

cf => SL110B2 / 14384

HAUT COMMISSARIAT



OMVS

ORGANISATION POUR
LA MISE EN VALEUR
DU FLEUVE SÉNÉGAL



ETUDE D'ÉVALUATION DES INONDATIONS DANS LE BASSIN DU FLEUVE SÉNÉGAL

Rapport final

FEVRIER 2013



88 HN / 280112 ←



OMVS
ORGANISATION POUR
LA MISE EN VALEUR
DU FLEUVE SÉNÉGAL

HAUT COMMISSARIAT

EVALUATION DES INONDATIONS
DANS LE BASSIN DU FLEUVE SENEGAL

Rédigé par	<p><i>Jean Claude BADER (IRD)</i> <i>Chef de mission</i></p> <p><i>Bader</i></p> <p>Visa : Le : 27/02/2013</p>	<p><i>Philippe SAURA (SCP)</i> <i>Chargé de projet</i></p> <p>Visa : P.O. <i>Cauchy</i></p> <p>Le : 27/08/2013</p>
Vérifié par	<p><i>Sébastien CAUCHY</i> <i>Chef du groupe Hydraulique et Régulation</i></p> <p>Visa : Le : 27/02/2013 <i>Cauchy</i></p>	
Validé par	<p><i>Bruno GRAWITZ</i> <i>Chef du Service Hydraulique et Ouvrages</i></p> <p>Visa : <i>Bgratz</i></p> <p>Le : 27/02/2013</p>	





SOMMAIRE

1 ANALYSE PLUVIOMETRIQUE ET HYDROLOGIQUE DES CRUES DE 1999 ET 2003 1

1.1 ANALYSE PLUVIOMETRIQUE ET CARACTERISATION DES APPORTS 1

 1.1.1 *Caractérisation des données pluviométriques* 1

 1.1.2 *Interprétation des données décrites au paragraphe 1.1.2* 9

1.2 ANALYSE FREQUENTIELLE DES CRUES 12

 1.2.1 *Cotes de crue observées* 12

 1.2.2 *Impact des barrages* 20

2 CARACTERISATION DES CRUES DE 1999 ET 2003 23

2.1 KAYES 23

 2.1.1 *Occupation du sol et géomorphologie* 23

 2.1.2 *Analyse hydraulique des inondations* 24

2.2 KAËDI 26

 2.2.1 *Zone urbanisée* 27

 2.2.2 *Zones agricoles* 28

 2.2.3 *Endiguements et ouvrages* 29

 2.2.4 *Description sommaire des inondations récentes* 32

 2.2.5 *Analyse hydraulique des inondations* 33

2.3 DONAYE 40

 2.3.1 *Description générale* 40

 2.3.2 *Zone urbanisée* 40

 2.3.3 *Zones agricoles* 41

 2.3.4 *Analyse hydraulique des inondations* 43

2.4 SAINT LOUIS 46

 2.4.1 *Occupation du sol* 46

 2.4.2 *Topographie* 48

 2.4.3 *Sensibilité aux inondations* 49

 2.4.4 *Analyse hydraulique des inondations* 50

2.5 BASSE VALLÉE 61

 2.5.1 *Cartographie des inondations* 61

 2.5.2 *Analyse fréquentielle des inondations* 61

 2.5.3 *Profil en long des cotes de crue de 1999 et 2003* 62

3 DYNAMIQUE DES CRUES DE 1999 ET 2003..... 64

3.1 DESCRIPTION 64

 3.1.1 *Sénégal en amont de Bakel* 64

 3.1.2 *Sénégal en aval de Bakel*..... 66

3.2 INTERPRETATION 67

4 ANALYSE DE CAUSALITE ENTRE GESTION DES BARRAGES ET INONDATIONS OBSERVEES 72

4.1 IMPACT EFFECTIF DES BARRAGES SUR LES CRUES DE LA PERIODE 1987-2011, DE KAYES A ROSSO 72

 4.1.1 *Contexte* 72

 4.1.2 *Méthode*..... 72

 4.1.3 *Impacts observés* 73

4.2 LAMINAGE DES CRUES VERSUS PRODUCTION HYDROELECTRIQUE : EVALUATION DE SCENARIOS DE GESTION DU BARRAGE DE MANANTALI PAR SIMULATION NUMERIQUE 79

