

SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES	3
REMERCIEMENTS	4
INTRODUCTION GENERALE.....	5
PREMIERE PARTIE :	19
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	20
CHAPITRE 2 : CARACTERISTIQUES SOCIO-ECONOMIQUES DE LA COMMUNE DE ZIGUINCHOR	41
DEUXIEME PARTIE	
ETUDE DE LA PLUIE, DE LA MORPHOMETRIE DES BASSINS VERSANTS ET DU RESEAU D'EVACUATION DES EAUX PLUVIALES	54
CHAPITRE 1 : ANALYSE DE LA PLUIE.....	55
CHAPITRE 2 : CARACTERISTIQUES MORPHOMETRIQUES DES BASSINS VERSANTS	68
CHAPITRE 3 : ETUDE DU RESEAU D'EVACUATION	76
CONCLUSION GENERALE	88
BIBLIOGRAPHIE.....	89
TABLE DES MATIERES.....	96

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

ADM : Agence de Développement Municipale

ARD : Agence Régionale de Développement

ASC : Association Sportive et Culturelle

C.R.Z : Conseil Régional de Ziguinchor

C.S.E : Centre de Suivi Ecologique

D.A.T : Direction de l'Aménagement du Territoire

D.T.G.C : Direction des Travaux Géographiques et Cartographiques

D.G.P.R.E : Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau

I.F.A.N : Institut Fondamental de l'Afrique Noire

I.R.D : L'Institut de Recherche et de Développement

K.C : Coefficient de Gravélius

L.C.E : Laboratoire de Climatologie et d'Environnement

O.M.M : Organisation Mondiale de la Météorologie

O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé

O.N.G : Organisation Non Gouvernementale

P.U.H.I.M.O : Programme spécial de Voirie Urbaine à Haute Intensité de Main d'Œuvre

S.R.T.M : *Shuttle Radar Topography Mission*

S.R.U : Service Régionale de l'Urbanisme

T.E.R : Travail d'Etudes et de Recherches

UAS.Z : Université Assane SECK de Ziguinchor

U.C.A.D : Université Cheikh Anta Diop de Dakar

U.G.B : Université Gaston Berger de Saint Louis

REMERCIEMENTS

Je voudrai avant de présenter les résultats de ce travail d'étude et de recherche, adressé mes remerciements à l'ensemble du corps professoral des universités de Dakar et de Ziguinchor et plus particulièrement des départements de Géographie qui m'ont dispensé une formation de qualité en géographie et initié aux techniques de recherches.

Je voudrais exprimer ma profonde gratitude à Messieurs Honoré DACOSTA Chargé d'enseignement l'UCAD et Alvares G. F. BENGA Maitre-assistant à l'UASZ et par ailleurs Co-encadreur de ce travail, Maîtres, trouvez en ces mots un hommage et une profonde reconnaissance pour le soutien moral et scientifique que vous m'avez toujours témoigné. .

Mes remerciements vont aussi à l'endroit de Messieurs Nicolas SAGNA cartographe à l'I.F.A.N, Ibrahima SAGNA de la station météorologique de Ziguinchor, Malang BADIANE de l'hydraulique de Ziguinchor, Mamadou COLY de la voirie municipale et Augustin DIEME de L'I.R.D/Dakar.

J'exprime ma sympathie à mes camarades étudiants de la première promotion de l'UASZ, Abdoulaye faty, Latif Diatta, Edmond, Sidikou Mané Charlotte Angèle Diatta, Aissatou Combé Badiane, Francis Césaire Coly, Samsidine Sonko, Sana Pembaty à mes amis et compagnons de tout temps Mamadou Sidibé, Oumar Ndiaye, Nouha Sambou, Papis Sangaré, Rita Diédhio, Valentin Coly, Fatou.

Je voudrais enfin exprimer mes profondes gratitude à ma famille :

Mes parents feu Kadialy et ma mère Aissatou DIEME pour leur soutien moral affectif constant et leurs conseils qui ne m'ont jamais fait défaut. Merci !

A mes enfants Adama et Awa

A mes frères Youssouph, Simba, Bassirou, Lamine, Badara Oumar

A mes sœurs Rama, Rougui Diary, Asmao, Maîmouna, Abibatou, N'deye Astou et Néné Sagna à qui nous décernons une mention spéciale.

A mes nièces et neveux Mame fatou Diémé, Abdoulaye, Cheikh, Binetou Anne marie ...

Enfin à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce T.E.R, MERCI.

INTRODUCTION GENERALE

L'Hydrologie urbaine est une branche de la géographie physique se donnant pour objet l'étude de l'eau et de ses relations avec les différentes activités humaines en zone urbaine. Elle s'intéresse à cet effet à la partie du cycle de l'eau affectée par l'urbanisation et étudie en particulier les eaux de surface (solide et liquide) dans leurs interrelations avec les milieux urbanisés. L'hydrologie urbaine se révèle une composante importante dans l'aménagement du tissu urbain qui a pour but principal de protéger les villes des nuisances du cycle de l'eau et des modifications causées par les effets l'urbanisation. C'est la raison pour laquelle, elle est organiquement liée à une technique urbaine particulière qu'est l'assainissement¹ (J.C.DEUTSCH, 2005).

Il s'agit là d'un champ disciplinaire qui ne saurait à ce niveau se surcharger de généralités. BRUNET R et *al*, (2005) l'appréhendent comme le retraitement des effluents de la ville, de l'agriculture ou de l'industrie.

Ces dernières définitions de l'assainissement renvoient directement ou indirectement au domaine d'action de la géographie urbaine qui occupe aujourd'hui une place incontournable dans les recherches du confort et du bien être en milieu urbain d'où le choix de notre thème : « **Bassins versants urbains de Ziguinchor : caractéristiques morphométriques et réseau d'écoulement des eaux pluviales** ».

Dans le souci de maîtriser / freiner ces nuisances, les hydrologues étudient le cycle de l'eau (généralement les eaux de surface) souvent à l'échelle d'un bassin versant. Un bassin versant est un espace géographique complexe, une surface géographique délimitée par des lignes de crêtes, alimentée par un cours d'eau et drainée par ce même cours d'eau et contrôlée par un exutoire (Saffache, 2003). C'est un espace qui se caractérise donc par son étendue, sa topographie, sa structure géologique, la nature de ses sols, sa végétation et ses aspects humains...

¹ L'assainissement peut être vu comme une action visant à améliorer et contrôler tous les facteurs qui, dans le milieu physique où évolue l'homme sont susceptibles d'influencer défavorablement la santé et la longévité.

I. PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE

Contexte et justification

Ancien comptoir portugais (1645-1888), puis français, la Commune Ziguinchor est située au sud-ouest du Sénégal entre les latitudes 12.54283° et 12°.58'N et les longitudes 16°.24' et 16°.30'S la Commune de Ziguinchor est bien intégrée dans le bassin du fleuve Casamance qui couvre une superficie de 20150 km² compris entre les latitudes 12°20' et 13°.21'N et les longitude 14°17' et 16°47' (DACOSTA H, 1989). Sur ce bassin drainé d'Est en Ouest par ce fleuve long de 350 km, coexistent deux modes d'habitats : un habitat urbain et un habitat rural. Le cycle de sécheresse qu'a connu l'Afrique de l'Ouest durant les années 1970 et 1980 a entraîné des changements profonds. Le déficit pluviométrique s'est traduit par la réduction des ressources en eau de surface, une salinisation qui n'a pas épargné les terres cultivables et même un assèchement de certaines zones humides.

Ces bouleversements sont à l'origine de la perte de terres cultivables et de la diminution des rendements agricoles en milieu rural. Cette restructuration combinée au contexte d'insécurité² a poussé les populations rurales à un exode parfois massif vers les centres urbains comme Ziguinchor, augmentant par là, le taux d'accroissement démographique urbain et une forte pression foncière. Selon les données et les Projections de l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD), la population urbaine de Ziguinchor est passée de 70.000 habitants en 1976 à 250.000 habitants en 2005, et 276.354 habitants en 2010 (ANSD). L'accroissement rapide de la population urbaine ajouté à d'autres facteurs physiques comme la situation géographique (Ziguinchor est un site fluvial limité au Nord par le fleuve Casamance à l'Est et à Ouest respectivement par les marigots de Boutoute et de Djibélor qui imposent une extension du tissu urbain vers le sud). Dans ce sillage, certaines populations ont préféré s'installer dans les parties asséchées de ces marigots ; restructurant ainsi les écoulements de leurs drains naturels.

Sur le plan hydrologique ces changements se manifestent par l'accélération de la vitesse de saturation des sols, l'accélération de la vitesse du ruissellement des eaux dans les zones de plateau entraînant ainsi une érosion du sol. Ceci a pour conséquence la mise en place de plusieurs ravins qui rendent difficile la mobilité des populations surtout pendant la saison des

² Conflit casamançais

pluies³. . A l'inverse, sur les basses terres, se remarque un phénomène inverse à celui des plateaux : l'inondation. Ce fait nouveau s'explique en partie par l'occupation des zones jadis destinées à recevoir des eaux de pluie ainsi que, l'insuffisance, la défaillance, voire le manque du réseau de canalisation. Par ailleurs, des infrastructures (routes, écoles, logements) et des lotissements sont entrepris par les populations et les autorités sur ces zones sans aucune mesure préalable voire d'accompagnement.

Toutes ces occupations intervenues sur ces bassins versants urbains perturbent leur fonctionnement naturel. Ainsi on y note l'augmentation des surfaces imperméables, une disparition de la végétation, une intensification de l'érosion, des inondations dans de nombreux quartiers Par ailleurs, l'érosion hydrique des sols prend une ampleur très importante. Elle se manifeste par la multiplication des ravins dans la ville qui mobilisent pendant l'hivernage des quantités énormes d'eaux de ruissellement, parfois source de dommages matériels et même de pertes en vies humaines. Ainsi des quartiers comme Goumel, Diéfaye Santhiaba, Boudody Belfort, Lyndiane et Tiléne sont confrontés aux problèmes d'assainissement, particulièrement d'évacuation des eaux pluviales car ces dernières sont bloquées par les constructions mais aussi par l'absence ou une inefficacité des infrastructures d'évacuation des eaux de pluie et des eaux usées quand elles existent. Cette situation est à l'origine des inondations enregistrées. En effet, les inondations sont devenues un phénomène récurrent redouté par les populations et les autorités locales car, causant de nombreux dégâts matériels avec leurs corolaires socio-économiques, et environnementaux. Ces inondations favorisent aussi l'émergence de certaines pathologies hydriques comme le paludisme liées à la stagnation des eaux et à la présence des caniveaux à ciel ouvert.

Dans ce contexte, la question de l'évacuation des eaux pluviales demeure un sérieux problème d'aménagement et constitue l'une des mesures urgentes à prendre en matière d'infrastructures urbaines. Or, comment celle-ci se ferait sans la prise en compte d'un certain nombre de variables fondamentales à toute nouvelle forme d'aménagement.

Pour ce faire, il est nécessaire entre autres, de connaître au-delà des caractéristiques physiques (climatiques, géologiques, hydrologiques, pédologiques etc.) et humaines (types d'habitat, d'occupation des sols,...) des différents sous bassins versants urbains. Leurs

³ Durant cette période certains quartiers sont coupés du reste de la commune par les ravins

connaissances permettraient de mieux apprécier les interactions complexes qui en résultent et leur intégration dans un schéma d'aménagement urbain plus cohérent.

A ce titre, la connaissance des paramètres hydrologiques comme la pluie moyenne, l'intensité et la durée des averses, la lame d'eau éculée, le coefficient de ruissellement, la nature des sols et la morphométrie des bassins demeurent indispensables dans la planification et la mise en œuvre d'un système d'assainissement et d'évacuation des eaux de ruissellement. D'où la motivation de notre thème de recherche : **Bassins versants urbains de Ziguinchor : caractéristiques morphométriques et réseau d'écoulement des eaux pluviales.**

Justification.

Les raisons qui nous ont motivés dans le choix de ce thème et de la zone d'étude sont:

- d'abord le fait que la maîtrise des eaux pluviales est une étape fondamentale dans tout aménagement urbain surtout en milieu tropical à saison contrastée et amplifiée par les irrégularités pluviométriques
- Ensuite la gestion de l'eau de pluie est devenue un enjeu important dans le développement des villes du tiers-monde, compte tenu du taux d'urbanisation et des dégâts susceptibles d'être occasionnés.

Le choix de Ziguinchor comme zone d'étude est fondé sur le fait que la ville connaît une urbanisation galopante et que des infrastructures d'évacuation des eaux pluviales sont entrain d'être construites dans certains quartiers de la commune visiblement sans respect de certains paramètres physiques (climatique, géologique, morpho pédologique, hydrologique) et humains de ses bassins versants. Ce qui n'est pas de nature à corriger les défaillances.

2. Revue critique

Cette étape concerne l'exploitation de documents traitant de notre thématique et / ou notre zone d'étude. A Ziguinchor plusieurs productions scientifiques ont consacré leurs thèmes de recherches sur l'assainissement dans la commune de Ziguinchor avec des objectifs et résultats divers.

Les études hydrologiques

Sur le plan hydrologique la Commune a été l'objet de plusieurs études avec des approches et thématiques diverses. Ainsi dans la gestion des eaux pluies et de leurs conséquences environnement l'étude de M. MBAYE (2002), montre que les averses de pluie et certaines activités anthropiques participent à la dégradation de l'environnement. Ces conséquences sont les inondations et l'érosion des sols. C'est dans cette logique que NIANG. M, (2004) intitulé « **Formes, Intensités et Indices d'Erosivité des pluies à la station synoptique de Ziguinchor de 1957-2001** » aborde dans le même montrant que l'«érosivité» des eaux pluviales est en rapport avec la forme, l'intensité et la nature du sol. La détermination des valeurs du caractère érosif a été faite grâce à l'usage de modèles. Ce travail a permis de caractériser l'agressivité des pluies. Cependant ces études ne sont pas faites à l'échelle d'un bassin versant. Ainsi le travail DIEME B. E. A, (2007) consacré à la « **Recomposition des territoires de l'eau et impacts sur l'écoulement et l'environnement dans le bassin du marigot de Boutoute** » vient compléter ces travaux car il fait à l'échelle du bassin versant de Boutoute. Ainsi il étudie dans un premier temps les caractéristiques physiques du bassin versant, puis dans un second la relation entre la morphométrie (formes, longueur, largeur, dénivelé, altitude, superficie etc.), et enfin la pluie, l'écoulement et leur impact sur l'environnement urbain du bassin versant de Boutoute. Cependant la méthode utilisée pour la délimitation du bassin versant (manuelle) gagnerait à être améliorée et affiner les conclusions. Par ailleurs ALBERGEL. J et DACOSTA. H (1995 « **Les écoulements non pérennes sur les petits bassins du Sénégal** » présentent un découpage du territoire national en 8 zones hydrologiques homogènes et les caractéristiques de ces différentes zones. L'étude des écoulements non pérennes est faite ici à partir de l'utilisation de données de bassins versants représentatifs. Les données de stations contrôlant des bassins versants dont la superficie est inférieure à 5000 km² a permis de faire des extrapolations pour déterminer les crues des autres bassins versants. Ce travail donne les caractéristiques des crues sur les petits bassins suivant leur localisation. Cependant le cas des bassins versants urbains n'est pas pris en compte dans ce travail sauf pour la région du Cap-Vert (Dakar). Aujourd'hui les écoulements non pérennes en milieu urbain nécessitent d'être bien connus vu les dégâts susceptibles d'être engendrés. Au Sénégal plusieurs études ont été faites sur les bassins versants urbains et les inondations. La plupart des études concernent la région de Dakar. Parmi ces travaux nous avons celui de LAAROUBI H. (2007) dans sa thèse de troisième cycle « **Etude**

Hydrologique des Bassins Versants Urbains de Rufisque » Elle fait une description physiographique des versants et analyse les paramètres hydrométriques et pluviométriques en utilisant des modèles comme celui de l'infiltration HORTON pour déterminer plusieurs paramètres (débit de pointe, crue annuelle, décennale pris en compte dans le dimensionnement des ouvrages d'évacuation des eaux de ruissellement. Ce travail a produit des données importantes pour une bonne gestion des eaux pluviales dans la ville de Rufisque.

Ailleurs dans le monde, beaucoup de travaux sont consacrés à l'hydrologie urbaine notamment dans la connaissance des écoulements pluviaux en milieu urbain. Parmi ces travaux nous avons celui de BENABDESELAM. T et HAMMAR. Y, (2005) intitulé « **Estimation de la réponse hydrologique d'un bassin versant urbanisé** ». Dans cette analyse des estimations de la réponse hydrologique des bassins versants de la ville d'Annaba en Algérie, plusieurs modèles ont été utilisés Ainsi nous avons le : modèle pluviométrique des courbes intensités-durée-fréquence, le modèle empirique de MOTANA et le modèle de TALBOT qui ont été utilisés pour une meilleure connaissance du ruissellement à Annaba.

Les études sur l'environnement et la santé

A sa suite, le TER de KEBE. M. (2000) « **Problèmes des inondations à Ziguinchor : cas du quartier de Santhiaba** » montre que l'occupation de certaines zones est synonyme de problèmes. Son travail a montré que les inondations dans Santhiaba s'expliquent par la nature du sol et la disposition du site favorable aux inondations mais également aux défaillances de l'aménagement de cet espace. En effet, les ouvrages d'évacuation des eaux pluviales sont non seulement défaillants insuffisants mais également inadaptés. Ce qui fait que pendant l'hivernage les eaux stagnent causant ainsi les inondations dans le quartier.

Quant au travail de GOUDIABY.A.D (2010). « **Dégradation de l'environnement et ses conséquences sanitaires dans le quartier de Colobane à Ziguinchor** », il montre comment la variation des paramètres physiques combinés aux activités anthropiques (agriculture, élevage, urbanisation anarchique et certaines pratiques) entraîne le développement de certaines pathologies dans le quartier de Colobane.

L'approvisionnement en eau de consommation n'est pas en reste. Deux Mémoires ont été réalisés pour faire l'état des connaissances : il s'agit du Mémoire de DIEDHIOU . C. I, (2010) « **Problématique de l'approvisionnement en eau potable en milieu urbain : cas**

de la commune de Ziguinchor », département de Géographie et celui de DIALLO I, (2005) « **Piézométrie et évolution de la qualité physico-chimique de la partie superficielle de l'aquifère du Continental Terminal dans la ville de Ziguinchor »,** département de Géologie. Ces deux Mémoires se complètent. Le premier fait un diagnostic de l'approvisionnement en eau potable dans la Commune et qui se résume à la défaillance des équipements, et à la pauvreté qui fait que la plupart des ménages n'ont pas accès à l'eau du robinet favorisant de fait le fort usage de l'eau de puits traditionnel comme eau de boisson avec tout les risques encourus dû à la pollution de la nappe. Le second, lui, s'intéresse plus à la qualité physico-chimique et à la variation du niveau piézométrique de la nappe superficielle dans la commune. Ainsi plusieurs paramètres on été déterminés dans cette étude comme le faciès des eaux, la température, le pH, la conductivité et la minéralisation, la teneur en eau en chlorure, sulfate, potassium, magnésium, nitrates, et bicarbonates ce qui nous a permis d'avoir l'état de la pollution de la nappe contrairement au premier qui les a traité de manière plus superficielle.

Il faut cependant préciser que les caractéristiques et niveau de pollution des autres nappes ne sont pas pris en compte dans ces travaux alors que ces nappes sont entrain d'être exploitées pour satisfaire les besoins en eau de la Commune. Une étude sur ces aquifères apparait ainsi intéressante

Les études socio-économiques

Sur plan sociodémographique les de travaux de BRUNEAU J. C, (1979) montre une évolution diachronique des populations et des activités depuis la période coloniale jusqu'au début des indépendances en fonction des aléas climatique et des potentialités économiques. GOUDIABY. A, (2010) dans son Mémoire intitulé « **Enjeux de l'implantation d'infrastructures dans un territoire en conflit : cas de la commune de Ziguinchor »** démontre que l'évolution rapide de la population urbaine avec l'arrivée de la crise casamançaise n'est pas suivie d'une mise en place d'infrastructures conséquentes ; alors que la création de ces dernières permettrait un essor de l'économie de la Commune et aurait même abouti au règlement du conflit armé. Il dénonce une répartition inégale des infrastructures économiques, sanitaires, et socioculturelles dans la Commune. Ce travail localise les infrastructures dans les bassins versants urbains.

La particularité de notre étude réside dans le fait qu'elle s'intéresse aux caractéristiques morphométriques des bassins versants en pleine urbanisation et de leurs systèmes d'évacuation des eaux pluviales.

3- Question de recherche

La non maîtrise ou la non prise en charge dans l'hypothèse où ils seraient connus des paramètres hydrologiques/ hydrométriques des bassins urbains a-t-il exacerbé les problèmes de gestion des eaux pluviales ?

Question 1

Les paramètres physiques et morphométriques sont-ils pris en compte dans le dimensionnement du réseau d'évacuation des eaux pluviales ?

Question 2

Les activités anthropiques sont-elles à l'origine des défaillances de l'assainissement à Ziguinchor ?

4- OBJECTIF GENERAL

Ce travail d'étude et de recherche a pour objectif de produire des données visant à l'amélioration du cadre de vie des populations dans la Commune de Ziguinchor à travers une contribution à la bonne gestion des eaux pluviales.

Objectifs spécifiques

- La connaissance des paramètres morphométriques, physiques et humains_ des bassins versants pour mieux apprécier leurs fonctionnements hydrologiques ;
- Faire une cartographie du réseau d'écoulement des eaux pluviales et identifier les défaillances organisationnelles et techniques du réseau ;
- Produire des données pour une meilleure valorisation des eaux de pluie.

5- HYPOTHESE

La méconnaissance de variables techniques et l'occupation anarchique sont à l'origine des dégâts occasionnés par les eaux de pluies

Hypothèse 1

La méconnaissance des paramètres hydrologiques et morphométriques des bassins communaux est en partie responsable de la dégradation du cadre de vie des populations.

Hypothèse 2

L'occupation anarchique et certaines pratiques humaines (le manque de civisme des populations) populaires sont responsables de la mauvaise gestion des eaux pluviales.

Hypothèse 3

Le sous dimensionnement, la vétusté, le manque d'entretien, et la faible densité du réseau d'assainissement pluvial exacerbent le disfonctionnement du système.

6- DEMARCHE METHODOLOGIQUE

La méthodologie définit entre autres, les exigences théoriques et opératoires de l'observation et confère aux résultats un fondement légitime c'est-à-dire scientifique. Il s'agit ici donc de procéder à l'exposé des différents modes opératoires directs mis en œuvre dans ce travail de recherche. Ces méthodes ou techniques de recherche concernent essentiellement : la collecte des données, le traitement, l'analyse et l'interprétation des données. Bien évidemment, elle a été amorcée avec la revue littéraire qui nous a permis de dresser l'état des lieux sur la question de recherche.

6.1- La collecte des données

La collecte des données constitue une phase délicate dans la recherche et comprend plusieurs étapes suivant la nature des données collectées.

6.1-1 La revue documentaire

Cette phase consiste à collecter des informations écrites, cartographiques, photographiques... en relation avec notre thème de recherche. Elle nous a permis de comprendre l'état de la recherche⁴ sur notre thématique pour bien cerner notre objet d'étude. Cette étape nous a conduits à la visite de plusieurs Instituts et Centres de documentation parmi lesquels :

⁴ Et dont la synthèse a été exposée dans la revue critique

- Les bibliothèques universitaires de l'UCAD et de L'UGB
- La Bibliothèque du Département de Géographie
- La Direction des Travaux Géographiques et Cartographiques (D.T.G.C)
- Le Centre de Suivi Ecologique (C.S.E)
- La Direction de Gestion et de Planification des Ressources en Eau (D.G.P.R.E)
- L'Institut de Recherche pour Développement (I.R.D)
- La Direction de l'Aménagement du Territoire (D.A.T)
- L'Agence de Développement Municipale (A.D.M)
- Service Régional de l'Urbanisme (S.R.U)
- Service Régional de la Démographie et de la Statistique (S.R.D.S)
- L'Agence Régional de Développement. (A.R.D)
- Station météorologique de Ziguinchor

- **La collecte des données climatiques**

Elle concerne la collecte des données des paramètres du climat qui nous a permis de faire une caractérisation du climat. Ce travail s'est déroulé sur deux phases : la première à la Direction de la Météorologie Nationale, difficile du fait que l'accès est payant et la méfiance des certains agents car pour eux les étudiants sont utilisés par certains organismes pour avoir des données moins chères et la deuxième la plus importante à la station météorologique de Ziguinchor. C'est là que la plupart des données ont été collectées sans grande difficulté.

6.2 Le travail de terrain

Il se résume étapes suivant : observations directes aux relevés de terrain en passant par l'administration de questionnaires.

6.2-1 L'observation

Elle a constitué une étape importante du travail de terrain. Elle nous a permis d'avoir une idée générale sur l'ampleur du travail à faire mais également sur la mise en valeur et le fonctionnement de l'espace à étudier (localisation des zones les plus affectées par les inondations). Pour illustrer ces observations des photographies ont été prises, commentées et analysées.

6.2-2 La collecte des données sociales

Il s'agit de données relatives à la perception populaire des questions concernant notre thème d'étude en général. Pour recueillir ces données deux outils ont été utilisés. Il s'agit du guide d'entretien et du questionnaire

6.2.2.1 Le guide d'entretien

Comme son nom l'indique le guide d'entretien est un ensemble de questions que l'on adresse à une personne. Ainsi il peut être dirigé ou ouvert, il nous a permis d'avoir l'avis de personnes ressources pour mieux nous éclairer quant à nos préoccupations. Dans notre cas précis nous avons préparé cinq guides d'entretiens adressés :

- à la Direction de la voirie communale, (pour identifier les stratégies mises en œuvre pour l'assainissement plus particulièrement pour les eaux de pluie),
- à l'Agence de Développement Municipal,
- à la Direction de l'urbanisme,
- aux Président des A.S.C,
- aux conseils de quartier pour connaitre quelles sont les stratégies collectives développées par les populations pour endiguer les dégâts causés par les fortes pluies et les écoulements associés.

- 6.2-2-2 Le questionnaire

Cette enquête de terrain s'est faite par recouplement des témoignages, pour identifier les problèmes d'assainissement, leurs causes, les conséquences des fortes averses ; mais également les initiatives individuelles et collectives d'assainissement développées par les populations. Ce questionnaire a permis de découvrir les attentes des populations envers les autorités locales et nationales en matière d'assainissement.

Ne pouvant pas couvrir l'ensemble des ménages ; nous avons recouru au sondage.

Cette méthode renvoie à une enquête menée auprès d'un certain nombre de sujets considérés comme représentatifs d'un ensemble social donné, en vue de déterminer leur opinion sur un ou plusieurs thèmes. A partir de cette base nous avons choisi un certain nombre d'unités ou échantillon dans la population mère.

Ainsi, la taille de l'échantillon a été obtenue à partir de la norme d'échantillonnage établit par Krejcie et Morgan (1960). Selon cette norme, 384 ménages doivent être interrogés suivant une population de 100. 000 habitants. Nous avons utilisé comme population mère, les bases de données démographiques de l'Agence Nationale de la Démographie et de la Statistique de 2010. Ainsi selon le rapport de la Situation économique et sociale de la région de Ziguinchor la population de la commune estimée à 269003 milles habitants, le nombre de ménages est lui estimé à 20304 ; Ce qui correspond dans le tableau de Krejcie et Morgan 377 ménages la taille de l'échantillon à enquêter dans l'unité retenue est le ménage.

6.3- Les relevés GPS et la cartographie

Cette phase nécessite une certaine maîtrise des techniques de collecte de données et certains protocoles pour mesurer un phénomène. Nous avons relevé des coordonnées géographiques à l'aide du G.P.S pour la spatialisation du réseau d'écoulement et la visualisation et localisation de certains phénomènes comme les inondations et autres phénomènes les préciser à analyser.

Les bassins versants ont été délimités à partir des données SRTM⁵ et du logiciel Arc gis. Avec l'aide des outils d'analyse spatiale Arc Gis comme *3D Analyst Tools*, *Spatial Analyst Tools* etc. et les relevés G.P.S nous ont permis de générer des Modèles Numériques de Terrain et la délimitation des différents bassins versants.. Tandis que la numérisation du bâti, du parcellaire et du réseau de communication a été faite à partir des images *Google Earth* de juin 2012 sur Arc gis.

