

GESTION DES CATASTROPHES NATURELLES PAR TELEDETECTION ET SIG (GESCAN)

**Applications à l'étude hydrologique du fleuve Sénégal et à la
gestion des risques d'inondation de la ville de Saint-Louis**



EARTH OBSERVATION AND GIS-BASED FLOOD MONITORING IN THE SENEGAL RIVER ESTUARY AND VALLEY

Un Programme de recherche partagée entre :

- Le Laboratoire de Télédétection Appliquée (LTA) de l'Institut des Sciences de la Terre, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal)
- Le laboratoire de Télédétection de l'Institut Francilien des Géosciences, Université de Marne la Vallée (France)
- L'Ecole Nationale des Sciences Géographiques (ENSG, France),
- L'Ecole Pratique des Hautes Etudes (France),
- Le Centre de Suivi Ecologique (Sénégal),
- L'Observatoire de l'Environnement de l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS),
- La Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du delta du fleuve Sénégal et des vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé (SAED, Sénégal),
- ...appuient le programme

Présentation :

➤ Dr. Souleye WADE,

Laboratoire de Télédétection Appliquée (LTA), Institut des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences et Techniques /Université Cheikh Anta Diop BP 5396 Dakar-Fann (Sénégal) Tél (221) 825 25 30 Fax (221) 824 63 18 Email : souleymanewade@hotmail.com wades@ird.sn

➤ Aliou Mamadou DIA,

Département de Géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines/Université Cheikh Anta Diop Tél (221) 864 01 04 Fax (221) 824 63 18 E-mail : dia_aliou@hotmail.com dia@ird.sn

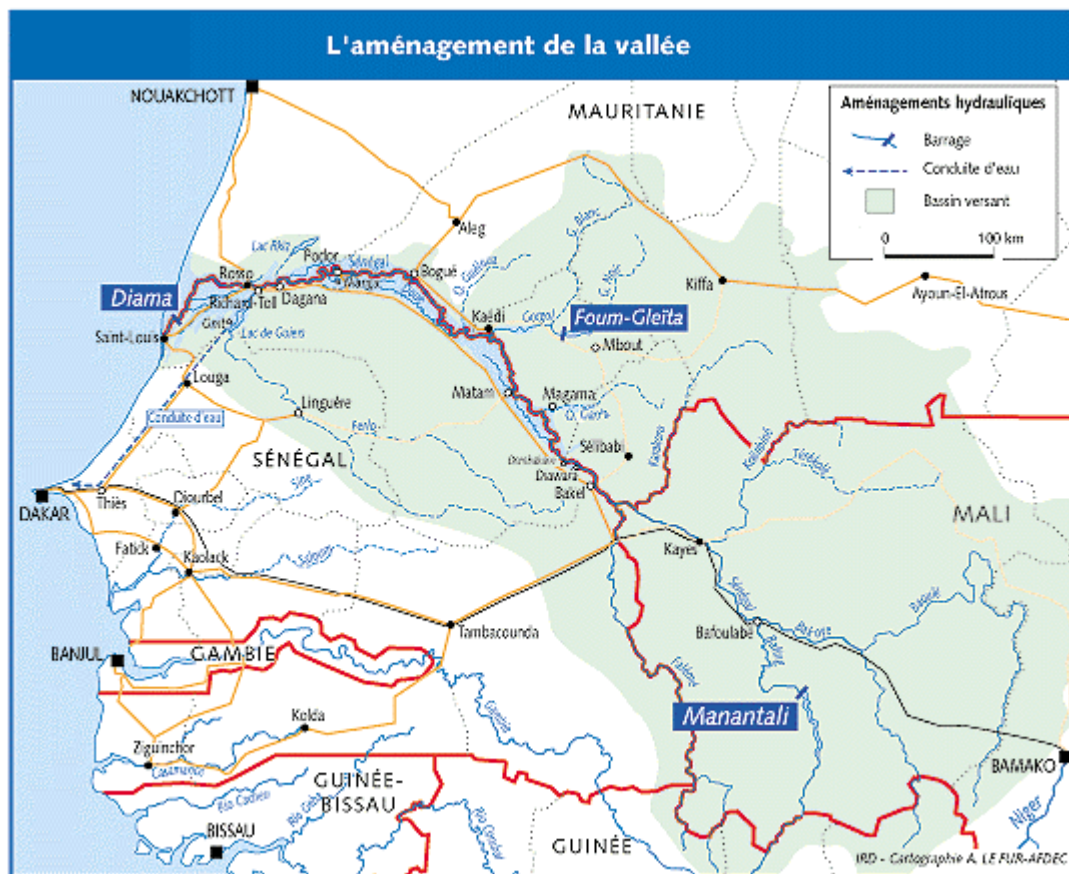
I. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

