055	9,12E+07
20/05/03	0	0	20/06/03	0	0	20/07/03	968	8,36E+07
21/05/03	0	0	21/06/03	0	0	21/07/03	976	8,43E+07
22/05/03	0	0	22/06/03	0	0	22/07/03	974	8,42E+07
23/05/03	0	0	23/06/03	0	0	23/07/03	932	8,05E+07
24/05/03	71	6,13E+06	24/06/03	0	0	24/07/03	884	7,64E+07
25/05/03	103	8,90E+06	25/06/03	0	0	25/07/03	891	7,70E+07
26/05/03	104	8,99E+06	26/06/03	0	0	26/07/03	897	7,75E+07
27/05/03	107	9,24E+06	27/06/03	0	0	27/07/03	906	7,83E+07
28/05/03	108	9,33E+06	28/06/03	0	0	28/07/03	848	7,33E+07
29/05/03	108	9,33E+06	29/06/03	0	0	29/07/03	813	7,02E+07
30/05/03	108	9,33E+06	30/06/03	147	1,27E+07	30/07/03	805	6,96E+07
31/05/03	34	2,94E+06				31/07/03	807	6,97E+07
	volume/mois	6,42E+07		volume/mois	6,76E+07		volume/mois	1,54E+09

Aout	débit journalier	volume/m3	Septembre	débit journalier	volume/m3	Octobre	débit journalier	volume/m3
01/08/03	859	7,42E+07	01/09/03	1676	1,45E+08	01/10/03	1973	1,70E+08
02/08/03	899	7,77E+07	02/09/03	1669	1,44E+08	02/10/03	1964	1,70E+08
03/08/03	916	7,91E+07	03/09/03	1689	1,46E+08	03/10/03	1940	1,68E+08
04/08/03	969	8,37E+07	04/09/03	1703	1,47E+08	04/10/03	1932	1,67E+08
05/08/03	956	8,26E+07	05/09/03	1741	1,50E+08	05/10/03	1884	1,63E+08
06/08/03	958	8,28E+07	06/09/03	1704	1,47E+08	06/10/03	1906	1,65E+08
07/08/03	975	8,42E+07	07/09/03	1752	1,51E+08	07/10/03	1797	1,55E+08
08/08/03	1017	8,79E+07	08/09/03	1706	1,47E+08	08/10/03	1901	1,64E+08
09/08/03	950	8,21E+07	09/09/03	1674	1,45E+08	09/10/03	1924	1,66E+08
10/08/03	953	8,23E+07	10/09/03	1616	1,40E+08	10/10/03	1955	1,69E+08
11/08/03	1090	9,42E+07	11/09/03	1686	1,46E+08	11/10/03	1888	1,63E+08
12/08/03	1167	1,01E+08	12/09/03	1653	1,43E+08	12/10/03	1925	1,66E+08
13/08/03	1165	1,01E+08	13/09/03	1653	1,43E+08	13/10/03	1967	1,70E+08
14/08/03	1282	1,11E+08	14/09/03	1653	1,43E+08	14/10/03	1973	1,70E+08
15/08/03	1353	1,17E+08	15/09/03	1624	1,40E+08	15/10/03	1947	1,68E+08
16/08/03	1382	1,19E+08	16/09/03	1641	1,42E+08	16/10/03	1935	1,67E+08
17/08/03	1461	1,26E+08	17/09/03	1605	1,39E+08	17/10/03	2008	1,73E+08
18/08/03	1472	1,27E+08	18/09/03	1641	1,42E+08	18/10/03	2067	1,79E+08
19/08/03	1493	1,29E+08	19/09/03	1710	1,48E+08	19/10/03	1949	1,68E+08
20/08/03	1480	1,28E+08	20/09/03	1636	1,41E+08	20/10/03	1924	1,66E+08
21/08/03	1462	1,26E+08	21/09/03	1549	1,34E+08	21/10/03	2005	1,73E+08
22/08/03	1483	1,28E+08	22/09/03	1638	1,42E+08	22/10/03	1988	1,72E+08