6.4- Le traitement et l'analyse des données recueillies

Il s'agit là de traiter puis d'analyser les données collectées ou mesurées sur le terrain. La délicatesse de cette étape décisive est faite avec l'utilisation de logiciels spécialisés :

- ✓ *WORD* : pour la saisie et le traitement de texte
- ✓ *EXCEL* est utilisé pour traiter les séries de données et élaborer des graphiques tendanciels. Il a aussi servi pour l'insertion des données G.P.S sur ARC GIS ;

⁵ fait référence à des fichiers matriciels et vectoriels topographiques contenant les données radar brutes et des données générées à partir des MNT

- ✓ *HYDRACCESS* : pour le traitement statistique et l'analyse fréquentielle des données pluviométriques. C'est donc avec ce logiciel que nous avons fait les ajustements des moyennes journalières, mensuelles et annuelles sur la période étudiée. Ces informations obtenues nous a permis de définir les périodes de retour pour chaque variable étudiée ;
- ✓ *ARC GIS*: a servi à la digitalisation des images *Google Earth* mais également à la confection de cartes pour représenter les phénomènes et leur dynamique dans le temps et dans l'espace.
- ✓ *GOOGLE EARTH* : a servi à la collecte des images satellites car les images fournies par ce logiciel et couvrent bien notre zone d'étude
- ✓ *SPHINX*: a été utilisé pour l'élaboration de questionnaires et guides d'entretiens ; mais également pour le dépouillement et la représentation graphique des résultats.

Les données recueillies sont croisées et mises en interrelation pour un examen objectif de l'information géographique, fruit de processus conjugués et complexes, qui ne sauraient trouver de solutions que sur des bases solides.

7- Analyse Conceptuelle

L'analyse conceptuelle est un préalable à toute étude scientifique. Notre sujet de recherche comporte un certain nombre de concepts chargés de sens qu'il est important de préciser ici.

Bassin versant Urbain :

La notion de bassin se définit selon l'adjectif qui l'accompagne ; ainsi au sens large, un bassin versant est un espace géographique alimentant un cours d'eau et drainé par le même cours d'eau. Le bassin versant a pour axe le cours d'eau principal et pour limite la ligne de partage des eaux le séparant des bassins versants adjacents. Il se caractérise par sa forme, son relief, sa géologie, ses sols, sa position géographique et son niveau d'anthropisation. Un bassin versant urbain est donc un bassin versant localisé sur un espace urbain et par conséquent soumis à de nombreuses influences anthropiques.

Morphométrie : c'est une science qui étudie les formes et les dimensions des éléments de dans l'espace terrestre. Dans ce travail elle consiste à déterminer les paramètres de formes des bassins versants urbains de la ville de Ziguinchor. Ces paramètres sont : la surface, la

longueur, la largeur du rectangle équivalent, la pente, la dénivelé, la densité de drainage, la longueur des cours d'eau. Ce sont donc ces paramètres qui seront calculés pour les différents bassins versants étudiés.

Réseau d'évacuation des eaux pluviales : un réseau est un concept polysémique utilisé dans plusieurs domaines et sa signification dépend souvent des mots qui le suivent. Ici elle désigne l'ensemble des infrastructures "naturelles" et anthropiques servant à la collecte et de transport, des drains / naturels ou artificiels des eaux pluviales en direction d'un exutoire. Ce système de transport peut être anthropique (canalisation) ou naturel ruisseau, ravin, chenal etc.

Dans ce T.E.R nous nous intéressons à ces deux modes d'évacuation des eaux pluviale que sont : le mode naturel (ravin) et mode artificiel (canalisation artificielle)

PREMIERE PARTIE :

LES ASPECTS PHYSIQUES DES BASSINS VERSANTS

Cette partie du mémoire campe le cadre de ce Mémoire dans ses composantes physique et dynamisme démographique. Ils nous paraissent importants pour la compréhension d'un espace marqué par de nombreuses voies d'eau, qui finissent par prendre le dessus. Sure cette base nous subdiviserons l'espace urbain en bassin versant En effet, facteurs physiques et anthropiques, contexte économique et situation conjoncturelle façonnent sans cesse l'occupation de l'espace dont le devenir suscite inquiétudes, cependant du fait qu'ils présentent les même caractéristique et la difficulté d'avoir certains paramètres à l'échelle des bassins versant, nous allons les regroupés.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Ce chapitre fait la présentation et l'analyse des aspects physiques Il s'appuie, pour les aspects physiques sur un état des lieux et en relation avec des travaux antérieurs. En somme, le cadre géographique bien cerné facilitera une caractérisation du milieu, en conciliant forces contraintes, dynamiques temporelle et spatiale.

I- Présentation physique de la Commune

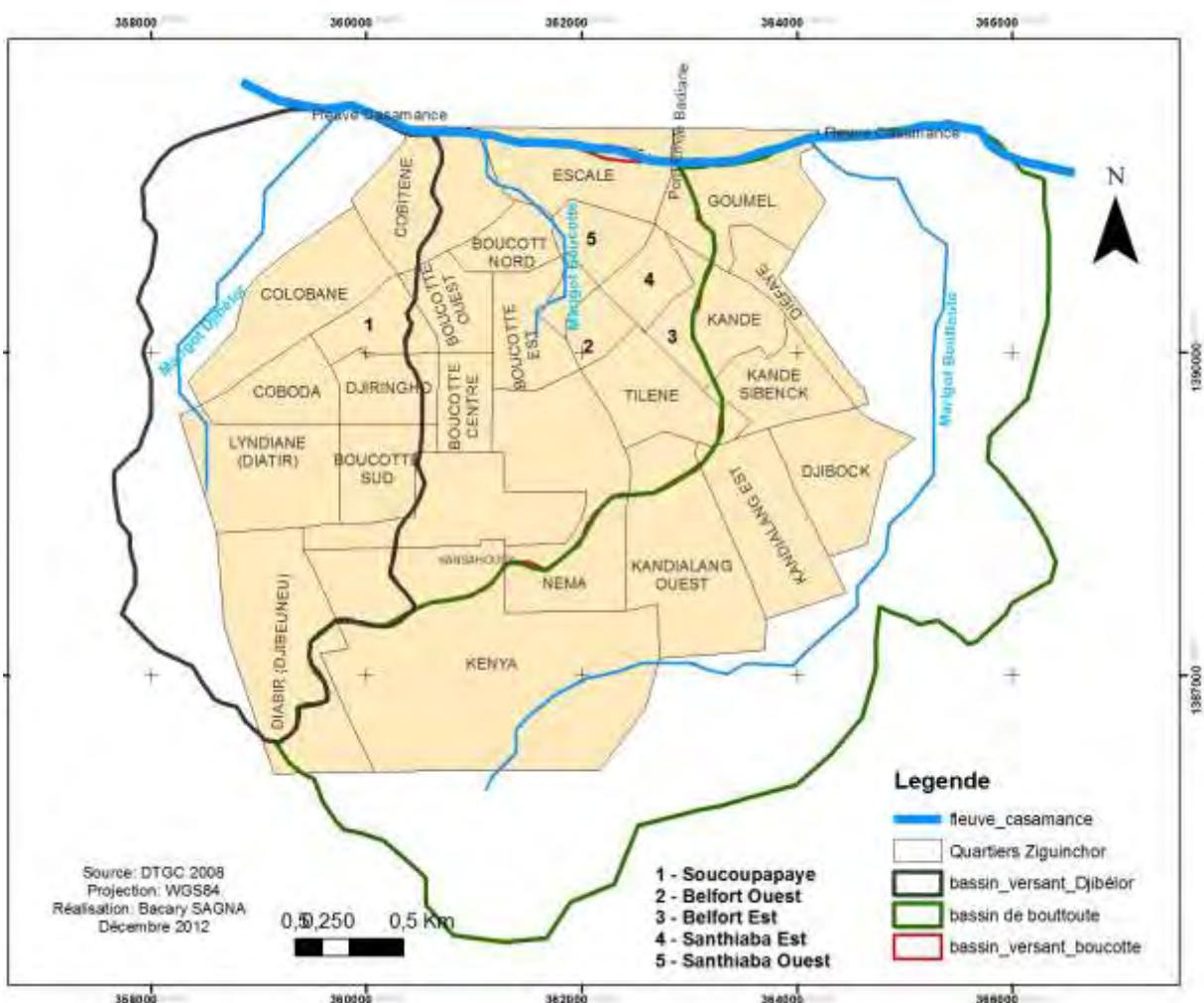
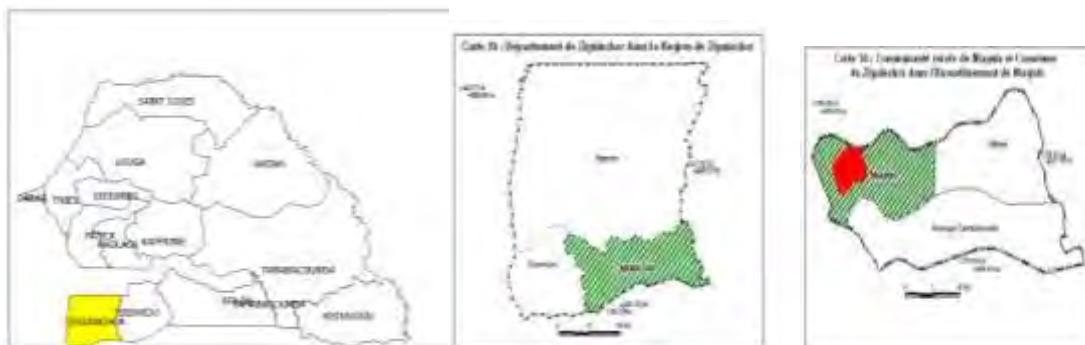
Dans ce sous chapitre nous allons faire une présentation de la Commune à travers sa situation géographique suivie d'une étude des paramètres climatiques et de l'espace urbain de Ziguinchor.

1- Localisation et évolution

La Commune de Ziguinchor est située en basse Casamance entre 12°.54' et 12°.58' de latitude Nord et 16°.24' et 16°.30' de longitude Ouest. La ville de Ziguinchor est limité à l'Est par la communauté rurale de Niaguis qui la ceinturé d'Est en Ouest dans le sens contraire des aiguilles d'une montre et au Nord par le fleuve. Elle est le chef-lieu de la région dont elle porte le nom depuis la réforme de 1984 redéfinissant le découpage administratif. Cette nouvelle région couvre une superficie de 7339 km² soit 3.7% du territoire national.

La Commune de Ziguinchor constitue aujourd'hui une agglomération les plus dynamiques du Sénégal; elle la principale ville du Sud-ouest du pays comptant en 2012 plus 276 354 habitants selon les estimations de la Direction Régionale de la Statistique. Aujourd'hui la ville s'étend sur plus 4450 ha alors que l'aire communale officielle est de 3400 ha selon le décret de 1972. Ceci fait qu'il est aujourd'hui nécessaire de faire un nouveau découpage de l'aire communale pour régler les différents avec la communauté rurale de Niaguis qui accuse la commune d'occuper son territoire, il permettra également de faire une meilleure planification des aménagements à travers la connaissance des limites exactes de la ville.

Carte 1 : localisation de la commune de Ziguinchor



II- Les paramètres climatiques.

De par sa position latitudinale, la basse Casamance est la région la plus pluvieuse du Sénégal. La variable climatique est principalement pluviométrique et est importante lorsque l'on aborde les aspects physiques surtout en matière d'écoulement.

1. Les paramètres climatiques.

Cette section sera consacrée à l'analyse des paramètres climatiques de la station synoptique de Ziguinchor. Dans cette partie nous allons faire une présentation des mécanismes généraux qui conditionnent le climat avant d'en arriver à une analyse de quelques variables du climat.

1.1. Les mécanismes du climat à Ziguinchor

Le climat est le résultat d'une interaction des éléments constitutifs de l'atmosphère en un lieu donné sur un pas de temps précis (SAGNA. P, 2008). Les éléments sont déterminés par la circulation de l'atmosphère. A Ziguinchor comme dans toute la zone tropicale ouest africaine, quatre éléments expliquent les variations du climat entraînant en effet une alternance entre circulation d'alizé et circulation de mousson. Ces éléments sont : l'anticyclone des Açores dans l'hémisphère Nord, l'anticyclone de Sainte Hélène au Sud, la dépression thermique Saharo-Libyenne et la Zone intertropicale de convergence.

La fluctuation de ces centres d'actions a permis de déterminer deux saisons contrastées à Ziguinchor c'est à dire une saison sèche et une saison pluvieuse.

Durant la saison sèche nous observons une plus forte influence de l'anticyclone boréal, qui se manifeste par la prédominance des alizés : alizé maritime et alizé continental. Ces alizés arrivent à Ziguinchor avec une direction Nord à Nord-est dominante.

Pendant la saison des pluies c'est l'anticyclone de Sainte Hélène qui impose sa puissance et domine la circulation atmosphérique à Ziguinchor. Les flux d'alizés méridionaux traversant l'équateur géographique changent de direction du fait de la force de Coriolis et deviennent une mousson humide du fait de leur trajectoire maritime. C'est cette mousson qui est également responsable de l'ensemble des précipitations de la Zone tropicale durant cette période.

1-2- Les éléments du climat

Les éléments du climat permettent de caractériser le climat en un lieu, ici les paramètres climatiques qui sont analysés sont ceux de la station synoptique de Ziguinchor ; il s'agit de: la température, l'humidité, l'évaporation, la direction et la vitesse des vents.

2.1- La température

L'analyse de la température montre une variation bimodale des températures. Cette variation de la température s'explique en grande partie par le rayonnement solaire mais également par le déplacement des masses d'air.

En effet, les températures mensuelles minimales sont caractérisées par la présence de deux minima et de deux maxima

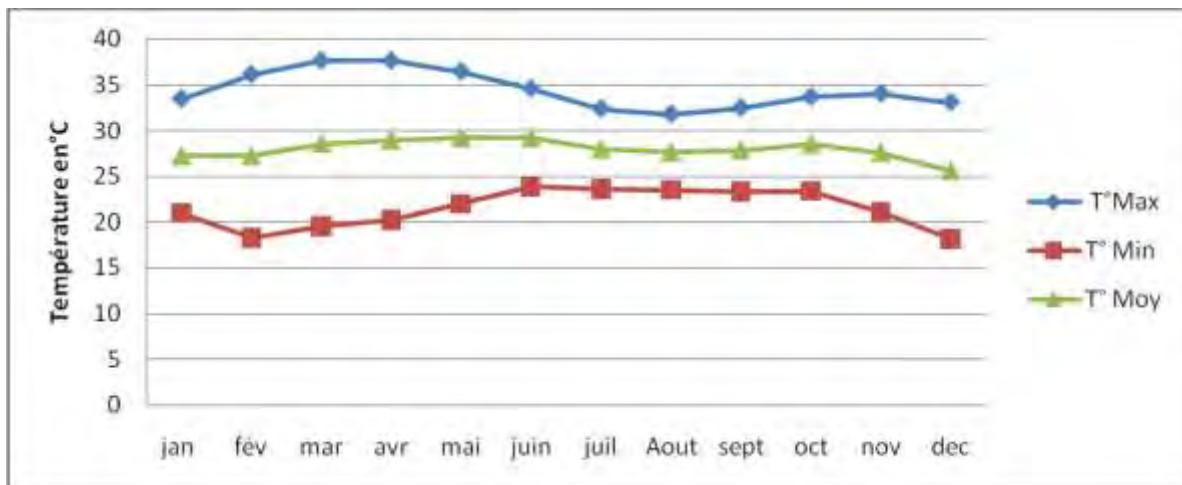
Le premier minimum est enregistré en septembre avec 23.3 °C, ce minimum est dit minimum secondaire et s'explique par le fait que nous sommes au cœur de la saison pluvieuse (les averses récurrentes font baisser les températures). Le minimum principal se signale en Décembre avec 18.1 °C et s'explique par la présence des masses d'airs froids venu du Nord ou règne l'hiver. (voire figure1).

Par ailleurs, l'évolution bimodale des températures maximales mensuelles se matérialise avec deux maxima et deux minima. En effet le maximum principal arrive au mois d'Avril avec 37.7°C au cœur de la saison sèche tandis que le maximum secondaire se signale au mois de novembre au sortir de la saison des pluies avec 34.1°C.

Quant aux températures moyennes mensuelles, elles sont à l'image des maxima et des minima mensuels c'est à dire qu'elles aussi ont deux minima et deux maxima. Le maximum principal est enregistré durant le mois de juin avec une valeur de 29.3°C, le maximum secondaire intervient en octobre avec 28.6°C avec la fin de la saison des pluies ; alors que le minimum principal est en Décembre avec 25.6°C par le fait des masses d'airs froides venu de l'anticyclone des Açores avec un trajet maritime. Le minimum secondaire en Août avec 27.7°C.

En somme la température moyenne minimale mensuelle de la période 1980-2011 est de 21.5 °C contre 27.9°C pour la moyenne mensuelle et de 33.9°C pour la maximale moyenne.

Figure1 : évolution inter mensuelle des températures entre 1980 et2011



2.2- L'humidité relative

L'humidité relative peut être définie comme étant le rapport entre la tension de vapeur de l'air ambiant et la tension de vapeur à saturation. Cette humidité relative est fonction de la température et de la pression de l'air. Elle s'exprime en pourcentage et se mesure à partir d'un hygromètre.

2.2.1- L'humidité relative minimale

L'humidité relative minimale comporte deux phases à Ziguinchor : une phase ascendante et une phase descendante (voire figure2). La phase ascendante, commence en Mars avec 24.6 % et se termine vers le mois de septembre avec 67.9% de saturation de l'air. La phase descendante commence en octobre 61.6 % et prend fin en Février avec une valeur de 23.8%.

Ainsi nous observons avec l'humidité relative minimale une évolution uni-modale avec un maximum principal qui survient en Septembre et un minimum en Février.

2.2.2- L'humidité relative moyenne

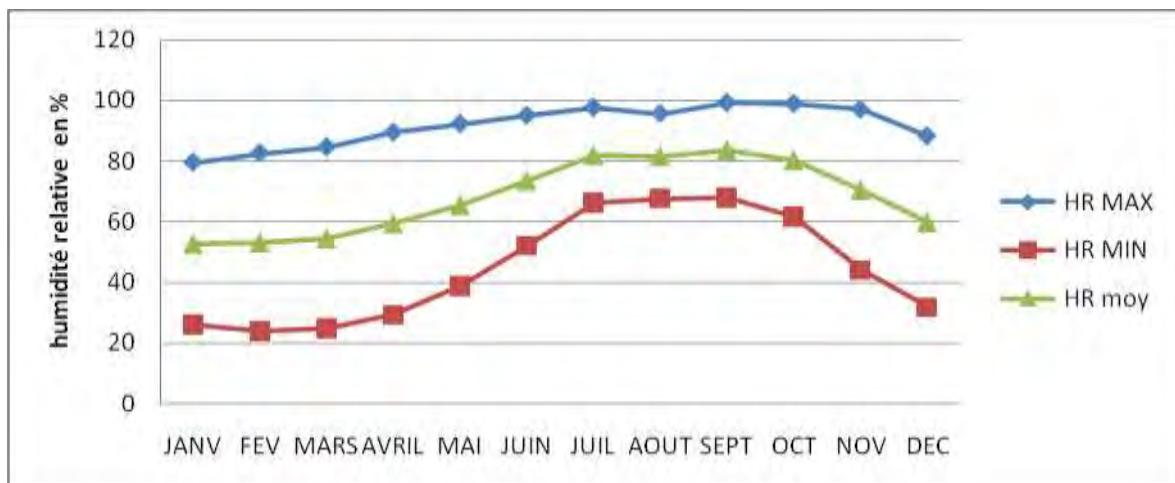
L'humidité relative est obtenue en divisant la somme de l'humidité relative minimale et l'humidité relative maximale par deux. Ainsi comme l'humidité relative minimale, l'humidité relative moyenne connaît une évolution uni-modale. La phase ascendante commence en Janvier avec 52.8% au cœur de la saison froide et se termine en septembre 83,7 en pleine saison des pluies. Cependant nous observons une légère baisse durant le mois

d'Août (81.7%) par rapport au mois de juillet (82%). Néanmoins, l'humidité relative est importante de juillet à octobre à cause de la nébulosité car nous sommes en saison des pluies.

2.2.3- L'humidité relative maximale

La première caractéristique de l'humidité relative maximale est que toutes les valeurs mensuelles sont supérieures à 70%. Comme l'humidité relative moyenne nous observons également une croissance des valeurs de Janvier (79.6%) jusqu'en septembre (99.5%) avant que la phase descendante commence au mois d'octobre (91.1%) pour se terminer en Décembre 88.3%. En effet, à l'image de l'humidité relative moyenne, l'humidité relative maximale connaît aussi une évolution uni-modale avec un maximum en septembre 99% et un minimum en décembre avec 88% (voir figure 2).

Figure 2 : évolution mensuelle de l'humidité relative à Ziguinchor entre 1980-2010

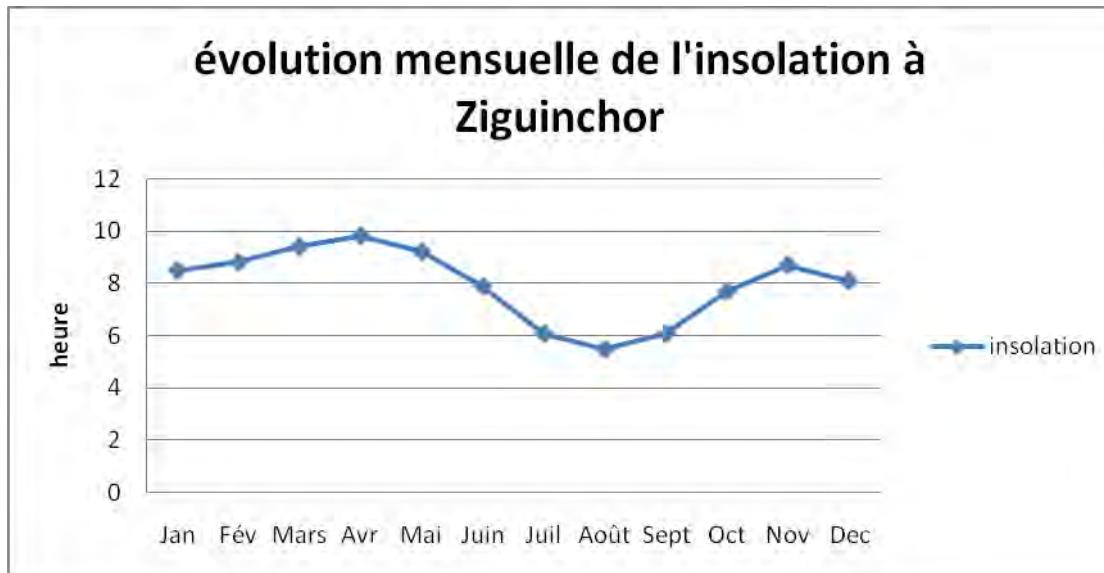


2.3- L'insolation

Elle est définie comme la durée en heure au cours de laquelle le soleil est visible. Elle exprime la durée de présence du soleil dans une journée. Ainsi l'analyse de l'insolation montre une évolution bimodale avec des phases de croissance qui alternent avec des phases de régression. Ainsi nous avons deux maxima et deux minima (voir figure 3). Cette variation de l'insolation est fonction des mouvements du soleil. En effet le maximum principal est enregistré en Avril avec 9.8 heures de présence de soleil par jour. Ceci s'explique par la position zénithale du soleil mais aussi par l'absence de la couverture nuageuse. Le second maximum arrive en novembre avec 8.7 heures d'insolation en moyenne par jour.

Quant aux minima, ils arrivent en août pour le minimum principal (5.5heures) ceci s'explique par le fait que nous sommes au cœur de la saison des pluies avec une forte couverture nuageuse ; le second intervient en décembre et s'explique par les masses de vents venues du Nord avec des nuages.

Figure3 : évolution mensuelle de l'insolation



2.4- L'évaporation de Piche

L'évaporation est un processus de transformation de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux. Ce processus est fortement dépendant de la température et du vent qui peut l'atténuer ou l'augmenter. Ainsi l'analyse de l'évaporation moyenne mensuelle montre une variation inter-mensuelle importante.

En effet, elle est moins importante en saison des pluies et peut s'expliquer par l'abondance des averses qui conduisent à la saturation de l'air et à l'adoucissement des températures ; mais également par la présence de la végétation qui diminue les effets du rayonnement solaire par une fonction d'écran (voire figure 4).

Durant la saison sèche l'évaporation est très importante et trouve des explications à travers des paramètres climatiques comme la température qui augmente, la diminution de l'humidité relative et de l'installation de l'alizé continental ; auxquels nous pouvons ajouter la dégradation du tapis végétal qui jouait un rôle d'écran.

Figure 4 : évolution de l'évaporation moyenne mensuelle à Ziguinchor entre 1980-2010



2.5- Les vents

Le vent est défini comme un déplacement d'une masse d'air d'un lieu à un autre. C'est donc un phénomène naturel caractérisé par sa température, qu'il acquiert souvent selon le milieu traversé, par sa vitesse qui s'exprime en km/h, en m/s ou encore en Nœud, par sa direction et par sa fréquence. Ici nous allons nous intéresser à la direction et à la vitesse des vents mesurés à la station de Ziguinchor.

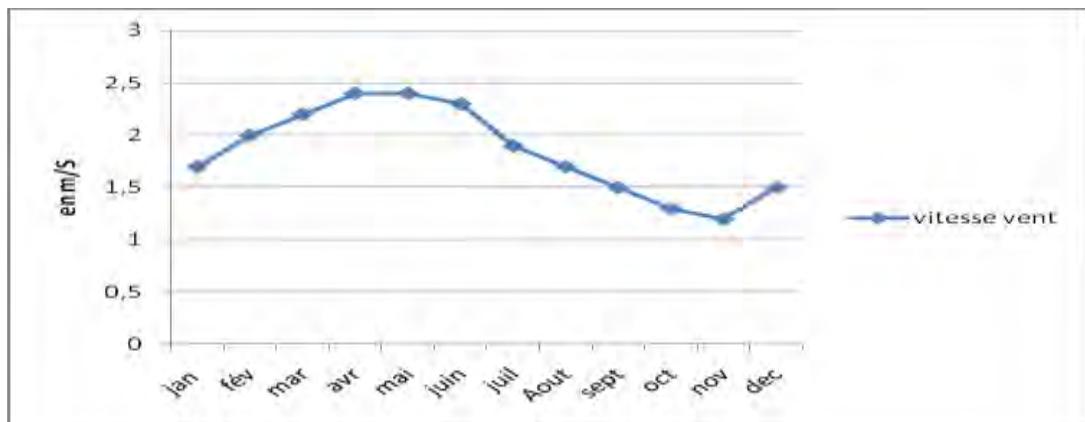
2.5.1- La vitesse moyenne

La vitesse du vent n'est pas constante en surface durant toute l'année, en effet, cette variation moyenne est étudiée sur la période 1996-2008 varie entre 1.1 et 2 m/s. L'analyse de la variation mensuelle de la vitesse du vent nous permet de distinguer deux phases : une d'accélération de la vitesse dite phase ascendante et une phase de décélération progressive de la vitesse dite descendante (voire figure5).

La phase ascendante : c'est une phase qui commence au mois de novembre avec une vitesse moyenne de 1.2m/s ensuite le vent va gagner en puissance pour atteindre son maximum au mois de mai avec 2.4m/s. Cette augmentation de la vitesse du vent s'explique par les mécanismes de circulation généraux à travers le renforcement de l'anticyclone des Açores dans l'hémisphère Nord en hiver et de l'affaiblissement de celui Sainte Hélène en Eté.

La phase descendante dure cinq mois et commence au mois de juin avec une vitesse moyenne de 2.3 m/s et se termine en novembre avec 1.2 m/s. Cette phase est caractérisée par une baisse progressive de la vitesse moyenne. Contrairement à la première, la seconde phase est causée par la diminution de la puissance de l'anticyclone des Açores et du renforcement de l'anticyclone de Sainte Hélène.