 4.2.1 *Logiciel utilisé* 79

 4.2.2 *Détermination du volume vide nécessaire dans le réservoir de Manantali pour permettre le laminage des crues à Bakel*..... 79

 4.2.3 *Précision des débits simulés par Simulsen à Kayes et Bakel*..... 81

 4.2.4 *Détermination d'un objectif moyen vraisemblable de production hydroélectrique* 82

 4.2.5 *Scénarios de gestion simulés*..... 83

 4.2.6 *Calculs effectués et résultats obtenus*..... 84

 4.2.7 *Conclusion*..... 87

5 SYSTEME DE PREVISION DES CRUES..... 105

5.1 PRINCIPE 105

5.2 CALAGE DU MODELE DE PROPAGATION DE LAMAGAT ENTRE BAKEL ET LES STATIONS SITUEES A L'AVAL..... 106

5.3 PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DE DIAMA POUR LES STATIONS LES PLUS A L'AVAL..... 107

5.4 PRECISION DES COTES MODELISEES POUR LA PREVISION 108

6 CARACTERISATION ET ANALYSE DES DOMMAGES CAUSES EN 1999 ET 2003..... 122

6.1 SAINT-LOUIS 122

 6.1.1 *Inondations de 1999*..... 122

 6.1.2 *2003*..... 129

 6.1.3 *Conclusion sur l'inventaire des dégâts à Saint-Louis*..... 132

6.2 DONAYE..... 132

 6.2.1 *1999*..... 132

 6.2.2 *Inondations de 2003*..... 143

6.3 KAEDI 144

 6.3.1 *Inondations de 1999*..... 144

 6.3.2 *Inondations de 2003*..... 144

6.4 KAYES 144

 6.4.1 *Population*..... 144

6.4.2	1999.....	145
6.4.3	2003.....	145
6.5	AUTRES LOCALITES DU SENEGAL (RIVE GAUCHE)	146
6.5.1	<i>Populations affectées en 1999</i>	146
6.5.2	<i>Habitat affecté</i>	147
6.5.3	<i>Autres infrastructures affectées</i>	147
6.6	AUTRES LOCALITES DE MAURITANIE (RIVE DROITE).....	148
6.6.1	<i>Inondations de 1999</i>	148
6.6.2	<i>Inondations de 2003</i>	149
7	ESTIMATION DES COUTS ET DES DOMMAGES	152
7.1	REGION DE SAINT-LOUIS.....	152
7.2	VILLE DE SAINT-LOUIS	153
7.2.1	<i>Inondations de 1999</i>	153
7.2.2	<i>Inondations de 2003</i>	153
7.3	DONAYE.....	154
7.3.1	<i>Inondations de 1999</i>	154
7.3.2	<i>Inondations de 2003</i>	157
7.4	KAEDI	158
7.4.1	<i>Inondations de 1999</i>	158
7.4.2	<i>Inondations de 2003</i>	160
7.5	REGION DE KAYES.....	161
7.5.1	<i>Inondations de 1999</i>	161
7.5.2	<i>Inondations 2003</i>	162
7.6	VILLE DE KAYES	162
8	ANALYSE DES RELATIONS ENTRE DOMMAGES ET DEFAILLANCE D'OUVRAGES	164
9	DEFINITION ET PROGRAMMATION DES MESURES A PRENDRE	166
9.1	ANALYSE DES PROGRAMMES NATIONAUX DES PAYS MEMBRES	166
9.1.1	<i>Rappel des mesures prises dans le cadre de l'OMVS</i>	166
9.1.2	<i>Programmes nationaux de prévention et de gestion des risques de catastrophes naturelles</i>	166
9.1.3	<i>Planification des mesures de maîtrise des inondations à l'échelle nationale</i>	167
9.2	DEFINITION DES MESURES A PRENDRE	168
9.2.1	<i>Saint Louis</i>	169
9.2.2	<i>Donaye</i>	177
9.2.3	<i>Kaédi</i>	179
9.2.4	<i>Kayes</i>	181
9.2.5	<i>Synthèse</i>	181
9.2.6	<i>Estimation des coûts</i>	182

