

Une analyse de la gestion des eaux pluviales au Sénégal

BARBE Audrey, COLBERT Elise, DIALLO Aminata, RABOUILLE Fabien,
Etudiants du Mastère Spécialisé Gestion de l'Eau d'AgroParisTech Montpellier

Septembre 2017



*Rapport d'analyse réalisé dans le cadre du projet EPUR – Eaux Pluviales et Résilience Urbaine,
financé par FIND, le fonds d'innovation pour le développement.*

Remerciements

Nous tenons à remercier Thomas Le Jeune pour nous avoir accordé sa confiance dans la réalisation de cette mission.

De même, un grand merci aux équipes du GRET Sénégal et tout particulièrement à Frédéric David, Jean-Marie Ily et Mansour Ly. Cette mission a pu se dérouler dans d'excellentes conditions grâce aux moyens techniques et logistiques qu'ils ont mis à notre disposition. Merci également de nous avoir facilité l'organisation de journées de terrain et d'un séjour à Saint-Louis pour compléter notre mission, malgré les courts délais.

Nous tenons également à remercier chaleureusement la famille d'Aminata Diallo qui nous a merveilleusement accueilli et nous a permis de goûter à la cuisine sénégalaise.

Enfin, nous souhaitons remercier l'ensemble du corps enseignant d'AgroParisTech pour leur appui, aussi bien sur le plan administratif que pédagogique.

Liste des abréviations

ADM	Agence de Développement Municipal
ANACIM	Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie
ANLIB	Agence Nationale de Lutte contre les Inondations et les Bidonvilles
CGES	Cadre de Gestion Environnementale et Sociale
CNGI	Comité National de Gestion des Inondations
CNLI	Comité National de Lutte contre les Inondations
CONAGPI	Commission Nationale de Gestion Prévisionnelle des Inondations
CSE	Centre de Suivi Ecologique
DARZI	Direction de l'Aménagement et de la Restructuration des Zones Inondables
DEP	Direction des Etudes et de la Planification
DPC	Direction de la Protection Civile
GEP	Gestion des Eaux Pluviales
GIE	Groupement d'Intérêt Économique
GRET	Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques
EPUR	Eau pluviale et résilience urbaine
MEDD	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
MEPN	Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature
MGLDAT	Ministère de la Gouvernance locale, du Développement et de l'Aménagement du Territoire
MHA	Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement
MRAZI	Ministère de la Restructuration de l'Aménagement des Zones d'Inondations
MRUHCV	Ministère du Renouveau urbain, de l'Habitat et du Cadre de vie
ONAS	Office National de l'Assainissement du Sénégal
ONPI	Office National de Prévention des Inondations
ONI	Observatoire National des Inondations
PCLSLB	Programme de Construction de Logements Sociaux et de Lutte contre les Bidonvilles
PDA	Plan Directeur d'Assainissement
PDD	Plan Directeur de Drainage
PDGI	Programme Décennal de Gestion des Inondations
PDU	Plan Directeur d'Urbanisme
PNC	Plan National de Contingence
Plan ORSEC	Plan d'Organisation des Secours
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
POAS	Plans d'Occupation et d'Aménagement des Sols
PROGEP	Projet de Gestion des Eaux Pluviales et d'adaptation au changement climatique
PSE	Plan Sénégal Emergent
PUD	Plan d'Urbanisme Détaillé
SDE	Société de Distribution de l'Eau du Sénégal
UEMOA	Union Economique et Monétaire Ouest Africaine

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	1
LISTE DES ABREVIATIONS	2
TABLE DES MATIERES.....	3
TABLE DES FIGURES.....	6
TABLE DES TABLEUX	7
PREAMBULE.....	8
INTRODUCTION.....	9
PARTIE 1 : CONTEXTE DE L'ETUDE.....	10
1. LES CAUSES DE LA VULNERABILITE URBAINE AUX INONDATIONS	10
1.1. GEOGRAPHIE PHYSIQUE DU SENEGAL	10
A) TOPOGRAPHIE ET PEDOLOGIE	10
B) HYDROGRAPHIE ET HYDROGEOLOGIE	12
1.2. UN DEVELOPPEMENT URBAIN SOUS-INTEGRE.....	15
A) ASPECTS HISTORIQUES DU PEUPEMENT AU SENEGAL.....	15
B) UN EXODE RURAL MASSIF DU A LA SECHERESSE, PUIS AUX PLANS D'AJUSTEMENT STRUCTUREL.....	15
C) CROISSANCE SPONTANEE DES CENTRES URBAINS ET AGGRAVATION DU RISQUE D'INONDATION	16
D) LES INONDATIONS, UN RISQUE MAJEUR POUR LA PERENNITE DU DEVELOPPEMENT DU "SENEGAL EMERGENT"	17
2. ELEMENTS DE CADRAGE DE L'ETUDE.....	18
2.1. LA NOTION DE GESTION DES EAUX PLUVIALES AU SENEGAL	18
A) GESTION DES EAUX PLUVIALES, DE QUOI PARLE-T-ON ?.....	18
B) LE CONTEXTE HISTORIQUE DES INONDATIONS AU SENEGAL.....	19
2.2. LA NOTION DE « PETITE VILLE » AU SENEGAL.....	20
PARTIE 2 : LE CLIMAT AU SENEGAL, ANALYSE ET PERSPECTIVES.....	22
1. EVOLUTION DE LA PLUVIOMETRIE AU SENEGAL : IDENTIFICATION DE PERIODES PLUVIOMETRIQUES.....	22
2. VARIABILITE DES PRECIPITATIONS SUR LA BANDE SAHELIEUNE SENEGALAISE.....	23
2.1. UTILISATION DES MOYENNES DECADEIRES GLISSANTES	23
2.2. VARIABILITE SPATIALE ET TEMPORELLE DES PRECIPITATIONS	24
3. PROJECTIONS CLIMATIQUES.....	25
4. INTEGRATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LES PROJETS DE GEP.....	27
PARTIE 3 : CARTOGRAPHIE DES ACTEURS DE LA GESTION DES EAUX PLUVIALES AU SENEGAL ..	30
1. UNE MYRIADE D'ACTEURS.....	30
1.1. A L'ECHELLE DES INSTITUTIONS NATIONALES, DE MULTIPLES ENTITES AUX ACTIONS CROISEES	30
1.2. L'INTEGRATION DES EAUX PLUVIALES DANS LES OUTILS REGLEMENTAIRES ET CONTRACTUELS.....	35

A) LES DOCUMENTS DE PLANIFICATION URBAINE ET LES PLANS SECTORIELS	36
B) LE CONTRAT DE PERFORMANCES ENTRE L'ÉTAT ET L'ONAS.....	37
1.3. DECLINAISON DE CE CADRE INSTITUTIONNEL DANS LA REPARTITION DES ROLES	38
A) DES ACTEURS AUX ACTIONS ENTRECROISEES	39
B) COORDINATION ET FINANCEMENT : DEUX PROBLEMATIQUES SOUS-JACENTES A CE JEU D'ACTEURS	39
<u>2. IDENTIFICATION DES OBSTACLES A LA MISE EN PLACE D'UNE BONNE GOUVERNANCE DE LA GESTION DES EAUX PLUVIALES</u>	<u>40</u>
2.1. LE MANQUE D'INTEGRATION DES USAGERS POUR UNE EXPLOITATION DURABLE DES OUVRAGES	40
2.2. L'OCCUPATION DES SOLS NON-CONTROLEE : UN OBSTACLE A LA PLANIFICATION URBAINE, UNE IMPERMEABILISATION ACCRUE ET UN RISQUE DE POLLUTION SOUS-JACENT.....	42
2.3. DES ACTIONS ENTRECROISEES POUR UN MANQUE DE FINANCEMENTS GENERALISE.....	42
A) ATTEINDRE L'EQUILIBRE FINANCIER EN INTEGRANT LA GEP : UN DEFI POUR L'ONAS	43
B) LA QUESTION DU FINANCEMENT DE LA GEP, UN PROBLEME GENERALISE.....	43
2.4. COORDINATION ET COMMUNICATION, OBSTACLES IMPORTANTS.....	44
A) UN MANQUE DE COMMUNICATION FLAGRANT	44
B) UN MANQUE DE LEADERSHIP ET DE COORDINATION	44
<u>3. QUELQUES TENTATIVES A ENCOURAGER ET DES RECOMMANDATIONS POUR UN MEILLEUR CADRE DE GOUVERNANCE</u>	<u>45</u>
3.1. DEPUIS UNE DIZAINE D'ANNEES, DES TENTATIVES DE COORDINATION DE LA GEP.....	45
3.2. POUR ALLER PLUS LOIN, VERS UNE INGENIERIE DE LA GEP	46
<u>PARTIE 4 : IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES DES INONDATIONS</u>	<u>48</u>
<u>1. CAS D'ETUDE : COUTS DES INONDATIONS POUR LA COMMUNE DE DIAWARA.....</u>	<u>48</u>
1.1. ANALYSE DU COUT DES INONDATIONS POUR LA COMMUNE DE DIAWARA	48
1.2. ANALYSE DES RECETTES DE LA COMMUNE ET PERSPECTIVES POUR DIAWARA	50
<u>2. ANALYSE DES RESULTATS DES ENQUETES-MENAGES MENEES A DIAWARA.....</u>	<u>53</u>
2.1. PRESENTATION DES PRINCIPAUX RESULTATS DE L'ETUDE	53
2.2. ANALYSE CRITIQUE DES RESULTATS DES ENQUETES-MENAGES	54
2.3. PISTES D'AMELIORATION DU QUESTIONNAIRE D'ENQUETE-MENAGES.....	56
<u>3. PROPOSITION D'UNE METHODE D'ANALYSE DES COUTS LIES AUX INONDATIONS.....</u>	<u>57</u>
3.1. CADRAGE THEORIQUE.....	57
3.2. CADRAGE METHODOLOGIQUE DE LA METHODE QUI SEMBLE ETRE LA PLUS ADAPTEE.....	58
3.3. PROPOSITION D'UNE METHODE D'EVALUATION DES COUTS DIRECTS ET INDIRECTS DES INONDATIONS	59
<u>PARTIE 5 : LES TECHNIQUES DE GESTION DES EAUX PLUVIALES</u>	<u>64</u>
<u>1. DIAGNOSTIC DES STRATEGIES D'ADAPTATION ACTUELLES</u>	<u>64</u>
1.1. OUVRAGES	64
1.2. DIMENSIONNEMENT	65
1.3. BENCHMARK DES PROJETS EXISTANTS	66
A) PROGEP.....	66
B) VIVRE AVEC L'EAU.....	66
C) URBA DTK.....	67
1.4. DIAGNOSTIC ET RECOMMANDATIONS POUR LES PROJETS DE GESTION DES EAUX PLUVIALES	67
<u>2. ALTERNATIVES AUX TECHNIQUES CONVENTIONNELLES DE GEP</u>	<u>69</u>

2.1. LES CRITERES DE CHOIX.....	69
A) COUT	69
B) RUISSELLEMENT	70
C) FONCTIONS MULTIPLES.....	70
2.2 TECHNIQUES D'INFILTRATION DES EAUX DE RUISSELLEMENT	71
A) TECHNIQUES DE COLLECTE, DE STOCKAGE ET D'INFILTRATION	71
2.2. TECHNIQUES DE RALENTISSEMENT DES ECOULEMENTS	74
A) DIGUETTES EN TERRE	74
B) CORDONS PIERREUX	74
2.3. TECHNIQUES AGRO-FORESTIERES.....	75
A) ZAÏ OU DEMI-LUNES	75
B) SYSTEME DE VETIVER.....	77
C) ANDROPOGON GAYANUS	78
<u>CONCLUSION</u>	<u>80</u>
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	<u>81</u>
<u>ANNEXE 1. PROJET « VIVRE AVEC L'EAU », YEUMBEUL NORD, PHASE II (2017).....</u>	<u>85</u>
<u>.....</u>	<u>85</u>
<u>ANNEXE 2. LISTE DES PERSONNES INTERROGÉES DANS LE CADRE DE L'ETUDE SUR LA GEP (AVRIL 2017).....</u>	<u>88</u>

Table des figures

FIGURE 1. CARTE TOPOGRAPHIQUE DU SENEGAL (SOURCE : AGEROUTE, ND, EXTRAIT DU PDU DE DAKAR ET SES ENVIRONS A L'HORIZON 2035)	10
FIGURE 2. CARTE DES SOLS DU SENEGAL ET DE LA GAMBIE (SOURCE : EROS DATA CENTER 1985-1992, EXTRAIT DES CARTES THEMATIQUES AU-SENEGAL)	11
FIGURE 3. CARTE DE L'OCCUPATION DES SOLS AU SENEGAL (CSE, 2015)	12
FIGURE 4. LES BASSINS VERSANTS PRINCIPAUX DU SENEGAL ET LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE (SOURCE : PS-EAU, 2017)	13
FIGURE 5. SYSTEME HYDROGEOLOGIQUE DU SENEGAL (SOURCE : DGPRES, 2014)	14
FIGURE 6. CARTOGRAPHIE DES VILLES SENEGALAISES EXPOSEES AU RISQUE D'INONDATION (SOURCE : DGPRES, 2014)	17
FIGURE 7. EVOLUTION INTERANNUELLE DES INDICES PLUVIOMETRIQUES AU SENEGAL ENTRE 1921 ET 2013	22
FIGURE 8. EVOLUTION DES ISOHYETES DE PRECIPITATION ENTRE 1940 ET 1994 (CSE, 2000)	23
FIGURE 9. EVOLUTION ANNUELLE DE LA PLUVIOMETRIE ET CALCUL DES MOYENNES DECADEIRES GLISSANTES POUR LES STATIONS DE LINGUERE, MATAM ET BAKEL DE 1921 A 2014 (SOURCE : DIALLO, 2015, DONNEES CSE)	24
FIGURE 10. VARIABILITE INTERANNUELLE DES PRECIPITATIONS AU NIVEAU DES STATIONS DE DAKAR, LINGUERE ET BAKEL	25
FIGURE 11. PROJECTIONS CLIMATIQUES DE LA ZONE SAHELIEUNE VIA LE MODELE CMIP5 AVEC LE SCENARIO RCP 8.5 (ADIKU ET AL, 2015)	26
FIGURE 12. VARIABILITE SPATIALE DU NOMBRE DE JOURS DE PLUIE CONSECUTIF (CWD), DE JOURS SECS CONSECUTIFS (CDD), DES PLUIES EXTREMES (R95P) ET DU TOTAL PLUVIOMETRIQUE (SUM) A L'HORIZON 2035 POUR LE SCENARIO RCP8.5 (SOURCE : GAYE & AL, ND)	27
FIGURE 13. RESEAU HYDROMETRIQUE DU SENEGAL (SOURCE : DPGRE, 2015)	28
FIGURE 14. REPARTITION DES ROLES DANS LA GEP AU SENEGAL (BARBE, 2017)	38
FIGURE 15. ACCUMULATION DE DECHETS DANS DIFFERENTS OUVRAGES DESTINES A LA GESTION DES EAUX PLUVIALES.	41
FIGURE 16. BUDGET COMMUNAL RELATIF AUX INONDATIONS PAR RAPPORT AU BUDGET TOTAL DE LA COMMUNE DE DIAWARA, EN MILLIONS DE FRANCS CFA (SOURCE : COMPTES ADMINISTRATIFS DE LA COMMUNE DE DIAWARA)	50
FIGURE 17. VULNERABILITE AUX INONDATIONS DES DIFFERENTS QUARTIERS DE DIAWARA (SOURCE : ENQUETES-MENAGES DU GRET (2016))	54
FIGURE 18. GRILLE DE DEUX CONTEXTES DECISIONNELS (SOURCE : EXTRAIT DE GRELOT & AL., 2002). LE PPRI ET LE SAGE CORRESPONDENT AU PLAN DE PREVENTION DU RISQUE INONDATION ET AU SCHEMA D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DE L'EAU	58
FIGURE 19 QUELQUES OUVRAGES DE GESTION DES EAUX PLUVIALES A SAINT-LOUIS (PHOTOS : A. BARBE, 2017)	64
FIGURE 20 MUR EN ECO-BRIQUE CONSTRUIT DANS LA COMMUNE DE YEUMBEUL NORD, DANS LA BANLIEUE DE DAKAR POUR FERMER L'ENCEINTE D'UNE ECOLE. A GAUCHE, LA PARTIE DU MUR VISIBLE DEPUIS LA RUE. A DROITE, LA PARTIE DU MUR VISIBLE DEPUIS L'ENCEINTE DE L'ECOLE (SOURCE : E. COLBERT).	67
FIGURE 21 AU CŒUR DE LA COMMUNE DE DIASS, PARTIE TERMINALE DU CANAL D'EVACUATION DES EAUX PLUVIALES CONSTRUIT DANS LE CADRE DU PROJET D'AEROPORT (SOURCE : E. COLBERT)	68
FIGURE 22. SCHEMA D'UN Puits D'INFILTRATION (ADOPTA)	72
FIGURE 23. SCHEMA D'UNE NOUE	73
FIGURE 24 SCHEMA DE L'AMENAGEMENT D'UNE VOIRIE, D'APRES UNE ZONE D'ETUDE A TEVRAGH ZEINA (MAURITANIE) SOURCE : EN HAUT !, 2015	74
FIGURE 25. SCHEMA D'UN SYSTEME DE CORDON PIERREUX	75
FIGURE 26 PHOTO D'UN CHAMP DE ZAÏ AU NIGER.	76
FIGURE 27. SCHEMA DESCRIPTIF DE LA TECHNIQUE DU ZAÏ. (1) VUE EN COUPE. (2) VUE DE DESSUS.	76
FIGURE 28. SCHEMA TECHNIQUE DEMI-LUNES VUE DU DESSUS	76
FIGURE 29. JEUNES POUSSES DE VETIVER QUI PERMETTRONT DE STABILISER LES RIVES DU BASSIN A YEUMBEUL	77

Table des tableaux

TABLEAU 1. AU NIVEAU NATIONAL, UNE DIVERSITE D'ACTEURS POUR UNE THEMATIQUE TRANSVERSALE	31
TABLEAU 2. DEPENSES DE LA COMMUNE DE DIAWARA SPECIFIQUES AUX INONDATIONS DE 2013 A 2015, EN MILLIONS DE FRANCS CFA.....	49
TABLEAU 3. FONDS INTERNES ET EXTERNES D'AIDE AUX COLLECTIVITES LOCALES AU SENEGAL (SOURCE : SANE (2016), PROJET DE LOI DE FINANCES (2016), SITE DE L'AGENCE DE DEVELOPPEMENT LOCAL (2017)	51
TABLEAU 4. DEPENSES DE LA COMMUNE DE DIAWARA SPECIFIQUES AUX INONDATIONS POUR L'ANNEE 2016, EN MILLIONS DE FRANCS CFA.....	53
TABLEAU 5. ANALYSE DES COUTS ANNUELS DES INONDATIONS POUR LES MENAGES DE DIAWARA (SOURCE: ENQUETES-MENAGES DU GRET, 2016).....	55
TABLEAU 6. PISTES D'AMELIORATION POUR UN FUTUR QUESTIONNAIRE D'ENQUETE-MENAGES (SOURCE : COLBERT, DIALLO, BARBE, RABUILLE, 2017).....	56
TABLEAU 7. GRILLE D'ANALYSE DES COUTS LIES AUX INONDATIONS PAR ACTEURS (INSPIREE DE CEREMA (2014), COMMISSARIAT GENERAL AU DEVELOPPEMENT DURABLE (2012), DIRECTION GENERALE DE LA PREVENTION DES RISQUES (2014).....	61
TABLEAU 9. ORDRES DE GRANDEUR DE LA CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE K DANS DIFFERENTS SOLS (SOURCE: GRAND LYON)	71
TABLEAU 9. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES TECHNIQUES D'INFILTRATION DES EAUX DE PLUIE.....	72
TABLEAU 10. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES NOUES.....	73
TABLEAU 11. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES OUVRAGES DE RETENTION ET D'INFILTRATION INTEGRES DANS DES ESPACES PUBLICS COLLECTIFS.....	74
TABLEAU 12. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES TECHNIQUES DE RALENTISSEMENT DES ECOULEMENTS.....	75
TABLEAU 13. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE LA TECHNIQUE DES DEMI-LUNES.....	77
TABLEAU 14. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DU VETIVER	78
TABLEAU 15. SYNTHESE DES TECHNIQUES ALTERNATIVES DE GEP AU SAHEL	79

Préambule

Cette mission réalisée avec le Groupe de recherche et d'échanges technologiques (GRET), ONG internationale de développement, s'inscrit dans le cadre de la formation professionnelle du Mastère Spécialisé Gestion de l'Eau d'AgroParisTech.

Notre intérêt commun pour le secteur du développement nous a conduit à constituer un groupe de 4 auditeurs du Mastère Spécialisé afin de réaliser une mission en partenariat avec le GRET, et plus spécifiquement en appui à leur projet « Eau pluviale et résilience urbaine » (EPUR). Les villes pilotes de ce projet sont Boghè, en Mauritanie, et Diawara, au Sénégal.

Pour des raisons administratives, nous n'avons pas pu nous rendre directement sur ces villes pilotes. Toutefois, nous avons eu l'opportunité de rencontrer de nombreux acteurs institutionnels et associatifs sénégalais dans les régions de Dakar et de Saint-Louis où nous nous sommes déplacés durant notre mission. L'ensemble de la mission de terrain s'est déroulé au Sénégal du 20 au 31 mars 2017.

Introduction

L'adaptation aux effets du dérèglement climatique est un défi majeur de ce siècle, notamment pour les pays en développement dont les moyens d'actions sont limités. Pour s'attaquer à cet enjeu, le GRET a mis en place le projet pilote « Eau pluviale et résilience urbaine » (EPUR). L'ambition portée par ce projet est de voir si et comment intégrer l'enjeu de l'adaptation au changement climatique dans la planification urbaine, afin de positionner la Ville au centre de la gestion des eaux pluviales (GEP). Les pays ciblés par ce projet sont le Sénégal et la Mauritanie, pays situés en zone sahélienne. Bien que dans cette zone le dérèglement climatique se manifeste par une baisse globale de la pluviométrie, les pays sahéliens font face à des épisodes pluvieux intenses durant la période de la mousson ouest africaine.

Ces événements extrêmes, couplés à une planification urbaine peu contrôlée, provoquent des inondations importantes presque chaque année. D'après le Bureau des Nations Unies pour la coordination des affaires humanitaires, « *les pluies torrentielles de 2005, qui ont duré d'août à début septembre ont provoqué des inondations à Dakar, menant à 46 décès, une épidémie de choléra et à l'évacuation de 60 000 personnes. En 2009, à nouveau, des inondations ont détruit 30 000 maisons à Dakar, touchant plus d'un demi-million de personnes et donnant lieu à 44,5 milliards d'USD de dommages et pertes. En 2012, une autre inondation catastrophique a dévasté des infrastructures publiques déjà fragiles et contaminé plus de 7 700 sources d'eau potable* » (Agence Française de Développement, 2017). Ces événements ont donc des effets néfastes sur le plan économique, social et sanitaire, paralysant des zones entières du pays sur une période de plusieurs mois.

Afin de mener les analyses et les expérimentations prévues dans le cadre du projet EPUR, le GRET a choisi deux villes pilotes : Boghé en Mauritanie et Diawara au Sénégal, saisonnièrement fortement impactées par des inondations. Dans cette étude, nous nous intéresserons au cas Sénégalais et plus particulièrement à la ville secondaire de Diawara située au nord du Sénégal. Cette ville de 13 000 habitants bénéficie d'un soutien du GRET depuis plusieurs années, dans le cadre de mécanismes de coopération et de solidarité internationales. Un diagnostic de l'assainissement en 2011 a contribué à l'élaboration du Plan Directeur d'Assainissement de la ville. Le projet EPUR s'inscrit dans la continuité d'un accompagnement de la commune de Diawara, qui repose initialement sur l'accès à l'eau potable, la gestion des boues de vidange et la gestion des déchets solides. Un avant-projet détaillé pour la gestion des eaux de ruissellement de la gare routière de Diawara a également été réalisé en 2015 par un M. Mali, consultant.

Les objectifs du projet EPUR s'articulent sur cinq points principaux :

- Réaliser un état des lieux de la gestion actuelle des eaux pluviales au Sénégal sur le plan institutionnel, technique et économique,
- Identifier et expérimenter sur le terrain les solutions de techniques alternatives possibles,
- Accompagner les communes dans l'élaboration de documents de planification technique et financière de gestion des eaux pluviales en y intégrant les effets du changement climatique,
- Sensibiliser les populations sur les bonnes pratiques de gestions des eaux pluviales,
- Diffuser les résultats du projet pour une meilleure connaissance et un apprentissage collectif de la gestion des eaux pluviales.

Dans ce contexte, la mission confiée par le GRET était de réaliser un diagnostic intégré de la gestion des eaux pluviales au Sénégal. Le diagnostic intègre les aspects institutionnels, économiques, techniques et climatiques. La méthodologie de notre étude repose sur des entretiens semi directifs auprès des acteurs institutionnels, des visites de terrain ainsi que des études de comptes administratifs de la ville pilote de Diawara. Ce diagnostic a été complété par des recherches bibliographiques. Notre mission était basée à Dakar, lieu stratégique pour rencontrer les acteurs institutionnels et associatifs de la GEP. Notre étude nous a également menés à Thiès pour la journée mondiale de l'eau, à Diass une ville secondaire située à proximité de Dakar, à Yeumbeul un quartier situé dans la région de Dakar ainsi qu'à Saint-Louis.

La première partie de ce rapport aura pour objectif de présenter le contexte général dans lequel s'intègre notre travail et présentera les notions clés de l'étude. La suite de l'étude portera sur un diagnostic approfondi de la GEP au Sénégal et sera déclinée selon quatre thématiques : le climat et son évolution au Sénégal, une analyse des acteurs de la GEP, une analyse économique portant sur la commune de Diawara ainsi qu'une analyse technique et des propositions de techniques alternatives de GEP.

Partie 1 : Contexte de l'étude

1. Les causes de la vulnérabilité urbaine aux inondations

1.1. Géographie physique du Sénégal

a) Topographie et pédologie

Le Sénégal, situé en Afrique de l'Ouest, est un pays bordé par la Mauritanie au nord, le Mali à l'est la Guinée Bissau et la Guinée Conakry au sud et l'Océan Atlantique à l'ouest. A cela s'ajoute une enclave intérieure, qui est un pays nommé la Gambie. Le Sénégal est, dans son ensemble, très plat, près de 75% du territoire ayant une altitude moyenne inférieure à 50 mètres. La zone la plus accidentée est le Sud Est du pays avec une altitude maximale de 581 mètres (Figure 1).



Figure 1. Carte topographique du Sénégal (Source : AGEROUTE, ND, extrait du PDU de Dakar et ses environs à l'horizon 2035)

Les types de sols identifiés au Sénégal sont caractéristiques d'un climat tropical. Ainsi l'ouest et le centre sont caractérisés par des sols ferrugineux tropicaux et des sols ferrugineux au sud. Les sols identifiés à l'Est du pays sont essentiellement des lithosols avec une épaisseur moindre et sensible à l'érosion. Au niveau de la côte atlantique et aux abords des grands fleuves, notamment le fleuve Sénégal, les sols sont hydromorphes ou vertiques (sols composés d'argiles gonflantes entraînant des mouvements verticaux) avec par endroit des dunes littorales (Figure 2).

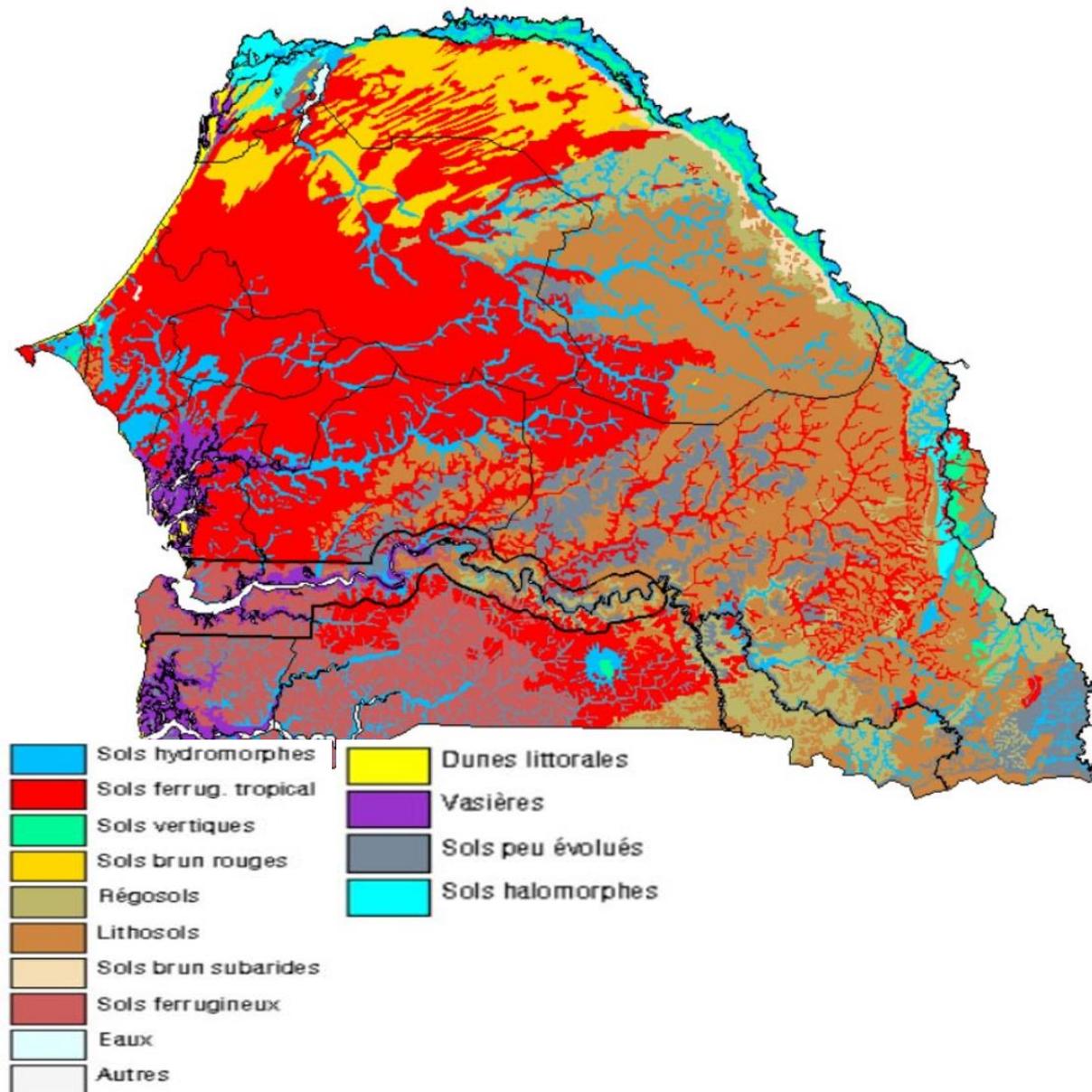


Figure 2. Carte des sols du Sénégal et de la Gambie (Source : EROS DATA CENTER 1985-1992, extrait des cartes thématiques Au-Sénégal)

La plupart de ces sols ont une faible capacité de rétention d'eau surtout dans les zones où la nappe souterraine affleure, comme dans la zone des Niayes qui s'étend le long de la côte Nord entre Dakar et Saint-Louis. En saison des pluies, cette typologie des sols a donc un impact sur l'écoulement des eaux qui se fait alors difficilement. La faible possibilité d'infiltration de l'eau dans les sols provoque ainsi une tendance à la stagnation des eaux.

Le ruissellement est un processus naturel, modifié par certaines pratiques agricoles, l'occupation du sol, les infrastructures linéaires et l'urbanisation. Le ruissellement et l'infiltration des eaux dépendent fortement du couvert végétal, composé essentiellement de forêts et de savanes au Sénégal. Cette végétation protège naturellement les sols de l'érosion et facilite l'absorption de l'eau. L'accroissement de l'érosion agricole ces dernières décennies au Sénégal endommage les parcelles cultivées et génère des écoulements boueux dommageables sur les zones situées en aval.

Par ailleurs, la période de sécheresse extrême dans la zone sahélienne des années 1970-1980 a affecté le couvert végétal du Sénégal de manière inégale selon les régions. En effet, « les régions du climat sahélien dans le nord et le centre-ouest du Sénégal où l'irrégularité interannuelle des précipitations est très forte ont le plus souffert au plan édaphique et agricole [...]. Ainsi dans le Ferlo, près de la diminution de la pluviométrie et l'abaissement des nappes superficielles sont la cause principale du recul de la strate arbustive (notamment les

acacias et certaines espèces ligneuses) mais les activités humaines ont contribué à accentuer cette dégradation du couvert végétal. [...] Dans la vallée du fleuve Sénégal, la dénudation des sols favorise la morphodynamique éolienne et avive le modelé dunaire » (Roquet, 2008), renforçant la vulnérabilité des populations locales au risque d'inondation.

b) Hydrographie et hydrogéologie

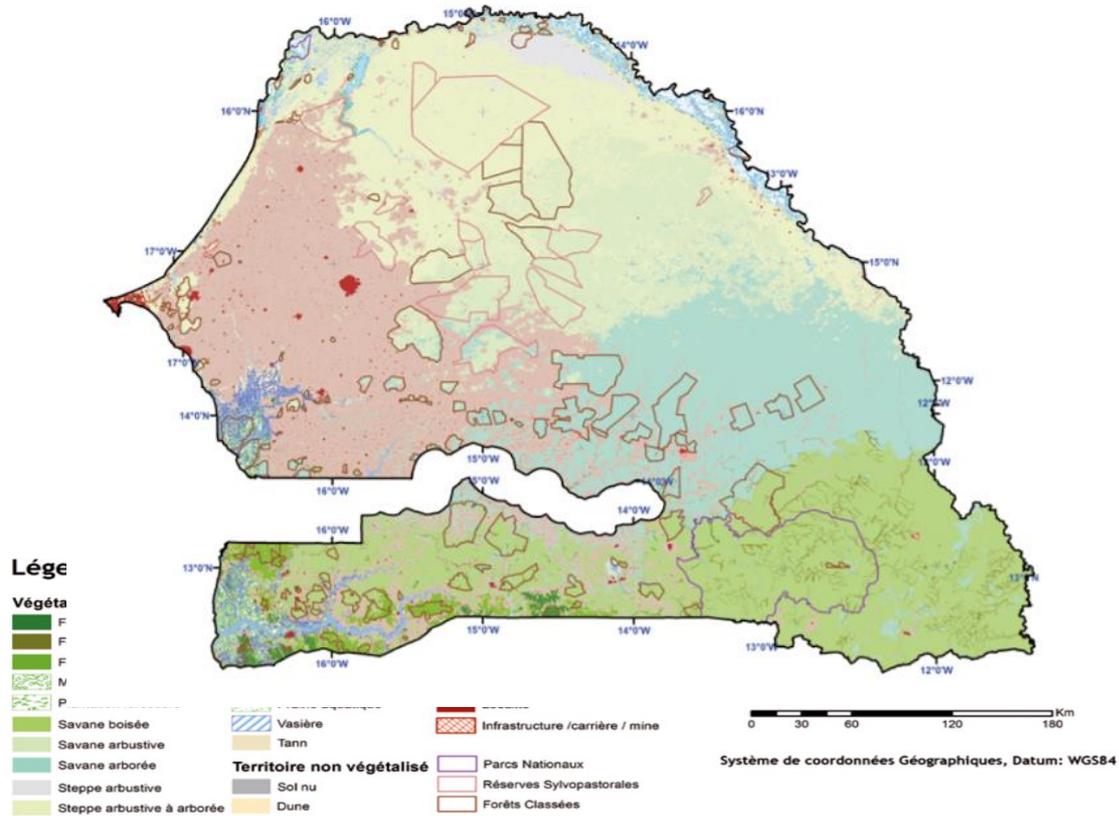


Figure 3. Carte de l'occupation des sols au Sénégal (CSE, 2015)

Le Sénégal est traversé par deux grands fleuves qui prennent leur source dans le Fouta-Djalon en Guinée Conakry. Il s'agit du fleuve Sénégal au Nord et du fleuve Gambie au Sud, qui forment ainsi les deux principaux bassins versants du pays. A ces bassins versants s'en ajoutent de plus petits parmi lesquels le bassin de la Casamance et de la Kayanga au Sud, du Ferlo au Centre-Est, du Sine Saloum au Centre-Ouest ainsi que les petits bassins versants côtiers (Figure 4).

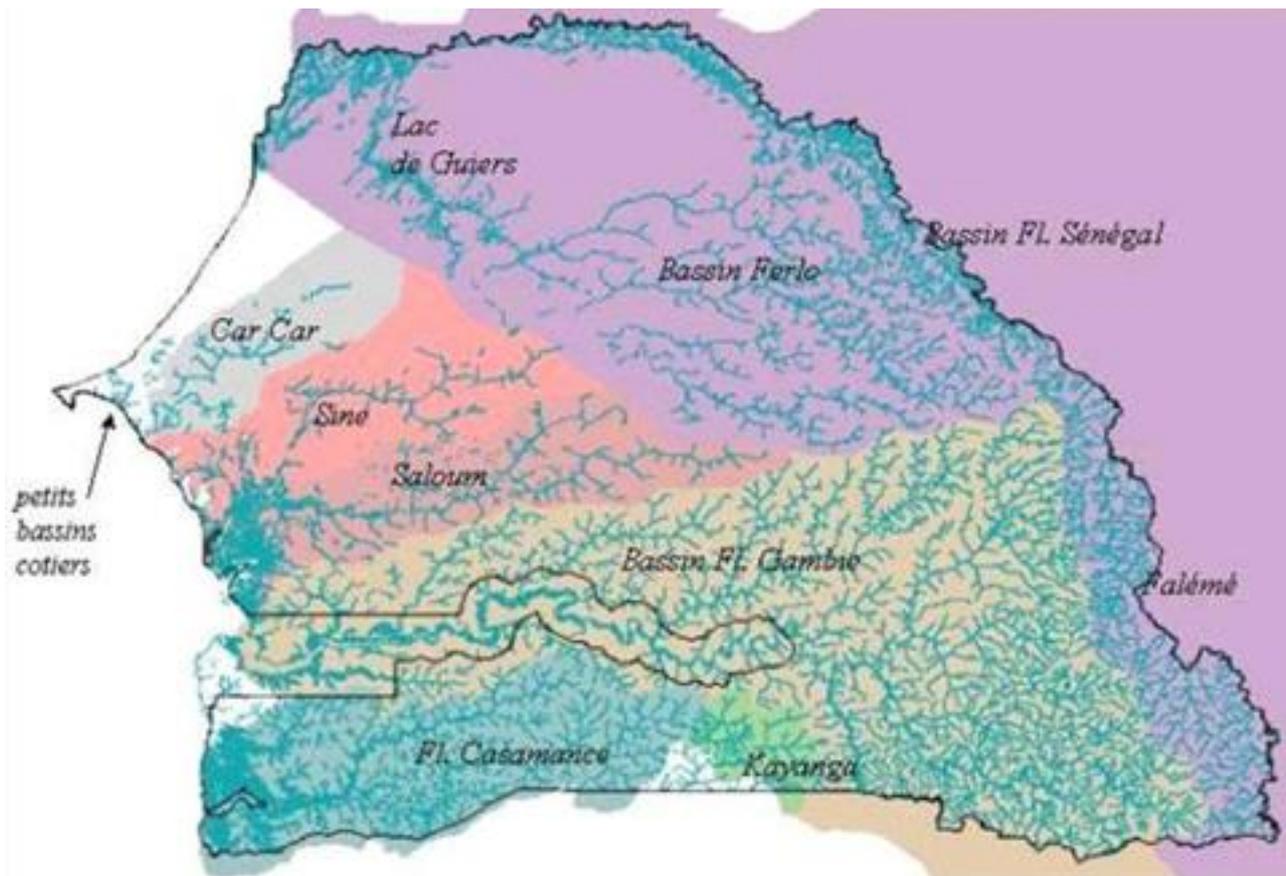


Figure 4. Les bassins versants principaux du Sénégal et le réseau hydrographique (Source : pS-Eau, 2017)

Le réseau hydrographique du pays dépend fortement de la pluviométrie, raison pour laquelle le Sud du Sénégal, où la pluviométrie est plus importante, est caractérisé par un chevelu hydrographique assez dense comparé au reste du territoire (Figure 5). Quant aux cours d'eau du Centre du pays, ils sont temporaires : les écoulements de certains d'entre eux ne sont observés que durant la saison pluvieuse (aussi appelée hivernage), de juin à octobre. Au cours de cette saison, apparaissent également des marigots, à savoir des petites étendues d'eau fermées et souvent dépourvues d'eau pendant la saison sèche, notamment dans le bassin du Ferlo.