Figure 5 : évolution des vitesses de vents à Ziguinchor 1996-2011

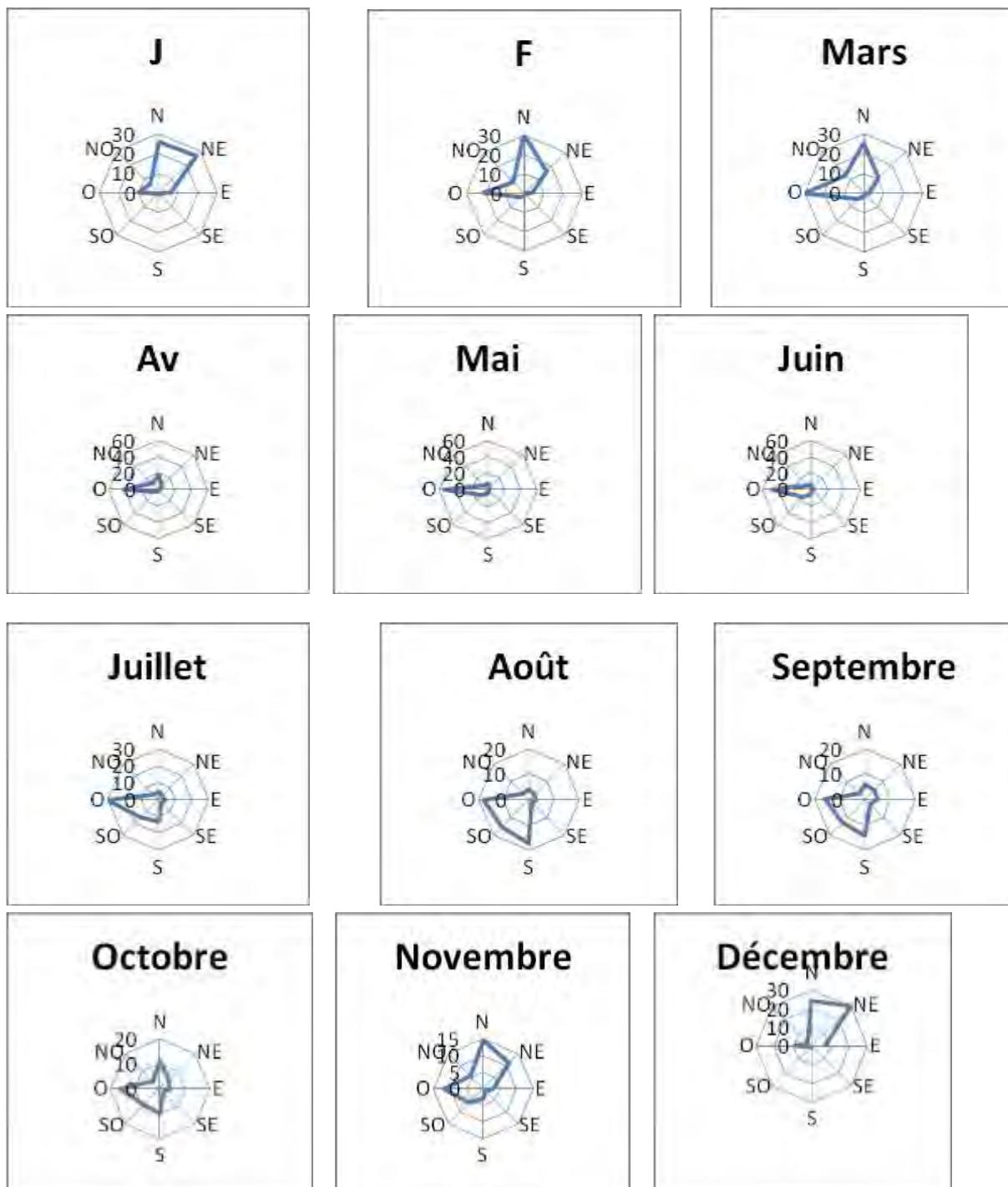


2.5.2- Les directions dominantes (1996-2011)

Comme la vitesse des vents, la direction des vents connaît aussi une variation au fil des heures, des jours et des mois, certaines directions ont des fréquences d'apparition plus importantes. Elles sont aussi dépendantes de la circulation générale de l'atmosphère. Dans cette partie, nous allons travailler avec la direction mensuelle dominante. La période couverte concernera l'intervalle 1996-2011.

Ainsi l'analyse de la direction des vents montre une dominance du quadrant Nord durant les mois de décembre, janvier, février. Ces vents sont des alizés maritimes continentalisés provenant de l'anticyclone des Açores. Ensuite ce sont les vents de direction Est qui dominent provenant directement de la cellule maghrébine ; en effet, ce sont des alizés continentaux. Cette situation se manifeste de mars jusqu'en mai. Au mois de juin, juillet, août, septembre et même octobre c'est le quadrant sud à ouest qui domine. Ces vents sont des flux de mousson provenant de l'anticyclone de Sainte Hélène.

Figures 6 à 18 : direction dominante par mois



III- Géologie, hydrologie et hydrogéologie de l'espace communal actuel

Dans cette partie, nous allons considérer les bassins versants comme un seul espace pour faire une étude globale de leurs aspects géologiques et hydrogéologiques car ils ont les mêmes compositions.

1- La géologie

La géologie de notre zone d'étude est confondue à celle de la partie ouest du bassin de la Casamance (Lepriol 1983 par Diallo. I, 2005). L'étude de la structure géologique permet d'identifier diverses formations superposées qui s'échelonnent du Primaire au Quartenaire.

Mais dans l'étude de la structure géologique nous nous intéresserons exclusivement aux formations quaternaires pour lesquelles nous détenons plus informations parce que ce sont également les formations les plus récentes.

Ainsi les mouvements eustatiques survenus au Quaternaire ont conduit à la formation de couches géologiques.

1.1. Le quaternaire ancien

Pendant cette période comprise entre 700.000 et 100.000 ans BP une cuirasse de grés ferrugineux est mise en place. Elle couvre les vastes plateaux tabulaires du Continental Terminal entaillés par des marigots comme ceux de Boutoutte et de Djibélor.

Cette période est aussi caractérisée par une subsidence qui s'est matérialisée par un affaissement des séries sédimentaires du Secondaire et du Tertiaire. Ceci est donc à l'origine de l'apparition de la zone déprimée qui sera submergée par la transgression marine suivante / de l'**Inschirien**.

1.2. Quaternaire récent

Pendant cette période, se sont déposés respectivement les sédiments de l'Inchirien amenés par la transgression marine, le dépôt sablonneux et les cordons littoraux issus eux de la régression marine. En effet, la baisse du niveau de la mer a permis à la plupart des cours d'eau de la région de creuser leurs lits pour atteindre les matériaux du Continental Terminal. Le niveau de la mer avait enregistré une baisse de -120 m entre 20.000 et 17.000 ans BP (MONTOROI. J. P, 1989).

1.3. Période de l'holocène

La régression a occasionné le dépôt de sable qui a causé le comblement de l'estuaire et des basses vallées de la Casamance (LAMAGAT. T. P et LOYER. J. Y 1985 par DIALLO I., 2005).

Pendant cette période, le niveau de la mer a continué à baisser pour atteindre son niveau actuel vers 7000 ans BP. On assiste alors à la mise en place d'une houle de direction Nord-ouest engendrant un courant Nord Sud qui joue un rôle géomorphologique déterminant. Il permit la formation de cordons littoraux qui vont progressivement fermer le golfe de la Casamance qui se transforme en lagune peuplée de mangrove. La mangrove fixe les dépôts de sable et de vase.

Aujourd’hui avec la dégradation des conditions climatiques, une nouvelle forme de paysage apparaît : les tannes qui sont des sols nus salés.

2- Hydrographie de la Commune

Le réseau hydrographique des bassins versants communaux se résume au fleuve Casamance, aux marigots de Boutoutte et de Djibélor mais également à des mares temporaires. Signalons que le marigot de Boucotte a été restructuré avec la construction du collecteur de Corentha.

2.1- Le fleuve Casamance

Le fleuve Casamance est le cours d'eau le plus important de la région de Ziguinchor. Il se caractérise par sa forme rétrécie au niveau de la Commune avec une largeur moyenne de 400 m. Le fleuve Casamance constitue un débouché pour les marigots de la Commune de Ziguinchor. Il est bordé de part et d'autre par une mangrove principalement constituée de Rhizophora et d'Avicennia.

2.2- Le marigot de Boutoutte

Le marigot de Boutoute est en fait un petit bras affluent du fleuve Casamance. Il est long de 9,4 km suivant une orientation nord-sud. Son tracé se caractérise dans sa partie nord par une ligne plus ou moins rectiligne pour devenir un méandre dans sa partie sud. Le marigot de Boutoute a un écoulement saisonnier dans sa partie sud tandis qu'au Nord le marigot subit la remontée de la marée. Pendant la marée haute une grande surface est inondée par les eaux salées et à la marée basse, elle libère des sols noirâtres. La salinité est plus importante

pendant la saison sèche. Ce marigot est bordé sur les trois derniers kilomètres par une mangrove en évolution régressive.

2.3- Le marigot de Djibélor

Le marigot de Djibélor est situé à l'ouest de la commune de Ziguinchor. Son orientation est strictement Nord- sud avec un tracé rectiligne. Il mesure 4,3 km de long. A l'image de celui de Boutoutte, le marigot de Djibélor a aussi un écoulement temporaire (saison des pluies). Il est remonté par les eaux salées jusqu'à son point de rencontre avec la nationale 6. Le marigot est bordé sur le dernier kilomètre par une mangrove.

2.4- Les mares

Elles sont au nombre de quatre dans la commune dont deux localisées dans le bassin versant de Kandé (mares de Djibock et de Campada), la troisième dans le bassin de Djibélor (mare de Cobada) et la dernière dans le bassin de Kandialang (mare de Kénia).

2.4.1- La mare de Djibock

C'est une mare située dans le bassin versant de Kandé ; elle est d'origine anthropique une (ancienne carrière de sable) et est alimentée par le ravin du même nom mais également par les eaux venant de l'amont du marigot de Boutoutte. Cette mare conserve les eaux pendant toute l'année grâce à un petit barrage qui bloque les eaux douces et régule les débits envoyés vers le marigot. Cette mare joue un rôle écologique important car elle sert d'abreuvoir pour les animaux mais également abrite une végétation.

2.4.2- La mare de Campada

C'est une mare saisonnière d'origine naturelle située dans les rizières de Diéfaye. Elle est alimentée par les eaux de pluie qui arrivent de Léona en traversant la route nationale RN6. Aujourd'hui avec la baisse des précipitations la superficie de cette mare s'est considérablement rétrécie.

2.4.3- La mare de Kénia

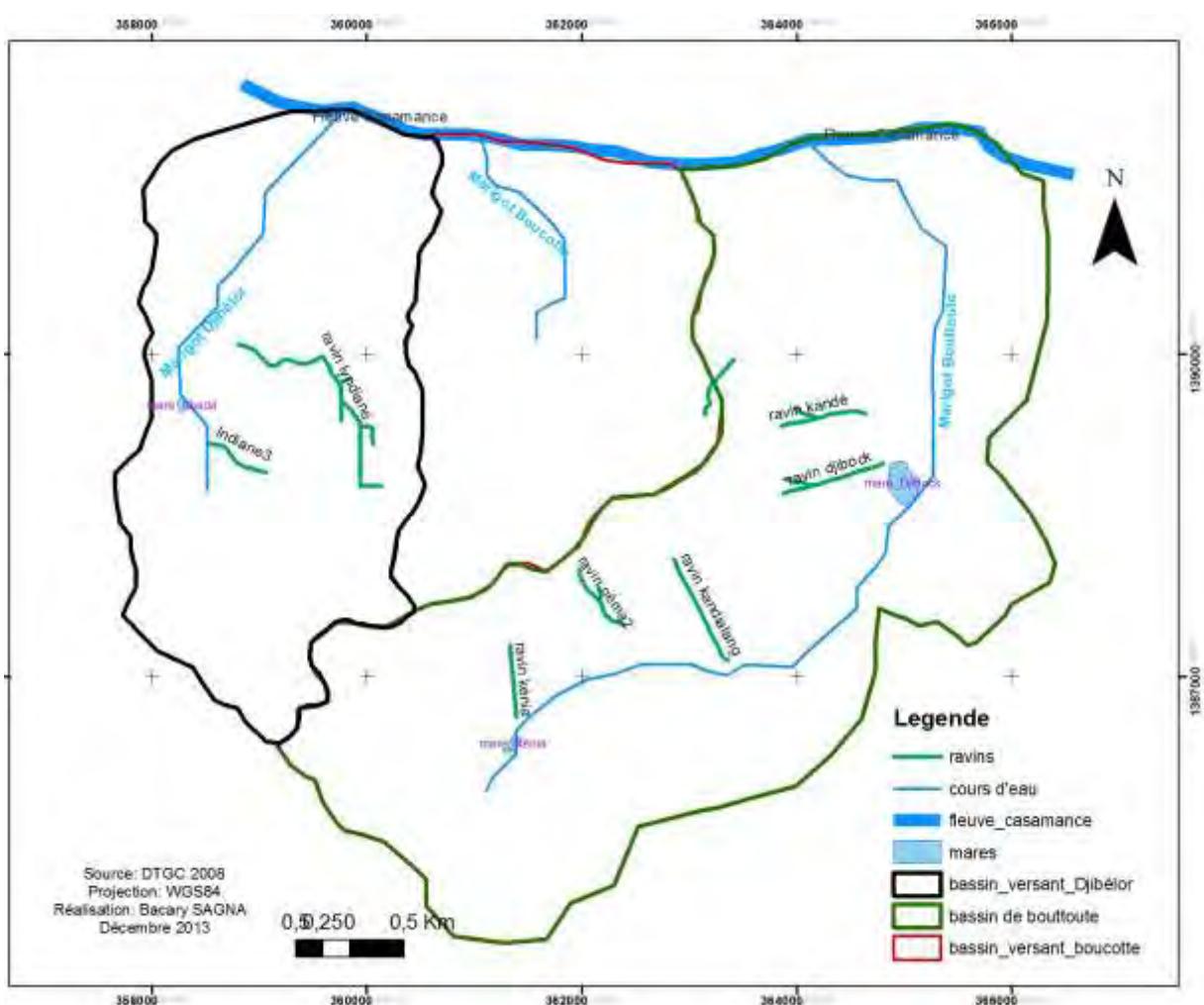
La mare de Kénia est une petite mare située à la sortie sud de la ville de Ziguinchor dans le bassin versant de Kandialang. Elle est alimentée par le ravin de Kénia drainant les

écoulements venant du secteur de l'université et d'une partie de Kénia. Cette mare joue un rôle important car elle y permet le développement du maraîchage.

2.4.4- La mare de Coboda

La mare de Coboda est située dans le marigot de Djibélor à la sortie Ouest de la Commune. C'est une mare saisonnière d'origine anthropique. Elle est alimentée par les eaux de pluie du ravin de Lyndiane 3. A l'image du marigot de Kénia, elle aussi permet le développement du maraîchage pendant la saison sèche car la nappe n'y est pas profonde.

Carte 2 : Réseau hydrographique des bassins versants communaux



3- Hydrogéologie Communale

Les études de LEPRIOL, (1983) et celles de MALOU, (1992) cités par DIALLO. I, (2005) ; nous permettent de distinguer trois principaux aquifères : l'aquifère profond, l'aquifère semi profond et l'aquifère superficiel.

3.1- L'aquifère profond ou le Maestrichtien

Il est présent dans l'ensemble du bassin versant de la Casamance avec une augmentation de la profondeur de son toit d'amont en aval. Il est constitué de séries sédimentaires sableuses, gréseuses et sablonneux-argileuses du maestrichtien malgré la présence de microfaune datant du Paléocène (GRAVOST, 1968 par DIALLO. I, (2005). Il est difficile d'accès du fait de sa profondeur. Sa zone présumée d'alimentation est à l'Est du bassin en Guinée Bissau

3.2- L'aquifère semi profond

L'aquifère semi profond est constitué de séries argileuses, calcaires à marno-calcaires d'âge Eocène supérieur à Miocène. C'est une nappe captive dont la partie libre est située en amont de la Casamance. Son épaisseur varie entre 30 et 40 mètres et est facilement captée par les forages. Ainsi deux des cinq forages de la ville pompent les eaux de cet aquifère.

3.3- La nappe du Continental Terminal ou aquifère superficiel

Elle est présente sur la totalité de la zone d'étude, son toit augmente de profondeur des basses terres des marigots vers les plateaux. En effet, il peut varier de quelques centimètres dans les bas-fonds à une vingtaine de mètres dans les plateaux. C'est cette nappe qui est captée par les puits traditionnels et certains forages. Elle est affleurante mais aussi très sensible aux variations saisonnières.

Regorgeant d'énormes potentialités hydriques, la Commune de Ziguinchor ne dispose pas de suffisamment d'eau potable pour la consommation car elle ne dispose que de cinq forages dont les débits sont très faibles (inférieur à 40m³/h.)

IV-La géomorphologie et la pédologie

Sur le plan géomorphologique et pédologique les bassins versants urbains de Ziguinchor s'inscrivent dans le grand bassin versant de la Casamance ; raison pour laquelle nous recourons ici à des travaux faits sur l'ensemble de la Casamance.

1- La géomorphologie

En Casamance on distingue en général deux unités géomorphologiques :

Les plateaux et les basses terres

1-1- Les plateaux

Ils sont constitués de formations du Continental Terminal disséquées en lambeaux par les marigots. Les plateaux sont formés ici de sable rouge vif (sable argileux ou latéritiques) plus ou moins indurés d'aspects gréseux. Dans la Commune de Ziguinchor nous avons identifié deux plateaux que sont :

Le plateau de Néma et le plateau de Péyrissac

1-1-1- Le plateau de Néma

Le plateau de Néma est le plus vaste de la ville, il couvre une superficie de 3,76 km² (Diémé. B. E., 2009). Il s'élève progressivement du nord vers le sud pour atteindre une altitude maximale de 32 mètres vers le camp militaire avant de se déprimer lentement vers les bas-fonds de Kandialang. Ce plateau est limité au nord par le plateau de Péyrissac, à l'ouest par la dépression de Lyndiane, au sud et l'est respectivement par les bas-fonds de Kandialang et de Kandé.

1-1-2- Le plateau de Péyrissac

Il culmine à 30 mètres au niveau du quartier de Péyrissac. Ce plateau est limité au nord par les terres inondables de Colobane à l'est par la cuvette de Santhiaba à l'ouest par les bas-fonds du marigot de Djibélor et au sud, par le plateau de Néma.

1.2- Les basses terres

Elles peuvent être subdivisées en deux sous unités :

Les terrasses et les bas fonds

1.2.1- Les terrasses

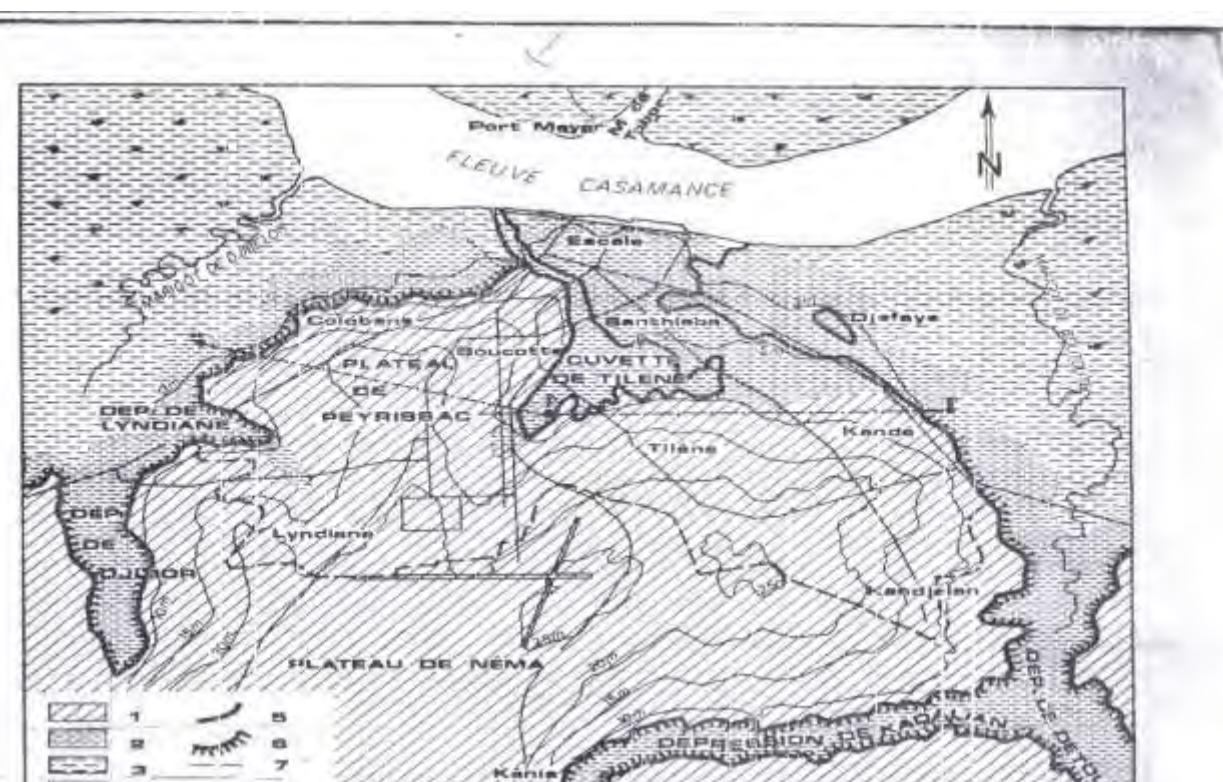
Elles relient les bas fonds aux plateaux et se localisent généralement autour de cinq mètres d'altitude. Ils sont composés de sable que l'on retrouve dans la plupart des cas dans les dépressions comme c'est le cas ici pour la dépression de Lyndiane.

1.2.2- Les bas-fonds

Les bas-fonds sont des zones d'altitude très faible ; ils demeurent généralement humides. Car la nappe superficielle est peu profonde. En Casamance ces zones sont recouvertes de limons argileux et /ou sableux très fertiles pour l'agriculture inondée. Dans la ville de Ziguinchor ces endroits sont utilisés pour la culture du riz pendant l'hivernage et pour le maraîchage durant la saison sèche pour la culture de la patate douce, et autres tubercules. Toutefois, il arrive qu'elles servent aussi pour l'habitat, devenant des terrains propices pour l'inondation.

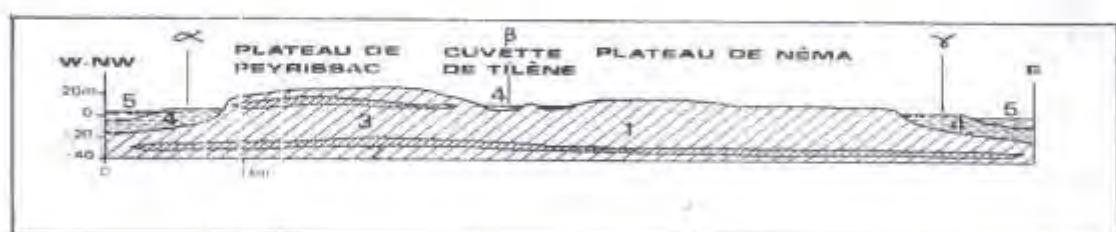
La géomorphologie de la capitale régionale du sud-ouest du Sénégal est caractérisée par l'émergence deux unités géomorphologiques : plateau et basses terres mis en place par l'alternance entre périodes de transgression et de régressions.

Figure 19 : carte 3 et coupe géomorphologiques de la ville de Ziguinchor



A) Croquis géomorphologique

1 : plateau continental terminal. — 2 : terrasse ouilienne. — 3 : Alluvions fluvio-marines récentes. — 4 : limite des zones inondables. — 5 : limite des zones inondables, avec rebord du plateau assez marqué dans le paysage. — 6 : vasières fonctionnelles à mangrove. — 7 : coupe géologique (cf. ci-dessous). — 8 : limite sud de l'espace urbain en 1973.



B) Coupe géologique

1 : formations argilo-tableuses du C.T. — 2 : argiles et marnes du C.T. — 3 : niveaux de cuirasses latéritiques. — 4 : terrasse ouilienne. — 5 : alluvions fluvio-marines récentes.

source Bruneau. : J. C, (1979)

2. La pédologie

La pédologie est une science de la terre dont l'objet d'étude est le sol, elle fait en effet, une classification des sols selon plusieurs critères. Dans cette étude, nous allons déterminer les sols selon leur composition et leur couleur. Dans les bassins communaux comme dans la région nous distinguons plusieurs types de sols selon la topographie.

2-1- Sur les plateaux

Sur les plateaux de l'espace communal nous distinguons deux sols ferralitiques, ces sols peuvent être divisés en plusieurs sous groupes.

2.2.1- Les sols ferralitiques rouges

Ce sont des sols de couleur rouge comme leur nom l'indique, ils contiennent beaucoup de fer donc très ferralitiques. Leur origine est dans les matériaux sablo-argileux du Continental Terminal. Ces sols rouges sont peu profonds (3 à 6 mètres) et présentent une texture légère en surface. Les sols ferralitiques ont en moyenne un taux d'argile compris entre 15% et 25% en surface et 30% et 40% en profondeur (Mbaye I.M., 2002). A Ziguinchor on retrouve ces sols dans les quartiers de Néma, Kandialang, Tiléne et Boucotte Sud. Ces sols sont très sensibles à l'érosion hydrique, ce qui fait que la plupart des ravins et rigoles de la ville sont situés dans ces quartiers.

2.2.2- Les sols beiges et gris

A l'inverse des sols ferralitiques rouges, les sols ferralitiques se caractérisent par la présence d'une accumulation d'argiles à l'horizon qui leur confère une capacité de rétention et une réserve en eau utile importante LAMAGAT J.P. et LOYER J.Y. (1991). Ces sols se caractérisent sur le plan chimique par une individualisation du fer qui a une très grande mobilité de même que le manganèse ; alors que l'aluminium reste combiné.

Les sols gris, ce sont des sols hydromorphes que l'on retrouve dans les zones de faible pente, là leur microtopographie leur permet d'avoir un apport latéral d'eau provenant du Continental Terminal. Cet engorgement va causer la disparition du fer et un appauvrissement des profils généralement très sableux. Ces sols chimiquement pauvres ont un potentiel agricole non négligeable c'est pourquoi on y pratique beaucoup le maraîchage dans les quartiers de Lyndiane, de Colobane, ou encore de Kandé.

2.2- Dans les dépressions

Dans les dépressions la répartition des sols est difficile, mais néanmoins nous y distinguons deux catégories : les sols de vasières et les sols de tannes.

2.2.1- Les sols de vasières

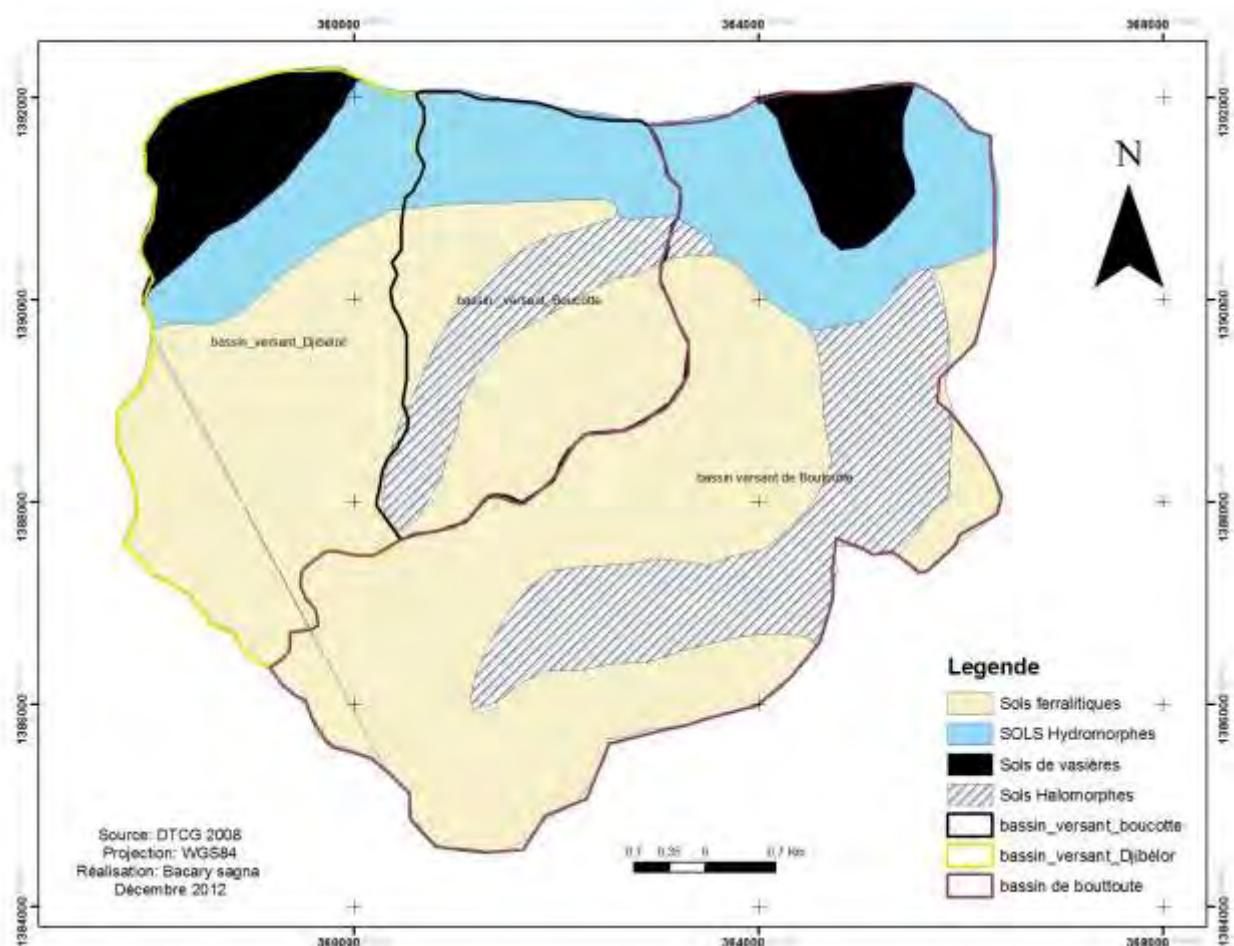
Ce sont des sols hydromorphes qui se retrouvent dans les fonds de vallée, on les appelle également sols à Gley où encore pseudogley. C'est un sol argileux reposant sur du sable en profondeur et qui est soumis à l'influence de la variation saisonnière de la nappe phréatique. Les sols sont souvent peu salés ce qui fait qu'ils sont utilisés en Casamance pour la riziculture pendant la saison des pluies et pour le maraîchage, très pratiqué dans les quartiers périphériques de la Commune. Sur ces sols on rencontre souvent des palmiers à huile.

