



Université Senghor

Université internationale de langue française
au service du développement africain

Opérateur direct de la Francophonie

Le profil de vulnérabilité, un outil d'aide à la décision pour la gestion durable des zones humides de Saint- Louis

Présenté par

Fatimatou Sall

pour l'obtention du Master en Développement de l'Université Senghor

Département Environnement

Spécialité Gestion des Aires Protégées

le 17/04/2013

Devant le jury composé de :

Directeur : Dr Adrien Coly,
Enseignant chercheur, Université
Gaston Berger Saint-Louis (Sénégal)

Co-Directeur : Dr Paul Ouédraogo
Conseiller Principal pour l'Afrique au
Secrétariat de la Convention de
Ramsar

Dr. Martin Yelkouni

Directeur du Département Environnement, Université
Senghor

Dr. Paul Ouédraogo

Conseiller Principal pour l'Afrique au Secrétariat
de la Convention de Ramsar

Dr. Alexia DUFOUR

Chargée d'Appui aux Régions de la Convention
de Ramsar

Président

Examineur

Examineur

SOMMAIRE

Dédicace	2
RESUME	3
ABSTRACT	3
Liste des sigles et acronymes	4
Table des illustrations.....	5
Avant propos et remerciements	6
Introduction Générale	8
Chapitre 1. Cadrage général de l’analyse du profil de vulnérabilité	10
1.1. Problématique de la gestion des zones humides à Saint-Louis	10
1.2. De la définition d’un profil de vulnérabilité à celle des modalités de gestion d’un système	12
1.3. Cadre méthodologique.....	18
1.4. Contraintes et limites.....	21
Chapitre 2. Les zones humides de Saint-Louis	22
2.1. Les zones humides de Saint-Louis, une gamme diversifiée d’écosystèmes dans un tissu urbain	22
2.2. Les zones humides de Saint-Louis, des écosystèmes à fort potentiel écologique.....	25
2.3. Un fonctionnement et une dynamique régis par des facteurs hydroclimatiques, sous influence anthropique.....	26
Chapitre 3. Vulnérabilité des zones humides urbaines de Saint Louis : entre incertitudes et pressions	32
3.1. L’irrégularité des facteurs naturels de dynamique	32
3.2. Des contraintes anthropiques source de pression.....	34
3.3. Une régression notoire des systèmes naturels	35
3.4. La vulnérabilité, dénominateur commun de la gamme d’écosystèmes humides au niveau de Saint-Louis	37
3.5. Des risques associés à la vulnérabilité des écosystèmes humides pour la ville.....	42
Chapitre 4. Les déterminants de la vulnérabilité des zones humides, repères d’une gestion efficiente des zones humides de Saint-Louis.....	45
4.1. Des cibles et enjeux de gestion liés à la sensibilité à l’endommagement.....	45
4.2. Des objectifs et des options de gestion découlant des aspects de vulnérabilité.....	47
4.3. Recommandations.....	51
Conclusion et Perspectives.....	53
Bibliographie.....	54
Table des matières	57

Dédicace

A mon regretté Père, Cheikh al Ibrahima Sall

Ton départ a été prématuré pour nous, mais tu n'as nullement failli à ta mission dans nos vies

Que ton œuvre t'illumine là où tu es PAPA

A ma vaillante mère, Yacine Touré

Femme de vertu, de foi et de courage

Merci de m'avoir inculqué très tôt le sens de la responsabilité, de l'autonomie et de la solidarité!

Que le tout puissant t'accorde longue vie Maman!

A mes adorables frères et sœurs,

A tous les membres de la GTE !

RESUME

Les zones humides de la ville de Saint-Louis sont des écosystèmes à fort potentiel écologique. Toutefois, elles sont soumises à diverses pressions et incertitudes et se distinguent par leur faible implication dans la protection de la cité.

Une conscience nouvelle s'est développée au sujet du rôle que jouent ces écosystèmes dans la protection de la ville contre les aléas. Cependant, à cheval entre les dynamiques hydrologiques et le fait urbain, la gestion des zones humides de Saint-Louis relève d'une véritable acuité pour une mise à profit des services écosystémiques dans les services urbains pour la cité estuarienne.

Un diagnostic de la situation actuelle des zones humides au niveau de Saint-Louis révèle une vulnérabilité notoire de ces systèmes écologiques qui compromet la protection de la cité.

Une analyse des paramètres de vulnérabilité offre des orientations pour une gestion durable de ces milieux en vue d'une résilience territoriale et décline le profil de vulnérabilité comme un outil de bord pour les gestionnaires de la municipalité pour prendre en charge cette question.

Mots clés : Gestion des zones humides – Mises à profit des services écosystémiques – Profil de vulnérabilité – outil de bord.

ABSTRACT

Wetlands of St. Louis' city are ecosystems with high ecological potential. However, they are subjected to various pressures and uncertainties and stand out for their low involvement in the protection of the city.

A new consciousness was developed about the role of these ecosystems of protection of the city against hazards. However between hydrological dynamics and urban fact, the management of St. Louis' wetlands is a real acuteness for leveraging of ecosystem services in urban services for the estuarian city.

A diagnosis of the current status of wetlands in St. Louis reveals a well-known vulnerability of these ecological systems that affect the protection of the city.

An analysis of the parameters of vulnerability offers guidance relating for sustainable management of these habitats for territorial resilience and disclaims the vulnerability profile as a board tool for municipal managers to take charge this issue.

Keywords: Wetland management - Updates advantage of ecosystem services - Vulnerability profile - board tool.

Liste des sigles et acronymes

ADC	: Agence de Développement communal
ADTX	: Aspect Décision Temps Lieu
BDD	: Base De Données
CBD	: Convention sur la BioDiversité
CC	: Classification Climatique
CLUVA	: CLimate change and Urban Vulnerability in Africa
EES	: Evaluation Environnementale et Sociale
GIEC	: Groupe International d'Experts sur les Changements climatiques
GILIF	: Gestion Intégrée des Littoraux et des bassins Fluviaux
GIRE	: Gestion Intégrée des Ressources en Eau
GTE	: Gouvernance des Territoires de l'Eau
IEC	: Information – Education - Communication
IS	: Indice de Sécheresse
RUD	: Ressources Usages Décision
SIG	: Système d'Information Géographique
TER	: Travaux d'Etude et de Recherche
UGB	: Université Gaston Berger
UICN	: Union Internationale pour la Conservation de la Nature
UMT	: Units Morphology Type
UNEP	: United Nations Environnement Programme
UN	: United Nations

Table des illustrations

Liste des figures

Figure 1: Schéma de gestion du modèle RUD	16
Figure 2: Du profil de vulnérabilité à la gestion des zones humides	17
Figure 3: Les étapes de l'approche d'évaluation du potentiel écologique des milieux	19
Figure 4: Les zones humides dans l'aire d'agglomération de la ville de Saint-Louis	23
Figure 5: Evolution du bâti à Saint-Louis de 1973 à 2009	31
Figure 6: Evolution de la pluviométrie à Saint-Louis par rapport aux moyennes sèche et humide et la normale	32
Figure 7: variation de la crue dans l'estuaire du fleuve Sénégal de 1986 à 2010	33
Figure 8: Dynamique urbaine à Saint-Louis.....	34

Liste des tableaux

Tableau 1: Paramètres d'évaluation de la vulnérabilité.....	14
Tableau 2: Nomenclature des zones humides de la ville de Saint-Louis.....	24
Tableau 3: Les fonctions et services écosystémiques de quelques zones humides	25
Tableau 4: Evolution de la population au niveau de Saint-Louis	29
Tableau 5: Evolution de l'indice d'aridité	32
Tableau 6: Tendances d'évolution de quelques unités entre 1972 et 2003 dans Saint-Louis et son arrière pays.....	35
Tableau 7: Profil de vulnérabilité des zones humides de Saint-Louis	36
Tableau 8: Profil de vulnérabilité des zones humides de Saint-Louis (suite)	37
Tableau 9: Profil de vulnérabilité des zones humides de Saint-Louis (suite)	38
Tableau 10: Profil de vulnérabilité des zones humides de Saint-Louis (suite)	39
Tableau 13: Imbrication des fonctions et services écologiques aux fonctions et services urbains	43
Tableau 14: Les cibles de gestion	44
Tableau 15: Les menaces pour les différentes cibles de gestion qui justifient la vulnérabilité des zones humides au niveau de Saint-Louis.....	46
Tableau 16: Les options selon les objectifs de gestion et les axes d'intervention.....	47

Avant propos et remerciements

Ce travail est conçu dans le cadre du Programme de Mobilité intra africa. Il agrée le Master développement de l'Université Senghor du département Environnement, spécialité Gestion des Aires Protégées.

Il a été initié à travers le programme Gouvernance des Territoires de l'Eau (GTE) du Laboratoire LEÏDI de la section de Géographie de l'Université Gaston Berger de Saint-Louis, Sénégal. Il a fait l'objet de deux mémoires de recherche qui ont porté sur les *impacts des changements climatiques sur les zones humides de Saint-Louis*. Ces travaux ont conclu sur une résilience rampante des écosystèmes, une vulnérabilité de la ville induit par la dynamique des écosystèmes humides.

Ainsi, il est question de définir dans le cadre de ce mémoire, des orientations de gestion des zones humides dans le contexte des changements climatiques et de l'urbanisation de la ville. Il se fait sur la base de la caractérisation de la vulnérabilité de ces écosystèmes dans l'optique d'une optimisation des services écosystémiques dans les fonctions et services urbains et d'une résilience territoriale. Ainsi il se rattache à l'axe Eau-Ville-Environnement du programme GTE.

Il est le fruit d'un bon nombre de collaborations avec des personnes qui nous ont encouragé et soutenu et à qui nous devons de vifs remerciements.

Ces remerciements vont en l'endroit du :

- Dr Martin Yelkouni, le Directeur du département environnement qui n'a ménagé aucun effort pour que nous puissions être dans de bonnes conditions de travail et qui n'a cessé de nous gratifier de ses conseils et orientations ;
- Dr Paul Ouédraogo qui a toujours su aussi faire preuve de disponibilité pour nous orienter, nous appuyer malgré ses multiples charges. Il a accompagné ce travail tout au long de son processus. Ses critiques et suggestions nous ont été plus qu'utiles.
- De Madame Suzanne Zikry, la secrétaire du département pour sa disponibilité et tout le personnel administratif ainsi que les professeurs qui ont œuvré dans cette formation. Nous remercions également tous les amis « senghoriens » avec une mention spéciale à l'ensemble de la communauté sénégalaise qui nous a toujours épaulés particulièrement Moustapha Mané, Tening Sène, Ibrahima Gueye, Babacar Fall, Mamadou Ndiaye et Dior Diallo.

Nous tenons également à remercier chaleureusement le Dr Adrien Coly qui nous a initiés dans le champ de la recherche et qui encore, cette année, a renouvelé son engagement à encadrer ce travail malgré ses multiples obligations et la distance. Il a consacré toute l'attention nécessaire à ce travail jusqu'à sa finalisation et n'a cessé de nous encourager et de nous gratifier de ses conseils et de son soutien. Merci Professeur pour votre soutien, votre disponibilité, votre compréhension, votre attention, la pertinence de vos critiques et suggestions au quotidien, pour toutes vos qualités hautement humaines et scientifiques qui m'ont davantage motivée.

Ces remerciements vont aussi à l'endroit de tous les membres du Pôle Eau particulièrement à Mohamed. CBC Diatta pour ses encouragements incessants et son soutien sans cesse, à

Léopold M. Badiane, Ndèye Marème Ndour, Mansour Fall pour leur soutien ainsi qu'au Dr Sidia Badiane.

Je remercie aussi tous les membres de ma famille pour leur soutien indéfectible. Je veux nommer par là mon regretté Père et ma merveilleuse Maman, mes frères et sœurs pour leur amour, leur soutien, leur confiance et leurs prières. Ces remerciements vont aussi à l'endroit de mes Oncles, Tantes, cousins et cousines avec une mention spéciale à mes beaux frères Dame Sall et Papa Sall et ma grand-mère Nafi Ndao, à tous mes frères et sœurs sanarois, particulièrement à Assane, Waly et Binette.

Introduction Générale

Les dynamiques territoriales, sont de plus en plus marquées de nos jours, par une urbanisation progressive. A l'orée des années 2000, plus de la moitié de l'humanité réside désormais dans les villes.

Le constat majeur est une pression soutenue et de plus en plus croissante sur les ressources naturelles et les écosystèmes naturels. Cette situation résulte d'une demande foncière et des exigences de réponses aux fonctions et services urbains. La croissance démographique encore importante et la dégradation des conditions de vie en milieu rural stimulent une spéculation foncière en ville où l'urbanisation a pour spécificité un étalement urbain dans les pays du Sud.

L'extension du tissu urbain qui découle de l'urbanisation progressive se fait sans planification préalable dans la plupart des villes. Cette forme d'urbanisation a pour conséquences une congestion et un dysfonctionnement des systèmes écologiques entre autres répercussions surtout dans les villes estuariennes. Elle a une forte incidence sur les écosystèmes humides qui sont des systèmes à fort potentiel écologique, mais malheureusement fragiles, car soumis aux incertitudes climatiques avec les changements globaux.

Un consensus scientifique est atteint sur l'impact des changements climatiques sur la biodiversité. En Afrique, ils ont déjà été identifiés comme une cause profonde émergente de la perte des habitats de nombreuses espèces, en particulier des populations d'amphibiens (UNEP, 2002). Parallèlement, l'expansion de l'urbanisation est de plus en plus, selon la Convention de Ramsar¹, source de dégradation des zones humides.

Il est donc impérieux de mettre en place un cadre de gestion efficient afin d'incorporer la gestion des écosystèmes urbains et péri urbains dans la planification urbaine. A ce titre, la convention de Ramsar prône dans sa Résolution XI.9 un « cadre intégré pour éviter, atténuer et compenser les pertes en zones humides ». Cette recommandation est justifiée par l'importance des écosystèmes humides et les conséquences d'une mauvaise gestion de ces milieux sur la résilience des villes. Toutefois l'adoption d'un mode de gestion efficient nécessite l'élaboration et la mise en place d'indicateurs qui feront office d'outils d'aide à la décision.

Ainsi le choix de travailler sur la question des zones humides en milieu urbain et péri urbain se justifie par les incertitudes qui pèsent sur le devenir de ces écosystèmes fragiles au potentiel non négligeable pour les villes et la complexité de leur gestion.

La question des zones humides urbaines et périurbaines s'inscrit dans les préoccupations d'ordre international de nos jours au point de mobiliser les institutions internationales pour répondre aux différents défis des villes : Convention de Ramsar, UN-HABITAT, CBD, GIEC, etc.

¹ 11e Session de la Conférence des Parties à la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971) « Les zones humides : lieux de vie et destinations » Bucarest, Roumanie, 6 au 13 juillet 2012 Résolution XI.11 Principes pour la planification et la gestion des zones humides urbaines et périurbaines

La ville de Saint-Louis située dans l'estuaire du fleuve Sénégal n'échappe pas aux problématiques des cités d'eau. L'urbanisation y est à l'équivoque du fait de l'acuité des problèmes de la gouvernance de l'eau et d'une mauvaise gestion des zones humides.

L'enjeu majeur auquel cette étude tente de répondre, tourne autour de la vulnérabilité des écosystèmes humides en milieu urbain et péri urbain et à la résilience territoriale (résilience des communautés et des zones humides). Dans un contexte de pressions et d'incertitudes induites par le fait urbain et les changements climatiques, la dynamique des écosystèmes porte son empreinte sur l'urbanisation (Sall, 2011, 2012) qui, eu égard aux valeurs urbaines y est ambivalente (Sarr, 2002).

Cette étude se veut de donner des lignes directrices d'une gestion efficiente des différents écosystèmes humides identifiés à Saint-Louis sur la base de leur vulnérabilité qui compromet la résilience territoriale. Pour ce faire, il s'agit de procéder à l'analyse de la vulnérabilité des différents types de zones humides qui se trouvent dans la ville de Saint Louis et de déterminer des modalités de leur gestion selon leur profil pour une mise à profit de leurs services écosystémiques. Ainsi le présent document est structuré en quatre chapitres. Le premier chapitre fait un cadrage de l'étude et revient sur la problématique de la gestion des zones humides au niveau de Saint-Louis, les fondements conceptuels de l'étude du profil de vulnérabilité et la méthodologie. Le second chapitre présente les zones humides au niveau de Saint-Louis. Le troisième chapitre décrit le profil de vulnérabilité et le quatrième chapitre propose un cadre de gestion efficiente de ces milieux en réponse à la vulnérabilité actuelle et pour une mise à profit des services écosystémiques.

Chapitre 1. Cadrage général de l'analyse du profil de vulnérabilité

La prise en charge d'une question de recherche doit faire appel à un « cadre de référence théorique large et souple » illustrant « une carte provisoire du territoire, composée de connaissances générales à propos du phénomène qu'on s'apprête à étudier, ainsi que de repères interprétatifs qui soutiennent l'étude en question » (Mucchielli 2005 cité par Paquette 2007). Ce chapitre expose l'ancrage théorique qui soutient l'idée d'outils d'aide à la décision du profil de vulnérabilité pour la problématique des zones humides de Saint-Louis. Ainsi après la problématique de l'étude, il revient sur une revue conceptuelle tournée autour de la vulnérabilité et de la gestion avant de terminer avec la méthodologie.

1.1. Problématique de la gestion des zones humides à Saint-Louis

Les zones humides de la ville de Saint-Louis n'ont pas échappé à la problématique de la plupart des écosystèmes humides en milieux urbains et périurbains² malgré les multiples avantages qu'ils sont susceptibles de procurer. La diversité des écosystèmes de la cité estuarienne particulièrement constitués de mangroves offre une mosaïque de services écosystémiques allant des fonctions de productions aux fonctions de régulation en passant par celles d'habitat et d'auto-entretien.

Les différents services des zones humides représentent un fort potentiel à optimiser pour les services urbains. Le rôle des zones humides apparaît très important pour les services urbains en ce qui concerne l'assainissement et la santé des humains compte tenu de leurs fonctions de régulation, de protection, de production, de loisir, etc.

Fort de ce constat, l'Agence de Développement Municipal (ADC) a esquissé un plan d'action pour la réhabilitation et l'incorporation des zones humides dans le paysage urbain afin de tirer profit de ces milieux écologiques à travers l'*étude stratégique d'aménagement de la mangrove à Saint-Louis et ses environs*, réalisée en 2009.