En complément de ce réseau hydrographique, de nombreuses zones humides s'étendent le long de la côte et des grands fleuves et dont les principales sont les suivantes :

- Les zones humides autour de la vallée du fleuve Sénégal au Nord,
- La zone des Niayes qui s'étend sur le littoral Nord entre Dakar et Saint-Louis,
- Le delta du Sine Saloum au Centre-Ouest,
- Le delta de la Basse et de la Moyenne Casamance au Sud.

Comme leur nom l'indique, ces zones sont naturellement saturées en eau en permanence. La présence d'eau est accentuée durant l'hivernage par les apports pluviométriques ou encore par l'augmentation du niveau marin.

En ce qui concerne les ressources en eaux souterraines, le pays est divisé en 3 grands ensembles aquifères, liés aux caractéristiques géologiques et géophysiques (Sané, 2015). On trouve ainsi un ensemble d'aquifères superficiels lié aux formations argileuses et sablo-argileuses et présent sur une grande partie du pays, notamment le long du littoral ou encore le long de la vallée du fleuve Sénégal. Ces aquifères sont peu profonds, entre 50 et 100 mètres avec parfois des profondeurs inférieures à 50 mètres, comme dans la zone des Niayes. Durant la saison des pluies, certaines nappes peuvent alors affleurer.

Un autre ensemble correspond aux aquifères intermédiaires retrouvés dans des formations calcaires, karstiques et marno-calcaires datant du Paléocène et de l'Eocène. La profondeur de la nappe varie entre 100 et 200 mètres. Mais cet ensemble ne représente qu'une petite partie des formations existantes.

Enfin, on retrouve également l'ensemble d'aquifères profonds, dominé par les formations sableuses, sablo-argileuses et gréseuses du Maestrichtien. Cette formation très profonde (supérieure ou égale à 500 mètres) est rencontrée sur toute la partie centrale du Sénégal (Figure 6).

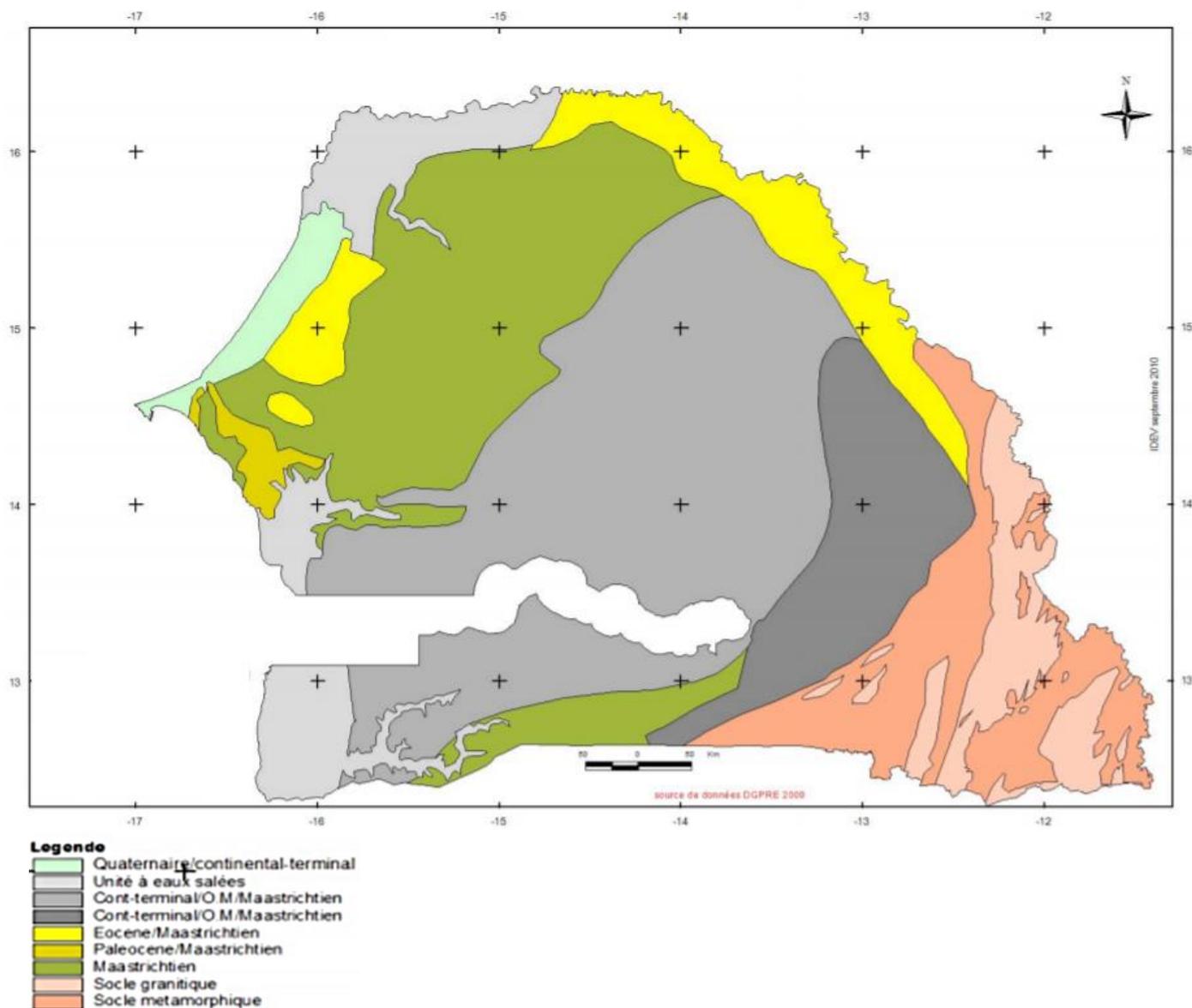


Figure 5. Système hydrogéologique du Sénégal (Source : DGPRE, 2014)

En réalisant cette analyse des caractéristiques physiques du Sénégal, on constate ainsi que la topographie très plane du pays peut être responsable d'écoulements d'eau relativement difficiles. Cela peut ainsi provoquer une rétention naturelle des eaux, et ainsi augmenter le risque d'inondation dans certaines régions.

A cela s'ajoute le fait qu'une majeure partie du pays est caractérisée par la présence de cours d'eau et de mares temporaires. Ces zones d'eau réapparaissent durant l'hivernage avec d'importants épisodes pluvieux. Cependant, comme nous allons le voir par la suite, avec les périodes de sécheresse que le Sahel a connu durant les années 70, ces zones d'eau naturelles ont été envahies par les populations qui s'y sont installées. Cela a entraîné une forte urbanisation et une imperméabilisation des sols qui ne disposent naturellement que d'une faible capacité de rétention en eau.

1.2. Un développement urbain sous-intégré

a) Aspects historiques du peuplement au Sénégal

A la fin du 19^{ème} siècle, deux modes de vie très différents cohabitent au Sénégal : des populations sédentaires, urbaines ou rurales, et des populations nomades dont les migrations suivent l'alternance entre saison des pluies et saison sèche. Ces modes de vie s'appuient, d'une part, sur les possibilités de valorisation agricoles des terres et d'autre part, sur un élevage transhumant bénéficiant des pâturages rendus disponibles par la saison des pluies.

Par ailleurs, à l'origine, Dakar n'était peuplée que de pêcheurs et cultivateurs appartenant à la communauté des Lébous. Seule l'île de Gorée, au large de Dakar, était peuplée par les colons français depuis le début du 19^{ème} siècle. Avec l'essor démographique et économique de cette île, les colons ont alors étendu leur territoire sur le continent. Ainsi, à partir de 1857, les colons français s'installent sur la presqu'île du Cap Vert. L'occupation française amorce alors le développement urbain de la ville de Dakar. En 1902, Dakar devient alors la capitale coloniale de l'Afrique Occidentale française. Le développement économique de la ville, grâce à son port commercial et à la ligne de chemin de fer qui la relie à Saint Louis, déclenche les premières formes d'exode rural.

b) Un exode rural massif dû à la sécheresse, puis aux Plans d'Ajustement Structurel

Les différents climats du Sénégal appartiennent à la catégorie des climats tropicaux secs, ce qui signifie qu'ils sont affectés de façon saisonnière par un déficit en eau. La sécheresse, constituant une forme temporaire de déficit pluviométrique, est un phénomène ancien au Sénégal et les populations ont historiquement appris à composer avec ce risque majeur et récurrent. Durant la seconde moitié du 20^{ème} siècle, entre 1950 et 1990, on observe deux grandes périodes climatiques :

- Une période dite humide entre 1950 et 1967, durant laquelle les précipitations sont supérieures à la moyenne des précipitations centennales,
- Une période de sécheresse extrême entre 1968 et 1989, caractérisée par un déficit pluviométrique. C'est aussi une période durant laquelle les zones humides littorales se sont asséchées (Sagna & al., 2015).

Cette sécheresse ininterrompue pendant deux décennies a contribué à l'accélération de mouvements de population au Sénégal, les flux migratoires au Sénégal existant de longue date. A l'échelle nationale, la population a ainsi été redistribuée à partir des années 1970 vers les régions mieux arrosées comme Tambacounda, Kolda et Ziguinchor, et les espaces urbains de la presqu'île du Cap Vert, à savoir Dakar et sa région. Ces flux migratoires intenses sont de deux types, à la fois « *dans un esprit de retour dans le cas des migrations saisonnières et même de certaines migrations internationales de jeunes, l'objectif étant d'accumuler un pécule pour pouvoir ensuite revenir au village, se marier et s'établir définitivement dans la région d'origine. Mais certains flux saisonniers pluriannuels sont souvent à l'origine d'un départ qui au bout de quelques années devient définitif, et se traduit par des transferts de population non négligeables du fait du regroupement familial* » (Roquet, 2008).

Par ailleurs, il est important de noter que les producteurs sénégalais adoptent différentes stratégies pour faire face au déficit de production agricole : d'une part « *la mobilisation des stocks issus de la récolte précédente, ensuite les achats de céréales vivrières grâce à la mobilisation des ressources monétaires disponibles, enfin la migration, quand toutes les autres solutions ont été épuisées* » (Roquet, 2008). Privés de leurs moyens de production du fait des conditions climatiques mais également des invasions de criquets et d'autres ravageurs nuisibles, ces populations rurales ont été contraintes d'adopter une stratégie de migration vers les centres urbains. En parallèle de l'exode rural, on constate ainsi également une déprise agricole importante à partir des années 1970.

Cette vulnérabilité climatique durant trois décennies fragilise ainsi l'économie sénégalaise et accélère la mise en place d'une politique d'ajustements structurels de 1979 à 1992. Les premières mesures de redressement sont prises en 1979, avec un Plan de stabilisation à court terme d'un an. Il sera suivi par un Plan de redressement économique et financier (1980/85) puis d'un Plan d'ajustement à moyen et long terme (1986/1992). L'économiste Diouf (1992) souligne certains effets contradictoires de cette politique économique et financière face aux objectifs initialement définis, comme « *la diminution ou la suppression des subventions aux denrées de première nécessité, conjuguée avec l'accroissement de la fiscalité indirecte intérieure, qui a créé une forte inflation ; le démantèlement du protectionnisme industriel, en favorisant les importations, ayant contribué au déséquilibre de la balance des paiements* ». Les Plans d'Ajustements Structurels ont ainsi accéléré la paupérisation des sénégalais, notamment dans « *les entreprises publiques d'encadrement du monde rural*

qui ont été les plus touchées par les suppressions d'emplois, avec la Nouvelle Politique Agricole » (Diouf, 1992). La migration vers les centres urbains a ainsi constitué une réelle stratégie de survie pour de nombreux sénégalais, intensifiant la pression immobilière et le développement de quartiers informels bâtis en dehors de toute considération des règles d'urbanismes.

c) Croissance spontanée des centres urbains et aggravation du risque d'inondation

Ces redistributions brutales du peuplement au Sénégal durant près de vingt ans ont eu d'importantes conséquences sur les formes et l'organisation des villes. La masse de population nouvelle arrivée dans les espaces urbanisés nécessite la construction de logements qui concourent à l'étalement urbain. En effet, l'habitat spontané reste le principal moteur de l'expansion spatiale des villes sénégalaises. Cependant, les conditions d'accès au logement sont très différentes selon la catégorie sociale.

Selon Sané (2013), « *les classes aisées et les fonctionnaires (classe moyenne) ont souvent été favorisés dans les programmes de l'État mis en œuvre par les sociétés immobilières. Pour les pauvres, par contre, la seule perspective qui existait était de se loger par ses propres moyens, très souvent dans l'illégalité. La construction de logements ne respectant ni les règles d'urbanisme ni les contraintes de site est une caractéristique qu'on retrouve dans toutes les villes sénégalaises* ». On constate que la population dakaroise, estimée à 530 000 personnes en 1976, comptait un peu plus d'un million d'habitants en 2002 ou que la commune de Pikine, avec 8 000 habitants en 1955, regroupait près de 624 000 habitants trente ans plus tard en 1988 (ANSD, 2011).

Ces nouvelles populations s'installent ainsi dans des périphéries de plus en plus lointaines, à mesure que la population du centre-ville s'accroît. Les quartiers les plus pauvres sont le réceptacle des flux migratoires issus des campagnes frappées de plein fouet par les crises climatiques et les mutations de l'économie sénégalaise. Cette urbanisation « sous-intégrée » est ainsi caractérisée dans de nombreuses villes sénégalaises par :

- L'empiètement des nouvelles habitations précaires sur les zones humides, dorénavant asséchées ;
- L'augmentation des besoins en eau potable, prélevée dans la nappe phréatique, qui contribue doublement à l'assèchement des zones humides alimentées par cette nappe ;
- Un développement du bâti sans système d'assainissement liquide ou de collecte des déchets solides ;
- Un manque d'espace pour appliquer les volontés de planification urbaine ;
- Un manque de moyens humains et financiers pour réguler l'explosion démographique et les besoins primaires de la population.
- Une imperméabilisation des sols par la modification des méthodes de construction

Le défi de la mise en place de politiques de gestion des inondations apparaît ainsi lors du retour à une période pluviométrique « normale » à partir des années 1990. Les conséquences et dommages sont importants, avec l'inondation des habitations situées sur les « anciennes » voies naturelles d'écoulement des eaux (lit majeur des rivières asséchées, zones humides, etc.), à sec durant plus de vingt ans. Par ailleurs, l'évolution du climat semble être à l'origine d'importantes migrations de certaines populations rurales vers les bas-fonds des vallées, implantées initialement sur les reliefs, lieux privilégiés pour accéder aux emplois des bourgs ruraux et « petites villes » disposant d'infrastructures routières et de zones urbanisées plus ou moins denses.

Ce lien entre développement urbain et aggravation du risque d'inondation est ainsi mis en évidence sur la figure 6 ci-dessous. On constate que la plupart des villes concernées par le risque d'inondation sont situées sur des lits majeurs de cours d'eau temporaires. Ces villes sont ainsi majoritairement concentrées le long du fleuve Sénégal (Saint-Louis, Matam, Diawara), autour du delta du Saloum (Kaffrine, Fatick, Passy) et plus au Sud, en Casamance.

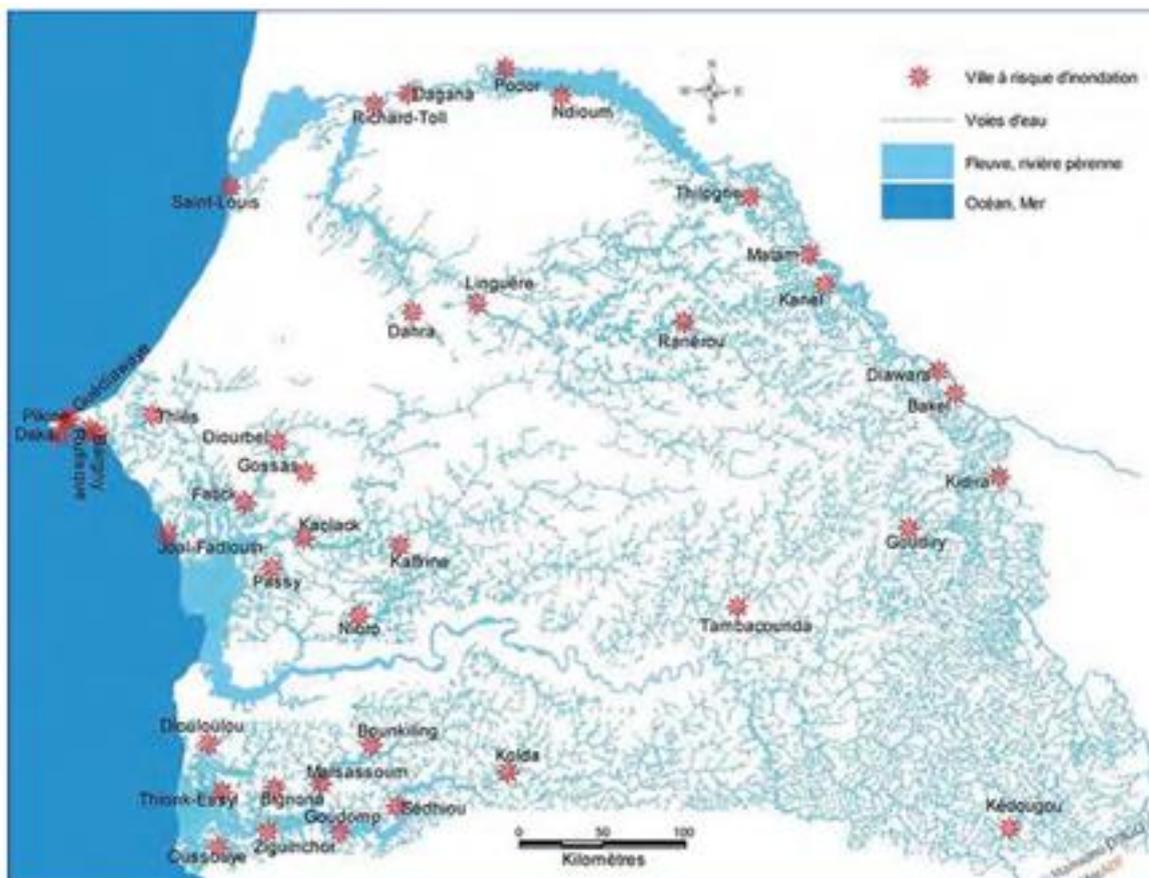


Figure 6. Cartographie des villes sénégalaises exposées au risque d'inondation (Source : DGPRE, 2014)

d) Les inondations, un risque majeur pour la pérennité du développement du “Sénégal émergent”

À l’instar de la population africaine, la population sénégalaise croît à un rythme élevé. D’après les projections, la population du Sénégal sera de 25 millions de personnes en 2035, et de près de 40 millions de personnes à l’horizon 2050 (IRD, 2016). Au vu de ces projections, la population sénégalaise aura triplé entre 2013 et 2050. De plus, l’évolution de l’urbanisation au Sénégal ne sera pas la même dans toutes les régions. À Dakar et à Diourbel par exemple, l’urbanisation devrait stagner, ce qui indique que les populations urbaines et rurales de ces régions vont garder les mêmes rythmes de progression entre 2013 et 2035.

En revanche, pour des régions comme Thiès, Saint-Louis et Ziguinchor, il est attendu une forte augmentation de leurs populations urbaines d’ici 2035. Et pour ces régions, les taux d’urbanisation passeront de 45% à environ 60% à l’horizon 2035. Il devrait alors en résulter une multipolarité urbaine alors que le Sénégal avait été marqué par la macrocéphalie urbaine qui plaçait Dakar comme pôle urbain majeur. Pour les autres régions, les taux d’urbanisation attendus en 2035 n’atteignent pas 50%. Enfin le Sénégal, à l’image des pays de l’Afrique Subsaharienne, connaît un « *dynamisme économique déclenché par une plus grande affluence des investissements, une augmentation de la demande de produits de base et une meilleure implication dans les chaînes de valeurs mondiales* » selon l’IRD (2016).

Compte tenu d’un retour à une pluviométrie « normale » depuis le début du siècle et des perspectives de croissance démographique, les inondations apparaissent comme un risque majeur au Sénégal qui pourrait s’intensifier dans les décennies à venir. L’adaptation aux effets du changement climatique par la mise en place de politiques limitant ce risque semble être une condition indispensable à la pérennisation du développement économique et urbain. L’étude de la géographie du pays montre que le territoire est peu propice à l’évacuation des eaux pluviales ainsi qu’à leur infiltration. La gestion des eaux pluviales dans les villes sénégalaises constitue donc un enjeu majeur à la fois social, économique et environnemental. Comment cette notion s’est-elle développée ? Comment caractériser l’objet d’étude de ce rapport, la « petite ville » au Sénégal ? Ces deux notions sont nécessaires pour le cadrage de la suite de notre étude.

2. Éléments de cadrage de l'étude

2.1. La notion de Gestion des Eaux Pluviales au Sénégal

Au cours des entretiens menés tout au long du travail de terrain, nous nous sommes aperçus que les acteurs sénégalais et nous n'employions pas le même langage quand nous abordions le thème de la gestion des eaux pluviales. Cela nous a amené à repenser notre guide d'entretien, à faire évoluer les questions que nous posions et celles que nous nous posions. Ainsi, les divers échanges que nous avons pu avoir ont été plus constructifs, et d'autant plus enrichissants.

L'objectif de cette sous-partie consiste à explorer ces questions de vocabulaire, en essayant de comprendre les différences de vocabulaire employé ainsi que leurs implications.

a) Gestion des Eaux Pluviales, de quoi parle-t-on ?

La gestion des eaux pluviales (GEP) peut se définir comme « l'ensemble des mesures prises par l'Homme pour mieux maîtriser les flux d'eau générés par la pluie et le ruissellement dans les zones urbanisées » (Programme Solidarité Eau, 2013).

La GEP doit être considérée non pas comme une thématique essentiellement technique et hydraulique mais au contraire comme un ensemble d'actions demandant à être réintégré dans la manière de penser et d'aménager l'espace, afin de « *mettre l'accent sur les processus organisationnels, financiers et institutionnels qui l'entourent au travers d'une approche pluridisciplinaire* » (Programme Solidarité Eau, 2013). La question de l'échelle pertinente de mise en place d'une GEP se pose. Plusieurs échelles géographiques peuvent être considérées, comme la parcelle, un quartier de plusieurs kilomètres carrés, un bassin-versant "urbain" incluant ses prolongements péri-urbains ou encore un bassin-versant hydrographique incluant l'amont et l'aval de la zone urbaine concernée.

Le milieu urbain est une zone d'enjeux « affectée par le ruissellement venant de l'amont, mais aussi une cause de perturbation de ruissellement renvoyé à l'aval » (Poulard & al., 2013) : l'imperméabilisation des sols accentue les pics de ruissellement, l'anthropisation des milieux engendre une obstruction des axes naturels de transfert des eaux et le fonctionnement naturel des cours d'eau des territoires est bouleversé par l'action humaine. La mise en place d'ouvrages « alternatifs » de GEP doit alors « permettre de contrôler la production d'eaux de ruissellement en favorisant l'infiltration ou le stockage, de contrôler les transferts d'écoulement de surface, de favoriser le débordement là où il est acceptable avec un aménagement de la zone réceptrice ou de stocker temporairement de l'eau avec une limitation du débit » (Poulard & al., 2013).

Lorsque l'on cherche à maîtriser les apports d'eau, dans le cadre de la GEP, il est donc nécessaire de s'intéresser à différentes dimensions, à savoir :

- La caractérisation de ces flux d'eau en termes de quantité, d'intensité, de fréquence d'occurrence et de répartition géographique et temporelle ;
- La connaissance du réseau hydrographique du territoire considéré avec notamment, les chemins préférentiels d'écoulement de l'eau ;
- Le potentiel d'infiltration des sols et de ruissellement de l'eau ;
- La connaissance des risques directs et indirects, que l'on doit alors relier à l'occurrence de ces événements et à l'ampleur des dommages causés (matériels, humains, sanitaires, sociaux, économiques, environnementaux)

La notion de GEP réunit également un ensemble de mesures organisationnelles visant à prévenir le risque d'inondation, à savoir des actions préventives visant à éviter les inondations (tel le relogement), des mesures de réduction des risques (via des systèmes d'alerte) et des mesures de réduction des dommages (réparation et prise en charge des dommages dans une optique d'amélioration de la résilience des populations).

Enfin, la GEP implique également une réflexion essentielle sur la valorisation des eaux pluviales, dans un contexte de changement climatique. Trois types de valorisation des eaux pluviales sont envisagés d'après Chocat (2008) : « *elles peuvent être à la fois considérées comme une ressource supplémentaire dans un contexte de raréfaction, comme une ressource paysagère et urbaine, ou dans une perspective climatique pour réguler la température en milieu urbain* ». En effet, lorsqu'un territoire est soumis à l'alternance entre saison des pluies et saison sèche, les populations ressentent la nécessité de stocker ces volumes d'eau issus de la saison des pluies pour en tirer davantage de bénéfices une fois la saison sèche arrivée. Cela peut ainsi permettre de

minimiser les tensions liées au manque d'eau en saison sèche. La valorisation des eaux pluviales correspond alors au stockage de tout ou partie de ces flux d'eau pour répartir leur disponibilité sur une plus longue période. Ce volet est approfondi dans la suite de notre étude, notamment dans le chapitre 5 dédié aux techniques alternatives de gestion des eaux pluviales.

Les multiples dimensions de la GEP ainsi évoquées sont révélatrices du caractère éminemment transversal de ce sujet. On distingue plusieurs enjeux majeurs (Programme Solidarité Eau, 2013) :

- **Foncier et maintien des équipements urbains** : les écoulements brutaux d'eaux pluviales et la stagnation de l'eau suite à un épisode pluvieux sont des facteurs majeurs de détérioration, voire de destruction du milieu urbain (stabilité des terrains, pérennisation des services essentiels, etc.) ;
- **Développement économique** : l'inondation des routes et des bâtiments peut causer des perturbations dommageables pour la vie humaine et les activités économiques ;
- **Social** : inégalités socio-spatiales entre les populations vivant dans les quartiers les plus exposés au risque d'inondation (bas-fonds, marécages, rivages, etc.) et le reste de la population moins impactée et bénéficiant d'un "prestige social".
- **Sanitaire** : les eaux stagnantes participent à la prolifération des moustiques ou le débordement des latrines ou des égouts par les inondations peuvent provoquer une pollution fécale et la prolifération de maladies féco-orales obtenues par la consommation d'eau ou d'aliments contaminés.
- **Environnemental** : les eaux pluviales se chargent de polluants (au contact des eaux usées, déchets solides et lors du lessivage des routes) et sont ensuite le plus souvent rejetées sans traitement dans le milieu naturel, entraînant la contamination de ce dernier. L'érosion et la sédimentation sont également fréquentes.

Dans le cadre de cette étude, le choix a alors été fait de « restreindre » les contours de la GEP à un certain nombre de thématiques, considérées comme les composantes majeures à prendre en compte dans la réflexion. Ainsi, les aspects de GEP au Sénégal de cette étude intègrent davantage les enjeux fonciers et de maintien des équipements urbains, sociaux et de développement économique que les enjeux environnementaux et sanitaires. Ces différents enjeux seront ainsi repris successivement dans les différents chapitres de ce rapport, afin de présenter au mieux la vision acquise au cours de cette mission.

Cette définition théorique de la GEP, et des dimensions qu'elle revêt, que nous avons en tête en partant sur le terrain s'est confrontée à la vision portée par les acteurs rencontrés au Sénégal. En réalité, quand nous souhaitons parler de GEP, il aurait été préférable de parler de gestion des inondations, ce qui représente seulement une des branches de la GEP. Pour comprendre ces visions différentes, il est important de revenir aux inondations importantes des années 2000 qui ont façonné la vision des acteurs sénégalais.

b) Le contexte historique des inondations au Sénégal

Les inondations ont affecté les villes sénégalaises dès les années 1990, notamment la grande banlieue dakaroise. Suite à ces événements, le pays, et notamment les centres urbains touchés, se sont retrouvés dans un contexte d'urgence. Il était alors important d'apporter de l'aide aux populations sinistrées, d'évacuer les volumes d'eau accumulés et de se relever de cette situation. En 2005, la situation s'est aggravée à un point tel que le gouvernement a décidé de lancer à Keur Massar un ambitieux programme de construction de logements en faveur des victimes des quartiers inondés, le Plan de Construction de Logements Sociaux et de Lutte contre les Inondations et les Bidonvilles (PCLSLIB), dénommé « Plan Jaxaay », porté par l'Agence Nationale de Lutte contre les Inondations et les Bidonvilles (ANLIB).

D'après Sané (2013), « en contrepartie de l'attribution d'un nouveau logement, les bénéficiaires devaient définitivement quitter leur quartier. En effet, l'autre objectif du Plan Jaxaay, en plus de « recaser » décemment les inondés, était d'assainir durablement les zones inondées de la région de Dakar et des autres villes de l'intérieur, en vue de les utiliser à d'autres fins (agriculture urbaine en particulier) ». Sur le plan quantitatif, le Plan Jaxaay a eu des résultats plutôt mitigés. Ayant pour objectif de résoudre la question des quartiers inondés dans toutes les villes du Sénégal, notamment à Dakar, Touba, Saint-Louis, Kaolack et Joal, son action a été presque exclusivement réservée à Dakar où 1 798 logements ont néanmoins été construits sur un total prévu de 3 000, selon les chiffres de 2009 du Ministère de l'hydraulique et de la construction (Sané, 2013).

Les autorités publiques sénégalaises s'inscrivent pleinement dans une logique de réponse d'urgence aux populations sinistrées par les inondations. La mise en place d'un plan de contingence national, décliné aux différentes échelles administratives (national, départemental, communal), permet d'améliorer l'efficacité de la réponse immédiate aux inondations. L'enjeu de la prise en charge des populations une fois la catastrophe

produite constitue alors l'élément prioritaire régissant les politiques publiques en termes de gestion des inondations.

Entre 2009 et 2012, suite à de graves inondations provoquant des pertes humaines et l'apparition de centaines de sans-abris relogés dans des écoles et des centres d'hébergement improvisés, « *le nouveau gouvernement décide de poursuivre « la logique du Plan Jaxaay », en tenant compte des imperfections et des éventuels problèmes de gestion du précédent gouvernement et de l'équipe chargée du programme* » (Sané, 2013). La mise en place du Projet de gestion des eaux pluviales et d'adaptation au changement climatique (PROGEP) à partir de 2012 et le lancement du Plan décennal de Lutte Contre les Inondations (PLCI) permet progressivement de sortir de cette logique d'urgence, afin de mettre en place des actions de prévention des inondations plus détaillées dans le troisième chapitre de cette étude. A Dakar le PROGEP est considéré comme un projet novateur en termes de GEP. En effet, devant l'importance des dégâts, l'accent est alors mis sur les ouvrages d'assainissement pluvial favorisant l'écoulement gravitaire des flux d'eau ruisselés. De plus amples détails fournis dans la partie V permettront de mieux expliquer l'innovation que représente l'utilisation de l'écoulement gravitaire dans la GEP.

2.2. La notion de « petite ville » au Sénégal

Chaque pays détient sa propre définition statistique de la population urbaine : 5000 habitants au Nigeria et au Ghana, 2 500 en Sierra Leone et au Liberia. La notion de « ville » et d'« urbain », reposant sur des critères tels que la taille minimum de population, le pourcentage de ménages « non agricoles » ou la présence d'équipements ou de services spécifiques, n'est pas définie officiellement au Sénégal. L'adoption de l'Acte III de la Décentralisation devrait « *permettre de faire émerger une nouvelle définition du secteur urbain prenant davantage en compte des spécificités démographiques et économiques* » (Banque Mondiale, 2015).

Jusqu'au dernier recensement en 2013, les données officielles de l'ANSD assimilaient la population urbaine à la population communalisée. Ainsi la population considérée comme urbaine en 2013 est la population vivant dans les 167 communes existantes au moment du recensement, soit 6 millions de personnes, représentant 45 % de la population nationale. Cette définition intègre des communes de très petite taille (on comptait au moment du recensement, 55 communes de moins de 10 000 habitants), et exclut des unités n'ayant pas de statut communal mais regroupant bien plus que 10 000 habitants (ex. Touba, deuxième ville du pays regroupant 700 000 habitants, mais disposant d'un statut de communauté rurale). Ce paradoxe met en lumière la difficulté de caractériser les « petites villes » au Sénégal.

Au Sénégal, la question urbaine est dominée par sa capitale, Dakar, une métropole de rang régional : le Sénégal est un pays d'urbanisation ancienne, mais Dakar concentre aujourd'hui 25 % de la population du pays, 55 % du PIB national, 80 % des entreprises et des emplois modernes, ou encore 87 % de la fiscalité locale. Le développement des métropoles d'équilibre, des centres secondaires à l'intérieur du pays est présenté comme le moyen de réduire l'influence macrocéphale de Dakar et d'avoir un effet d'entraînement d'abord sur les régions, puis sur l'ensemble du territoire national. Ainsi, au Sénégal en 2010, il faut comptabiliser la population des 25 villes secondaires (Saint-Louis, Thiès, etc.) les plus peuplées du pays pour atteindre celle de Dakar (Banque Mondiale, 2015).

Partant de ce constat, quels éléments apportés afin de définir la « petite ville » sénégalaise ? La Conférence de Prague (1966) propose qu'un groupement, respectant au moins un des critères suivants, constitue une ville : un groupement d'habitations compact (dans lequel aucune habitation n'est distante de plus de 200m) ; un groupement comptant au moins 10 000 habitants ; un groupement comptant entre 2000 et 10 000 à la condition que l'effectif vivant de l'agriculture ne dépasse pas 25 %. Dans le cas des « petites villes » sénégalaises de cette étude, on considère une masse de population ayant pour seuil inférieur 5 000 habitants et pour seuil supérieur 50 000 habitants.

- En s'appuyant sur des travaux sociologiques concernant la petite ville en Afrique de l'Ouest (Giraut, 1994), trois caractéristiques principales complètent cet aspect démographique :
- Les petites villes juxtaposent des couches ou classes sociales déjà fortement différenciées, mais les relations entre personnes y gardent un caractère direct ;
- Les petites villes constituent le premier niveau authentiquement urbain bien distinct du système villageois, mais le dernier échelon en contact direct avec la campagne et la vie rurale ;
- Ces villes ont des besoins d'équipements, de planification, d'entretien, de coordination, de gestion urbaine. Ces besoins s'imposent et sont progressivement reconnus par l'administration et ses services techniques.

Ces « petites villes », qui vont connaître une croissance démographique importante dans les années à venir, ressentent un besoin croissant en reconnaissance institutionnelle de la part de l'autorité centrale. Cela interroge directement le système de financement des collectivités locales et la gouvernance territoriale au Sénégal depuis la mise en place du Plan Sénégal Emergent de la Banque Mondiale et de l'Acte III de la Décentralisation, qui doivent tous deux être « complétés par des actions concrètes au niveau territorial », notamment dans les petites villes. En effet, « l'Acte III reste encore flou sur cette répartition des compétences, à Dakar et à l'intérieur du pays. Quel que soit l'effort de décentralisation retenu, un renforcement des moyens techniques et humains sera nécessaire au niveau local, départemental et central. La faiblesse de la maîtrise d'ouvrage municipale est également l'une des contraintes majeures à l'évolution du secteur urbain (faiblesse des services techniques municipaux, faible niveau d'encadrement, etc.). Des efforts importants de formation doivent encore être engagés pour rendre les communes viables et pour en faire de véritables acteurs du développement urbain » (Banque Mondiale, 2015). Cette problématique constitue ainsi un point important de notre analyse à travers l'étude de cas de la commune de Diawara.

Conclusion

L'émergence de la problématique de la gestion des eaux pluviales au Sénégal résulte d'une multiplicité d'évènements climatiques, économiques et institutionnels, ayant conduit les populations à migrer vers des zones qui sont désormais fortement exposées au risque d'inondation. Les nombreuses inondations survenues au cours de ces deux dernières décennies ont fait de cette thématique une priorité pour l'Etat sénégalais. L'action dans l'urgence fait place peu à peu à des projets de gestion des inondations à plus long terme, orientés vers les grands centres urbains. Les villes secondaires sont quant à elles livrées à elles-mêmes pour mener ces actions.

Partie 2 : Le climat au Sénégal, analyse et perspectives

Le Sénégal est un pays au climat sahélien, caractérisé par une longue saison sèche de novembre à mai et une saison des pluies de juin à octobre. Le pays est subdivisé en cinq principales zones climatiques :

- La zone sub-guinéenne avec une moyenne pluviométrique supérieure à 1000 mm,
- La zone guinéenne avec une moyenne pluviométrique se situant entre 700 mm et 1000 mm,
- La zone soudanienne avec une moyenne pluviométrique comprise entre 500 mm et 00 mm,
- La zone soudano-sahélienne avec une moyenne pluviométrique comprise entre 200 mm et 400 mm,
- Et la zone sahélienne où la pluviométrie moyenne est inférieure à 200 MM.

Le climat du Sénégal, tout comme les autres pays du Sahel, est fortement influencé par la Mousson Ouest-Africaine (MOA) observée entre les mois d'avril et d'octobre. Ce phénomène entraîne d'importantes variabilités spatiales et temporelles de la pluviométrie durant l'hivernage. La MOA est un système couplé « surface – atmosphère – océan » qui entraîne un déplacement de la Zone de Convergence Inter Tropicale et des précipitations associées vers le nord (autour de 10°N) (Sy, 2016). Elle est ainsi influencée par plusieurs paramètres tels que l'humidité du sol, le couvert végétal, etc. Plusieurs études sont réalisées dans le but de comprendre la dynamique de cette mousson qui semble compliquée à démontrer et expliquer. Du fait de sa complexité, la MOA est la cause principale des irrégularités des précipitations qui sont observées (Sy, 2016). Afin de comprendre le climat au Sénégal, notamment la pluviométrie, il est important de retracer en détail son évolution depuis le début du XX^{ème} siècle jusqu'à nos jours.