D'autres types sont également recensés dans cet ensemble : il s'agit notamment des sols acidifiés salés qui étaient auparavant occupés par la forêt de mangrove ; les sols humides salés qui ont une texture argileuse. Ce sont des sols évolués du fait de l'absence prolongée du phénomène de submersion.

2.2.1- Les sols de tannes

Les sols de tannes sont des sols atteints occasionnellement par la remontée de la marée et selon leur degré de salinité, ils sont peuplés soit par des herbacées halophytes soit ils restent des sols nus avec une structure poudreuse. Et quand on note une croûte saline en surface on parle de tanne vive. Ces sols de tannes sont caractérisés par une forte salinité contrairement aux sols vus précédemment. En effet avec la baisse de la pluviométrie leur étendue a tendance à s'accroître. Ces sols très salés sont difficilement récupérables pour la riziculture.

Carte 4 : des sols de la commune



L'étude des caractères climatiques, la structure du relief et de la situation géographique montre que la commune dispose d'énormes potentialités (climat clément, site fluvial, terres propices à la riziculture etc.), visiblement insuffisamment valorisées. De plus, elle appartient à la région la mieux arrosée du Sénégal et la présence de trois bassins versants clairement identifiés permet de comprendre un certain nombre de faits urbains dont la prise en charge dans l'aménagement contribuera certainement au bien être de populations de plus en plus portées vers une urbanisation galopante avec ses corolaires. L'extension des surfaces halomorphes se révèle une contrainte à la mise en valeur agricole tout comme l'extension des sols ferrallitiques rouges multiplient les risques de ravinement. En somme, la géographie vient se retrouver au cœur de la problématique de ces bassins versants communaux.

CHAPITRE 2 : CARACTERISTIQUES SOCIO-ECONOMIQUES DE LA COMMUNE DE ZIGUINCHOR

Dans cette partie nous étudierons les caractéristiques socio économiques générales de la Commune de Ziguinchor suivant son historique, son évolution et sa dynamique urbaine, sa structure démographique et sa composition par âge et par secteurs d'activités.

1. Historique de la Ville

Fondée par les Iziguichos, un sous groupe de l'ethnie Bainouck bien avant l'arrivée des explorateurs portugais, Ziguinchor était donc un petit village Baînounck situé sur la rive gauche du fleuve à 60 kilomètres de son embouchure. Son nom provient de la déformation d'*Iziguincho* en Bainounck qui signifie en lui associant le suffixe « or » la terre des Iziguichos. C'est cette appellation qui aurait évolué pour donner Siguitior (nom local de la ville) et Ziguinchor pour les européens. (TRINCAZ P. X. ,1981)

La présence européenne date de la seconde moitié du XV^{ie} siècle. En effet c'est en 1645 que le poste fortifié de Ziguinchor fut créé par les colons portugais dans leur volonté de construire des postes fortifiés pour sécuriser le trafic terrestre de marchandises et le commerce des esclaves sur la route entre rio Cacheu et la Gambie. Ziguinchor est ainsi né comme une étape sur la route Nord-Sud et non comme une escale fluviale. Cette création favorise l'arrivée de marchands et de traitants d'esclaves portugais.

L'activité principale de ce comptoir a été longtemps le trafic d'esclaves jusqu'en 1815, année de l'abolition de l'esclavage. Après cette date, il sera réduit au commerce de la cire que les Lusitaniens négligeaient ; c'est à ce moment que les marchands français installés à Carabane et à Sédhiou demandent à leur métropole de faire un échange avec les portugais entre les propriétés françaises au sud de la Guinée et les propriétés portugaises de la Casamance. En effet, en 1888, Ziguinchor passe sous possession française à la suite d'un accord franco-portugais ; c'est à cette période qu'elle commence à connaître un développement rapide car le trajet fluvial est maintenant sécurisé et les maisons de commerce croissent sans cesse. Ainsi deux axes principaux d'extension se dégagent : le premier suit le long du fleuve et le second lui est perpendiculaire et correspond à l'actuel rue Javelier. En 1909 la capitale de la Casamance est transférée à Ziguinchor. En 1925, le bac entre en fonction, permettant la traversée du fleuve Casamance à partir de Ziguinchor. Dès 1931 l'huilerie de la S.E.I.C commence à fonctionner. Ensuite un quai sera construit plus tard en

1953 pour faciliter l'accostage des navires. En 1956, elle devient une commune de plein exercice.

A l'accession du Sénégal à l'indépendance, les nouvelles autorités du pays confirment la prééminence régionale de Ziguinchor ; il est à la fois chef lieu de département et capitale régionale de la Casamance. En effet de nouvelles spéculations apparaissent comme la pêche et l'industrie halieutique. Ces activités émergentes favorisent la venue de migrants et donc l'accroissement démographique de la ville durant les 20 premières années d'indépendance, ensuite cette croissance rapide de la population sera maintenue en partie par un taux d'accroissement naturel mais également à cause du conflit Casamançais à partir de 1981 qui va engendrer des milliers de déplacés vers la ville. Cette situation de croissance rapide de la population fait que les zones inondables sont mises en contribution pour l'habitat Ainsi de nouveaux quartiers sont créés comme Alwar, Kandialang, Cobada, Diéfaye et Colobane pour contenir cette population importante.

Aujourd'hui la ville est confrontée à des problèmes d'espace car elle est encadrée par des marigots qui bloquent son extension et a considérablement dépassé depuis 1980 ses limites du décret de 1972 (voire carte 5).

2- Evolution de la population

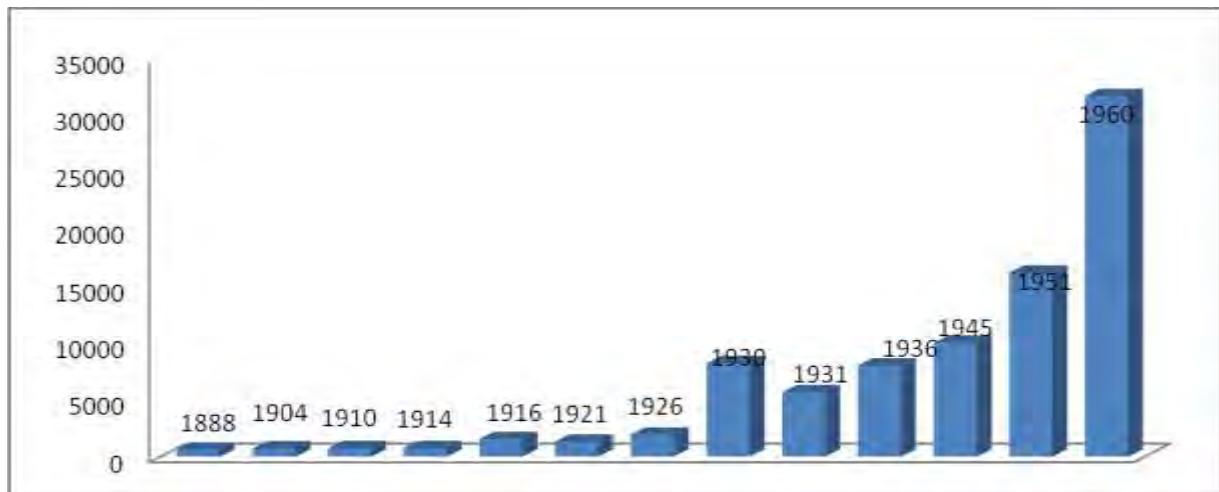
La Commune de Ziguinchor connaît une évolution démographique très rapide. Ce constat s'explique dans le temps à travers divers facteurs. En effet selon les causes nous pouvons distinguer trois périodes distincts :

La capitale régionale de la Casamance a connu une évolution démographique rapide. En effet, elle est passée de 600 habitants en 1888 à 31 660 habitants en 1960. Cette croissance rapide de la population trouve des explications dans l'avènement de la traite arachidière et la construction du port de Ziguinchor. La ville est devenue attractive pour les migrants saisonniers venus des campagnes casamançaises mais également du Nord du pays ou encore fuyant l'administration autoritaire dans certains pays limitrophes comme la Guinée Bissau. Pendant l'hivernage beaucoup de ces travailleurs saisonniers durant les premières années retournaient-en campagne pour s'adonner à la culture du riz et de l'arachide.

C'est seulement au début des années 1935 qu'on assiste à une transformation des migrations, en effet la ville ne se vide plus pendant l'hivernage. Cette fixation des populations est due au

développement du secteur industriel qui fournissait du travail pendant toute l'année comme l'huilerie de S.E.I.C ; mais aussi du port et des maisons de commerce. C'est à cette période (1951-1960) que commence l'essor démographique de la ville africaine par le peuplement des quartiers comme Santhiaba et Boucotte. La population double presqu'en moins de 10 ans avec un taux croissance 96,6 % (voire figure 19).

Figure20 : Evolution de la population de Ziguinchor entre 1888 et 1960

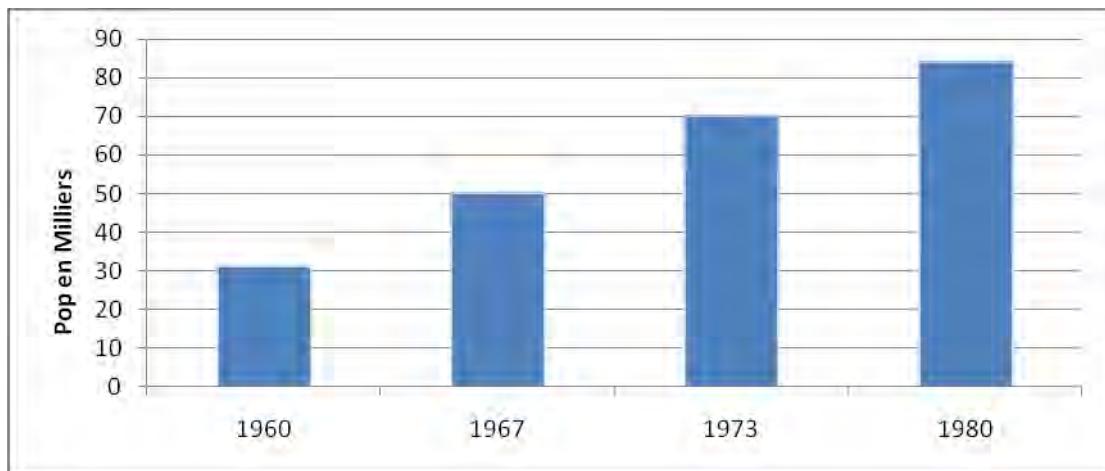


▪ La période post indépendance

Après les indépendances l'essor démographique se poursuit et a pour origine l'arrivée de fonctionnaires de l'Etat mais surtout de l'afflux massif de réfugiés fuyant la guerre d'indépendance en Guinée Portugaise. Cependant l'exode rural reste toujours dynamique du fait du développement de certains secteurs qui ont encore besoin d'une main d'œuvre : ces secteurs sont la pêche l'industrie, l'artisanat et le tourisme.

La sécheresse des années 1968-1975 engendre une acuité de l'exode rural ; au point de faire passer la population urbaine de 50 000 habitants en 1967 à 70 000 habitants soit une augmentation de 20 000 habitants en 6 ans soit un accroissement de 40%.

Figure 21 : Evolution de la population de la Commune de Ziguinchor de 1960-1980 (ANSD)

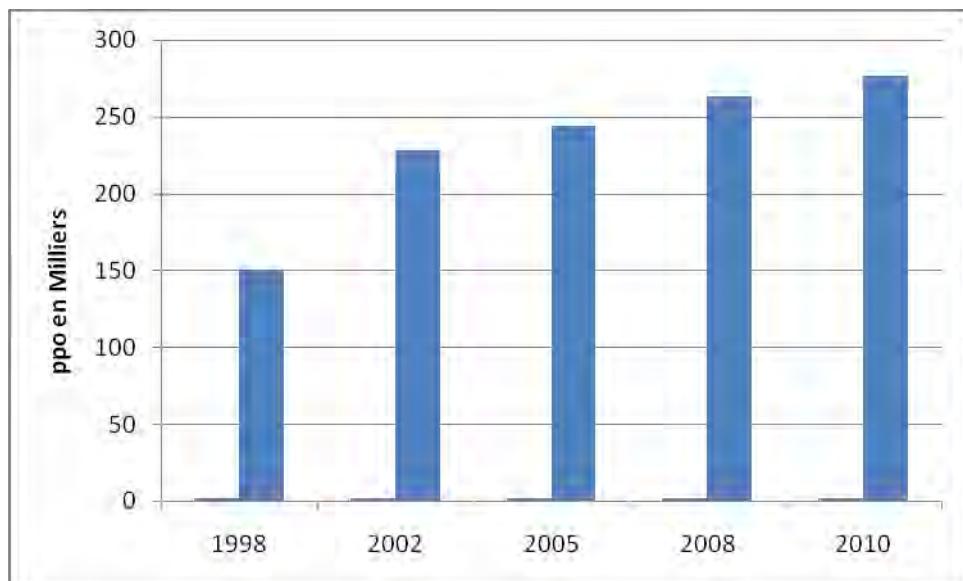


- **La période 1980 à nos jours**

La dynamique démographique persiste toujours durant cette phase, elle est causée par l'émergence d'un nouveau facteur qui est le conflit Casamançais qui entraîne beaucoup de déplacés ruraux quittant les zones de combat vers la ville plus sécurisée pendant les 15 premières années. Ceci se manifeste par un nombre important de réfugiés dans les quartiers périurbains comme Lyndiane, Kandé, Kandialang, et le village de Diabir maintenant intégré dans la commune. Dans les années 1990-2007, l'accroissement démographique de la commune n'est plus le fait seulement de migrants ou de réfugiés ; mais plutôt d'un taux d'accroissement naturel urbain en hausse. L'importance de ce taux s'explique par l'amélioration du plateau sanitaire qui augmente l'espérance de vie de la population en même temps diminue la mortalité infantile d'un afflux de populations venant chercher une certaine sécurité dans la capitale régionale. A partir de 2007 l'ouverture d'instituts d'enseignements supérieurs comme l'I.S.M et Sud Infos mais également de l'Université Assane SECK de Ziguinchor et de l'Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest... fait que la ville est devenue un pôle éducatif attractif. Ceci favorise la venue de milliers d'étudiants dans la ville. En plus avec l'accalmie de la crise la région devient plus attractive ceux qui l'avaient quittés commencent revenir amenant avec d'autre membre de leurs famille. Tous facteurs contribuent à expliqué ce boom démographique entre 1998 et 2010 avec un taux de croissance de 84,4% en 12 ans seulement (voire figure 19)

En somme l'évolution de la population communale connaît depuis la période coloniale un développement progressif mais certain avec des phases d'accélération. Cette croissance s'explique dans le temps par des facteurs divers internes ou externes.

Figure 22 : Evolution de la population urbaine de 1988 à 2010 (ANSD)



3- La dynamique de l'occupation urbaine des bassins versants

L'occupation urbaine des bassins versants de la ville ne s'est pas fait simultanément mais dans le temps. En effet, depuis sa cession à la France en 1888 jusqu'aux années 50 la ville de Ziguinchor couvrait à peu près 8 ha (Diémé. B, 2007). Cet espace correspondait à l'équivalent de l'aire couverte par les quartiers anciens de la ville que sont : Escale, Santhiaba, Boudody, Boucotte et Néma. Tous ces quartiers se situent sur le bassin versant de Boucotte. C'est donc le premier bassin versant à être urbanisé. Il a un lotissement en forme de damiers.

Après les indépendances la ville connaît toujours une croissance économique accompagnée d'une croissance démographique. Les surfaces urbanisées sont passées de 8 ha à 108 Ha. L'expansion se fera d'abord vers le sud et l'ouest donnant naissance aux quartiers dits lotis après 1972 (voire carte 5). Ces quartiers sont : Péyrissac, Soucupapaye, Niéfouléne Grand Dakar, Lyndiane, Tiléne et Kadior. Une partie de ces quartiers se situe sur le bassin versant de Boucotte et l'autre sur le bassin versant de Djibélor. On peut en déduire que le bassin versant de Boucotte a été totalement urbanisé avec le lotissement de 1972 et que l'occupation urbaine commence à s'étendre sur le bassin versant de Djibélor avec le

lotissement des quartiers de Grand Dakar et Lyndiane situés dans ce bassin versant. La dynamique urbaine sur le bassin versant de Djibélor sera freinée vers les années 1990 par le marigot du même nom (voire carte).

L'occupation urbaine se tourne alors vers le sud et l'Est de la ville et de nouveaux quartiers voient le jour d'où leur appellation de quartiers « spontanés » ces nouveaux quartiers correspondaient parfois aux zones de dépressions (bas fonds ou terrasses) qui étaient jadis réservées à aux activités agricoles. Il s'agit : des quartiers de Colobane, Cobada, Belfort, Kandé, Goumel, Kénia, Kandialang, Alwar, Léona et Diabir. Ces quartiers à l'exception de Cobada et Colobane se situent dans les bassins versants de Kandé et Kandialang constituant le grand bassin versant de Boutoute. On peut dire que c'est durant cette période que toute la rive gauche du marigot de Djibélor a été urbanisée.

Aujourd'hui la zone située entre les deux marigots de Djibélor et de Boutoute est entièrement occupée par les activités urbaines, donc urbanisée. Cette superficie est estimée à 30,2km² soit 57,4% de l'ensemble de la superficie des bassins versants de la commune qui a une superficie de 54,6km². La ville a aujourd'hui, a enjambé le marigot de Boutoutte situé vers le sud pour continuer sa progression. En effet, des parcelles sont en cours d'aménagement dans le village de Kantène. Les surfaces bâties sont elles, estimées⁶ dans le tableau le suivant.

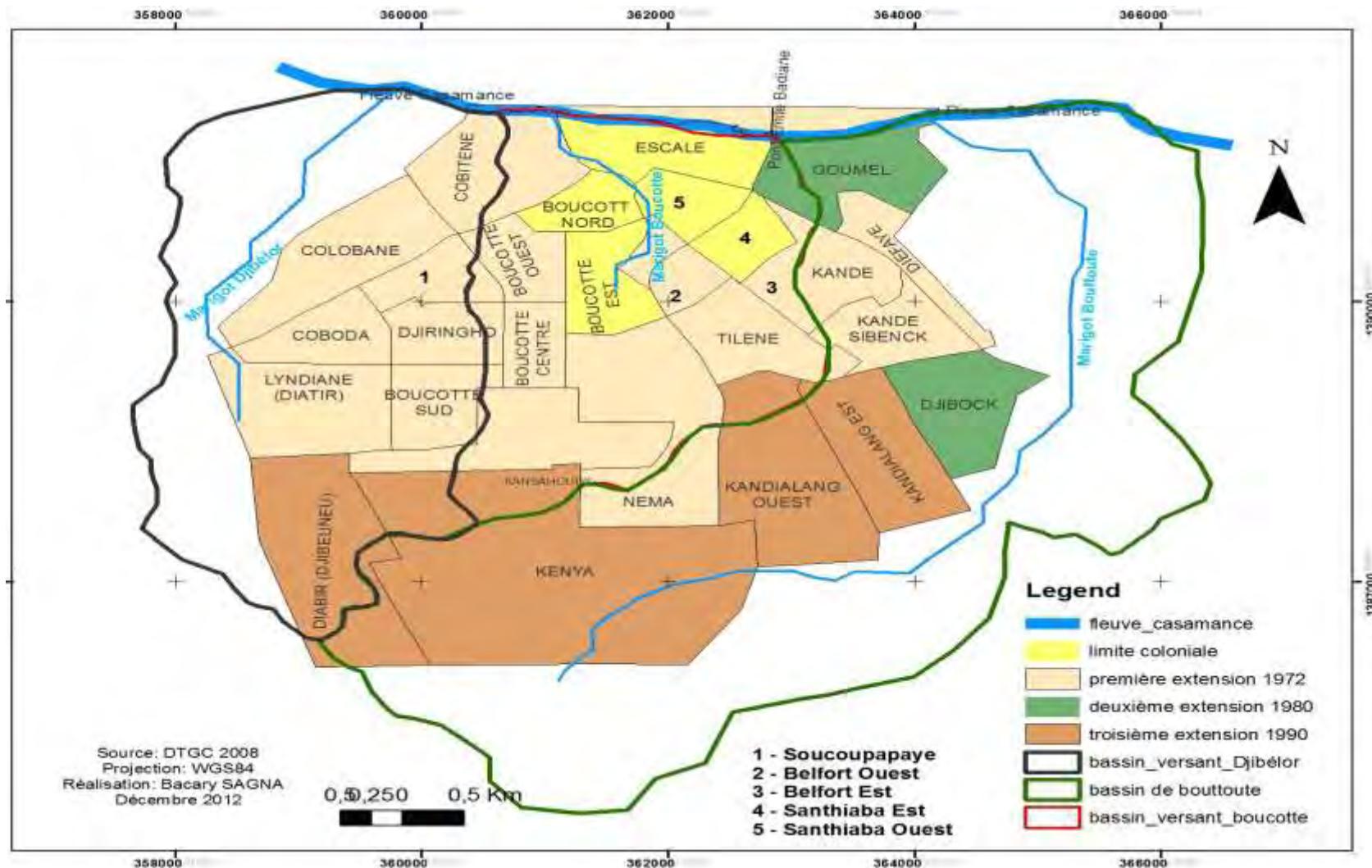
Tableau 1 : répartition des surfaces bâties par bassin

Bassins	Surface bâtie (km ²)	Surface en%
Boucotte	8,1	82
Dibélor	4,2	25
Kandé	3,5	28
Kandialang	4,2	29
Boutoute	8,1	30

Source :B. SAGNA 2013

⁶ La surface du bâti a été estimée après numérisation par l'outil *calculate geometry* de ARC GIS 9.3

Carte 5: Expansion urbaine de la ville de Ziguinchor



4- Structure par âge et par sexe

La population de Ziguinchor est caractérisée par sa jeunesse et sexe ratio en faveur des femmes à l'image de la tendance nationale.

Tableau 2 : Répartition de la population par âge et par sexe de la population de Ziguinchor en milliers.

Classes d'âge	Hommes	Femmes	Total
0-14	40.446	39.962	80.408
15-34	28.493	27.929	56.422
35-54	11.524	12.652	24.176
55 et +	6.192	6.328	12.519
Total	86.655	86.871	173.526

Source : Service Régional des Statistiques, 2005,

Ce tableau montre une légère supériorité des hommes sur les tranches de 0-14 ans soit 46,3% de la population totale et 15-34 ans soit 32,5%. Cependant dans les tranches d'âges restantes nous observons une inversion des tendances car la population féminine reprend le dessus sur la population masculine qui dominait auparavant. Cette situation peut s'expliquer à travers divers facteurs : sanitaire (taux mortalité supérieur chez les hommes), économique et administratif (exode des hommes vers d'autres lieux plus attractifs car il est difficile de trouver du travail dans la ville).

5- Répartition de la population par quartier

Le tableau montre la répartition de la population urbaine de Ziguinchor par quartiers. Les données sont celles d'une estimation en 2009 sur la base du recensement de 2002.

Tableau 3 : répartition de la population par quartier

QUARTIERS	Hommes	Femmes	Total	POU
BOUCOTTE CENTRE	6812	6551	13363	5%
BOUCOTTE EST	12331	11704	24035	9%
BOUCOTTE OUEST	10994	10745	21739	8%
BOUCOTTE SUD	13056	13056	26112	9%
BOUDODY ESCALE	2547	2684	5231	2%
COLOBANE	3293	3306	6599	2%
DIEFAYE	1041	1036	2077	1%
DJIBOCK	1561	1700	3261	1%
DJIRINGHO	14699	14449	29148	11%
KANDE	5008	5379	10387	4%
KANDIALANG	7798	7947	15745	6%
KENYA	1227	1370	2597	1%
LYNDIANE	11537	11921	23458	8%
NEMA	14543	14330	28873	10%
PETIT KANDE	7672	7873	15545	6%
SANTHIABA	22652	23696	46348	17%
DIABIR	909	925	1834	1%
TOTAL	137680	138672	276352	100%

Source : Plan d'Investissement Communale (2011)

Le tableau montre une concentration de la population au niveau de sept (7) quartiers à savoir Boucotte Est, Boucotte Ouest, Boucotte Sud, Djiringho, Lyndiane, Néma et Santhiaba, qui représentent à eux seuls 72 % de la population de la commune. Cette concentration humaine dans ces localités s'explique par le fait qu'elles font partie des quartiers les plus anciens et regroupent aussi des sous quartiers.

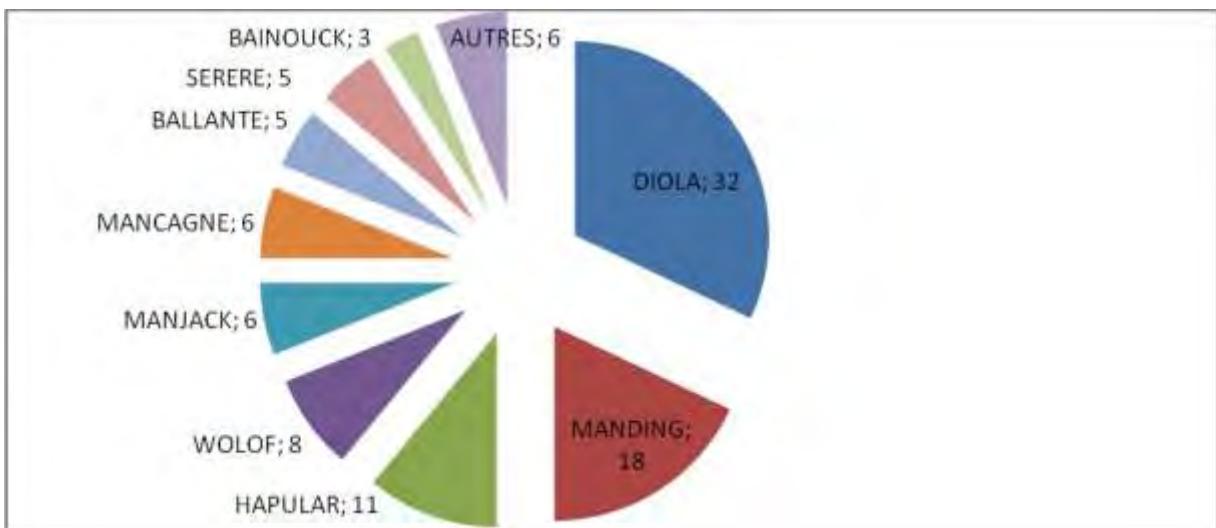
6- Composition ethnique

De sa position qui fait d'elle un carrefour géographique, Ziguinchor est aussi un carrefour culturel caractérisé par sa diversité ethnique. Ce caractère cosmopolite de sa population trouve ses origines dans l'histoire de la ville à travers son passé colonial, de la situation économique

et sociale dans les pays limitrophes (Gambie et surtout Guinée Bissau) et de la crise dans le monde rural sénégalais.

Les principaux groupes ethniques sont les Diolas qui arrivent en tête avec 30% viennent ensuite les Mandings venus de l'Est et du Nord avec 15% suivis des Alpulars 9%. D'autres groupes ethniques comme les Wolofs les Sérères, les Ballantes, les Manjacks, les Mancagnes et les Bainounck (les premiers habitants de Ziguinchor) représentent des proportions moindres. Il reste ainsi 6% constitué de minorités que sont les Européens, les Libano-Syriens et certaines minorités Sénégalaises et Africaines.