La vallée du fleuve Sénégal a connu tout au long de son histoire des inondations qui ont retenu l'attention de la plupart des auteurs ayant visité la colonie du Sénégal à cette époque. Les fortes crues des années 1683, 1789, 1860, 1879, 1890 et 1950, relatées par Gallieni, J. De Rochefort, Adanson et le colonel Frey, en constituent de parfaites illustrations.

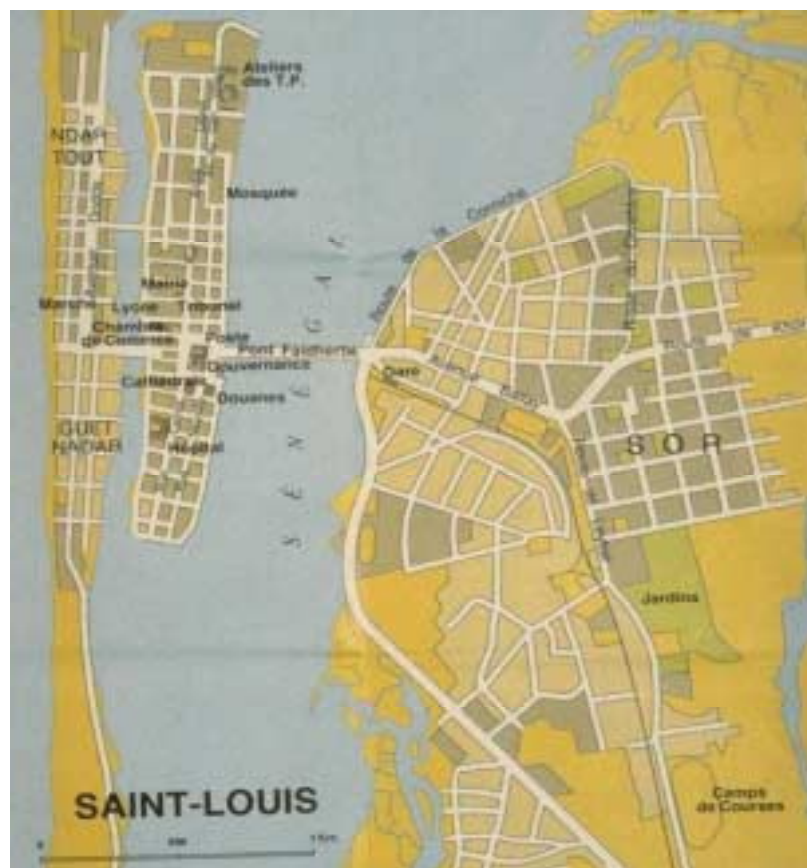
Pour remédier aux effets des conditions climatiques défavorables, atténuer la réduction dramatique des écoulements et assurer une meilleure maîtrise des ressources en eaux, d'importants travaux d'aménagement ont été réalisés sur le fleuve Sénégal. Ainsi, l'Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS) qui regroupe le Mali, la Mauritanie et le Sénégal, y a construit, à la fin des années 80, le barrage hydroélectrique de Manantali en amont et le barrage anti-sel de Diama en aval.

Depuis quelques années, on semble noter dans le bassin le retour d'une période d'abondance pluviale qui entraîne l'écoulement d'importants volumes d'eau vers la basse vallée et l'estuaire. La retenue de Diama n'étant pas assez grande pour stocker toute cette eau, les vannes sont ouvertes pour, d'une part éviter tout débordement des digues périphériques et d'autre part assurer la sécurité de l'ouvrage. Un tel schéma de gestion ne tient pas compte de la situation qui prévaut en aval de l'ouvrage. Ainsi, les volumes d'eau qui déferlent vers l'embouchure peuvent occasionner des inondations notamment au niveau de la ville de Saint-Louis où ces phénomènes sont devenus très fréquents depuis quelques années.