1. Evolution de la pluviométrie au Sénégal : identification de périodes pluviométriques

Au niveau du Sénégal, les premières mesures pluviométriques datent de 1898 pour la ville de Dakar et 1921 pour d'autres villes comme Saint Louis, Fatick ou encore Bakel. Suite à l'analyse des données recueillies, il est possible d'observer qu'entre le début des années 1900 et le milieu des années 1960, le pays était dans une phase humide avec une pluviométrie globale annuelle moyenne estimée à 803,2 mm. Une deuxième période est observée, période dite sèche avec une pluviométrie globale moyenne de 613,8mm depuis les années 1968 jusqu'en 2014 (Sagna et al, 2015).

Grâce au calcul d'indices pluviométriques qui permettent de déterminer qu'une saison est sèche ou humide, il est possible d'observer les variations annuelles des précipitations et de mettre en évidence la période de grave sécheresse des années 1970 au Sahel ainsi que l'amorce d'un changement de dynamique pluviométrique à partir des années 2000 (Fig. 7).

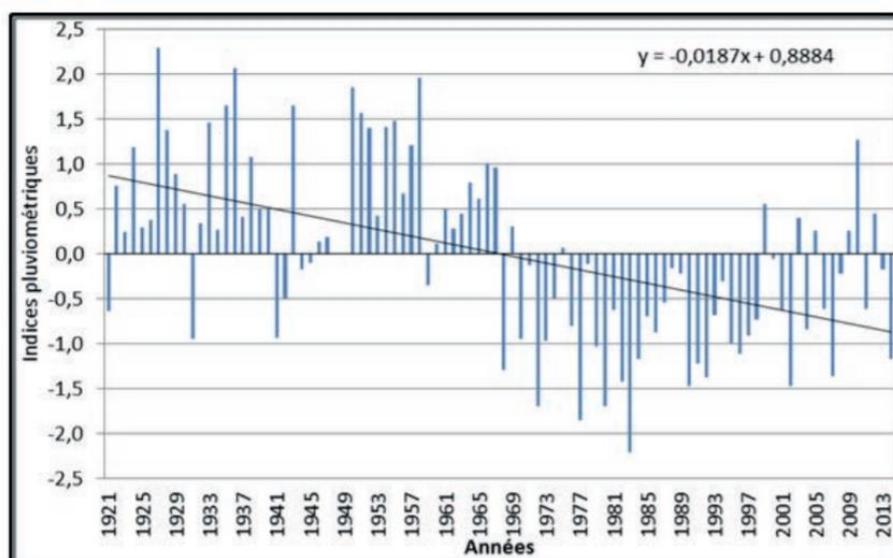


Figure 7. Evolution interannuelle des indices pluviométriques au Sénégal entre 1921 et 2013 (Source : Sagna et al, 2015)

Par ailleurs, les isohyètes, à savoir les lignes imaginaires sur une carte météorologique reliant des points d'égales quantités de précipitations tombées en une période déterminée, se sont également déplacées du sud vers le nord avec l'installation de la zone sahélienne à partir des années 1980 et un rétrécissement de la zone de l'isohyète supérieur à 1000 mm dans le sud (CSE, 2000) (Fig. 8).

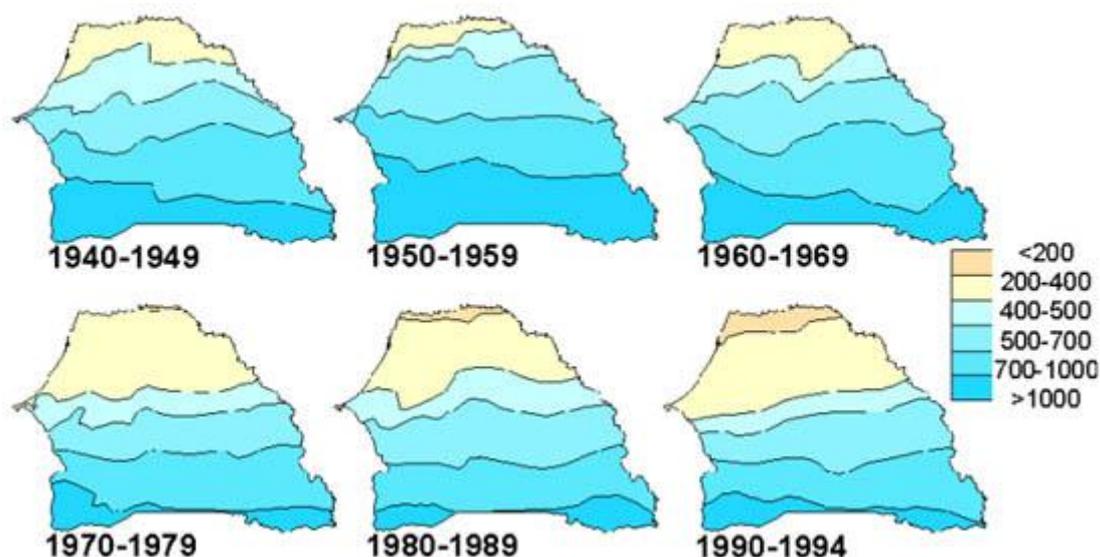


Figure 8. Evolution des isohyètes de précipitation entre 1940 et 1994 (CSE, 2000)

2. Variabilité des précipitations sur la bande sahélienne sénégalaise

2.1. Utilisation des moyennes décennales glissantes

Par ailleurs, une étude des variations interannuelles sur quelques stations situées au niveau de la zone soudano-sahélienne, il est possible, à partir des moyennes décennales glissantes de mettre en évidence les périodes sèches et humides. Ces moyennes décennales sont calculées sur une période de 10 ans. Cela permet également d'observer la variabilité spatiale des précipitations qu'il peut y avoir au sein d'une même zone climatique (Figure 9).

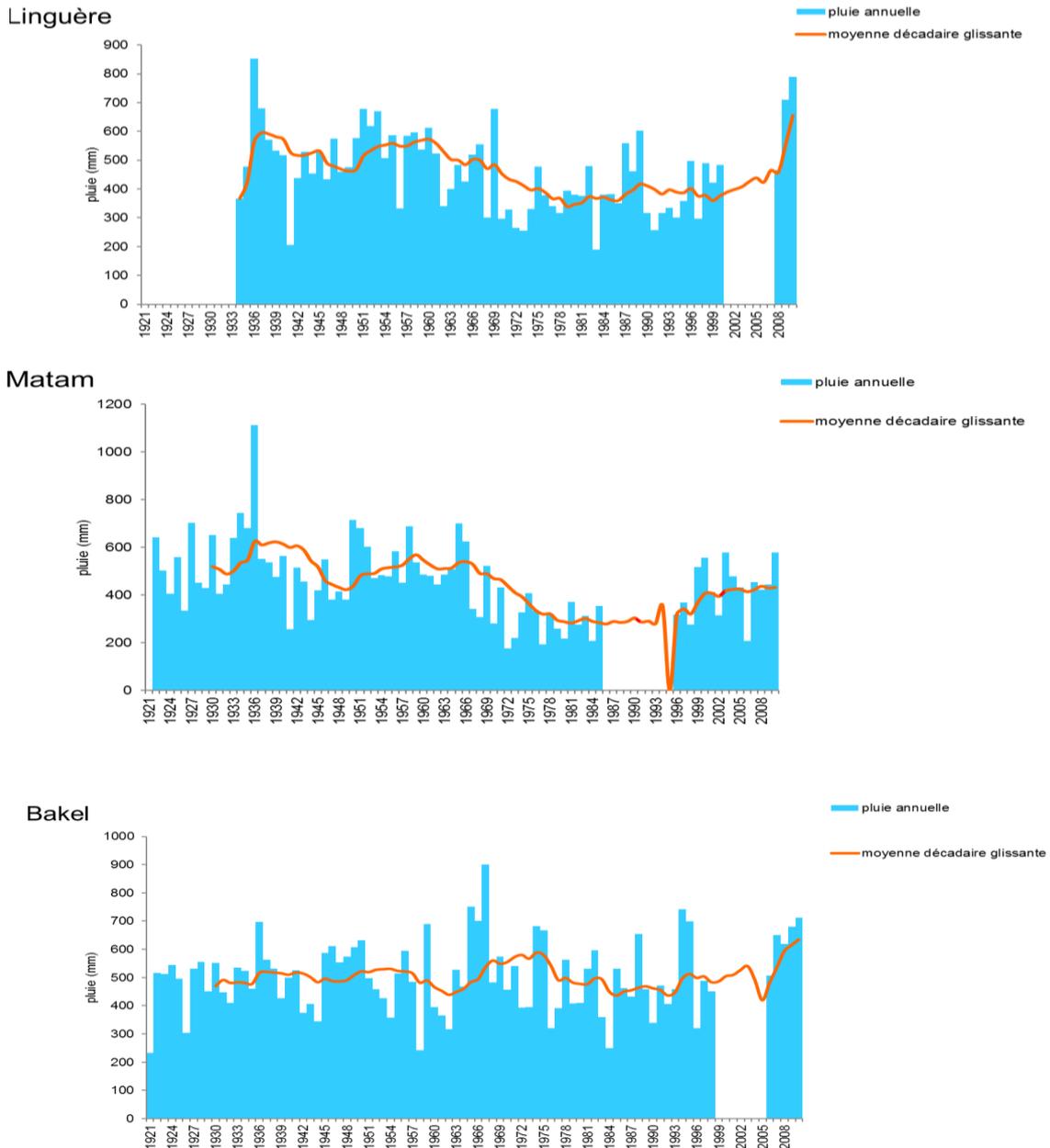


Figure 9. Evolution annuelle de la pluviométrie et calcul des moyennes décennales glissantes pour les stations de Linguère, Matam et Bakel de 1921 à 2014 (Source : Diallo, 2015, Données CSE)

Ainsi, les données des trois stations analysées mettent en évidence le contraste entre la période humide et la période sèche observée au cours du 20^{ème} siècle et au début du 21^{ème} siècle. Cependant, au niveau de la station de Bakel, la plus à l'est du pays, la période sèche des années 1970 y est beaucoup moins marquée par rapport aux stations de Linguère et de Matam, situées plus au nord que celle-ci. Ce résultat met bien en évidence la variabilité spatiale des précipitations sur une seule bande climatique observée.

2.2. Variabilité spatiale et temporelle des précipitations

Une autre analyse de la variabilité interannuelle des précipitations est réalisée pour 3 stations pluviométriques situées au niveau de la même bande sahélo-soudanienne identique à la précédente. Il s'agit des stations suivantes :

- Dakar, à l'Ouest : les données pluviométriques utilisées sont comprises entre 1898 et 2003,
- Linguère, avec des données pluviométriques comprises entre 1934 et 2003,

- Bakel, avec des données pluviométriques comprises entre 1921 et 2003.

Suite aux analyses des données pluviométriques que nous avons à disposition, il est possible de souligner la variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie au niveau de la zone soudano-sahélienne du Sénégal, à l'échelle annuelle (Figure 10). Le point commun des trois stations est le fait que la saison des pluies est concentrée entre juillet et septembre avec la pluviométrie maximale au mois d'août. Les stations de Linguère et de Bakel indiquent un début de l'hivernage à partir du mois de juin, ce qui est beaucoup moins marqué au niveau de la station de Dakar.

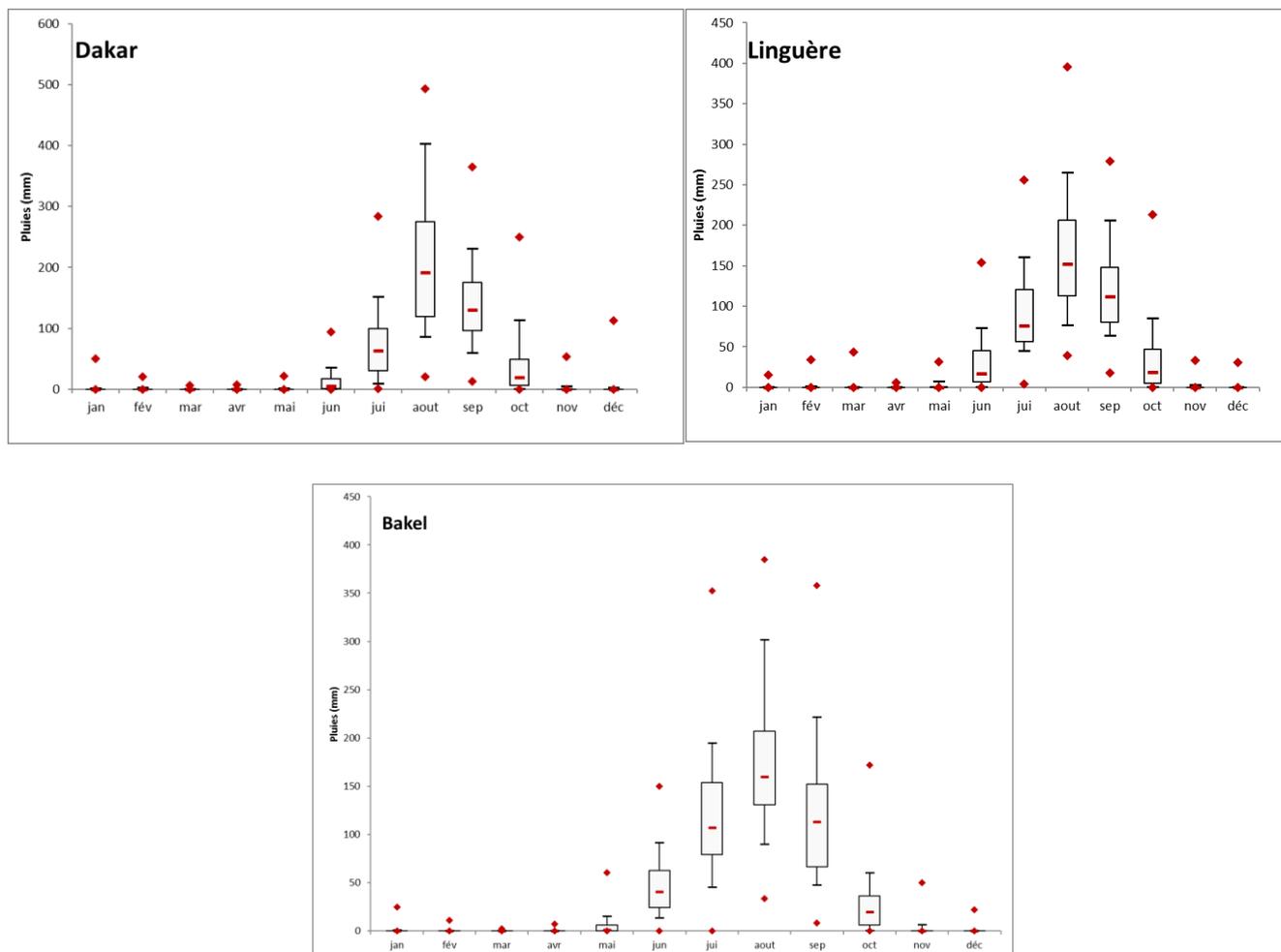


Figure 10. Variabilité interannuelle des précipitations au niveau des stations de Dakar, Linguère et Bakel
Source : Diallo, 2017, Données CSE

3. Projections climatiques

Les scénarios climatiques sont développés en fonction des forçages radiatifs¹ déterminés à partir des concentrations en gaz à effet de serre et des émissions naturelles dans l'atmosphère. Si l'on prend le scénario RCP (*Representative Concentration Pathways*) du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), il est constitué de quatre scénarios allant du plus optimiste au plus pessimiste suivant différentes valeurs de forçage radiatif. De ce fait, le scénario RCP2.6 correspondant à un forçage de 2.6 W.m^{-2} à l'horizon 2100 est le scénario le plus optimiste et le RCP8.5 correspondant à un forçage de 8.5 W.m^{-2} est le plus pessimiste. Les scénarios intermédiaires sont le RCP4.5 et le RCP6.0.

¹ Un forçage radiatif est une mesure de l'influence d'un facteur dans la modification de l'équilibre entre l'énergie qui entre dans l'atmosphère terrestre et celle qui en sort, et constitue un indice de l'importance de ce facteur en tant que mécanisme potentiel du changement climatique. Un forçage positif tend à réchauffer la surface et un forçage négatif à la refroidir. Il s'exprime en watt par mètre carré (W/m^2) (Gaye et al, 2017).

Ces différents scénarios climatiques sont ensuite intégrés dans des modèles climatiques qui sont des représentations numériques du climat. L'un des modèles climatiques qui étudie le changement climatique au niveau du Sahel est le modèle CMIP (*Couple Model Intercomparison Project*). Il s'agit d'un modèle qui couple une composante atmosphérique, océanique ainsi qu'une composante thermodynamique permettant de quantifier les émissions des différentes sources d'énergie. Les modèles CMIP se sont succédés jusqu'au CMIP5 en 2011. D'après les recherches bibliographiques réalisées, le modèle CMIP5 ainsi que le CMIP3 sont majoritairement utilisés pour modéliser le changement climatique au Sahel et donc les évolutions de la MOA. Les projections climatiques des différents modèles indiquent une tendance globale à la hausse des précipitations dans le Sahel à l'horizon 2050.

Cependant, un contraste important apparaît entre la partie est et ouest du Sahel. En effet, d'après le modèle CMIP5, les précipitations auront tendance à diminuer au niveau de la partie ouest (Sénégal, Mauritanie) tandis qu'à l'est (Niger, Mali), elles auront tendance à s'accroître. Le modèle CMIP5 présenté ci-dessous prend en compte le scénario le plus pessimiste, le RCP8.5 (Fig. 11.).

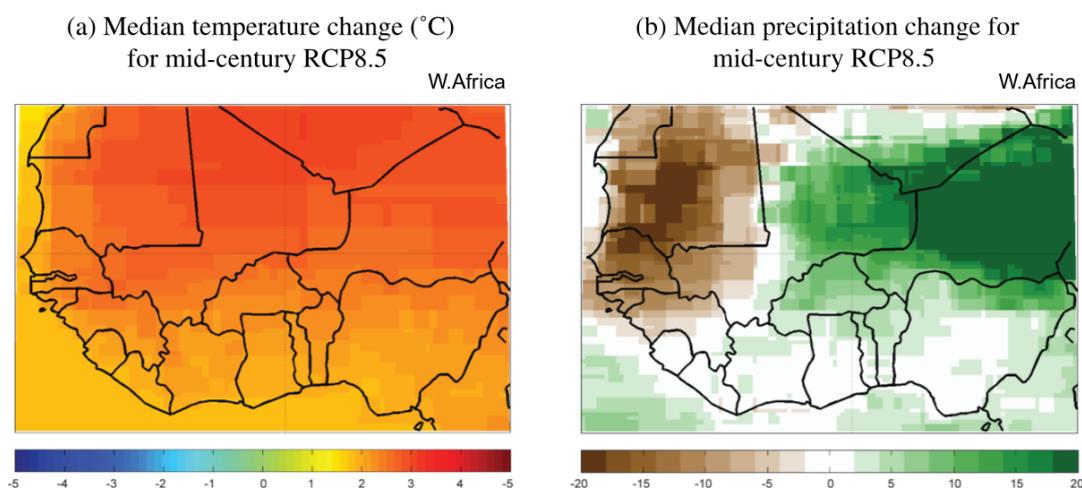


Figure 11. Projections climatiques de la zone sahélienne via le modèle CMIP5 avec le scénario RCP 8.5 (Adiku et al, 2015)

Au Sénégal des simulations climatiques ont été réalisées par l'ANACIM en se basant sur les scénarios globaux développés par le GIEC, notamment le RCP8.5. Les résultats confirment la diminution de la pluviométrie (SUM) au Sénégal vers l'horizon 2035, sans pour autant préciser un niveau d'incertitude associé à ces projections (figure 12). Cette baisse de la pluviométrie est accompagnée d'une augmentation globale des températures dans tout le pays.

A partir des travaux de recherche de l'ANACIM, la zone la plus touchée par la baisse des précipitations à l'horizon 2035 serait la partie nord du pays (SUM).

Il est également prévu une baisse du nombre de jours de pluies consécutif (CWD) au niveau du sud et à l'est de la Gambie, ainsi qu'une relative stabilité de cet indicateur dans la zone nord (figure 12).

Quant à l'intensification des pluies extrêmes (R95P), elle sera observée au niveau du sud - est du pays, à la différence de la partie nord-ouest du Sénégal (figure 12). Cette information est importante pour le dimensionnement des ouvrages de GEP. Ce dimensionnement dépendra parallèlement de la zone géographique dans laquelle l'ouvrage devrait être mis en place. Cependant, nous ne disposons pas à ce stade d'informations sur les projections en termes d'intensité des précipitations. Nous ne disposons pas à ce stade d'informations quantitatives sur ces intensités de pluies.

Enfin, les résultats concernant le nombre de jours secs consécutifs (CDD) sont plus contrastés (figure 12). Il est tout de même possible de prédire une baisse des jours secs à l'extrême nord du pays, tandis que dans le sud le nombre de jours sec aura tendance à augmenter.

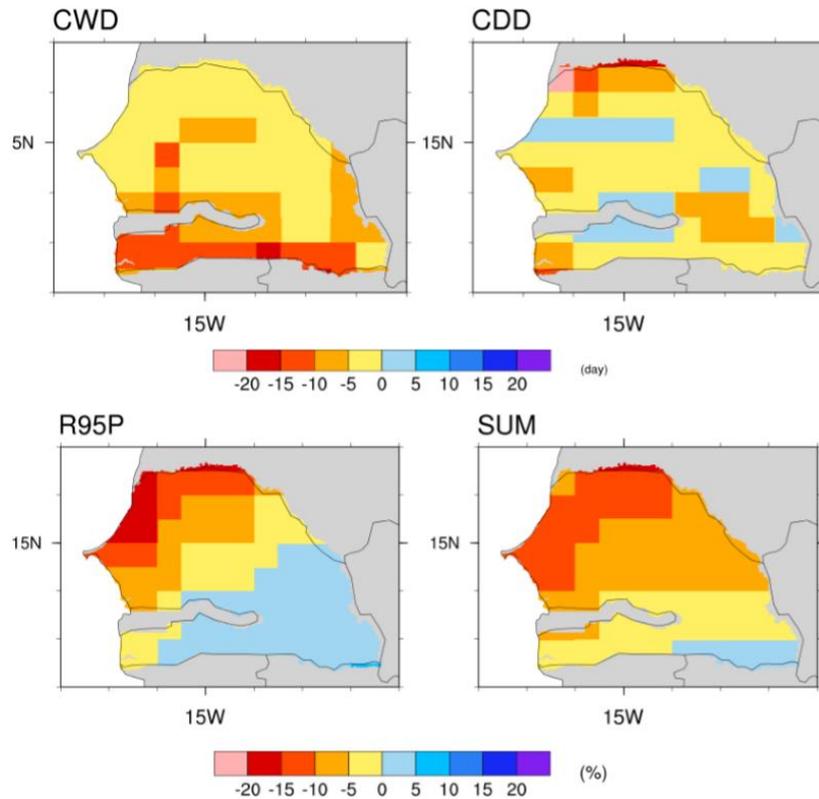


Figure 12. Variabilité spatiale du nombre de jours de pluie consécutif (CWD), de jours secs consécutifs (CDD), des pluies extrêmes (R95P) et du total pluviométrique (SUM) à l'horizon 2035 pour le scénario RCP8.5 (Source : Gaye & al, ND)

4. Intégration du changement climatique dans les projets de GEP

Le changement climatique en zone sahélienne est difficile à prévoir du fait des fortes variations climatiques associées à la MOA. L'étude de l'évolution du climat depuis le début du XX^{ème} siècle ainsi que l'analyse des projections climatiques réalisées ci – dessus permettent de mieux comprendre les effets du changement climatique au Sahel, notamment au Sénégal.

Cette analyse de l'évolution du climat au Sénégal fait cependant face à diverses contraintes. La principale difficulté est l'accès aux données pluviométriques existantes. En effet, les grandes villes et les villes secondaires sont équipées de stations météorologiques gérées par l'ANACIM. Malgré un problème de gestion et d'entretien de ces stations, des données sont tout de même collectées et sont relativement fiables. Cependant, d'après nos informations recueillies sur le terrain, ces données pluviométriques, telles les courbes intensité – durée – fréquence de pluies, sont difficilement diffusables car payantes auprès de l'ANACIM. Ceci est un facteur limitant pour certaines structures opérationnelles, telles les Organisations Non Gouvernementales, dans la réalisation de leurs études sur la GEP.

Quant aux petites villes, elles ne disposent pas de stations de suivi météorologique, ce qui accentue le manque de données. Le centre du Sénégal est le moins équipé en stations de suivi météorologique. Il y a donc peu d'informations sur l'évolution climatique dans ces zones. De plus le réseau hydrographique est lui aussi peu équipé en instruments de suivi hydrométrique. Seuls, les grands fleuves disposent de stations hydrométriques notamment le fleuve Sénégal qui est géré par l'OMVS (Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal). On constate que ces stations ne sont pas opérationnelles par endroit. Cependant les petits cours – d'eau sur lesquels il n'y a pas de stations de suivi sont quant à eux peu connus. Ce manque de surveillance ne facilite donc pas la connaissance de la dynamique des eaux de surfaces, surtout les cours d'eau temporaires qui apparaissent en saison des pluies (Figure 13).

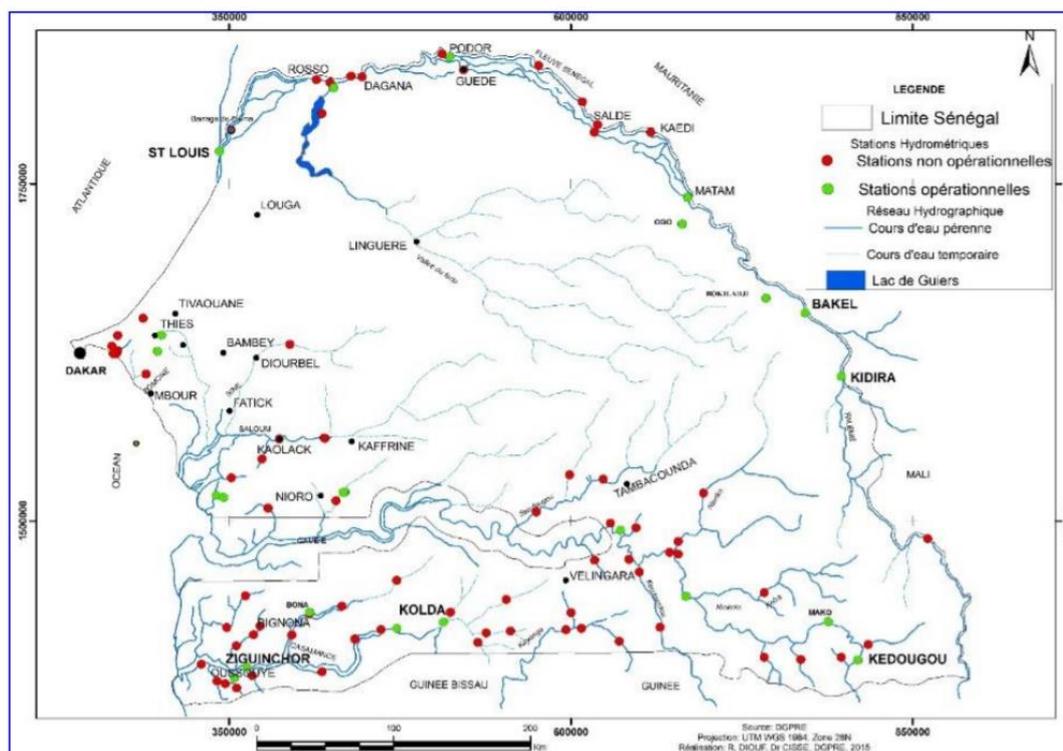


Figure 13. Réseau hydrométrique du Sénégal (Source : DGPRES, 2015)

A cette difficulté d'accès et au manque de données, il est possible dès lors se poser la question des données utilisées pour effectuer des modélisations hydrauliques pour les projets de GEP. En effet, les différents acteurs de la GEP tels que l'ANACIM et la DGPRES n'ont pas défini à l'échelle nationale des valeurs de référence au niveau national ou régional pour les pluies décennales ou centennales, qui sont généralement utilisées lors du dimensionnement d'ouvrages de GEP. De ce fait, les dimensionnements d'ouvrages réalisés à l'heure actuelle utilisent diverses méthodologies pour essayer d'obtenir des résultats « adaptés » au climat sahélien : on constate l'utilisation de modèles hydrauliques basés sur les précipitations de pays occidentaux, ou des approximations sur une période donnée pour obtenir des valeurs de pluies décennales. Par exemple, pour déterminer une valeur de pluie décennale, c'est la valeur de la pluie maximale sur une période de 10 ans qui est choisie. Cette valeur peut sembler peu fiable car pour déterminer une pluie décennale il faut au minimum 30 années d'observation et d'analyse des précipitations mesurées (CERAMA, 2014).

Afin de réduire ce type d'incertitudes, des réflexions sur le partage d'informations entre l'ANACIM et les autres acteurs de la GEP sont en cours, ce qui pourrait permettre de développer des modèles hydrauliques adaptés au territoire sénégalais. D'autres réflexions portent également sur l'équipement du pays en stations météorologiques pour une meilleure connaissance des variations climatiques, notamment via le projet Pikine Irrégulier Sud II de l'Agence Française de Développement prévoyant « 15 millions d'euros visant à soutenir le Sénégal dans la mise en place d'une politique intégrée de gestion des inondations, soumise au financement du Fonds Vert pour le Climat ».

Au vu des analyses climatiques qui ont été réalisées dans les paragraphes précédents, notamment avec l'étude des moyennes décennales glissantes, la tendance à la baisse des précipitations et l'augmentation des températures au Sénégal dans les décennies à venir, il semblerait qu'il n'y ait pas lieu de surdimensionner les ouvrages d'évacuation des eaux pluviales dans ce pays. Cependant, cette conclusion est à prendre avec précaution car les ouvrages GEP sont dimensionnés le plus souvent à partir des courbes IDF (Intensité Durée Fréquence) sur des pas de temps court, et qu'il n'a pas été identifié d'évaluation sur l'évolution de ces données. En effet, les prévisions climatiques du modèle CMPI5 sur les précipitations au Sénégal sont radicalement différentes de celles des autres pays sahéliens, où il est prévu une nette augmentation des précipitations et ce, essentiellement dans le nord du pays où se situe la ville de Diawara (cf. figure 12, R95P).

De ce fait si l'on tient compte de la baisse des précipitations au Sénégal, les futurs ouvrages de transfert des eaux pluviales pourraient conserver les mêmes modalités de dimensionnement que celles utilisées à l'heure actuelle à Dakar. En effet, d'après les entretiens réalisés sur le terrain, les ouvrages du PROGEP (cf. chapitre 5) dimensionnés avec une pluie d'une intensité de 80 mm/h ont permis d'éviter des inondations dans la banlieue

de Dakar en 2015, sachant que certains épisodes pluvieux de cette année avaient une intensité supérieure à la pluie de projet utilisée. Cependant, nous n'avons pas d'informations sur les scénarios climatiques utilisés pour le dimensionnement du PROGEP.

Par ailleurs, ne pas dimensionner les ouvrages de GEP sur des pluies d'intensité plus importante d'évacuation que les valeurs d'intensité utilisées à l'heure actuelle pourrait permettre une réduction des coûts d'investissement initiaux, des coûts de maintenance plus faibles et une plus grande facilité à implanter des ouvrages dans des quartiers déjà lotis. Il faut également répondre aux besoins des ouvrages à savoir la limitation des dégâts humains et matériels liés aux précipitations.

La réflexion sur le dimensionnement des ouvrages doit tenir compte, d'un côté, de la réduction de la durée de la saison des pluies et, de l'autre, de l'augmentation des périodes sèches, durant lesquelles certains ouvrages de GEP pourraient permettre le stockage de l'eau. De plus, cette réflexion doit tenir compte de l'augmentation des températures qui va entraîner parallèlement une augmentation de l'évaporation de l'eau mais aussi de l'évapotranspiration des plantes qui peuvent être intégrées dans les ouvrages de GEP. A l'heure actuelle, il existe peu d'informations sur les liens entre la GEP et les phénomènes d'évaporation de l'eau et d'évapotranspiration des plantes. Cependant, il semble nécessaire de prendre en compte ce risque dans le dimensionnement des ouvrages de stockage et de réutilisation d'eau.

Ces hypothèses sont à confirmer dans les années à venir, en approfondissant la réflexion et le partage de données entre les porteurs de projet et les autorités publiques. Il semble également essentiel de collecter davantage de données pluviométriques territorialisées pour mieux connaître les besoins en ouvrages de GEP, afin d'enrichir les différents documents de planification qui l'intègrent peu actuellement.

Conclusion

Le Sénégal est un pays sahélien fortement influencé par la mousson ouest-africaine mais aussi par les courants océaniques venant de l'Atlantique. Le pays a subi diverses variations climatiques au cours des siècles précédents et surtout durant les années 1970 avec d'importants épisodes de sécheresses. Ces variations climatiques ont entraîné des déplacements de populations qui se sont implantées sur des zones moins sèches, aux abords des cours d'eau.

Avec le retour des précipitations au cours des années 1990 2000 et la remontée des nappes d'eau souterraine, cela a engendré d'importantes inondations avec des impacts socio – économiques non négligeables. Les projections climatiques réalisées localement (ANACIM) prédisent une tendance à la baisse des précipitations et en particulier de l'intensité des phénomènes pluvieux, ce qui indique que les maîtres d'ouvrage n'ont pas besoin de surdimensionner leurs ouvrages. Ces résultats doivent être pris en compte lors des dimensionnements des ouvrages mais aussi lors de la mise en place de techniques alternatives pour le GEP. Ils doivent également être intégrés aux dossiers de planifications.

Cependant afin de pouvoir aborder cette thématique, il est important de réaliser des études approfondies pour mieux comprendre la dynamique de la saison des pluies et savoir comment faire face aux pluies extrêmes et comment réduire les dégâts qu'elles causent. Il semble enfin important que les acteurs scientifiques s'entendent sur des méthodes et des valeurs de référence de dimensionnement au niveau national et régional et partagent mieux leurs informations et leurs pratiques entre eux et à destination des décideurs.

Partie 3 : Cartographie des acteurs de la gestion des eaux pluviales au Sénégal

Dans la partie 1 de ce diagnostic, quelques éléments caractéristiques de la gestion des eaux pluviales ont été présentés succinctement et un élément en particulier doit être souligné, le caractère transversal de la GEP. En effet, cela concerne des domaines très différents, allant de la gestion du risque à la planification urbaine, en passant par la gestion des déchets solides ou encore la santé. Cela implique alors qu'un nombre important d'acteurs se retrouvent potentiellement impliqués, à différents niveaux, à différentes échelles territoriales, pour différentes missions, etc.

Afin de comprendre ce cadre institutionnel et les enjeux inhérents, nous sommes donc allés à la rencontre d'un panel d'acteurs impliqués dans la GEP à Dakar, à Saint-Louis et dans la commune de Diass. Cette partie présentera la vision que nous avons acquise des missions et des interactions entre les différents acteurs de la GEP et à différentes échelles territoriales. Les différents problèmes liés à ce schéma de gouvernance seront ensuite abordés et cette partie se terminera par les tentatives apportées pour pallier à ces problèmes, complétées par quelques recommandations.

1. Une myriade d'acteurs

Le gouvernement Sénégalais est actuellement composé de 32 Ministères aux attributions bien spécifiques, ainsi que du Cabinet du Premier Ministre. Sur l'ensemble de ces Ministères, nous avons pu en identifier trois qui nous semblaient être les plus directement impliqués dans la GEP au niveau national :

- Le Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement (MHA),
- Le Ministère du Renouveau Urbain, de l'Habitat et du Cadre de Vie (MRUHCV),
- Et le Ministère de la Gouvernance Locale, du Développement et de l'Aménagement des Territoires (MGDAT)

En effet, ces trois Ministères sont en charge des questions liées à la gestion des ressources en eau et à l'assainissement au sens large du terme, à la planification urbaine dans son ensemble et aux enjeux de gouvernance et d'attribution des compétences aux entités administratives sénégalaises.

Derrière ces trois entités se cache en réalité un premier panel important de directions ministérielles, d'établissements publics ou encore de sociétés nationales. Il a ainsi été nécessaire de conduire des entretiens semi-directifs et d'effectuer des recherches complémentaires afin d'identifier les rôles et attributions de chacun. Cependant, la durée de la mission sur place n'a pas permis de rencontrer tous ces acteurs et nous avons ainsi tenté d'identifier les entités-clés.

1.1. A l'échelle des institutions nationales, de multiples entités aux actions croisées

Le tableau 1 ci-après présente la diversité des acteurs affiliés aux trois ministères évoqués ci-dessus. Les missions et attributions de ces entités y sont présentées de manière non exhaustive. Les termes « eaux pluviales », « inondation » et « inondables » sont associés à chacun des acteurs cités, ce qui illustre bien le caractère transversal de la thématique de la gestion des eaux pluviales.

Toutefois, il est important de garder à l'esprit que les évolutions politiques sont parfois responsables de changements de noms de ministères ou de directions, de budgets et d'attributions. La vision présentée ici ne reflète que notre compréhension de la situation acquise grâce à des entretiens et des recherches complémentaires en 2017.