Figure 23 : composition ethnique de la population en % source : S.R.S.D (2010)



7- Les activités économiques

A l'image des autres villes de l'Ouest du pays plus peuplées que celles de l'Est, l'ensemble des secteurs d'activités sont présentes. Cependant ils sont représentés à des degrés variables avec une très forte concentration de la population dans l'informel.

Le secteur primaire

Regroupant l'ensemble des activités relatives à l'agriculture et à l'élevage, ce secteur est très présent dans la commune. Ainsi, selon et les saisons nous avons plusieurs types d'activités.

- Les plateaux

Ils abritent deux formes d'agriculture : une sous pluie avec la culture du maïs, du mil, de l'arachide et des tubercules (tarot, patate, manioc...) ; pendant la saison sèche nous avons sur

ces espaces de la menthe et parfois des champs d'oseille dans des quartiers comme Néma II, Djiringho et Kandialang. Nous avons aussi les cultures de plantation dont la majeure partie est localisée dans les quartiers de Diabir et de Kénia avec une préséance pour les vergers d'anacardiers et de manguiers.

- Terrasses et bas fonds

Les zones basses ou zones inondables, rizières, par nature sont surtout utilisées pour la riziculture pendant l'hivernage car nous sommes ici en milieu diola où le riz local occupe une place culturelle incontournable. Cela est illustré par la présence de périmètres rizicoles à l'intérieur de la ville dans les quartiers comme Santhiaba, Belfort, Kadior, Goumel, Lyndiane et même Escale le principal quartier d'affaires de Ziguinchor.



Photo1 : riziculture à Santhiaba
Lyndiane

photo2 : maraîchage (gumbo) dans les bas-fonds à

Durant la saison sèche le riz est remplacé par le maraîchage avec la culture de la patate douce très développée dans les rizières des deux marigots qui encadrent la ville. Ces zones sont les principales pourvoyeuses en légumes frais (gumbo, oseille, tomate etc.) des marchés de la commune.

L'élevage

L'élevage est une activité aussi très développée dans la commune de Ziguinchor. Cependant elle souffre exploitation traditionnelle (il n'existe plus d'unité moderne d'élevage connue). Cette activité est surtout pratiquée dans les quartiers périphériques comme Lyndiane, Kandé,

Kandialang.... Les espèces élevées sont très variés ; il s'agit entre autre des bovins, ovins (très demandé pendant la Tabaski), les caprins, les porcins (viande consommée par la communauté Catholique et Païenne), volailles. L'élevage de volaille est une activité en croissance dans la ville et s'explique par l'interdiction à l'importation de la viande de volaille. Ceci la multiplication des poulaillers.

En somme l'activité de l'élevage pratiqué par beaucoup de personnes cependant il est considéré par la majorité des pratiquants comme une activité annexe

Le secteur secondaire

Il regroupe les activités industrielles et l'artisanat. L'industrie occupait une place très importante durant les 1980. Beaucoup d'entre elles ont progressivement fermé à la faveur de la crise armée Casamançais. En effet, il y avait plusieurs unités industrielles spécialisées dans la transformation des produits halieutiques et agricoles comme la SONACOS, la SOSECHAL-CRUSTAVIE (qui employait 400 personnes dont 230 permanents) la SOPICA (900 personnes dont 90 permanents) l'IKAGEL, Casa palm et Casa jus qui employaient 15 personnes⁷.

Aujourd'hui la plupart de ces usines ont fermé leurs portes à cause du conflit armé ou de la diminution de la ressource.

Quant à l'artisanat il occupe aussi une part importante de la population et peut être expliqué par le nombre d'ateliers de menuiseries, de forges, de poterie, de Tisserands etc.

Cependant il faut aussi signaler que le tourisme est un secteur productif dans la commune même s'il est en baisse. En effet, la commune compte six hôtels et plusieurs campements et auberges.

Le tertiaire

C'est le secteur qui occupe moins de populations actives qui travaillent dans les banques, les sociétés d'assurances, les ONG, les prestataires de services dans l'administration.

⁷ Chiffres de l'emploi de 2000

Le **secteur informel** est un secteur en pleine croissance du fait le développement de marchés (le marché aux poissons de Boudody, St Maure, Escale, Banéto, Nguéléw), de la construction de gares maritimes et routières mais également de la proximité avec les autres pays.

8- L'habitat dans les bassins versants

L'architecture de la ville est très hybride, alternant entre habitat moderne et traditionnel. Les marques de l'habitat traditionnel s'expliquent par les vagues de migrations de populations enregistrées avec la crise casamançaise et venues souvent s'installer dans les quartiers périphériques, emmenant avec eux leurs habitudes. Cependant, à l'intérieur de ces trois bassins leur pourcentage varie. Dans le bassin de Boucotte le plus urbanisé l'habitat moderne est plus présent car c'est là où se situe le centre ville avec les quartiers comme Escale, Boudody et Santhiaba. Ici les routes bitumées sont nombreuses même si elles sont souvent en mauvais état, tandis que dans les autres bassins englobant les quartiers périphériques la différence entre habitat moderne traditionnel n'est pas énorme mais tend toutefois, à se moderniser. Les routes sont latéritiques et exposées à l'érosion hydrique. Depuis peu, les voies pavés se multiplient et contribuent significativement à l'amélioration de la mobilité urbaine.

Les aspects humains de la ville de Ziguinchor connaissent une croissance très rapide depuis l'avènement de la colonisation française. Cependant les équipements socio économiques qui devaient accompagner cette dynamique manquent toujours à l'appel. Cette défaillance est à l'origine de nombreux problèmes de bonne gouvernance.

Conclusion partielle

L'étude des aspects physiques et humains de la commune de Ziguinchor dégage une spécificité par rapport aux autres villes du pays : géographique, climatique et culturelle. Cette spécificité doit être un élément incontournable pour un développement économique durable de la cité.

DEUXIEME PARTIE :

ETUDE DE LA PLUIE, DE LA MORPHOMETRIE DES BASSINS VERSANTS ET DU RESEAU D'EVACUATION DES EAUX PLUVIALES

Cette partie est consacrée l'étude de la pluie de la morphométrie et du réseau des bassins versant. L'étude de la pluie a été mise dans cette partie car elle est l'origine des écoulements à la surface de la terre. La lame précipitée s'écoulant en partie en fonction de la morphométrie des bassins versants dans le réseau d'évacuation des eaux pluviales justifie ce choix.

CHAPITRE 1 : ANALYSE DE LA PLUIE

Ce chapitre est consacré à l'analyse de la pluviométrie dans la Commune, dans cette étude nous allons utiliser les données de la seule station pluviométrique de Ziguinchor. Nous allons d'abord faire l'historique de la station, ensuite, une analyse des variations annuelles, mensuelles et journalières de la pluie.

1- Localisation et Présentation de la station

Implantée dans le périmètre de l'aéroport, la station météorologique de Ziguinchor est une station synoptique placée à 12°33' de latitude Nord et 16°16' de longitude ouest à une altitude de 25 m. Cette station a évolué dans ses attributs. Au départ la station était un poste pluviométrique implanté dans le quartier ancien de Boudody en 1918.

En 1922 la station est fermée et transférée à l'aérodrome de Néma où elle devient une station synoptique secondaire.

En 1962 la station sera à nouveau fermée temporairement à cause des transferts de compétences des autorités coloniales aux autorités Sénégaliennes. A sa réouverture elle passe de station synoptique secondaire à celle de station synoptique où sont suivis presque tous les paramètres climatiques.

Aujourd'hui l'environnement de la station a connu des modifications (présence de grands arbres tout au tour de la station) qui perturbent les mesures et les observations ce qui fait que les données de la station ne sont plus aussi fiables. En effet il est même question de déplacer la station de l'autre de coté de la piste selon les autorités de l'ASECNA/Ziguinchor.

2- La pluviométrie annuelle

La pluviométrie annuelle est la totale des pluies qui tombent en une année. Elle varie d'une année à une autre. D'où l'intérêt d'étudier cette variation pour caractériser notre pluviométrie.

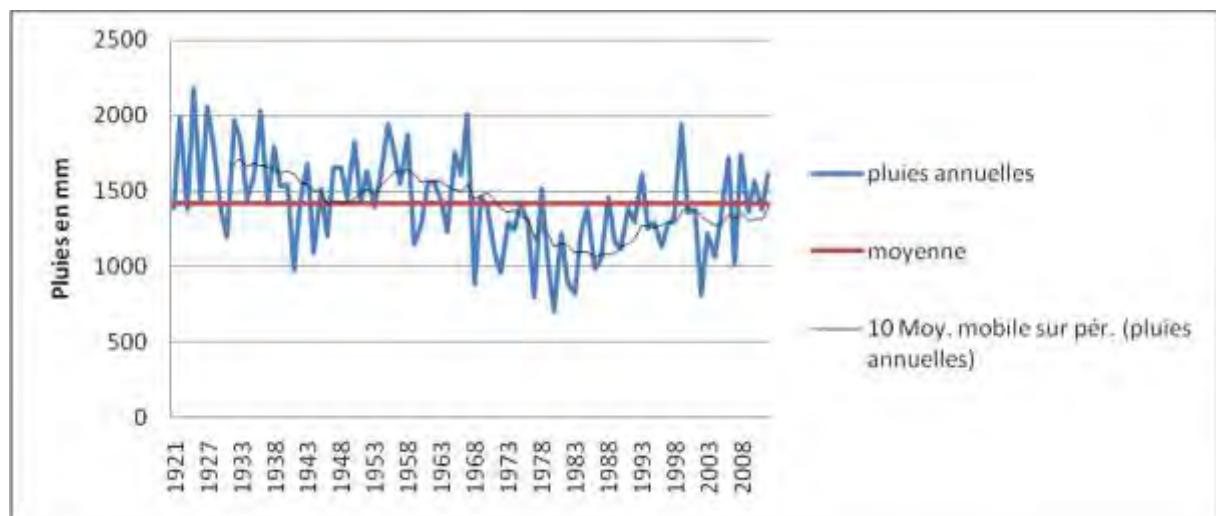
2.1- Variation annuelle de la pluie

L'analyse de la variation des précipitations annuelles a pour but d'appréhender non seulement son module annuel mais également la variabilité de ce module d'une année à une autre. Elle permet de déterminer les cycles pluviométriques. En effet, le traitement statistique de la série

a permis de faire ressortir certains paramètres qui vont nous permettre de mieux caractériser la série. Ainsi la série longue de 89 ans (1921-2012) compte deux années lacunaires 1926 et 1929 qui ne sont pas prises en compte. La moyenne de cette série est de 1417,4mm. Cette moyenne cache une variabilité des modules annuels comme le montrent les cisaillements de la courbe des cumuls annuels.

Cette variabilité interannuelle de la pluie est confirmée par l'écart type de cette série qui est de 319,3. Ce qui signifie que la différence entre les modules annuels et la moyenne de la série est importante.

Figure 24 : variation annuelle de la pluies à Ziguinchor entre 1921-2012



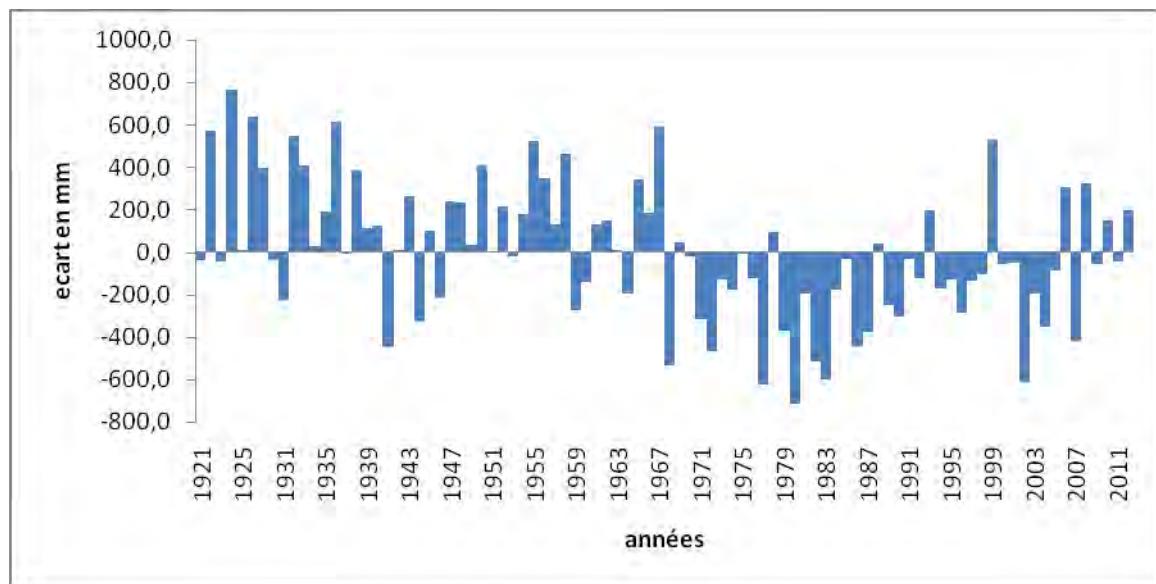
Le recours à la moyenne mobile 10 ans révèle que la série peut être divisée en trois périodes.

- Une période humide qui s'étend de 1921 à 1967 soit 46 ans avec une moyenne annuelle de 1581mm. Cette moyenne est donc supérieure à la moyenne de la série 1921-2012. En effet nous avons 33 années excédentaires représentant 37% des années de la série 1921-2012 contre seulement 13% d'années déficitaires. Signalons également que c'est dans cette période que l'on a enregistré le cumul annuel maximum de l'ensemble de la série en 1924 avec comme 2182,5mm.
- Une période sèche qui commence de 1968 et se termine en 1990 soit une durée de 22 ans. Cette période est caractérisée par une baisse considérable des modules pluviométriques annuels. C'est donc la période de la sécheresse qui a frappé les régions sahéliennes et l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest. La moyenne de cette période est de 1147,7mm soit une baisse de 433,3 mm par rapport à la période

précédente. Signalons que c'est durant cette saison sèche que l'on a enregistré le module annuel le plus bas en 1980 avec comme valeur 699,4mm. Le maximum de cette période survient en 1978 avec 1513,4 soit le 33^{ie} maximum de la série. Ceci traduit le caractère sec de ces années.

- Une période de retour de la pluie ; même si ce retour est timide, il est cependant bien visible avec l'usage de moyenne mobile de 10 ans sur l'ensemble de la série. En effet, cette période commence en 1991 jusqu'à nos jours (2012) soit donc 22 ans la moyenne de cette période est 1364,8. C'est donc une nette hausse de 217,1mm comparée à la période précédente qualifiée de sèche. Mais cette moyenne demeure inférieure à la moyenne de la série et à celle de la période humide 1921-1967. Le maximum de cette période est de 1945,6 mm en 1999 soit le septième maximum de l'ensemble de la série 1921-2012. Alors que son minimum est arrivé en 2002 avec 807,2 mm soit le troisième minimum de l'ensemble de la série.

Figure 25 : Variabilité interannuelle des écarts à la moyenne de la pluviométrie (1921-2012)



2.2- Analyse Fréquentielle

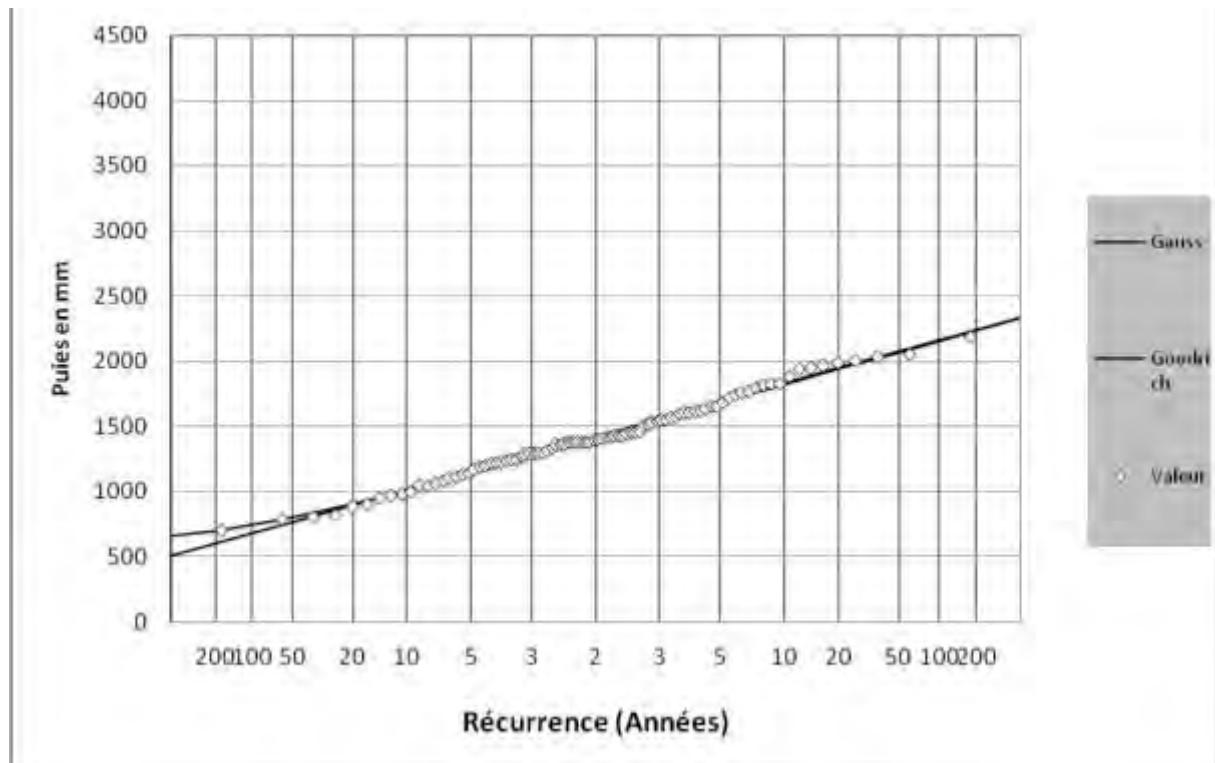
L'objectif de l'analyse fréquentielle est de pouvoir déterminer la périodicité de retour de chaque module annuel. Ici le traitement statistique des données est fait avec le logiciel *Hydraccess*.

L'analyse statistique de la série permet de bien caractériser la série, de déterminer la période de retour de chaque quantité de précipitation. Ce sont ces données que les ingénieurs des travaux publics utilisent pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques et des

canaux d'évacuation des eaux pluviales. Cette partie constitue une étape importante de notre étude car elle permet d'apprécier l'efficacité du dimensionnement du réseau.

Le traitement automatique de la série 1918-2012 sur *Hydraccess* montre que ce sont les lois de *Gauss* et *Goodrich* qui s'ajustent le mieux.

Figure 26 : Courbe d'ajustement des pluies annuelles à la station de Ziguinchor 1921-2012



Ici ce qui nous intéresse ce sont les récurrences sèches et humides de fréquence 0,1 ; 0,5 et 0,9 qui correspondent respectivement à la récurrence décennale sèche ; à la médiane et à la décennale humide. Le choix de la meilleure loi de distribution est tenu compte du test de BRUNET-MORET et de la fréquence au dépassement. Ainsi, La meilleure loi est celle qui a la valeur du test la plus faible et la fréquence au dépassement la plus forte (Brunet-Moret, 1974). Dans notre cas d'étude, les meilleurs résultats de ce test sont trouvés par la loi de Goodrich ou loi des distributions généralisées. Ce sont les principales données que les ingénieurs utilisent pour le dimensionnement des infrastructures en milieu urbain. Ainsi la *loi de Goodrich* prévoit pour une décennale sèche et humide un cumul annuel respectivement de 1006,9mm et 1825,3mm, alors que la médiane est de 1393,6 mm (voir figure25). Ceci confirme donc la variabilité interannuelle de la pluie.

Tableau 4 : paramètres statistiques des pluies annuelles (1821-2012)

Fréquence	Récurrence	Gauss	Galton	Goodrich
0,01	-100	686,2	761,4	754,1
0,02	-50	771,5	825,8	810,3
0,05	-20	899,4	927,0	908,1
0,1	-10	1013,1	1021,5	1006,9
0,2	-5	1150,7	1142,2	1137,8
0,5	2	1414,0	1393,6	1407,4
0,8	5	1677,4	1674,5	1683,1
0,9	10	1815,0	1834,2	1825,3
0,95	20	1928,7	1973,3	1940,9
0,98	50	2056,6	2138,0	2068,7
0,99	100	2141,9	2252,8	2152,5

Source : B. SAGNA (2013)

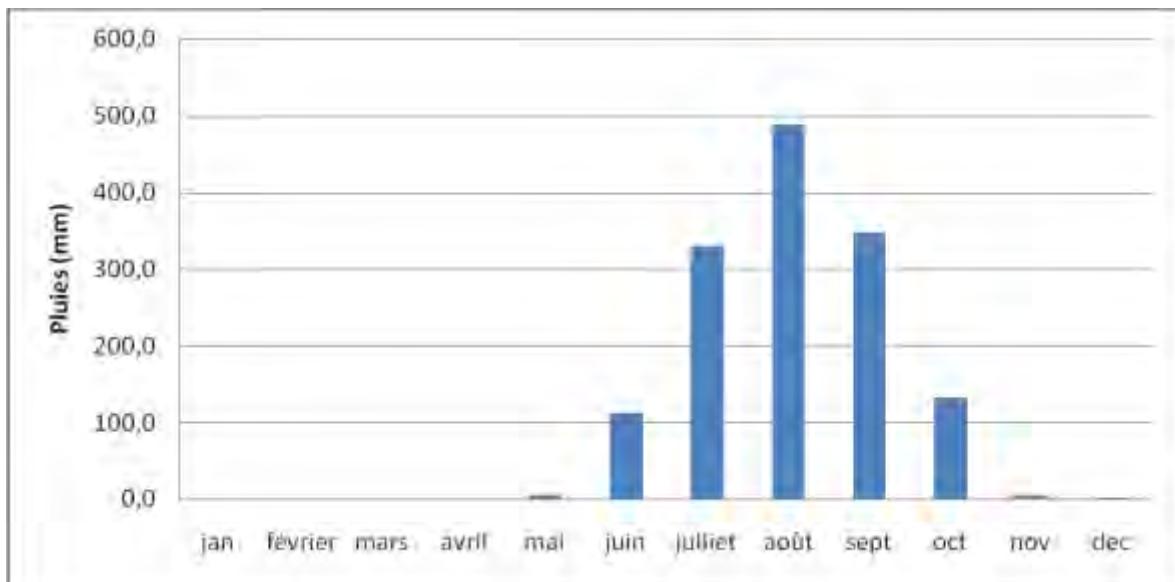
3- Analyse des pluies mensuelles

L'objectif de l'analyse des pluies mensuelles est d'étudier la variabilité inter-mensuelle, de la durée de la saison des pluies, les écarts pluviométriques entre les mois et enfin la périodicité de retour des modules mensuels

3.1- Variation mensuelle des pluies

L'étude de la pluie mensuelle est une donnée très importante car elle détermine la répartition des quantités de pluie selon les mois de l'année. Il est donc très utile de connaître les dates de début et de fin d'hivernage pour que les autorités préparent les ouvrages d'évacuation des eaux (curage...); mais également pour que les populations prennent des dispositions nécessaires. La saison des pluies dure en moyenne six à sept mois à Ziguinchor, elle commence en mai et se termine en octobre. Les pluies mensuelles sont caractérisées à Ziguinchor par une forte variabilité inter-mensuelle. L'écart entre le mois le plus pluvieux et moins pluvieux est de 451mm. Le mois d'août est le plus pluvieux pour 71% des années étudiées et contribue de ce fait pour 484,4mm soit 34,2% dans le total de la pluie annuelle. Il est suivi du mois de septembre puis de juillet et de juin avec respectivement comme hauteur de pluie 349,7mm, 328,2mm et 110,2mm soit 24,7% en septembre 23,2% en juillet et enfin 7,8% en juin. (Figure 27)

Figure 27 : variation mensuelle de la pluie à Ziguinchor 1921-2012



3.2- L'analyse fréquentielle

Elle permet de caractériser les mois pluvieux et de connaître la période de retour probable de certaines pluies mensuelles. C'est pour cela que nous allons ajuster les mois les plus pluvieux pour avoir une idée sur la période de retour de certaines précipitations pour ces mois.

- **Analyse fréquentielle mois de juin**

L'analyse fréquentielle des pluies du mois de juin montre que c'est la loi de Goodrich qui s'ajuste au mieux. Les récurrences décennales sèches et humides sont respectivement de 41,5mm et 158,2 mm tandis que la médiane est de 97,4 mm.

Ziguinchor_P_MPm_(mm) [06 - juin]
Ajustements à un échantillon de valeurs annuelles

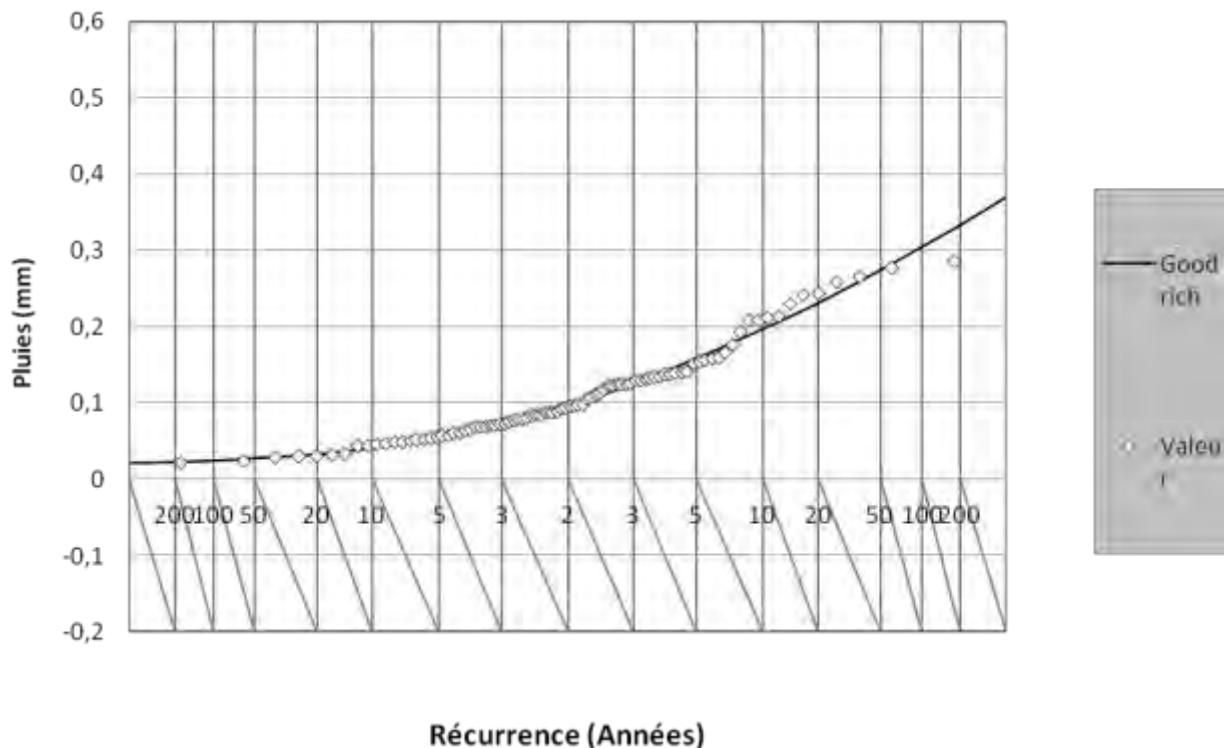


Figure28 : Courbe d'ajustement des pluies du mois juin 1921-2012

- Analyse fréquentielle du mois de juillet

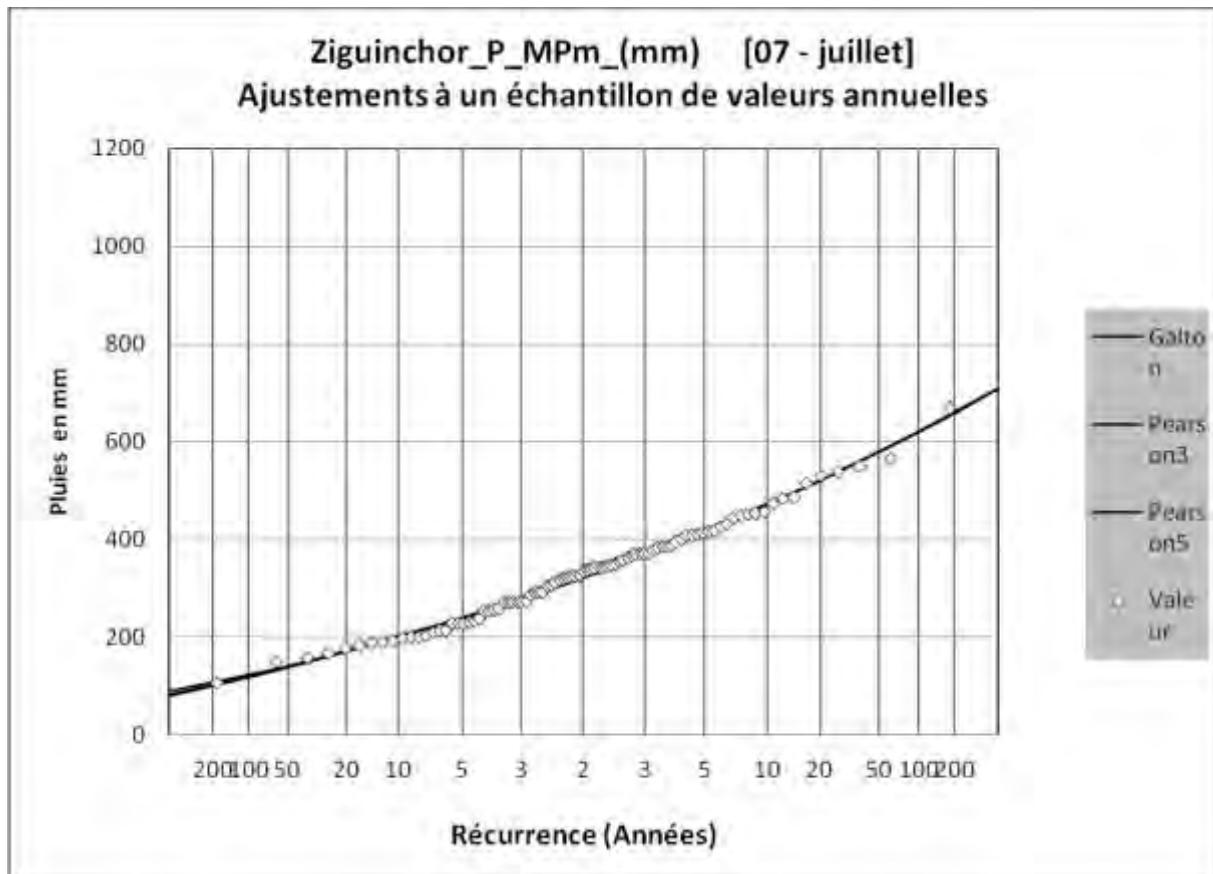
Tableau 5 : paramètres statistique des pluies du mois de juillet

Paramètres	Galton	Pearson3	Pearson5
Moyenne	330,800	330,784	330,797
Médiane	322,031	321,482	322,302
Mode	304,851	302,762	305,806
Variance	11467,584	11497,546	5599,201
Coef. variation	0,324	0,324	0,226
Coef. asymétrie	0,506	0,523	0,495

Source : B. SAGNA (2013)

Le mois de juillet est le troisième mois le plus pluvieux de la saison des pluies. C'est ainsi qu'après le traitement des données sur *Hydraccess*, les lois qui s'ajustent le mieux sont celles de *Galton*, de *Pearson3* et *Pearson5*. Ici il faut noter que les récurrences décennales sèches de *Galton* et *Pearson5* ont la même valeur 200,9 mm ; alors qu'on enregistre une légère variation au niveau décennale humide qui est de 471,4 mm pour *Galton* et 471,8 mm pour *Pearson5*.