Au terme de cette étude il était question de:

- Mettre en place un cadre de concertation politico administratif (conseil supérieur de la mangrove) pour assurer une protection consensuelle et efficiente de l'écosystème ;
- Mettre en place des outils et des mécanismes qui permettraient l'émergence d'une prise de conscience communautaire ;
- Restaurer la mangrove pour le maintien des équilibres écologiques pour une meilleure gestion de la diversité biologiques ;
- Améliorer les conditions de vie des populations par la valorisation des terroirs villageois et de l'espace de solidarité écologique intercommunal.

L'analyse de ces orientations pour la conservation montre le désir d'un changement du rapport de l'homme avec ces systèmes écologiques.

² Considérés comme hostiles et de plus en plus dégradés avec l'urbanisation progressive

Cependant, ce plan d'action demeure à l'étape de formulation et d'orientation de politique générale. On note aussi que la vision n'est pas fondée sur une mise à profit des services écologiques de la mangrove en réponse à la vulnérabilité territoriale causée par les pressions et incertitudes qui fragilisent les systèmes écologiques au point d'anéantir leurs fonctions sur les services urbains.

La cité fait toujours face à de nombreux risques et catastrophes assez particuliers qui pourraient être affiliées aux changements climatiques (sécheresse, inondations, érosion côtière, salinisation...) dans le contexte des changements globaux. Ces événements n'ont pas manqué d'affecter les écosystèmes caractéristiques de la ville amphibie: les Zones Humides, qui ont connu une dynamique compromettante (Diop, 2004).

Il est connu que le fonctionnement de ces zones humides est tributaire de la variabilité et de l'intensité de facteurs physiques et anthropiques (Coly et al. sous presse) à savoir le climat, l'impact des actions anthropiques (aménagements : barrages, brèche³ et urbanisation) et des activités économiques sur l'hydrodynamique. La dynamique hydrologique avec les incertitudes climatiques, les pratiques d'utilisation des terres et les activités humaines sont autant d'aléas et de pressions qui s'exercent sur ces écosystèmes (Convention de Ramsar, 2011).

La multiplicité des aléas et pressions auxquels sont confrontés les écosystèmes humides en milieux urbains et périurbains les expose à une vulnérabilité notoire. Face à cette situation, la bonne gestion de ces systèmes écologiques a pour défi l'application de modalités de gestion qui s'appuient sur des outils d'aide à la décision clairs et concis.

1.1.1. Les questions de l'étude

Il est question dans le cadre de ce travail de voir quelles sont les modalités de gestion optimales pour les différents types de zones humides de la ville de Saint-Louis pour une résilience territoriale. Ainsi, il s'agit de répondre spécifiquement à la question : qu'est ce qui détermine la vulnérabilité actuelle des différentes zones humides de Saint-Louis ? Et quelles sont les modalités de gestion des zones humides de Saint-Louis à définir et à appliquer pour une optimisation des services écosystémiques des zones humides ?

1.1.2. Les objectifs de l'étude

L'objectif général de ce Travail d'Etude et de Recherche (TER) est de proposer des références d'une gestion durable des différents types de zones humides de la ville de Saint-Louis. De façon spécifique, il s'agit de caractériser le profil des zones humides de Saint-Louis dans le contexte actuel et de définir des orientations de gestion efficiente des différents types d'écosystèmes humides à Saint-Louis.

³ Embouchure creusée à la suite des inondations de la ville en 2009 pour favoriser un écoulement rapide des eaux

1.1.3. Les hypothèses de l'étude

Ce travail pose comme postulat qu'une gestion durable des zones humides doit se fonder sur la caractérisation de leur profil de vulnérabilité des zones humides. Autrement dit, la vulnérabilité actuelle des zones humides est due aux différentes pressions et menaces qui s'exercent sur leur structure (composantes écologiques), leur fonctionnement (processus écologiques) et sur leur dynamique (états et fonctions). Ainsi des modalités de gestion basées sur le profil de vulnérabilité de chaque type de zones humides de la ville pourraient permettre une optimisation de leurs services écosystémiques.

1.2. De la définition d'un profil de vulnérabilité à celle des modalités de gestion d'un système

La définition de modalités de gestion sur la base du profil de vulnérabilité nécessite un éclairage conceptuel et un exposé sur les méthodes d'évaluation ou d'appréciation de la vulnérabilité et de la gestion.

1.2.1. La vulnérabilité d'un système

La vulnérabilité est un concept polysémique et évolutif ; pouvant être défini comme le degré d'exposition aux risques selon Magnan (2009). D'après cet auteur, les premières approches faisaient références aux "paradigmes physiques" indexant les caractéristiques physiques d'un milieu à son exposition aux risques. Mais toujours selon cet auteur, un second courant de pensées centré sur les "paradigmes structurels" émergea, intégrant une dimension socioculturelle à la vulnérabilité aux risques naturels et alliant aléas aux processus naturels et vulnérabilité aux processus humains. Enfin, une approche basée sur les "paradigmes complexes" succéda à ces deux courants, mettant en exergue la "réciprocité" et la jonction de facteurs naturels aux facteurs anthropiques (Magnan, 2009).

1.2.1.1. Approche conceptuelle

La Vulnérabilité, définie comme l'ensemble des dommages potentiels (Mauro, 1993 ; Veyret et Reghezza, 2004 cités par Scarwell, 2007), enseigne d'une fragilité contextuelle par rapport à des aléas.

Décamps (2007), considère la vulnérabilité d'un Système Socio Ecologique (SSE) à travers sa propension à être endommagé de par son exposition à cet événement. Elle n'est rien d'autre que la propension à l'endommagement ou au dysfonctionnement d'éléments exposés (Leone et Vinet, 2005).

Le cataclysme qui résulte de l'endommagement ou du dysfonctionnement d'un système vulnérable est fonction des enjeux en relation avec le système. De fait, la densification des enjeux dans un système devient catalyseur de vulnérabilité (Leone et Vinet, 2005).

Toutefois, la vulnérabilité est articulée autour d'une multitude de facteurs directs et indirects en interaction et souvent complexe. Selon Léone Et Vinet (2005), elle est sujette à la perception du risque fonction de l'aléa et de ses paramètres de fréquence et d'intensité mais

aussi à l'aptitude d'un système à dépasser des contraintes voire de s'appuyer dessus pour progresser et se reconstruire.

Dès lors " la vulnérabilité nous oriente d'une part vers les enjeux et d'autre part vers toutes les formes d'organisation au sens large qui servent aux sociétés à se prémunir des aléas ou à s'en accommoder" (Beccera, Peltier 2009).

La vulnérabilité des zones humides de Saint-Louis traduit alors la propension des écosystèmes humides de la ville à être endommagés de par leur exposition aux différentes pressions qui s'y exercent avec l'urbanisation progressive de la zone estuarienne et les incertitudes qui se dressent face à leur dynamique dans le contexte des changements globaux.

Les différentes pressions et incertitudes auxquelles sont confrontées les zones humides traduisent parfaitement la jonction de facteurs anthropiques aux facteurs naturels relatés dans l'évolution du concept par Magnan (2009).

La nécessité de la considération des aptitudes d'un système à dépasser les contraintes, voir de s'appuyer dessus pour progresser ou se reconstruire dans la détermination de la vulnérabilité d'un système amène à une considération de la gestion mise en œuvre. Elle influence l'évolution des milieux en plus des propriétés intrinsèques des écosystèmes à faire face aux mutations de leur environnement.

Ces propriétés intrinsèques relèvent des caractéristiques écologiques de chaque unité pour ce qui est des zones humides. Elles se traduisent en termes de composantes, de processus et de services fournis. La vulnérabilité décrit un ensemble d'interrelations de telle sorte que si les composantes du milieu sont affectées, les impacts se ressentent sur les services fournis et les processus en jeu à moins que le système ne puisse entamer un processus d'autorégulation s'il dispose de facultés résilientes.

La vulnérabilité qui pèse sur les caractéristiques écologiques émane de fait d'une sensibilité du système, se manifeste dans la dynamique des écosystèmes et l'intensité est déterminée par les capacités de réponses en jeu qui peuvent réduire ou non la sensibilité du milieu.

1.2.1.2. Approche d'évaluation de la vulnérabilité

L'évaluation de la vulnérabilité d'un système socio écologique déclarée ou potentielle passe par l'analyse des dommages écologiques qui peuvent être appréciés à travers trois aspects : l'évaluation de la sensibilité à l'endommagement, la caractérisation de l'endommagement ou la capacité de réponse à l'endommagement selon Leone et Vinet (2005).

Pour ces auteurs :

- L'évaluation de la **sensibilité à l'endommagement** est fonction de facteurs intrinsèques (propriétés du système considéré) ou extrinsèques (facteurs de dynamique) du système vulnérable quantifiable par le biais d'indicateurs ou qualifiables par le biais de diagnostics;

- La **caractérisation de l'endommagement** se fait par l'appréciation des dommages par le biais de constats passant par de simples descriptions ou par le biais de bilans avec une quantification poussée ou encore de prévisions des dommages ou des pertes potentielles dans le cas des scénarii;
- Quant à la **capacité de réponse à l'endommagement**, elle s'illustre avec les stratégies d'adaptation pour minimiser les dommages qui dans ce cas de figure renvoient en grande partie au système de gestion qui va influencer la résilience territoriale.

Ainsi la détermination du profil de vulnérabilité des différents types de zones humides fait appel à différents paramètres relatifs à ces divers aspects (Tableau 1).

Tableau 1: Paramètres d'évaluation de la vulnérabilité

Aspects	Composantes	Paramètres		
sensibilité à l'endommagement	Propriétés intrinsèques	Topographie		
		Géomorphologie		
		Superficie		
		Pédologie		
		Faune		
	Facteurs de dynamique	Flore		
		Pluviométrie		
		Crues		
		Processus urbain		
		Stratégies de gestion		
caractérisation de l'endommagement	Dommages enregistrés	Activités socio économiques		
		Dégradation		
		Conversion		
	Risques associés	Regression		
		Inondation/Etiage		
		Regression du potentiel d'eau utilisable		
		Regression des fonctions d'auto entretien		
		Réduction des habitats		
		capacité de réponse à l'endommagement	Forces	Facultés résilientes
			Opportunités	Situation hydrologique favorable
Politiques de conservation				
Législation				
Institution de gestion				

Réalisation Sall F., 2013 d'après Leone et Vinet (2005)

Ce tableau reprend sur la base des trois aspects d'évaluation de la vulnérabilité les différents éléments directs ou indirects susceptibles d'influencer le fonctionnement et la dynamique des zones humides. Ils relèvent des caractéristiques du milieu, des facteurs de dynamique, de leur dynamique, des conséquences de leur dynamique, de leur contexte d'évolution favorable ou non.

1.2.2. La gestion dans les systèmes écologiques

La gestion, telle que définie par Debacker (1994), « l'administration des biens d'autrui avec soins, talents et succès » fait appel à un cadre de référence théorique et opérationnel pour sa mise en œuvre.

1.2.2.1. Les fondements théoriques d'un modèle de gestion

La gestion est définie par Girin (1983) comme un ensemble d'activités collectives en interactions dont les résultats, font l'objet de jugement. Selon cet auteur, en situation de gestion les agents se voient engagés et se reconnaissent comme participants à des degrés divers à la production de résultats. Les idées émises par Girin manifestent une multitude d'acteurs et de multiples activités à des fins déterminées.

Aux obligations de résultats, Debacker (1994) associe ainsi la gestion à une administration avec soins, talents et succès des biens. Il repose l'atteinte de résultats sur cinq dimensions qui répondent aux questions que sont : Où ? Pourquoi ? Quand ? Quoi ? et comment ?

1. Où? Pour prendre en charge le lieu où se déroule la pluriactivité à mettre en œuvre
2. Pourquoi? Justifiant chaque action
3. Quand? Pour dire le moment d'intervention de chaque acteur
4. Quoi? Pour déterminer les objectifs qui vont permettre d'évaluer les résultats
5. Comment? Pour déterminer les stratégies à mettre en œuvre afin d'atteindre les objectifs

La réponse à ces différentes questions définissent un cadre d'analyse référentiel dénommé ADTX : Aspect-Décision-Temps-Lieu. Le modèle ADTX détermine ainsi sur quel aspect une décision est prise dans le cadre d'une activité de gestion, le moment et le lieu où la décision s'exerce. A ce titre gérer renvoie à prendre une décision sur un aspect bien déterminé à un temps défini dans un lieu et la manière dont est mise en œuvre les décisions prises à des fins déterminées.

L'opérationnalisation de ces différentes dimensions requiert la définition d'un modèle de gestion qui conduit au standard de planification. Le modèle de gestion repose d'après Coly (1996), sur trois sous systèmes que sont : la Ressource, les Usages et les Décisions (RUD).

Le modèle RUD pose comme principe que, dans la gestion, il faut considérer la demande comme variable clé à ajuster à l'offre et qu'il importe de proposer un style de planification sur la base d'un indice de satisfaction défini par le rapport entre les normes et les ressources selon des objectifs de gestion (Figure 1).

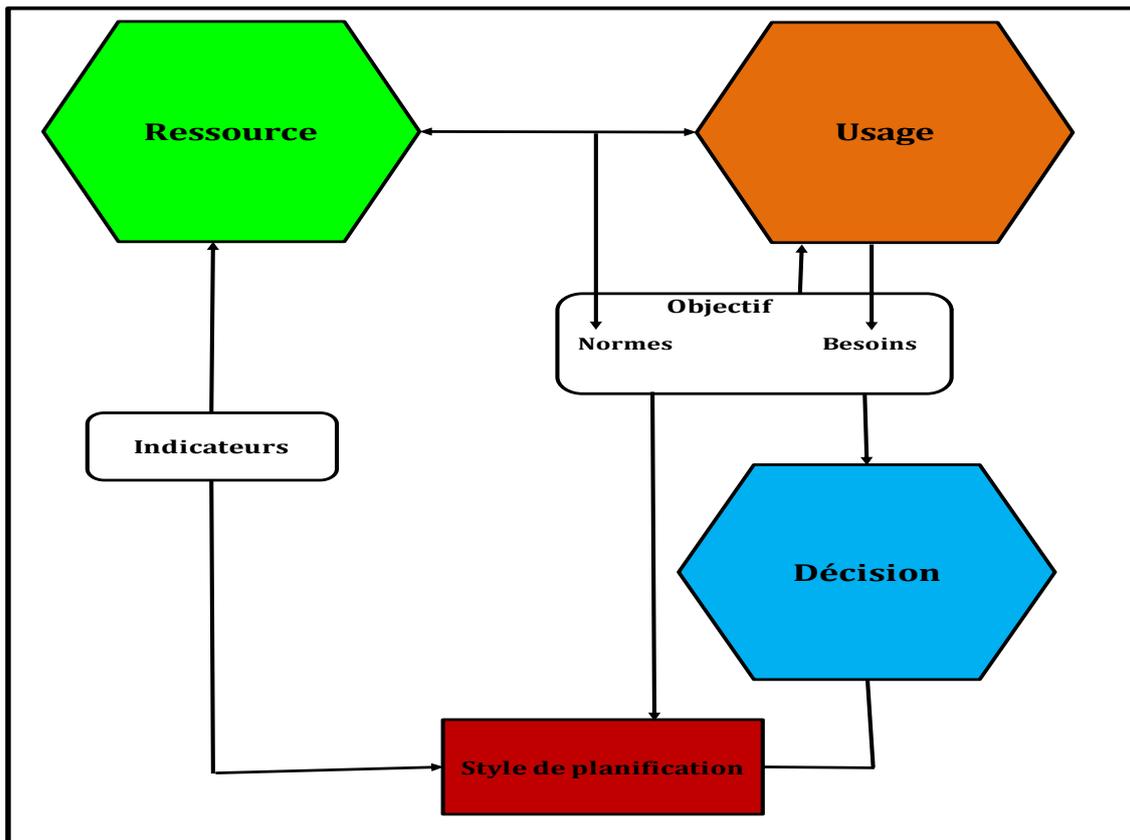


Figure 1: Schéma de gestion du modèle RUD

Source : D'après Coly A., 1996

Le modèle RUD offre ainsi un schéma de gestion qui assure une minimalisation des pressions sur les ressources tout en satisfaisant les besoins.

Répondre aux cinq dimensions proposées par Debacker (1994), permet d'avoir une approche écosystémique sur la gestion des zones humides de Saint-Louis. Ceci permet de prendre en compte les spécificités de chaque unité qui vont résulter de la caractérisation du profil de vulnérabilité.

L'application du modèle RUD dans le cadre d'un schéma de gestion des zones humides de Saint-Louis, nous amène à :

- considérer les zones humides comme le système des ressources,
- à définir les services rendus par les écosystèmes comme les usages et
- à définir un système décisionnel à des fins d'optimisation des services écosystémiques sur la base des paramètres de vulnérabilité qui constituent les facteurs sur lesquels doivent s'appuyer les décisions.

1.2.2.2. Les bases d'une opérationnalisation d'un modèle de gestion

Selon Whitehead (1981, d'après Coly, 1996), l'intention primaire d'un modèle de gestion est de permettre une quelconque planification (...). Ceci nécessite le renseignement des différents

systèmes du modèle RUD aux fins de styles de planification de chaque type de zones humides.

Il s'agira ainsi de déterminer des objectifs de gestion sur la base des normes d'effectivité des services écosytémiques en fonction des paramètres de vulnérabilité pour proposer un style de planification.

Ainsi, le style de planification tel que défini par Coly (1996) répond à la démarche de la définition des options de gestions dans le manuel de l'UICN *Lignes directrices pour la planification de la gestion des aires protégées*. Dans ce document, il est recommandé de fixer des objectifs sur la base d'une vision générale en prenant en compte la valeur et les incertitudes et pressions qui pèsent sur une aire protégée. Les options découlent à leur tour des objectifs qui, soit anéantissent les contraintes et incertitudes qui pèsent sur les valeurs soit, cherchent une optimisation des valeurs. En tout état de cause, elles doivent présenter un ensemble de déclinaison en vue d'atteindre les objectifs.

L'adéquation de la demande à l'offre pour les besoins de gestion revient à agir dans ce contexte sur la vulnérabilité pour optimiser les fonctions et services écologiques. La décision sur la ressource doit concourir à des stratégies qui vont contraindre les différentes menaces qui pèsent sur le système d'où l'essence du profil de vulnérabilité qui reprend les différents paramètres en jeu.

