

UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI (UAC)

FACULTE DES LETTRES, ARTS
ET SCIENCES HUMAINES (FLASH)

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
(FAST)



ECOLE DOCTORALE PLURIDISCIPLINAIRE
« Espaces, Cultures et Développement »

Chaire UNESCO « Science Technologie et
Environnement » (CUSTE)

FORMATION DOCTORALE EN GEOGRAPHIE ET GESTION DE
L'ENVIRONNEMENT

Spécialité: Dynamique des Ecosystèmes, Aménagement du Territoire et
Politique Environnementale

N° d'enregistrement : /EDP/GEN

UN MODELE DE GESTION DURABLE DES EAUX PLUVIALES
URBAINES EN AFRIQUE TROPICALE : APPLICATION A LA VILLE DE
PARAKOU

THESE

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT UNIQUE DE L'UNIVERSITE
D'ABOMEY-CALAVI

Présenté par :
A. Ramane ABDOULAYE

Sous la direction de :
Lucien Marc OYEDE
Maître de Conférences

Soutenue publiquement le 23 décembre 2010, devant le jury international composé de :

- Président :** BOKO Michel, Professeur Titulaire à l'UAC
Rapporteurs : 1- BLIVI Adoté, Professeur Titulaire à l'Université de Lomé
2-OYEDE Lucien Marc, Maître de Conférences à l'UAC
Examineurs : 1-ALIDOU Salifou, Professeur Emérite à l'UAC
2-AGBOSSOU Euloge, Maître de Conférences à l'UAC
3-FAYE Serigne, Maître de conférences à l'UCAD

MENTION : TRES HONORABLE AVEC FELICITATION DE JURY

Faculté des Lettres, Arts
et Sciences Humaines.

Université
d'Abomey-Calavi

Faculté des Sciences et
Techniques
Chaire UNESCO
« Science,
Technologie et
Environnement »
(CUSTE)

Ecole Doctorale
Pluridisciplinaire
« Espace, Culture et
Développement »



Procès Verbal de Soutenance de la Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi

L'an deux mil dix et le 23 décembre à 10 heures 15 minutes s'est réuni à l'amphithéâtre de la Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, le jury désigné par la note de service n° 135-2010/UAC/SG/VR-RU/SP-CS/SA du 21 décembre 2010, pour procéder à la cérémonie de soutenance de la thèse de doctorat unique de **Monsieur Ramane A. ABDOULAYE** sur le thème « **Un Modèle de Gestion Durable des Eaux Pluviales Urbaines en Afrique tropicale : Application à la Ville de Parakou** ». Ce jury est composé comme suit :

Président : **Michel BOKO**, professeur titulaire, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi, Bénin ;

Rapporteurs : **Adoté Blim BLIVI**, professeur titulaire, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université de Lomé, Togo ;

Marc L. OYEDE, maître de conférences, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi ;

Examineurs :

Salifou ALIDOU, professeur émérite, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi ;

Euloge K. AGBOSSOU, maître de conférences, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi ;

Sérigne FAYE, maître de conférences, Université Cheik Anta Diop, Dakar, Sénégal.

A l'issue des délibérations, le jury l'a déclaré digne du grade de Docteur de l'Université d'Abomey-Calavi en **Géographie et Gestion de l'Environnement**, option : **Dynamique des Ecosystèmes, Aménagement du territoire et Politique Environnementale**

Avec la mention : *Très Honorable avec Félicitation du jury*

Observations : *Le jury l'encourage à se maintenir dans la recherche avec une équipe de géographie physique.*