Figure 29 : Courbe d'ajustement des pluies du mois de Juillet de 1921-2012



- **Analyse fréquentielle du mois d'Août**

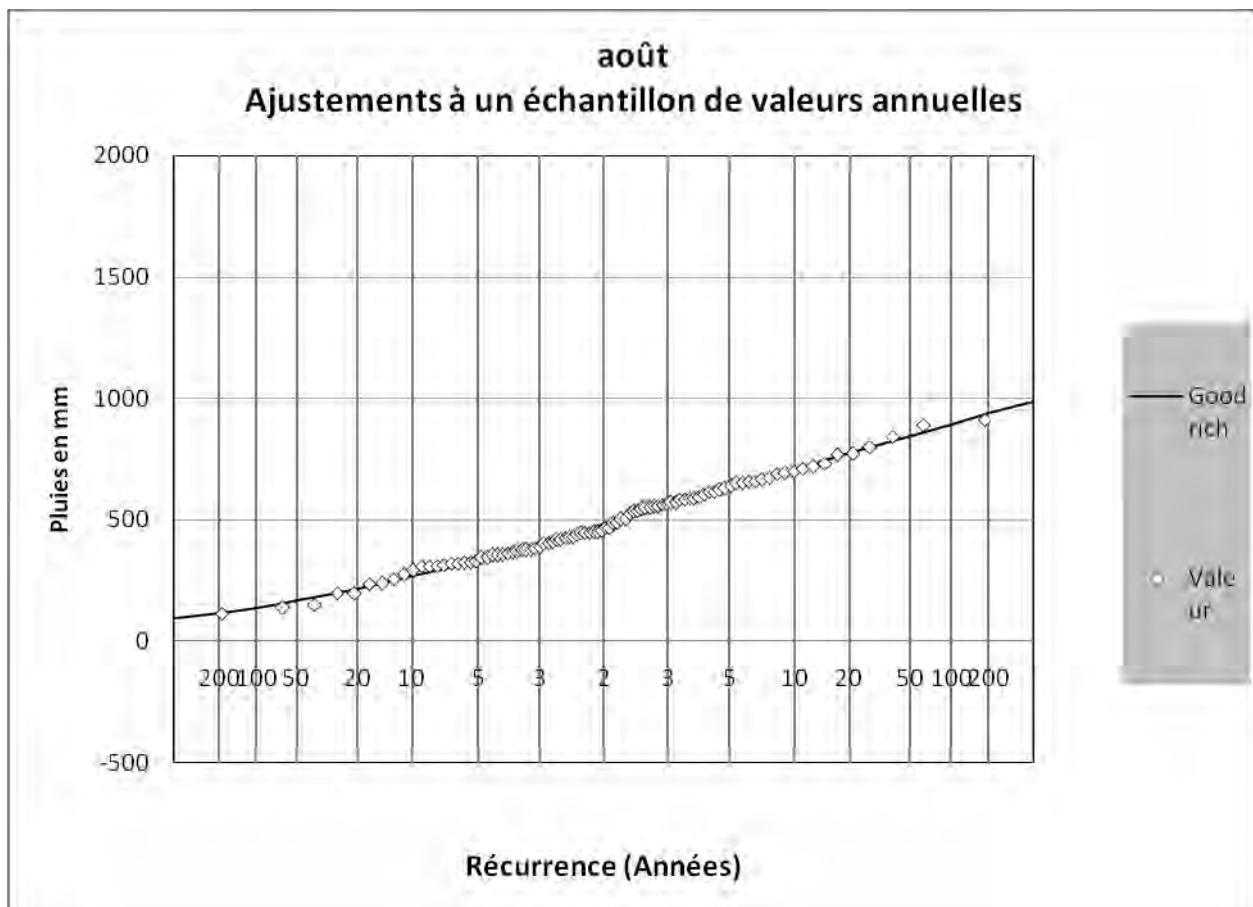
Tableau 6 : paramètres statistiques du mois d'Août

paramètres	Gauss	Goodrich
Moyenne	483,574	483,524
Médiane	483,574	477,172
Mode	483,574	466,015
Variance	29019,364	28995,935
Coef. variation	0,352	0,352

Source : B. SAGNA (2013)

Le mois d'août est le plus pluvieux à Ziguinchor c'est pour cela que nous lui accordons une importance particulière. L'ajustement du mois montre que c'est seule la loi de *Goodrich* qui s'ajuste au mieux à la série du mois d'août. Les récurrences sèches de fréquence 0,1 et 0,2 sont respectivement de 264,4 et 232,6 mm ; alors que les récurrences humides de même (0,8 et 0,9) sont 629,4 et 709,2mm Quant à la médiane, elle est de 447,2mm. Le coefficient de variation de 0,35, traduit la variation des valeurs du mois. On peut en déduire qu'il peut pleuvoir plus sur une période humide dans le mois d'août que dans une année sèche.

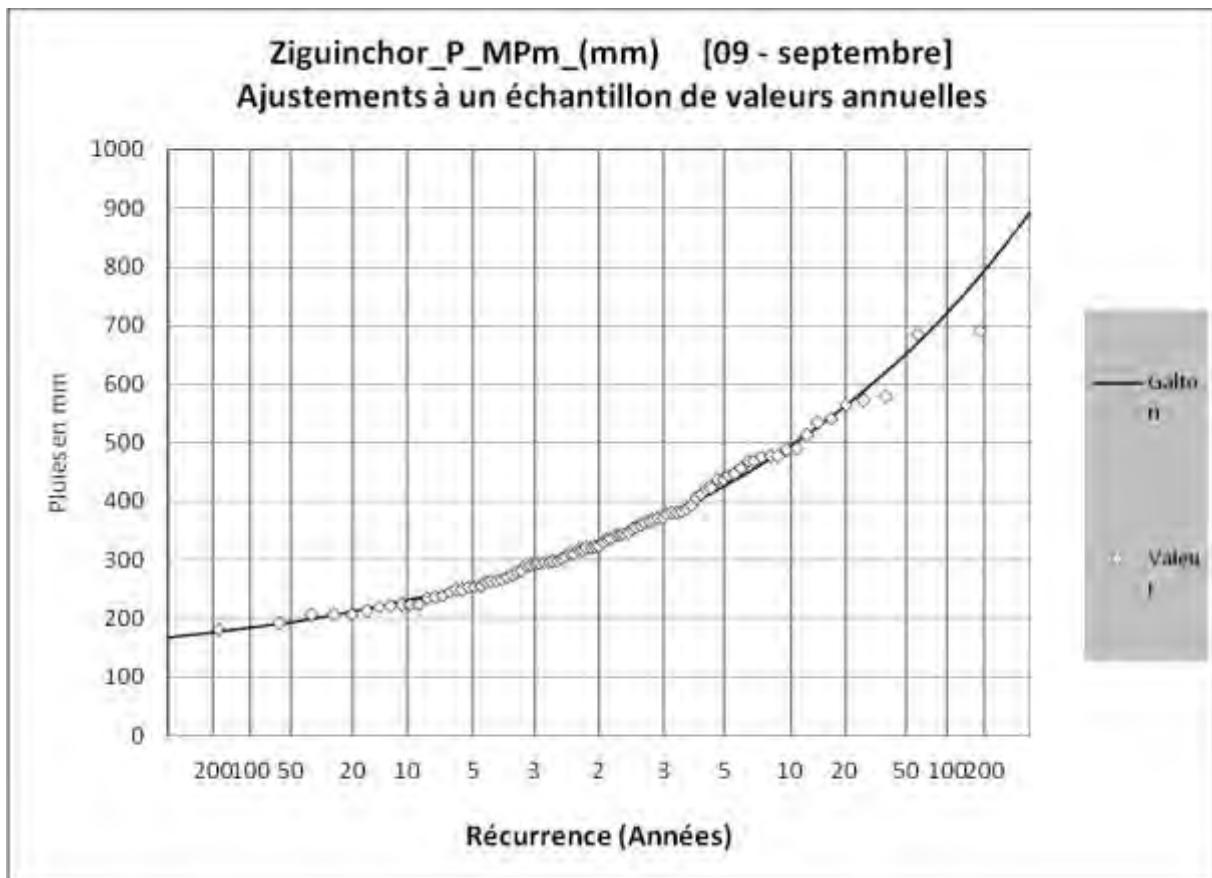
Figure 30 : Courbe d'ajustement des pluies du mois d'août de 1921-2012



- **Analyse fréquentielle du mois de septembre**

Comme le mois d'août, l'analyse fréquentielle du mois de septembre avec *Hydraccess* montre que c'est la loi de *Galton* qui s'ajuste le mieux sur la série des données du mois (voire figure 29). Les récurrences de fréquence 0,1 et 0,2 sont : 230,5 mm et 257,7 mm Alors que la médiane de *Galton* est de 226,1 mm (voire31).

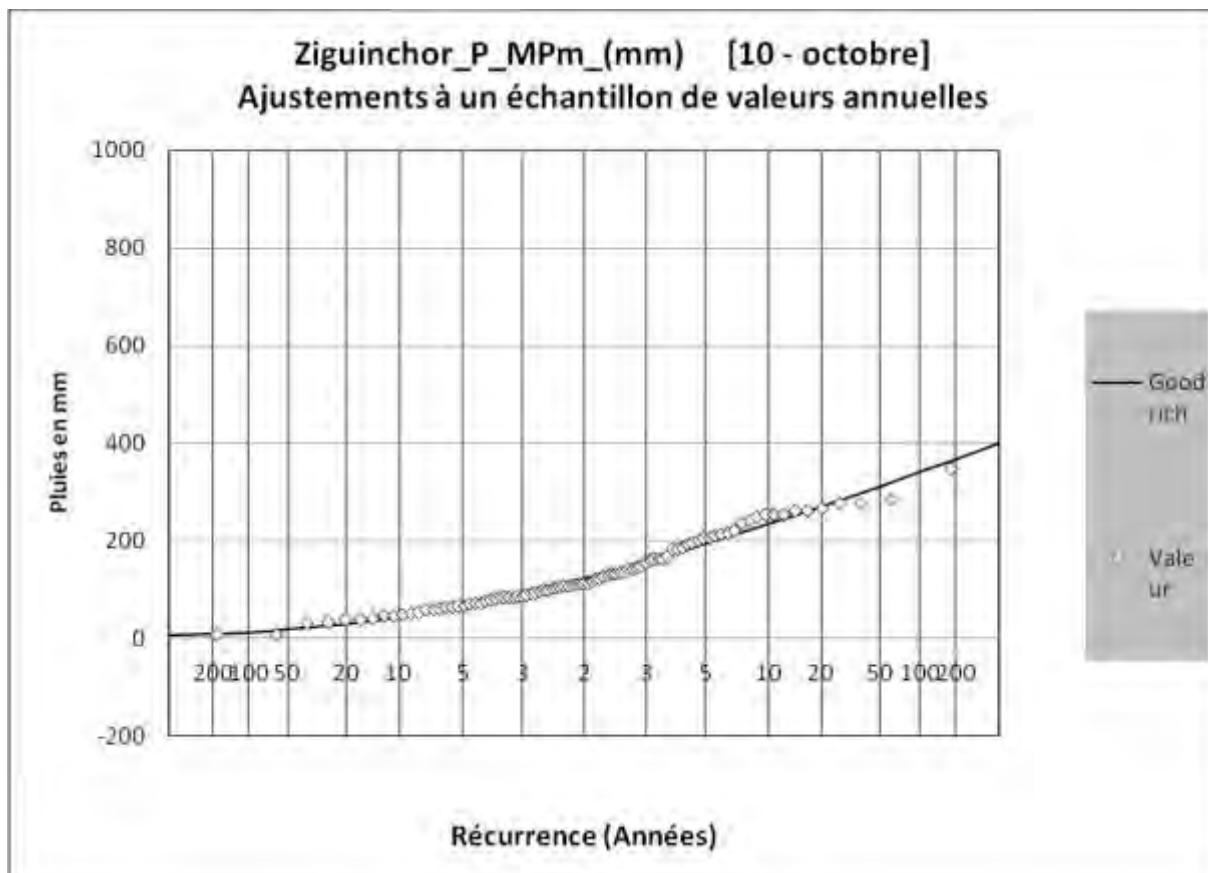
Figure 31: Courbe d'ajustement des pluies du septembre de 1921-2012



Le mois d'Octobre

Le traitement fréquentiel des données pluviométriques du mois d'octobre sur Hydraccess permet de déterminer certaines valeurs de pluies et leur périodicité de retour. C'est la loi de Goodrich qui colle le mieux à la série des données du mois d'octobre. Les récurrences de fréquentielles 0,1 et 0,2 sont de 44,4 et 66,5 mm alors que ceux de 0,8 et 0,9 sont 192,4 et 234,0 mm. La médiane quant à elle est à 122,4 mm. (figure32)

Figure 32: courbe d'ajustement des pluies du mois d'octobre de 1921-2012



4- Les pluies journalières

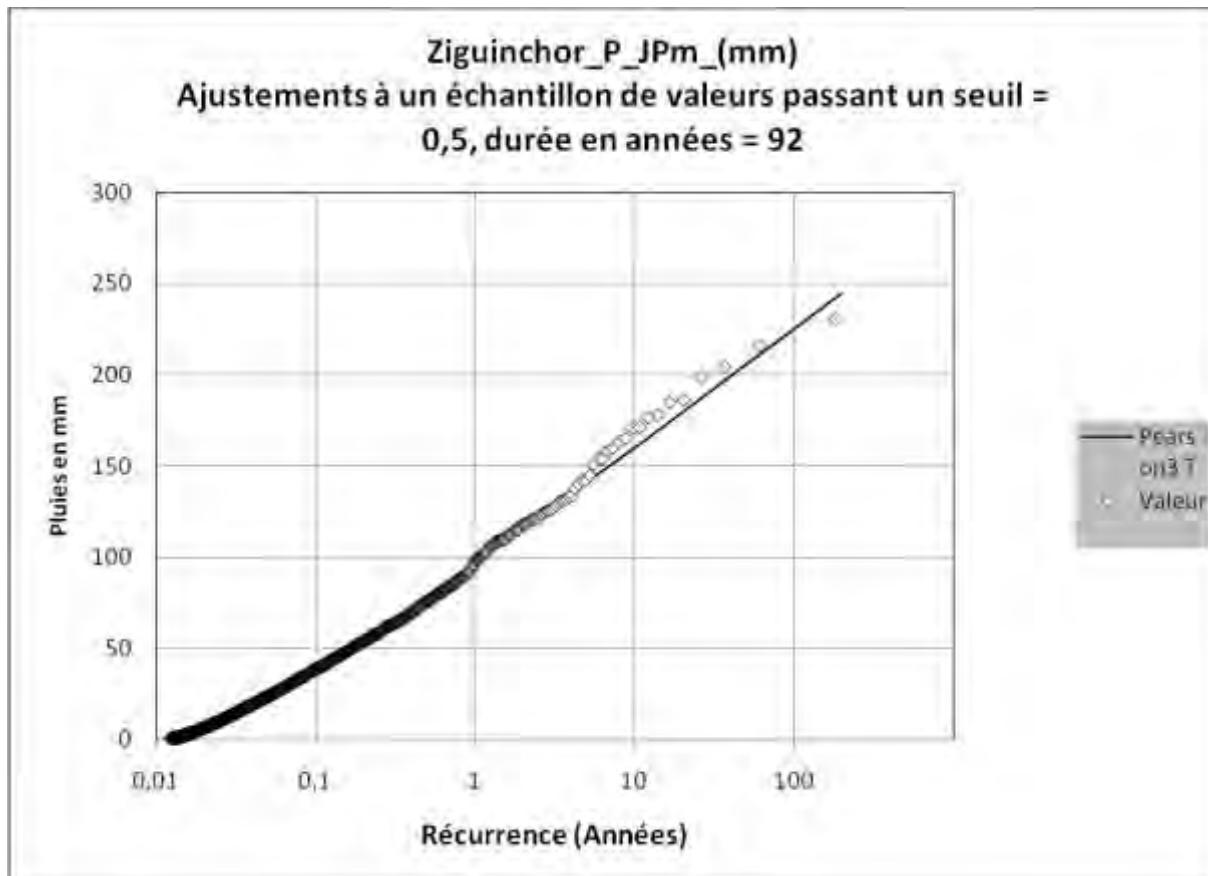
Les pluies journalières constituent une donnée capitale pour étudier et analyser les précipitations. Ce sont donc elles que l'on utilise pour le dimensionnement les ouvrages hydrauliques et estimer les écoulements dans les bassins versants urbains. L'étude des valeurs journalières sur *Hydraccess* montre que c'est la loi de *Pearson 3 T* qui s'ajuste le mieux avec la série des pluies journalières de Ziguinchor.

Tableau 7 : fréquences retour des pluies journalières

Fréquence	2,000	1,000	0,500	0,200	0,100	0,050	0,020	0,010
Référence	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0	50,0	100,0
Pearson3 T	78,9	97,1	115,5	140,9	159,7	179,3	205,4	224,9

Source : B SAGNA (2013)

Figure 33 : Courbe d'ajustement des pluies journalières de Ziguinchor de 1921-2012



En somme l'analyse de la pluie montre que la saison pluvieuse dure six à sept mois avec une variabilité des modules annuels 2182,5mm en 1924 l'année la plus pluvieuse et 699,4mm l'année la plus sèche. Quand à l'analyse mensuelle montre que le mois d'Août reste le mois le plus pluvieux ; c'est donc le mois ou enregistre les plus fortes averses avec de fortes intensités qu'il faut prendre en compte dans les aménagements. Ceci est confirmé par l'analyse fréquentielle des pluies journalières qui prévoit qu'une journalière de récurrence 50,0 est de 205,4mm (voire tableau 9). Aujourd'hui l'augmentation des surfaces imperméables, il est donc nécessaire de connaître ces volumes d'eaux qui font s'écoulés sur le réseau d'évacuation des eaux pluviales.

CHAPITRE 2 : CARACTERISTIQUES MORPHOMETRIQUES DES BASSINS VERSANTS

Le démantèlement du Continental Terminal du bassin de la Casamance a permis la formation de nombreux petits bassins versants. Trois ou quatre d'entre eux, abritent la ville de Ziguinchor d'où l'importance de connaître les paramètres morphométriques de ces bassins dans la perspective de sécurisation des populations et des aménagements. Les paramètres morphologiques qui seront étudiés dans ce chapitre sont entre autres la surface, le périmètre, la longueur, la largeur, les pentes et les indices de pentes. Ces paramètres seront analysés pour chaque bassin.

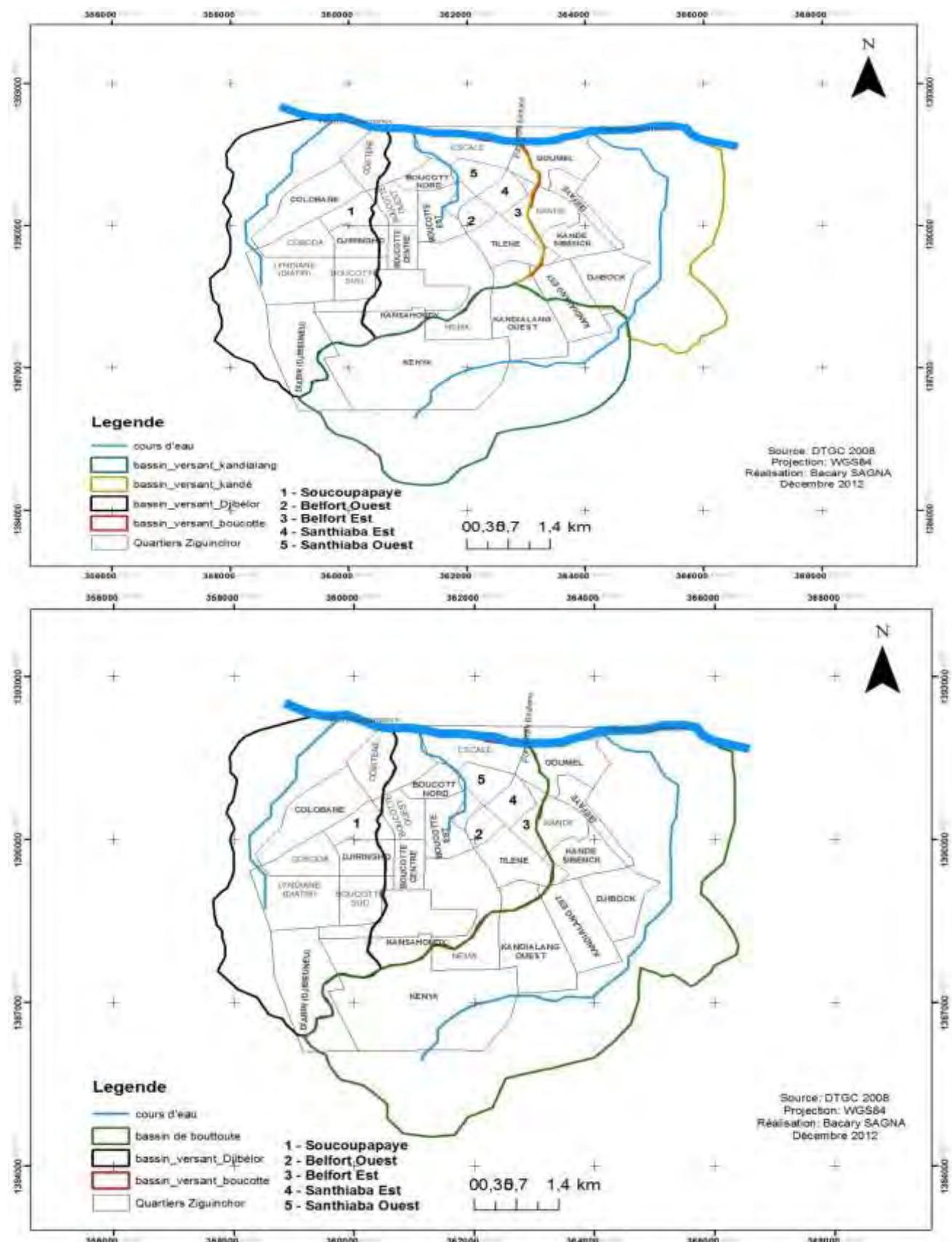
1- La méthodologie de délimitation

La délimitation des bassins versants communaux de Ziguinchor a été une étape très difficile car nous n'avons pas pu trouver de carte topographique de la zone nous permettant de faire une bonne délimitation. C'est ce qui fait que nous nous sommes tournés vers des méthodes informatiques pour pallier ce manque.

Ainsi avec le logiciel **Arc gis 9.3** couplé aux données SRTM⁸_33_10 de 90 mètres de résolution couvrant notre zone d'étude ont permis de faire la délimitation et de créer un modèle numérique de terrain. Cette méthode a permis de distinguer quatre bassins versants : le bassin versant de Djibélor situé à l'ouest de la ville, le bassin versant de Boucotte qui englobe le centre et le Nord de Ziguinchor, les bassins versants de Kandialang et Kandé qui couvrent respectivement le Sud et l'Est de la ville. Les deux derniers peuvent être fusionnés en un seul bassin car ils constituent en réalité un seul bassin versant. Mais nous avons jugé nécessaire de ne pas fusionner les deux bassins versants car dans la conception des ouvrages d'assainissement les ingénieurs utilisent souvent une approche par sous bassin. En plus la ligne de partage des eaux de ruissellement est bien visible sur le terrain (Kandé, Djibock) même si après, ces eaux se rencontrent dans le chenal principal du marigot de Boutoute.

⁸ SRTM : Il s'agit des images en trois dimensions qu'Arc gis utilise pour déterminer la ligne de partage des eaux

Carte 6 et 7: localisation des bassins versants urbains de Ziguinchor



2- Les paramètres des bassins versants

2.1- la surface et le périmètre

La surface et le périmètre des bassins versant sont deux données importantes dans l'analyse morphométrique. Ils permettent de calculer les paramètres de formes des bassins tels que l'indice de compacité de Gravélius. Cet indice permet de calculer le temps de cheminement des eaux de ruissellement vers l'exutoire d'un bassin versant. Dans cette étude les surfaces et les périmètres ont été calculés avec l'outil *calculate geometry* de *Arc gis*.