Tableau 1. Au niveau national, une diversité d'acteurs pour une thématique transversale

Ministère	Sous-division Ministérielle	Attributions et fonctions
<p>Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement (MHA)</p> <p><i>En charge de la définition de la politique, de la stratégie et des normes dans les domaines de l'assainissement et de l'hydraulique. Cela inclut principalement toutes les questions quantitatives et qualitatives relatives aux ressources en eau et à leur assainissement.</i></p> <p><i>L'assainissement des eaux pluviales n'est que peu précisé dans les attributions du Ministère (Article Premier – Décret n°2014-877 du 22/07/2014).</i></p> <p>Code de l'Assainissement</p>	<p>Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau (DGPRE)</p>	<p>La DGPRE fixe un plan d'action qui consiste à mettre en place une gestion intégrée des ressources en eau (eau potable, eaux souterraines et de surface essentiellement). Cette direction adopte une vision très opérationnelle de la gestion du risque d'inondation.</p> <p>Cette Direction apparaît comme un acteur ayant un rôle potentiel à jouer dans la GEP mais dont l'angle d'approche serait plutôt axé sur la question du changement climatique.</p>
	<p>Office National de l'Assainissement du Sénégal (ONAS)</p>	<p>En vertu de la loi du 22 février 1996, l'ONAS est placé sous la tutelle du MHA pour lequel il est en charge « <i>de la collecte, du traitement, de la valorisation et de l'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales en zones urbaines et périurbaines</i> ».</p> <p>L'ONAS est ainsi chargé de la planification, la programmation, l'exploitation et la maintenance des ouvrages de GEP.</p> <p>Les ressources financières de l'ONAS proviennent de taxes et redevances perçues sur les services d'assainissement fournis :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Redevance assainissement : correspondant à 10% de la facture d'eau en 2003, elle correspond aujourd'hui à 25% de cette facture. Il semblerait que son augmentation vienne d'un problème d'équilibre budgétaire de l'ONAS. Face à une situation devenue critique, la décision a été prise d'augmenter cette redevance pour rééquilibrage le budget ; - Les produits de l'exploitation des ouvrages - La taxe sur la construction et la pollution - La participation des communes - Les subventions de l'Etat. <p>Par ailleurs, les attributions de l'ONAS lui confèrent la capacité de réalisation des études techniques, la maîtrise d'ouvrage déléguée, la maîtrise d'œuvre, l'exploitation des ouvrages ainsi que la responsabilité de la gestion patrimoniale des réseaux.</p> <p>Les performances, les objectifs et les moyens d'atteindre l'équilibre financier sont définis par les Contrats de performance, signés entre l'ONAS et l'Etat (cf. Partie 3, section 1.2.). La question des eaux pluviales y est effectivement intégrée, tant en termes de missions que de financements.</p>
	<p>Direction de l'Assainissement (DA)</p>	<p>Alors que les attributions de l'ONAS sont exclusivement réservées au milieu urbain et péri-urbain, la DA s'occupe des zones rurales pour les questions d'assainissement. Cependant, la direction de l'assainissement a aussi la tutelle de l'ONAS et se retrouve ainsi compétente sur les questions d'assainissement urbain. La pratique est que la DA délègue la maîtrise d'ouvrage et l'exploitation à l'ONAS.</p>

	Autres entités	Direction de l'Hydraulique, Direction de l'Exploitation et de la Maintenance, Direction de l'Administration générale et de l'équipement, Agence de promotion du réseau hydrographique national, Office du lac de Guiers, SONES, SDE, OMVG
Ministère du Renouveau Urbain, de l'Habitat et du Cadre de Vie (MRUHCV) <i>En charge de la définition de la politique, de la stratégie et des normes en termes de développement urbain</i> Code de l'urbanisme	Direction de l'Urbanisme et de l'Architecture (DUA)	<p>Cette direction est en charge de la réalisation de Plans Directeurs d'Urbanisme. Elle a ainsi impulsé la réalisation du PDU de Dakar à l'horizon 2035.</p> <p>Son implication dans la GEP se traduit notamment par son statut au sein du PROGEP puisqu'elle seconde l'ONAS dans ce projet.</p>
	Direction de l'Aménagement et de la Restructuration des Zones d'Inondations (DARZI)	<p>Anciennement rattachée au Ministère de l'Aménagement et de la Restructuration des Zones d'Inondations (créé en 2012, « défait » en 2014), cette structure technique est uniquement dédiée à la restructuration des zones inondées.</p> <p>Le PNARZI a ainsi été lancé par cette entité, avec pour objectif une cartographie nationale des zones habitées irrégulières et des zones inondables. Cette cartographie a permis l'identification et la sélection de 25 communes identifiées comme les zones prioritaires à restructurer (PDU Dakar, Chapitre 03). Cette cartographie a également permis l'identification de projets prioritaires tel que celui mené par « Vivre avec l'eau ».</p> <p>Cette direction réalise des études techniques telles que des états des lieux, des recensements des propriétaires (ayant-droit), des ateliers de planification participatifs avec les bureaux d'études, les services techniques de l'Etat et la population) ainsi que des plans de restructuration. Ces derniers correspondent à une forme de Plan d'Urbanisme de Détail.</p> <p>A l'échelle des quartiers de Dakar par exemple, des Groupements d'Intérêt Economique constitués localement constituent le relai de la DARZI dans ces zones. C'est sur ce type d'organisation que le projet « Vivre avec l'eau » (cf. Partie 5) s'appuie pour la réalisation de ses actions.</p>
	Fondation Droit à la Ville (FDV)	<p>(Acteur non enquêté)</p> <p>La FDV est missionnée pour la restructuration des quartiers informels et elle peut inclure des actions de GEP dans ses missions. Les Communes peuvent déléguer leur maîtrise d'ouvrage à la FDV dans le cadre de certains projets.</p> <p>La FDV est une fondation d'utilité publique au Sénégal, créée en 1995 par l'Etat du Sénégal et ses partenaires publics et privés. C'est une structure opérationnelle dans la mise en œuvre de projets de restructuration et de régularisation foncière des quartiers informels.</p> <p>Dans ses zones d'intervention, la FDV met notamment en place les opérations suivantes : organisation des ayant-droits en groupement d'intérêt économique (GIE), restructuration des quartiers, mise en place de certaines infrastructures pouvant inclure le drainage des eaux pluviales. Elle œuvre pour la régularisation foncière à travers notamment la délivrance de titres de propriétés aux ayant-droits de ses zones d'intervention.</p>

	Programme de Construction de Logements Sociaux et de Lutte contre les Bidonvilles	Ce programme de reconstruction vise à construire des logements sociaux, dans le cadre de l'appui à la lutte contre les inondations (volet « Relogement des populations sinistrées). Financé par la BID, ce plan visait la construction de quelques 700 logements à Dakar, Saint-Louis, Kaolack et Fatick. Lors des inondations des années 2000, ce plan devait débiter mais selon quelques récents rapports, il semblerait que son démarrage soit réellement effectif à partir de 2017.
	Autres entités	Direction de la Construction, Direction de la Promotion de l'Habitat Social, Direction du Cadre de Vie et des Espaces verts urbains, Direction de l'Administration générale et de l'équipement, Office National de Prévention des Inondations (ONPI) ² , etc.
Ministère Délégué au MRUHCV <i>En charge de la question de la restructuration et de la requalification des banlieues</i>	Entités dont dispose ce Ministère pour ses attributions : DUA, DARZI, FDV, PCLSLIB, ONPI	Ce Ministère exerce les compétences contribuant à la restructuration urbaine, à la lutte contre les bidonvilles et l'occupation des zones insalubres et inondables, à la création d'espaces verts et d'agrément des centres urbains. <i>« Il est responsable de la politique d'aménagement des zones d'inondation et en synergie avec le Ministre chargé de l'Hydraulique et de l'Assainissement, s'assure de la réalisation de réseaux de drainage des eaux de pluie et de la réalisation des aménagements y afférents. Il assure, pour le compte de l'Etat, et sous l'autorité du Ministre du Renouveau urbain, de l'Habitat et du Cadre de vie, l'aménagement des sites de recasement des populations affectées par des sinistres dus aux catastrophes naturelles notamment par la construction des logements sociaux dans le respect des normes de construction et d'architecture prédéfinies. »</i> Ces attributions sont précisées dans le Décret n°2014-899 du 22 juillet 2014 relatif aux attributions du Ministre Délégué auprès du Ministre du Renouveau urbain, de l'Habitat et du Cadre de vie, Chargé de la restructuration et de la requalification des banlieues. Cependant, les entretiens menés n'ont pas permis d'en savoir plus sur la mise en pratique de ces compétences et de la réalité de leur articulation avec le MRUHCV, avec le MHA et avec l'ONAS.
Ministère de la Gouvernance Locale, du Développement et de l'Aménagement des Territoires (MGLDAT) <i>En charge de la définition de la politique, de la stratégie et des</i>	Agence de Développement Municipal (ADM)	Sous tutelle du MGLDAT, l'ADM est une agence d'exécution et une structure d'appui aux collectivités locales. Elle est ainsi dotée de la Maîtrise d'Ouvrage déléguée de projets. Par le passé, l'ADM a pu fournir un appui institutionnel auprès de l'AGETIP et aujourd'hui, un de ses projets principaux est le PROGEP (Projet de Gestion des Eaux Pluviales et d'Adaptation au changement climatique), financé par la Banque Mondiale et lancé en 2013. Cette agence peut également venir en appui aux collectivités dans la mise en place de Plans d'Urbanisme de Détails, comme elle a pu le faire pour Pikine et Guédiawaye. Elle intervient donc dans des projets de GEP y compris pour la construction d'ouvrages mais elle n'a aucune compétence liée à l'exploitation d'ouvrages de GEP, qui doivent ensuite être livrés à

² L'ONPI n'existe plus actuellement (cf. partie 3, section 3.1.) mais il est encore affiché dans les organes du MRUHCV (site internet du gouvernement du Sénégal).

<i>normes en matière de décentralisation.</i> <i>Le MGLDAT supervise les grands plans nationaux d'appui au développement local.</i>		l'ONAS. Cette « transmission » pose de nombreux problèmes quant à l'exploitation des ouvrages et aux moyens dont dispose réellement l'ONAS.
	Autre entités	Agence de Développement Local, Direction des Collectivités Locales, Direction des Stratégies de Développement Territorial, Direction de l'Appui au Développement Local, Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire, etc.
Agences Régionales de Développement (ARD)	Ces agences s'intègrent dans le Programme National de Développement Local (PNDL) et constituent des structures techniques d'appui aux collectivités locales qui peuvent notamment intervenir pour la réalisation de plans sectoriels (PDA, PDD, cf. 1.2.)	
Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM)	Production de données climatologiques, exploitées en interne mais vendues pour une utilisation extérieure.	
Centre de Suivi Ecologique (CSE)	Achètent des données à l'ANACIM, peuvent les analyser et les diffuser parfois. Beaucoup de télédétection et d'analyse de l'occupation des sols. Nombreuses données historiques également. Il semblerait qu'ils aient un projet lié à la GEP en lancement au niveau du département de Recherche & Développement.	
Agence des Travaux d'Intérêt Public (AGETIP)	Créée par injonction de la Banque Mondiale et rattachée à l'Etat et sous tutelle de l'Etat Sénégalais l'AGETIP a été constituée avec la volonté de mettre en place des procédures simplifiées. L'AGETIP est maître d'œuvre mais elle ne peut pas exploiter les ouvrages de GEP construits (contrairement à l'ONAS). L'ONAS se retrouve alors en charge de l'exploitation de ces ouvrages, avec tous les problèmes de transmission et de moyens évoqués plus haut pour l'ADM. De plus amples explications seront apportées dans la section 1.3. de la partie 3). MOD/MOE	
AGEROUTE	Passe des marchés avec des entreprises spécialisées pour le curage des réseaux d'assainissement d'EP sur le réseau routier. Pompage et évacuation des EP du réseau routier. Construction d'ouvrages EP connexes aux ouvrages routiers MOE	
Office de Mise en Valeur de la vallée du Fleuve Sénégal (OMVS)	L'OMVS est en charge de l'aménagement de la vallée du Fleuve Sénégal, des berges de ce cours d'eau et des ouvrages situés le long du fleuve. En cas de crues ou de risque d'inondation dans le lit majeur, l'OMVS se doit de communiquer sur l'état du niveau d'eau, qui bénéficie d'un suivi régulier en différents points du fleuve. Par ailleurs, le Fleuve Sénégal est un fleuve international et l'OMVS assure la répartition des ressources hydriques entre les quatre pays riverains du fleuve (Sénégal, Mauritanie, Guinée, Mali).	

A l'ensemble des acteurs présentés dans ce tableau, on peut également ajouter le Ministère de l'Intérieur et de la Sécurité Publique (MISP), dont la Direction de la Protection Civile (DPC) joue un rôle primordial dans la réduction des risques et le traitement de catastrophes liés aux inondations notamment. C'est au niveau de ce Ministère que les plans d'organisation des secours en cas d'inondation sont définis et mis en place (plans ORSEC et plans de contingence). Des explications plus précises sur les outils de coordination des actions seront apportées plus tard dans cette partie 3.

De même, on pourrait également prendre en compte le Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan, le Ministère de la Santé, Environnement, etc. Mais comme précisé plus haut, afin de mener notre analyse de la manière la plus aboutie, nous avons choisi de limiter notre étude à certains acteurs. Etant donnée également la courte durée de mission, ces limites posées ont été nécessaires.

Quelques évolutions importantes depuis 10 ans

Avant de nous entretenir avec les acteurs Sénégalais, nous avons effectué une phase importante de bibliographie, permettant de nous familiariser avec le contexte institutionnel sénégalais, tel qu'expliqué dans ces documents. Ainsi, trois acteurs paraissaient nécessaires à intégrer dans notre analyse, de par leur importance dans le volet « inondation » de la gestion des eaux pluviales : le « MRAZI », le « ONI » et le « ONPI ».

Le « MRAZI », ou Ministère de la Restructuration et de l'Aménagement des Zones Inondées, a été créé en 2012 sous l'impulsion d'un nouveau gouvernement en vue d'assurer une coordination nationale des projets de lutte contre les inondations sur le long terme. A cette date, le Sénégal avait déjà été fortement frappé par les inondations et la situation devenait préoccupante. La DARZI, présentée dans le tableau 1, constituait alors une de ses directions principales et est aujourd'hui assimilée au Ministère en charge des questions d'urbanisme (MRUHCV). Cependant, les entretiens menés à Dakar nous ont confirmés la dissolution du MRAZI en 2014. En réalité, il semblerait que ce Ministère n'ait jamais réellement fonctionné en tant que coordinateur.

Les deux autres entités « ONI » et « ONPI », ou Office National des Inondations et Office National de Prévention des Inondations, ne semblent pas avoir réellement joué un rôle dans la gestion des inondations au Sénégal. Ces deux offices correspondraient plutôt à des tentatives de coordination et de capitalisation de l'information sur les inondations au niveau national, impulsées vers la fin des années 2010. Il semblerait qu'ils n'aient jamais porté de réelle action. Il nous a également été confirmé qu'ils n'existent pas aujourd'hui.

Enfin, quand à la question des contrats de performance entre l'Etat et l'ONAS, évoquée dans le Tableau 1 de présentation des acteurs, des évolutions notoires sont révélatrices quant au cadre de gouvernance et à la compréhension de la thématique de GEP. En 2008, le contrat de performance entre l'Etat et l'ONAS était signé entre le Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan, le Ministère de l'Urbanisme, de l'Habitat, de l'Hydraulique urbaine, de l'Hygiène publique et de l'Assainissement et le Ministère de la Décentralisation et des Collectivités Locales. Il y a 10 ans, les questions d'urbanisme, d'assainissement et d'hygiène publique étaient donc regroupées en une seule et même entité, aujourd'hui scindée en 4 : le Ministère de la Santé, le MHA, le MRUHCV et le Ministère Délégué auprès du MRUHCV en charge de la restructuration urbaine et de la requalification des banlieues.

En termes d'institutions, la GEP est caractérisée par une myriade d'acteurs, aux responsabilités éclatées et entrecroisées. On note l'absence de Ministère leader sur le sujet et le caractère éphémère de structures censées jouer un rôle de coordination (faute de financement et de portage politique ?).

Face à ce constat, nous sommes allés chercher des éléments plus opérationnels dans les outils règlementaires et contractuels existants et notamment le contrat de performance entre l'Etat et l'ONAS et les documents d'urbanisme.

1.2. L'intégration des eaux pluviales dans les outils règlementaires et contractuels

D'après les entretiens menés et recherches effectuées, il semble évident qu'aucune stratégie nationale intégrée n'existe en matière de gestion des eaux pluviales au Sénégal. Les éléments stratégiques qui existent en matière de réponse d'urgence face aux inondations (plan ORSEC et plans de contingence notamment) sont primordiaux pour l'atténuation des effets des catastrophes mais ne s'intègrent pas dans la vision de la gestion des eaux pluviales telle que définie dans la Partie 1. Aucun document propre à cette thématique ne permet donc d'orienter et planifier les actions à mettre en place. Ce constat corrobore l'idée du caractère transversal de la GEP mais l'absence d'entité leader apparaît comme un

réel problème. Les différentes composantes de la GEP se retrouvent ainsi disséminées à travers différents documents stratégiques, d'outils de planification ou opérationnels.

a) Les documents de planification urbaine et les plans sectoriels

Au Sénégal, la stratégie générale de planification des zones urbanisées est définie dans des Schémas Directeurs d'Aménagement et d'Urbanisme (SDAU). La traduction de ces schémas d'un point de vue plus opérationnel se fait au travers des Plans Directeurs d'Urbanismes (PDU) et des Plans d'Urbanisme de Détails (PUD), qui orientent ensuite l'élaboration des plans sectoriels comme les Plans Directeurs d'Assainissement (PDA) et les Plans Directeurs de Drainage (PDD). Avec l'Acte III de la Décentralisation, la planification urbaine et sa gestion reviennent aux collectivités locales en théorie. Cependant et à l'exception de collectivités de grande envergure comme Dakar par exemple, la DUA se retrouve bien souvent chargée de l'élaboration de ces différents plans pour les collectivités locales qui disposent de capacités techniques limitées et/ou de ressources financières faibles (JICA, 2016).

A titre d'exemple illustrant l'articulation entre ces différents plans, le PDU de Dakar à l'horizon 2035 prévoit l'évolution de l'organisation urbaine générale au niveau de la région dakaroise, soit sur une superficie d'environ 820 km² (JICA, 2016). Ce document intègre alors différentes composantes comme les enjeux majeurs de développement, les secteurs d'activités de la région ou encore la croissance économique de la zone concernée. Le PDU précise ensuite les différents projets considérés prioritaires et propose des réflexions sur le besoin de prise en compte de la problématique des déchets solides dans la planification urbaine. Une fois réalisé, ce PDU est décliné en un ensemble de mesures, assorti d'un plan d'action et à destination de la DUA qui sera alors en charge de la mise en œuvre de ces mesures.

Quant à lui, le Plan d'Urbanisme de Détail (PUD) sélectionne une zone précise de ce PDU pour concentrer les efforts et la réflexion à l'évolution urbaine de ladite zone. Le PUD se doit d'être pensé et rédigé pour concorder avec les évolutions prévues par le PDU. C'est alors que le Plan Directeur d'Assainissement (PDA) et le Plan Directeur de Drainage (PDD) peuvent être réalisés, en accord avec les lignes directrices de ce PUD.

La réalisation d'un PDA ou d'un PDD est ainsi conditionnée par l'existence d'un PUD ou d'un PDU, afin de garantir l'adéquation des différents plans et d'éviter la mise en place de solutions inadaptées. Cette condition est prévue par le Code de l'Assainissement, qui précise également les responsabilités en matière d'entretien des ouvrages (cf. Partie 3, section 1.3.). Entre autres, le PDA doit être adopté sur décision d'un organe délibérant tel que le conseil municipal élargi. Par ailleurs, une collectivité locale peut demander à l'ONAS de réaliser le PDA, et l'ARD peut intervenir en appui à la collectivité locale dans cette tâche. Tout projet de construction de bâtiment, qu'il soit privé ou public, devra ensuite tenir compte du PDA existant, selon le Code de l'Assainissement.

Cependant, le PDA n'est valable que pour les communes, et les communautés rurales doivent, quant à elles, se doter d'un Plan Local d'Hydraulique et d'Assainissement (PLHA). Ce point permet de pointer l'importance de la définition d'une commune (ou d'une ville, comme abordé dans la Partie 1) et donc des différents apports des Actes de la décentralisation (cf. Partie 1).

Pour terminer ce paragraphe sur les plans d'urbanisme, il est intéressant d'analyser l'intégration de la gestion des eaux pluviales dans ces documents. Pour cela, nous prendrons le cas du PDU de Dakar à l'horizon 2035 ainsi que du PDA de Diawara. En observant le nombre d'itérations des mots « inondation » et « pluvial », il apparaît évident que la question des inondations est effectivement intégrée dans la vision portée pour Dakar en 2035. Notamment, les concepts de « Zone de gestion des inondations » et de projet de « zone contrôlée pour la gestion des inondations » développés au Chapitre 7 mettent l'accent sur la nécessité de prendre en compte les inondations et leurs impacts sur le développement de la ville. Cependant, ces concepts ne sont pas traduits en termes de recommandations et semblent plutôt consister une orientation à prendre qu'une réelle volonté d'actions ou de projets à mettre en œuvre. Enfin, si l'on étudie le chapitre 9 du PDU de Dakar à l'horizon 2035 et qui concerne le PUD de Daga Kholpa (JICA, 2016), on s'aperçoit qu'aucune mesure de GEP n'est incluse aux recommandations. Le terme apparaît une seule fois sur une soixantaine de pages et rien de concret ne semble réellement proposé.

Le PDA de Diawara a quant à lui, été élaboré dans le cadre du Programme d'appui aux collectivités locales pour l'accès à l'eau et à l'assainissement par l'ARD de Tambacounda et le GRET. La gestion des eaux pluviales fait partie intégrante de ce document, tant pour l'espace collectif que pour l'espace domestique. L'impact des inondations est soulevé et relié à la problématique de la gestion des déchets solides. Ce plan directeur d'assainissement propose la mise en place d'études et de solutions

techniques de gestion des eaux pluviales budgété à hauteur de 100-150 millions de FCFA ainsi que la réalisation d'une campagne de sensibilisation sur cette thématique, pour un budget de 6 millions de FCFA. Les recommandations permettent ainsi de couvrir tant la GEP au niveau du ménage qu'à l'échelle de la commune.

Bien que le PDA de Diawara intègre la GEP dans ses actions à réaliser, il faudrait pouvoir analyser le détail d'un plan directeur de drainage pour avoir une idée plus précise de l'intégration effective de la GEP dans les plans sectoriels. Cependant, nous n'avons pu avoir à notre disposition de PDD.

b) Le contrat de performances entre l'Etat et l'ONAS

L'objet du contrat de performance est défini par l'Article 1er de ce document. Il permet de fixer des objectifs à l'ONAS dans la réalisation de ses activités durant une période bien définie. Ces objectifs sont traduits en termes d'indicateurs de performance mesurables. Le contrat précise ainsi les obligations des différentes parties prenantes en termes d'assainissement, en détaillant explicitement la différence entre les eaux usées, les eaux industrielles et les eaux pluviales. De plus, ce contrat permet de déterminer les moyens nécessaires à l'ONAS pour atteindre ces objectifs et les obligations de l'Etat pour mettre à disposition de l'ONAS lesdits moyens.

Il est important de préciser qu'un objectif majeur de ce contrat de performance est d'assurer l'équilibre financier de l'ONAS. Les objectifs mesurés et moyens mis à disposition doivent permettre l'atteinte de cet équilibre.

Le contrat de performance rappelle les missions et attributions de l'ONAS quant à la gestion des eaux pluviales notamment (cf. Tableau 1). L'article 10 donne la répartition des responsabilités entre l'ONAS et les collectivités locales quant à l'exploitation des réseaux d'évacuation des eaux pluviales. L'article 11 intègre également la gestion des eaux pluviales et précise l'obligation de prendre en compte le drainage de ces eaux pour tout projet de lotissement. L'article 19 présente quant à lui les distinctions à faire sur le type d'ouvrages et les responsabilités afférentes.

A noter cependant que l'article 10 et l'article 19 présentent une contradiction quant au financement des investissements du secteur de l'assainissement des eaux pluviales. Dans un premier temps, ces investissements sont couverts par l'Etat, dans l'autre par les collectivités locales. Les contrats de performance semblent ainsi laisser une ambiguïté certaine dans les responsabilités en termes de financement des investissements et de répartition des rôles.

“ Article 10 : Du financement de l'assainissement des eaux pluviales

L'Etat s'engage à apporter les financements nécessaires aux investissements du secteur de l'assainissement des eaux pluviales et d'en assumer directement les remboursements.

L'exploitation des réseaux d'évacuation des eaux pluviales relève de la responsabilité des collectivités locales qui peuvent en déléguer la gestion à l'ONAS.

L'Etat s'engage à mettre à la disposition de l'ONAS, au nom des collectivités locales, les financements nécessaires pour assurer l'entretien des réseaux d'évacuation des eaux pluviales dont l'exploitation est confiée à l'ONAS à travers des conventions à signer entre lesdites communes et l'ONAS. “ (Contrat de performance Etat/ONAS, 2008)

“Article 11 : L'Etat s'engage à ce que tous les projets de lotissement intègrent des systèmes de collecte des eaux usées et de drainage des eaux pluviales.

L'Etat s'engage à rendre obligatoire le visa préalable de l'ONAS pour la délivrance des autorisations de lotir et des autorisations de construire dans certains grands projets” (Contrat de performance Etat/ONAS, 2008)

“Article 19 : De la gestion des eaux pluviales

Le financement des infrastructures de collecte et d'évacuation des eaux pluviales et leur exploitation relève de la compétence des collectivités locales qui exploitent déjà les canaux pluviaux ouverts. Cependant, l'ONAS assumera, à titre exclusif, pour le compte des collectivités locales, l'exploitation :

- *Des réseaux fermés d'évacuation des eaux pluviales,*
- *Des réseaux unitaires collectant les eaux usées et les eaux pluviales,*
- *Des grilles avaloirs de voirie*
- *Des stations de pompage d'eaux pluviales.*

Les modalités techniques et financières de gestion de ces ouvrages par l'ONAS seront définies dans des conventions conclues entre l'ONAS et chaque collectivité locale concernée. L'ONAS distinguera dans sa comptabilité analytique les charges et produit se rapportant à cette activité. " (Contrat de performance Etat/ONAS, 2008)

Nous reprendrons plus en détail les implications de ce contrat dans la construction et l'exploitation des ouvrages, ainsi que les observations faites entre théorie et pratique et les difficultés de financement de cette activité pour l'ONAS. Mais il est important de retenir les responsabilités de l'ONAS dans la gestion des ouvrages des eaux pluviales, les types d'ouvrage concernés ainsi que le principe de la convention devant être signée avec les collectivités locales pour la gestion déléguée. Par ailleurs, ce contrat ne dispose d'aucun indicateur spécifique aux eaux pluviales et la valorisation envisagée par ce document ne concerne que les eaux usées.

Alors que nous commençons à mesurer la multiplicité des acteurs et la complexité de la gouvernance autour de la gestion des eaux pluviales, il est important de préciser la répartition des rôles dans la construction et l'exploitation des ouvrages de GEP.

1.3. Déclinaison de ce cadre institutionnel dans la répartition des rôles

La réalisation d'ouvrages de gestion des eaux pluviales constitue à elle seule un sujet complexe, mais qui permet de comprendre les relations entre acteurs. La Figure 14 présente ainsi la répartition des rôles, depuis la maîtrise d'ouvrage (MO) jusqu'à l'exploitation des ouvrages en passant par la maîtrise d'ouvrage déléguée (MOD) et la maîtrise d'œuvre (MOE). Ce schéma illustre également les institutions auxquelles sont rattachés les différents acteurs mentionnés.

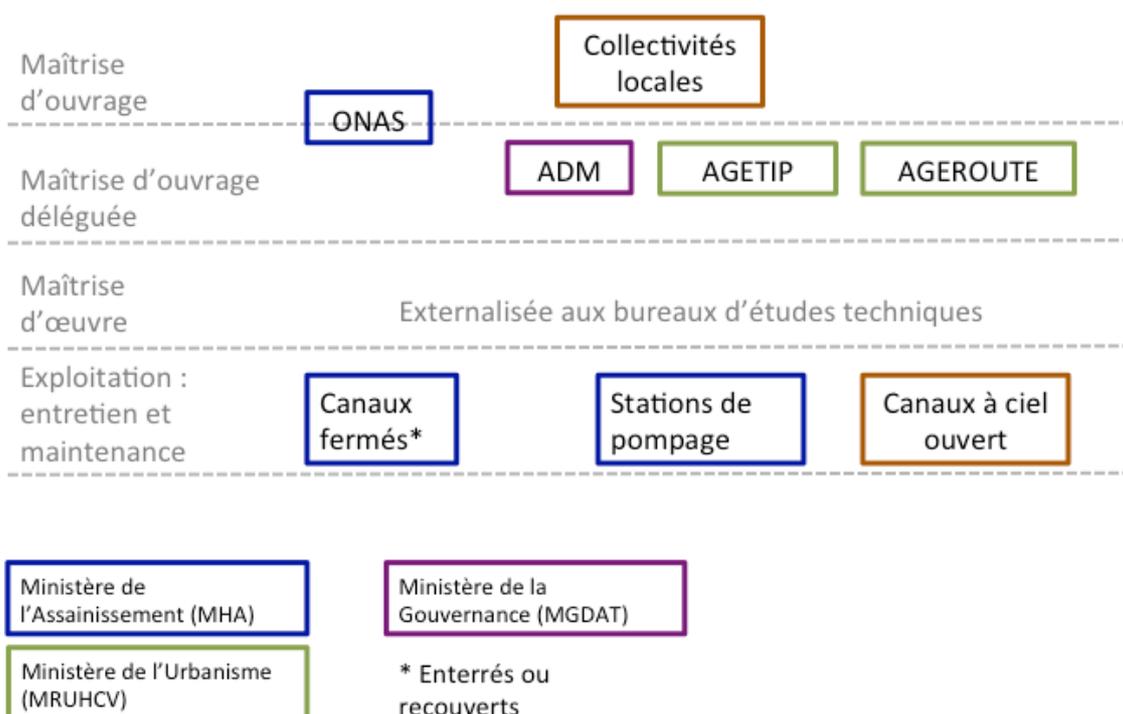


Figure 14. Répartition des rôles dans la GEP au Sénégal (BARBE, 2017)

Cependant, quelques acteurs doivent être ajoutés à ce schéma pour apporter une vision la plus complète possible. On retrouve d'une part les ONG locales ou internationales de développement et d'autre part, les bailleurs de fonds internationaux et les financeurs de manière plus générale. Les ONG peuvent intervenir à différents niveaux, que ce soit dans de l'assistance à maîtrise d'ouvrage auprès des collectivités locales, ou encore dans l'appui aux collectivités locales pour l'entretien des ouvrages, de manière directe ou indirecte. En effet, ces ONG peuvent travailler sur d'autres thématiques que la GEP, mais intimement liées, comme la gestion des déchets solides ou encore la planification concertée. Quant à eux, les bailleurs de fonds doivent être intégrés au tableau. Cependant, il n'existe pas de niveau spécifique pour lequel on peut les positionner et ils peuvent contribuer à chaque étape de la réalisation des ouvrages de gestion des eaux pluviales.

De plus, avant d'apporter quelques explications au schéma de la Figure 14, il est à noter que la définition de canal fermé peut être source d'ambiguïté. En effet, un canal est considéré comme fermé s'il est enterré ou recouvert. Les canalisations enterrées sont alors incluses dans cette définition, tout comme des canaux anciennement ouverts que l'on aura pu recouvrir d'une dalle de béton (ou autre matériau) afin d'éviter l'accumulation de déchets solides par exemple. Cela signifie donc que les canaux ouverts, dont l'exploitation est assurée par les collectivités locales, peuvent changer d'exploitants s'ils sont recouverts. L'ONAS se retrouverait alors en charge de leur exploitation. Cependant, cette définition n'est que théorique et le caractère permanent de la fermeture des réseaux entrerait en jeu pour les équipes de l'ONAS. Ainsi, des canaux recouverts de dalots amovibles et donc, non fermés de manière permanente, ne font pas partie des responsabilités de ces équipes.

a) Des acteurs aux actions entrecroisées

Il est intéressant d'observer que l'on retrouve les deux mêmes acteurs pour la MO et l'exploitation des ouvrages, à savoir l'ONAS et les collectivités locales. Les étapes intermédiaires permettent de faire intervenir différents acteurs supplémentaires : l'AGEROUTE, l'AGETIP et l'ADM pour la MOD, en plus de l'ONAS. De plus, les collectivités locales délèguent la gestion de leurs ouvrages à l'ONAS comme prévu par les contrats de performance, ce qui renforce d'autant plus la position de ce dernier en tant qu'acteur clé.

Cette observation est d'autant plus pertinente lorsqu'on se place du point de vue de l'ONAS. En effet, la construction des ouvrages peut être réalisée par quatre acteurs différents. De plus, alors que l'ONAS doit exploiter une grande partie des ouvrages, nombre d'entre eux sont potentiellement réalisés et/ou conçus par d'autres acteurs. Cependant, une fois l'ouvrage terminé, l'ONAS se retrouve régulièrement en charge de son exploitation. Et si la réalisation de l'ouvrage ne correspond pas parfaitement aux contraintes de l'ONAS en termes de pratiques d'entretien et de maintenance, cela peut devenir problématique. Il est important de noter que ce constat provient essentiellement d'entretiens menés avec l'ONAS. La théorie veut que l'ONAS soit impliqué dans la conception et le suivi des travaux des projets réalisés par « d'autres » que cet office. Cependant, en pratique, bien souvent à défaut d'être financièrement intéressés, l'ONAS délaisse cette partie de ses responsabilités et en arrive ainsi parfois à refuser de réceptionner certains ouvrages. Et tous ces éléments ne contribuent pas à une bonne coordination et une bonne communication entre les différents acteurs concernés.

b) Coordination et financement : deux problématiques sous-jacentes à ce jeu d'acteurs

Au vu des entretiens que nous avons menés et à la lecture des contrats de performance Etat/ONAS, il semblerait que le patrimoine de l'ONAS en matière d'ouvrages de gestion des eaux pluviales se soit considérablement accru en 10 ans. Plusieurs explications peuvent appuyer ce constat :

- L'augmentation du rythme de construction d'ouvrages, liée
- À la prise de conscience de l'importance des infrastructures pour lutter contre les inondations,
- Au fonctionnement de l'AGETIP, pour laquelle les procédures sont facilitées, ce qui permet de construire plus
- L'intégration d'ouvrages au patrimoine de l'ONAS, via
- La "transformation" de canaux ouverts en canaux fermés,
- La prise en compte d'ouvrages non gérés jusque-là,
- Les ouvrages pour lesquels les collectivités locales délèguent leur gestion à l'ONAS à travers les contrats de performance,
- etc.

Et cette liste pourrait bien sûr être complétée mais nous nous devons de faire ressortir deux points essentiels : d'une part, la coordination entre les acteurs et à chaque étape ; et d'autre part, le financement de la gestion des eaux pluviales.

Les éléments présentés ci-dessus font ressortir le besoin de coordination entre les acteurs, et notamment entre le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre d'une part, et entre le maître d'œuvre et l'exploitant d'autre part. Ceci est d'autant plus valable que le nombre d'acteurs impliqués dans l'équation augmente. En effet, si les attentes du maître d'ouvrage sont mal définies, ou encore mal comprises par le maître d'œuvre, les ouvrages, une fois construits, auront peu de chances de correspondre aux attentes de l'exploitant. Quand un ouvrage lui est effectivement livré, il peut théoriquement donner son avis pour apporter des corrections mais il est déjà trop tard et la phase d'exploitation peut être compromise, tant d'un point de vue pratique que d'un point de vue financier.

Au cours de nos entretiens avec les différents acteurs, il est apparu évident qu'il existe un manque de communication et de coordination à ces différents niveaux. Il en résulte parfois des ouvrages que l'ONAS ou les collectivités ne peuvent exploiter pour cause de dimensions inadéquates par exemple. Théoriquement et pour pallier ce problème, l'ONAS, en tant qu'exploitant, aurait une forme de "droit de regard" sur les différentes étapes de la réalisation d'ouvrages. Mais il nous a semblé que la pratique était bien différente et que les interactions entre l'ONAS et les autres acteurs de la chaîne ne soient pas si aisées.

Enfin, ces problèmes de communication et de coordination font ressortir une question essentielle à laquelle il faut répondre : "qui paye ?". Autrement dit, cet accroissement du patrimoine d'ouvrages de GEP évoqué ci-dessus implique nécessairement l'augmentation des charges d'exploitation pour les exploitants, à savoir l'ONAS et les collectivités locales.

Il apparaît ainsi que la gestion des eaux pluviales au Sénégal relève d'une myriade d'acteurs tant pour les aspects que l'on peut qualifier de non-structurels que pour les composantes structurelles de cette thématique. De plus, les compétences de ces acteurs apparaissent comme entremêlées et semblent être à la source de problèmes tels qu'un manque de coordination. La partie suivante veillera à expliquer plus précisément les points de blocage identifiés au cours de nos entretiens et qui doivent être mis en relation avec le cadre théorique présenté ci-dessus. Enfin, nous reviendrons lors d'une troisième sous-partie sur la coordination de tous ces acteurs et les recommandations pour un meilleur cadre de gouvernance.

2. Identification des obstacles à la mise en place d'une bonne gouvernance de la gestion des eaux pluviales

Chaque année et plus particulièrement au début des années 2010, les inondations ont été responsables de dommages matériels et humains importants au niveau de Dakar et dans d'autres villes sénégalaises. Les impacts économiques directs et indirects ne sont pas négligeables (cf. Partie 4) et au niveau des centres urbains importants, la gestion des inondations, et par extension la GEP, constituent alors un enjeu politique majeur.

Ces conséquences, économiques, matérielles ou encore humaines, sont d'autant plus importantes dans les centres urbains importants de par leur développement économique et la taille de leur population. Et cela peut expliquer en partie pourquoi les actions de GEP ont tendance à se concentrer au niveau des zones urbanisées par rapport aux villes de moindre importance, voire aux villages. Les conséquences n'y sont pas moindres sur la vie des gens notamment, mais le poids économique pour se relever de tels événements peut justifier l'intérêt montré aux grandes villes.

Par ailleurs, c'est bien souvent dans ces aires urbaines que la pollution générée par les inondations peut s'avérer majeure et extrêmement problématique. En effet, la forte densité d'assainissement autonome, qui n'est pas toujours conforme aux normes de santé, peut devenir dangereuse en cas d'inondations. Et le débordement de puisards, fosses septiques ou autres systèmes d'assainissement individuel, présents notamment dans les quartiers où l'urbanisation s'est développée de manière anarchique, peut engendrer des contaminations bactériologiques conséquentes. Entre autres, les nappes phréatiques (affleurance à Dakar) ou les réseaux d'eau potable peuvent être touchés et cela pose des questions sanitaires majeures dans les milieux densément peuplés.

La GEP constitue ainsi une question que l'on peut qualifier de politique et l'on peut alors comprendre pourquoi l'attention est principalement portée sur les grands centres urbains, au détriment de plus petites localités.

2.1. Le manque d'intégration des usagers pour une exploitation durable des ouvrages

Au cours des visites de terrain que nous avons pu effectuer, nous nous sommes aperçus que bien des ouvrages de gestion des eaux pluviales devenaient le réceptacle de tous types de déchets solides. Or la fonctionnalité d'un ouvrage est intimement liée aux écoulements qu'il permet et l'accumulation de déchets constitue un frein majeur à l'efficacité de ces infrastructures. Ces considérations techniques seront reprises plus en détail dans la Partie 5 mais les photos de la Figure 15 permettent d'illustrer ce constat.



Figure 15. Accumulation de déchets dans différents ouvrages destinés à la gestion des eaux pluviales.

Deux éléments permettent notamment d'expliquer l'usage que la population fait de ces ouvrages. D'une part, de nombreuses villes (ou quartiers) sont dépourvus de services publics efficaces, et en particulier pour la collecte et le traitement des déchets solides. D'autre part, cela signifie également que la population est insuffisamment sensibilisée à l'utilité de ces ouvrages et y trouve une fonctionnalité bien différente de celle prévue initialement.

Faible voire absente, l'intégration des usagers à la gestion des eaux pluviales peut ainsi coûter cher puisque des ouvrages encombrés de déchets solides vont contribuer à accroître le phénomène d'inondations. De même, les stations de pompage des eaux pluviales sont conçues pour évacuer uniquement les eaux pluviales. Et les branchements illégaux de réseau d'eaux usées sur ces stations impliquent leur fonctionnement pour évacuer ces eaux.