ANNEXES

- ANNEXE 1. Cotes de référence – cotes d'alerte
- ANNEXE 2. Distribution fréquentielle des maxima annuels de cotes journalières
- ANNEXE 3. Comparaison des limnigrammes des crues de 1999 et 2003 avec ceux mesurés sur les autres années de la base de données
- ANNEXE 4. Distribution fréquentielle des durées de dépassement des cotes d'alerte
- ANNEXE 5. Crues de 1999 et 2003 : comparaison des limnigrammes relatifs aux différentes stations situées à l'aval de Kayes
- ANNEXE 6. Limnigrammes d'années remarquables (aval de Kayes)
- ANNEXE 7. Crues de 1999 et 2003 : Dynamique amont-aval des crues analysée par addition et superposition des hydrogrammes
- ANNEXE 8. Pluies mensuelles de 1999 et 2003 pour les postes pluviométriques classées par sous bassin versant
- ANNEXE 9. Cartes de situation des stations hydrométriques
- ANNEXE 10. Limnigrammes de niveau maximal à ne pas dépasser dans le réservoir de Manantali pour pouvoir laminier les fortes crues du Sénégal à Bakel
- ANNEXE 11. Modèle de propagation de Lamagat

Les cartes réalisées à l'occasion de ce diagnostic sont reprises dans l'atlas cartographique annexé au présent rapport.

BIBLIOGRAPHIE

Analyse pluviométrique et hydrologique des crues de 1999 et 2003 :

Base de données HYDRACCESS de l'OMVS, complétée par l'IRD en 2011-2012 (homogénéisation des hauteurs, calcul des débits par courbes de tarage actualisées, estimations des débits naturels non influencés par les barrages de Manantali et Diama)

Base de données de l'OMVS des données pluviométriques compilées par l'étude DHI-TROPIS

Base de données pluviométriques SIEREM de l'IRD

Modèle numérique de terrain (MNT) SRTM

Note d'information sur le comportement hydrologique du fleuve, OMVS septembre 2007

Volet de mise à jour des connaissances hydrologiques, dans le cadre de l'étude DHI-TROPIS sur la conception d'un système d'alerte précoce contre les inondations dans le haut bassin du fleuve Sénégal

Caractérisation des crues de 1999 et 2003 :

- [1] Microfilm interne 14MIOM/1030 ; CAOM GGAOF(FA) 15G124 ; Comptes rendus des inondations de 1906 à Kayes ; Centre des archives d'outremer à Aix en Provence (CAOM)
- [2] Etude pour la réhabilitation du casier pilote du Gorgol à Kaédi, 1982
- [3] Ecoulements et inondations dans l'estuaire du fleuve Sénégal : le cas de la ville côtière de Saint Louis ; mémoire de DEA de géographie ; Université Cheikh Anta Diop ; Aliou Mamadou Dia ; 2000
- [4] Crue et élévation du niveau marin à Saint-Louis du Sénégal : impacts potentiels et mesures d'adaptation ; Thèse de doctorat de l'Université du Maine ; Moussa Sall ; 2006
- [5] L'impact de l'ouverture de la brèche dans la langue de Barbarie à Saint-Louis du Sénégal : un changement de nature de l'aléa inondation ? ; Revue Cybergeog : European Journal of Geography ; Paul Durand, Brice Anselme et Yves-François Thomas ; 2010
- [6] Inondation à l'embouchure du fleuve Sénégal : hydraulique fluviale et aménagements ; mémoire de DESS ; Ecole Inter Etats des Ingénieurs de l'Equipement Rural/ B.Faso ; Mouhamat SECK ; 2004
- [7] Apport des données SPOT et LANDSAT au suivi des inondations dans l'estuaire du fleuve Sénégal ; Université Cheikh Anta Diop ; Dia, Wade, Deroin ; 2006

- [8] SENE S., OZER P. 2002. évolution pluviométrique et relation inondations – événements pluvieux au Sénégal. Bulletin de la Société géographique de Liège, 42, 2002, 27-33