23/08/03	1564	1,35E+08	23/09/03	1710	1,48E+08	23/10/03	1968	1,70E+08
24/08/03	1529	1,32E+08	24/09/03	1800	1,56E+08	24/10/03	1965	1,70E+08
25/08/03	1463	1,26E+08	25/09/03	1884	1,63E+08	25/10/03	2005	1,73E+08
26/08/03	1590	1,37E+08	26/09/03	1933	1,67E+08	26/10/03	2054	1,77E+08
27/08/03	1581	1,37E+08	27/09/03	1948	1,68E+08	27/10/03	2002	1,73E+08
28/08/03	1647	1,42E+08	28/09/03	1957	1,69E+08	28/10/03	1979	1,71E+08
29/08/03	1593	1,38E+08	29/09/03	1960	1,69E+08	29/10/03	1955	1,69E+08
30/08/03	1592	1,38E+08	30/09/03	1950	1,68E+08	30/10/03	1971	1,70E+08
31/08/03	1721	1,49E+08				31/10/03	1912	1,65E+08
	volume/mois	3,E+09		volume/mois	4,E+09		volume/mois	5,E+09

Novembre	débit journalier	volume/m3	Décembre	débit journalier	volume/m3	Janvier	débit journalier	volume/m3
01/11/03	1916	1,66E+08	01/12/03	288	2,49E+07	01/01/04		
02/11/03	1824	1,58E+08	02/12/03	260	2,25E+07	02/01/04	210	1,81E+07
03/11/03	1776	1,53E+08	03/12/03	386	3,34E+07	03/01/04	200	1,73E+07
04/11/03	1672	1,44E+08	04/12/03	365	3,15E+07	04/01/04	202	1,75E+07
05/11/03	1660	1,43E+08	05/12/03	363	3,14E+07	05/01/04	206	1,78E+07
06/11/03	1636	1,41E+08	06/12/03	450	3,89E+07	06/01/04	65	5,62E+06
07/11/03	1644	1,42E+08	07/12/03	464	4,01E+07	07/01/04	0	0
08/11/03	1550	1,34E+08	08/12/03	478	4,13E+07	08/01/04	0	0
09/11/03	1381	1,19E+08	09/12/03	476	4,11E+07	09/01/04	150	1,30E+07
10/11/03	1428	1,23E+08	10/12/03	491	4,24E+07	10/01/04	224	1,94E+07
11/11/03	1526	1,32E+08	11/12/03	156	1,35E+07	11/01/04	227	1,96E+07
12/11/03	1459	1,26E+08	12/12/03	79	6,83E+06	12/01/04	227	1,96E+07
13/11/03	1439	1,24E+08	13/12/03	189	1,63E+07	13/01/04	147	1,27E+07
14/11/03	1405	1,21E+08	14/12/03	220	1,90E+07	14/01/04	108	9,33E+06
15/11/03	1272	1,10E+08	15/12/03	215	1,86E+07	15/01/04	105	9,07E+06
16/11/03	1063	9,18E+07	16/12/03	208	1,80E+07	16/01/04	103	8,90E+06
17/11/03	1028	8,88E+07	17/12/03	205	1,77E+07	17/01/04	102	8,81E+06
18/11/03	1078	9,31E+07	18/12/03	200	1,73E+07	18/01/04	101	8,73E+06
19/11/03	950	8,21E+07	19/12/03	191	1,65E+07	19/01/04	169	1,46E+07
20/11/03	783	6,77E+07	20/12/03	186	1,61E+07	20/01/04	206	1,78E+07
21/11/03	509	4,40E+07	21/12/03	188	1,62E+07	21/01/04	189	1,63E+07
22/11/03	409	3,53E+07	22/12/03	199	1,72E+07	22/01/04	188	1,62E+07
23/11/03	436	3,77E+07	23/12/03	211	1,82E+07	23/01/04	226	1,95E+07
24/11/03	450	3,89E+07	24/12/03	223	1,93E+07	24/01/04	219	1,89E+07