2.2- L'indice de forme

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

Comme son nom l'indique, l'indice Kc permet de déterminer la forme du bassin. Pour LAAROUBI H ; (2007) la forme du bassin versant est un élément essentiel pour la caractérisation des bassins versants. Il sert donc à calculer le temps de cheminement des écoulements pour arriver à un exutoire. Il est établi qu'un bassin versant allongé a un temps de cheminement plus long qu'un bassin versant circulaire. Ainsi les bassins versants communaux ont tous un Kc égal à 1,2 exception faite de celui de Boutoutte qui a un kc égal 1,4 (voire tableau 10). Nous pouvons conclure que les bassins versants sont allongés car leur Kc est supérieur à 1 cela explique donc le temps d'écoulement long des eaux ruissellement dans la Commune. Ce coefficient permet également avec la surface des bassins versants de définir les dimensions du rectangle équivalent dont la longueur et la largeur sont calculées par la formule suivante.

$$L = \frac{K\sqrt{S}}{1,12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K} \right)^2} \right]$$

$$l = \frac{K\sqrt{S}}{1,12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K} \right)^2} \right]$$

Tableau 8 : caractéristiques morphométriques des bassins versants et rectangle équivalent

Bassins	kc	L équi	L équi	Surface (km ²)	Perimeter(km)
Boucotte	1,2	4,4	2,1	9,7	13,3
Djibélor	1,2	5,2	2,4	16,4	13,1
Kandé	1,2	5,1	2,4	12,4	15,6
Kandialang	1,2	5,5	2,5	16,1	14,2
Boutoutte	1,4	10,24	2,56	26,4	26,6

Source : B SAGNA (2013)

2.3- L'hypsométrie

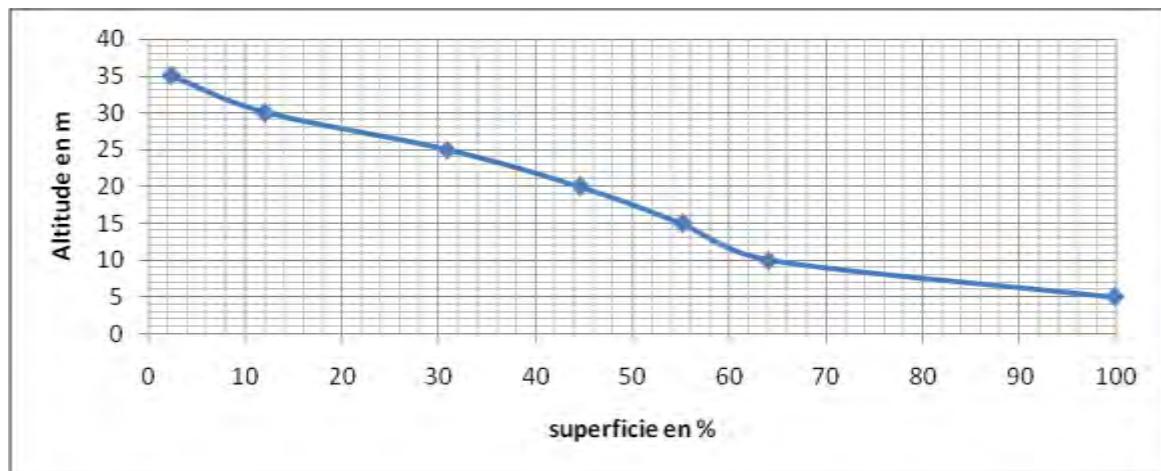
La courbe hypsométrique donne la répartition de la superficie du bassin versant en fonction de l'altitude. Les superficies partielles sont en pourcentage sur l'axe et les altitudes en mètre sur l'horizontal.

2.3.1- Analyse de la courbe hypsométrique de Djibélor

La courbe hypsométrique du bassin versant indique la présence du plateau de Djibélor vers les altitudes élevées et la plaine. Les pentes sont fortes dans le plateau et la zone intermédiaire tandis que sa forme relativement très vers les basses altitudes permet d'en déduire que les pentes y sont plus faibles voire nulles.

La forme de la courbe (figure 33) montre que le plateau pourrait être au risque d'érosion alors que les basses altitudes sont inondables car elles sont à du niveau de la mer voire au dessous.

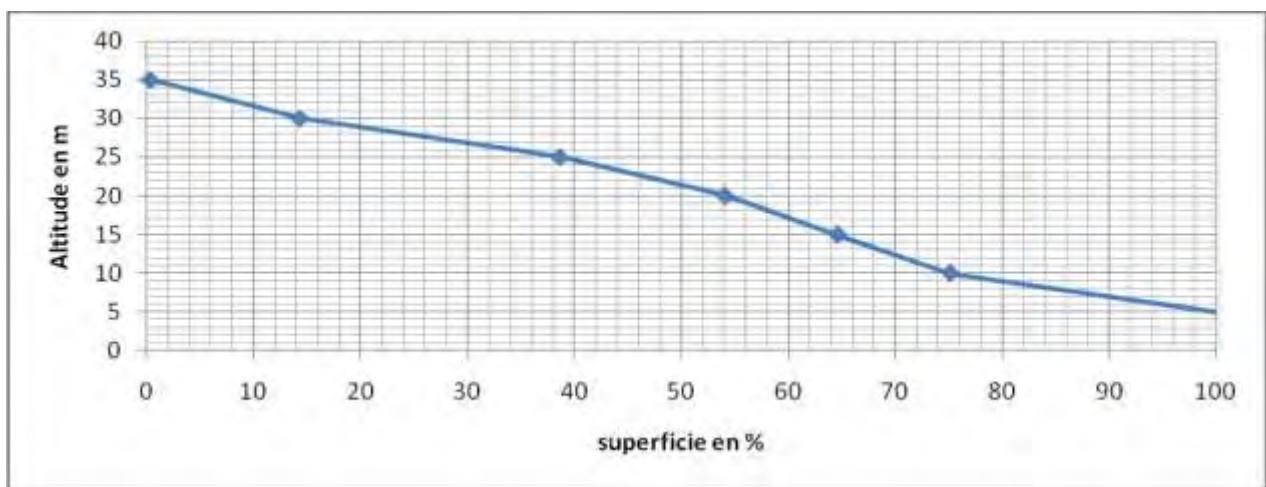
Figure 33 : courbe hypsométrique du bassin versant de Djibélor



2.3.2- Analyse de la courbe hypsométrique de Boucotte

L'analyse de la courbe hypsométrique du bassin versant de Boucotte montre comme celle de Djibélor que les altitudes diminuent du plateau vers la plaine. Les pentes sont fortes dans le plateau de Néma et faibles vers les basses altitudes c'est-à-dire vers Escale et Boudody-San thiaba. Ceci explique en partie pourquoi ces quartiers sont confrontés aux problèmes d'inondation.

Figure 35 : Courbe hypsométrique du bassin versant de Boucotte

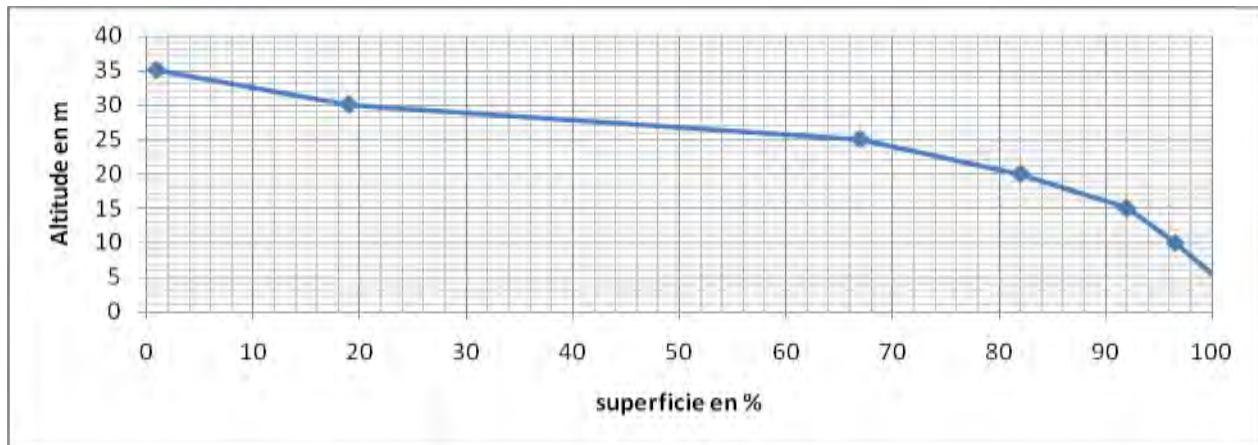


2.3.3- Analyse de la courbe hypsométrique du bassin versant de Kandialang

L'allure de la courbe hypsométrique montre contrairement aux autres courbes des autres bassins versants une convexité basale, avec des pentes modérées vers les moyennes

altitudes. Les pentes accentuées vers les basses altitudes indiquent que le bassin se termine dans la vallée du marigot de Boutoutte.

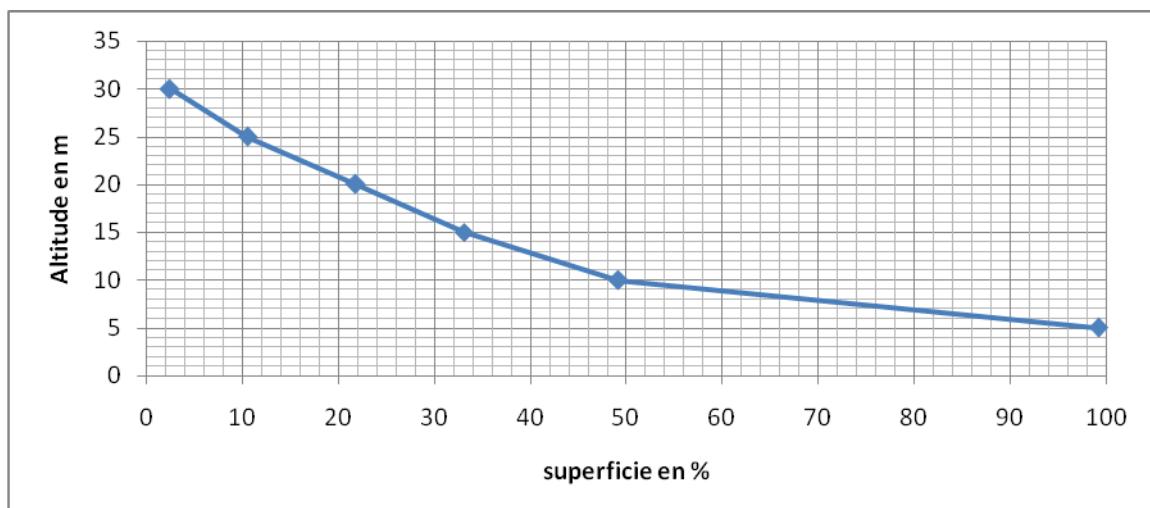
Figure 36 : Courbe hypsométrique bassin versant de Kandialang



2.3.4- Analyse de courbe hypsométrique de du bassin versant de Kandé

L'analyse de la courbe hypsométrique de Kandé indique que le relief du bassin se divise en deux entités un plateau et une plaine. Le plateau se caractérise par des pentes très fortes favorisant l'érosion hydrique d'où la présence de ravins dus à l'activité de l'eau de ruissellement et une plaine aux pentes douces constituées en grande partie de rizières

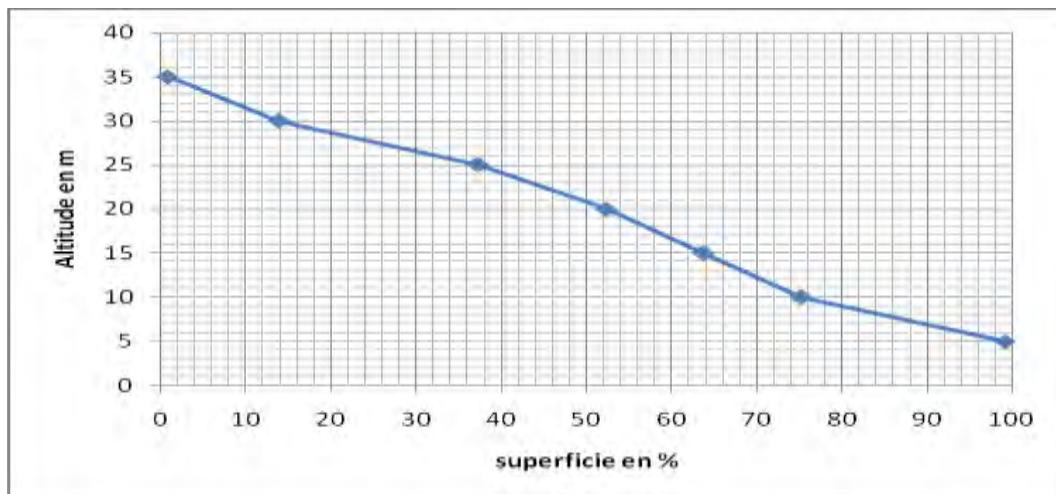
Figure 37 : Courbe hypsométrique bassin versant de Kandé



2.3.5- Analyse du marigot de Boutoutte

L'allure de la courbe hypsométrique montre une diminution progressive de la pente du plateau vers la plaine. La forme de la courbe montre que l'érosion est moins accentuée sur le plateau contrairement aux autres bassins versants.

Figure 38 : Courbe hypsométrique bassin versant de Boutoutte



2.4- Les indices de pente

Dans l'étude des caractéristiques des bassins nous avons déterminé deux indices de pentes que sont la pente moyenne et l'indice global de pente (Ig).

2.4.1- La pente moyenne

Cet indice est calculé à partir de la formule suivante :

$$\frac{H_{\max} - H_{\min}}{\sqrt{A}}$$

Avec H_{\max} = altitude maximale

H_{\min} = altitude minimale

A = surface du bassin versant

Ainsi pour les différents bassins de la Commune de Ziguinchor, les pentes moyennes sont très fortes car elles sont égales à 10 m/km pour le bassin versant de Boucotte, 9,4 m/km pour

Djibélor, 8,4 m/km pour Kandé, 9,6 m/km pour Kandialang et 2,6 m/km pour le bassin versant de Boutoutte qui a la pente moyenne la plus faible (voire tableau11). Cependant il faut signaler que ces pentes fortes en théorie sont en réalité faibles elle varie entre 0 et 2%. Ceci explique donc les difficultés d'évacuations des eaux pluviales dans la ville de Ziguinchor car les pentes faibles voire nulles ne favorisent pas un bon écoulement des eaux précipitées.

3. L'indice global de pente

Il est noté Ig et est exprimé par la formule suivante :

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

Avec ΔH = la différence d'altitude correspondant à H5% et H95% de la courbe hypsométrique. C'est à dire la surface du bassin comprise entre 5% et 95% de la surface totale.

L = la longueur du rectangle équivalent.

Comme les pentes moyennes, les indices globaux de pentes sont aussi très forts car les dénivélés sont importants. Ces indices élevés ont pour conséquence hydrologique l'érosion hydrique car elle est plus importante dans les régions où les dénivélés et averses sont importants comme Ziguinchor.

Tableau 9 : hypsométrie des bassins versants

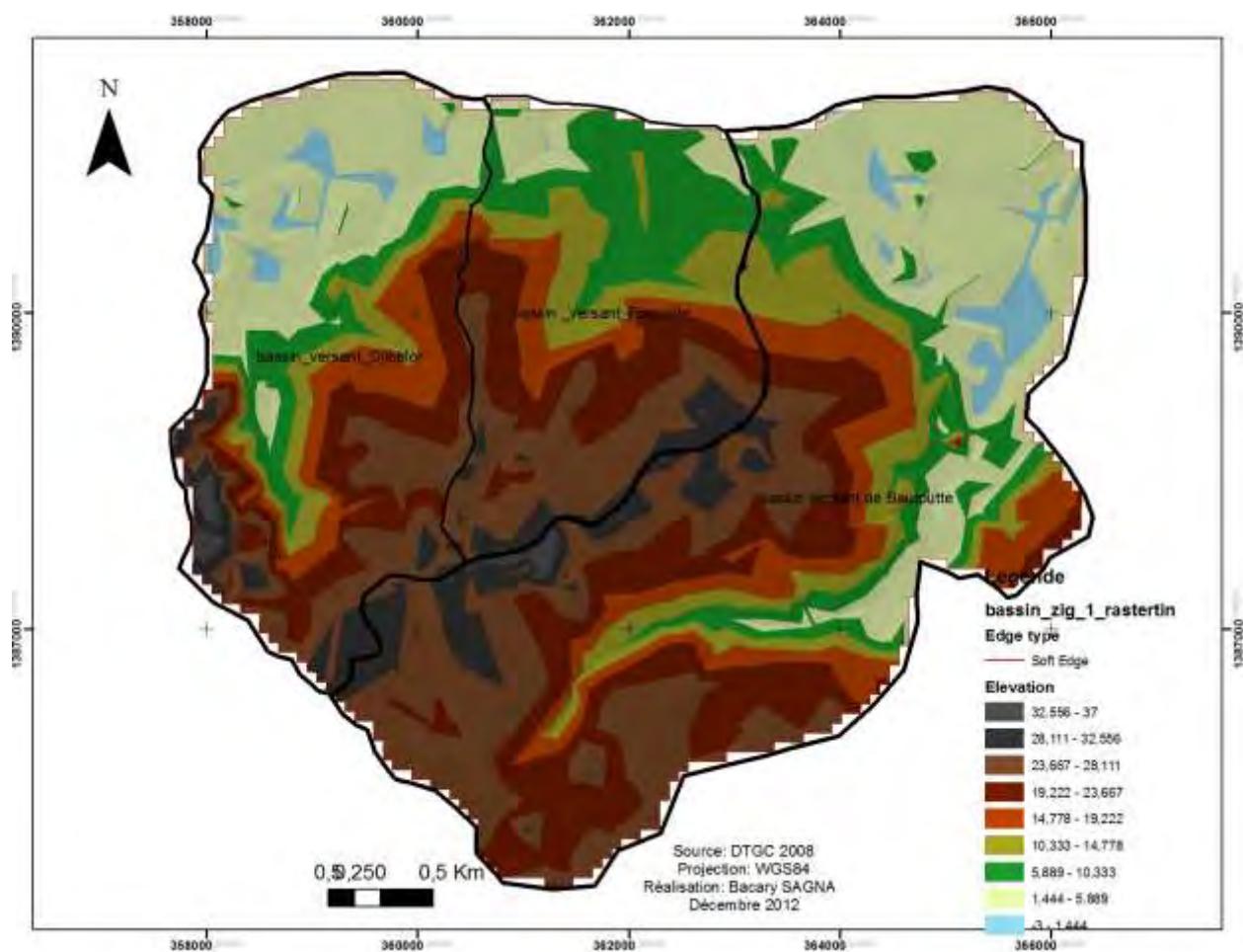
Bassins versants	Hmin	Hmax	IG	Pent moy
Boucotte	0	36	6,1	10
Djibélor	-3	35	5,2	9,4
Kandé	-2	32	4,1	8,45
Kandialang	2	36	4,4	9,65
Boutoutte	-2	35	7,12	2,6

Source ; B. SAGNA (2013)

L'étude de la morphométrie des bassins versants de la commune de Ziguinchor montre que les bassins versants sont de forme allongés donc un temps cheminement plus lent que les bassins versants circulaire. En plus les pentes faibles voire nulle ne favorisant pas un

écoulement rapide des eaux de surface engendre des difficultés de cheminement des eaux vers le fleuve. Cependant il faut signaler que l'écoulement est rapide vers les plateaux ceci à pour conséquence une érosion du sol car la composition de la majorité des sols de la Commune est favorable à érosion hydrique. D'où la présence d'un réseau important de ravins qu'il est important de prendre en charge dans l'aménagement du réseau d'évacuation car ils sont des indicateurs du volume qui s'écoule.

Carte 8: Modèle numérique de terrain des bassins versants de la commune de Ziguinchor



CHAPITRE 3 : ETUDE DU RESEAU D'EVACUATION DES EAUX DE PLUIES

L'observation du réseau d'évacuation des eaux pluviales dans la Commune permet de distinguer qu'il existe deux types de réseaux un réseau dit artificiel (caniveaux et collecteurs) et un réseau « naturel » fait de ravins. Dans ce chapitre nous allons présenter les différents types de réseau, leurs caractéristiques linéaires et morphométriques.

1. Les ravins

Le ravinement est la marque la plus visible de l'activité de l'eau sur le sol à Ziguinchor. C'est donc un réseau naturel créé par les eaux de pluie du fait de l'intensité de la pluie, de la nature du sol, de la vitesse d'écoulement et de la valeur des pentes. Nous distinguons plusieurs ravins dans les bassins versants communaux à l'exception du bassin versant de Boucotte qui n'en possède pas.

1.1. Le bassin de Djibélor

Au niveau du bassin de Djibélor il existe deux ravins que sont le ravin de Lyndiane et le ravin de Lyndiane 3 (voire carte 2 p 33)

1.1.1- Le ravin de Lyndiane

C'est le ravin le plus important de la ville il a une longueur de 2400 m, une largeur qui dépasse à certains endroits les 5 m et une profondeur de plus de 2 m. Ce ravin prend naissance sur le plateau de Néma et est constitué de plusieurs ramifications. Il draine les eaux d'une partie des HLM, de Lyndiane et de l'ensemble des eaux pluviales de Grand Dakar, Djiringho, Soucoupapaye avant de se jeter dans les rizières à l'Ouest de la ville. Il a une direction Nord - Sud et un tracé sinueux. Le ravin constitue un handicap pour la mobilité et un danger permanent pour les populations riveraines. Chaque saison des pluies des maisons et murs sont emportés par les eaux. Cette situation à conduit la Mairie à construire quelques passerelles et des planches pour la sécurité des personnes. Ces passerelles sont elles aussi menacées car l'érosion hydrique y est très importante. D'ailleurs certains riverains qui ont les moyens ont construit des murs de protection pour se sécuriser des méfaits de ce ravin qui continue de s'élargir (voire photo 3 et 4).



Photos 3 : écoulement dans le ravin



Photo 3 : passerelle permettant d'accéder dans cette maison

1.1.2- Le ravin de Lyndiane 3

C'est un ravin qui prend naissance sur le boulevard des hautes tensions au niveau du poste de courant dans le quartier de Lyndiane. Il draine les eaux du secteur vers le marigot de Djibélor. Il a un tracé linéaire suivant une direction Est Ouest et une longueur de 668,5m avec une largeur et une profondeur qui dépassent par endroit les 1,5m. Pendant l'hivernage une partie du quartier est inaccessible aux véhicules.

1.2. Dans le bassin versant de Kandialang

Dans le bassin nous avons trois ravins d'importance inégale que sont : le ravin de Kénia, le ravin de Néma 2 et le ravin de Kandialang.

1.2.1- Le ravin de Kénia

C'est un ravin difficile à déceler dans le paysage puisqu'il est envahi par les herbes pendant la saison des pluies. Il est constitué de plusieurs ramifications qui se rejoignent sur la voie qui mène à l'hôpital psychiatrique de Kénia. Il assure l'évacuation des eaux d'une partie de Kénia et du secteur de l'université de Ziguinchor avant de se jeter dans les rizières de Kénia au sud de la ville de Ziguinchor. Il a un tracé rectiligne et peut avoir par endroit une largeur supérieure à 2 m et une profondeur de 1 m sur une longueur de 645m.

1.2.2- Le ravin de Néma 2

Le ravin de Néma est constitué au départ de plusieurs ramifications qui se rejoignent derrière le camp des sapeurs pompiers. Il est long de 767m et draine les eaux de Néma 2 et une partie de Kénia. Il a un tracé peu sinueux et une profondeur qui atteint les 2 m. Il fait jonction avec les canalisations du boulevard des 54 m au niveau du point de rencontre des trois voies de ce boulevard. Les eaux de ce ravin sont conduites jusqu'à la dépression de Kandialang.



Photo 5 : ravin de Néma 2 situé au Sud de la ville

1.2.3- Le ravin de Kandialang

Le ravin de Kandialang est le plus important dans le bassin versant de Kandialang ; il fait 1200 m de long. Il est constitué au départ de plusieurs ramifications comme les autres ravins. Il collecte les eaux du secteur de l'ancienne SOMIVAC et une partie de Kandialang avant de se jeter dans les rizières sur la route de Mandina. Ce ravin a un tracé nord-Sud et forme une droite qui peut avoir par endroit une profondeur dépassant les 60 cm.

1.3. Dans le bassin versant de Kandé

Au niveau du bassin versant de Kandé nous avons trois ravins à l'image du bassin versant de Kandialang. Il s'agit : des ravins de Djibock, d'Alwar et de Tiléne



Photo 6: ravin de Kandé

1.3.1- Le ravin de Djibock

Il est le ravin le plus important du bassin versant et mesure 1182m de long avec une largeur de 2 à 3m pour une profondeur qui dépasse parfois les 2 m. Ce ravin draine les eaux qui descendent de la partie Est du plateau de Kandialang et de Djibock. Son tracé est rectiligne car le ravin suit le tracé du boulevard de Djibock qui passe juste derrière le Lycée du même nom où des planches ont été disposées pour en permettre la traversée. Ce ravin est la principale source d'alimentation de la mare de Djibock. Chaque année ce ravin augmente en largeur et longueur par le biais de l'érosion des eaux pluviales. Il engendre d'énormes problèmes de mobilité pour les populations. Une partie d'ailleurs du quartier est inaccessible par voiture pendant toute l'année. Ceci oblige les véhicules à faire un grand détour pour y accéder. Dans ce quartier, il n'y a pas de poste de santé d'où l'urgence à trouver une solution pour ces populations.



Photos 7 & 8 : ravin de Djibock

1.3.2- Le ravin d'Alwar

Le ravin Alwar comme le ravin de Djibock a un tracé rectiligne car il suit tout simplement le tracé du boulevard de Tiléne qui passe devant le CEM/T Amical Cabral. Il prend naissance vers le CEM et draine les eaux du secteur qu'il conduit vers les rizières situées derrière l'hôtel Diola. Ce ravin a une profondeur moyenne qui tourne autour de 50cm.



Photos 9 & 10: ravin de Alwar

1.3.3- Le ravin de Tiléne

Comme les autres ravins du bassin versant de Kandé, le ravin de Tiléne a un tracé Est-ouest. Ce dernier prend naissance vers le cimetière de Tiléne et draine les eaux qui descendent le quartier de Tiléne, qu'il achemine jusque dans les canalisations de la nouvelle route pavée de Kandé à la hauteur du Foyer des jeunes de Kandé. Ce ravin est le plus court de la ville il mesure 600m de long.



Photo 11 : ravin Tilène

2. Le réseau artificiel (les canalisations)

La commune de Ziguinchor, recevant 1417mm de pluie annuelle en moyenne est dotée d'un réseau d'évacuation des eaux pluviales. Ce réseau long aujourd'hui d'environ 53 km peut être divisé en trois groupes de réseaux : le réseau ancien ou de première génération, le réseau de seconde génération et le nouveau réseau dit de troisième génération.

2.1. L'ancien réseau

C'est le réseau que nous avons dans le vieux quartier de l'Escale et ses environs et pour lequel nous n'avons pas pu recueillir des informations techniques car les services techniques communaux n'en dispose pas. Ce réseau est constitué à la fois de canaux à ciel ouvert et de canaux fermés avec des dalles. Ils se caractérisent par leur petite dimension de forme rectangulaire avec comme largeur et profondeur respective de 40 et 50 cm. Ces canalisations servent à la l'évacuation des eaux pluviales et eaux usées. Elles sont donc unitaires.

Aujourd'hui ce réseau ancien long d'environ 10 km, est vétuste et abandonné par la municipalité car selon le chef de la voirie de la commune, le réseau de l'Escale ne draine plus

beaucoup d'eau et est souvent bouché car sa pente hydraulique ne lui permet pas de s'auto curer (voire photo 14) Le coût du curage, lourd à supporter pour la commune, a motivé son abandon. Conséquence lorsqu'une forte averse s'abat sur la ville, le centre ville est inondé pendant plusieurs heures car l'eau met du temps pour s'écouler (Voir photos 12 et 13). Il est donc urgent que le centre ville soit doté d'un réseau moderne afin de faciliter la mobilité des usagers.



Photo12: Rue du Capitaine Javelier inondée après le passage d'une averse



Photos13 : Rues séparant le Commissariat et la Gouvernance de Ziguinchor inondée



Photo 14 : sous-dimensionnement et l'ensablement du réseau ancien à Escale

2.2. Le réseau de seconde génération

Il regroupe l'ensemble des canalisations construites des années 1970 au début des années 2000. Comme le réseau ancien le réseau de seconde génération est localisé pour la grande partie dans le Bassin versant de Boucotte. Les caniveaux de la seconde génération sont de trois formes : rectangulaire, trapézoïdale et triangulaire.

Ces caniveaux sont entre autres le collecteur de Corentha long de 900m qui reçoit toutes les eaux des canalisations à l'exception de ceux de l'Escale avant de se jeter dans le fleuve Casamance en passant par le quartier de Boudody. Il a une longueur de 1400mm. Les caniveaux de forme trapézoïdale de Kansaoudy qui drainent les eaux d'une partie des HLM et Boucotte vers le marché Saint Maure des Fossées pour se jeter dans le collecteur de Corentha. Ou encore les caniveaux de Boucotte Sindian et de l'avenue Edouard Diatta qui drainent les eaux du secteur vers les rizières de Cobiténe. A Goumel nous avons des caniveaux de forme rectangulaire avec une profondeur de 80m ; ce sont les seuls caniveaux de la seconde génération que l'on trouve dans le bassin de Kandé. Nous avons également les canalisations du boulevard de la 54 qui datent de cette époque. De forme triangulaire, une partie de celles-ci se trouve dans le bassin versant de Kandialang.