Caractérisation et analyse des dommages causés en 1999 et 2003 – estimation des coûts et des dommages :

- [9] Urbanisme et aménagement urbain : impact sur les inondations de Saint Louis ; mémoire de DESS ; Université de Paris 1 ; M. Chaumon ; 2005
- [10] Le Soleil (2009) Pluies diluviennes et crues du fleuve - L'île à Morphil isolée. Amadou D. Niang 9 Octobre 2009.
- [11] David-Benz H., Ba D. 1999. L'oignon dans la vallée du fleuve Sénégal : une filière en émergence. Communication présentée au séminaire de synthèse du PSI, Dakar, 30 novembre – 3 décembre 1999. CIRAD/PSI 26 p.
- [12] Consultants associés, Mai 2008 : Plan Directeur d'urbanisme –Saint –Louis Horizon 2025, Rapport de Présentation. Ministère de l'urbanisme, de l'habitat, de l'hydraulique urbaine, de l'hygiène publique et de l'assainissement, Direction de l'Urbanisme et de l'architecture ;
- [13] Coura Kane, 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 de Géographie, Université Gaston Berger ;
- [14] Agence de Développement Communal, avril 2005 : Profil environnemental de la ville de Saint-Louis ;
- [15] GFDRR (Global Facility for Disaster Reduction and Recovery) : Disaster, Damage, Loss and Needs Assesment ; Training Guidelines.
- [16] IAGU1 / UN – HABITAT, 2005 : Profil environnemental de la ville de Matam ;
- [17] République du Sénégal, Ministère de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire, Direction de l'urbanisme et de l'architecture, 2001 : Etat des lieux des inondations à Saint-Louis, Atelier régional de Richard Toll sur le traitement durable des inondations dans la région de Saint-Louis ;
- [18] République du Sénégal, Ministère de l'Energie et de l'Hydraulique, Division Régionale de l'Hydraulique et de l'Assainissement de Saint-Louis, 2000 : Problématique des inondations à Saint-Louis.
- [19] République du Sénégal, Ministère de l'économie et des finances, Direction de la Prévision et de la Statistique : Répertoire des villages de la région de Saint-Louis, Recensement Général de la Population et de l'Habitat 1988 ;
- [20] République du Sénégal, Ministère de l'économie et des finances, Agence nationale de la statistique et de la démographie : Répertoire des villages de la région de Saint-Louis, Recensement Général de la population et de l'habitat 2002, Direction de la statistique ;
- [21] République du Sénégal, Ministère de l'économie et des finances, Direction de la Prévision et de la Statistique, Juillet 2004 : Rapport de synthèse de la 2e Enquête Sénégalaise auprès des Ménages (ESAM II) ;

¹ Institut Africain de Gestion Urbaine.