Enfin, à l'échelle de la parcelle, certains ménages mettent parfois en place des actions individuelles de lutte contre les inondations. Cela permet éventuellement de régler le problème localement, mais cette gestion individuelle ne respecte pas le principe de solidarité amont-aval préconisé et ne fait que délocaliser le flux d'eau et impacte d'autant plus les ménages situés à l'aval.

L'encombrement des canaux d'eaux pluviales par des déchets solides, les branchements illégaux du réseau des eaux usées sur les réseaux d'eaux pluviales et les actions individuelles de lutte contre les inondations constituent quelques exemples significatifs où l'absence de prise en compte des usagers peut poser problème.

Il faut cependant distinguer le « niveau » d'intégration que l'on souhaite : planification participative pour tenir compte de leurs attentes ; sensibilisation aux bonnes pratiques, à réaliser de manière récurrente étant donné la tendance universelle à oublier ; transformer les opérations de curage en manifestations

de quartiers qui peuvent rassembler les jeunes par exemple ; ou encore sanctionner les mauvaises pratiques, ce qui ne se fait pas en réalité.

2.2. L'occupation des sols non-contrôlée : un obstacle à la planification urbaine, une imperméabilisation accrue et un risque de pollution sous-jacent

Comme il a été précisé dans la Partie 1, l'exode rural inhérent aux sécheresses s'est traduit par une occupation anarchique des sols à proximité des anciennes zones urbaines. Des quartiers spontanés se sont ainsi développés sur des zones soumises au risque d'inondation et ont été frappés de plein fouet durant les inondations de la fin des années 2000.

Pour pallier ce problème, les services du MRUHCV tentent depuis plusieurs années de mettre à jour voire de réaliser les PDU et PUD des communes, afin de pouvoir ensuite élaborer les différents plans sectoriels sous-jacents (PDD et PDA notamment).

Cependant, il semble évident que cette mission n'arrive pas à suivre le développement urbain des villes comme Dakar par exemple. Les PDU de Dakar, une fois à jour, seraient ainsi déjà obsolètes une fois mis en application. Les discussions que nous avons eues avec des personnes habitant Dakar depuis plus d'une dizaine d'années étayent nettement ce constat et confirment la rapidité fulgurante avec laquelle la région de Dakar s'est développée et se développe encore.

Plusieurs éléments peuvent expliquer les critiques faites aux outils de planification. Tout d'abord, il semblerait que, malgré l'existence d'un zonage définissant les zones constructibles, des propriétaires aient, par le passé, obtenu des permis de construire malgré le classement en zones inondables. Si cette pratique se révélait toujours d'actualité, cela ne permettrait effectivement pas d'aller dans le sens des décisions d'attributions de permis de construire. De même, toute autre pratique de corruption qui favoriserait l'obtention de faveurs pour construire sur des zones inondables notamment ne contribue pas à une meilleure gestion de l'occupation des sols.

Ensuite, la décentralisation accorde aux collectivités la compétence d'organiser leurs territoires, à travers la réalisation de différents outils de planification tels que les Plans Généraux d'Occupation des Sols (PGOS), les Plans de Développement Communaux (PDC), les PDA, PDD, etc. En raison du manque de moyens et de personnel compétent, les services de l'Etat se retrouvent bien souvent en charge de ces dossiers, parfois avec la collaboration de cabinets privés. Surchargés, ces services n'ont alors pas toujours le temps de s'occuper de l'élaboration ou de la mise à jour de ces différents plans.

Ainsi, contrairement à la théorie où les PDA et PDD ne peuvent être élaborés sans l'existence préalable d'un PUD, plusieurs plans sectoriels ont été élaborés (ou sont en cours d'élaboration). La concordance entre tous ces plans est alors difficile à respecter et l'évolution rapide des acteurs impliqués dans ce processus n'aide pas à pallier ce problème.

Finalement, le problème de cette occupation des sols anarchique n'est pas nécessairement lié à l'existence de documents de planification mais à la mise en pratique des orientations choisies et des moyens déployés pour améliorer l'urbanisation.

Par ailleurs, l'occupation incontrôlée des sols est responsable d'une imperméabilisation d'autant plus importante, non compensée et qui, de plus, peut perturber les voies préférentielles d'écoulement des eaux. Et les problèmes s'ensuivent puisqu'un sol imperméabilisé ne pourra plus infiltrer les eaux de pluie qu'il reçoit naturellement et contribuera alors à accroître la quantité d'eau écoulée, voire l'importance des dégâts causés par ces écoulements puissants. Enfin, ces zones informelles ne bénéficient bien souvent pas de service de collecte des ordures et les déchets solides se retrouvent en permanence dispersés « dans la nature ». De même, ne disposant pas de dispositif d'assainissement approprié, les eaux usées sont rejetées dans le milieu environnant. Cette combinaison entraîne alors des risques de pollution considérables.

2.3. Des actions entrecroisées pour un manque de financements généralisé

La gestion des eaux pluviales est une thématique récente et transversale pour lesquelles les acteurs institutionnels semblent avoir du mal à s'approprier la définition telle que présentée dans la Partie 1. Bien qu'un cadre théorique de la répartition des rôles ait été présenté dans cette partie, la pratique diffère quelque peu et cette répartition n'est pas si évidente. Les acteurs en arrivent à avoir des actions similaires voire identiques et cette situation semble être source de tensions voire de concurrence.

C'est ainsi le cas pour la répartition des compétences en termes de MO, MOD et MOE entre les acteurs qui interviennent dans la réalisation d'infrastructures de GEP. De plus, l'Acte III de la décentralisation, qui attribue de nouvelles compétences aux collectivités locales, n'aide pas à obtenir une répartition des rôles plus claire. D'autant plus quand la répartition des rôles va impacter le financement.

Ce constat entraîne notamment deux conséquences que nous avons pu relever au travers des entretiens. D'une part, les tensions et relations de concurrence entre les acteurs pour l'obtention de marchés publics semble peu bénéfique (car, au Sénégal comme dans nombre de pays émergents, le pouvoir d'une institution et de ses dirigeants s'évaluent souvent à l'importance des marchés publics qu'elle lance). En effet, certains maîtres d'œuvres semblent alors réaliser des ouvrages sans intégrer une réelle adéquation entre l'ouvrage et le milieu où il sera construit. Et cette situation ne peut être considérée comme bénéfique, que ce soit pour la population ou pour le futur exploitant. D'autre part, les acteurs travaillent alors de manière isolée et le manque de communication pose de nombreux problèmes, comme il sera détaillé dans la section 2.4.

a) Atteindre l'équilibre financier en intégrant la GEP : un défi pour l'ONAS

Comme il a été précisé dans la section 1 de cette partie, un des objectifs de l'ONAS, défini par le contrat de performance avec l'Etat, consiste à atteindre l'équilibre financier. Cependant, alors qu'il existe une taxe sur l'assainissement qui contribue fortement aux recettes de l'ONAS, aucun mécanisme financier ne permet d'équilibrer le budget au niveau des eaux pluviales. Et si l'on exclut les charges d'exploitation liées aux eaux pluviales, l'ONAS se retrouve déjà en déficit. En 2005 et 2006 par exemple, les produits d'exploitation ne permettaient de couvrir que 87% des charges d'exploitation, hors dotations aux amortissements. Le contrat de performances signé en 2008 prévoyait ainsi de financer ce déficit par l'augmentation de la taxe sur l'assainissement. Cependant, l'équilibre prévu n'a pas été atteint malgré l'augmentation de cette redevance comme il nous a été confirmé lors des entretiens.

Par ailleurs, alors que l'ONAS est censé signer des conventions avec les communes pour la délégation d'exploitation de certains ouvrages de GEP, il semblerait que peu voire aucune convention n'ait été signée à ce jour. Pour autant, l'ONAS semble malgré tout être en charge d'ouvrages de GEP dont l'exploitation lui a été déléguée par des communes, mais la question du financement reste relativement floue. Il semblerait que les communes puissent bénéficier de financements prévus à cet effet, mais aucun élément ne nous a permis de réellement confirmer cette information. Par ailleurs, la question de la définition des canaux fermés (comme précisé dans la section 1.3. de cette partie) peut nettement contribuer à maintenir un flou sur l'attribution de ces financements.

Conscient de ces écueils, l'Etat a consenti à soutenir l'ONAS à travers un plan de mise à disposition de ressources financières. Ainsi, l'ONAS s'est vu doté de 1,5 milliard de FCFA en 2016 pour l'exploitation d'ouvrages de GEP et doit bénéficier en 2017 et 2018 d'une aide au fonctionnement de 6 milliards de FCFA par an, par le biais du Fonds d'Entretien Routier Autonome (FERA).

Enfin, il est important d'ajouter qu'à partir de 2017, l'ONAS se retrouve chargé de l'exploitation des ouvrages du PROGEP construits à cette date (à savoir les ouvrages primaires essentiellement). Et au vu de l'importance de ces ouvrages et de l'absence de recettes additionnelles associées sécurisées sur le long terme, il n'est pas certain que les fonds attribués à l'ONAS suffisent effectivement à couvrir l'intégralité des charges d'exploitation.

Ce constat doit être complété par la priorité donnée à l'assainissement des eaux usées actuellement. En effet, le taux d'accès global à l'assainissement des populations en milieu urbain reste modéré (61,7% en 2016 selon le contrat de performance 2016 - 2018), le taux de traitement des eaux usées atteint péniblement 50% et le taux de couverture des charges par la redevance atteint 65%. Ainsi, le financement actuel de l'ONAS et son fonctionnement ne semblent pas inciter à mettre l'accent sur la gestion des eaux pluviales. Et ce d'autant plus, si l'on ajoute l'avis de la population, trop peu sensibilisée à l'intérêt des ouvrages de GEP et la faible place de la GEP dans l'agenda des bailleurs.

b) La question du financement de la GEP, un problème généralisé

La question du financement de la GEP reste entière et les chiffres parlent d'eux-mêmes. Le plan d'investissement des eaux pluviales prévoyait 144 milliards de FCFA pour la période 2016 à 2018. En 2016, il semblerait que seulement 16 millions de FCFA avaient déjà été accordés pour des projets sur Dakar, Fatick et Kaolack, soit tout juste un dix millième de la somme promise (ONAS, 2015). Le taux de décaissement, permettant d'évaluer l'utilisation des ressources financières et l'atteinte des objectifs fixés, est particulièrement bas. Ceci peut être expliqué par plusieurs éléments.

D'une part, la réalisation d'ouvrages de GEP importants et nécessitant des investissements lourds est soumise aux orientations et priorités des bailleurs de fonds internationaux dans leurs programmes de développement. Les projets de Gestion des eaux pluviales sont un axe de travail et de réflexion relativement nouveau pour la majorité des bailleurs de fonds. De plus, la difficulté à évaluer l'aléa, présentée dans le deuxième chapitre, donne peu de visibilité sur les études d'avant-projet et le montant des investissements nécessaires.

D'autre part, il y a également probablement un manque de capacités opérationnelles des structures locales et un manque de capital humain dans la réalisation des activités de GEP, qui explique ce faible taux de décaissement. On constate également un manque de références et de guides techniques harmonisés et facilement accessibles au niveau national ou régional, ne permettant pas aux différents acteurs de s'approprier cette thématique et d'apporter de la clarté sur la manière d'utiliser les fonds.

Nous aborderons plus en détail les modalités de financement de la GEP dans le prochain chapitre. Mais un dernier obstacle essentiel à prendre en compte et qui semble affecter toutes les composantes de la GEP, vient d'un manque cruel de coordination et de communication.

2.4. Coordination et communication, obstacles importants

A l'issue des entretiens que nous avons menés, nous nous sommes aperçus que la coordination et la communication font nettement défaut dans le tableau que nous venons de brosser.

a) Un manque de communication flagrant

Ce défaut de communication est présent aussi bien en interne (entre les différents acteurs de la GEP), qu'en externe (avec la population de manière générale).

La conséquence directe est une méconnaissance des rôles et attributions de chaque acteur de la GEP, par l'ensemble des acteurs cités précédemment. A titre d'exemple, il nous a été confirmé que l'Office National de Prévention des Inondations n'existait plus et que son rôle avait été très limité (cf. section 3.1.). Cependant, le site internet du gouvernement l'affiche toujours comme inclus au MRUHCV.

Par ailleurs, certains acteurs nous ont affirmé que le rôle de l'ONAS était strictement limité à l'assainissement des eaux usées, et n'incluait donc pas les eaux pluviales. D'autres acteurs ont également pu dévoiler leur mépris vis-à-vis de l'ONAS également.

Ce qui soulève plusieurs réflexions, à commencer par ce que l'on entend par assainissement : eaux usées ? Eaux pluviales ? Déchets solides ? Et est-ce que cela signifie alors que les actions de l'ONAS dans la GEP paraissent dérisoires par rapport à l'assainissement des eaux usées ? Le sont-elles effectivement : par manque de moyens ou par désintérêt ? Peut-on en déduire que ces acteurs ont simplement une connaissance limitée des réelles attributions de l'ONAS ? Si tel est le cas, n'est-il pas logique d'envisager qu'ils n'ont potentiellement pas une bonne maîtrise de leurs propres missions ?

Cette réflexion fait ressortir l'ONAS comme élément clé de la compréhension mais en réalité, nous pourrions répliquer ces remarques à d'autres acteurs que nous avons pu rencontrer. Et c'est ce manque général de communication entre acteurs qui nous a interpellé. Qu'il soit volontaire ou non, cela constitue une source de tensions et de concurrence, néfaste à une bonne coordination des actions menées par l'ensemble des acteurs.

Enfin, la communication fait également défaut vis-à-vis de la population. Nous l'avons mentionné à plusieurs reprises à travers des questions de sensibilisation pour une bonne utilisation des ouvrages ou pour inclure la population dans le processus de planification. Et ce défaut peut également se retrouver chez des acteurs comme l'OMVS, qui semble être régulièrement critiqué sur le choix des lâchers de barrage. Il semblerait qu'ils communiquent très peu au moment du choix de réaliser un lâcher de barrage et que cela peut parfois être dommageable pour les populations de l'aval.

b) Un manque de leadership et de coordination

Etant donnée la transversalité de la gestion des eaux pluviales, on pourrait très logiquement s'attendre à trouver un acteur-clé jouant le rôle de coordinateur. Mais au Sénégal, tel n'est pas le cas, malgré différentes tentatives que l'on détaillera dans la section 3. En effet, nous avons à plusieurs reprises cherché à savoir s'il existait un document porteur d'une stratégie nationale de gestion des eaux pluviales. Et la réponse apparaît clairement : aucun acteur n'a à ce jour été désigné comme coordinateur de la GEP, aucune stratégie nationale existe et la GEP est effectivement dispersée.

Pour autant, un enjeu fort réside dans cette coordination, que ce soit au niveau national ou aux échelles administratives inférieures, ou entre toutes ces échelles considérées.

La conséquence actuelle est qu'aujourd'hui, les collectivités locales de petite taille semblent particulièrement délaissées quant à la GEP. Certaines d'entre elles n'ont effectivement aucune relation avec l'ONAS et semblent parfois exclues du périmètre où ils interviennent. Malgré les recherches menées, nous n'avons pu en savoir beaucoup plus. Les seuls éléments de réponse seraient d'une part, un manque de moyens et d'autre part, l'absence de PDA ou de PDD dans ces collectivités. Ces collectivités peuvent se tourner vers leurs ARD pour bénéficier d'un appui dans la recherche de partenaires ou pour la réalisation d'études mais aucun soutien financier n'est possible de leur part. Et si l'ADM peut constituer un appui significatif pour une collectivité locale, cela ne peut être possible qu'à condition qu'une convention ait été signée. Enfin, aucun financement de l'Etat spécifique aux eaux pluviales n'est prévu dans le Code Général des Collectivités Locales.

La Partie 4 reviendra plus en détail sur cette question du financement de la GEP pour les collectivités locales. Il apparaît évident que le manque de coordination à l'échelle nationale se traduit par un isolement des collectivités locales pour la question de la GEP notamment. Et les différentes lois de décentralisation semblent renforcer ce processus plutôt que d'y remédier.

3. Quelques tentatives à encourager et des recommandations pour un meilleur cadre de gouvernance

Après avoir identifié un certain nombre d'obstacles et de points de blocage à la mise en place d'un cadre de bonne gouvernance, certaines tentatives d'amélioration sont à reconnaître pour parfaire l'analyse des acteurs de la GEP.

3.1. Depuis une dizaine d'années, des tentatives de coordination de la GEP

Alors que nous venons de présenter le besoin de cohérence et de coordination (tant au niveau national qu'à l'échelle d'un territoire), il est intéressant de revenir quelques années en arrière.

En effet, en 2008, lors de la signature du contrat de performance entre l'Etat et l'ONAS, les Ministères actuels respectivement chargés de l'assainissement et de l'urbanisme ne faisaient qu'un. On trouve ainsi dans ce document l'intitulé "Ministère de l'Urbanisme, de l'Habitat, de l'Hydraulique urbaine, de l'Hygiène publique et de l'Assainissement". La santé était alors prise en compte dans ce même Ministère. Aujourd'hui, ce Ministère a été divisé en quatre entités : le Ministère de la Santé qui intègre la dimension hygiène publique, le MHA, le MRUHCV et le Ministère délégué au MRUHCV (cf. Tab. 1).

Avec les inondations du début des années 2010, le besoin de coordonner les actions de lutte contre les inondations refait surface et différents plans sont actualisés ou mis en place. C'est ainsi que l'on retrouve aujourd'hui le plan d'organisation des secours (plan ORSEC) national, un dispositif enclenché lors d'inondations importantes. Ce plan est également décliné en plans de contingence au niveau régional et au niveau local. Ces plans sont une forme de plan ORSEC à une échelle territoriale inférieure. Bien que ces outils permettent de coordonner les actions de lutte contre les inondations, ils n'ont pas vocation à intégrer l'ensemble des composantes de la GEP, mais plutôt d'apporter des solutions à une situation d'urgence.

Par ailleurs, d'autres initiatives ont émergé en 2012. Tout d'abord, le Programme Décennal de Gestion des Inondations (PDGI) est élaboré et se veut porteur d'actions favorables à la lutte contre les inondations pour la période 2012 à 2022. Dans cette dynamique, le Ministère de la Restructuration et de l'Aménagement des Zones d'Inondation est créé et se voit attribuer la coordination de ce PDGI avec trois phases : une première phase d'urgence (2012 - 2013), une phase de court terme (2014 - 2016) et une phase de moyen et long terme (2017 - 2022). Ce PDGI est décliné annuellement en un Plan National de Gestion des Inondations (PNGI), revu et mis à jour à la fin de chaque hivernage.

Par ailleurs, le Comité National de Gestion des Inondations (CNGI) est également créé à cette époque et prend la suite logique du Comité National de Gestion Prévisionnelle des Inondations (CONAGPI). Ce CNGI vise à regrouper les principaux acteurs impliqués dans la gestion des inondations, à savoir : le ministère en charge des questions d'urbanisme, le ministère de l'assainissement, le ministère de la sécurité publique, le ministère des infrastructures (au travers de l'ANACIM et de l'AGEROUTE), le ministère en charge des investissements, le ministère de la gouvernance locale avec l'ADM, le service national d'hygiène et les collectivités locales.

A cette même date, l'Office National de Prévention des Inondations (ONPI) et l'Observatoire National des Inondations (ONI) auraient également été créés. Les entretiens ont révélé que ces deux éléments n'aient en réalité jamais vraiment été fonctionnels et qu'ils n'existent plus aujourd'hui. Tous ces éléments traduisent cependant une volonté forte de trouver des solutions au problème des inondations par la création d'entités coordinatrices.

La tentative de coordination au travers du MRAZI semble échouer en 2014 avec la suppression de Ministère et le transfert de ses directions vers le MRUHCV. Ce dernier se voit également doté d'un Ministre délégué, en charge de la restructuration et de la qualification des banlieues. En réalité, le MRAZI et le CNGI pouvaient s'apparenter à deux logiques similaires de coordination des actions de gestion des inondations. Leur maintien simultané aurait probablement été à l'origine de tensions pour la réalisation d'une même mission d'intérêt général.

Le PDGI (et le PNGI) permettent aujourd'hui de donner une orientation à la gestion des inondations et de mettre en place un panel d'actions :

- Opérations pré-hivernales, hivernales et post-hivernales définies par une Matrice d'Actions Prioritaires
- Construction de bassins de drainage des eaux pluviales, de bassins de rétention et de logement sociaux à destination des sinistrés des inondations
- Restructuration de certains quartiers vulnérables et élaboration d'un Programme National de Restructuration et d'Aménagement des Zones Inondables (PNARZI) par la DARZI
- Intégration du risque d'inondation dans les nouveaux plans d'urbanisme (PDU et PUD)
- Réalisation des ouvrages de gestion des eaux pluviales par l'ADM à Dakar (PROGEP).

Mais si le CNGI semble être défini comme leader et responsable de la coordination dans la lutte contre les inondations actuellement, son fonctionnement n'est pas pour autant optimal. D'après les entretiens menés, le CNGI ne se réunit régulièrement qu'aux alentours de la période hivernale, environ 6 mois dans l'année maximum. Les rapports annuels du CNGI fournis au cours de cette mission ont permis de confirmer la mise en œuvre progressive des actions citées ci-dessus mais l'avancement apparaît compliqué, faute de financements notamment (CNGI, 2012 ; CNGI, 2014 ; CNGI, 2015 ; MRUHCV, 2015 ; CNGI, 2016).

Cependant, il apparaît évident que le financement de toutes ces actions pose problème, ce qui risque d'aboutir, comme pour l'ONPI et l'ONI et à la disparition des structures : les rapports publiés par le CNGI confirment le manque de financements pour certains volets envisagés. De plus, les actions identifiées ne concernent que les centres urbains importants et les villes de petite taille sont peu (ou pas) prises en compte.

Et malgré des actions prioritaires primordiales en cas d'inondations majeures, les actions du CNGI semblent limitées en pratique à la seule saison de l'hivernage alors qu'elles visent à être portées tout au long de l'année.

Finalement et malgré les difficultés persistantes, ces différentes tentatives font émerger l'idée que le Sénégal prend conscience de la nécessité du passage d'une gestion de l'urgence à une gestion des inondations qui se veut plus durable et plus intégrée.

3.2. Pour aller plus loin, vers une ingénierie de la GEP

L'analyse du cadre de gouvernance de la GEP au Sénégal nous amène finalement à formuler quelques recommandations, quelques suggestions pouvant contribuer à une amélioration de la gestion des eaux pluviales.

N.B. : Certaines recommandations présentées ici le seront également dans la partie 5, d'un point de vue plus technique. Elles doivent être perçues ici comme une recommandation générale affectant plutôt la composante non-structurelle de la GEP.

Tout d'abord, il apparaît nécessaire que les collectivités locales se dotent de services publics efficaces ou renforcent leurs moyens existants. Et cette efficacité peut être renforcée par la sensibilisation et la participation des usagers au processus de mise en œuvre de ce service. L'entretien avec des agents de l'ONAS a effectivement confirmé cette suggestion. Les canaux pour lesquels l'exploitation est la plus facile à réaliser sont ceux où le personnel en charge de l'entretien vit à proximité de l'ouvrage. Il contribue ainsi à la diffusion d'un message collectif permettant de sensibiliser les habitants voisins d'une part, à l'utilité de l'ouvrage, et d'autre part, à l'intérêt de son bon entretien. Ainsi, une bonne campagne

de sensibilisation peut permettre des économies non négligeables de curage et d'entretien des canaux par exemple. Et cela représente potentiellement des économies sur les dommages causés par les inondations.

Ensuite, il est primordial de prévoir une structure leader sur la thématique, capable de coordonner les différents acteurs nécessairement impliqués et dotée de moyens tant financiers que règlementaires. Pour cela, les données existantes doivent être rendues accessibles à tous et l'ensemble des acteurs concernés par cette planification doit pouvoir se mettre d'accord quant aux options choisies. Enfin, il est également nécessaire de publier des normes, des manuels de bonne pratique fournissant une méthodologie et des données de référence. Et l'utilisation de normes doit également s'accompagner de structures régulatrices capables de contrôler le respect de ces normes. Cette étape pourrait aussi judicieusement faire intervenir des représentants de quartiers par exemple. Cela permettrait de jouer un double rôle d'implication des usagers au processus et de communication de l'ensemble de la population à travers ces représentants.

Mais pour que cette planification concertée soit pertinente, il faut également choisir une échelle territoriale cohérente par rapport aux perspectives d'évolution. Cela permettrait d'éviter des projets comme celui de l'aéroport Blaise Diagne où le sol est imperméabilisé sur plusieurs centaines d'hectares alors que ladite zone constitue une zone de recharge en eau primordiale pour les localités avoisinantes. Et dans un rayon d'une trentaine voire peut-être d'une cinquantaine de kilomètres, cela éviterait de délocaliser les flux d'eau générés par la pluie à l'aval. Le développement d'un territoire doit ainsi absolument intégrer la gestion des inondations et la gestion des eaux pluviales, sans attendre la formulation d'un PDA ou d'un PDD pour expliciter ces enjeux.

Enfin, la question du financement constitue un enjeu majeur de la GEP. Compte tenu du caractère extrêmement transversal de cette thématique, de la multitude d'acteurs et de la diversité des enjeux sous-jacents, il devient impératif de mettre en place un mécanisme de financement durable de l'exploitation des ouvrages de gestion des eaux pluviales.

Ainsi, la mise en place d'un mécanisme de financement adapté pourrait passer par une participation financière des usagers, comme nous le verrons dans le prochain chapitre. Ou alors, cela pourrait tout aussi bien aller dans le sens du maintien de l'ONAS en tant qu'exploitant principal, qui se verrait doté de financements dédiés, récurrents et sanctuarisés pour l'entretien des ouvrages. Mais cela pourrait également voir les collectivités locales mieux dotées pour réaliser une exploitation des infrastructures qui soit plus cohérente, plus intégrative et plus participative.

Bien que cette liste ne vise pas à être exhaustive, les options ne manquent pas et il peut être envisagé de coupler différents mécanismes financiers. Et même si les acteurs semblent bien conscients de ce problème et de ses conséquences. Une réflexion doit à tout prix être menée pour trouver une ou des solutions adaptées. La Partie 4 reviendra plus en détail sur cette question, en s'appuyant sur le cas concret de Diawara.

Et si l'on souhaite la mise en place d'un mécanisme de financement approprié à la situation de la GEP, il sera encore une fois primordial de coordonner toute l'année et sur le long terme les actions de chaque acteur. Si l'on devait prioriser ces recommandations, il serait fortement souhaitable d'œuvrer rapidement et efficacement à un pilotage de tous ces acteurs et que cette entité de pilotage soit également déclinée à une échelle autre que nationale ou régionale.

Conclusion

Après la gestion d'urgence de la fin des années 2000 où la répartition des rôles était encore peu claire entre acteurs, il y a eu une nette volonté d'encourager une gestion des inondations mieux coordonnée par une entité, le Comité National de Gestion des Inondations. Cependant, le cadre institutionnel autour de la gestion des eaux pluviales reste encore peu clair et peu précis, les compétences sont dispersées auprès d'une multitude d'acteurs et à différentes échelles.

D'une part, une clarification des attributions et des missions est nécessaire à travers une institution qui se verrait dotée d'un rôle de leadership et de coordination et d'autre part, la coordination doit être réalisée tout au long de l'année, pour coordonner non pas des actions de gestion des inondations mais bien des actions de gestion des eaux pluviales. Et ces évolutions doivent être soutenues et appuyées par un renforcement du financement, au travers d'un mécanisme qui doit être élaboré et adapté à la situation du Sénégal.

Partie 4 : Impacts socio-économiques des inondations

1. Cas d'étude : coûts des inondations pour la commune de Diawara

La commune de Diawara a été créée, sur le plan institutionnel, en 2002 et s'est progressivement impliquée dans la gestion des inondations, notamment suite aux graves épisodes pluvieux de 2003. Le réseau hydrographique de Diawara est « *constitué du fleuve Sénégal, de la rivière Ololongui et de la grande mare Man Sube qui inonde de vastes terrains durant les années pluvieuses. Il faut aussi noter la présence de nombreuses zones dépressionnaires inondables* » (ARD Tamba & GRET, 2011). Initialement, l'implication principale de la Mairie était de mettre l'école à disposition des sinistrés. Ce n'est que progressivement qu'une réflexion sur le risque d'inondation et la gestion des eaux pluviales s'est instaurée, notamment grâce à l'appui du GRET. L'objectif de cette partie du diagnostic est d'analyser le coût des inondations pour la commune de Diawara à partir des documents fournis (comptes administratifs et budgets) et des entretiens téléphoniques réalisés avec le Maire de la commune, M. Sakho. Les inondations ont des impacts économiques majeurs sur la commune de Diawara, notamment des coûts directs « physiques » sur les différents actifs ainsi que des coûts indirects. En effet, elles concernent directement l'économie locale pendant « *près de 45 jours par an* » et les inondations « *ont été importantes lors des dernières années, notamment de 2013 à 2016* » d'après M. Sakho. Routes coupées, ville isolée, mobilité des personnes réduite, pertes de bétails et impacts sur le bâti sont les principales conséquences identifiées lors des entretiens téléphoniques.

La loi sénégalaise stipule que « *ne peuvent être constituées en communes que les localités ayant un développement suffisant pour pouvoir disposer de ressources propres nécessaires à l'équilibre de leur budget* » (art. 73CGCL). Le budget d'une commune est un acte juridique qui prévoit et autorise les recettes et les dépenses, approuvé par le Conseil Municipal. Dans le cas de Diawara, le budget comporte des écarts financiers importants avec le compte administratif. Le compte administratif rapproche les autorisations inscrites au budget des réalisations effectives en dépenses et en recettes. Les budgets comportent l'ensemble des chapitres de dépenses et de recettes théoriques, chaque chapitre ayant des lignes budgétaires « idéalement » atteintes. On constate que l'ensemble de ces lignes budgétaires n'apparaissent pas nécessairement dans les comptes administratifs. Dans le cadre de cette analyse, ce sont les comptes administratifs de la ville de Diawara de 2013 à 2016 qui ont été analysés, correspondant aux recettes (de fonctionnement et d'investissement) et dépenses (de fonctionnement et d'investissement) réelles de la commune.

1.1. Analyse du coût des inondations pour la commune de Diawara

D'après le premier entretien avec le Maire de Diawara, le montant alloué par la commune pour la lutte contre le risque d'inondations représente 7 à 8 millions de francs CFA par an, sur un budget total (sections d'investissement et de fonctionnement réunies) d'environ 70 millions de francs CFA de 2013 à 2015. On peut donc estimer qu'environ 10 % du budget de la commune finançait exclusivement la lutte contre les inondations sur cette période. Le compte administratif de l'année 2016 a pour spécificité une hausse importante des recettes et sera analysé dans un second temps.

Le financement des mesures de lutte contre les inondations et la gestion des eaux pluviales est assuré par la commune grâce à plusieurs sources : le "Fonds de concours de l'Etat", les "Autres fonds de concours" provenant de l'aide internationale ou de fonds privés, les "Fonds de dotation de la décentralisation" ainsi que les différentes recettes propres à la commune. D'après le Maire, « *la commune n'a pas la possibilité de réaliser des emprunts du fait des difficultés de la procédure* ». Ce montant annuel de recettes représente la capacité d'action financière de la commune et varie considérablement entre 2013 et 2015.

On constate à première vue que les comptes administratifs ne sont pas à l'équilibre de 2013 à 2015. En effet, un financement de l'Union Européenne en 2013 a porté à 88 millions de francs CFA les recettes de cette année alors que les dépenses n'étaient que de 74 millions, soit un excédent de 6 millions à la fin de l'année. Les années 2014 et 2015 portent quant à elles un déficit de respectivement 12 millions et 4 millions de francs CFA. Le Maire explique ces variations budgétaires par « *des dépenses engagées une année qui ne sont pas payées la même année* », soit un problème de report de la comptabilité d'une année sur l'autre qui n'a pas de lien direct avec les inondations. M. Sakho explique

qu'inévitablement « les dépenses annuelles ne peuvent excéder les recettes car la commune ne peut se retrouver en situation de déficit à la fin de l'année ».

Suite aux entretiens téléphoniques avec le Maire de Diawara, les postes de dépenses correspondant à la « gestion des inondations » ont été clairement identifiés. Ces postes de dépenses relèvent principalement d'actions d'urgence de lutte contre les inondations (services 313, 391, 451 et 509 ci-dessous) plutôt que de gestion des eaux pluviales *via* des ouvrages structurants (service 702). Les fonds disponibles des postes de dépenses ci-dessous sont très majoritairement alloués afin de gérer au mieux la période d'hivernage (cf. tableau 2).

Tableau 2. Dépenses de la commune de Diawara spécifiques aux inondations de 2013 à 2015, en millions de francs CFA.

		2013	2014	2015	Total
Service 313 - Cabinet du Maire	6490 Dépenses diverses Cabinet du Président du Maire	1,7	4,1	1	6,8
Service 391 - Nettoyement	6192 Produits de désinfection	0	0,5	0	1,8
	633709 Acquisition de matériel de balayage	0,5	0,5	0,3	
Service 451 - Santé, Hygiène et Actions Sociales	610 Produits Pharmaceutiques et d'hygiènes	0	0,5	1,5	4
	64510 Secours aux indigents	0,5	0,5	1	
Service 509 - Dépenses diverses	6490 Dépenses diverses	0	0,2	0	0,2
Service 702 - Voirie	221002 Aménagements de chaussées et de voies publiques	0	1,5	0	4,9
	221003 Travaux de remblais et de terrassement	1,1	0	0,9	
	221006 Travaux de déblayage et de dégagement	0	0	1,4	
Total des dépenses spécifiques aux inondations (millions de FCFA)		3,8	7,8	6,1	17,7

Les inondations provoquent des dégâts considérables chez les habitants, qui sont parfois obligés de quitter leur lieu d'habitation. Le service 451 « Santé, Hygiène et Actions Sociales » permet la prise en charge de ces populations, et ce poste de dépenses est en constante hausse sur la période 2013-2015. Le service 391 « Nettoyement » correspond à l'achat de matériel pour que les associations de jeunes puissent nettoyer la ville après les intempéries. Quant au service 313 « Cabinet du Maire », il correspond aux dépenses diverses directement mises à disposition par le Maire de Diawara, notamment pour l'aide aux indigents. On constate également plusieurs dépenses dans le service 702 « Voirie » tels des petits travaux de préparation à l'hivernage. A noter qu'à Diawara, le service « Assainissement » ne concerne pas les eaux pluviales mais uniquement la gestion des ordures ménagères.

En 2013, le coût des inondations pour la commune a représenté seulement 4% du budget (cf. Fig. 16), du fait du financement exceptionnel de l'Union Européenne (projet Diawara Labeeye mis en œuvre conjointement avec le GRET) comptabilisé cette année-là. En 2014, le coût des inondations a augmenté jusqu'à atteindre 14% du budget, probablement dû au fait que les recettes apparaissant dans la

comptabilité de 2014 ont été plus faibles. En 2015, le coût des inondations a représenté 10% du budget communal. La figure ci-dessous représente le coût réel que les inondations auraient eu sur le budget de la commune de Diawara sans l'octroi d'un financement de l'Union Européenne en 2013, à savoir 10% du budget sur la période 2013-2015.

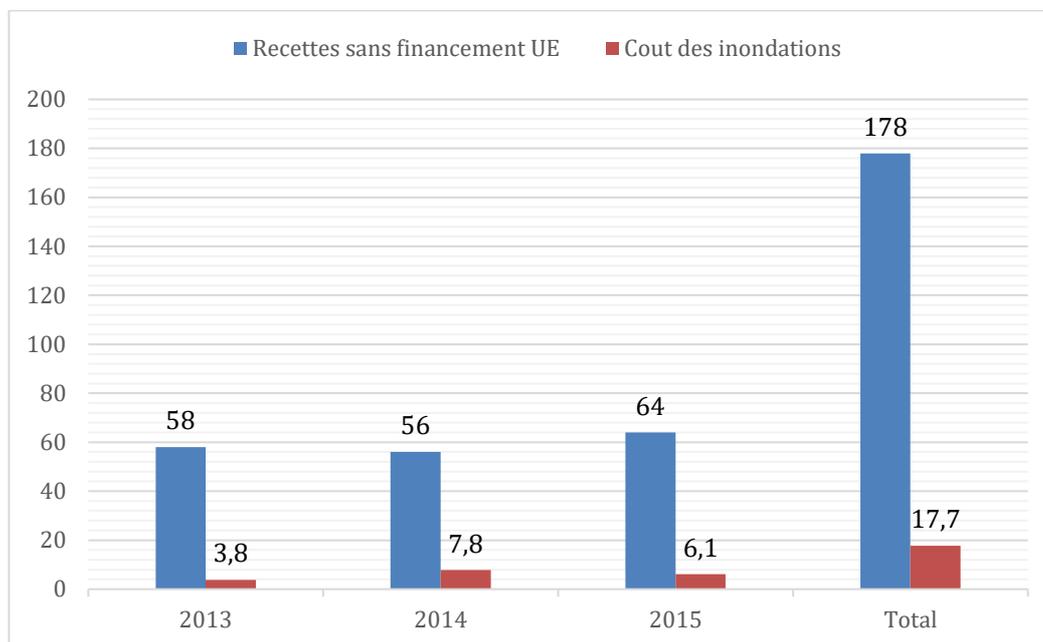


Figure 16. Budget communal relatif aux inondations par rapport au budget total de la commune de Diawara, en millions de francs CFA (source : comptes administratifs de la commune de Diawara)

Malgré les inondations, certains postes de dépenses n'ont quasiment pas diminué durant ces trois années, notamment le service 441 « Education, Jeunesse, Culture et Sports » stabilisé entre 10 et 12 millions de francs CFA « *du fait du respect des consignes de certaines dotations de l'Etat* ». Cependant, le Maire de Diawara confirme que les fonds alloués à la gestion des inondations font peser un risque sur « *des missions moins prioritaires, comme celles d'entretiens et réparations des bâtiments locaux ou de police municipale, qui n'ont pas pu être assurées ces dernières années* ».

1.2. Analyse des recettes de la commune et perspectives pour Diawara

Le financement des collectivités territoriales repose au Sénégal essentiellement sur un partage de la fiscalité locale et des taxes, et sur les transferts financiers de l'Etat sous forme de fonds de concours ou d'équipement. Le statut de circonscription administrative ou de collectivité locale entraîne en principe l'allocation de ressources et la construction d'équipements ou d'infrastructures.

Le 19 décembre 2013, l'Assemblée nationale sénégalaise a adopté un nouveau Code général des collectivités locales (CGCL). L'une des mesures phares de la réforme a été la suppression de la région en tant que collectivité locale, celle-ci étant fortement limitée dans son rôle et n'ayant pas le pouvoir de lever des impôts. A sa place, l'Etat érige le département en collectivité locale, considéré dans la nouvelle loi comme « *la base de la territorialisation des politiques publiques* ». Le Sénégal décide de procéder également à une communalisation intégrale. De fait, toutes les collectivités secondaires (communes d'arrondissement et communautés rurales) deviennent des collectivités décentralisées de plein exercice qui « *s'administrent librement par des conseils élus au suffrage universel* » (art. 1 CGCL). Ainsi, les communes situées en zones urbaines et celles contenues dans des zones rurales « *ont les mêmes compétences et les mêmes modes de gestion* » (Sané, 2016).