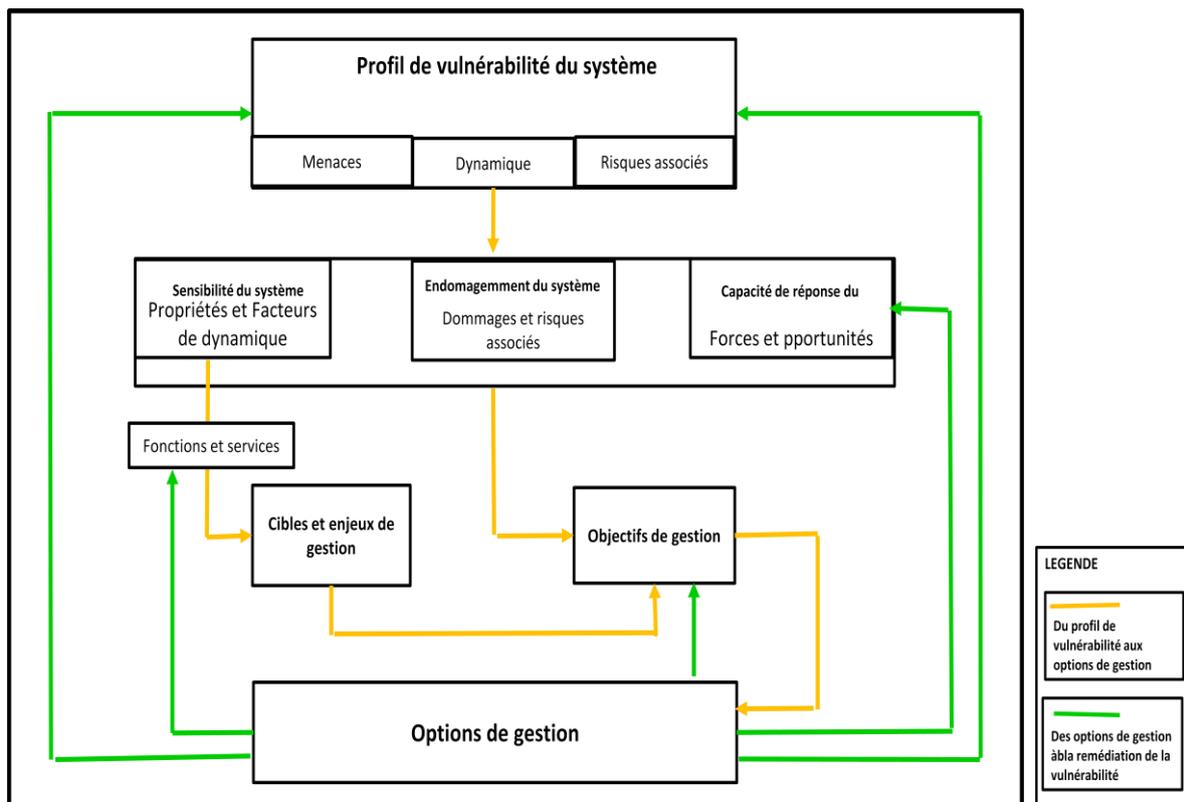


Figure 2: Du profil de vulnérabilité à la gestion des zones humides

Réalisation : Sall, 2013

Il s'agit dans ce cadre ci donc, d'un style de planification basé sur des objectifs d'anéantissement de la vulnérabilité et d'optimisation des services écosystémiques qui renvoient aux valeurs des zones humides. Il s'agira ainsi de déterminer des options de gestion selon les différents aspects de la vulnérabilité qui seront déterminés et des objectifs définis.

Les options qui seront proposées vont permettre de répondre aux objectifs, en optimisant les fonctions et services écosystémiques et en augmentant la capacité de réponses aux endommagements ainsi, remédier à la vulnérabilité.

1.3. Cadre méthodologique

La méthodologie adoptée dans le cadre de ce travail constitue un prolongement de deux TER effectués à travers le programme de recherche Gouvernance des Territoires de l'Eau (GTE) du laboratoire LEÏDI pour l'obtention d'un master en Géographie « option Ecosystème-Environnement » qui a été effectué sur les « Impacts des changements climatiques sur les zones humides de la ville de Saint-Louis » à l'Université Gaston Berger. Cette continuité est inspirée du travail effectué dans le cadre du « projet de gestion intégrée des écosystèmes critiques au Rwanda »⁴ qui a conduit à la définition de critères de décision pour une protection et une mise en valeur des marais.

L'approche choisie ici consiste en la définition de modalités de gestion des systèmes écologiques sur la base du profil de vulnérabilité des unités écosystémiques. Elle est faite sur la base d'une combinaison de démarches et d'outils.

1.3.1. Méthode

L'élaboration du profil de vulnérabilité a utilisé dans sa démarche l'approche d'évaluation de la valeur écologique des milieux de Berthoud (2003) qui comprend cinq étapes:

1. **La cartographie d'occupation du sol** qui permet de ressortir les différentes unités de la ville
2. **La description des unités écosystémiques** par le biais de fiche individuelle mentionnant les éléments géomorphologiques, topographiques, hydrologiques, biologiques et les usages éventuels ou fonctions potentielles
3. **L'évaluation des sites écologiques** sur la base de la cartographie et de la description pour la détermination de leur valeur écologique à partir des qualités observées (diversité, rareté, état), des fonctions (habitats, usages), et de leur fonctionnalité (paysages, structures, superficie...) des unités écosystémiques considérées

⁴ Ministère des terres, de l'environnement, des forêts, de l'eau et des mines, 2008, établissement d'un inventaire national rapide des marais et élaboration de 5 avant-projets d'arrêtés ministériels relatifs aux marais, *PROJET DE GESTION INTEGREE DES ECOSYSTEMES CRITIQUES (minitere rema – imce)*, modules 1 et 4 rapport final, 192p.

4. **L'évaluation des incidences** des événements distinctifs, ici l'accent est mis sur l'urbanisation et ses implications dans la dynamique des zones humides au niveau de la ville de Saint-Louis
5. **La présentation des résultats** qui se fait sous forme de tableaux, de graphiques, de cartes thématiques ou analytiques...

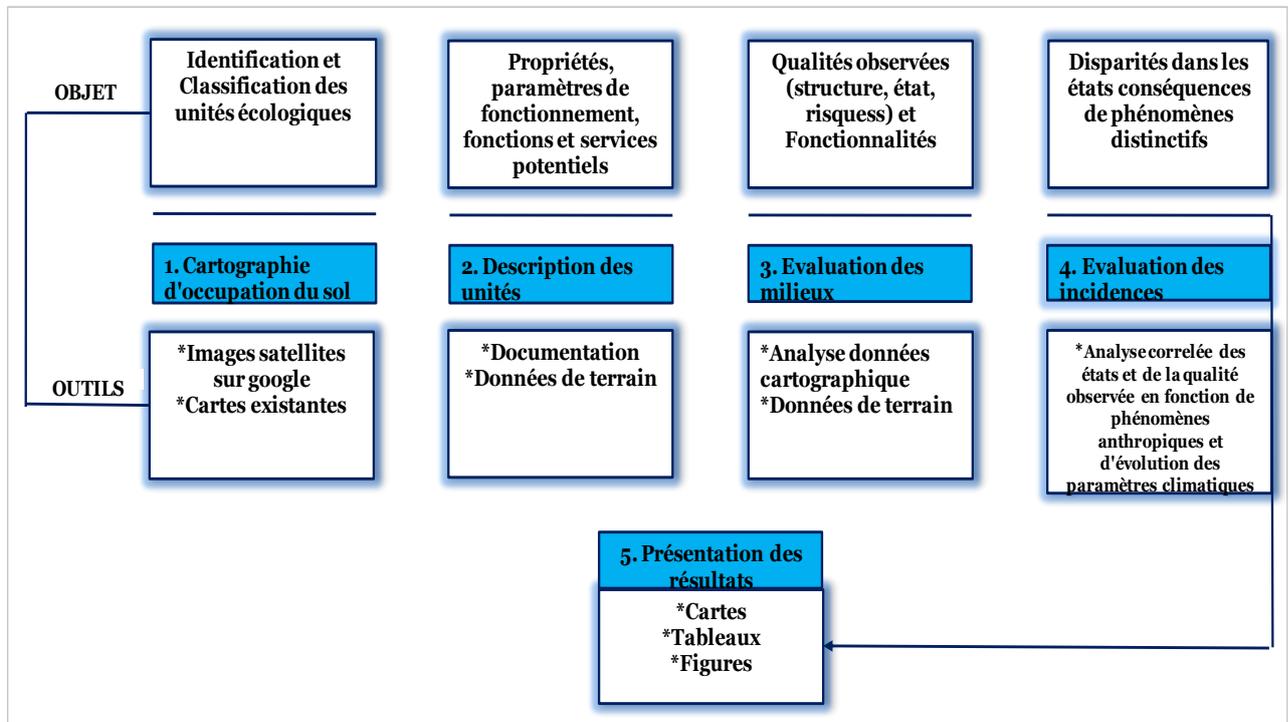


Figure 3: Les étapes de l'approche d'évaluation du potentiel écologique des milieux

Source : D'après Sall, 2012

Ces différentes étapes permettent de renseigner les trois aspects d'évaluation de la vulnérabilité retenus. La description des unités permettra d'avoir les éléments de sensibilité, l'évaluation des milieux d'apprécier les endommagements enregistrés et l'évaluation des incidences, d'estimer la capacité de réponse des unités.

L'approche d'évaluation du potentiel écologique des milieux est complétée par celle de planification des aires protégées telle que déclinée dans le manuel de l'UICN⁵ pour la détermination des options de gestion. Ainsi, dans le souci de l'optimisation des services écosystémiques, les cibles de gestion et les menaces sont identifiés et les objectifs sont définis à partir du profil de vulnérabilité et les options de gestion déclinées sur ces bases.

1.3.2. Collecte de données

Le déroulement de ce protocole a nécessité un travail cartographique, une recherche documentaire et une exploitation de base de données.

⁵ Thomas, Lee and Middleton, Julie (2011). *Lignes directrices pour la planification de la gestion des aires protégées*. Gland, Suisse: UICN. x + 67pp.

La cartographie

Elle s'est appuyée sur le travail des UMT (Units Morphology Type) du programme de recherche CLimate change and Urban Vulnerability in Africa (CLUVA). Ce travail cartographique a consisté en la définition d'unités homogènes du territoire sur la base d'une analyse visuelle des images satellites et sur la base de la connaissance du terrain. Il a permis la détermination, l'identification des différentes unités d'occupation du sol de la ville, leur classification et leur cartographie. Ce principe cartographique se base sur la structure observable des paysages et les fonctions que jouent ces milieux.

Il s'est appuyé sur plusieurs données existantes :

- Les images satellites de Google Earth
- Carte géomorphologique de Michel (1973) : elle a été reprise à partir de Google Earth par superposition et a été réadaptée aux images de 2009 conduisant à la production de la carte d'évolution du bâti et des unités géomorphologiques au niveau de l'estuaire
- La Base de Données cartographiques de CLUVA, Saint-Louis sur les UMT servi à l'évaluation des milieux écologiques humides à Saint-Louis.

La recherche documentaire

Elle a consisté en la collecte des éléments de description et d'évaluation des unités écosystémiques de la ville dans la littérature existante : les éléments géomorphologiques, topographiques, hydrologiques, biologiques et usages et fonctions éventuels qui les spécifient.

Cette phase a été réalisée sur la base d'une documentation approfondie allant d'ouvrages généraux aux ouvrages spécifiques en passant par des rapports et TER qui sont revenus sur les caractéristiques des zones humides, leur fonctionnement, leur dynamique, leur gestion éventuelle, etc.

Les informations tirées dans la documentation sont complétées par une capitalisation des données et informations collectées dans le cadre de sorties de terrain pour nos mémoires en master de Géographie sur les changements climatiques et leurs impacts sur les zones humides au niveau de Saint-Louis.

1.3.3. Traitements

Les données collectées ont fait l'objet de traitements cartographique et statistique et d'analyse descriptive en vue d'une matrice de vulnérabilité des zones humides de Saint-Louis selon les trois aspects d'évaluation définis précédemment.

Pour ce qui est du traitement cartographique, il s'est fait sur la base de logiciels tels que Google Earth5.0, Global Mapper8.0, Arcgis9.3 en vue de ressortir la distribution spatiale des écosystèmes humides et leur importance en termes statistiques (superficie, nombre...).

Les informations tirées de la littérature et consolidées lors de sorties de terrain ont fait l'objet d'inventaire et tris descriptif et statistique. Elles ont servi de compléments aux informations

cartographiques en vue de la production d'une nomenclature sur les zones humides dans l'analyse de leur vulnérabilité.

Chaque unité définie a été décrite spécifiquement au plan géomorphologique, hydrologique, pédologique, topographique, biologique, anthropique, usuel et fonctionnel.

Cette première photographie descriptive des zones humides de la ville est complétée par les aléas et les risques dont est exposée chaque unité pour une déclinaison complète des trois aspects de vulnérabilité.

Une analyse des fonctions potentielles des zones humides a conduit à la définition de cibles de gestion; celle du profil de vulnérabilité à identifier les menaces qui pèsent sur ces cibles. La corrélation des cibles de gestion aux menaces a orienté la définition d'objectifs qui à leur tour selon les menaces a permis d'identifier des options de gestion.

1.4. Contraintes et limites

L'élaboration de ce document a rencontré un certain nombre de difficultés relatives à l'absence de stage préparatoire et au temps imparti. La méthodologie déclinée s'est limitée aux travaux de diagnostic et n'a pas pris en charge l'étude quantitative. La caractérisation du profil de vulnérabilité sur la base des aspects de sensibilité, d'endommagement et de capacité de réponse demeure à l'étape qualitative sur la base de nos expériences personnelles sur le terrain et d'informations tirées de la littérature. Ainsi une analyse fine des caractéristiques écologiques n'a pu être faite et pourrait être prise en compte dans des recherches futures.

L'absence d'informations conséquentes sur la totalité des écosystèmes a conduit aussi à la prise en compte de quatre unités écologiques majeures sur les six qui sont identifiées au niveau de la ville.

Toutefois les résultats obtenus ont permis de faire une caractérisation du profil de vulnérabilité des zones humides de Saint-Louis et de proposer des pistes pour une gestion durable de ces milieux.

Chapitre 2. Les zones humides de Saint-Louis

Le paysage estuarien de Saint-Louis se distingue par l'interférence du pôle urbain à un pôle écosystémique avec l'omniprésence de l'eau. Cette configuration isole un ensemble de zones humides dans l'aire d'agglomération urbaine. Ce chapitre revient sur cette diversité écologique, son importance et les déterminants de son fonctionnement.

2.1. Les zones humides de Saint-Louis, une gamme diversifiée d'écosystèmes dans un tissu urbain

L'extension des espaces urbains dans un "écosystème binaire"⁶ au niveau de Saint-Louis s'est traduite par la dissémination de zones interstitielles (Sarr, 2002) hydromorphes donnant des écosystèmes aquatiques avec l'affleurement surfacique de l'eau par endroit sur des sols vaseux (Diallo, 2001).

Les zones humides de l'estuaire de par leurs caractéristiques intrinsèques font partie intégrante du système hydrologique du fleuve Sénégal, auquel elles sont interconnectées. Elles se distinguent de par les critères hydrologiques qui les régissent, fonction de leur localisation (continentale ou littorale), de leur situation topographique (vasière basse ou vasière haute), de la nature et de la durée des eaux de submersion (marée, fleuve, nappe, pluviométrie). Elles résultent et se différencient par des facteurs hydrologiques, pédologiques, morphogéologiques et pseudo-économiques (Diop, 2004) qui ont concouru à leur formation et qui les entretiennent.

Elles se subdivisent selon ces critères en : plans d'eaux, mangroves, zones de tannes, zones inondables, végétations aquatiques, berges pour ce qui est des écosystèmes humides naturels (Figure 4).

⁶ Le caractère amphibie de la cité malgré sa position en zone sahélienne lui a valu ce nom

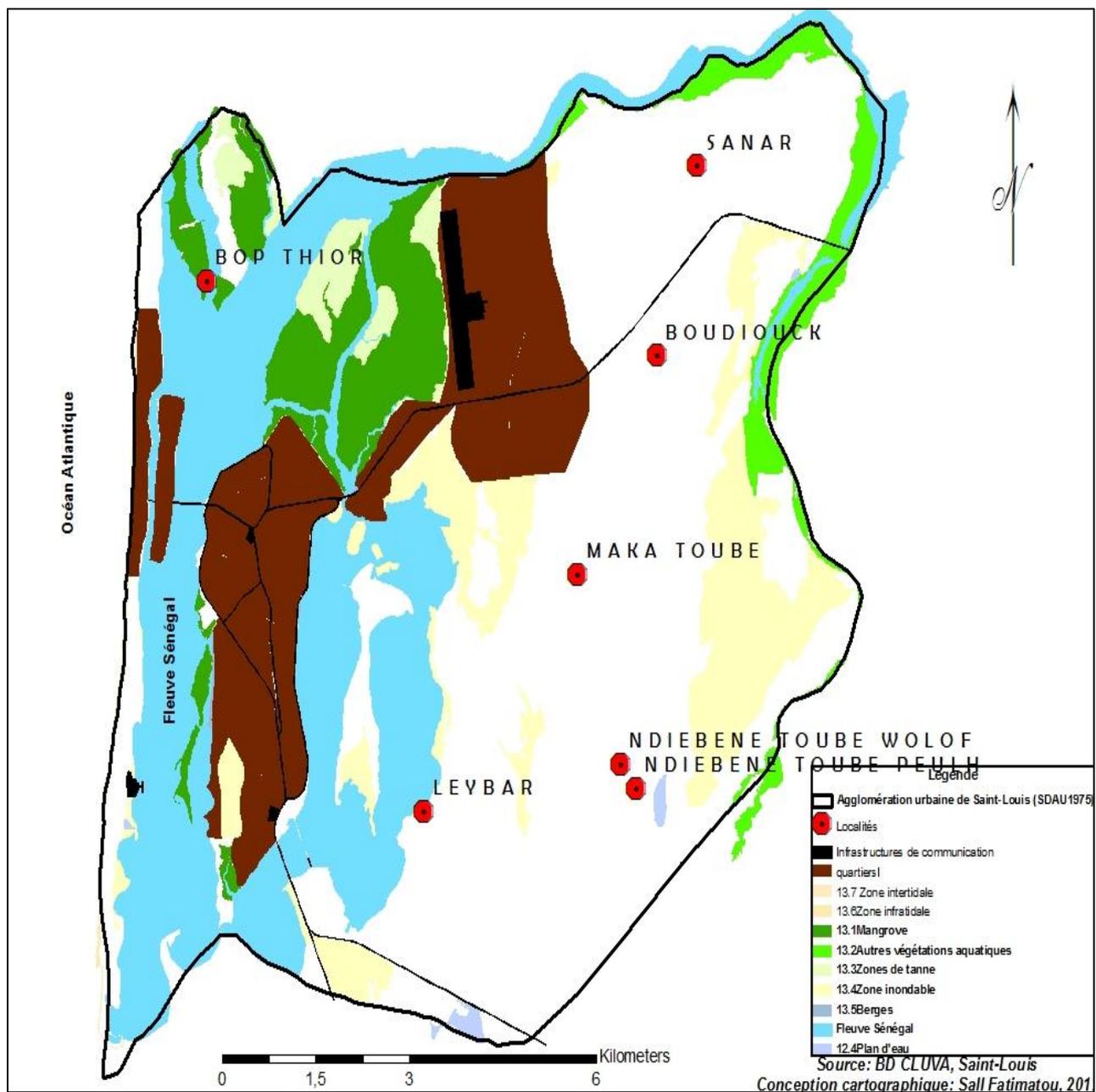


Figure 4: Les zones humides dans l'aire d'agglomération de la ville de Saint-Louis

Ces différentes unités présentent des spécificités sur le plan topographique, hydrologique, et pédologique qui, combinées aux faits anthropiques de la cité, singularisent des séquences à l'intérieur de chaque grande unité distinctive.