- [22] République du Sénégal, Ministère de l'économie et des finances, Direction de la Prévision et de la Statistique, Juillet 2004 : Base de données de la 2e Enquête Sénégalaise auprès des Ménages (ESAM II) ;
- [23] République du Sénégal, Ministère de l'économie et des finances, Agence nationale de la statistique et de la démographie, Décembre 2006 : Résultats du 3e Recensement Général de la Population et de l'Habitat -2002, Rapport national de présentation ;
- [24] Projet Intégré de Podor (PIP) : Dégâts causés par les inondations de 1999.
- [25] SONADER, octobre 1999 : Note sur la dégradation de la digue du PPGII et les mesures de sauvetage ;
- [26] Mission conjointe, août 2003 : Rapport de la mission relative à la protection des villes et périmètres agricoles contre les inondations dans le Gorgol et le Brakna.
- [27] Rapport sur la mise en œuvre du cadre stratégique de lutte contre la pauvreté, Groupe thématique Eau et Assainissement, année 2003, Centre Mauritanien d'Etudes Politiques, février 2004.
- [28] République du Mali, Ministère des Mines, de l'énergie et de l'eau, Direction nationale de l'hydraulique, janvier 2006 : Rapport National sur la mise en valeur des ressources en eau, version finale.
- [29] République du Mali, Ministère de l'économie et des finances, Direction nationale de la statistique et de l'informatique, janvier 2001 : Recensement Général de la Population et de l'Habitat, Avril 1998, Principaux résultats.
- [30] République du Mali, Direction de l'Action sociale, Service social de Diema, 1999 : Rapport sur l'inondation survenue dans le cercle de Diema.
- [31] République du Mali, Ministère de développement social, de la solidarité et des personnes âgées, Observatoire du développement Humain durable et de la lutte contre la pauvreté au Mali, Février 2006 : Profil de Pauvreté du Mali 2001.
- [32] République islamique de Mauritanie, Ministère des affaires économiques et du développement, Centre mauritanien d'études politiques, 2004 : Rapport sur la mise en œuvre du cadre stratégique de lutte contre la pauvreté, Groupe thématique Eau et Assainissement, année 2003.
- [33] République islamique de Mauritanie, Ministère des affaires économiques et du développement, Office national de la statistique, Direction des statistiques régionales, Service régional du Gorgol , 2008 : Le Gorgol en chiffre 1995-2007.
- [34] République islamique de Mauritanie, Ministère des affaires économiques et du développement, Commissariat aux droits de l'homme, à la lutte contre la pauvreté et à l'insertion, Décembre 2006 : Profil de pauvreté en Mauritanie-2004.
- [35] A. S. Fall et E. H. Touré, mai 2000 : Impacts des inondations de 1999 dans la Vallée du Fleuve Sénégal : Trarza, Podor et Matam ; OXFAM/ Groupe Transfrontalier des ONG intervenant dans la Vallée du Fleuve Sénégal.

1 ANALYSE PLUVIOMETRIQUE ET HYDROLOGIQUE DES CRUES DE 1999 ET 2003

L'objet de cette étude est d'analyser les crues de 1999 et 2003 et de les replacer dans le contexte historique des différentes crues recensées dans la base de données de l'OMVS.

Les données pluviométriques permettent de caractériser la nature des épisodes pluvieux (intensité, durée) et de les rattacher à une période de retour, si la qualité des données le permet (données fiables sur des chroniques suffisamment longues).

L'analyse hydrologique permet de caractériser les différents apports des sous-bassins amont (Bafing, Bakoye, Falémé, etc.) et leur rôle respectif dans la genèse des crues.

Il est également étudié le phénomène de concomitance des crues sur les différents points de confluence à l'amont de Bakel.

L'analyse de la fréquence des 2 événements est basée sur les données de cotes tirées de la base Hydraccess pour les stations hydrométriques suivantes :

- zone de Kayes : station de Kayes
- zone de Kaédi : station de Kaédi
- zone de Donaye : stations de Podor et Guede
- zone de Saint-Louis : Stations de Saint-Louis et Diama aval

Le bassin versant du fleuve Sénégal, ses différents affluents et les stations de mesure gérées par l'OMVS sont présentés dans l'atlas cartographique (Réseau hydrographique et bassins versants, Stations hydrométriques gérées par l'OMVS), ainsi qu'en annexe 9.

1.1 Analyse pluviométrique et caractérisation des apports

Cette analyse des pluies est orientée sur la caractérisation des crues de 1999 et 2003.

1.1.1 Caractérisation des données pluviométriques

L'analyse des données de pluviométrie 1999 et 2003 est basée sur 2 représentations complémentaires des données :

- analyse de pluviomètres représentatifs pour chaque zone ;
- cartographie des isohyètes et calcul des lames de bassin.

1.1.1.1 Postes pluviométriques disponibles

Les graphiques en Annexe 8 représentent les pluies mensuelles disponibles pour les hivernages 1999 et 2003 (mai à novembre), pour toutes les stations existantes inventoriées à l’occasion de cette étude auprès des sources suivantes :

- base de données Hydraccess de l’OMVS, issue de l’étude DHI-TROPIS
- base de données SIEREM de l’IRD, comportant des stations supplémentaires et parfois des données plus récentes

Les cartes ci-après montrent la situation de ces stations, dont la liste est fournie en Annexe 8. Cette annexe précise également le taux de lacune à l’intérieur de l’historique global pour les données présentes de la base de l’OMVS (mais pas pour celles de la base SIEREM). On remarquera que certaines stations intéressantes ont été sélectionnées à l’extérieur du bassin versant, à proximité de la bordure.