Tableau 3. Fonds internes et externes d'aide aux collectivités locales au Sénégal (source : Sané (2016), Projet de loi de finances (2016), Site de l'Agence de Développement Local (2017))

Nom	Type de Fonds	Date de création	Caractéristiques
Fonds de dotation de la décentralisation (FDD)	Fonds de l'État	Article 59 de la loi n° 96-07 du 22 mars 1996 portant transfert de compétences aux régions, aux communes et aux communautés rurales, modifiée par la loi n° 2007-07 du 12 février 2007.	Ce fonds, alimenté à hauteur de 3,5 % de la TVA (taxe sur la valeur ajoutée) perçue au budget de l'Etat, est réparti annuellement en fonction des dépenses et des besoins d'investissement des collectivités, après avis du Conseil national de développement des collectivités locales (CNDCL).
Le Fonds d'équipement des collectivités locales (FECL)	Fonds de l'État	Article 5 de la loi n° 77-67 du 4 juin 1977	Ce Fonds est destiné à assurer les investissements, est également approvisionné par les recettes de la TVA (2 %) au profit du budget de l'Etat et réparti après consultation du CNDCL. Pour 2015, le gouvernement a alloué 35,5 milliards FCFA au FDD et au FECL, soit 4,5 milliards de plus par rapport à l'exercice 2014.
Budget consolidé d'investissement (BCI)	Fonds de l'État	2006	En 2006, l'État a mis en place un nouveau mécanisme de financement qui consiste à décentraliser au niveau des collectivités la gestion des finances et l'exécution de ses dépenses à travers le Budget consolidé d'investissement. En 2016, l'État a décidé de supprimer du BCI des projets d'appui institutionnel pour un montant de 25 milliards FCFA.
Programme national de Développement local (PNDL)	Banque Mondiale	2007	Objectif de réduction de la pauvreté en s'appuyant sur la réforme territoriale de 1996 et l'adoption par le Gouvernement du Sénégal du Document de Stratégie de Réduction de la pauvreté (DSRP) en 2002.
Programme d'Appui aux Communes (PAC) puis Programme de renforcement et d'équipement des collectivités locales (PRECOL)	Banque Mondiale et Agence Française de Développement, Etat sénégalais	PAC entre 1999 et 2004, depuis mise en place du PRECOL.	Éligibilité au PAC pour 67 communes et création de l'ADM. Les deux objectifs principaux de ce fonds étaient le renforcement de la gestion organisationnelle et financière des municipalités et d'augmenter la fourniture d'infrastructures et de services urbains. Avec le PRECOL, l'AFD concentre son financement sur l'agglomération de Dakar.
Programme d'urgence de développement communautaire (PUDC)	Programme des Nations Unies pour le Développement	2015	Le Programme comprend quatre composantes : le développement des infrastructures socio-économiques de base ; l'amélioration de la productivité rurale et de la production agricole et de l'élevage le renforcement des capacités institutionnelles des acteurs locaux ; et développement d'un système d'information géoréférencé.

D'après Sané (2016), « l'un des problèmes fondamentaux des collectivités est le chevauchement des compétences des unes par rapport aux autres et le déficit de moyens humains, matériels et financiers. La multiplication des collectivités a par ailleurs entraîné une forte concurrence dans l'accès aux ressources financières qui se traduit par la démultiplication des espaces dédiés au commerce et le recours à des partenaires étrangers dans le cadre de la coopération décentralisée. » La décentralisation apparaît pour les communes comme un instrument de connaissance du territoire. « Pour percevoir plus d'impôts et de taxes, de nombreux outils sont élaborés, avec l'aide de l'Agence de développement municipal (ADM), pour améliorer l'adressage des rues et quartiers. Ainsi, une part importante de la fiscalité qui échappait à l'Etat est perçue par les collectivités. Les agents économiques informels, bien que sans existence légale, payent dans tous les cas des patentes au même titre que ceux qui sont officiellement reconnus. »

En termes de recettes, le Code des Collectivités Locales ne prévoit pas de dotation spécifique aux collectivités pour financer des opérations de gestion des eaux pluviales. Le montant versé annuellement par l'État à la commune de Diawara pour le poste « Environnement », dans le cadre du Fonds de dotation de la décentralisation, est de 200 000 francs CFA, correspondant en moyenne à 3,3% des dépenses de « gestion des inondations » du budget de la commune.

Théoriquement, la décentralisation renforce le pouvoir des collectivités mais certaines se retrouvent bien souvent, par manque de moyens, « sous la dépendance des services déconcentrés de l'État. Le déficit quantitatif et qualitatif des moyens matériels et humains constitue un autre facteur de paralysie auquel les autorités locales doivent faire face. Le personnel des collectivités du Sénégal serait composé d'environ dix mille agents, dont une écrasante majorité dans les communes urbaines, avec une concentration de la majorité des agents au sein d'un nombre limité de collectivités (PDM, 2008). Le transfert de compétences n'étant pas accompagné d'un transfert d'agents de l'État vers les collectivités, l'État permet aux collectivités, grâce à des conventions, d'utiliser ses agents déconcentrés ou peut leur affecter des agents à leur demande (art. 11, 35 CGCL). Mais ce dispositif est très peu utilisé, notamment en raison de la faiblesse des effectifs et des moyens des services de l'État. La reconnaissance d'une véritable fonction publique locale (loi 2011-08 du 30 mars 2011) instituée pour plus d'équité par rapport à la fonction publique nationale permettra peut-être d'attirer plus de compétences ».

Valiron (1991) souligne que « l'évacuation des eaux pluviales est faite au profit des habitants de la ville, mais la notion d'usager direct concerné est moins nette que pour l'eau usée ou l'alimentation en eau ». Pourtant, le Maire de Diawara indique que la population locale a actuellement « une forte disposition à payer pour se protéger contre le risque d'inondation ». Certains membres du GRET ayant travaillé à Diawara évoquent une « réelle confiance » entre le Maire et ses administrés, ayant permis de « briser le tabou du paiement des impôts ». L'objectif de sa démarche est donc de « faire réaliser aux administrés que les actions individuelles non coordonnées représentent un coût financier exorbitant par rapport à une action concertée à l'échelle de la commune ». Les enquêtes-ménages menées dans le cadre du projet EPUR, analysées dans la suite de ce rapport, montrent en effet que près de 73% des habitants de Diawara estiment que « la gestion des inondations doit être traitée par la Mairie », contre 26% par « les habitants eux-mêmes ».

Se protéger contre le risque d'inondation implique donc une hausse des financements pour assurer une protection, et par conséquent une hausse des recettes communales provenant de fonds propres ainsi que d'autres sources de financement. Différentes modalités permettent de financer la GEP : impôt local perçu sur la propriété du sol, taxe sur le mètre carré construit ou loti, taxe au mètre carré imperméabilisé, taxe sur la construction de nouveaux édifices ou taxe sur le prix de l'eau.

Afin, entre autres, de financer cette politique de gestion des inondations, le budget de la ville de Diawara entre 2015 et 2016 a presque doublé, passant de 64 à 119 millions de francs CFA. D'après Sané (2016), « la fiscalité locale est l'une des rares ressources à laquelle les communes peuvent accéder directement. Elle concerne d'une part la fiscalité propre des collectivités qui comprend les impôts sur la consommation, les patentes sur l'occupation de l'espace public, le stationnement, la taxe sur les marchés, les souks et échoppes, la taxe sur la publicité, la taxe sur l'enlèvement des ordures ménagères, etc. Il s'agit d'autre part de la fiscalité partagée avec l'Etat qui concerne les taxes sur les automobiles et sur les plus-values foncières et immobilières. Malgré les progrès réalisés dans la maîtrise de l'assiette et le recouvrement, beaucoup d'efforts restent à faire, d'autant que les autorités peinent à convaincre de la pertinence des prélèvements. Pour de nombreux habitants et promoteurs économiques, les travaux routiers, l'éclairage public, entre autres investissements des collectivités, sont assurés par l'Etat ».

Suite à la sensibilisation des habitants de Diawara, le recouvrement de certaines recettes, comme le « Droit d’alignement des frais de bornage » et la « Contribution des patentes » a permis à la commune de collecter près de 46 millions de francs CFA en une année fiscale. Diverses taxes sont en voie de recouvrement, comme le « Produit du service des vidanges », la « Légalisation », « Location de la salle de fête », « Redevance d’autorisation mensuelle des taxis » ou la « Taxe sur les appareils de distribution de carburant ». De plus, la commune de Diawara a bénéficié d’une hausse de 1,5 millions de francs CFA du Fonds de dotation pour la décentralisation, et de 9 millions de francs CFA du Programme National de Développement Local. En parallèle de cela, la commune est actuellement en train de mettre en place une Commission de la fiscalité locale pour améliorer la collecte des impôts fonciers sur le bâti et le non bâti, qui est actuellement inexistante. L’objectif pour la commune est de pouvoir augmenter son niveau de recettes « à hauteur de 180-200 millions de francs CFA dans les prochaines années » estime M. Sakho.

Il est important de souligner que « ces recettes supplémentaires bénéficieront au financement de l’ensemble des dépenses de la commune » et pas exclusivement aux dépenses de gestion des inondations, souligne M. Sakho. Certains investissements sont également prioritaires pour la commune, notamment la construction du nouveau Centre socio-collectif. On constate néanmoins une hausse des dépenses pour la gestion des inondations de 11 millions par rapport à 2015, pour un total de 15,9 millions de francs CFA représentant 13% du budget de 2016.

Tableau 4. Dépenses de la commune de Diawara spécifiques aux inondations pour l’année 2016, en millions de francs CFA.

		2016
Service 313 - Cabinet du Maire	6490 Dépenses diverses Cabinet du Président du Maire	2,8
Service 451 - Santé, Hygiène et Actions Sociales	610 Produits Pharmaceutiques et d’hygiènes	1,7
	64510 Secours aux indigents	1
Service 509 - Dépenses diverses	6490 Dépenses diverses	5 (sur 8)
Service 702 - Voirie	221612 Construction de fosses de caniveaux	5,4
Total dépenses spécifiques aux inondations (millions de FCFA)		15,9

En 2016, la Mairie de Diawara a également sollicité l’aide des sénégalais et migrants sénégalais à l’étranger afin d’alimenter un fonds de solidarité suite aux graves inondations de ces dernières années. Ce fonds d’une valeur de 50 millions de francs CFA a permis de financer les études du plan d’un nouveau lotissement afin de reloger les populations vivant dans les quartiers les plus affectés par les inondations. Ce fonds n’apparaît pas dans le compte administratif de 2016 ni dans le budget.

2. Analyse des résultats des enquêtes-ménages menées à Diawara

2.1. Présentation des principaux résultats de l’étude

Dans le cadre du projet EPUR « Eaux Pluviales Urbaines et Résilience » mené par le GRET dans la commune de Diawara, une étude socio-économique a été réalisée en collaboration avec des acteurs locaux afin de « recueillir des données permettant de faire l’état des lieux quant à la gestion des eaux pluviales dans la commune ; connaître les différentes solutions préconisées par les ménages face aux inondations ; et mesurer le degré de connaissance et de perception des ménages sur les manifestations du changement climatique ».

Les informations collectées ont été classées dans trois catégories : les « caractéristiques du ménage et de l'habitation », « le ménage et les inondations » et les « perceptions du ménage par rapport au changement climatique ». Nous nous intéresserons principalement aux résultats des deux premières catégories. S'appuyant sur le dernier recensement officiel de la population effectué en 2004, la population de Diawara serait actuellement de 12 000 habitants et 519 ménages. L'étude précise « qu'un échantillon de deux cent trente-cinq (235) ménages a été sélectionné pour l'étude, ce qui correspond à 45% des ménages de la commune de Diawara. Cet échantillon a été ensuite réparti entre les différents quartiers en tenant compte du nombre de ménages par quartier » afin de garantir la représentativité de l'échantillon.

A l'échelle de la commune, 90% des ménages enquêtés sont touchés par les inondations. Seuls 10% des ménages rencontrés se disent épargnés par les inondations. Parmi les personnes déclarant être impactées par les inondations, 69% d'entre elles estiment « souffrir chaque année » des inondations tandis que 31% des individus estiment « ne souffrir que durant les années très pluvieuses ».

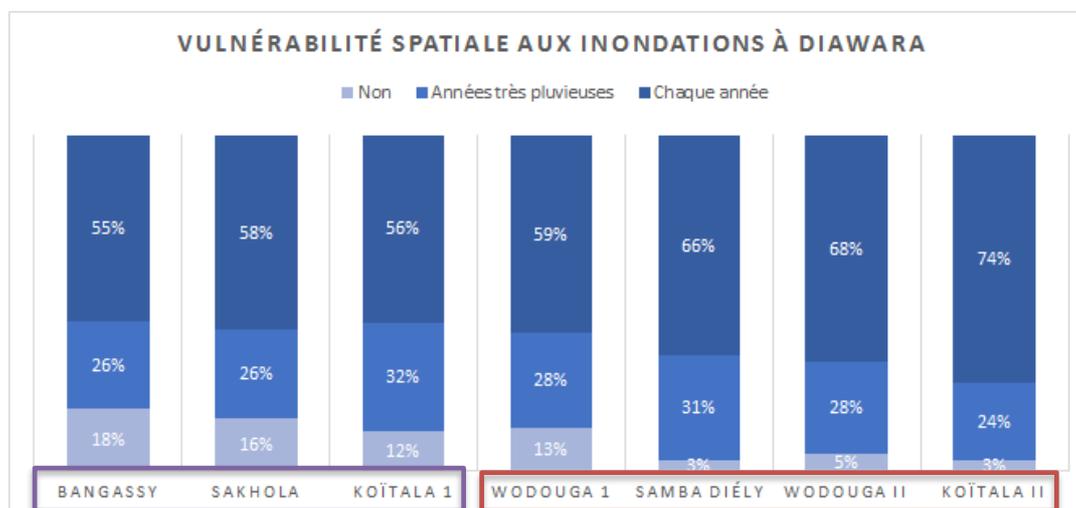


Figure 17. Vulnérabilité aux inondations des différents quartiers de Diawara (source : Enquêtes-ménages du GRET (2016)).

D'après les enquêtes menées, les trois quartiers les moins affectés par les inondations de manière annuelle sont Bangassy, Sakhola et Koïtala I (encadrés en violet sur la figure ci-dessus). Ces quartiers correspondent à l'ancien village bâti avant 1980. Les quartiers les plus affectés par les inondations sont situés au sein de la zone d'expansion récente du village : Samba Diély, Wodouga II et Koïtala II, tandis que Wodouga I semble plus épargné (encadrés en rouge ci-dessus).

Deux types de coûts sont générés du fait des inondations : des dépenses liées aux dégâts sur les actifs appartenant aux ménages et des dépenses liées à des mesures de protection lors de l'hivernage. En effet, dans « le cadre de la lutte contre les inondations, plusieurs actions sont entreprises par les ménages. Ainsi, le creusement de rigoles pour évacuer les eaux pluviales demeure la mesure la plus utilisée par les enquêtés avec 43% ; ensuite l'utilisation de briques vient en seconde position avec 36% ».

2.2. Analyse critique des résultats des enquêtes-ménages

Dans un premier temps, nous pouvons constater que sur les 236 ménages interrogés, 213 d'entre eux indiquent être affectés par les inondations, soit 90%. Sur ces 213 ménages affectés par les inondations, plus de la moitié (116) ont déclaré avoir engagé des dépenses suite à « des dégâts à cause des inondations ».

Tableau 5. Analyse des coûts annuels des inondations pour les ménages de Diawara (source : Enquêtes-ménages du GRET, 2016)

Quartiers	Nombre de ménages interrogés	Nombre de ménages touchés par les inondations	Nombre de ménages touchés ayant déclaré des coûts subis	Coût total des dégâts par quartier (FCFA)	Coût moyen des dégâts par ménage (FCFA)	Coût moyen des dégâts par ménage (EUR)
Bangassy	38	31	16	2 683 000	167 687	256 €
Koïtala I	34	30	22	3 630 500	165 000	252 €
Koïtala II	34	33	14	1 557 000	111 214	170 €
Sakhola	19	16	10	1 287 500	128 750	196 €
Samba Diély	32	31	11	2 282 000	207 454	316 €
Wodouga I	39	34	22	2 378 000	108 090	165 €
Wodouga II	40	38	21	2 546 000	121 238	185 €
Total	236	213	116	16 364 000	141 069	215 €

On constate que le quartier Koïtala I, qui est situé dans le centre-ville et qui a la population se déclarant la moins touchée par les inondations, a cependant une des parts les plus élevées de ménages ayant effectués des dépenses à cause d'inondations (65%) et le plus haut niveau de dégâts (3,6 millions de francs CFA). Il semble donc fondamental de récolter des informations sur les raisons pour lesquelles 97 ménages interrogés à Diawara n'ont pas indiqué avoir eu de dépenses suites aux inondations. Plusieurs possibilités existent :

- Les dégâts n'engendrent aucun coût financier (exemple : la cour est inondée et sèche naturellement)
- Les dégâts matériels sont tangibles mais le ménage a décidé de ne rien faire par manque de moyens financiers
- Les dégâts matériels sont tangibles mais le ménage a pu avoir une aide extérieure (de la famille, de la commune, etc.) faisant en sorte qu'il n'a pas ressenti un « coût »
- Les dégâts matériels sont tangibles mais le ménage a pu réutiliser des matériaux à sa disposition sans engager de dépenses
- Le questionnaire ne permet pas au ménage de se remémorer correctement le montant des dépenses et celui-ci préfère ne pas répondre

Dans un second temps, il nous semble indispensable d'aborder la question du coût total des inondations pour l'ensemble des habitants de la commune de Diawara. Nous avons calculé ce coût total à partir de la proportion de ménages ayant indiqué avoir engagé des dépenses suite aux inondations, à savoir 49%. Le coût total annuel pour les habitants de la commune de Diawara est alors de 35 875 257 millions de francs CFA. Une approche similaire pourrait être adoptée pour les 107 ménages (45%) qui ont déclaré s'être dotés en petits équipements de protection (matériel pour creuser des rigoles, briques, sacs de sable, achat de motopompe, etc.) : le coût total annuel serait alors de 15 856 626 millions de francs CFA supplémentaires, à condition que ces équipements aient une durée de vie inférieure à un an, notamment du fait de destruction lors de l'inondation. On peut donc estimer à 51,7 millions de francs CFA le coût total annuel des inondations pour les habitants de Diawara en 2016, soit près de trois fois le budget de la commune alloué aux inondations en 2016.

On remarquera également que les enquêtes-ménages du GRET reposent sur un recensement de la population datant de 2004, dernier recensement officiel validé par l'ensemble des autorités publiques. Selon le Maire de Diawara, la population en 2016 serait environ de 15 000 habitants. En faisant l'hypothèse que cette nouvelle population s'est majoritairement installée lors des dix dernières années dans les nouveaux quartiers étant les plus affectés par les inondations, le nombre de personnes affectées et le coût total pourraient potentiellement être plus élevé de nos jours.

2.3. Pistes d'amélioration du questionnaire d'enquête-ménages

Le tableau ci-dessous regroupe des pistes d'amélioration du questionnaire d'enquête-ménages réalisé par le GRET.

Tableau 6. Pistes d'amélioration pour un futur questionnaire d'enquête-ménages (source : Colbert, Diallo, Barbe, Rabouille, 2017)

Numéro de question	Intitulé	Proposition de modification
5	Type d'habitat	Proposer une troisième réponse « banco et brique ». Éventuellement demander si le logement est surélevé pour s'adapter au risque d'inondation.
7	Date de construction	Faible taux de réponses pour les locataires, privilégier des « retraités » connaissant bien l'histoire du quartier si besoin
8	Nombre de ménages dans la concession	Préciser quel est le but de cette question : existe-t-il un système de solidarité financière au sein de la concession en cas d'inondation ?
12	Voie d'accès	Est-ce que cette voie d'accès est « privée » et peut représenter un coût pour le ménage en cas d'inondation ? Ou bien ce coût serait supporté par la commune ?
13	Souffrez-vous des inondations ?	Cette question pourrait davantage interroger les ménages sur la question des coûts directs (sur les actifs perdus/endommagés) et des coûts indirects (transports, approvisionnement, etc.) qui peuvent affecter l'ensemble des ménages de Diawara
14	Si oui, pourquoi ?	Dans la même logique, faire cette distinction entre des personnes affectées par les deux types de coûts et celles uniquement par les coûts indirects
15	Fréquence des nuisances	Est-ce que l'étude de 2016 a été réalisée lors d'une année très pluvieuse ou normale ? Il serait intéressant d'évaluer les différences de coûts selon les années (uniquement les coûts de protection lors des années moins pluvieuses par exemple)
17-18-19	Dégâts liés aux inondations et coûts induits	En lien avec la partie « Analyse critique des résultats des enquêtes-ménages », essayer de comprendre pourquoi certains ménages n'ont pas déclaré de coûts directs. Également intéressant de savoir si certains ménages ayant des activités de commerce au rez-de-chaussée de leur maison ont subi des impacts supplémentaires.
20-21-22	Mesures de protection et coûts induits	La limite de cette question est de savoir si ce coût est annuel ou si le matériel est amorti sur plusieurs années
23	Responsabilité	Niveau élevé de personnes interrogées indiquant que la Mairie est l'acteur en charge de traiter les inondations : poser une question pour évaluer l'impact de la sensibilisation de la Mairie sur la perception des habitants serait intéressant / hiérarchiser les réponses des interrogés
24	Mesures à mettre en place	Réponses fermées pour faciliter le traitement de l'information avec une possibilité de réponse ouverte et envisager une hiérarchisation
26-27	Aggravation des inondations avec le temps	Réponses fermées avec une possibilité de réponse ouverte

La question du coût des inondations pour les ménages est fondamentalement liée à la question de la vulnérabilité des populations. L'étude de l'AFD publiée en 2017 sur la « Vulnérabilité sociale aux catastrophes au Sénégal » met en avant plusieurs variables permettant de mesurer cette vulnérabilité, entendue comme « la propension ou prédisposition à subir des dommages. La vulnérabilité englobe divers concepts ou éléments, notamment les notions de sensibilité ou de fragilité et l'incapacité de faire

face et de s'adapter » (IPCC, 2014). Lors des inondations de juillet 2016 au Sénégal, autour de 12 000 personnes ont été sinistrées, dont plus de 75 % étaient des paysans pauvres dont les cultures ont été détruites, mettant en péril leurs moyens d'existence (ACAPS, 2016).

Les variables de l'étude sont : a) la taille de la population ; b) le pourcentage de femmes ; c) le pourcentage de ménages dont un membre au moins a sauté un repas dans les 7 jours écoulés du fait d'un manque de ressources ; d) le pourcentage de personnes sans emploi ; e) le pourcentage de ménages ayant accès à Internet et un ordinateur ; f) la densité de population (AFD, 2017).

3. Proposition d'une méthode d'analyse des coûts liés aux inondations

3.1. Cadrage théorique

L'absence de gestion des eaux pluviales procure des impacts négatifs aux populations locales. Ces impacts négatifs, qu'il faut estimer, sont à la fois économiques, écologiques et sociaux. L'évaluation économique de ces coûts consiste à associer une valeur exprimée en termes monétaires (euros, dollars, Franc CFA) à des biens ou des services affectés par les inondations ou les ruissellements, afin d'appuyer l'aide à la décision. On constate d'emblée qu'il est plus aisé d'attribuer une valeur monétaire à des impacts économiques (exemple des jours de travail perdus) qu'à des impacts écologiques (lessivage et érosion d'un sol, contaminations et pollutions) ou sociaux (valeur de la qualité du cadre de vie).

Les biens et services marchands sont des produits matériels pouvant être vendus et achetés alors que les biens et services non-marchand (amélioration de la qualité de l'eau, usages récréatifs informels, etc.) ne peuvent l'être. On parlera donc de dommages tangibles pour les dommages où ils existent un marché ad hoc qui permet d'attribuer une valeur monétaire, et dommages intangibles quand cette méthode n'est pas applicable.

Les impacts négatifs liés à une gestion des eaux pluviales défaillante représentent des coûts pour les populations et les territoires. Ces coûts peuvent être directs ou indirects. Les coûts directs "correspondent aux dommages causés aux actifs physiques tels que les infrastructures et bâtiments résidentiels, commerciaux ou industriels ainsi qu'au stock de produits finis et de demi-produits, aux matières premières et aux cultures détruites ou endommagées par la catastrophe. Les coûts indirects correspondent aux biens et services qui ne seront pas produits ou fournis en raison de la catastrophe, ainsi qu'à la nécessité d'employer des intrants plus coûteux, en raison de la destruction des sources d'intrants habituels, et des circuits de distribution plus coûteux." (Nations Unies, 2003).

Différentes approches d'évaluation économique des biens environnementaux ont été développées et sont aujourd'hui utilisées, chaque méthode apportant un éclairage particulier. On distingue généralement trois types de méthodes suivant la valeur que l'on cherche à estimer. Ainsi, pour déterminer des valeurs de marché ou d'option, on aura recours aux méthodes basées sur les coûts. Pour estimer les valeurs d'usage non liées à un marché, des méthodes de préférences révélées seront utilisées. Enfin, pour préciser les valeurs de non-usage, on dispose de méthodes de préférences déclarées (ONEMA, 2013).

Dans le cas du risque d'inondation ou de ruissellement intense, l'intérêt économique d'un projet s'évalue au regard des coûts évités par le projet, en fonction du degré de protection retenu : les coûts directs et indirects des biens et services marchands détruits ou détériorés, ainsi que les coûts des biens et services non - marchands détruits ou détériorés. Une fois ces bénéfices évalués, les coûts des mesures pourront être calculés et devront intégrer les éléments suivants :

- Les coûts initiaux d'études préalables
- Les coûts initiaux d'investissements propres à chaque projet, et détaillés par mesure
- Les coûts annuels d'entretien, de fonctionnement, de sensibilisation, de contrôle propre à chaque programme de mesure, et détaillés par mesure
- Les coûts de réparation éventuels en cas d'endommagement ou de rupture de l'ouvrage
- Les coûts « cachés », par exemple ceux des mesures compensatoires le cas échéant.

3.2. Cadrage méthodologique de la méthode qui semble être la plus adaptée

Premièrement, on peut identifier deux grands contextes décisionnels génériques justifiant la mise en place d'une analyse économique visant à prévenir le risque d'inondation ou de ruissellement. D'après Grelot (2002), « l'idée consiste à faire l'hypothèse que, même si les interactions entre acteurs sont parfois complexes, des hommes ou des groupes d'hommes prennent effectivement des décisions qui sont identifiables. Cela étant, en matière de prévention des risques comme ailleurs, chaque décision se prend évidemment dans un environnement qui lui est propre ».

Nous appelons précisément cet environnement qui entoure les projets de prévention contexte décisionnel. La décomposition analytique suivante en fournit une description plus précise :

- **Un objectif** : il s'agit du résultat final visé par la décision pour un niveau de prévention donné (cet élément s'apparente à un critère de succès ex post de la décision) ;
- **Un (ou des) décideur(s)** : il s'agit de l'entité (ou des entités) dépositaire(s) du pouvoir effectif de décision (il peut s'agir d'une organisation, ou d'un individu) ;
- **Un (ou des) bénéficiaire(s)** : il s'agit de l'entité (ou des entités) cible(s) de la décision, sur laquelle (lesquelles) vont porter ses conséquences ;
- **Un instrument** : il s'agit du moyen d'action privilégié utilisé pour parvenir à l'objectif visé.

Évaluée à l'aune d'un tel contexte décisionnel, l'application des outils de prévention existants fait en effet émerger une distinction possible, entre d'une part les **décisions centralisées visant l'intérêt général** et d'autre part **les décisions contractuelles autour du bien commun**.

Décision centralisée visant l'intérêt général		Décision contractuelle autour du bien commun
Allocation optimale des ressources	Objectif	Accord autour d'une allocation des ressources
Une autorité publique	Décideur	Les différentes parties prenantes
Les membres de la société	Bénéficiaire	Les mêmes parties prenantes
Évaluation objective de la situation	Instrument	Négociation
PPRI	Exemple	SAGE

Figure 18. Grille de deux contextes décisionnels (source : extrait de Grelot & al., 2002). Le PPRI et le SAGE correspondent au Plan de Prévention du Risque Inondation et au Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau

Dans le cadre d'une décision centralisée visant l'intérêt général, le travail d'aide à la décision consiste en effet à fournir au décideur centralisateur une information sur les préférences de l'ensemble de la population, de manière à éclairer son choix au regard de son objectif principal : la poursuite de l'intérêt général par la maximisation d'un critère d'évaluation. Dans le cadre d'une décision contractuelle autour du bien commun, en revanche, il s'agit certes de fournir aux acteurs chargés de les représenter une information sur l'avis des différentes parties prenantes, mais surtout d'aider à la structuration des objectifs des différents acteurs pour que la phase de négociation soit facilitée.

Décision centralisée visant l'intérêt général :

- **L'objectif** est l'allocation optimale des ressources ;
- **Le décideur** est l'autorité publique ;
- **Les bénéficiaires** sont les membres de la société (selon l'échelle de la décision)
- **L'instrument** privilégié est l'évaluation objective de la situation.
- **L'allocation optimale des ressources** (l'objectif) se fait au travers de la mise en place de règles pour empêcher une utilisation jugée irrationnelle des sols ;
- **L'autorité publique** (le décideur) est, en l'espèce, le préfet, à l'initiative et sous la responsabilité duquel est conduite la procédure ;
- **Les membres de la société** (les bénéficiaires) sont les populations des diverses communes concernées, bénéficiaires parfois bien malgré elles de la mise en place des plans de prévention ;
- **L'évaluation objective de la situation** (l'instrument privilégié) est fournie par l'analyse scientifique : un niveau d'aléa tolérable étant admis (la crue historique ou la crue de période de retour 100 ans), il s'agit de déterminer la zone d'expansion de crue correspondante.

- **L'ACB (Analyse coûts-bénéfices)** est une méthode bien adaptée aux décisions centralisées visant l'intérêt général, puisqu'elle fournit un cadre de décision rationnelle à un décideur centralisateur dont l'objectif est la poursuite de l'intérêt général. La valeur de certains paramètres étant fixée (taux d'actualisation, éventuels coefficients de pondération...), son résultat permet en effet l'arbitrage des intérêts particuliers au regard du surplus économique global et de conditions objectives d'efficacité économique (allocation optimale des ressources). En revanche, une approche basée sur une ACB correspond moins à une « décision contractuelle autour du bien commun », puisque le décideur reste une autorité centrale (publique en l'espèce), et que la décision est jugée à l'aune de ses impacts pour l'ensemble de la société, sans qu'une phase de négociation ne soit forcément jugée prépondérante. Le manque de données et la faible concertation entre les acteurs locaux prévue dans l'ACB sont des limites fortes à la mise en place de cette méthode au Sénégal.

Décision contractuelle autour du bien commun :

- **L'objectif** est l'accord autour d'une allocation des ressources ;
- **Les décideurs** sont les diverses parties prenantes (*stakeholders*) ;
- **Les bénéficiaires** sont les mêmes parties prenantes ;
- **L'instrument** privilégié est la négociation.
- **L'accord** autour d'une allocation des ressources (l'objectif) se fait au travers de la procédure d'élaboration du projet d'aménagement et de gestion ;
- **Les parties prenantes (les décideurs)** correspondent aux groupes représentés dans la Commission locale de l'eau (les collectivités, les usagers, les riverains, l'État...) qui participent à la décision ;
- **Les mêmes parties prenantes (les bénéficiaires)** bénéficient aussi directement de la mise en place du schéma d'aménagement et de gestion ;
- **La négociation (l'instrument privilégié)** se traduit par l'existence même de la Commission locale de l'eau, et dans une moindre mesure par la prise en compte des observations des populations, des conseils municipaux, généraux, régionaux...

L'Analyse décisionnelle multicritères (ADMC) : Cette approche repose sur une structuration des objectifs de chacune des parties prenantes. Cette structuration doit ensuite permettre à chaque partie prenante d'avoir une appréhension claire et explicite des enjeux de toutes les autres parties prenantes (y compris les siens). La conduite d'une AMC est classiquement réalisée en cinq étapes : 1. l'identification, pour la partie-prenante, des axes de signification relatives à la prise de décision ; 2. l'encodage des préférences sur chaque axe de signification. La métrique utilisée peut être la monnaie, mais ce n'est pas nécessaire ; 3. la pondération relative de chaque axe l'un par rapport à l'autre ; 4. l'agrégation des scores pour chaque projet identifié et l'obtention d'un classement ; 5. l'analyse de la sensibilité des résultats (scores et pondération).

Au regard de la prévention des inondations, l'**ADMC** correspond bien aux décisions contractuelles autour du bien commun, puisque l'essentiel de la démarche consiste à structurer les objectifs des différentes parties prenantes pour que leur négociation soit facilitée. Une approche basée sur une ADCMC est peu compatible avec une « décision centralisée visant l'intérêt général », mais s'inscrit davantage dans une « décision contractuelle autour du bien commun ». Cette dernière implique qu'un accord autour d'une allocation des ressources est suffisant (sans qu'il soit besoin de faire référence à la notion d'efficacité économique globale), et que les différentes parties-prenantes sont à la fois décideurs et seules bénéficiaires des impacts des projets envisagés. On peut donc estimer que la méthode d'analyse décisionnelle multicritères est la plus adaptée au contexte du Sénégal, dans une logique d'inclusion de l'ensemble des acteurs affectés par le risque d'inondation et potentiellement disposés à mobiliser des fonds (propres ou externes) pour se prévenir de ce risque.

3.3. Proposition d'une méthode d'évaluation des coûts directs et indirects des inondations

L'objectif de cette sous-partie est de présenter une méthode d'évaluation des coûts directs et indirects liés aux inondations (cf. Tableau 7 ci-dessous). Cette méthode peut appuyer l'élaboration de la première phase de l'ADMC, à savoir la définition des « axes de signification relatives à la prise de décision ». Cette méthode s'inspire directement de trois rapports supervisés par le Ministère français de l'Ecologie,

du Développement durable et de l'Energie (CEREMA (2014), Commissariat général au développement durable (2012), Direction générale de la prévention des risques (2014).

Périmètre d'étude et recensement des enjeux

Dans une optique de mise en place de mesures visant à prévenir les territoires concernés par le risque d'inondation (ouvrages de ralentissement dynamique, de protection, etc.), cette méthode permet d'évaluer certains bénéfices escomptés, à savoir les coûts évités par la mise en place du projet. Trois types d'enjeux ont été retenus : sociaux (Soc), environnementaux (Env.) et économiques (Eco). Les dommages à prendre en compte sont les dommages directs et indirects monétisables (« tangibles ») par une évaluation monétaire, ainsi que les dommages directs et indirects non-monétisables (« intangibles ») par une évaluation au moyen d'indicateurs.

Périmètre géographique de l'étude et caractérisation de l'aléa

Une ADMC est à réaliser sur un périmètre constitué a minima de l'enveloppe maximale des aléas impactée par le projet. Le porteur de projet peut compléter l'étude sur un périmètre plus large que le périmètre d'exposition s'il considère que cela est pertinent. Les quatre principaux scénarii d'inondation permettent de définir ce périmètre :

- Scénario d'évènements engendrant les premiers dommages
- Scénario de dimensionnement, correspondant au niveau de protection
- Scénario de fin d'impact de l'ouvrage, correspondant à la ruine généralisée de l'ouvrage
- Scénario extrême, de période de retour au moins 1000 ans.

Définitions

- Établissement sensible : Crèches, écoles maternelles et élémentaires, établissements hébergeant des enfants handicapés relevant du domaine médico-social, ainsi que les aires de jeux et espaces verts qui leur sont attenants. Collèges et lycées, ainsi que les établissements accueillant en formation professionnelle des élèves de la même tranche d'âge.
- Bâti : murs élévation, revêtements de sols, revêtements muraux, cloisons, menuiseries extérieures, fermetures et portes de garage, menuiseries intérieures, installations électriques, installation chauffage, fosse septique plomberie ventilation ou climatisation, plafonds (source : CEPRI, 2014).
- Bien matériel : habits, stock alimentaire, animaux domestiques, mobilier, documents, moyen de transport
- Bâtiments participant à la gestion de crise : prévus dans le Plan ORSEC (Brigade Nationale des Sapeurs-Pompiers, Direction de la Protection Civile, etc.)

Tableau 7. Grille d'analyse des coûts liés aux inondations par acteurs (inspirée de CEREMA (2014), Commissariat général au développement durable (2012), Direction générale de la prévention des risques (2014).

Acteur	Coûts directs		Coûts indirects	
	Monétisables	Non Monétisables	Monétisables	Non Monétisables
Autorités publiques et établissements publics	Eco1 Valeur des actifs « logement/bâtiment » en zone inondable Eco2 Valeur des actifs « biens matériels » en zone inondable	Soc1 Capacités d'accueil des établissements hébergeant une population sensible en zone inondable Soc2. Nombre de mètres linéaires de routes en zone inondable Soc3. Part de bâtiments participant directement à la gestion de crise hors et en zone inondable. Soc4. Capacité d'accueil des établissements de santé en zone inondable	Eco6. Valeur potentielle des fournitures d'aide d'urgence non réutilisables Eco7. Valeur des produits de nettoyage nécessaires en cas d'inondation	Soc8. Nombre de jours d'écoles perdus à cause de l'immobilisation des écoles Soc9. Trafic journalier moyen des réseaux de transport (2 roues, hippomobile, voiture) en zone inondable Env3. Volumes de déchets traités et stockés en zone inondable Env4. Charge journalière entrante en moyenne annuelle des stations de traitement des eaux usées/boues de vidange en zone inondable
Habitants et communauté locale	Eco1 Valeur des actifs « logement/bâtiment » en zone inondable Eco2 Valeur des actifs « biens matériels » en zone inondable	Soc5. Nombre de personnes habitant en zone inondable et part communale Soc6. Nombre de bâtiments patrimoniaux et sites remarquables en zone inondable Env1. Nombre de fosses septiques en zone inondable et part communale Env2. Nombre de forages et bornes fontaines en zone inondable et part communale		Eco11. Nombre de produits de consommation courants pouvant subir une hausse soutenue des prix suite à une inondation

		Soc7. Nombre de lignes, postes et transformateurs électriques en zone inondable		
Secteur industriel	Eco1 Valeur des actifs « logement/bâtiment » en zone inondable Eco3 Valeur des actifs « biens de production » en zone inondable		Eco8. Valeur des nouveaux intrants potentiellement nécessaires suite aux pertes liées aux inondations Eco9. Valeur des salaires journaliers potentiellement non versés pour les emplois en zone inondable	Eco12. Durée potentielle d'inaccessibilité au site de consommation pour les clients Eco13. Durée potentielle d'inaccessibilité au site de production pour les salariés
Secteur agricole	Eco1 Valeur des actifs « logement/bâtiment » en zone inondable Eco3 Valeur des actifs « biens de production » en zone inondable (ex : cheptel, stock, etc.) Eco4. Valeur des productions agricoles par hectare en zone inondable	Eco5. Superficies agricoles en zone inondable (hectares)	Eco8. Valeur des nouveaux intrants potentiellement nécessaires suite aux pertes liées aux inondations Eco9. Valeur des salaires journaliers potentiellement non versés pour les emplois en zone inondable Eco10. Valeur du cheptel potentiellement affecté en zone inondable	Eco14. Pertes de rendement (productivité des sols ou maladie des plantes) Eco15. Durée potentielle du blocage du cycle de production Eco12. Durée potentielle d'inaccessibilité au site de consommation pour les clients Eco13. Durée potentielle d'inaccessibilité au site de production pour les salariés
Secteur des services	Eco1 Valeur des actifs « logement/bâtiment » en zone inondable Eco3 Valeur des actifs « biens de production » en zone inondable		Eco8. Valeur des nouveaux intrants potentiellement nécessaires suite aux pertes liées aux inondations Eco10. Valeur des salaires journaliers potentiellement non versés pour les emplois en zone inondable	Eco17. Capacités d'accueil des centres d'hébergement touristiques en zone inondable Eco12. Durée potentielle d'inaccessibilité au site de consommation pour les clients Eco13. Durée potentielle d'inaccessibilité au site de production pour les salariés

Conclusion

Nous avons, dans un premier temps, cherché à estimer le poids de la gestion des eaux pluviales et du risque d'inondation pour la commune de Diawara. Sur la période 2013-2015, soit 3 ans, les inondations ont représenté un coût d'environ 18 millions de francs CFA. En excluant les recettes provenant d'un financement exceptionnel de l'Union européenne, les inondations représentent un coût équivalent à 10% des recettes de la commune de Diawara sur la période 2013-2015. Afin de se prévenir contre ce risque chronique, la Municipalité a progressivement engagé une stratégie ambitieuse de recouvrement des taxes locales, afin d'augmenter les recettes de la commune. Le résultat est inattendu au regard de la difficulté de l'exercice : entre les années comptables 2015 et 2016, le budget de la commune a été doublé. Cette hausse considérable des recettes financières permet notamment une hausse des dépenses pour la gestion des inondations de 11 millions de francs CFA par rapport à 2015.