Tableau 2: Nomenclature des zones humides de la ville de Saint-Louis

Zones humides	Description	Unité géomorphologique	Pédologie	Faune	Flore	Anthropisation
Mangrove	Elle existe actuellement à l'état relictuel ouverte aux influences de la mer et du fleuve avec stratification de la végétation selon la topographie et l'épandage des crues et des marées.	Dépressions	Sol limoneux argileux halomorphes sulfatés acides	Avifaune, Poissons, Terriers, Crevette, Crabes, Insectes, Reptiles	Palétuviers,	Discontinuité écologique avec le réseau d'infrastructures de communication et de protection, Impacts de la gestion de l'eau, Exploitation des ressources, Dépôts d'ordures
Autre Végétation aquatique	Ce sont de plus souvent des roselières qui se développent au niveau des plans d'eau ou autour. Elles sont distinctes de la mangrove formée de rhizophora et d'avicénia principalement.	Dépression	Sol limoneux argileux	Poissons, Reptiles	Steppe halophyte, Sporobolus	Discontinuité écologique avec le réseau d'infrastructures de communication et de protection, Impacts de la gestion de l'eau
Zone de tanne	Ce sont des zones d'anciennes mangroves qui se sont détériorées avec les conditions climatiques drastiques au fil du temps. Elles sont actuellement nues ou abritent aujourd'hui une faible steppe halophytes.	Dépressions	Sols limoneux argileux halomorphes sulfatés acides	Terriers, Crabes, Reptiles, Avifaune	Steppe halophyte, Tamarix senegalensis	Discontinuité écologique avec le réseau d'infrastructures de communication et de protection, Impacts de la gestion de l'eau, Dépôts d'ordures
Zone inondable	Ce sont des zones basses soumises aux crues et aux marées d'un moment à l'autre dans l'année.	Dépression	Sol limoneux argileux halomorphes sulfatés acides	Mamifères, Insectes, Avifaune, Terriers		Discontinuité écologique avec le réseau d'infrastructures de communication et de protection, Impacts de la gestion de l'eau, politique de viabilisation et occupation humaine, parcours de bétail
Berges	Ce sont les bordures du fleuve	Dépressions	Sablo limoneux		Steppe halophyte	Aménagements urbains, Dépôts d'ordures
Estran	C'est la zone de balancement des marées au niveau du littoral	Plaine	Sableux	Crabes		Plantation, Exploitation de sable
Plan d'eau		Dépression		Poissons, Crustacés, crabes		Exploitation de ressources, Mise en place d'infrastructures hydrauliques, impact de la gestion de l'eau, Discontinuité avec les infrastructures de communication et de protection de la ville

Réalisation : Sall, 2013

Les différentes unités se distinguent les unes des autres par leur structure, leur composition mais sont toutes confrontées à l'anthropisation du milieu.

2.2. Les zones humides de Saint-Louis, des écosystèmes à fort potentiel écologique

Les zones humides de la cité estuarienne sont des écosystèmes à fort potentiel écologique avec de multiples fonctions susceptibles de protéger la ville contre les aléas auxquels elle fait face. Le Tableau 3 présente les unités distinctives de la cité et leurs différentes fonctions et services ainsi que leurs valeurs socio-écologiques.

Tableau 3: Les fonctions et services écosystémiques de quelques zones humides

Unités	Fonctions	Services	Intérêt	Observations
Mangrove	engorgement	Régulation	Ecologie	Réduction des crues Soutien des étiages
	regurgitement			
	brise lame			
	brise vent			
	Piège à carbone			
	épuration des eaux	Entretien	Economie Social Habitat Tourisme	Richesse des sols
	stabilisation des sols			Piégeage de carbone et de produits toxiques
	rétenion de sédiments			
	Reproduction	Biodiversité	Economie Social Habitat Tourisme	Diversité faunistique et floristique
Production	Exploitation/Consommation	Exploitation Perception Fréquentation		
		Ressources halieutiques		
		Fréquentation		
Plan d'eau	Exportation de sédiments	Pédologique	Ecologie	Charge de sédiment
	Production	Exploitation/Consommation		
	Reproduction	Biodiversité	Economie	Les mises à terre
	Habitat		Habitat	Diversité biologique
	Alimentation en eau	Consommation	social	Perception
	Transport	Communication		Navigabilité
Zone de tanne	Engorgement	Régulation	Ecologie	Perméabilité et rétention du sol
	Reproduction	Biodiversité	Habitat	Diversité faunistique et floristique
Zones inondables	Engorgement	Régulation	Ecologie	Perméabilité et rétention du sol
	Agricole	Production	Economie	Richesse des sols Importance de la végétation

Source : Sall, 2012 (d'après Lévêque C., 1996 ; Diop Mame dagou 2004, OCEANIUM 2009, Convention de Ramsar 2011)

Les différentes fonctions et services des unités réunies manifestent un intérêt pour l'habitat, l'écologie, l'économie, le volet social mais sont tous hostiles à l'occupation humaine.

La mangrove est un lieu propice à la diversité faunistique et floristique non négligeable à la biodiversité. Il intervient dans la dynamique hydrologique par ses fonctions de renorgement et de regurgitement pour la maîtrise des crues. C'est un réservoir naturel pour les populations surtout en ce qui concerne l'alimentation en bois de chauffe, certains produits halieutiques etc. et est aussi un déterminant touristique important pour la ville.

Les zones de tannes constituent des retenues d'eau importantes où peut se développer une microfaune non négligeable et peuvent être des zones de transit pour l'avifaune. Ainsi elles présentent un intérêt écologique pour l'hydrologie ainsi que pour l'habitat.

Les caractéristiques hydrologiques et pédologiques des zones inondables en font des milieux à fort potentiel pour des activités agricoles ou pastorales qui présentent un intérêt écologique, économique et social pour la ville.

Les plans d'eau constituent une pièce maîtresse pour la ville de Saint-Louis, de par les ressources en eau et les produits halieutiques, l'alternative aux voies de communications qu'ils constituent. Ils forment un atout non négligeable pour la cité tricentenaire et présentent un intérêt écologique, économique, touristique pour la ville et même social et culturel vu le rapport des saint-lousiens avec l'eau et tout ce qu'il ya comme mythe autour.

2.3. Un fonctionnement et une dynamique régis par des facteurs hydroclimatiques, sous influence anthropique

Le fonctionnement des zones humides de la ville est régi par la dynamique hydrologique estuarienne en tant que partie intégrante du système hydrologique du fleuve.

Le potentiel hydrologique qu'elles sont susceptibles de mobiliser détermine leur capacité et leur potentiel écologique. Les facteurs climatiques, les mécanismes hydrologiques avec les différents paramètres physico-chimiques et processus pédologiques ainsi que des facteurs anthropiques du fait de leur circonscription dans une aire urbaine influent dans la dynamique des écosystèmes humides.

2.3.1. Un fonctionnement assujéti aux paramètres hydroclimatiques

Le fonctionnement des zones humides est soumis aux paramètres climatiques qui déterminent le bilan de l'eau en plus de la dynamique hydrologique qui définit les crues au niveau de l'estuaire.

2.3.1.1 Pluie et Evaporation, des paramètres déterminants dans la dynamique des écosystèmes humides

La pluviométrie et l'évaporation apparaissent comme les principaux éléments du climat qui influent sur la dynamique des écosystèmes humides. Ils interviennent dans le bilan de l'eau et influencent donc le potentiel hydrologique des écosystèmes humides, de ce fait leur potentiel écologique.

Les pluies constituent des apports sur le bilan de l'eau en hivernage qui viennent renforcer les crues. Elles favorisent ainsi la recharge des nappes et l'élévation des plans d'eau. Ce paramètre apparait doublement comme un facteur de dynamique. Il influe sur la qualité des

eaux et la qualité des sols. C'est un élément à capacité de dilution et donc joue sur les paramètres physico-chimiques de l'eau au niveau de l'estuaire et notamment au sein des écosystèmes humides. Il ne favorise pas un taux de salinité élevé, étant potentiellement douce.

La pluviométrie a aussi des influences pédologiques dans la mesure où elle participe dans l'entretien des vasières en cas d'abondance favorisant une stagnation des eaux sur une longue durée ou leur fragilisation en cas d'une carence qui favorise la dégradation des sols.

Toutefois l'impact de ce paramètre reste à déterminer au niveau de Saint-Louis. La cité estuarienne, située dans le domaine sahélien reçoit des pluviométries faibles (moins de 250mm/an) et de courte durée (2 à 3mois) qui, en principe, ne peuvent modifier la biologie des milieux.

L'évaporation influence négativement le bilan de l'eau par ses ponctions non négligeables du fait de la situation de la ville dans le domaine sahélien. Malgré la position de la cité à la façade de l'océan, elle demeure importante⁷.

Elle est facteur de concentration et favorise la hausse des paramètres physico-chimiques du milieu telle que la salinité. Elle joue ainsi sur la qualité de l'eau favorisant la sursalure accentuée par les incursions océaniques, la remontée du biseau salé au niveau de la nappe et contribue à la dégradation des sols en cas de bilan hydrique déficitaire.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau et des sols qui découlent de l'effet de ces derniers déterminent dans une certaine mesure la qualité des écosystèmes distinctifs et jouent sur la biocénose du milieu ; les espèces ayant des exigences en matière de qualité de l'eau et des sols.

2.3.1.2. La dynamique hydrologique : Principal facteur de dynamique des zones humides

Les zones humides, de par leur définition⁸ sont régies par l'hydrologie. L'eau joue un rôle d'équilibrage des écosystèmes humides. De par ses fonctions de transport, elle apporte les éléments nutritifs au milieu et permet à la composante végétale de disposer des éléments nécessaires à leur développement et d'évacuer les déchets toxiques et le CO₂. Elle assure une régularisation des paramètres physico-chimiques du milieu.

Les zones humides de la cité estuarienne constituent en soi un système ouvert, soumis à deux systèmes hydrologiques en amont et en aval qui entrent en interférence et qui déterminent le potentiel hydrologique de ces écosystèmes : le courant maritime et le courant fluvial.

⁷ La moyenne décennale mobile est de l'ordre de 1500mm

⁸ "Etendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles permanentes ou temporelles où l'eau est stagnantes ou courantes, douces, saumâtres ou salées, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur n'excède pas 6mètres à marée basse" (d'après la convention Ramsar)

La dynamique hydrologique est le facteur moteur du façonnement des milieux de par son déterminisme de la disponibilité de l'eau en quantité et en qualité et de par les processus géomorphologiques à travers les processus de sédimentation.

Les échanges entre les deux forces motrices déterminent les propriétés hydrologiques au niveau des écosystèmes et jouent sur l'évolution des unités géomorphologiques qui les hébergent. Le courant maritime qui détermine les intrusions océaniques se distingue par sa forte salinité contrairement au courant fluvial chargé d'eau douce.

Sur le plan particulière, le courant fluvial est chargé essentiellement d'argiles et de limons (Gac et Kane, 1985) qui ont tendance à se déposer dans les bas-fonds. Il alimente ainsi les zones de vasières sous forme de boue alors que le courant maritime est plus chargé d'éléments grossiers et de sables.

La charge des flux du fleuve est fonction des saisons et les matières en suspension sont selon Gourcy (1994 cité par Kane 1997):

- des éléments minéraux ou inorganiques provenant du bassin versant, des rives et du lit du fleuve ;
- des particules organiques comme le phytoplancton ;
- des poussières atmosphériques apportées par le vent ; etc.

Kane (1985) distingue trois phases :

- une période d'érosion précoce, en début de saison des pluies (début de crue) qui s'étale sur 20 à 30 jours et se traduit par une augmentation rapide de la turbidité et du débit; elle correspond essentiellement à l'arrivée des matières en suspension apportées par le ruissellement superficiel provoqué par les premières averses ;
- une période d'érosion tardive qui correspond au passage de la crue et qui peut durer deux mois ; pendant cette phase, la charge en suspension diminue dans le cours d'eau au moment où les débits augmentent; elle correspond surtout à l'érosion des berges et du lit mineur du fleuve ;
- une période d'alluvionnement en fin de crue, marquée par une diminution simultanée de la turbidité et des écoulements ; elle se poursuit jusqu'à la crue suivante

L'essentiel du transport (95%) (GILIF, 2002) s'effectue en août, septembre et octobre, au moment de la période de crues. Les quantités transportées sont fonction du volume d'eau écoulé.

Les matières en suspension varient de 20 mg/l en période d'étiage à 400 mg/l au maximum de la crue (Gac J.Y., Kane A., 1985). Il en découle de leur dépôt dans l'estuaire une obstruction progressive du canal et un ralentissement de la vitesse d'évacuation des eaux de crues (Ba, 1993).

Mais durant la période de basses eaux où la dynamique marine prend le dessus sur la dynamique fluviale, l'activité sédimentaire est le fait des charges particulières des eaux océaniques dans l'estuaire composées particulièrement de sable et de quartz.

La dynamique hydrologique détermine alors l'évolution des unités écologiques par les processus sédimentaires en jeu mais aussi par la dynamique écologique de chaque unité avec la résultante de la disponibilité en eau et des propriétés physico-chimiques qui influencent l'évolution des espèces.

2.3.2 Une croissance urbaine moteur d'évolution de ces milieux

L'urbanisation progressive de la zone estuarienne a généré un système social en interférence avec les zones humides. Le pôle urbain n'est pas un système isolé dans l'estuaire mais constitue avec le système écologique un "géosystème"⁹, système englobant, et donne naissance à un Système Socio Ecologique (SSE) dans l'estuaire du fleuve Sénégal.

Les interactions entre les sous systèmes décèlent les facteurs anthropiques dans la dynamique des zones humides. Ils émanent de la gestion de l'eau, du processus urbain et des activités socio-économiques.

En effet, les politiques urbaines soulèvent la problématique des questions liées à la gestion de l'eau qui implique la dynamique des écosystèmes humides. L'ambiguïté de cette problématique provient des différentes échelles de décision : nationale, supra nationale, locale ou par bassin. Le bassin versant "est considéré comme l'échelle la plus pertinente pour une intervention efficace car à des fins de gestion, on considère que les limites de l'écosystème fluvial correspondent à celles du bassin" (Ndour, 2009 d'après Burton, 2000). Or le plus souvent, il n'y a pas une coordination entre les différents acteurs institutionnels.

Cette distorsion au niveau des instances de décision pose une grande acuité dans la mesure où le système hydrologique fonctionne en réseaux ; les décisions des instances supérieures en un instant (t) ne répondent pas forcément aux préoccupations des échelles locales et n'incorporent pas toujours les exigences hydrologiques des écosystèmes humides. Les situations hydrologiques qui en découlent, présentent des conséquences néfastes pour l'écologie.

L'implantation et la croissance de la population suscitent aussi un ensemble de pressions qui émanent de leurs activités économiques. Elles engendrent des exploitations non régulées et fulgurantes du fait du croît démographique sans oublier la pression foncière sur ces milieux. Or Saint-Louis a connu un croît démographique assez important (

⁹ Reymond H., 2009, *l'intérêt géographique de la logique de S. Lupasco et de la théorie de la néoténie : proposition d'un crible transdisciplinaire pour l'étude de la résilience des géosystèmes urbains*

Tableau 4) qui n'est pas sans conséquences au plan de l'évolution spatiale.

Tableau 4: Evolution de la population au niveau de Saint-Louis

Années	1960	1976	1998	2002	2004	2005
Effectifs de la population urbaine	48840	83548	115354	154555	161114	165038

Source : ANSD d'après Coly et al., 2011

La population a plus que triplé au niveau de Saint-Louis en quarante ans environ. Le boom démographique s'est traduit par une extension du tissu urbain vers des espaces interstitiels constitués essentiellement par des dépôts de vase (Sall, 2011) et renvoyant potentiellement à des unités écologiques humides.