La ville de Saint-Louis qui couvre une superficie de 4 580 ha, est née dans le site amphibie du delta du fleuve Sénégal. Elle offre le visage d'une ville maritime et fluviale largement marquée par la présence quasi permanente de l'eau. D'une population actuelle de 160 000 habitants environ en constante progression du fait de son fort taux d'accroissement annuel de 3,35%, elle connaît de nombreuses difficultés d'urbanisation et des possibilités d'extension limitées. L'anarchie de l'urbanisation se lit essentiellement sur deux plans : la non structuration de certains quartiers du grand Sor et l'insuffisance, voire l'inexistence d'un réseau d'assainissement viable pour toute la ville. Elle a abouti à l'occupation du lit majeur du fleuve et des marigots qui ceignent la ville.



Le bassin du fleuve Sénégal



La ville de Saint Louis

II. HYPOTHESES DE TRAVAIL

Les hypothèses de travail formulées dans le cadre de cette étude tournent autour des points suivants :

- La variabilité climatique dans le bassin a des impacts parmi lesquels les inondations constituent une des manifestations les plus dramatiques. En effet, le retour brutal d'une forte pluviométrie, particulièrement en 1999, a entraîné des catastrophes d'une gravité exceptionnelle.
- La télédétection et les Systèmes d'Information Géographique (SIG) sont des outils performants pour à la compréhension de l'hydrologie du fleuve et la gestion efficace des risques d'inondations dans le bassin et plus particulièrement dans la ville de Saint-Louis.
- Les différentes modifications notées dans l'estuaire du fleuve Sénégal depuis l'aménagement du barrage de Diama ont une influence sur les phénomènes d'inondation.
- L'occupation anarchique de l'espace et l'absence d'un réseau d'assainissement viable exposent la ville aux risques d'inondation.

III. METHODOLOGIE

La démarche adoptée s'articule autour des points suivants :

1. La constitution d'une base documentaire

La base documentaire sera constituée d'ouvrages généraux et de travaux de recherche (mémoires de maîtrise, d'ingénieurs, de DEA, de DESS, de thèses, articles scientifiques, etc.), de banques de données disponibles (IRD, OMVS, CSE, LTA, LERG, SGPRE), de plans, de cartes topographiques et des

photographies aériennes, d'articles de presse, de témoignages oraux, de sources iconographiques (photographies, peinture, etc.), de documents des bureaux d'étude et d'archives. Cette base documentaire sera surtout enrichie par l'acquisition de données satellitaires constituées d'images optiques (Spot, Landsat) et d'images radars des satellites ERS, RADARSAT et probablement ENVISAT.

2. Les travaux de terrain

Les travaux de terrain vont concerner les enquêtes, la collecte de données et la validation des résultats de la photo-interprétation.

Les enquêtes donneront une idée sur l'organisation d'ensemble de la zone d'étude notamment sur l'occupation des zones inondables autour de la ville de Saint-Louis et certains villages et villes de la basse vallée. Elles visent à rendre compte des transformations d'origine anthropique qui ont pu modifier substantiellement le fonctionnement hydraulique du cours d'eau.

La collecte de données est la seconde composante du travail de terrain. Elle consiste à étudier la plaine alluviale et le fonctionnement de la zone estuarienne et deltaïque en rapport avec les manipulations des vannes du barrage de Diama.

Enfin, la confrontation des interprétations faites à partir des images avec les réalités du terrain constituera ce qu'on appelle communément les "vérités-terrain".

3. Les travaux de laboratoire

La partie laboratoire sera essentiellement consacrée aux traitements, à l'analyse et à l'interprétation des données satellitaires, aux traitements photogrammétriques des couples stéréoscopiques de photographies aériennes pour la réalisation du MNT sur la ville de Saint-Louis, aux analyses hydrochimiques, à l'élaboration du modèle de fonctionnement hydrodynamique du fleuve et à la mise en place du Système d'Information Géographique (SIG).