A partir de l'analyse des enquêtes-ménages réalisées par le GRET à Diawara, on peut constater que les quartiers les moins touchés par les inondations correspondent à l'ancien village bâti avant 1980. Quant aux quartiers les plus affectés, ils sont situés au sein de la zone d'expansion récente du village. Sur le plan financier, on peut estimer à environ 52 millions de francs CFA le coût total annuel des inondations pour les habitants de Diawara en 2016, soit près de trois fois le budget de la commune alloué aux inondations en 2016.

Enfin, une méthode d'évaluation des coûts a été proposée, reposant sur les principes de l'analyse décisionnelle multi-critères. Cette méthode pourrait permettre aux décideurs sénégalais d'évaluer les différents coûts liés aux inondations, et de proposer des scénarios de réponse au risque adaptés aux enjeux locaux.

Partie 5 : Les techniques de gestion des eaux pluviales

Cette partie dressera dans un premier temps l'état des lieux des stratégies actuelles de gestion des eaux pluviales au sein des grands pôles urbains sénégalais. Le diagnostic des dysfonctionnements permettra d'élaborer des recommandations pour des projets futurs.

Dans un second temps, la problématique de la gestion des eaux pluviales dans les villes secondaires sénégalaises sera abordée. Ces villes sont confrontées à des contraintes d'ordre socio-économiques, limitant de fait leurs moyens d'actions. La pertinence des techniques alternatives en réponse aux villes secondaires sera analysée. Des techniques alternatives à celles adoptées dans les grands pôles urbains seront proposées afin de répondre aux enjeux des villes secondaires. L'étude des projections climatiques réalisée dans la partie 2 a permis de faire ressortir les limites de l'utilisation de tels modèles pluviométriques dans le dimensionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales. Dans ce contexte, la baisse de la vulnérabilité des populations face aux inondations doit nécessairement s'orienter vers une occupation du sol raisonnée.

1. Diagnostic des stratégies d'adaptation actuelles

Ce diagnostic se base sur les témoignages des acteurs institutionnels et des ONG recueillis lors d'entretiens ainsi que sur les visites de terrain réalisées lors de notre mission au Sénégal, dans la région de Dakar et à Saint-Louis. D'importances économiques majeures, les villes de Dakar et Saint-Louis concentrent l'essentiel des moyens mis en œuvre pour lutter contre les inondations.

1.1. Ouvrages

Les principaux ouvrages de lutte contre les inondations mis en œuvre sont :

- **Canaux de drainage** (bétonnés ou en terre) à l'échelle de la ville, l'habitat ou de la ruelle pour évacuer l'eau ;
- **Bassins de collecte** des eaux de pluviales avant évacuation dans les canaux de drainage ;
- **Stations de pompage**.

Canaux de drainage enterrés (Saint-Louis)



Bassin de collecte des eaux pluviales (Saint-Louis)



Station de pompage des eaux pluviales (Saint-Louis)



Figure 19 Quelques ouvrages de gestion des eaux pluviales à Saint-Louis (Photos : A. Barbe, 2017)

Ces ouvrages, dits de « grand génie civil », sont adaptés aux contraintes topographiques et urbanistiques des grands pôles urbains de Dakar et Saint-Louis :

- Une **topographie plane** qui ne permet pas l'évacuation gravitaire des eaux pluviales ;
- Une **urbanisation dense** qui ne permet pas la déviation des eaux en amont et restreint les chemins d'écoulement préférentiel des eaux ;
- **La proximité de la nappe** dans certains quartiers empêche toute possibilité d'intégration d'ouvrages d'infiltration des eaux pluviales. Dans ces quartiers, quelques gouttes d'eau à peine suffisent à saturer le sol, provoquant beaucoup de ruissellement au niveau des zones de fortes

pent. Par ailleurs, la saturation du sol entraîne des problèmes d'eaux stagnantes. Au Sénégal notre attention a été attirée sur cette problématique dans les villes suivantes :

- A Saint-Louis, ville située dans un delta ;
- A Diass, ville située dans une cuvette et qui reçoit les eaux des coteaux ;
- A Pikine et Guédiawaye où l'**absence de réseaux d'assainissement** dans les zones à très forte densité de population entraîne la saturation de la nappe souterraine de Thiaroye à travers l'infiltration des eaux usées domestiques stockées dans les fosses septiques.

Par conséquent, les infrastructures de drainage des eaux pluviales et les stations de pompage apparaissent aux yeux des décideurs publics sénégalais comme des solutions efficaces de lutte contre les inondations. Par ailleurs, ces ouvrages présentent un autre avantage significatif du point de vue des décideurs publics : ceux-ci sont très apparents dans le paysage urbain, ce qui leurs confère un fort impact politique.

Bien qu'adaptés aux contextes topographique et urbanistique des villes côtières de Dakar et Saint-Louis, ces ouvrages présentent des faiblesses en termes d'exploitation. Tout d'abord, le fonctionnement des pompes est adapté à une gamme de débits spécifiques. Lorsque les pompes sont actionnées en dessous de leur débit optimal de fonctionnement, elles s'usent plus rapidement et consomment d'avantage d'énergie par mètre-cube pompé. Ce problème se rencontre à Saint-Louis, où les stations de pompage des eaux pluviales fonctionnent toute l'année à cause des eaux usées qui sont fréquemment déversées dans les canaux de drainage et des branchements clandestins sur le réseau d'eau pluvial existant. Les conséquences financières de ces branchements illégaux d'eaux usées sur le réseau d'eau pluvial coûteraient environ 13 millions de FCFA par mois au service de l'ONAS de Saint-Louis, ce qui correspond à 1 million de FCFA par station de pompage par mois. Ensuite, les canaux de drainage, de faible pente en l'absence de relief sur le littoral, favorisent les dépôts de sédiments entraînés par les eaux de ruissellement. Pour lutter contre ce phénomène, il est nécessaire de planifier deux solutions complémentaires : un curage régulier des ouvrages ainsi que des mesures pour limiter l'érosion sur le bassin versant. Les canaux sont également obstrués par les déchets ménagers déversés par les habitants. L'ONAS est responsable de l'entretien des canaux de drainage. Elle réalise des campagnes de curage de canaux en période de pré-hivernage. Enfin, les bassins de collecte sont touchés par le développement de plantes envahissantes tel que le typha, et de moustiques, vecteurs de la dengue et du paludisme (voir Annexe 1).

Enfin, outre les aspects techniques, il est apparu que les aspects sociaux sont souvent négligés lors de la conception des ouvrages. L'absence de ce volet provoque des comportements de négligence des habitants face à ces ouvrages. Celle-ci se traduit par le détournement de la fonction d'évacuation et de stockage des eaux pluviales à travers le déversement des déchets ménagers et des eaux usées comme mentionné précédemment. L'acceptation sociale de la population des ouvrages installés dans leur quartier est une condition nécessaire mais pas suffisante pour garantir leur durabilité. Par ailleurs, l'entretien régulier des ouvrages est nécessaire ainsi que des contrôles et des sanctions coercitives afin de dissuader les comportements qui entraînent la dégradation des ouvrages.

1.2. Dimensionnement

Le dimensionnement des ouvrages s'appuie sur des "pluies de projet" (caractérisées par un niveau de précipitation et une durée) dont nous n'avons pas réussi à identifier l'origine lors des entretiens auprès des différents acteurs. On peut alors douter que le changement climatique soit pris en compte dans leur élaboration. Néanmoins, comme cela a été démontré dans la partie 2, l'intégration du changement climatique dans le dimensionnement des ouvrages semble peu réalisable. En effet, bien que les projections actuelles indiquent une tendance à la baisse des précipitations annuelles, cette baisse ne préjuge pas nécessairement d'une baisse de l'intensité des pluies extrêmes. Les ouvrages GEP sont dimensionnés le plus souvent à partir des courbes IDF (Intensité Durée Fréquence) sur des pas de temps court, dont l'évolution n'a pas été étudiée dans ces modèles.

A défaut de pouvoir exploiter les projections climatiques, la priorité est d'acquérir des données de pluviométrie fiables ainsi que de favoriser leur diffusion au plus grand nombre. En effet, le surdimensionnement supposé des ouvrages lié au manque de fiabilité des données peut entraîner des surcoûts en termes de construction et de charges d'entretien. De plus, le surdimensionnement a pour exigence un besoin d'espace plus important, exigence particulièrement contraignante pour les grands centres urbains densément peuplés.

Quelques exemples de données utilisées pour le dimensionnement des ouvrages de GEP au Sénégal :

- Dans l'avant-projet détaillé pour la gestion des eaux de ruissellement à la gare de Diawara, ce sont les données pluviométriques annuelles de la station météo de Bakel qui ont été utilisées. Le dimensionnement du drain a été réalisé avec une pluie critique de 120 mm et une intensité de 155 litres par hectare par seconde. Ces valeurs proviennent de données empiriques de pluie décennale sur la période de 1994 à 2003. Ce raisonnement empirique permet difficilement de prendre en compte la réalité du climat. En effet, pour déterminer une pluie décennale il faut au minimum 30 années d'observation et d'analyse des précipitations mesurées (CERAMA, 2014).

- Les bassins mis en place par l'Agence de Développement Municipal (ADM) dans le cadre du PROGEP ont été dimensionnés pour une pluie décennale estimée à 80 mm par heure. Cependant, la durée de la pluie n'a pas été indiquée alors qu'il s'agit d'un paramètre déterminant.

1.3. Benchmark des projets existants

a) PROGEP

Le Projet de Gestion des Eaux Pluviales et d'adaptation au changement climatique (PROGEP) est mis en place par l'Agence de Développement Municipal (ADM), sous l'impulsion de l'Etat du Sénégal, suite aux importantes inondations de 2009-2010. Projet d'une durée de 5 ans (2013 à 2017). Le PROGEP répondait à une situation de crise provoquée par les importantes inondations de l'année 2009. L'évaluation des dommages et des pertes à la suite de ces inondations étaient de l'ordre de 44,5 milliards de FCFA à l'échelle nationale. D'après les faits qui nous ont été relatés lors de plusieurs entretiens avec les acteurs institutionnels, le PROGEP constitue une intervention dans l'urgence avec un temps de conception très limitée. Pour autant c'est un projet qui se veut novateur dans le sens où le principe du stockage et du pompage des EP est abandonné pour se tourner vers le principe de l'écoulement gravitaire des eaux de pluie avec un exutoire en mer, tel que cela a été réalisé à Dakar.

Le PROGEP se décline dans deux régions (Dakar et Saint Louis), avec un financement de 90 millions USD de la Banque Mondiale. Le PROGEP comprend des ouvrages structurants ainsi que des micro-projets pilotes participatifs.

Les ouvrages ont été dimensionnés pour une période de retour de dix ans, sans que nous n'ayons pu élucider qu'elles avaient été les données pluviométriques utilisées pour calculer la valeur de la pluie décennale (de 80 mm).

Les Projets d'Investissement (ou intérêt) Communautaires ont été développés afin de pallier le manque d'intégration de la composante sociale dans les ouvrages structurants réalisés. Ils visent la préservation des ouvrages conçus pour permettre leur pérennité. Les PIC sont réalisés autour des bassins. La question à laquelle ils essaient de répondre à travers les PIC : « comment mieux intégrer ces ouvrages dans le tissu social ? ». Les participants mènent une réflexion sur l'aménagement de zones récréatives autour des bassins : aires de jeux pour enfants, utilisation du pourtour du bassin pour la course à pied, balançoires, toboggans. Un PIC ne dépasse pas un budget de 35 millions FCFA. Environ une cinquantaine de projets pourront être mis en place pour un budget total 1,5 milliards FCFA. Les PIC représentent environ 5% du budget du PROGEP.

b) Vivre avec l'eau

Vivre avec l'eau est un projet créé par arrêté ministériel (MRUHC). Ce projet est porté par le Consortium pour la Recherche Economique et Sociale (CRES) et financé par la coopération britannique BRACED (Building Resilience and Adaptation to Climate Extremes and Disasters). Le comité de pilotage regroupe tous les services de l'Etat. Le projet Vivre avec l'eau vise à développer la mise en place **de projets communautaires de gestion des eaux pluviales**. Les populations sont organisées au sein d'organismes de pilotage, composés uniquement de bénévoles. Le Préfet et le maire sont également impliqués.

10 communes sont concernées par le projet, toutes situées dans la région de Dakar. Ce sont des communes fortement touchées par les inondations, telles que Pikine, Guédiawaye et Yeumbeul Nord. Dans le cadre de ce projet, ces communes bénéficieront d'ouvrages d'évacuation des eaux pluviales. Le projet vise également à améliorer la partie déchets avec la mise en place de dispositifs de collecte des ordures. L'idée d'une revalorisation de ces déchets a également été mise en œuvre avec la

construction d'éco-briques, permettant de réaliser de petites constructions (cf. Fig. 20). Le détail des aménagements réalisés dans le quartier de Yeumbeul Nord sont présentés en annexe.



Figure 20 Mur en éco-brique construit dans la commune de Yeumbeul Nord, dans la banlieue de Dakar pour fermer l'enceinte d'une école. A gauche, la partie du mur visible depuis la rue. A droite, la partie du mur visible depuis l'enceinte de l'école (Source : E. Colbert).

Une dimension fondamentale des projets portés par l'organisation Vivre avec l'eau est la constitution des comités de gestion. Des personnes sont ainsi désignées pour porter le projet (des délégués de quartiers, des jeunes, ...) et le gérer localement. Une fois les ouvrages terminés, il y a un plan de passation des ouvrages aux comités de gestion qui assurent l'entretien et le curage avec la Mairie.

Le projet comprend différentes composantes :

- Infrastructure / Conception
- Déchet solide et valorisation des déchets pour le maraîchage et aménagement urbain : les éco-briques sont des bidons d'eau en plastique remplis de déchets puis utilisés comme brique pour élever un mur
- Implication des groupes vulnérables
- Plan de contingence à l'échelle communale

c) Urba DTK

Le projet UrbaDTK œuvre au développement de « la capacité d'aménagement urbain des habitants des quartiers précaires » à travers des ateliers de planification concertée. Ce projet est mis en œuvre à Dakar et porté par la Fédération Sénégalaise des Habitants, accompagnée par l'ONG locale UrbaSEN. Les sources de financement sont l'épargne des populations complétée par du soutien financier des bailleurs si une collectivité décroche un financement.

1.4. Diagnostic et recommandations pour les projets de gestion des eaux pluviales

L'état des lieux des ouvrages de gestion des eaux pluviales effectué au sein des grandes villes sénégalaises permet de dresser un bilan approfondi des obstacles à leur bon fonctionnement.

Dégradation des ouvrages

Le réseau de canaux de drainage n'est pas efficient ni durable car les déchets solides et liquides obstruent les évacuateurs. Ces perturbations étaient prévisibles au vu de la situation actuelle de la gestion des déchets solides au Sénégal. Toutefois, les projets de lutte contre les inondations n'ont pas intégré le volet des déchets, ce qui explique en partie leur défaillance actuelle. De plus, le « manque de civisme » à tous les niveaux de la société est pointé du doigt : vol des grilles d'avaloir qui sont revendues à des sociétés de récupération de ferrailles, etc. Ces comportements pénalisent l'efficacité des ouvrages.

Insuffisance de la connaissance patrimoniale des ouvrages

Un manque de connaissance du patrimoine des ouvrages de la part de l'ONAS rend difficile leur gestion. En effet, jusqu'à présent l'ONAS réceptionnait des ouvrages terminés sans avoir été consulté dans la conception de ceux-ci.

Construction dans des zones d'infiltration des eaux privilégiées

Les plans d'urbanisation ne sont pas toujours respectés : des permis de construire ont été délivrés en zone inondable. Par la suite, les ouvrages de lutte qui sont implantés ne peuvent intégralement compenser les dommages collatéraux liés à l'urbanisation de ces espaces. A titre d'exemple, les niayes³ sont classées en zones non constructibles dans les plans d'urbanismes. Toutefois, ces zones sont habitées. Un autre exemple qui nous a été présenté lors de notre visite de terrain à Diass est celui du nouvel aéroport international Blaise-Diagne (situé à 40 km au sud-est de Dakar). Celui-ci a été implanté au niveau d'une forêt classée qui correspondait à une zone majeure d'infiltration des eaux pluviales. Localement les habitants appelaient cette zone le « château d'eau ». Désormais la commune de Diass, située à une dizaine de kilomètres de l'aéroport, subit de plus fortes inondations. Deux raisons pourraient expliquer cet état de fait : l'urbanisation de la zone d'infiltration d'une part, et du canal construit pour évacuer les eaux pluviales de l'aéroport qui s'arrête à l'entrée de la ville de Diass d'autre part (voir Figure 21).



Figure 21 Au cœur de la commune de Diass, partie terminale du canal d'évacuation des eaux pluviales construit dans le cadre du projet d'aéroport (Source : E. Colbert)

A l'issue de ce diagnostic, nous proposons différentes recommandations pour l'instauration d'un cadre optimal préalable à la mise en place de techniques de gestion des eaux pluviales efficaces et durables :

- La maîtrise de l'occupation du sol est la première condition du succès de la gestion des eaux pluviales afin de réduire la vulnérabilité des populations face aux inondations.
 - Maîtrise de l'urbanisme. Il conviendrait de donner aux autorités publiques les moyens humains et financiers indispensables pour faire appliquer et respecter les réglementations édictées par les plans d'urbanisme et relocaliser les habitants qui vivent en zones inondables. Les plans d'urbanismes doivent, dans la mesure du possible, préserver l'hydrographie naturelle.
 - Gestion concertée à l'échelle du bassin versant. La mise en place d'un ouvrage ne doit pas aggraver la vulnérabilité des populations en aval. La topographie très plane du Sénégal et l'absence de pluie des années 70-80 n'aident pas les populations à appréhender la notion de bassin versant. Cette perception globale doit être retrouvée.
 - Préservation des zones humides qui permettent d'atténuer les effets des inondations et de recharger les nappes souterraines et superficielles (services écosystémiques). Les zones humides régulent les ressources en eau entre les périodes humides et périodes de sécheresses.
- Mise en place d'une filière d'assainissement intégrée de traitement des déchets solides, des eaux usées et des eaux pluviales (avec entretien des ouvrages).

³ Désigne la zone « le long du littoral Nord, de Dakar au Sud du Delta du fleuve Sénégal sur une bande côtière de 10 à 15 km de large ». « Elle est caractérisée par une succession de dunes et de dépressions inter-dunaires au fond desquelles apparaissent généralement des mares liées aux fluctuations de la nappe phréatique. » Institut Sénégalais de Recherche Agricole.

- Forte volonté politiques des décideurs publics et forte implication des habitants dans la mise en place du projet pour favoriser la durabilité des ouvrages.
- Planification collective et concertée
- Gestion patrimoniale des aménagements et des ouvrages. Cela implique qu'il n'y ait pas de concurrence entre les acteurs et qu'un budget soit alloué pour financer leur gestion.
- Amélioration du cadre de vie :
 - Intégration paysagère de l'aménagement,
 - Multifonctionnalité de l'ouvrage : irrigation, surfaces disponibles une partie de l'année pour des usages récréatifs et inondées durant la saison des pluies (terrains de sport, parcs, etc...). Les interlocuteurs rencontrés sur le terrain regrettent de "jeter l'eau à la mer" avec les canaux de drainage alors que les besoins en eau pendant la saison sèche sont importants. Les acteurs ont exprimé une volonté communément partagée de valoriser les eaux de pluie. De plus, la multifonctionnalité des techniques permet une meilleure optimisation du coût global des opérations et d'entretien (Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau, 2006)
- L'acquisition de données fiables de pluviométrie.
- Enfin, comme évoqué dans la partie 2, il semble important que les acteurs scientifiques s'entendent sur des méthodes et des valeurs de référence de dimensionnement au niveau national et régional et partagent mieux leurs informations et leurs pratiques entre eux et à destination des décideurs.

2. Alternatives aux techniques conventionnelles de GEP

Le terme "techniques alternatives" largement utilisé en France (« *best management practices, sustainable urban drainage solutions* » dans les pays anglophones) regroupe une grande diversité de solutions. La notion du terme « alternatif » s'oppose généralement aux techniques dites conventionnelles intégrant les canaux de drainage et les stations de pompage. Les techniques conventionnelles consistent à évacuer les eaux pluviales tandis que les techniques alternatives ont pour vocation de ralentir les écoulements et de favoriser l'infiltration des eaux pluviales afin de réduire les volumes et les débits d'eau en direction des zones habitées. Néanmoins, cette notion est intimement liée au contexte géographique. En effet, au Sénégal, l'écoulement gravitaire des eaux dans les canaux de drainage constitue une alternative aux techniques de pompage des eaux. Cette observation a été réalisée au cours de nos entretiens avec les acteurs de la GEP, qui nous ont présenté cette technique, mise en place à Dakar par le PROGEP, comme une innovation à l'échelle du pays. Là-bas, nous avons trouvé peu de pratiques qui existent en termes de techniques alternatives.

2.1. Les critères de choix

Le diagnostic de la gestion des eaux pluviales au Sénégal a mis en évidence les limites et les failles des techniques conventionnelles dans ce pays. Afin d'en tirer un bilan et de proposer des techniques alternatives adaptées aux villes secondaires sénégalaises, nous avons fixé des critères qui répondent aux enjeux socio-économiques rencontrés par ces villes.

a) Coût

Le coût global d'une pratique de gestion des eaux pluviales comprend ses coûts de construction, de fonctionnement et d'entretien. Le coût élevé des ouvrages de génie civil conventionnel est un frein à l'utilisation de ces ouvrages dans les villes secondaires qui manquent de moyens financiers. Les projets financés par l'Etat et les organisations internationales se concentrent essentiellement vers les grands centres urbains. Dans les villages et les communautés rurales, les stratégies de lutte contre le risque inondation et la gestion des eaux pluviales sont contraints de se fonder sur des techniques moins coûteuses.

b) Ruissellement

Dans les projets d'aménagement, les techniques de gestion des eaux pluviales sont utilisées de façon complémentaire les unes aux autres. Les techniques alternatives peuvent être associées à des projets de grands ouvrages et station de pompage quand ceux-ci sont rendus indispensables en aval par la densité urbaine et le faible relief. La fonction des techniques alternatives est dans ce cas, de ralentir les écoulements qui se dirigent vers les ouvrages d'évacuation et de stockage, notamment à travers la réduction du coefficient de ruissellement (Cr). Le calcul du débit de ruissellement (Qr) permet de dimensionner la taille des canaux de drainage et des bassins de rétention. La formule de calcul est la suivante :

$$Q_r = Cr \cdot I \cdot S$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Cr : \text{Coefficient de ruissellement} \\ I : \text{Intensité (m}^3/\text{ha/s)} \\ S : \text{Surface (m}^2\text{)} \end{array} \right.$$

Le coefficient de ruissellement (Cr) dépend de la nature, de la couverture et de la pente du sol. Grâce aux techniques qui contribuent à réduire ce coefficient, la dimension des ouvrages complémentaires pourra être réduite.

c) Fonctions multiples

Dans les pays sahéliens et subsahariens, la collecte des eaux de pluie et leur réutilisation constituent un enjeu majeur de développement, de maintien de l'activité économique dans un contexte d'adaptation au changement climatique.

“L'utilisation des techniques 3R (recharge, retenue, réutilisation) peut procurer d'importants bénéfices en termes de sécurité de l'eau, de développement et de durabilité des moyens d'existence.” (Van Steenberghe et al., 2010)

Ces enjeux figurent au sein du Plan d'Actions National d'Adaptation (PANA) aux changements climatiques du Sénégal qui classe le développement de techniques locales de rétention d'eau et de stockage des eaux pluviales dans les bas-fonds au sein de ses priorités d'actions (cf. encadré ci-dessous). L'élaboration du rapport a été financée par les Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM). Le PANA est un document spécifique aux pays les moins avancés (PMA) qui leur permet d'identifier les besoins prioritaires en terme d'adaptation aux effets adverses du réchauffement climatique. Ce plan donne lieu à des projets nationaux élaborés et financés par des ONG pour mettre en œuvre les mesures d'adaptations préconisées dans le PANA.

Dans la pratique, l'Etat sénégalais semble favoriser les projets d'aménagements de grands ouvrages de lutte contre les inondations. En revanche, nous n'avons pas pu identifier de projets portant sur le développement de techniques locales de rétention d'eau et de stockage des eaux pluviales portés par l'Etat sénégalais. Pour autant, L'Office de la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS) intègre l'importance d'un volet agroforesterie et restauration du couvert végétal dans son PGIRE (Plan de Gestion Intégrée des Ressources en Eau).

Extrait du document Plan d'Action National pour l'Adaptation aux Changements Climatiques (2006)

« La mise en œuvre de ce programme passe par :

- La mise en place de petites digues de rétention et de maintien des eaux pluviales dans les zones d'accumulation (bas-fonds, mares temporaires...),
- La prospection, la sélection des sites et l'exécution des études de bases par une équipe pluridisciplinaire,
- La réalisation par la méthode participative des travaux d'aménagement et de mise en valeur par les populations concernées encadrées par le projet et les ONG locales,
- Le suivi et la pérennisation des aménagements, par les populations appuyées par l'équipe pluridisciplinaire.

Cette stratégie d'exécution sera essentiellement basée sur l'usage de techniques locales telles que la mise en place de cordons pierreux (moellons, paille et branchages renforcés au niveau talwegs), de

déversants couplés aux fossés antiérosifs et au reboisement (fossés d'infiltration particuliers) ouverts selon la topographie. »

2.2 Techniques d'infiltration des eaux de ruissellement

Les techniques d'infiltration des eaux pluviales sont fréquemment associées à des ouvrages tampons permettant le stockage des eaux avant leur infiltration dans le sol.

Ces techniques reposent en général sur des calculs complexes déterminants le dimensionnement des ouvrages de stockage en fonction des volumes d'eau à stocker et le coefficient d'infiltration du sol.

A l'évidence, pour pouvoir envisager de recourir à ces techniques, il faut s'assurer au préalable de la capacité d'infiltration du sol. Pour cela, des études de sol sont nécessaires pour connaître le coefficient d'infiltration du sol. Les paramètres qui impactent cette capacité d'infiltration de l'eau sont : le type de sol, la compaction de la surface du sol, la couverture du sol, la topographie et morphologie du terrain, le débit d'alimentation et la teneur initiale en eau du sol (EPFL). Enfin, le niveau de la nappe pendant la période des hautes eaux doit être déterminée pour connaître son niveau maximal.

Pour que l'eau s'infilte dans le sol, la perméabilité du sol (coefficient K en mètre par seconde) doit être comprise entre 10^{-5} et 10^{-2} m/s (Grand Lyon).

Tableau 8. Ordres de grandeur de la conductivité hydraulique K dans différents sols (Source: Grand Lyon)

K (m/s)	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins		Sable avec gravier, Sable grossier à sable fin		Sable très fin Limon grossier à limon argileux			Argile limoneuse à argile homogène			
Possibilités d'infiltration	Excellentes		Bonnes		Moyennes à faibles			Faibles à nulles			

Ordres de grandeur de la conductivité hydraulique K dans différents sols (Musy & Soutter, 1991)

Les sols latéritiques sont composés d'argiles. La perméabilité de ce type de sol caractéristique des pays tropicaux se situe donc autour de 10^{-8} à 10^{-11} m/s.

Au Sénégal, la nature des sols est directement liée à la vulnérabilité du pays aux inondations comme cela a été présenté dans la partie 1. En effet, la faible capacité d'infiltration des sols accentue le ruissellement des eaux au niveau des zones de fortes pentes ainsi qu'une tendance à la stagnation des eaux dans les zones à topographie plane.

Afin de limiter les risques de contamination des nappes, il est recommandé de réduire le rapport entre la surface de collecte des eaux pluviales et la surface d'infiltration (Graie, 2016).

a) Techniques de collecte, de stockage et d'infiltration

Puisards

Les puisards, ou puits d'infiltration, sont des puits creux ou comblés par des cailloux. Leurs fonctions sont de collecter les eaux de ruissellement et de favoriser leur infiltration en profondeur dans le sol.

L'installation d'un système de prétraitement des sédiments peut être nécessaire pour éviter le colmatage si les apports de fines⁴ trop importants (puisard de décantation en amont connecté par une conduite au puisard d'infiltration). Cette technique n'est pas adaptée au sol dont la perméabilité est supérieure à 10^{-2} m/s car cela pose le problème de lessivage du sol⁵. Le fond du puits doit atteindre l'horizon perméable du sol, aussi sa profondeur dépend directement de la structure du sol et du niveau de la nappe. Les puisards peuvent être utilisés en technique d'appoint au réseau de drainage.

⁴ Fines : Sédiments inférieurs à 0.08 mm

⁵ Entraînement des sels solubles.

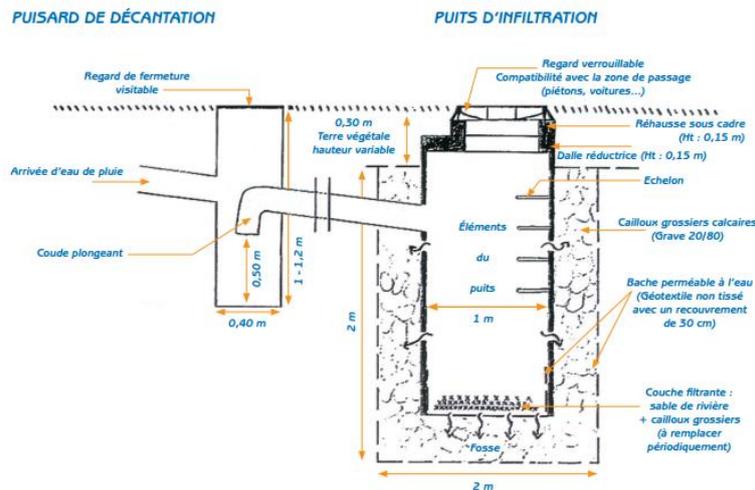


Figure 22. Schéma d'un puits d'infiltration (Adopta)

Cette technique a été proposée à titre expérimental dans l'APD de Diawara : « Il s'agit de mettre en place deux puits d'infiltration dont l'un dans la partie Est de la gare et l'autre du côté ouest et reliés entre eux par une tranchée d'infiltration ».

Le tableau 9 ci-dessous synthétise les avantages des techniques d'infiltration des eaux.

Tableau 9. Avantages et inconvénients des techniques d'infiltration des eaux de pluie.

Avantages	Inconvénients
Techniques adaptées à l'échelle de la parcelle. L'infiltration des eaux contribuent à la recharge de la nappe phréatique.	Techniques qui ne sont pas adaptées aux parcelles où la nappe affleure. Techniques qui présentent un risque de contamination de la nappe si celle-ci est peu profonde. Une évaluation des sources de pollution potentielles est donc nécessaire pour limiter ce risque : évaluation du réseau d'assainissement, de la fréquentation de la route etc. Ouvrages qui nécessitent un entretien régulier et spécifique pour réduire le risque de colmatage.

Des solutions existent pour réduire les risques de pollution des puits d'infiltration telle que l'installation de ces ouvrages en amont du village pour éviter la contamination des eaux de ruissellement par les déchets liquides notamment.

Noues

Les noues sont des fossés recouverts de végétation ou non, qui ralentissent l'écoulement, filtrent les eaux et favorisent l'infiltration des eaux de ruissellement. Elles sont formées avec des rives en pentes douces et peu profondes. Les noues sont intégrés sur le chemin de l'écoulement préférentiel des eaux de ruissellement qui sont collectées gravitairement. L'eau stockée peut être évacuée vers un exutoire du type bassin de rétention si le sol est peu perméable (on parle de noue drainante), ou bien s'évacuer par simple infiltration dans le sol et évaporation (on parle de noue infiltrante).

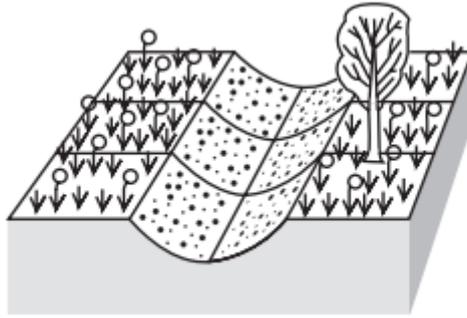


Figure 23. Schéma d'une noue
Source : Fiche technique n°3 La noue (Adopta)

Tableau 10. Avantages et inconvénients des noues

Avantages	Inconvénients
<p>Les noues permettent la déviation des eaux à moindre coûts par rapport aux canaux de drainage.</p> <p>Les noues s'intègrent parfaitement dans le paysage urbain</p>	<p>Techniques qui ne sont pas adaptées aux parcelles où la nappe affleure.</p> <p>Techniques qui présentent un risque de contamination de la nappe si celle-ci est peu profonde. Une évaluation des sources de pollution potentielles est donc nécessaire pour limiter ce risque : évaluation du réseau d'assainissement, de la fréquentation de la route etc.</p> <p>Ouvrages qui nécessitent un entretien régulier et spécifique pour réduire le risque de colmatage.</p> <p>Risque de déviation de l'usage premier et d'utilisation comme évacuation des déchets et des eaux usées.</p>

Ouvrages de rétention et d'infiltration intégrés dans des espaces publics collectifs

Les espaces publics collectifs tels que les jardins publics, les terrains de sport extérieurs sont des espaces propices à l'infiltration des eaux pluviales grâce à leurs surfaces souvent conséquentes, et à la présence d'espaces verts. Les voiries sont également des espaces qui peuvent être aménagés de façon à stocker temporairement l'eau le temps que l'averse se termine (voir Figure 24).

Afin d'optimiser les quantités d'eau infiltrées, ces espaces doivent être implantés au niveau de l'axe des écoulements naturels, c'est-à-dire au niveau des zones d'exutoire des eaux du bassin versant (Ministère de l'écologie et du développement durable, 2008). En fonction de la perméabilité du sol, soit l'eau s'infiltré naturellement, soit l'intégration d'un bassin de retenue avec réseau d'évacuation est nécessaire afin de pouvoir évacuer l'eau vers un exutoire. Au-delà de leur rôle d'infiltration, ces espaces peuvent être intégralement submergés pendant la saison des pluies et disponibles pour les activités récréatives pendant la saison sèche.

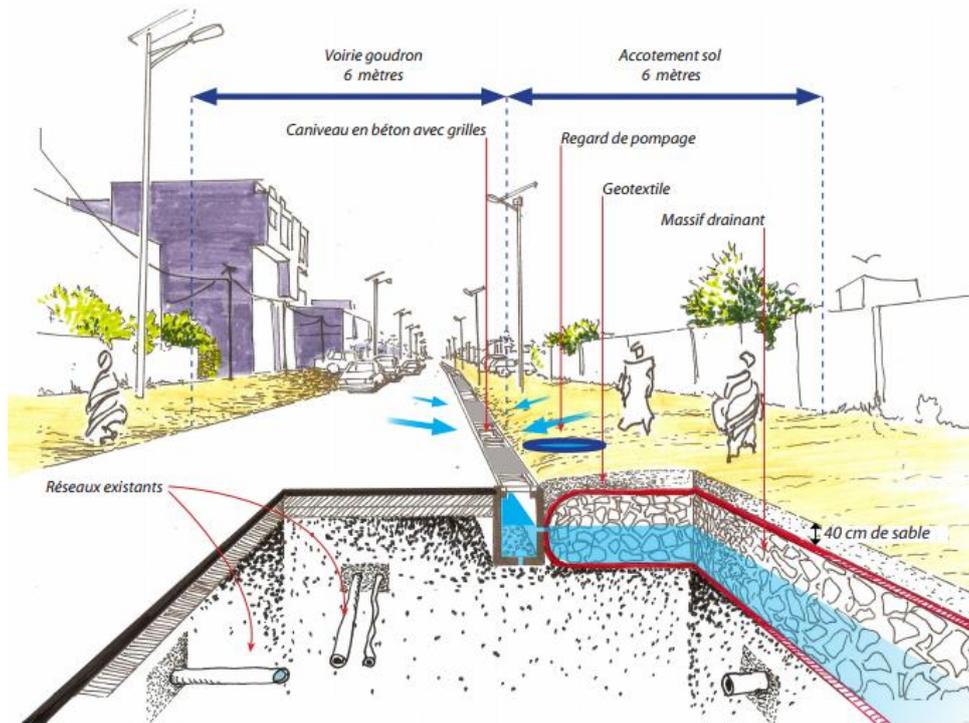


Figure 24 Schéma de l'aménagement d'une voirie, d'après une zone d'étude à Tevragh Zeina (Mauritanie)
Source : En Haut !, 2015

Tableau 11. Avantages et inconvénients des ouvrages de rétention et d'infiltration intégrés dans des espaces publics collectifs.