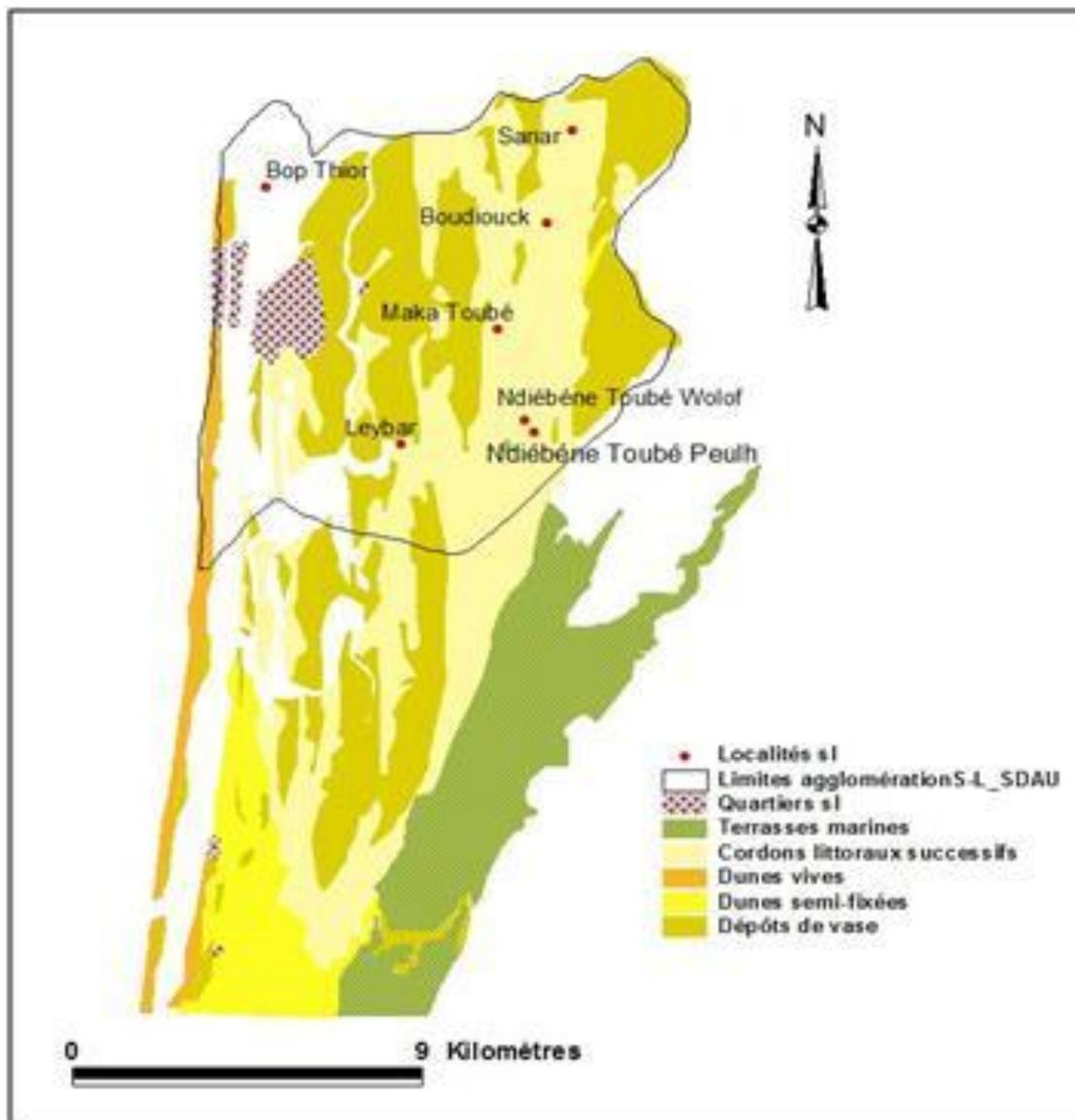


Figure 5: Géomorphologie et structure du bâti en 1973

Source : Sall F., 2011

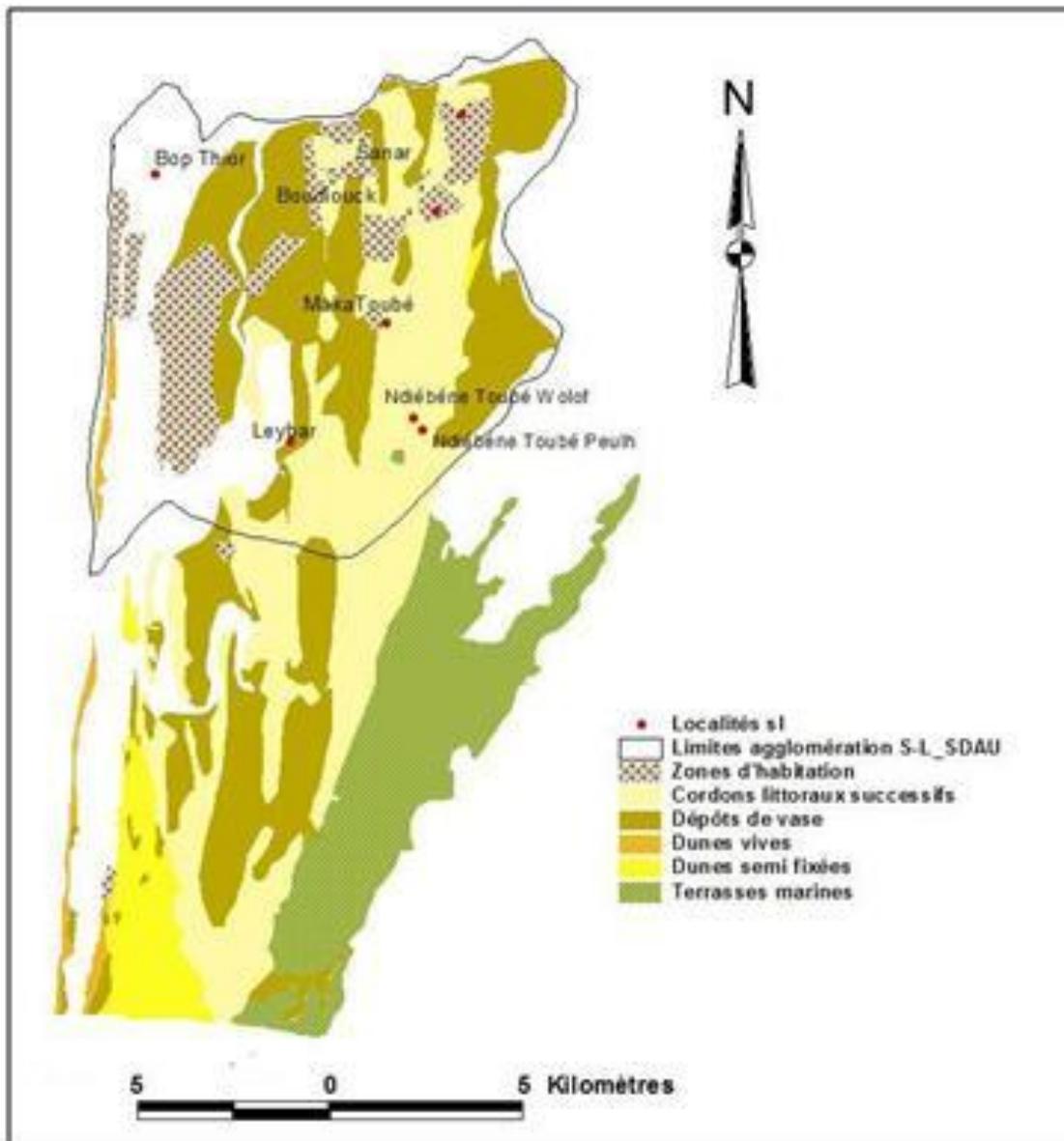


Figure 6: Géomorphologie et structure du bâti en 2009

Source : Sall F., 2011

L'occupation du sol s'est faite progressivement à l'assaut des zones à dépôt de vase réduisant de fait le potentiel écologique du milieu.

Les zones humides au niveau de Saint-Louis se distinguent par leur diversité et leur fort potentiel écologique. Elles donnent à la ville l'aspect d'un archipel formé d'îlots de bâtis de par leur dissémination à travers le tissu urbain. Leurs propriétés les dotent d'importants fonctions et services potentiels. Leur fonctionnement et leur dynamique sont régis par des facteurs hydroclimatiques mais subissent aussi l'effet des actions anthropiques induit par les politiques de maîtrise de l'eau et la croissance démographique urbaine.

Chapitre 3. Vulnérabilité des zones humides urbaines de Saint Louis : entre incertitudes et pressions

Les paramètres et mécanismes hydroclimatiques qui régissent la dynamique des zones humides apparaissent comme un ensemble d'aléas auxquels sont exposés ces écosystèmes. A ces incertitudes s'ajoute la panoplie de pressions émanant du fait urbain et des actions anthropiques sur l'environnement estuarien. Ce chapitre présente le caractère erratique de ces différents paramètres qui interviennent dans la dynamique des zones humides de Saint-Louis, les conséquences qui en découlent pour les écosystèmes et pour la ville.

3.1. L'irrégularité des facteurs naturels de dynamique

Les années 1960/1970 ont été marquées par une sécheresse persistante dans tout le sahel avec une aridité chronique sur trois décennies (

Tableau 5) (Sy, 2008 d'après Sagna, 2000). Cet événement climatique n'a pas épargné la cité estuarienne qui a enregistré des pluviométries en deçà de la normale (Figure 7).

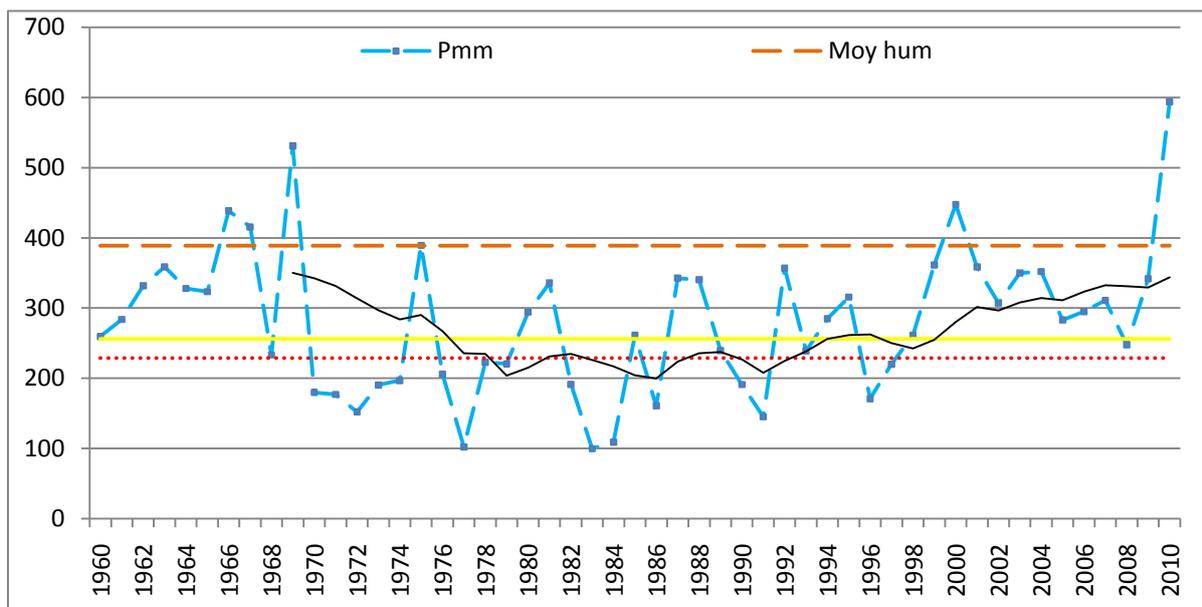


Figure 7: Evolution de la pluviométrie à Saint-Louis par rapport aux moyennes sèche et humide et la normale
Source de données : BDD GTE

L'analyse de l'évolution de la pluviométrie renseigne d'une baisse de la moyenne décennale à partir de 1976 en de çà de la normale homologuée (256mm) et même de la moyenne sèche à partir de 1978. La moyenne humide n'est jamais atteinte pour cette intervalle allant de 1960 à 2010 par la moyenne mobile mis à part pour des années singulières pour lesquelles des pics ont été enregistrés à la station de Saint-Louis. Toutefois une tendance à l'humidité est observée à nouveau pour les années 2000 avec des moyennes décennales mobiles supérieures à la normale. L'année 1999 marque le début d'une régularité de la pluviométrie à une moyenne annuelle supérieure à la normale exceptée pour 2008.

La baisse soutenue de la pluviométrie en concomitance à une hausse éminente de son évapotranspiration a conduit à un indice d'aridité constamment élevé pour la ville de Saint-Louis (Tableau 5).

Tableau 5: Evolution de l'indice d'aridité

année	1961/1970	1971/1980	1991/1996	1997/2006
IS	0,17	0,11	0,1	0,3
CC	Aride	Aride	Aride	Semi aride

Source : Sy 2008 d'après Sagna et al.

IS : Indice de Sécheresse

CC : Classification Climatique

Cette sécheresse climatique a fortement influé sur le bilan hydrologique à travers tout le bassin du fleuve Sénégal et notamment dans l'estuaire avec une baisse des écoulements de près de 40% ((Gac et Kane, 1985).

Cette carence d'écoulement a affecté tout le système hydrologique, de surface ou en nappes profondes y compris les écosystèmes caractéristiques: "crues de faible ampleur et de courte durée, recharge limitée des nappes superficielles, tarissement précoce des mares temporaires" (Ndiaye, 1992).

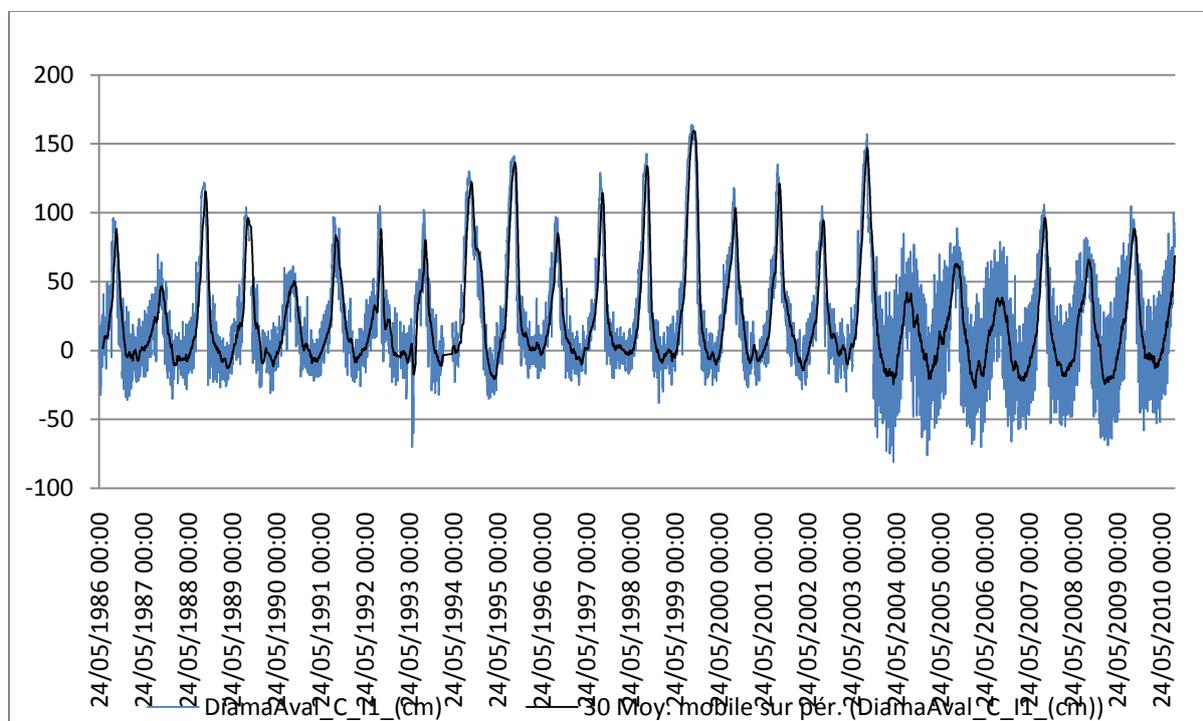


Figure 8: variation de la crue dans l'estuaire du fleuve Sénégal de 1986 à 2010

Source de données : Direction de l'hydraulique de Saint-Louis

Cette détérioration des conditions climatiques s'est traduite par un déficit et une forte irrégularité du régime des crues dans l'estuaire du fleuve Sénégal.

Les côtes à l'aval du barrage de Diama montrent des crues de courte durée pour la période allant de 1986 à 2003 nonobstant des pics pour quelques années.

L'évolution de ces paramètres suggère un bouleversement de la dynamique estuarienne. Elle n'a pas manqué d'affecter les écosystèmes humides de par leurs implications hydrologiques, géomorphologiques, biologiques¹⁰.

3.2. Des contraintes anthropiques source de pression

Les estuaires sont des milieux d'attraction pour les populations qui ont tendance à s'y entasser (Paskoff R., 1998). Ils enregistrent un croît démographique important qui se traduit au niveau spatial par des extensions du tissu urbain qui ont tendance à gagner les milieux écologiques par des politiques de viabilisation.

Le fait urbain apparait comme un frein à la préservation des unités écologiques. Il contribue à la réduction des superficies écologiques due aux pressions foncières et au dysfonctionnement du système hydrographique avec les politiques de viabilisation (Figure 9). La ville a évolué tant bien que mal face aux contraintes du site en domptant la nature.

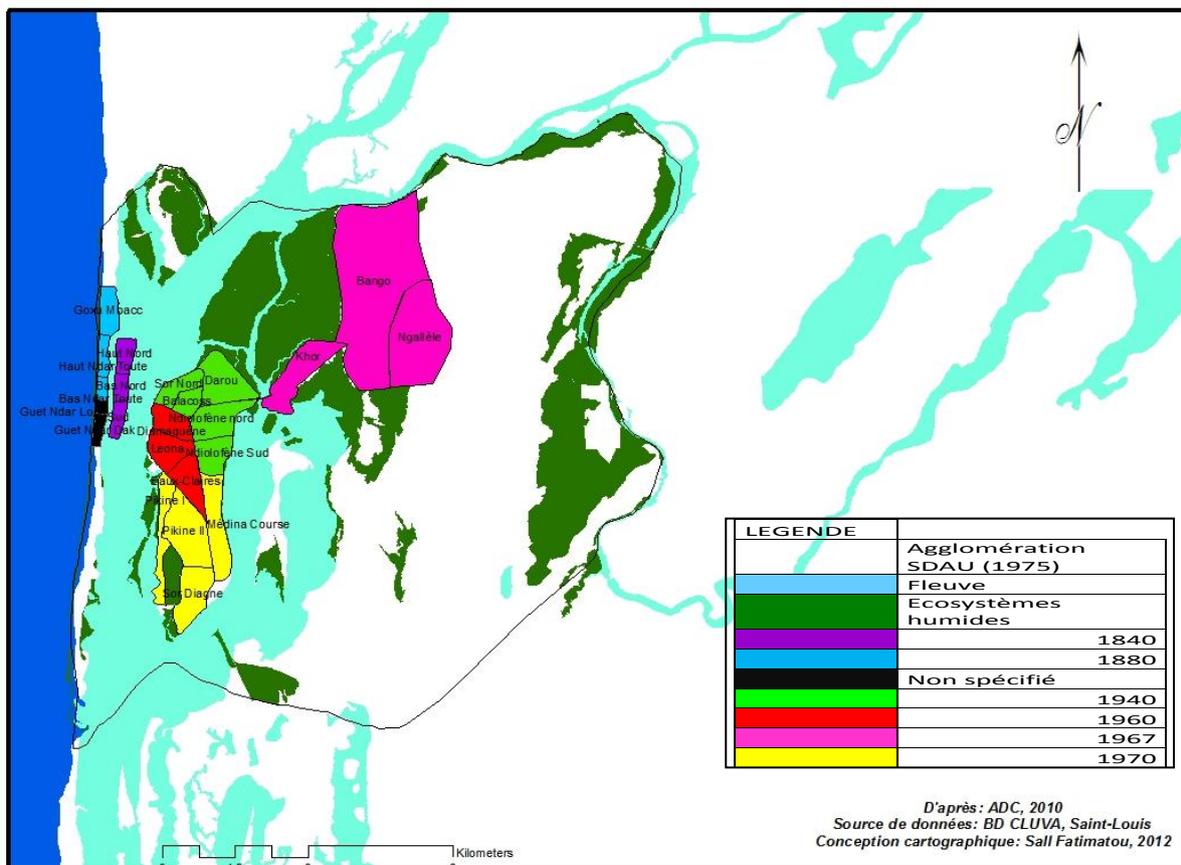


Figure 9: Dynamique urbaine à Saint-Louis

¹⁰ Cf partie 2.3.1. Un fonctionnement assujéti aux paramètres hydroclimatiques

La dynamique urbaine a impulsé une territorialité tournée vers une évolution du bâti au détriment de l'écologie. L'évolution urbaine a porté préjudice au système écologique faisant état d'un dysfonctionnement notoire avec la mise en place d'infrastructures et l'installation sur des zones anciennement occupées par les unités écologiques : zones d'anciens marécages, de vasières, de cuvettes de décantation, de terrasses marines et chenaux de marée de marécage (Kane, 2003 ; Sy, 2009 ; Sy, 2010) avec des potentialités écologiques non négligeables.