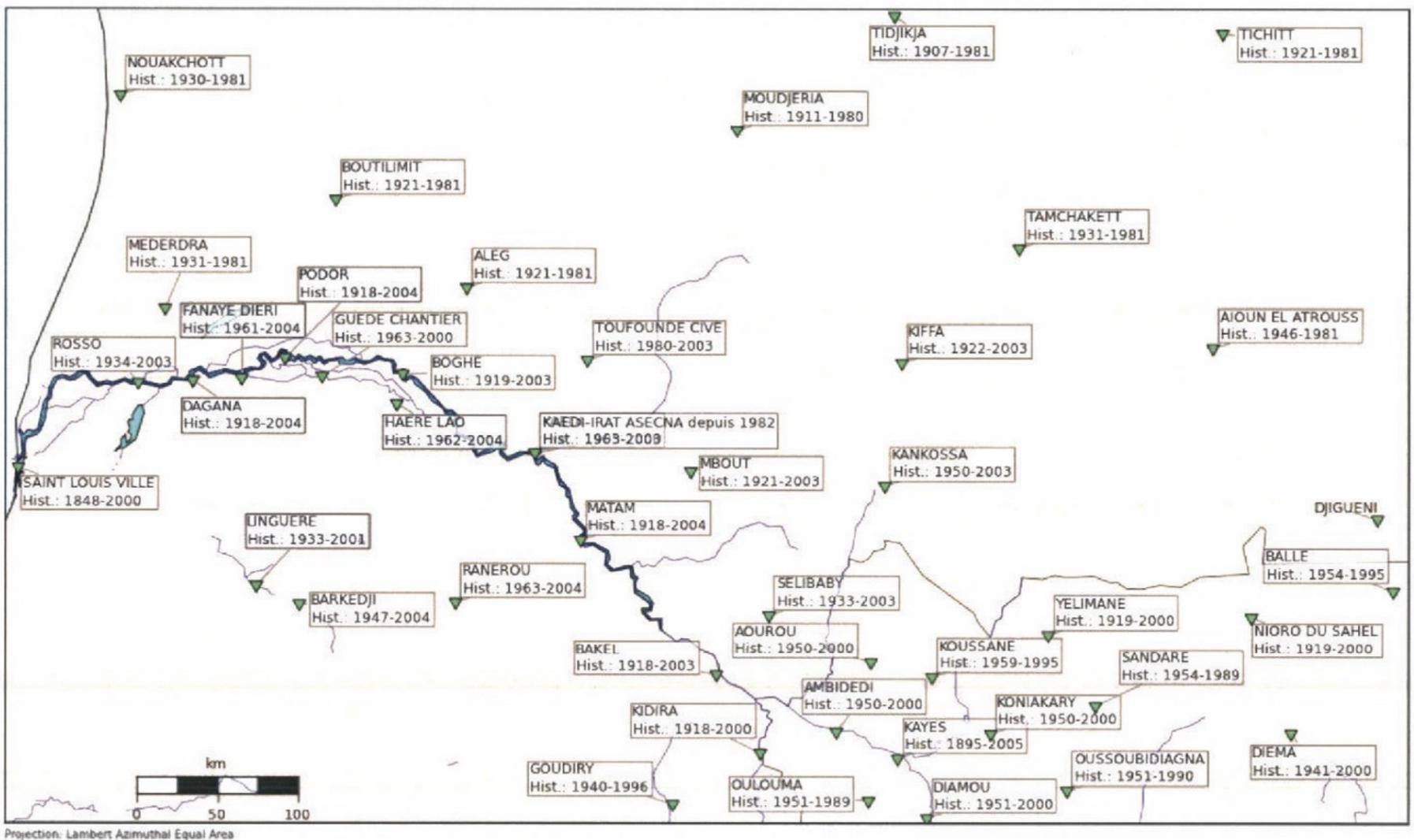


Figure 1.1 : Situation des postes pluviométriques utilisés (Partie Nord)