En somme ce réseau semble être mieux dimensionné par rapport au réseau ancien car il déborde rarement. Signalons aussi que seul le bassin versant de Djibélor ne dispose aucune trace du réseau de seconde génération.

2.3. Les nouvelles canalisations

Ce sont les caniveaux construits avec le projet de pavage et de construction réseau d'assainissement pluvial de certaines rues de la Commune. Un projet financé en partie par l'Union Européenne pour faciliter la mobilité dans la Commune. Les canalisations sont réalisées sur les trois bassins versants que sont Boucotte, Djibélor et Kandé.

2.3.1- Dans le bassin de Kandé

Le bassin versant de Kandé est l'un des principaux bénéficiaires de ce projet car on y a construit un réseau long de près 6000m. Ce réseau est constitué de trois collecteurs dont deux de dimension 100 X 100 cm, et un de 180 X 150 cm qui permet le transfert d'une partie des eaux vers le bassin de Boucotte au niveau du rond point Aline Sitoé et quatre caniveaux latéraux de forme rectangulaire (60 cm sur 80 cm).

Tableau 10 : Caractéristiques techniques du réseau du bassin de Kandé

Désignation	Type d'ouvrage	Longueur(m)	dimension	Pente hydraulique %
C1S VZ1B	collecteur	1200	100X100	0,950
C3SVZ1B	collecteur	1015	180X150	1,100
C2VZ4	collecteur	1090	100X100	0,480
C4SVZ3 gauche	caniveau	882	80X60	0,450
C4SVZ3 droit	caniveau	882	80X60	0,450
C5SVZ5 gauche	caniveau	640	80X60	0,350
C5SVZ5 droit	caniveau	640	80X60	0,350

Source : Rapport d'étude hydrologique et hydraulique du PUHIMO

2.3.2- Le bassin de Djibélor

Le bassin de Djibélor est le moins pourvu en termes d'infrastructures d'évacuation des eaux pluviales. Il a fallu attendre le projet construction du réseau de troisième génération pour qu'il puisse bénéficier de 2000 m de canalisation. Ces dernières couvrent le caniveau

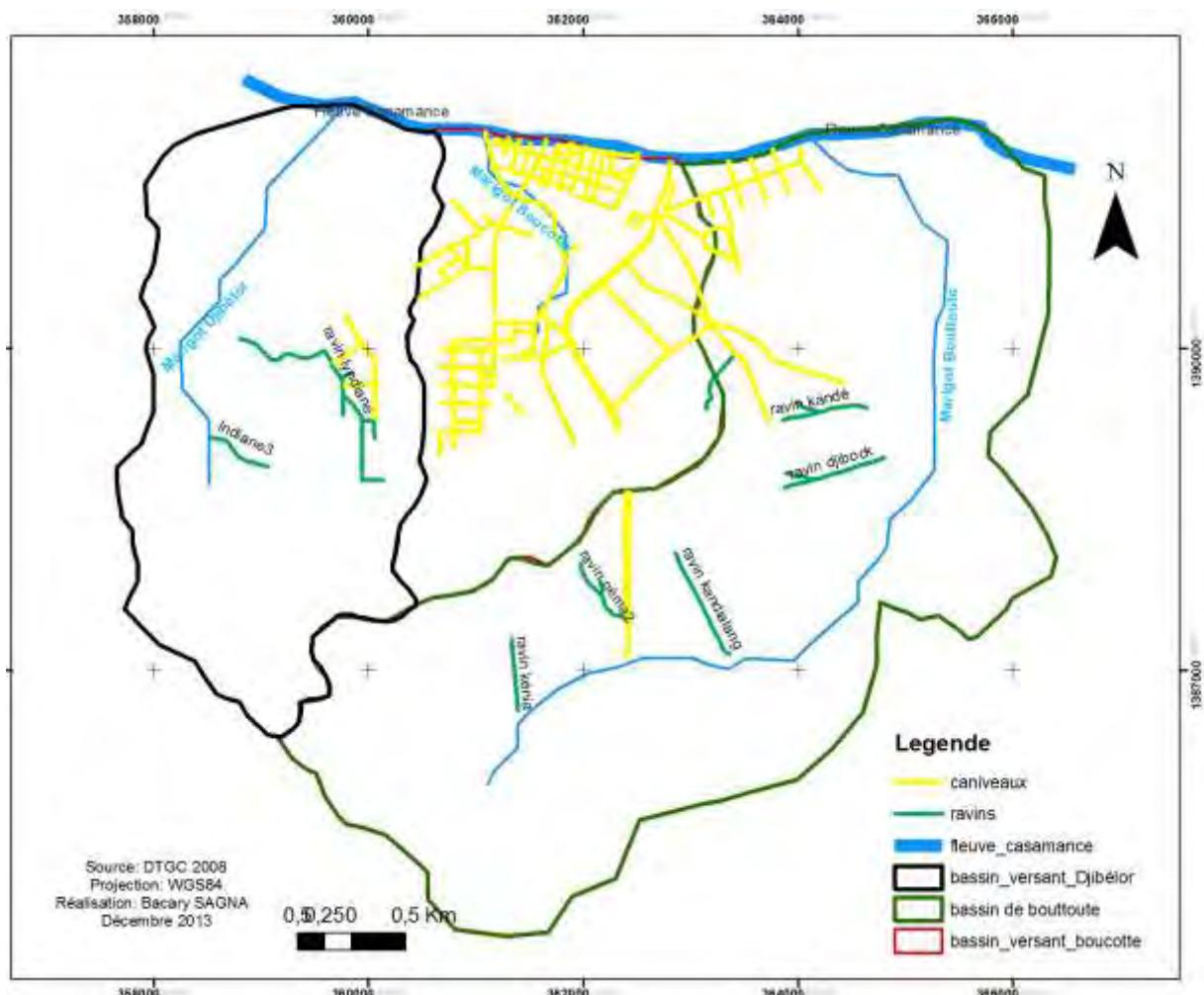
fermé des deux voies qui relient la Route national N°6 à la route de Lyndiane et les deux collecteurs à ciel ouvert qui conduisent les eaux vers le ravin de Lyndiane.

2.3.3- Dans le bassin versant de Boucotte

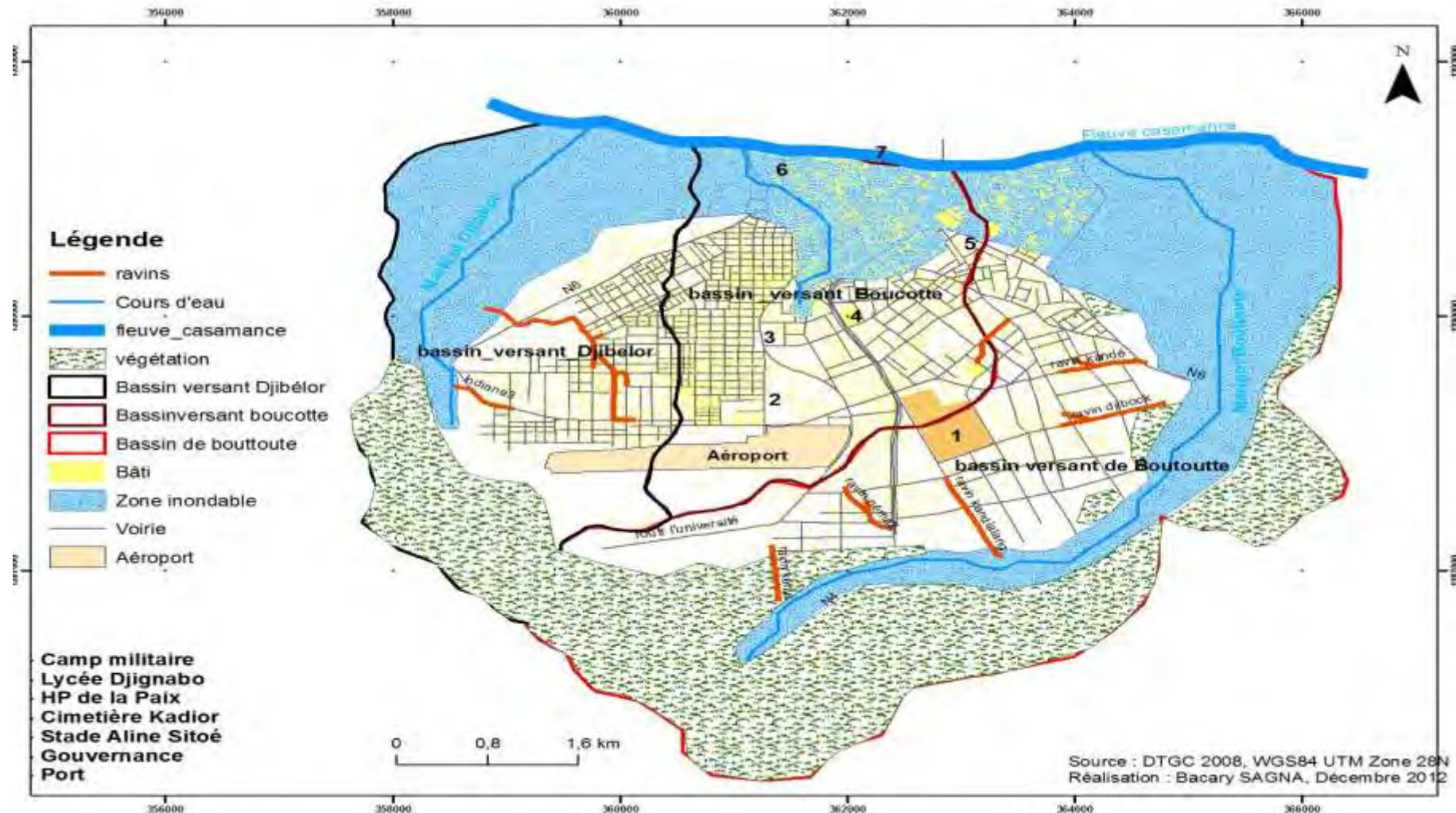
Ce bassin versant est le bassin le mieux pourvu en termes de réseau d'assainissement mais également de routes bitumées ou pavées. Avec ce projet ce bassin s'est doté d'un réseau de troisième génération long de près de 6500 m dont deux collecteurs fermés de 100 X 100 cm. L'un conduit les eaux de la rue allant du village artisanal à la 54 vers le collecteur de Corentha derrière l'hôtel Mapala et la seconde draine les eaux du boulevard de Péyriac vers le caniveau de l'avenue Assouan Guéye, le plus grand datant de la seconde génération. Les autres ouvrages de ce projet dans bassin versant de Boucotte sont des canalisations latérales de forme rectangulaire. Ils ont trois dimensions : les premiers de 60 X 60 cm qui drainent uniquement les eaux arrivant au niveau de la chaussée pavée ; les seconds de 80 X 60 cm qui drainent les eaux venant des environs et enfin ceux de 80 X 80 cm que l'on retrouve dans les rues ayant une seule canalisation latérale.

En somme l'étude du réseau d'évacuation des pluviales de la commune de Ziguinchor indique la présence de deux types de réseaux : un réseau naturel constitué de ravins et de réseau artificiel. Si le premier est issu des éléments de la nature, le second lui est le fruit de l'œuvre humaine. Ainsi le réseau artificiel est très mal réparti dans l'espace car certains bassins versants comme de Djibélor et sous bassin de Kandialang ne disposent que d'une route ayant des canalisations. Alors que le bassin versant de Boucotte concentre plus 80% du réseau. Ce réseau artificiel souffre d'énormes problèmes techniques et sociaux qu'il faut remédier.

Carte 9: Réseau d'évacuation des eaux pluviale de la Commune de Ziguinchor



Carte 10 : Occupation des bassins versants communaux



2.4- Les problèmes du réseau d'évacuation des eaux pluviales

La commune de Ziguinchor dispose de deux types de réseaux d'évacuation des eaux. Notre intérêt ne portera que sur le réseau artificiel qui est celui qui a été construit par la Commune. Le réseau artificiel d'évacuation de Ziguinchor souffre de deux types de problèmes : les problèmes d'ordre technique et de manque de civisme des populations.

2.4.1- Les problèmes techniques

Rappelons que les caractéristiques des ouvrages d'évacuation des eaux pluviales devraient dépendre de plusieurs paramètres dont les plus importants sont la superficie du bassin versant drainé, la quantité et l'intensité de la pluie, la pente et la nature du sol, et enfin du modèle d'urbanisation du bassin etc. A Ziguinchor la plupart de ces dispositions ne sont exactement prises en compte dans la conception des ouvrages. Les canaux sont donc sous dimensionnés. Ceci fait que les ouvrages de la troisième génération dimensionnés pour une pluie de fréquence quinquennale (selon le rapport de P.U.H.I.M.O) déborde chaque année au lieu de 5 ans car ils sont sous-dimensionnés. En effet, une étude hydrologique sérieuse n'avait pas été faite pour déterminer les paramètres nécessaires pour un aménagement du réseau d'évacuation des eaux pluviales. Ce projet constitue un gâchis vu son coût d'exécution. Aujourd'hui il apparaît important de revoir la manière donc s'est fait la conception et la réalisation de ce projet pour ne pas refaire les mêmes erreurs dans le futur.

L'ensablement des ouvrages d'évacuation est aussi un autre problème technique lié à la conception des ouvrages. Car la pente hydraulique qui permet aux canaux de s'auto-curer n'est pas respectée. Ce sable dans les caniveaux provient soit de l'action éolienne pendant la saison sèche, soit des sédiments apportés par les eaux de ruissellement. Ce sable une fois dans les canalisations sert de support pour le développement de certaines plantes. La combinaison de ces deux situations constitue un facteur très défavorable pour un bon écoulement des eaux.

2.4.2- Les Contraintes d'ordre humain et les défaillances institutionnelles

Ce sont des problèmes qui relèvent d'un manque de civisme des populations. Ces actes sont entre autres :

- le déversement des ordures et des eaux usées dans les caniveaux à ciel ouvert qui bouchent et bloquent les écoulements ;
- les branchements clandestins sur le réseau surtout dans le quartier de Boudody ;
- les constructions sur les caniveaux surtout vers les marchés engendrent des dysfonctionnements du réseau.
- les déchets solides rejetés dans les canaux...

Conclusion partielle

En somme l'étude de la morphométrie des bassins versants a permis de montrer que tous les bassins sont de forme allongées avec des dénivellés importants. Ce dénivélé important engendre des pentes fortes qui exposent le sol à l'érosion hydrique d'où la présence d'un réseau naturel d'écoulement auquel s'est ajouté un réseau artificiel. Ce dernier souffre d'énormes problèmes qui se résument à une mauvaise répartition, une vétusté et enfin un sous dimensionnement, une défaillance institutionnelle.

CONCLUSION GENERALE

Les bassins versants de la Commune de Ziguinchor se caractérisent par un relief de plateau disséqué par des marigots. Sur ces espaces hydrologiques se déploie la ville qui connaît un boom démographique, une densification de l'habitat, qui en l'absence de connaissances sur le fonctionnement et la dynamique de ces bassins versants communaux, engendrent des problèmes pour les activités humaines et l'environnement.

En effet, sur le plan humain les bassins versants sont en cours d'urbanisation à l'exception du bassin versant de Boucotte qui est totalement urbanisé. Les surfaces imperméables ont été estimées : $4,2 \text{ km}^2$ pour Djibélor, $4,2 \text{ km}^2$ pour Kandialang, $3,5 \text{ km}^2$ pour Kandé et enfin $8,1 \text{ km}^2$ pour Boucotte.

Sur le plan pluviométrique les bassins versants reçoivent d'énormes quantités d'eaux de pluies : 1417 mm en moyenne et de fortes averses qui peuvent atteindre les 230 mm (18/Août/1999). Ceci fait qu'ils génèrent d'importantes ressources en eau qu'il faut nécessairement bien prendre en charge dans les projets d'aménagement.

Au plan morphométriques les bassins versants se caractérisent :

Par leurs formes allongées car les Kc varient 1,2 et 1,4 avec des pentes fortes variant de 8 à 10m/km exception faite du bassin de Boutoutte avec 2 m/km. Les indices globaux de pente (Ig) sont également élevés entre 4,1 et 7,1.

Le réseau d'écoulement des eaux pluviales se caractérise par son inégale répartition entre les différents bassins : concentré dans le bassin de Boucotte, faible ou inexistant dans les autres bassins versants. Le réseau souffre également du sous-dimensionnement et de l'indiscipline des populations.

Au terme de cette étude sur les bassins versants urbains de Ziguinchor à permis de déterminer certaines paramètres qui rencontre dans la conception et la mise d'un réseau d'évacuation des eaux des pluviales. Cependant force est de reconnaître que le sujet est loin d'être clos. En effet, bien des thématiques de recherches feraient d'intéressantes études comme l'estimation des bilans hydrologiques des bassins.

Bibliographie

- Albergel. J, Dacosta. H**, (mai 1995) : Les écoulement non pérennes sur les petits bassins du Sénégal, In hydrologie tropical, 18p (Actes de la conférence de Paris,
- ANDRIEU. H**, (2005) : Intérêt de l'hydrométéorologie en milieu urbain *in european journal of scientifics reseach*
- ATLAS DU SENEGAL ; 2001** : Jeune Afrique, Paris, 84p
- BENADESELAM. T ET HAMMAR. Y** (2009) : Estimation de la réponse hydrologique d'un bassin versant urbanisé, *in european journal of scientifics reseach.*
- BOIS. P, OBLED. C, ZIN. I.** (2007) : Introduction au traitement des données en hydrologie, Institut Nationale Polytechnique de Grenoble
- BOUANANI , A** : Hydrologie et Transport Solide et Modélisation :Etude de quelques Bassins TAFNA (Algérie) Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen
- BOUVIER. C, PERRIN. J. L, CRESPY. A, CISNEROS. L, HINGRAY. B, WOTLING. H**, « pluie et crues extrêmes en milieu urbain » IRD Fond documentaire code Box 21533
- BRUNEAU. J. C** ; (1979) : Croissance urbaine des pays tropicaux : Ziguinchor une petite ville du Sénégal ; Bordeaux CEGET ; 163p
- BRUNET. R, FERRAS. R, THIERY. H**, (2005) : Les mots de la géographie, dictionnaire critique, Montpellier-Paris édition 3^{iem} 518p
- DACOSTA. H**, 1989 : Précipitation et écoulement sur le bassin versant de la Casamance ; thèse 3^{iem} cycle UCAD
- DEMBA. J.** (2006) : Gestion déléguée de l'eau au Sénégal : outil de recomposition urbaine ou facteur de fragmentation spatiale dans la ville de Ziguinchor ; mémoire de maîtrise UCAD
- DIALLO. I.** (2005) : Piézométrie et évolution de la qualité de la partie superficiel le de l'acquière du continental terminal dans la ville de Ziguinchor ; mémoire DEA UCAD 117P
- DIEDHIOU C.I.** (2010) : « Problématique de l'approvisionnement en eau potable en milieu urbain : cas de la commune de Ziguinchor » mémoire maîtrise UCAD
- DIEME. B. E. A.** (2008) : Recomposition des territoires de l'eau et impacts sur le l'écoulement et l'environnement dans le bassin du marigot de Boutoute ; mémoire de maîtrise UCAD 131p

- DIEME. B. E. A.** (2009) : Le bassin littoral du marigot de Boutoute : Dynamique urbaine sur un affluent de la Casamance, estimation des apports hydriques et sédimentaires ; mémoire de DEA UCAD 82p
- ENGINEERING & ENVIRONNEMENT SERVICES.** (2008) : « Construction de voiries et de drainage des eaux de ruissellements à Ziguinchor : Etude d'impact environnementale » Rapport d'étude commune de Ziguinchor 138p
- GOUDIABY, A.** (2010) : « Enjeux de l'implantation d'infrastructures dans un territoire en conflit : cas de la commune de Ziguinchor » mémoire maitrise
- GOUDIABY.A.D.** (2010) : « Dégradation de l'environnement et ses conséquences sanitaire dans le quartier de Colobane à Ziguinchor » mémoire de maitrise, UCAD
- GRAVOST M.** (1968) : « Alimentation en eau de Ziguinchor : étude des possibilités de la nappe phréatique de Ziguinchor » Rapport BRGM 31P
- KEBE. M,** Problématique des inondations à Ziguinchor : cas du quartier de Santhiaba ; mémoire de maitrise UGB
- LAAROUBI. H,** (2007) : Eude hydrologique des bassins versants urbains de Rufisque ; thèse 3^{iem} cycle UCAD 308p
- LAMAGAT J.P. LOYER J.V,** (1985) : typologie des bassins de la Casamance ; ORSTOM 13P
- MANGA. E.L.** (2001) : Eaux de pluie à Ziguinchor : écoulement et problème d'environnement UGB
- MBAYE I. M.** (2002) : Pluie et érosion, Caractérisation et conséquences environnementales dans ville de Ziguinchor, mémoire de maitrise UGB136p et annexes
- MERLIN. P et CHOAY. F,** (2005) « Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement » Paris P.U.F 1^{er} édition « Quadrige » : 2005
- N'DIAYE. E. O.** : Bassin versant de Bambey : caractéristiques morpho métriques et eaux de surface, mémoire de maitrise, département e géographie UCAD 96p
- NIANG. M.** (2004) : Formes, intensités et indices d'émotivité des pluies à la station synoptique de Ziguinchor de 1957 à 2001 mémoire de maitrise UCAD, 107p
- Office National de l'Assainissement du Sénégal.** 2007 « Etude du Plan Directeur d'Assainissement de Ziguinchor » Rapport d'évaluation 52p

Programme spécial de Voirie Urbaine à Haute Intensité de Main d'œuvre : Rapport d'étude hydrologique et hydraulique ; mars 2009

RODIER J.A : Recherches en Afrique occidentale sur les effets de l'urbanisation sur le ruissellement ; ORSTOM

SAGNA P. (1988) : Etude des lignes de grains en Afrique de l'Ouest thèse 3ièm cycle UCAD

SENAGROSOL-CONSULT. (1998) ; « Plan Stratégique d'assainissement de la ville de Ziguinchor » Rapport d'études de la commune de Ziguinchor 48p

WADE. S et al « Télédétection des Catastrophes d'inondation urbaine : cas de la région de Dakar » (Sénégal) Journée d'Animation scientifique (JAS09) de l'AUF d'Alger

LISTE DES GRAPHIQUES

Figure1 : évolution mensuelle des températures entre 1980 et2011

Figure2 : évolution mensuelle de l'humidité relative à Ziguinchor entre 1980-2010

Figure3 : évolution mensuelle de l'insolation

Figure 4 : évolution de l'évaporation moyenne mensuelle à Ziguinchor entre 1980-2010

Figure 5 : évolution vitesse de vents à Ziguinchor 1996-2011

Figures 6 à18 : direction dominant par mois

Figure19 : carte 3 et coupe géomorphologique de la ville de Ziguinchor

Figure20 : Evolution population de Ziguinchor entre 1888 et 1960

Figure 21 : Evolution de la population de la Commune de Ziguinchor de 1860-1980

Figure 22 : Evolution de la population urbaine de 1988 2010 (ANSD)

Figure 23 : composition ethnique de la population

Figure 24 : variation annuelle de la pluies à Ziguinchor entre 1921-2012

Figure 25 : écart à la moyenne

Figure 26 : Courbe d'ajustement des pluie annuelle à la station de Ziguinchor 1921-2012

Figure 27 : variation mensuelle de la pluie à Ziguinchor 1921-2012

Figure28 : Courbe d'ajustement des pluies du mois juin 1921-2012

Figure 29 : Courbe d'ajustement des pluies du mois de Juillet de 1921-2012

Figure 30 : Courbe d'ajustement des pluies du mois d'août de 1921-2012

Figure 31: Courbe d'ajustement despluies du septembre de 1921-2012

Figure 32: courbe d'ajustement des pluies du mois d'octobre de 1921-2012

Figure 33 : Courbe d'ajustement des pluies journalières de Ziguinchor de 1921-2012

Figure 34 : courbe hypsométrique bassin versant Djibélor

Figure 35 : Courbe hypsométrique bassin versant de Boucotte

Figure 36 : Courbe hypsométrique bassin versant de Kandialang

Figure 37 : Courbe hypsométrique bassin versant de Kandé

Figure 38 : Courbe hypsométrique bassin versant de Boutoutte

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : répartition des surfaces bâties par bassin

Tableau 2 : Répartition de la population par âge et par sexe de la population de Ziguinchor en millier.

Tableau 3 : répartition de la population par quartier

Tableau 4 : paramètres statistiques des pluies annuelles

Tableau 5 : paramètres statistique des pluies du mois de juillet

Tableau 6 : paramètres statistique du mois d'Août

Tableau 7 : fréquences retour des pluies journalières

Tableau 8 : caractéristiques morphométriques des bassins

Tableau 9 : hypsométrie des bassins versants

Tableau 10 : caractéristiques techniques du réseau du bassin de Kandé

LISTE DES CARTES

Carte 1 : localisation de la commune de Ziguinchor

Carte 2 : réseau hydrographique des bassins versants

Carte 3 : géomorphologique de la ville de Ziguinchor : source Bruneau. J. C, (1979)

Carte 4 : des sols de la commune

Carte 5: expansion urbaine de la ville de Ziguinchor

Carte 6 et 7: localisation des bassins versants urbains de Ziguinchor

Carte 8: Modèle numérique de terrain des bassins versants de la commune de Ziguinchor

Carte 9: réseau d'évacuation des eaux pluviales

Carte 10 : occupation des bassins versants commune de Ziguinchor

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : riziculture à Santhiaba

Photo 2 : maraîchage dans les bas-fonds à Lyndiane

Photo 3 & 4 : ravin de Lyndiane

Photo 5 : ravin Néma 2

Photo 6 : ravin Kandé

Photo 7 & 8 : ravin de Djibock

Photo 9 &10: ravin de Alwar

Photo 11 : ravin Tilène

Photos 12& 13 : Montrant les rue Javelier et celle séparant la police de la Gouvernance inondées

Photo 14 : montrant le sous-dimensionnement et l'ensablement du réseau ancien

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE	2
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES	3
REMERCIEMENTS	4
INTRODUCTION GENERALE	5
PREMIERE PARTIE : LES ASPECTS PHYSIQUES DES BASSINS VERSANTS	19
CHAPITRE 1 : PRESENTATATION DE LA ZONE D'ETUDES	20
I- PRESENTATION PHYSIQUE DE LA COMMUNE	20
1- LOCALISATION.....	20
II- Les paramètres climatiques.....	22
1. Les paramètres climatiques	22
III- Géologie, hydrologie et hydrogéologie.....	30
1- La géologie	30
2- Hydrographie de la Commune	31
IV- La géomorphologie et la pédologie	34
1- La géomorphologie	35
2. La pédologie	38
CHAPITRE 2 : LES ASPECTS HUMAINS	41
1. Historique de la Ville	41
2- Evolution de la population	42
3- La dynamique de l'occupation urbaine des bassins versants	45
4- Structure par âge et par sexe	48
5-Répartition de la population par quartier	48
6- Composition ethnique	49

7- Les activités économiques	50
8- L'habitat dans les bassins.....	53
DEUXIEME PARTIE : ETUDE DE LA PLUIE, DE LA MORPHOMETRIE DES BASSINS VERSANTS ET DU RESEAU D'EVACUATION DES EAUX PLUVIALES	54
CHAPITRE 1 : ANALYSE DE LA PLUIE	55
1- Présentation de la station	55
2- La pluviométrique annuelle	55
2.1- Variation annuelle de la pluie.....	55
2.2- Analyse Fréquentielle.....	57
3- Analyse des pluies mensuelles.....	59
3.1- Variation mensuelle	59
3.2- L'analyse fréquentielle	60
4- Les pluies journalières	66
CHAPITRE 2 : CARACTERISTIQUES MORPHOMETRIQUES DES BASSINS VERSANTS	68
1- La méthodologie de délimitation	68
2- Les paramètres des bassins versants	70
2.1- la surface et le périmètre	70
2.2- L'indice de forme	70
2.3- L'hypsométrie	71
2.4- Les indices de pente	74
3. L'indice global de pente.....	75
CHAPITRE 3 : ETUDE DU RESEAU D'EVACUATION	76
1. Les ravins	77

1.1.	Le bassin de Djibélor	77
1.2.	Dans le bassin versant de Kandialang	78
1.3.	Dans le bassin versant de Kandé	79
2.	Le réseau artificiel (les canalisations).....	82
2.1.	L'ancien réseau.....	82
2.2.	Le réseau de seconde génération	84
2.3.	Les nouvelles canalisations	85
2.4-	Les problèmes du réseau d'évacuation des pluviales.....	86
	CONCLUSION GENERALE.....	88
	Bibliographie.....	89
	LISTE DES GRAPHIQUES	92