Le dysfonctionnement du système hydrologique généré par l'urbanisation progressive ne favorise pas une régénération adéquate des complexes écologiques malgré leur robustesse.

Des incertitudes anthropiques se dressent parallèlement à cette pression foncière sur la dynamique des zones humides émanant de la gestion de l'eau au niveau de la zone estuarienne. Les principes d'une bonne gestion d'une circonscription au cœur d'un littoral et d'un bassin fluvial doit reposer sur une approche systémique intégrant tous les paramètres du milieu (aussi bien humaine que physique) dans leur interactions et leur évolution respective (Coly, 2001). Une telle approche pourrait permettre un maintien de l'équilibre entre les différents besoins interdépendants (UICN, 1999).

La gestion de l'eau à l'échelle sous régionale au niveau du bassin du fleuve Sénégal présente un éventail de répercussions sur les écosystèmes humides. Les exigences écologiques de ces écosystèmes ne sont pas incorporées dans les objectifs de gestion de l'eau du bassin¹¹. Aussi les actions communales ne recouvrent pas toujours les préoccupations écologiques malgré la vision d'une ville verte des acteurs locaux¹².

3.3. Une régression notoire des systèmes naturels

L'analyse de l'évolution des écosystèmes humides dans l'estuaire du fleuve Sénégal, et particulièrement de la ville fait état de dégradation progressive. On a assisté dans le temps à une nouvelle physionomie du système hydrologique et donc des zones humides du delta et notamment de l'estuaire du fleuve Sénégal et de la ville de Saint-Louis (Sall M., 2006).

Cette restructuration est marquée par une perturbation de l'interconnexion du système hydrologique, une réduction des superficies inondées, une évolution progressive des paysages marquée par la régression de la biocénose qu'ils abritaient.

Cette situation est observable à travers l'aire d'agglomération de la ville de Saint-Louis et l'arrière pays rural constitué par la communauté rurale de Gandon. Sur une aire de 52879, 84 ha, seule 47,24% sont restés sans changements entre 1972 et 2003. 19,88% des zones de végétation naturelle ont enregistré des modifications et 32,87% des unités se sont reconvertis (Diakhaté., Diallo, 2007). Sous le joug des aléas climatiques et pressions anthropiques à travers les options de gestion de l'eau et les orientations socio économiques du territoire :

¹¹ Les objectifs généraux assignés aux deux principaux barrages sur le fleuve Sénégal sont relatifs à des fins économiques : Agricoles pour Diama, Hydroélectrique pour Manantali

¹² Une telle idée est émise dans le document « stratégies de développement urbain »

- 4,81% de la superficie des plans d'eau s'est vu transformée en zone de végétation naturelle
- 0,001% de ces plans d'eau en zones de culture
- 5,39% des plans d'eau en zones dénudés
- 1,14% de la végétation naturelle reconverti en plan d'eau
- 8,38% de la végétation naturelle en zone de culture
- 6,51% de la végétation naturelle en zone dénudées
- 3,86% des zones de culture en zone de végétation naturelle
- 0,61% des zones dénudées en plans d'eau
- 5,82% des zones dénudées en végétation naturelle
- Et 1,14% des zones dénudées en zones de culture.

Pour ces différents écosystèmes considérés par Diakhaté et Diallo, (2007) en l'occurrence les plans d'eau, les végétations naturelles, les zones de culture et les zones dénudées, la tendance est régressive pour les différentes unités excepté les zones de culture.

Tableau 6: Tendance d'évolution de quelques unités entre 1972 et 2003 dans Saint-Louis et son arrière pays

<i>Impact</i>	<i>Plans d'eau</i>		<i>Végétation naturelle</i>		<i>Zone nue</i>		<i>Zone de culture</i>	
	<i>Positif</i>	<i>Négatif</i>	<i>Positif</i>	<i>Négatif</i>	<i>Positif</i>	<i>Négatif</i>	<i>Positif</i>	<i>Négatif</i>
<i>Dynamique</i>	0,61	4,81	4,81	1,14	0,57	0,61	1,14	3,86
	1,14	0	3,86	8,38	6,51	5,82	8,38	
		0,57	5,82	6,51		1,14	0	
<i>Tendance</i>	1,75	5,38	14,49	16,03	7,08	7,57	9,52	3,86
<i>Changement</i>	-3,63		-1,54		-0,49		5,66	

Réalisation Sall, 2012 d'après Diakhaté , Diallo., 2007

Les tendances observées montrent une évolution vers l'anthropisation des paysages au détriment des systèmes naturels pour cette période. Cette situation peut s'expliquer par les orientations d'aménagement vers des préoccupations socio économiques et les incertitudes hydroclimatiques qui jouent en défaveur des systèmes naturels d'où la réduction importante des plans d'eau et la régression des végétations naturelles. Cet état de fait renseigne de la vulnérabilité de ces systèmes sous le poids des aléas et la contrainte de la pression anthropique qui compromettent leur évolution durant cette période plein d'incertitudes.

3.4. La vulnérabilité, dénominateur commun de la gamme d'écosystèmes humides au niveau de Saint-Louis

La vulnérabilité¹³ pose la question de l'état des écosystèmes pour les zones humides et des enjeux auxquels elles sont affiliées. Ces différentes caractéristiques relèvent de propriétés intrinsèques des écosystèmes, de l'effectivité de leurs fonctions et services, de leurs réactions par rapport au contexte, aux aléas et pressions qu'ils subissent. Ces différents paramètres nous ramènent aux différents aspects de la vulnérabilité : la sensibilité à l'endommagement, la nature de l'endommagement et la capacité de réponse à l'endommagement du système (

¹³ Défini comme une fragilité contextuelle par rapport à des aléas et pressions et concourt à des dommages (Mauro, 1993 ; Veyret et Reghezza, 2004 cités par Scarwell, 2007)

Tableau 7, Tableau 8, Tableau 9, Tableau 10).

Tableau 7: Profil de vulnérabilité des zones humides de Saint-Louis

Aspects de la vulnérabilité	Composantes	Paramètres	Mangrove			Observations
			Caractéristiques	Niveau d'impact	d'impact sur l'aspect de la	
sensibilité à l'endommagement	Propriétés intrinsèques	Topographie	relativement basse	Modéré	Négatif	75% des paramètres positifs à la sensibilité à l'endommagement
		Géomorphologie	vasière	Insignifiant	Négatif	
		% par rapport à l'occ sol	5,77%	Significatif	Positif	
		Pédologie	Sol à matières organiques	Insignifiant	Négatif	
		Faune	Diversité faunistique	Significatif	Positif	
		Flore	Diversité floristique	Significatif	Positif	
	Facteurs de dynamique	Pluviométrie	Faible	Significatif	Positif	
		Crués	Saisonniers/ irréguliers	Significatif	Positif	
		Marées	Saisonniers/ irréguliers	Significatif	Positif	
		Processus urbain	Aménagements	Significatif	Positif	
		Stratégies de gestion	-	Significatif	Positif	
		Activités socio économiques	Récoltes de produits	Modéré	Positif	
caractérisation de l'endommagement	Dommages enregistrés	Dégradation	Etat relictuel	Significatif	Positif	la totalité des paramètres font référence à l'importance des endommagements
		Conversion	en zone de tannes	Significatif	Positif	
		Regression	Gain de superficies	Significatif	Positif	
	Risques associés	Inondation/Etiage	Forte Emprise de la marée	Significatif	Positif	
		Regression du potentiel d'eau utilisable	Salinisation	Significatif	Positif	
		Regression des fonctions d'auto entretien	Recrudescence des risques au niveau de la ville	Significatif	Positif	
		Réduction des habitats	Faiblesse des massifs	Significatif	Positif	
capacité de réponse à l'endommagement	Forces	Facultés résilientes	des	Significatif	Positif	Quasi-Absence de stratégies de gestion pour promouvoir la capacité de réponse aux changements
	Opportunités	Situation hydrologique favorable	Regain pluviométrique/Amples pénétration de la marée	Significatif	Positif	
		Politiques de conservation	Reboisement partiel	Modéré	Positif	
		Législation	-	Significatif	Négatif	
		Institution de gestion	-	Significatif	Négatif	

Réalisation Sall, 2013

L'analyse des différents paramètres sur la sensibilité à l'endommagement montre neuf paramètres sur douze sensibles à la vulnérabilité soit 75% des paramètres. La totalité des paramètres décrivent l'importance des endommagements. Sur la capacité de réponse, il est à noter un contexte favorable mais l'absence de cadre de gestion pour favoriser la résilience de cette unité mise à part les activités de repiquage.

Tableau 8: Profil de vulnérabilité des zones humides de Saint-Louis (suite)

Aspects de la vulnérabilité	Composantes	Paramètres	Zones de tanne			Observations
			Caractéristiques	Niveau d'impact	Valeur d'impact sur	
sensibilité à l'endommagement	Propriétés intrinsèques	Topographie	relativement basse	Modéré	Négatif	75% des paramètres positifs à la sensibilité à l'endommagement
		Géomorphologie	vasière	Insignifiant	Négatif	
		% par rapport à l'occ sol	1,79	Significatif	Positif	
		Pédologie	Sol à matières organiques	Insignifiant	Négatif	
		Faune	microfaune	Significatif	Positif	
		Flore	faible densité	Significatif	Positif	
	Facteurs de dynamique	Pluviométrie	Faible	Significatif	Positif	
		Crues	Saisonniers/ irrégulières	Significatif	Positif	
		Marées	Saisonniers/ irrégulières	Significatif	Positif	
		Processus urbain	Aménagements	Significatif	Positif	
		Stratégies de gestion	-	Significatif	Positif	
		Activités socio économiques	Divagation de bétail	Significatif	Positif	
		Dégradation	Recomposition	Significatif	Négatif	
caractérisation de l'endommagement	Dommages enregistrés	Conversion	colonisation progressive	Significatif	Négatif	Malgré une recomposition manifeste de cette unité, l'état de l'endommagement ne permet pas une réelle effectivité des fonctions écologiques pour la ville
		Regression	Perte de superficies	Significatif	Négatif	
		Inondation/Etiage	Forte Emprise de la marée	Significatif	Négatif	
	Risques associés	Regression du potentiel d'eau utilisable	Salinisation	Significatif	Positif	
		Regression des fonctions d'auto entretien	Recrudescence des risques au niveau de la ville	Significatif	Positif	
		Réduction des habitats	Réduction des massif	Significatif	Positif	
		Forces	résilientes	unités/Aptitudes	Significatif	
capacité de réponse à l'endommagement	Opportunités	Situation hydrologique favorable	Regain pluviométrique/Ample pénétration de la marée	Significatif	Positif	Problématique dans le cadre institutionnel et réglementaire
		Politiques de conservation	Reboisement partiel	Modéré	Positif	
		Législation	-	Significatif	Négatif	
		Institution de gestion	-	Significatif	Négatif	

Réalisation Sall, 2013

Cette unité enseigne de la même problématique que connaissent les mangroves sur la sensibilité à l'endommagement. Sur la nature des endommagements malgré une recomposition manifeste de ces unités, l'état actuel n'assure pas l'efficacité des fonctions écologiques des zones de tanne.

Tableau 9: Profil de vulnérabilité des zones humides de Saint-Louis (suite)

Aspects de la vulnérabilité	Composantes	Paramètres	Zones inondables			Observations
			Caractéristiques	Niveau d'impact	Valeur d'impact sur l'aspect de la vuln	
sensibilité à l'endommagement	Propriétés intrinsèques	Topographie	relativement basse	Modéré	Négatif	75% des paramètres positifs à la sensibilité à l'endommagement
		Géomorphologie	vasière	Insignifiant	Négatif	
		% par rapport à l'occ sol	9,8	Significatif	Positif	
		Pédologie	sol hydromorphe à halomorphe	Insignifiant	Négatif	
		Faune	quasi absent	Significatif	Positif	
		Flore	quasi absent	Significatif	Positif	
	Facteurs de dynamique	Pluviométrie	Faible	Significatif	Positif	
		Crues	Saisonniers/ irrégulières	Significatif	Positif	
		Marées	Saisonniers/ irrégulières	Significatif	Positif	
		Processus urbain	Aménagements	Significatif	Positif	
		Stratégies de gestion	-	Significatif	Positif	
		Activités socio économiques	Aménagements immobilier	Significatif	Positif	
caractérisation de l'endommagement	Dommages enregistrés	Dégradation	Stagnation et eutrophisation de l'eau	Significatif	Positif	la totalité des paramètres font référence à l'importance des endommagements
		Conversion	Zone d'habitation précaire	Significatif	Positif	
		Regression	Réduction des superficie	Significatif	Positif	
	Risques associés	Inondation/Etiage	Remontée de la nappe	Significatif	Positif	
		Regression du potentiel d'eau utilisable	Salinisation	Significatif	Positif	
		Regression des fonctions d'auto entretien	Inondation et salinisation	Significatif	Positif	
		Réduction des habitats				
capacité de réponse à l'endommagement	Forces	Facultés résilientes	Résistance des points d'eau	Significatif	Positif	Défaillance du cadre institutionnel et réglementaire
	Opportunités	Situation hydrologique favorable	Regain pluviométrique/Ample pénétration de la marée	Significatif	Positif	
		Politiques de conservation	Ouvrage de protection précaire	Significatif	Positif	
		Législation	-	Significatif	Positif	
		Institution de gestion	-	Significatif	Positif	

Réalisation Sall, 2013

Les zones inondables présentent le même profil que les mangroves avec 75% des paramètres sensibles à la vulnérabilité, d'importants endommagements et une défaillance du cadre institutionnel et réglementaire qui aurait pu favoriser des réponses adéquates aux endommagements du système.

Tableau 10: Profil de vulnérabilité des zones humides de Saint-Louis (suite)

Aspects de la vulnérabilité	Composantes	Paramètres	Plans d'eau			Observations
			Caractéristiques	Niveau d'impact	Valeur d'impact sur l'aspect de la vuln	
sensibilité à l'endommagement	Propriétés intrinsèques	Topographie	Basse	Modéré	Négatif	plus de 75% des paramètres positifs à la sensibilité à l'endommagement
		Géomorphologie	Points bas	Insignifiant	Négatif	
		% par rapport à l'occ sol	0,27	Significatif	Positif	
		Pédologie				
		Faune	Diversité faunistique	Significatif	Positif	
	Flore	Diversité floristique	Significatif	Positif		
	Facteurs de dynamique	Pluviométrie	Faible	Significatif	Positif	
		Crues	Marégraphique	Significatif	Positif	
		Marées	Marégraphique	Significatif	Positif	
		Processus urbain	Ouvrages hydrauliques	Significatif	Positif	
Stratégies de gestion		Manœuvre de vannes	Significatif	Positif		
Activités socio économiques	Récoltes de produits	Significatif	Positif			
caractérisation de l'endommagement	Dommages enregistrés	Dégradation	florescence de végétation aquatique	Significatif	Positif	la totalité des paramètres font référence à l'importance des endommagements
		Conversion	Colonie de végétations aquatiques	Significatif	Positif	
		Regression	dysfonctionnement des chenaux	Significatif	Positif	
	Risques associés	Inondation/Étiage	Forte Emprise de la marée	Significatif	Positif	
		Regression du potentiel d'eau utilisable	Implantation de végétation aquatique	Significatif	Positif	
		Regression des fonctions d'auto entretien	Dysfonctionnement du réseau	Significatif	Positif	
Réduction des habitats	Réduction des étendus	Significatif	Positif			
capacité de réponse à l'endommagement	Forces	Facultés résilientes	-			Inadéquation du cadre de gestion de ces unités
	Opportunités	Situation hydrologique favorable	Regain pluviométrique/Ample pénétration de la marée	Significatif	Positif	
		Politiques de conservation	Implantation d'ouvrages hydrauliques	Significatif	Négatif	
		Législation Institution de gestion	-	Significatif	Négatif	

Réalisation Sall, 2013

Les plans d'eau présentent la même situation que les autres unités sur les trois aspects de la vulnérabilité.

Ainsi, une analyse des différents paramètres ayant trait aux différents aspects de la vulnérabilité montre une vulnérabilité des écosystèmes humides majeurs de la ville de Saint-Louis. En ce qui concerne la sensibilité à l'endommagement qui relève de propriétés

intrinsèques des unités ainsi que de leurs facteurs de dynamiques nous notons au moins 75% de paramètres qui concourent à l'endommagement des différentes zones humides en l'occurrence la mangrove, les zones de tanne, les zones inondables et les plans d'eau et renseigne de la fragilité de ces écosystèmes.

La situation en cours pour les différentes unités renseigne de la dynamique compromettante que connaissent les zones humides à Saint-Louis. Elle n'existe qu'à l'état relictuel actuellement ou leur régénération se fait à un rythme encore rampant. Cette dynamique ne permet guère une effectivité des fonctions écologiques d'où la recrudescence des risques d'inondation, de salinisation en dépit des fonctions écologiques des écosystèmes (Tableau 11).