25/11/03	451	3,90E+07	25/12/03	226	1,95E+07	25/01/04	147	1,27E+07
26/11/03	478	4,13E+07	26/12/03	229	1,98E+07	26/01/04	112	9,68E+06
27/11/03	366	3,16E+07	27/12/03	229	1,98E+07	27/01/04	36	3,11E+06
28/11/03	398	3,44E+07	28/12/03	221	1,91E+07	28/01/04	0	0
29/11/03	441	3,81E+07	29/12/03	149	1,29E+07	29/01/04	0	0
30/11/03	215	1,86E+07	30/12/03	33	2,85E+06	30/01/04	140	1,21E+07
			31/12/03			31/01/04	212	1,83E+07
	volume/mois	2,82E+09		volume/mois	6,72E+08		volume/mois	3,65E+08

Février	débit journalier	volume/m3	Mars	débit journalier	volume/m3	Avril	débit journalier	volume/m3
01/02/04	206	1,78E+07	01/03/04	0	0	01/04/04	209	1,81E+07
02/02/04	210	1,81E+07	02/03/04	137	1,18E+07	02/04/04	208	1,80E+07
03/02/04	213	1,84E+07	03/03/04	210	1,81E+07	03/04/04	208	1,80E+07
04/02/04	213	1,84E+07	04/03/04	164	1,42E+07	04/04/04	133	1,15E+07
05/02/04	146	1,26E+07	05/03/04	105	9,07E+06	05/04/04	106	9,16E+06
06/02/04	112	9,68E+06	06/03/04	102	8,81E+06	06/04/04	116	1,00E+07
07/02/04	112	9,68E+06	07/03/04	107	9,24E+06	07/04/04	120	1,04E+07
08/02/04	113	9,76E+06	08/03/04	117	1,01E+07	08/04/04	120	1,04E+07
09/02/04	116	1,00E+07	09/03/04	37	3,20E+06	09/04/04	120	1,04E+07
10/02/04	115	9,94E+06	10/03/04	0	0	10/04/04	119	1,03E+07
11/02/04	113	9,76E+06	11/03/04	0	0	11/04/04	117	1,01E+07
12/02/04	110	9,50E+06	12/03/04	117	1,01E+07	12/04/04	112	9,68E+06
13/02/04	109	9,42E+06	13/03/04	224	1,94E+07	13/04/04	107	9,24E+06
14/02/04	109	9,42E+06	14/03/04	222	1,92E+07	14/04/04	175	1,51E+07
15/02/04	109	9,42E+06	15/03/04	213	1,84E+07	15/04/04	208	1,80E+07
16/02/04	106	9,16E+06	16/03/04	137	1,18E+07	16/04/04	209	1,81E+07
17/02/04	103	8,90E+06	17/03/04	103	8,90E+06	17/04/04	209	1,81E+07
18/02/04	104	8,99E+06	18/03/04	104	8,99E+06	18/04/04	216	1,87E+07
19/02/04	108	9,33E+06	19/03/04	107	9,24E+06	19/04/04	228	1,97E+07
20/02/04	48	4,15E+06	20/03/04	111	9,59E+06	20/04/04	235	2,03E+07
21/02/04	0	0	21/03/04	113	9,76E+06	21/04/04	152	1,31E+07
22/02/04	0	0	22/03/04	115	9,94E+06	22/04/04	117	1,01E+07
23/02/04	0	0	23/03/04	117	1,01E+07	23/04/04	117	1,01E+07
24/02/04	0	0	24/03/04	117	1,01E+07	24/04/04	114	9,85E+06
25/02/04	0	0	25/03/04	116	1,00E+07	25/04/04	113	9,76E+06
26/02/04	0	0	26/03/04	115	9,94E+06	26/04/04	111	9,59E+06
27/02/04	0	0	27/03/04	113	9,76E+06	27/04/04	108	9,33E+06
28/02/04	0	0	28/03/04	112	9,68E+06	28/04/04	107	9,24E+06