Le Rapporteur Principal

Marc L. OYEDE
Maître de conférences

Le Président

Michel BOKO
Professeur titulaire

SOMMAIRE

	Pages
SOMMAIRE	i
RESUME	ii
SUMMARY	iii
DEFINITION DES SIGLES	iv
DEDICACE	v
REMERCIEMENTS	vi
INTRODUCTION GENERALE	1
PREMIERE PARTIE	
LES APPROCHES CONCEPTUELLES ET METHODOLOGIQUES, LE SITE URBAIN DE PARAKOU ET LES CONTRAINTES NATURELLES ET ANTHROPIQUES	14
Chapitre I : Concepts de base, méthodologie et outils	16
Chapitre II : Le profil physique de la ville.....	44
Chapitre III : Les caractéristiques socio-économiques et le développement de la ville.....	79
Chapitre IV : La gestion de l'espace urbain.....	108
DEUXIEME PARTIE	
ANALYSE DU SYSTEME ACTUEL DE GESTION DES EAUX PLUVIALES URBAINES ET DE L'ASSAINISSEMENT DU CADRE DE VIE A PARAKOU	157
Chapitre V : Analyse des facteurs de ruissellement	159
Chapitre VI : La gestion des eaux pluviales.....	211
TROISIEME PARTIE	
ELEMENTS POUR UNE GESTION DURABLE DES EAUX PLUVIALES URBAINES A PARAKOU: REPONSES A L'INSUFFISANCE D'AUJOURD'HUI ET A LA CROISSANCE URBAINE DE DEMAIN	244
Chapitre VII : Analyse et discussion des différentes approches de gestion	246
Chapitre VIII : Elaboration d'un modèle de gestion durable des eaux pluviales urbaines et l'amélioration du cadre de vie à Parakou	260
CONCLUSION GENERALE	298
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	306
ANNEXES	320
TABLES DES MATIERES	328

RESUME

La ville de Parakou se trouve de plus en plus confrontée aux problèmes de gestion des eaux pluviales avec des conséquences (érosion, inondation, abîme des bâtiments, etc.) parfois dramatiques sur les citadins et leur patrimoine ainsi que sur l'environnement. Bien que des préoccupations s'expriment au travers des déclarations d'intention et de multiples projets d'urgence, l'occasion ne s'est pas présentée d'aborder le problème d'une manière intégrée ni dans le cadre d'un document prévisionnel, ni de celui d'un travail de recherche. Nous constatons également une inadéquation entre l'effort mobilisé et l'amélioration souhaitée.

Pour mieux comprendre les causes du dysfonctionnement du Système actuel de la Gestion des Eaux Pluviales Urbaines (SGEPU) de la ville de Parakou et explorer les potentialités (socio-économiques, organisationnelles, etc.) qui s'offrent, une analyse détaillée a d'abord porté sur la gestion de l'espace urbain en vue d'une gestion durable des eaux pluviales. Ainsi, les différentes typologies urbaines ont été définies. Pour chacune d'elles, les problèmes types et leurs causes ont été identifiées. Les facteurs intrinsèques du dysfonctionnement ont été également mis en évidence à l'aide d'une analyse systémique.

Les résultats d'analyses croisées de la gestion de l'espace et des eaux pluviales, montrent que le SGEPU subit cinq contraintes majeures à savoir: le non-respect des plans d'urbanisme; une morphologie urbaine non structurée où l'écoulement des eaux pluviales se fait parfois à travers des pièces d'habitation; une expansion urbaine qui intègre peu la question de l'assainissement ; une obstruction du réseau des eaux pluviales par les déchets (eaux usées, ordure, etc.); l'absence d'une vision globale notamment dans la conception des projets d'assainissement des eaux pluviales . Pour résoudre ces cinq familles de contraintes, un modèle organisationnel est élaboré pour cadrer et rendre durable le drainage des eaux pluviales urbaines. Des éléments de réponse généraux portant sur les techniques alternatives et urbanistiques sont également apportés.

Enfin, au plan technique et hydrologique, deux pistes de recherche nous paraissent prioritaires à s'avoir : l'inventaire et la mise en état du réseau de drainage des eaux pluviales urbaines d'une part, l'étude du phénomène pluie-débit dans un contexte d'insuffisance de données d'autre part.

Mots clés : Assainissement – Développement Durable – Eaux pluviales Urbaines – Gestion – Milieu – Modèle organisationnel - Parakou.

SUMMARY

The city of Parakou is increasingly confronted with storm water management challenges having dramatic consequences for urban residents and the environment. Responding to this issue, declarations of intent have been made and multiple emergency interventions have taken place. However, the subject has never been tackled in an integrated manner, nor has a provisional action plan been proposed. The effort mobilized is inadequate given the desired result.

To better understand the causes behind the breakdown of Parakou Urban Storm Water Management System (PUSWMS) and to explore other potentialities (socio-economic, organizational, etc.), an analysis of urban spatial organization was conducted with particular emphasis on sustainable management of storm water. Different urban categories were identified and for each of those, problem types and their causes were also identified. The intrinsic factors of dysfunction were shown via systemic scrutiny.