Avantages	Inconvénients
<p>Multifonctionnalité permet meilleure rentabilité de l'acquisition du foncier. Usage secondaire favorise l'entretien régulier de l'espace.</p> <p>Efficacité en termes de rétention d'eau (importance des volumes stockés)</p>	<p>Risques que l'espace soit détourné de son usage initial de régulation des eaux pluviales et de ruissellement (Ministère de l'écologie et du développement durable 2008).</p>

2.2. Techniques de ralentissement des écoulements

a) Diguettes en terre

Les diguettes en terre sont bourrelets de terre façonnées avec de la terre compactées. Les diguettes sont aménagées sur des passages d'eau afin de ralentir le ruissellement des eaux pluviales. Les diguettes en terre sont des techniques ancestrales de protection contre les eaux de pluie. Avant chaque saison des pluies, un entretien des diguettes doit être effectué afin de colmater les brèches qui se forment localement.

b) Cordons pierreux

Les cordons pierreux sont constitués de pierres disposées en plusieurs rangées le long des courbes de niveaux. Cette technique est mise en place dans les zones agricoles situées en climat sahélien. Les cordons permettent de réduire le ruissellement et de rétablir les surfaces cultivables des zones arides. Les années où la pluviométrie est déficitaire, le gain de rendement est de 109% par rapport aux zones de culture dépourvues de cordons pierreux. En année de bonne pluviométrie, les gains varient de 20 à 70%. En revanche, lors des années de pluviométrie excédentaire les rendements peuvent chuter (Spong, 2012).

Pour mettre en place des cordons pierreux, il faut tenir compte de diverses contraintes. Tout d'abord, la disponibilité de la matière première est un facteur limitant. Deuxièmement, cette technique nécessite des moyens matériels d'extraction et de transport des pierres (charettes, brouettes) et une forte main d'œuvre agencer les pierres. Pour un hectare, soit environ 300 mètres de cordon, 40 tonnes de pierres sont nécessaires. La main d'œuvre est estimée entre 60 et 80 heures de travail pour un homme par hectare (Groupe Travail de Désertification, 2013b).

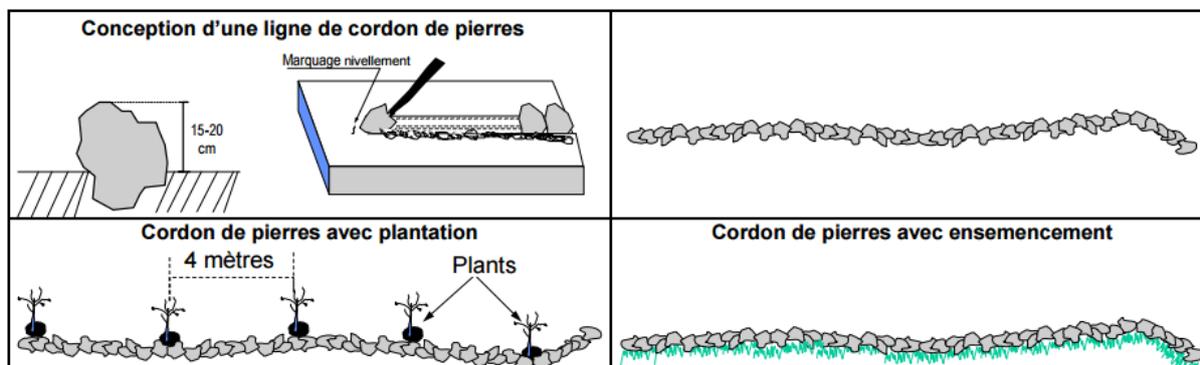


Figure 25. Schéma d'un système de cordon pierreux
Source Ministère du développement agricole République du Niger, 2003

Tableau 12. Avantages et inconvénients des techniques de ralentissement des écoulements

Avantages	Inconvénients
Restoration de la fertilité des sols. Valorisation agricole possible et augmentation des rendements Coût modéré Augmentation de l'infiltration des eaux pluviales	Disponibilité de la matière première est un facteur limitant Moyens de transports des pierres Nécessité de beaucoup de main d'œuvre

2.3. Techniques agro-forestières

a) Zaï ou demi-lunes

Contexte

Ce sont des techniques agricoles traditionnelles qui se pratiquent en milieu rural en Afrique. Ces techniques sont utilisées pour restaurer la fertilité des sols et permettre l'infiltration des eaux de ruissellement au niveau des racines des cultures. Les zaï et les demi-lunes ne sont pas des techniques de gestion des eaux pluviales au sens strict, mais ces techniques traditionnelles permettent de réduire les eaux de ruissellement et donc les débits à évacuer en aval. Plus globalement, ces techniques peuvent être intégrées à un projet de mise en place de canaux de drainage en aval et ainsi permettre de réduire le dimensionnement de ces ouvrages (économies).

Description de la technique

Les zaï et les demi-lunes sont des techniques individuelles à l'échelle de la parcelle permettant la réutilisation des eaux de pluie qui se pratiquent dans les zones à climat sahélien, sud sahélien et nord soudanien. Ces techniques nécessitent de creuser des trous de 15 à 20 cm de profondeur, appelés poquets. Les zaï sont des trous circulaires de 20 à 40 cm de diamètre, tandis que les demi-lunes ont des formes de croissants (cf. Figures 24 et 25). Ces trous sont souvent complétés par un paillage à base de matière organique morte afin d'accroître fortement les rendements agricoles (Zougmore et al., 2000). Utilisation du déblai des trous pour former des croissants à l'aval. Face ouverte permet l'entrée d'eau de ruissellement, face bord permet le stockage de l'eau. Les trous aménagés en quinconce perpendiculairement à la pente. Les conditions optimales pour l'utilisation de cette technique agricole se rencontrent dans la zone soudano-sahélienne (300 à 800 mm). La main d'œuvre nécessaire est proportionnelle au nombre de trou : on compte 50 trous par jour et par personne. Le temps de

travail nécessaire pour mettre en œuvre ces techniques agricoles est de 300 heures pour un hectare (Barro et al., 2005).



Figure 26 Photo d'un champ de zai au Niger.
Source : <https://www.accessagriculture.org/fr/gdt06-cuvettes-zai>

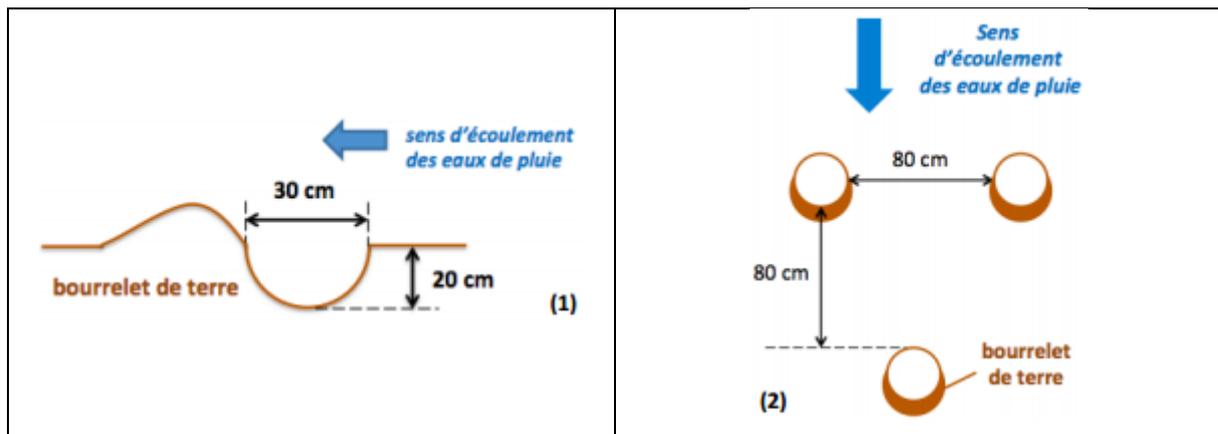


Figure 27. Schéma descriptif de la technique du zai. (1) Vue en coupe. (2) Vue de dessus.
Source : Groupe Travail Désertification, 2013a

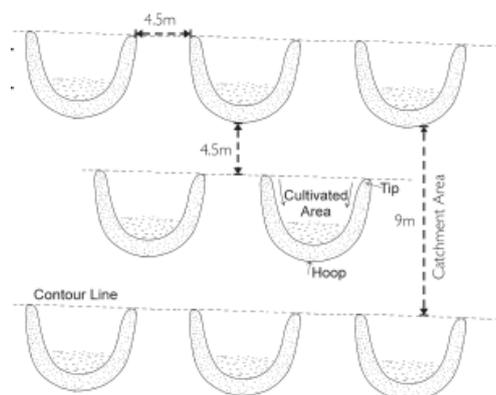


Figure 28. Schéma technique demi-lunes vue du dessus
Source : Centre technique de coopération agricole et rurale, 2008

Tableau 13. Avantages et inconvénients de la technique des demi-lunes

Avantages	Inconvénients
Infiltration eaux de ruissellement (restitution de l'eau au milieu) et recharge de la nappe, diminution de l'érosion du sol, restauration de la qualité des sols, augmentation des rendements agronomiques.	Main d'œuvre importante, nécessite beaucoup d'entretien. Technique qui n'est pas adaptée aux très fortes pluies (trous bouchés, inondations des plants, stagnation des eaux et réduction des rendements) (GIZ, 2012).

La disponibilité en matière organique est un facteur limitant si le sol peu fertile. Si l'érosion est très importante, les trous peuvent être bouchés après une forte pluie (JGRC, 2001). Il est donc nécessaire de mettre en place d'autres méthodes en amont pour réduire l'érosion.

Bilan : Ces deux techniques permettent de restaurer les sols encroûtés des terres sahéliennes. L'encroûtement des terres entraîne une diminution de l'infiltration de l'eau dans le sol et une augmentation du ruissellement des eaux de surface. Ces techniques sont donc particulièrement adaptées aux régions touchées par l'encroûtement de leurs sols.

Il est recommandé d'aménager ces systèmes en amont des parcelles des cordons pierreux pour retenir les forts débits d'eau de ruissellement car inondations impactent le développement des cultures (Zougmore et al., 2000).

b) Système de vétiver

Le vétiver est une plante herbacée tropicale (*Chrysopogon zizanioides*). Le système de vétiver forme une haie qui permet de réduire jusqu'à 70% de l'écoulement des eaux de pluie et 90% des transports de sédiments (Truong et al, 2009).

Le système de vétiver présente une grande diversité d'applications bénéfiques au secteur de la gestion des eaux pluviales :

- Protection des catastrophes naturelles (glissement de terrain, ruptures de talus routier, berges) rôle de stabilisation des pentes et de rétention hydrique.
- Préservation de l'environnement : conservation des sols, épuration de l'eau.

La multiplication du vétiver est réalisée par éclats de souches (multiplication végétative). La plante dispose d'un système racinaire profond (3 à 4 mètres). Son bon ancrage au sol lui permet de résister aux forts débits et à la sécheresse (fortes variations climatiques de -14°C à +55°C). Les haies de vétiver sont également résistantes au feu et à la pression de surpâturage.



Figure 29. Jeunes pousses de vétiver qui permettront de stabiliser les rives du bassin à Yeumbeul
Source : E. Colbert

Tableau 14. Avantages et inconvénients du vétiver

Avantages	Inconvénients
Protection des populations, production de revenus (fourrages, chaume, artisanat), peu coûteux, peu d'entretien, réduction consommation eau potable pour l'irrigation.	Manque d'efficacité si mauvais application du système de vétiver par manque de formation / connaissances.

c) *Andropogon Gayanus*

Andropogon Gayanus est une graminée pérenne adaptée aux climats sahéliens et soudano-sahélien. Cette plante permet une couverture permanente du sol, qui limite le ruissellement des eaux et favorise la stabilité du sol grâce à une diminution de l'érosion. *Andropogon Gayanus* peut également jouer le rôle de fixateur des diguettes en terre car celle-ci est résistante à la sécheresse, contrairement au vétiver.

Cette graminée peut également être valorisée en aliment pour le bétail en tant que plante fourragère, ce qui permet une valorisation économique de cette production.

Le tableau 15 ci-dessous synthétise les atouts et les faiblesses des différentes techniques qui ont été présentées.

Conclusion

A Dakar et dans les grands centres urbains sénégalais, les stratégies d'adaptation actuelles reposent sur des ouvrages de stockage et d'évacuation des eaux pluviales, sans valorisation de la ressource. Le PROGEP constitue un premier pas vers une gestion des eaux pluviales, et va au-delà de la lutte contre les inondations qui se pratique majoritairement dans le pays. Toutefois, l'urgence dans laquelle le projet a été mis en place semble être la source de défaillances dans l'exploitation des ouvrages.

Les techniques alternatives sont un volet majeur de la gestion des eaux pluviales. Leurs fonctions principales sont de ralentir les écoulements et de favoriser l'infiltration des eaux pluviales. Combinées à des ouvrages courants de grand génie civil, les techniques alternatives permettent de réduire les volumes et les débits atteignant ces ouvrages. Par conséquent, le dimensionnement ainsi que les coûts de construction et d'exploitation de ces ouvrages peuvent être réduits.

L'intégration des aménagements de GEP au sein des lieux publics est une des clés pour permettre de sensibiliser les populations au respect de ces ouvrages, tout en leur offrant un espace récréatif. Toutefois, tous ces efforts doivent s'accompagner d'une éducation des habitants aux fonctions de ces ouvrages, afin de garantir dans un premier temps leur fonctionnement et dans un second temps leur durabilité.

Les techniques proposées dans ce rapport constituent pour la majorité des techniques locales et traditionnelles adaptées au climat soudano-sahélien. La plupart des techniques présentées ont une grande empreinte au sol, facteur a priori moins contraignant dans les petites villes que dans les grands pôles urbains. Le choix des techniques varie en fonction du territoire, et il est possible de combiner les différentes techniques entre elles.

Dans les scénarii de changements climatiques, la période de la saison sèche au Sénégal sera plus importante qu'actuellement. Dans ce contexte, la valorisation des eaux pluviales est en enjeu majeur. Les ouvrages qui permettent le stockage et la valorisation de l'eau seront à privilégier dans les projets de GEP et constitueront des mesures d'adaptation essentielles.

Les petites villes rurales sénégalaises peuvent largement s'inspirer des techniques traditionnelles de GEP telles que les cordons pierreux, les zaï ou encore les systèmes de vétiver ou les cultures d'*Andropogon Gayanus*.

Tableau 15. Synthèse des techniques alternatives de GEP au Sahel

Technique	Principales zones géographiques d'application au Sahel	Fonctions	Contraintes d'implantation	Atouts	Faiblesses
Zaï, Demi-lunes	Burkina Faso, Niger	Infiltration des EP Production agricole	Espaces agricoles disponibles	Diminution de l'érosion du sol Restauration de la qualité des sols et de la végétation Augmentation des rendements des cultures Augmentation de l'infiltration et recharge de la nappe	Forte main d'œuvre Efforts physiques conséquents Pratiques adaptées aux faibles pluies
Puisards, Noues, Fossés		Infiltration des EP	Sol perméable Niveau de la nappe	Recharge de la nappe Technique individuelle à l'échelle de la parcelle	Entretien régulier Risque d'eau stagnante Risque de contamination de la nappe
Aménagement des espaces collectifs	Sénégal, Mauritanie	Infiltration des EP	Espaces disponibles	Amélioration du cadre de vie	Risque de détournement de l'espace
Diguettes en terre	Burkina Faso, Niger	Ralentissement des écoulements		Facile à mettre en place	Faible efficacité en cas de grosse pluie (brèches) Nécessité d'entretenir régulièrement les diguettes
Cordons pierreux	Burkina Faso	Ralentissement des écoulements Baisse du ruissellement	Topographie	Coût modéré Valorisation agricole possible et augmentation des rendements Restauration de la végétation Augmentation de l'infiltration des EP	Main d'œuvre importante La disponibilité de la matière première et les moyens de transport des pierres sont des facteurs limitants
Système de vétiver <i>Andropogon Gayanus</i>	Sénégal, Burkina Faso	Baisse du ruissellement et de l'érosion	Plantes adaptées au climat sahélien	Stabilisation des pentes Epuración de l'eau Production de revenus Restauration de la végétation	Besoin de connaissances et de savoir-faire

Conclusion

Cette étude sur la Gestion des eaux pluviales s'inscrit dans une montée en puissance au sein des négociations internationales et dans le monde du développement, de la question du **changement climatique**, dont les modifications du cycle hydrologique sont un des principaux vecteurs, et de la notion d'adaptation des sociétés aux modifications environnementales.

Les réflexions sur les eaux pluviales en milieu urbain ont radicalement évolué depuis le 19^{ème} siècle, d'une approche initialement sanitaire puis purement hydraulique symbolisée par les réseaux d'assainissement, à une **approche davantage pluridisciplinaire et environnementale** de nos jours. En effet, la GEP mobilise différents champs d'actions (politiques, économiques, sociaux, etc.) et ne se limite pas aux seuls aspects techniques. Considérer les **eaux de pluie comme une ressource et non comme une contrainte** reste à ce stade une vision peu développée, mais l'émergence de nouvelles techniques "alternatives" ouvre de nouvelles possibilités pour les populations de valoriser ces eaux, dans des contextes de stress hydrique.

Dans cette étude, nous avons cherché à mettre en avant les **conditions de réussite d'une gestion des eaux pluviales efficace et inclusive** dans les petites villes du Sénégal. Nombreuses sont les petites villes à être durement touchées de manière chronique par les eaux de ruissellement. Ces communes ont une faible capacité de maîtrise d'ouvrage, subissent les effets d'une importante fragmentation institutionnelle et d'une absence de politiques publiques en faveur de la GEP ainsi qu'une insuffisance de dispositions légales, d'application de dispositions réglementaires ou de méthodes et valeurs de référence en termes de dimensionnement. Une Gestion des eaux pluviales optimale pourrait mobiliser les volets suivants :

- **L'assainissement au sens large** qui impacte et est impacté par la gestion des eaux pluviales : assainissement des eaux usées, des eaux pluviales et gestion des déchets solides.
- La **planification urbaine concertée** et le développement des territoires en lien avec la définition de **zones vulnérables face au risque d'inondation** ;
- **L'aménagement des cours d'eau et l'occupation des sols** sur les chemins d'écoulement préférentiels de l'eau ;
- Les dispositifs de **protection, d'alerte et de réaction face aux inondations** ;
- La **coordination et la concertation** des acteurs aux différentes échelles institutionnelles, afin de planifier des actions cohérentes à l'échelle d'un territoire ;
- L'évaluation des **impacts économiques** de tels phénomènes, tant à l'échelle des ménages qu'à l'échelle de la commune ;
- **L'allocation de ressources suffisantes** aux acteurs de la GEP afin de leur donner les moyens d'œuvrer dans ce domaine ;
- **L'évolution du climat et de la pluviométrie** permettant la planification d'actions et de programmes cohérents par rapport aux volumes d'eau à gérer : grosses incertitudes ;
- Les **techniques de GEP** permettant de répondre au mieux aux problématiques locales, tout en s'intégrant à l'échelle de l'année dans le paysage choisi.

Pour conclure, cette problématique de la gestion des eaux pluviales est intrinsèquement liée à la question de la **participation des usagers**, de la **mobilisation des acteurs locaux**, de leur **sensibilisation** à ce risque vécu, perçu ou inconnu. La GEP interroge également, de manière plus globale, la façon de **penser "l'eau dans la ville"**. Afin d'améliorer l'efficacité des projets d'adaptation aux eaux pluviales, il nous semble essentiel de faire interagir des acteurs travaillant sur les thématiques interconnectées (urbanisme, hydraulique, économie, mobilisation de la société civile, etc.). Les décideurs publics locaux doivent s'inscrire dans une réflexion à long terme sur la GEP, et pour aller au-delà d'une approche de gestion de l'urgence, suite aux premières pluies. Il est également important de faire converger les travaux académiques de recherche sur l'évolution du climat et les projets de terrain de GEP, afin d'améliorer la prise de conscience et l'efficacité globale des actions. Il serait également souhaitable de développer des partenariats de coopération décentralisée entre des villes du Nord et du Sud, voire d'envisager un mécanisme de **financement solidaire de la GEP** sur le modèle de la Loi Oudin-Santini (1% eau ainsi que 1% déchet).

Bibliographie

Partie 1

Agence Nationale de la Démographie et de la Statistique (2011). *Situation économique et sociale du Sénégal en 2010*. Dakar, MEF-ANSD, 359 p.

Au - Sénégal, 2017. Cartes thématiques. Disponible sur internet: <http://www.au-senegal.com/cartes-thematiques-du-senegal,358.html>. Consulté le 06/04/2017.

Banque Mondiale (2015). *Revue de l'urbanisation. Villes émergentes pour un Sénégal émergent*. Numéro du rapport ACS14161, 126 p.

Chocat B. (2008). État de l'art sur la gestion urbaine des eaux pluviales et leur valorisation. Tendances d'évolution et technologies en développement, Office International de l'Eau, juillet 2008.

CSE, 2015. Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal.

DGPRES., 2017. Les ressources en eau souterraine au Sénégal. Disponible sur internet : <http://www.dgpre.gouv.sn/content/les-ressources-en-eau-souterraines>. Consulté le 06/04/2017.

Diouf M. (1992). *La crise de l'ajustement*. Politique Africaine, numéro 45, pp. 62-85

Giraut F. (1994). *La petite ville, un milieu adapté aux paradoxes de l'Afrique de l'Ouest : étude sur le semis, et comparaison du système spatial et social de sept localités : Badou et Anié (Togo) ; Jasikan et Kadjebi (Ghana) ; Torodi, Tamaské et Keita (Niger)*. Thèse de Géographie. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, 427 p.

Institut de Recherche pour le Développement (2016). *Étude prospective en soutien à la programmation européenne conjointe*. Contrat : FED/2015/368-323. Rapport final. 117 p.

Programme Solidarité Eau (2013). *La gestion des eaux pluviales (GEP) en milieu urbain dans les pays en développement. État des lieux et pistes de réflexion pour un futur programme de recherche-action*. Programme Solidarité-Eau, 38 p.

Observatoire du Sahara et du Sahel, 2015. Atlas des cartes d'occupation du sol, Sénégal.

Poulard C., Berthier E., Breil P., Labbas M., Henine H., Hauchard E., Radzicki K. (2013). La gestion des eaux pluviales coule de source, de l'amont vers l'aval, du rural à l'urbain et vice-versa. Novatech 2013, 10 p.

Roquet D. (2008). Partir pour mieux durer : la migration comme réponse à la sécheresse au

Sénégal ? *Espace populations sociétés*, pp. 37-53

Ps - EAU, 2017. Contexte Sénégal: démographie et ressource en eau. Disponible sur internet: <http://www.pseau.org/fr/senegal/contexte>. Consulté le 27/03/2017.

Sané Y. (2013). La politique de l'habitat au Sénégal : une mutation permanente. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, numéro 263, pp. 289-392

Sané M., 2015. *Note sur les ressources en eau du Sénégal : zone potentiel pour le transfert d'eau*. Ministère de l'hydraulique et de l'assainissement, Direction de l'hydraulique.

Partie 2

Adiku S.G.K., MacCarthy D.S., Hathie I., Diancoumba M., Freduah BS., Amikuzuno J., Traore P.C.S., S.Traore., Alhassane E.K., Lizaso A.J.I., Fatondji D., M.Adams., Tigana L., Diarra D.Z., N'diaye O., Valdivia R.O., 2015. *Climate Change Impacts on West African Agriculture: An Integrated Regional Assessment (CIWARA)*.

Agence Française de Développement (2017). *Lutter contre les inondations dans la zone de Pikine Irrégulier Sud dans la banlieue de Dakar* (<http://carte.afd.fr/afd/fr/projet/lutter-contre-les-inondations-dans-la-zone-de-pikine-irregulier-sud-dans-la-banlieue-de-dakar>)

CEREMA, 2014. Procédures d'autorisation et de déclaration des projets d'aménagement au titre du code de l'environnement rubrique 2.1.5.0 : rejets d'eaux pluviales. Fiche instructeur N°3

CSE, DENV, DAT, DMG, ISE, 2000. Annuaire sur l'Environnement et les Ressources Naturelles du Sénégal. Première édition. Dakar. 268p.

Gaye AT., Mbaye ML., Ndiaye O., ND. Elaboration des scénarios climatiques dans le cadre du volet adaptation de la Contribution Déterminée au niveau National.

Sagna P, Ndiaye O, Diop C, Niang A.D, Sambou P.C, 2015. Les variations récentes du climat constatées au Sénégal sont-elles en phase avec les descriptions données par les scénarios du GIEC?. Pollution atmosphérique N°227.

Partie 3

ARD Tambacounda, GRET, 2011. Plan Directeur d'Assainissement PDA, Commune de Diawara. Draft du 20 juin 2011, 78 p.

Comité National de Gestion des Inondations, 2012. Rapport sur la gestion des inondations 2012. Préparé pour le PHA, version du 20 novembre 2012, 19 p.

Comité National de Gestion des Inondations, 2014. Rapport d'activités 2013 et perspectives pour 2014. Version de mars 2014, 17 p.

Comité National de Gestion des Inondations, 2015. Bilan à mi-parcours du programme décennal de gestion des inondations, Gestion de l'hivernage 2014. Version de mars 2015, 16 p.

Comité National de Gestion des Inondations, 2015. Rapport sur la gestion des inondations 2015. Version finale, 25 p.

Comité National de Gestion des Inondations, 2016. Rapport d'évaluation de la gestion des inondations durant l'hivernage 2016. Version de novembre 2016, 62 p.

DARZI, 2017. Gestion des inondations au Sénégal, panel sur la résilience aux changements climatiques. Deuxième édition du Forum de la recherche économique et sociale, Plan Sénégal Emergent au défi de la croissance inclusive. Dakar, Avril 2017.

Gouvernement du Sénégal, Le Gouvernement, 2017. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable. Disponible sur internet, page consultée le 18/08/2017

Gouvernement du Sénégal, Le Gouvernement, 2017. Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement. Disponible sur internet, page consultée le 18/08/2017

Gouvernement du Sénégal, Le Gouvernement, 2017. Ministère de la Gouvernance locale, du Développement et de l'Aménagement du Territoire. Disponible sur internet, page consultée le 18/08/2017

Gouvernement du Sénégal, Le Gouvernement, 2017. Ministère du Renouveau Urbain, de l'Habitat et du Cadre de Vie. Disponible sur internet, page consultée le 18/08/2017

Gouvernement du Sénégal, 2010. Rapport d'évaluation des besoins post catastrophe, Inondations urbaines à Dakar 2009. Rapport final, 184 p.

Hennion M., Aïssi J., Bruny I., Diongue I., 2012. Evaluation finale du projet d'appui au développement urbain des quartiers de Pikine (Saint-Louis) et Khouma (Richard-Toll). Rapport final, Contrat-cadre bénéficiaires 2009 Lot 2, Contrat Spécifique N°2011/275985, 51 p.

Ily J-M., 2016. La gestion des eaux pluviales au Sénégal et en Mauritanie : quels acteurs, quelles actions, quelle information disponible ? Première analyse d'une revue bibliographique. 37 p.

JICA, 2016, Plan Directeur d'Urbanisme de Dakar et ses environs, Horizon 2035, Situation actuelle de la zone d'étude. Rapport final, chapitre 03, 186 p.

JICA, 2016, Plan Directeur d'Urbanisme de Dakar et ses environs, Horizon 2035, PUD de Daga Kholpa. Rapport final, chapitre 09, 57 p.

Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan, Ministère de l'Urbanisme, de l'Habitat, de l'Hydraulique urbaine, de l'Hygiène publique et de l'Assainissement, Ministère de la Décentralisation et des Collectivités Locales, 2008. Contrat de performance Etat/ONAS. Dakar, 55 p.

Office National de l'Assainissement du Sénégal, 2015. Contrat de performance Etat/ONAS 2016 – 2018. Dakar, Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement, 18 p.

ONU-HABITAT, 2012. Profil du secteur du logement au Sénégal. ONU-HABITAT, Nairobi, 148 p.

Programme Solidarité Eau (2013). *La gestion des eaux pluviales (GEP) en milieu urbain dans les pays en développement. État des lieux et pistes de réflexion pour un futur programme de recherche-action*. Programme Solidarité-Eau, 38 p.

Sané Y., 2013. La politique de l'habitat au Sénégal : une mutation permanente. Les Cahiers d'Outre-Mer, Dynamiques urbaines, Juillet-Septembre 2013, Presses universitaires de Bordeaux, 26 p.

Partie 4

Agence Française de Développement (2017). *Vulnérabilité sociophysique aux inondations au Sénégal. Une analyse exploratoire sur la base de nouvelles données et de Google Earth Engine*. Notes techniques, Février 2017, numéro 25, 91 p.

Agence Régionale de Tambacounda & GRET (2011). *Plan Directeur d'Assainissement de la Commune de Diawara. Draft du 20 juin 2011*, 77 p.

Bremond P., Grelot F., Bauduceau N., (2009). *De la vulnérabilité de la parcelle à celle de l'exploitation agricole : un changement d'échelle nécessaire pour l'évaluation économique des projets de gestion des inondations*. Risques et Environnement : recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés, L'Harmattan, 14 p.

CEREMA & Commissariat général au développement durable (2014). *Note de recommandations pour la réalisation des AMC des projets de prévention des inondations. A l'usage des bureaux d'études et porteurs de projets PAPI*, 8 p.

CEPRI (2014). *Evaluation des dommages liés aux inondations sur les logements*, 79 p.

Commissariat général au développement durable (2012). *Analyse multicritères : application aux mesures de prévention des inondations. Guide méthodologique*. Document de travail numéro 6.B, 170 p.

Direction générale de la prévention des risques (2014). *Analyse multi-critères : application aux mesures de prévention des inondations. Cahier des charges*, p. 12

Grelot F., Guillaume B., Gendreau N. (2002). Gestion préventive des inondations : quels outils économiques pour l'aide à la décision ? *Ingenieries - E A T*, IRSTEA édition 2002, pp. 27-36.

Valiron, F. (1991). *Manuel d'assainissement spécifique pour les pays à faible revenu*. Agence de coopération culturelle et technique, Conseil International de la Langue française, PUF, 381 p.

Sané Y. (2016). *La décentralisation au Sénégal, ou comment réformer pour mieux maintenir le statu quo*, Cybergeog : European Journal of Geography, Espace, Société, Territoire, 23 p.

Partie 5

Barro A., Zougmoré R, Taonda S. J.B, 2005. Mécanisation de la technique du zaï manuel en zone semi-aride. *Cahiers Agriculture*, 14 (6), pp. 549-559.

Centre technique de coopération agricole et rurale, 2008. Récupération de l'eau de pluie pour accroître la production fourragère.

Centre Régional AGRHYMET, 2005. Rapport final du projet pilote « gestion de la fertilité des sols dans un contexte de changement climatique dans la partie Nord du plateau central au Burkina Faso ». 164 p. Projet Appui aux capacités d'adaptation aux changements climatiques au Sahel

EPFL, ND. Chapitre 5 : L'infiltration et les écoulements. Disponible sur internet : <http://echo2.epfl.ch/e-drologie/chapitres/chapitre5/chapitre5.html>, [Consulté le 08/01/2017]

Chocat B., 2016. Les techniques alternatives pour la gestion des eaux pluviales. Risques réels et avantages. Villeurbanne, GRAIE, 53 p.

Grand Lyon, ND. Fiche n°00 : Méthode pour le dimensionnement des ouvrages de stockage.

GIZ, 2012. Bonnes pratiques de conservation des eaux et des sols. Contribution à l'adaptation au changement climatique et à la résilience des producteurs au Sahel. Francfort, Ministère fédéral de la Coopération économique et du Développement, Développeurs d'avenir, 60 p.

En haut !, 2015. Livret des fiches pédagogiques & éléments de compréhension des enjeux du changement climatique à Nouakchott. Nouakchott, Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Coopération allemande, GIZ, 25 p. Adaptation au Changement Climatique des Villes Côtières.

Leroy M., 2013a. Fiche technique : Remettre en culture des sols dégradés par le zaï agricole manuel amélioré. Viols-le-Fort, Groupe Travail de Désertification, 3 p. Savoirs de paysans et lutte contre la désertification.

Leroy M., 2013b. Fiche technique : Augmenter le potentiel d'un champ cultivé grâce aux cordons pierreux. Viols-le-Fort, Groupe Travail de Désertification, 3 p. Savoirs de paysans et lutte contre la désertification.

Ministère de l'écologie et du développement durable, 2008. L'assainissement pluvial intégré dans l'aménagement : Eléments-clés pour le recours aux techniques alternatives. Certu, 196 p.

PANA, 2006. Plan d'action national pour l'adaptation aux changements climatiques. Ministère de l'environnement et de la protection de la nature. 84 p.

PASP, 2003. Projet protection intégrée des ressources agro-sylvo-pastorales dans le département de Tillabéri-nord. 2^e éd. Ministère du développement agricole République du Niger, 51 p. Référentiel des mesures techniques de récupération, de protection et d'exploitation durable des terres.

SPONG, 2012. Fiches techniques des bonnes pratiques de gestion durable des terres, d'adaptation aux changements climatiques et de conservation de la biodiversité. Ouagadougou, 113 p.

Truong P., Van T. T., Pinners E., 2009. Application du système vetiver manuel technique. 1^e éd. Réseau international du vétiver, 103 p.

Van Steenberghe F, Tuinhof A., 2010. La gestion de l'eau comme tampon pour favoriser le développement et l'adaptation au changement climatique : Recharge, retenue et réutilisation des eaux souterraines et stockage des eaux de pluie. 3^e éd. 111 p.

Zougmore R. et al., 2000. Intensification des systèmes de cultures par des techniques de conservation des eaux et des sols et d'agroforesterie dans la plaine centrale du Burkina Faso.

Annexe 1. Projet « Vivre avec l'eau », Yeumbeul Nord, Phase II (2017)



Photo 1. Sols sableux sans pavage d'une commune en banlieue de Dakar, Yeumbeul Nord

Photo 2. Système d'évacuation des eaux pluviales sous-dimensionné et obstrué, sous la responsabilité de l'ONAS

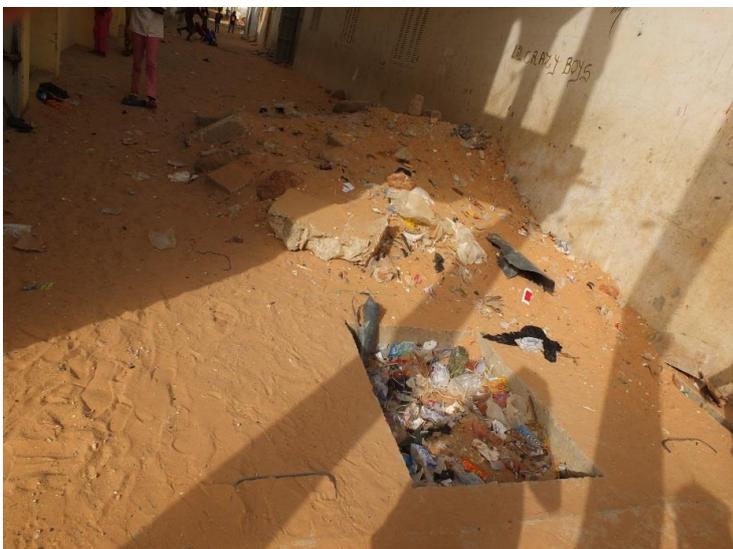


Photo 3. Pièges à sable mal entretenus et inefficaces pour la protection de la route pavée en aval

Photo 4. Une grille fine située en point bas permettant l'évacuation des eaux, entretenue par les habitants sensibilisés et équipés



Photo 5. Mise en place d'une collecte des déchets au sein du quartier

Photo 6. Construction de murets permettant de préserver les lieux de vie en détournant les eaux de ruissellement vers des réseaux d'évacuation enterrés



Photo 7. Érection d'un mur en béton construit à partir de bidons remplis de déchets solides collectés dans le quartier



Photo 8. Bétonisation et jeunes pousses de vétiver pour stabiliser les rives du bassin de stockage

Photo 9. Pièges à sables entretenus et performants suite à une sensibilisation des ménages et la mise en place de la collecte des déchets solides

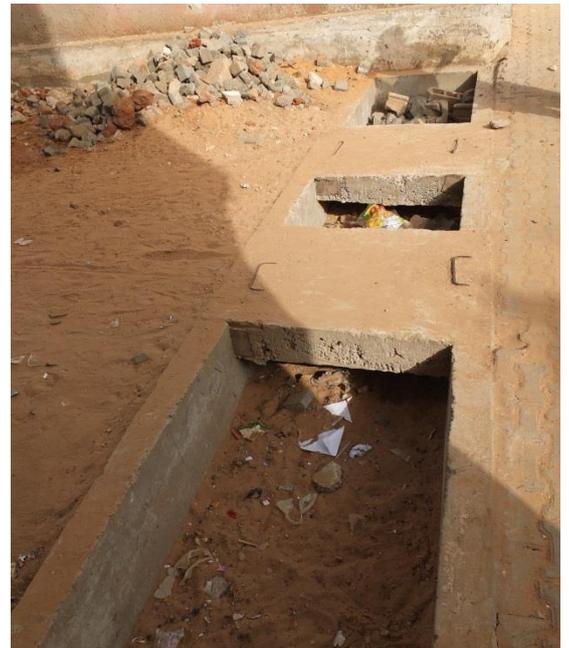


Photo 10. Bassin de stockage envahit par des plantes typhas, limitant la réutilisation de l'eau pour du maraichage

Photo 10. Espaces de sociabilisation à proximité de la mosquée



Annexe 2. Liste des personnes interrogées dans le cadre de l'étude sur la GEP (avril 2017)

Structure	Fonction	Prénom(s)	NOM
Agence Française de Développement			
	Chargé de projet Eau et assainissement	Thibault	RANNOU
Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement (MHA)			
	Direction de l'Assainissement	Arouna	TRAORE
	ONAS, Ingénieur electromecanicien	Pèdre	SY
	ONAS, Saint-Louis	Abou	SY
	DGPRES	Boubacar	CISSE
	OMVS, Expert hydraulicien	Gora	NDIAYE
Ministère du Renouveau Urbain, de l'Habitat et du Cadre de Vie (MRUHCV)			
	MRUHCV	Amadou Diouldé	DIALLO
	MRUHCV / CNGI	Alpha	SIDIBE
	DARZI	Issa	TRAORE
Ministère de la Gouvernance Locale, de l'Aménagement du Territoire			
	ADM, Expert urbaniste	Cheikhou	BALDE
	ADM, Directrice technique	Marie	NDAW
	ADC Saint-Louis	Boun Daouda	SOUMARE
Agence Nationale Aviation Civile et Meteorologie			
	ANACIM	Ousmane	NDIAYE
	Ancienne directrice, ANACIM	Aida Diongue	NIANG
Communes sénégalaises			
	Diawara, Maire	Killé	SAKHO
	Diass, Secrétaire Municipal	Abdoulaye	NDIONE
Centre de Suivi Ecologique			
	CSE	Taïbou	BA
	CSE	Souleyman	CISSE
Vivre avec l'eau			
	Responsable des infrastructures	Mamadou	DIASSE
	Chargé de suivi des travaux	Daouda	NDOYE
UrbaSEN - Projet UrbaDTK			
	Responsable projet	Pape Ameth	KEITA
SCE/Groupe Huit			
	Urbaniste chargé de projet	Fatou	TANOR
Institut de Recherche pour le Développement			
	Chercheur	Luc	DESCROIX