Pour ce qui est de la capacité de réponse aux endommagements qui renseigne de la faculté résiliente des systèmes, il est noté un environnement hydroclimatique de plus en plus favorable¹⁴, des propriétés intrinsèques des systèmes propices à une adaptation ou une résistance des écosystèmes mais qui se heurtent aux actions anthropiques ayant trait au cadre de gestion de ces milieux en termes de politiques, d'institutionnalisation ou de réglementation de ces milieux. Cette inefficience du cadre réglementaire et institutionnel traduit les contraintes anthropiques à la résilience des écosystèmes humides au niveau de Saint-Louis malgré leur résistance à l'urbanisation galopante (Sall, 2011).

3.5. Des risques associés à la vulnérabilité des écosystèmes humides pour la ville

Le caractère erratique des mécanismes et paramètres hydroclimatiques s'est traduit comme une panoplie d'aléas ou d'incertitudes pour la ville. La mutation environnementale s'est assortie de conséquences délétères pour la cité estuarienne dressant un ensemble de risques avec les multiples aléas qui sévissent dans la ville.

Tableau 11: Risques récurrents à Saint-Louis

ALEAS	Mer	Crue	Pluie	Sel
Mer	Salinisation Inondation Perte de terres arables	Inondation Perte de terres arables	Inondation	Salinisation Perte de terres arables Perte de biodiversité
Crue	Inondation	Inondation Perte de terres arables	Inondation	Fragilisation du bâti
Pluie	Inondation	Inondation Perte de terres arables	Inondation	Fragilisation du bâti Remontée de la nappe
Sel	Salinisation Perte de terre arable Perte de biodiversité	Fragilisation du bâti	Fragilisation du bâti Remontée de la nappe	Salinisation Perte de terres arables Perte de biodiversité

Source : D'après Coly et al., 2011

La récurrence de ces risques traduit la faible propension des écosystèmes à protéger la cité estuarienne et donc de leur vulnérabilité eux même dans la mesure où les fonctions de protection potentielles demeurent virtuelles.

L'effet des aléas sur la dynamique des écosystèmes se mesure par rapport à leur impact sur les fonctions de ces derniers et décrit leur vulnérabilité. Les enjeux se présentent sur les grandes

¹⁴ Regain pluviométrique ; recrudescence des crues et ample pénétration de la marée avec l'ouverture de la brèche

fonctions associées aux propriétés intrinsèques des différentes unités qui émanent d'une régénération des écosystèmes et engendrent des risques en cas de dégradation face aux différents aléas.

Les nouveaux établissements humains étant d'anciennes zones de crues, des conditions climatiques plus clémentes favorisent leur régénération. Or ces unités écologiques sont déjà conquises par l'homme. La moindre amélioration de la pluviométrie favorisant une élévation du niveau des plans d'eau et des crues plus importantes engendre des inondations.

Malgré la durée de l'exondation de ces terres due à la persistance de la sécheresse, le profil structural de ces milieux (composés essentiellement de vase) n'a pas changé (Sy, 2010). Les populations s'exposent désormais aux phénomènes d'inondation et de salinisation face à l'amélioration de la pluviométrie, à la remontée de la nappe ou à l'importance de la pénétration océanique en l'absence d'un réseau d'assainissement efficace.

La convergence des crues, des eaux pluviales et des marées en outre de la fluctuation de la nappe a conduit à la formation de « hot spots »¹⁵ au niveau d'un bon nombre de quartiers à Saint-Louis qui font face à différents facteurs de vulnérabilité liés aux zones humides (Tableau 12).

Tableau 12: Facteurs de vulnérabilité des hotspots de la ville de Saint-Louis

Hot spots	Facteurs de vulnérabilité						
	Sel	Nappe	Mer/Fleuve	Unité géomorphologique	Processus géomorphologique	Règle d'urbanisation	Stratégies d'adaptation
Vauvert	Présence de pélicule	Sub affleurante à affleurante	atteinte par les crues	Plaine d'inondation	Subsidence notoire	irrégularité	inadaptées
Darou	Présence de pélicule	peu profonde	-	Dépression	Subsidence notoire	anarchie et habitat destructuré	inadaptées
Diaminar	Présence de pélicule	peu profonde	-	Bas fond		irrégularité	inadaptées
Goxumbacc	-	-	intensité des vagues	racine de cordon dunaire	réduction de la largeur du cordon	Non respect des normes	inadaptées

Réalisation Sall, 2013 d'après Coly et al.,2011

L'analyse des facteurs de vulnérabilité actuelle de la plupart de ces « hot spots » confirme cette liaison de la vulnérabilité territoriale à la dynamique des écosystèmes humides. Les facteurs de vulnérabilité de ces quartiers relevant de la topographie ou de la géomorphologie suggèrent que ces derniers se sont installés sur des milieux à potentiel écologique humide confirmé par les différents aléas auxquels ils font face. Les caractéristiques du site source de

¹⁵ Zones vulnérables soumises à des risques récurrents

vulnérabilité ont été renforcées par des stratégies d'aménagement et des règles d'urbanisme inefficaces.

Le profil de vulnérabilité présente un cadre géographique marqué par d'importants aléas avec des paramètres de fonctionnement au caractère erratique renforcé par des pressions contraignantes. L'amalgame du contexte environnemental s'est traduit par une régression notable des systèmes écologiques, une vulnérabilité parallèle à toutes les unités écosystémiques humides au niveau de la ville. Cette vulnérabilité justifie le paradoxe d'une faible implication des zones humides dans la protection de la cité et la recrudescence de risques dans la cité en dépit d'importantes fonctions et services potentiels des écosystèmes qui pourraient être capitalisés dans l'efficacité des fonctions et services urbains.

Chapitre 4. Les déterminants de la vulnérabilité des zones humides, repères d'une gestion efficiente des zones humides de Saint-Louis

Le paradoxe de l'inefficience des fonctions et services écosystémiques exhorte à une gestion durable des zones humides ce qui ne peut se faire que par des réponses au contexte de vulnérabilité actuel. Ce chapitre propose des orientations de base sur les modalités d'une gestion en vue d'une optimisation des fonctions et services écosystémiques des zones humides.

4.1. Des cibles et enjeux de gestion liés à la sensibilité à l'endommagement

L'analyse de la récurrence des risques à Saint-Louis a montré le paradoxe d'une faible implication des écosystèmes humides dans la protection de la cité. Une gestion efficiente de ces milieux a pour enjeu une mise à profit des services écosystémiques dans la réponse aux services et fonctions urbains et la protection de la ville.

Les fonctions et services écosystémiques apparaissent fortement liés aux fonctions et services urbains (Tableau 13) qui se voient compromis avec la récurrence des risques d'érosion de la biodiversité, d'inondation, de salinisation, d'érosion des terres (Tableau 11). Les fonctions sociales et économiques apparaissent aujourd'hui menacées avec la vulnérabilité de plus en plus accrue dans le contexte des changements climatiques et la régénération des écosystèmes humides qui présente aussi des intérêts écologiques pour la cité.

Tableau 13: Imbrication des fonctions et services écologiques aux fonctions et services urbains

SECTEUR	Social						Valeur
	Assainissement	Santé	Economie	cadre de vie	Production	Culture	
Biodiversité		■	■	■	■		...
Production			■	■	■		..
Auto-Entretien			■	■	■		..
Ecologie			■	■	■	
Protection	■	■	■	■	■	
Régulation	■	■	■	■	■	
Esthétique			■	■	■		...
Socio culturel						■	.
Valeur	

Source :Coly et al, 2013

La biodiversité que renferment les écosystèmes humides joue sur la santé et la production. Les fonctions de production de ces milieux influent sur l'économie et favorisent les fonctions de production urbaines ; les fonctions d'auto entretien, de régulation et de protection ont une valeur, sur l'assainissement, la santé, l'économie et le cadre de vie.

Les cibles pour la gestion durable de ces milieux renvoient aux facteurs écologiques des milieux qui influent sur les différents fonctions et services de chaque unité (Tableau 14).

Tableau 14: Les cibles de gestion

Enjeux de gestion		Cibles de gestion
Unités	Fonctions	
Mangrove	Engorgement	Végétation/Structure pédologique
		Structure pédologique
	Regurgitement	Végétation
		Structure pédologique
	brise lame	Végétation
	brise vent	Végétation
	Piègeage de carbone	Végétation
	Epuration de l'eau	Végétation
		Réseau hydrographique
	Stabilisation des sols	Végétation
	rétention de sédiments	Végétation
	Reproduction	Habitat
	Niveau des plans d'eau/Qualité de l'eau	
Production	Habitat	
Plan d'eau	Exportation de sédiments	Réseau hydrographique
	Production	Habitat
		Niveau des plans d'eau/Qualité de l'eau
	Reproduction	Habitat
		Niveau des plans d'eau/Qualité de l'eau
	Alimentation en eau	Niveau des plans d'eau/Qualité de l'eau
	Transport	Niveau des plans d'eau
		Réseau hydrographique
Zone de tanne	Engorgement	Végétation/Structure pédologique
		Structure pédologique
	Reproduction	Habitat
		Paramètres hydrologiques
zones inondable	Engorgement	Végétation/Structure pédologique
		Structure pédologique
	Agriculture	Propriétés pédologiques
		Niveau des plans d'eau/Qualité de l'eau
		Végétation

Réalisation : Sall, 2013

Ainsi, les cibles de gestion renvoient aux différentes propriétés qui spécifient chaque type de zone humide. Une gestion durable doit viser les caractéristiques originelles des milieux dans l'optique d'un état d'équilibre. Les propriétés des écosystèmes telles que déclinées dans le profil de vulnérabilité renseignent de la sensibilité à l'endommagement. Elles sont de facto la végétation, les paramètres hydrologiques, les propriétés pédologiques et les supports de biodiversité (habitat).

4.2. Des objectifs et des options de gestion découlant des aspects de vulnérabilité

La vulnérabilité notoire des systèmes écologiques au niveau de la ville de Saint-Louis décline des objectifs et des options d'une gestion durable de ces milieux centrés sur la réponse à leur situation compromettante ainsi aux différents aspects de la vulnérabilité.

4.2.1. Les objectifs de gestion

La panoplie de menaces et pressions donne comme objectifs généraux dans le cadre d'une gestion, une réduction à la sensibilité à l'endommagement qui est à l'origine de l'importance des endommagements et de la déficience dans l'effectivité des fonctions et services écologiques. Ceci enseigne de la faible capacité de réponse aux endommagements des systèmes qui se justifie par les contraintes anthropiques. Autrement dit, une gestion durable de ces milieux doit avoir pour objectifs une réduction de la vulnérabilité des zones humides et un renforcement de la résilience des écosystèmes humides au niveau de Saint-Louis c'est à dire un anéantissement des menaces et pressions qui pèsent sur leur épanouissement.

Ainsi, les objectifs portent sur les cibles de gestion et les menaces qui pèsent sur les zones humides et sont :

- la préservation de la structure de ces milieux à un état d'équilibre,
- la valorisation de ses potentiels hydro écologiques
- la restauration des états dégradés ou des systèmes en dysfonctionnement,
- la définition d'un cadre réglementaire et institutionnel pour les milieux écologiques qui apparaît comme la déficience majeure qui a conduit au statut quo de ces milieux.

Il apparaît judicieux de répondre à ces différents objectifs pour une garantie des fonctions et services écosystémiques dans la mesure où les différents paramètres cibles assurent l'équilibre de ces milieux.

4.2.2. Les options de gestion

Les options de gestion sont des stratégies à mettre en œuvre pour l'atteinte des objectifs. Elles portent sur les incertitudes, contraintes et pressions qui pèsent sur les cibles de gestion et qui justifient la propension à l'endommagement, leur importance ainsi que la faible capacité de réponse aux endommagements (Tableau 15).

Tableau 15: Les menaces pour les différentes cibles de gestion qui justifie la vulnérabilité des zones humides au niveau de Saint-Louis

Cibles de gestion	MENACES		
	Incertitudes	Contraintes	Pressions
Végétation	Paramètres hydroclimatiques	Gestion de l'eau à l'échelle sous régionale	Politiques urbaines orientées vers la viabilisation des milieux aquatiques
	Gestion de l'eau à l'échelle sous régionale	Les aménagements urbains	
Habitat	Changements climatiques	Dysfonctionnement des systèmes écologiques	Processus urbain
	Evolution de la brèche	Etat relictuel des habitats	Perception hostile des milieux humides: dépotoirs d'ordures
		Absence de cadre de gestion politique et de réglementation spécifique des milieux écologiques	Mis à terre/Exploitation des ressources
		Implantation humaine dans les zones d'anciennes marécages et de vasières	Pressions foncières induites par la croissance de population
Structure pédologique	Changements climatiques	Dégradation des structures végétales	
	Dynamique morphogénique	Dysfonctionnement des réseaux hydrologiques qui entretiennent les végétations	
Propriétés pédologiques	Dynamique morphogénique		
Processus hydrologiques naturels			
Réseau hydrographique	Dynamique morphogénique	Implantation humaine dans les zones d'anciennes marécages et de vasières	changement d'occupation du sol
	Changements climatiques	Florescence de végétaux aquatiques	Priorité accordée aux demande de logement
Paramètres hydrologique : Niveau et qualité de l'eau	Gestion de l'eau a l'échelle sous	Gestion des ouvrages	Colonisation par les végétaux aquatiques
	Changements climatiques	Pollution urbaine(rejets d'assainissement, dépôts d'ordures)	

Réalisation : Sall, 2013

L'analyse du profil de vulnérabilité décline des menaces au plan hydrologique avec la gestion à différentes échelles et les incertitudes ayant traits aux changements climatiques, les processus hydro géomorphologiques naturels exacerbés par l'action anthropique (pressions foncières, détournement des exigences écologiques dans la planification urbaine etc.).

Les différentes options de gestion doivent consister en des stratégies qui peuvent contraindre ces menaces pour assurer un état d'équilibre des écosystèmes humides aux fonctions efficaces et répondre aux objectifs définis. Les options qui y découlent renvoient à une « gestion proactive » ou « gestion par objectifs »¹⁶. Selon les objectifs, des réponses sont proposées aux différentes menaces (

¹⁶ Lignes directrices pour la planification de la gestion des aires protégées

Tableau 16).

Tableau 16: Les options selon les objectifs de gestion et les axes d'intervention

Menaces	Options de gestion selon les objectifs				
	préservation de la structure de ces milieux	valorisation de ses potentiels hydro écologiques	la restauration des états dégradés ou des systèmes en dysfonctionnement	la définition d'un cadre réglementaire et institutionnel	Axes de gestion par menace
Incertitudes dans l'irrégularité des paramètres hydroclimatiques	Etudes hydroclimatiques: Modèles, scénarios	Etudes hydroclimatiques: Modèles, scénarios	Etudes hydroclimatiques: Modèles, scénarios	Etudes hydroclimatiques: Modèles, scénarios	Recherche développement
Incertitudes dans la gestion de l'eau dans différentes échelles	Elaboration de modèles hydrologiques comme base de gestion	Intégration des normes écologiques dans les modèles de gestion de l'eau	Intégration des normes écologiques dans les modèles de gestion de l'eau	Intégration des normes écologiques dans les modèles de gestion de l'eau	Recherche développement et définition de standard de planification à partir de normes écologiques
	Mises à niveau des modèles de gestion	Coordination des échelles de gestion	Mises à niveau des modèles de gestion	Coordination des échelles de gestion	Révision de la gouvernance de l'eau
Les changements climatiques	Etudes hydroclimatiques: Modèles, scénarios	Etudes hydroclimatiques: Modèles, scénarios	Etudes hydroclimatiques: Modèles, scénarios	Etudes hydroclimatiques: Modèles, scénarios	Etudes hydroclimatiques
	Modélisation de la biodiversité	Modélisation de la biodiversité	Modélisation de la biodiversité	Modélisation de la biodiversité	Modélisation de la biodiversité
Les aménagements et leurs implications	Evaluation environnementale et sociale	Evaluation environnementale et sociale	Evaluation environnementale et sociale	Evaluation environnementale et sociale	EES
	Mesures d'atténuation et de compensation	Mesures d'atténuation et de compensation	Mesures d'atténuation et de compensation	Mesures d'atténuation et de compensation	Politiques de restauration et d'entretien
Processus hydrologiques naturels	Modélisation des différents scénarios	Modélisation des différents scénarios	Modélisation des différents scénarios	Modélisation des différents scénarios	Modélisation des phénomènes hydromorphologiques
Dyanmiques morphologiques	Modélisation des différents scénarios	Modélisation des différents scénarios	Modélisation des différents scénarios	Modélisation des différents scénarios	
Vision politique du territoire orientée vers la viabilisation des zones humides	Approche intégrée et intégrale dans la planification urbaine	Approche intégrée et intégrale dans la planification urbaine	Approche intégrée et intégrale dans la planification urbaine	Approche intégrée et intégrale dans la planification urbaine	Planification urbaine intégrée
Perception hostile des zones humides	IEC	IEC	IEC	IEC	de ces milieux par les différentes parties
	Mesures d'accompagnement dans la gestion des zones humides	Mesures d'accompagnement dans la gestion des zones humides	Mesures d'accompagnement dans la gestion des zones humides	Mesures d'accompagnement dans la gestion des zones humides	
Absence de cadre réglementaire et institutionnel	Définition du statut des zones humides en milieu urbain	Définition du statut des zones humides en milieu urbain	Définition du statut des zones humides en milieu urbain	Définition du statut des zones humides en milieu urbain	Adoption d'un cadre juridique et réglementaire pour les zones humides
Les dysfonctionnement des systèmes écologiques	Restauration des corridors et des entités écologiques	Restauration des corridors et des entités écologiques	Restauration des corridors et des entités écologiques	Restauration des corridors et des entités écologiques	Restauration des écosystèmes
Orientations d'intervention majeures	Recherche développement-GIRE/ Gouvernance urbaine-sensibilisation-Restauration des systèmes-élaboration du cadre juridique et réglementaire				

Réalisation : Sall, 2013

En fonction des quatre objectifs majeurs et les menaces qui pèsent sur les cibles de gestion, nous pouvons avoir un ensemble d'options complémentaires pour remédier à l'inefficience des services écosystèmes.

Les options pour remédier au statut quo des zones humides tournent autour de la recherche-développement, de la Gestion intégrée de l'eau, de la gouvernance urbaine, de la sensibilisation, de la restauration et de l'élaboration d'un cadre juridique et réglementaire.