The crossed results of the space management and the rain water show that the SGEPU undergoes five major constraints with knowing: the non-respect of town planning documents; a non-structured urban morphology where the rain water run-off is done sometimes through the dwelling; an urban development which integrates the question of the drainage work little; an influence on the rain falls network by the garbage (polluted water, garbage etc); the absence of a global vision in particular in the design of the projects of cleansing of rain water. To solve these five families of constraints, an organisational model is worked out to tally and make durable the drainage of water rain urban. General brief replies relating to the alternative and urbanistic techniques are also brought.

Lastly, on the technical level and hydrological, two tracks of research appear priority: the inventory and the setting in state of the network of drainage of urban rain water, the study of the phenomenon rain-flow in a context of insufficiency of data.

Key words: Sanitation – sustainable development – urban storm water – management – area – organisational model-Parakou

DEFINITION DES SIGLES ET ABREVIATIONS

- **AGETUR** : Agence d'Exécution des Travaux Urbains
- **AOF** : Afrique Occidentale Française
- **ASECNA** : Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et Madagascar
- **BCEOM** : Bureau Central des Etudes d'Outre-Mer
- **BN** : Budget National
- **BOAD** : Banque Ouest Africaine de Développement
- **BV** : Bassin Versant
- **CDEAO** : Communauté des Etats de l'Afrique de l'Ouest
- **CDQ** : Comité de Développement du Quartier
- **CDR** : Comité de Défense de la Révolution
- **CENATEL** : Centre National de Télédétection et de Surveillance du Couvert Forestier
- **CIEH** : Comité Inter Africain d'Etudes Hydrauliques
- **CLS** : Comité Local de Suivi
- **CMED** : Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement
- **COBEMAG** : Coopérative Béninoise de Matériels Agricoles.
- **COSUCO** : Comité de Suivi, de Coordination et d'Orientation
- **COTEB** : Complexe Textile du Bénin.
- **CRDI** : Centre de Recherche et de Développement International
- **CPS** : Comité de Pilotage et de Suivi
- **DAVU** : Direction de l'Assainissement et des voies Urbaines
- **DGTP** : Direction Générale des Travaux Publics
- **DPDL** : Direction de la Prospective et du Développement Local
- **DST** : Direction des Services Techniques

- **DTN** : Direction de Transport National
- **DUA** : Direction de l'Urbanisme et de l'Assainissement
- **FAC** : Fond d'Aide pour la Coopération
- **FAST** : Faculté des Sciences et Techniques
- **F CFA** : Franc Communauté Financière d'Afrique
- **FED** : Fond Européen de Développement
- **FLASH** : Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines
- **FSA** : Faculté des Sciences Agronomiques
- **GIEC** : Groupe Intergouvernemental d'Experts sur les Changements Climatiques
- **IGN** : Institut Géographique National
- **IMPETUS** : Integratives Management Project für einen Effizienten und Tragfähigen Umgang mit Süßwasser in Wentafrica (Approche Intégrée pour la Gestion Efficiente des Ressources Hydriques Limitées en Afrique de l'Ouest)
- **INSAE** : Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique
- **IPH** : Indice de Pauvreté Humaine
- **IREDA** : Institut de Recherche d'Etude et de Développement en Afrique
- **MES** : Matières En Suspension
- **ONG** : Organisation Non Gouvernementale
- **ORSTOM** : Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer
- **PADEAR** : Programme d'Appui au Développement du secteur d'Alimentation en eau potable de l'hygiène et de l'Assainissement en milieu Rural.
- **PDM** : Plan de Développement Municipal