IV. THEMES DU PROJET

1. Télédétection et SIG

Pour mener à bien cette étude, il est important de pouvoir disposer de données qui permettent un portrait exact de la situation. Pour se faire, il faut acquérir les données satellitaires suivantes :

2. Les relations eau de surface/eau souterraine

Elles seront étudiées pour atteindre les objectifs suivants :

- suivi des variations spatio-temporelles des échanges fleuve/nappes alluviales : piézométrie,
- influence de la crue et étude de la diffusivité ;
- étude des zones inondées, leur influence qualitative et quantitative sur la recharge des nappes (mesures piézométriques, pompages d'essai, calcul des paramètres hydrodynamiques, etc.) ;
- estimation des conséquences de la régularisation des débits du fleuve Sénégal sur la recharge des nappes dans le delta et dans l'estuaire ;
- identification des zones d'alimentation préférentielles, des secteurs d'alimentation directe fleuve/nappes sédimentaires et des zones de drainage nappes alluviales/nappes sédimentaires ;
- simulation des échanges nappes alluviales/eau de surface dans l'estuaire et autour de la ville de Saint-Louis.

3. Modifications hydro-morphosédimentaires dans l'estuaire

Le travail consistera à établir un diagnostic de l'évolution et des tendances prévisibles de la zone côtière, entre le barrage de Diama et l'embouchure du fleuve Sénégal, avec notamment le suivi de la morphologie du lit et des berges et leurs influences sur les conditions d'écoulement. Pour se faire certaines actions prioritaires sont ciblées :

- mesurer l'ampleur des changements du régime hydrologique et de ses répercussions sur l'hydrodynamique estuarienne ;
- estimation des flux d'eau lâchés dans l'estuaire, leur migration et leur devenir dans les grands sites de délestage (plaines d'inondation, cuvettes de décantation, périmètres irrigués, etc.). Ce travail devrait permettre de mieux comprendre le fonctionnement du système hydrologique ainsi "artificialisé", le cheminement des eaux continentales au rythme de la gestion des barrages, l'hydrodynamique et la géodynamique superficielle. Il devrait aussi déboucher sur un certain nombre de propositions concrètes concernant l'aménagement, la conservation de la nature, la mise en valeur des terres, l'utilisation optimale des eaux, etc.
- mettre en évidence les processus morpho-dynamiques nouveaux dans l'estuaire et à l'embouchure (situation stable ou évolutive de la morphologie du lit) ;
- mesurer les transports de matières en suspension qui arrivent à l'embouchure ;
- étudier le cordon sableux de la Langue de Barbarie (stabilisation et zones d'érosion) ;
- le planimétrage du plan d'eau à différentes côtes IGN pour établir et formuler avec une précision satisfaisante les relations entre la superficie, le volume et l'extension géographique du chenal fluvial, surtout durant la période des hautes eaux.

V. RESULTATS GENERAUX ATTENDUS

Pour la présente étude, il s'agit d'aborder l'analyse des inondations en privilégiant l'apport de la Télédétection et des SIG, ainsi que la modélisation pour aboutir aux résultats suivants :

- cartographie des zones inondables autour de la ville de Saint-Louis ;
- génération de cartes d'occupation des sols à partir des images optiques, ILU (Intensity-Land-Use) et de cohérence, obtenues par traitement interférométrique des données SLC. De telles cartes pourraient être

exploitées dans un contexte opérationnel pour visualiser les zones potentiellement inondables et servir d'outils d'aide à la décision ;

- caractérisation des modifications qui affectent la zone estuarienne depuis la mise en place du barrage de Diama ;
- création d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) sur la ville de Saint-Louis et sur toute la zone estuarienne entre Diama et l'embouchure;
- modélisation du fonctionnement hydrodynamique de l'estuaire et des relations eaux de surface-nappes alluviales. Cette simulation permettrait de suivre la propagation de la marée et de la crue dans l'estuaire, l'évolution temporelle des débits, les niveaux atteints et les zones submergées, l'érosion et la sédimentation causées par les fortes crues, etc. Ce modèle devrait permettre de délimiter des zones à risques pour différents débits et de prévoir les impacts de crues exceptionnelles en fonction des différents plans de gestion du barrage de Diama.
- élaboration d'un Système d'Information Géographique (SIG) sur les inondations.