Une lecture horizontale des différentes menaces sur les objectifs montre l'essence de la recherche-développement comme alternative pour faire face aux incertitudes des milieux. Répondre aux différents objectifs requiert une étude préalable des facteurs biophysiques une modélisation des scénarios possibles. Les menaces qui relèvent de l'action anthropiques nécessitent quant à elles, de nouvelles politiques en matière de planification, de gestion, de sensibilisation mais aussi d'activités de restauration. Ces différentes orientations relèvent de la Gestion Intégrée Ressources en Eau (GIRE), de la gouvernance urbaine et du cadre juridique et réglementaire.

Toutefois les différents axes de gestion requièrent une analyse, une définition d'un plan d'actions en ce sens qu'ils ne constituent que des logiques d'intervention.

4.3. Recommandations

Suite à la déclinaison des options de gestion basées sur les objectifs et les menaces, il apparaît judicieux dans le cadre d'une gestion efficiente de zones humides au niveau de Saint-Louis de procéder à des recherches au plan climatique. Ces recherches pourraient permettre d'anticiper les prochains scénarii climatiques qui se dressent comme principales incertitudes quant au futur des écosystèmes humides.

Des recherches doivent être aussi menées sur le fonctionnement des écosystèmes distinctifs pour une modélisation de la biodiversité et une création de base de données sur les zones humides en vue d'une gestion résiliente. Une telle gestion requiert une gestion intégrée de l'eau avec une large prise en compte des scénarios et modèles de dynamiques hydrologiques à l'échelle du bassin du fleuve Sénégal.

En parallèle à ces mesures sur les facteurs de dynamique des zones humides, il importe d'agir sur les contraintes et menaces qui pèsent sur leur fonctionnement. Ainsi, une réhabilitation des systèmes écologiques s'avère nécessaire avec les multiples dysfonctionnements ; ce qui prend un piédestal des études. Elle nécessite aussi un plan d'aménagement et de réhabilitation pour un fonctionnement efficient des milieux écologiques en remédiant aux différentes contraintes émanant de l'aménagement urbain jadis guidé par une réponse aux demandes sociales sans une prise en compte des réalités écologiques dans les planifications.

Une réponse aux différentes pressions requiert quant à elle une réglementation institutionnelle et juridique des zones humides. Celle-ci nécessite la définition du statut de ces milieux qui va déterminer le rapport des hommes à ces zones écologiques qui se fera désormais selon les principes d'une gestion durable au respect des normes de fonctionnement. Elle requiert ainsi une sensibilisation des différents protagonistes qui s'activent autour de ces milieux et leur

institutionnalisation afin de changer tout d'abord la perception négative ou ignorante de ces milieux et ensuite de définir leur réglementation.

La réussite d'un tel programme a comme préalable par ailleurs une coordination et une harmonisation de la vision territoriale de la ville axée sur les propriétés écologiques de l'estuaire par les différents décideurs (OMVS, Directions étatiques, agences et autorités municipaux) pour répondre aux défis de la gouvernance urbaine et de la gestion des écosystèmes et faire de Saint-Louis une cité d'eau résiliente.

En tout état de cause, il s'avère urgent pour l'ADC, de concert avec les différents services déconcentrés (Direction de l'environnement et des établissements classés, Direction de l'Urbanisation, Direction de l'hydraulique...) de mettre en œuvre un plan d'actions.

L'intégration des services écosystémiques dans l'aménagement du territoire et la gestion urbaine ne doit pas être considérée comme optionnelle. Le changement de paradigme apparaît nécessaire pour le bien être sécurisé des populations. A cet effet, un plan d'actions dans ce contexte, doit être basé sur les différents avantages du milieu et un pilotage de l'innovation par le biais de nœuds institutionnels, des capacités de réponses face à l'incertitude. Il s'agira d'œuvrer avec la nature et d'optimiser les infrastructures vertes que constituent les zones humides.

Dans le cadre d'une vision territoriale axée sur les services écosystémiques, une gestion efficiente des zones humides au niveau de Saint-Louis doit porter sur les propriétés spécifiques des différentes unités écologiques qui constituent les cibles de gestion et les menaces qui pèsent sur eux. Ceci permettra de répondre à des objectifs de réduction de la vulnérabilité de ces milieux et de promouvoir une résilience territoriale par une mise à profit des services écosystémiques. L'atteinte de tels objectifs doit se fonder sur des stratégies de gestion axées sur la recherche-développement, la GIRE, la gouvernance urbaine et la définition d'un statut et d'un cadre réglementaire et juridique de ces milieux. Ainsi il urge de promouvoir une recherche développement sur les composantes, les processus et les services de ces milieux et de recentrer la vision territoriale de la cité estuarienne autour de ses paramètres écologiques.

Conclusion et Perspectives

Les zones humides au niveau de Saint-Louis se distinguent par une inefficience des services écosystémiques dans la protection de la cité et la contribution aux services urbains. Leur dynamique est soumise à un ensemble de paramètres hydroclimatiques au caractère erratique, exacerbé par d'innombrables pressions et contraintes émanant de l'urbanisation de la zone estuarienne.

La recrudescence des risques dans un site à fort potentiel écologique a suscité un désir de changement du rapport de la cité à son interface écosystémique par les autorités municipales pour une mise à profit des services écologiques.

L'objectif de ce travail était de fournir des orientations de gestion dans le cadre de nouvelles politiques territoriales centrées sur le potentiel que renferment ces milieux à partir de la vulnérabilité à laquelle ils font office.

La caractérisation du profil de vulnérabilité a permis de ressortir les différents éléments qui justifient la situation actuelle des écosystèmes humides à Saint-Louis et d'avoir une vision et des paramètres sur lesquels il faut agir allant de la déclinaison des menaces aux stratégies de réponses.

L'analyse du profil de vulnérabilité a montré une fragilité de ces systèmes écologiques avec une réelle sensibilité à l'endommagement, un état de dégradation et une faible capacité de réponse aux mutations.

Un cadre de gestion centré sur les différents aspects de la vulnérabilité apparaît comme une alternative dans la mise à profit des services écosystémiques dans les services urbains pour une résilience territoriale. Cela permet de prendre en charge les pressions et menaces qui se heurtent à leur fonctionnement et à leur dynamique. Il permettrait d'arriver à la réduction de la vulnérabilité des écosystèmes et à la résilience territoriale.

Ainsi, le profil de vulnérabilité constitue en ce sens un outil d'aide à la décision pour les autorités municipales pour une nouvelle vision territoriale centrée sur les services écosystémiques.

La planification requiert une recherche -développement, une GIRE à l'échelle du bassin du fleuve, une planification urbaine harmonieuse, un plan d'aménagement et de réhabilitation des zones écologiques et un arsenal juridique qui détermineraient la gestion et la gouvernance des écosystèmes dans la mesure où les menaces qui pèsent sur ces milieux émanent de ces secteurs.

Les contraintes notées dans le cadre de l'élaboration de ce document n'ont pas permis d'arriver à des stratégies de mises en œuvre d'un plan de gestion. Ce travail a permis de donner des pistes à explorer par les autorités compétentes pour une gestion durable des zones humides de Saint-Louis. Des études plus poussées sur des indicateurs quantitatifs pourraient permettre d'arriver à des stratégies de mise en œuvre.

Bibliographie

- Alexandre M., 2009, La vulnérabilité des territoires littoraux au changement climatique : Mise au point conceptuelle et facteurs d'influence iddri Analyse, n° 01/2009 | changement climatique, 30p.
- Beccera S., Peltier A. (dir.), 2009, Risques et environnement : recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés, Paris, L'Harmattan, coll. *Sociologies et environnement*, 575 p.
- Berthoud, G. 2003, *guide méthodologique - application au projet de développement des ressources halieutiques du lac de Selingue*, rapport final, Econat,
- Coly A. et al, 2013, *Recommendations on of climate changes can be better integrated in the planning and government system in Saint Louis*, CLUVA, 34p.
- Coly A. et al., 2011, *D 5.2 Report on climate related hazard in the selected cities (SAINT LOUIS)*, CLUVA, 51p.
- Coly A., 1996. *Le système fluvio-lacustre du lac de Guiers: étude hydrologique et gestion quantitative intégrée*. Thèse de doctorat du 3e cycle de géographie, UCAD, 323p.
- Coly A., 2001, *Situation hydrologique dans les zones humides du delta du fleuve Sénégal, Rapport de campagne hydrologique, programme de recherche triennal de Gestion intégrée du Djoudj de sa périphérie et des autres zones humides du delta du fleuve Sénégal*, UICN, 26p.
- Convention de Ramsar, 2012, Résolution XI.11 Principes pour la planification et la gestion des zones humides urbaines et périurbaines, 11e Session de la Conférence des Parties à la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971) « *Les zones humides : lieux de vie et destinations* » Bucarest, Roumanie, 6 au 13 juillet 2012
- DE BACKER (L.), 1994, *Bases méthodologiques de la gestion iintégrée des ressources hydriques - cours en G.I.R.H. - S E 402, FUL , syllabus en Anglais, Arlon - Belgique 32 p. Doc. multigr.*
- Decamps H., (2007). La vulnérabilité des systèmes socio écologiques aux événements extrêmes : exposition, sensibilité, résilience *Natures Sciences Sociétés* 15, pp.48-52.
- Diakhaté M. M., 2009, *Rapport intermédiaire, Etude stratégique d'aménagement de la mangrove à Saint – Louis et ses environs. Diagnostiques et Planification, ADC, 85p.*
- Diakhaté M.M., Diallo A.T.S., 2007, Utilisation de la télédétection et des SIG dans l'étude de l'évolution de l'occupation du sol de la communauté rurale de Gandon entre 1973 et 2003, communication orale, colloque international « *ressources territoriales et décentralisation* » Université Gaston Berger Saint-Louis Senegal
- Diallo H., 2001, *Ecosystème urbain: Processus de transformation des vasières périphériques en zones d'habitations dans la commune de Saint-Louis et Conséquences sur l'environnement*, mémoire de maîtrise, section de Géographie, UGB, 132p.

- Diop M. Nd., 2004, *Zones humides du delta du fleuve Sénégal: Classification, valeurs et outils de gestion qualitative*, thèse de doctorat, option hydrologie département de géographie UCAD, 142p.
- Hervé Dumez H., 2011, *Les concepts en gestion : création, définition, redéfinition : Qu'est-ce qu'un concept ?* Le Libellio d'AEGIS Vol. 7, n° 1 – Supplément – Printemps 2011 pp. 67-79"
- Gac J.Y., Kane A., 1985, *Les flux continentaux particuliers et dissous à l'embouchure du fleuve Sénégal (Station de Saint-Louis)*, ORSTOM, 79p.
- Girin J., « Les machines de gestion », in Berry M., « *Le rôle des outils de gestion dans l'évolution des systèmes sociaux complexes* », Rapport pour le ministère de la Recherche et de la technologie, 1983.
- Kane A., 1997. *L'après barrages dans la vallée du fleuve Sénégal. Modifications hydrologiques, morphologiques, géochimiques et sédimentologiques. Conséquences sur le milieu naturel et les aménagements hydro agricoles*. Thèse de Doctorat d'Etat de Géographie physique, UCAD, 569p.
- Kane C., 2003 *Etude diachronique des espaces habitables de la commune de Saint-Louis des origines à nos jours : Eléments de cartographie de limites complexes*, mémoire de maîtrise, section de Géographie, UGB, 85p.
- Leone F., Vinet F., 2005, *La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles* Collection « Géorisques » no 1, 71p.
- Lévêque C., 1996, *Les écosystèmes aquatiques*, Paris, Hachette, 160p.
- Macé G. et Petry F., 2001, *Guide d'élaboration d'un projet de recherche en sciences sociales*, Paris, éd. De Boeck , Collection Méthodes en sciences humaines, 3eme éd., 152 p.
- Michel P., 1973, *Les Bassins du fleuve Sénégal et de la Gambie étude géomorphologique*, tome1, Paris, Mémoires ORSTOM n° 63, 810p.
- Ministère des terres, de l'environnement, des forêts, de l'eau et des mines, 2008, établissement d'un inventaire national rapide des marais et élaboration de 5 avant-projets d'arrêtés ministériels relatifs aux marais, *PROJET DE GESTION INTEGREE DES ECOSYSTEMES CRITIQUES (minitere rema – imce)*, modules 1 et 4 rapport final, 179p.
- Ndiaye P.,1992, La politique de l'environnement : analyse d'une gestion in Momar-Coumba Diop, Sénégal. *Trajectoires d'un État*, Dakar, Codesria, pp. 137/162.
- Ndour N.M., 2009, *Intégration de la question de l'eau dans la gouvernance urbaine : analyse des systèmes de décision dans la commune de Saint-Louis* , mémoire de master1, section de Géographie, UGB, 67p.
- Ndour N.M., 2010, *Intégration de la question de l'eau dans la gouvernance urbaine : analyse des systèmes de décision dans la commune de Saint-Louis*, mémoire de master2, section de Géographie, UGB, 80p.
- OCEANIUM, Dakar, 2009, *Qu'est ce que la mangrove ? Plante ton arbre ! 36 millions de palétuviers pour le Sénégal* 104p
- Paskoff R., 1998, *Les littoraux impacts des aménagements sur leur évolution*, Paris, Armand Colin 3éd., 260p.

- PNUE/UCC-Water/SGPRE 2002: *Vers une gestion intégrée du littoral et du bassin fluvial*. Programme pilote du delta du fleuve Sénégal et de sa zone côtière,
- Ramsar, 2011, *Les avoirs liquides de Ramsar-40ans de la convention sur les zones humides*, 35p.
- Henri Reymond H., 2009, *l'intérêt géographique de la logique de S. Lupasco et de la théorie de la néoténie : proposition d'un crible transdisciplinaire pour l'étude de la résilience des géosystèmes urbains*
- Sall F., 2011, *Changements climatiques et impacts sur les zones humides de la ville de Saint-Louis*, mémoire de master1 Section de Géographie, UGB, 90p.
- Sall M., 2006, *Crue et élévation du niveau marin à Saint-Louis du Sénégal : impacts potentiels et mesures d'adaptation*, thèse de doctorat, Espace géographiques et sociétés, Université du Maine, 332p.
- Sarr C., 2002, *Inscription urbaine dans l'écosystème binaire saint-louisien* in *Revue de Géographie de Saint-Louis* numéro 2 Janvier 2003, pp. 50-64.
- Scarwell H-J., (2007). *Déconstruire les logiques de gestion du risque d'inondation. De la résistance à la résilience : quelle adaptation de la prévention des risques naturels au réchauffement climatique ?* In *Air Pur* N° 72, pp. 24-31.
- Sy A. A., 2009, *Les dunes littorales de la Grande Côte sénégalaise Dynamique actuelle et ses conséquences sur les espaces maraîchers*, mémoire de master2, section de Géographie, UGB, Section de géographie, Saint-Louis193p.
- Sy B. A., 2008, *Milieux, sécheresse climatique et érosion éolienne étude géomorphologique du Sahel sénégalais* Thèse de doctorat d'Etat, UGB, 429p.
- SY B. A., 2010, *Géomorphologie et assainissement urbain: Exemple du Faubourg de Sor à Saint Louis/Sénégal*, communication scientifiques
- Thomas, Lee and Middleton, Julie (2011). *Lignes directrices pour la planification de la gestion des aires protégées*. Gland, Suisse: UICN. x + 67pp.
- UICN, 1999, *Plaines d'inondations sahéliennes, enjeux et perspectives*, actes de la conférence régionale Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 7 – 9 octobre 1999,88p.
- Unep Dakar 2002, *Plan d'action pour l'initiative du NEPAD*
- Veyret Y., Reghezza M. *Aléas et risques dans l'analyse géographique*, in *Annales des mines* octobre 2005, pp.61-69.

Table des matières

Dédicace	2
RESUME	3
ABSTRACT	3
Liste des sigles et acronymes	4
Table des illustrations.....	5
Avant propos et remerciements	6
Introduction Générale.....	8
Chapitre 1. Cadrage général de l’analyse du profil de vulnérabilité	10
1.1. Problématique de la gestion des zones humides à Saint-Louis	10
1.1.1. Les questions de l’étude	11
1.1.2. Les objectifs de l’étude.....	11
1.1.3. Les hypothèses de l’étude	12
1.2. De la définition d’un profil de vulnérabilité à celle des modalités de gestion d’un système	12
1.2.1. La vulnérabilité d’un système.....	12
1.2.1.1. Approche conceptuelle	12
1.2.1.2. Approche d’évaluation de la vulnérabilité	13
1.2.2. La gestion dans les systèmes écologiques	15
1.2.2.1. Les fondements théoriques d’un modèle de gestion.....	15
1.2.2.2. Les bases d’une opérationnalisation d’un modèle de gestion	16
1.3. Cadre méthodologique.....	18
Méthode.....	18
Collecte de données	19
Traitements	20
1.4. Contraintes et limites.....	21
Chapitre 2. Les zones humides de Saint-Louis	22
2.1. Les zones humides de Saint-Louis, une gamme diversifiée d’écosystèmes dans un tissu urbain	22
2.2. Les zones humides de Saint-Louis, des écosystèmes à fort potentiel écologique	25
2.3. Un fonctionnement et une dynamique régis par des facteurs hydroclimatiques, sous influence anthropique.....	26
2.3.1. Un fonctionnement assujetti aux paramètres hydroclimatiques	26
2.3.1.1 Pluie et Evaporation, des paramètres déterminants dans la dynamique des écosystèmes humides	26
2.3.1.2. La dynamique hydrologique : Principal facteur de dynamique des zones humides	27
2.3.2 Une croissance urbaine moteur d’évolution de ces milieux	29
Chapitre 3. Vulnérabilité des zones humides urbaines de Saint Louis : entre incertitudes et pressions	32
3.1. L’irrégularité des facteurs naturels de dynamique	32
3.2. Des contraintes anthropiques source de pression.....	34
3.3. Une régression notoire des systèmes naturels	35
3.4. La vulnérabilité, dénominateur commun de la gamme d’écosystèmes humides au niveau de Saint-Louis	37
3.5. Des risques associés à la vulnérabilité des écosystèmes humides pour la ville.....	42

Chapitre 4. Les déterminants de la vulnérabilité des zones humides, repères d'une gestion efficiente des zones humides de Saint-Louis.....	45
4.1. Des cibles et enjeux de gestion liés à la sensibilité à l'endommagement.....	45
4.2. Des objectifs et des options de gestion découlant des aspects de vulnérabilité.....	47
4.2.1. Les objectifs de gestion	47
4.2.2. Les options de gestion	47
4.3. Recommandations.....	51
Conclusion et Perspectives.....	53
Bibliographie.....	54
Table des matières	57