- **PED** : Pays en Voie de Développement
- **PGUD II** : Programme de Gestion Urbaine Décentralisée 2
- **PNUD** : Programme des Nations Unies pour le Développement
- **POS** : Plan d'Occupation du Sol
- **PRODECOM** : Programme d'Appui au Démarrage des Communes.
- **RGPH** : Recensement Général de la Population et de l'Habitation
- **RFU** : Registre Foncier Urbain
- **RNIE** : Route Nationale Inter Etat
- **SERHAU-SA** : Société d'Etude Régionale et d'Aménagement Urbain
Société- Anonyme
- **SH** : Service de l'Hydraulique
- **SGEPU** : Système de Gestion des Eaux Pluviales Urbain
- **SAIC** : Service des Appuis aux Initiatives Communautaires
- **SHAB** : Service d'Hygiène et de l'Assainissement de Base
- **SIG** : Système d'Information Géographique
- **SNG** : Structure Non Gouvernementale
- **SOBEBRA** : Société Béninoise des Brasseries
- **SBEE** : Société Béninoise d'Energie Electrique
- **SONAPRA** : Société Nationale pour la Promotion Agricole
- **SONEB** : Société Nationale des Eaux du Bénin
- **TBS** : Tableau de Bord Social
- **UAC** : Université d'Abomey-Calavi
- **UICN** : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

DEDICACE

A MA FAMILLE WANKO

REMERCIEMENTS

La thèse est la preuve écrite que l'on est, dans un domaine, capable de mener à bien une recherche, de maîtriser une technique, de contribuer à une avancée dans l'ordre de la connaissance, de la réflexion, de l'analyse ou de la création (Beaud, 1998). Nous convenons avec cet auteur que la thèse est un travail, long, exigeant, astreignant et qui pèse pendant plusieurs années sur la vie personnelle, familiale et la « disponibilité pour les autres ». Etant donné que nous n'avons disposé comme ressources sûres pour la préparation de cette thèse que notre salaire de fonctionnaire béninois, la réalisation des travaux a souffert de l'insuffisance des moyens matériels et financiers. Cette situation n'a pas manqué de gêner l'évolution de nos travaux.

C'est ici le lieu d'exprimer toute notre gratitude au professeur OYEDE Marc Lucien, directeur de la présente thèse, qui n'était pas moins préoccupé que nous par l'aboutissement de ces travaux. Son dynamisme, sa rigueur et ses compétences scientifiques ont contribué à ce travail effectué. Aucun travail ne s'accomplissant dans la solitude (Beaud, 1998), ce travail a bénéficié de la contribution d'un certain nombre d'acteurs que je tiens à remercier.

En tout premier lieu, je tiens à remercier, les Professeurs, Adoté Blim BLIVI, Professeur Titulaire à l'Université de Lomé au Togo et Euloge K. AGBOSSOU, Maître de Conférences CAMES à la Faculté des Sciences Agronomiques à l'Université d'Abomey-Calavi, BOKONON-GANTA, Maître Assistant à la Faculté des Lettres Arts et Sciences Humaines (FLASH), qui m'ont fait constamment renaître de mes errements et de ma lassitude, Leurs remarques, objectives, pertinentes, dans la forme et dans le fond, ont été d'une grande utilité dans l'aboutissement de ce mémoire.

Je tiens également à remercier :

- Monsieur Michel BOKO, Professeur Titulaire, à la Faculté des Lettres Arts et Sciences Humaines (FLASH), Directeur de la formation doctorale

Pluridisciplinaire « Espace, Société et Développement du Monde Négro-africain » qui avait assuré la présidence de jury de ma soutenance de DEA et qui a accepté encore d'assurer aujourd'hui, la présidence de jury de la présente soutenance;

- Monsieur Salifou ALIDOU, Professeur Emérite de à l'Université d'Abomey-Calavi, qui nous avait incité, conseillé et encouragé lors de notre formation en DEA, à impérativement poursuivre les études après le DEA;
- tous les membres de jury qui ont accepté de donner plus de valeur scientifique à ce mémoire;
- tout le corps professoral de l'Ecole Doctorale Pluridisciplinaire pour avoir assuré ma formation en DEA.

Que Messieurs SEIDOU MAKO Imorou, Directeur de l'Urbanisme et de l'Assainissement du MEHU, le Responsable de l'ASECNA Parakou, SERO Dafia, Directeur des Services Techniques de la Mairie de Parakou et ses chefs services, El hadji BONI Malick représentant à Parakou de l'AGETUR, reçoivent mes sincères marques de gratitude pour m'avoir aidé dans les travaux de terrain et de collecte des données tant à Cotonou qu'à Parakou.

Ma famille a été le milieu qui m'a permis de mener à bien ce travail. Mention spéciale à ma mère, qui a toujours suivi mon travail avec une grande affection. Elle n'en sera jamais assez remerciée.

Nos marques de sympathie à tous ces ménages, soucieux de l'état de dégradation de leur milieu et qui se sont confiés à nous lors des travaux de terrain afin de trouver des approches de solutions durables pour réduire les risques environnementaux liés à la mauvaise gestion de l'assainissement des eaux pluviales à Parakou.

INTRODUCTION GENERALE

I - INTRODUCTION

Les méthodes classiques de détermination des écoulements des eaux pluviales sur les petits bassins versants se heurtent à une difficulté d'appréciation de l'aptitude au ruissellement (Baton, 1996). En effet, ces méthodes considèrent que : (1) le bassin versant est considéré d'une façon globale, (2) la détermination des paramètres d'écoulements du bassin est relativement subjective et intuitive ; dès lors, la précision globale peut être médiocre, souvent la valeur attribuée réellement à ces paramètres dépend grandement de l'expérience de l'ingénieur (Burlando, 1996). Développés pour répondre à des besoins très spécifiques, les modèles hydrologiques de type analytique utilisent des constantes empiriques qui ne représentent pas une réalité physique et mesurable (Baton, 1996). Il est nécessaire alors de les ajuster pour chaque nouveau contexte d'application. Lors de leur développement, de nombreux compromis sont faits quant à la représentativité de la réalité. La qualité des modèles hydrologiques réside à la fois dans leur simplicité et dans l'équilibre du compromis réalisé entre la simplification et la crédibilité de la représentation adoptée (Yang, 1996). Il apparaît donc nécessaire de concevoir une approche permettant d'allier les modèles complexes (représentativité et crédibilité) avec celles des outils plus simplifiés (facilité d'utilisation et de paramétrisation).

Les travaux présentés dans le cadre de ce mémoire de thèse sont consacrés aux problèmes d'écoulement des eaux pluviales dans les villes d'Afrique tropicale, et sont plus particulièrement orientés vers la connaissance des mécanismes hydrologiques nécessaires au dimensionnement des ouvrages. Cette connaissance ne peut être exhaustive : il serait probablement irréaliste de s'attacher à décrire de façon absolue dans le temps et dans l'espace les mécanismes de ruissellement pluvial. La connaissance visée ne représente

généralement qu'une approche schématique, convenant à la résolution de problèmes particuliers au moyen de modèles appropriés.

Les ouvrages de drainage des eaux pluviales constituent l'un de ces problèmes, et leur dimensionnement s'appuie sur la modélisation de la transformation de la pluie en débit. Les conceptions de ces ouvrages se fondent sur divers aménagements, dont les principaux actuellement en vigueur sont basés respectivement sur l'évacuation rapide et sur la rétention partielle de l'écoulement des eaux pluviales (Morel, 1998). Chacune de ces conceptions met en jeu des caractéristiques d'écoulement distinctes, et conduit à des modèles de ruissellement également distinct.

Selon (Bouvier, 1990), ces conceptions sont elles-mêmes déterminées par le contexte plus général de l'ensemble des problèmes du développement urbain. Le drainage des eaux pluviales y figure au même titre que le traitement des eaux usées, l'alimentation en eau potable, la santé, le confort des habitants, le transport et la circulation, les problèmes d'équipements divers tels que électricité, téléphone etc. Ces problèmes ne peuvent être considérés dans leur ensemble de façon indépendante. Certains sont directement reliés par leurs aspects techniques (réseaux d'assainissement des eaux usées et de drainage des eaux pluviales par exemple). D'autres sont liés par des impératifs d'ordre socio-économique, fixant les priorités respectives de chacun de ces problèmes : doit-on développer en priorité les réseaux de drainage des eaux pluviales, ou les raccordements privés au réseau de distribution d'eau, ou encore les branchements téléphoniques ou électriques ?

La réponse à ce genre de question est évidemment très complexe et suppose que l'on puisse établir des fonctions précises d'objectifs, destinées à quantifier les besoins des usagers et les contraintes représentées par ces équipements, pour établir une planification globale du développement durable urbain.

Dans les pays en voie de développement(PED), et plus particulièrement en Afrique tropicale, le drainage des eaux pluviales ne constitue pas une priorité affirmée. Pour cette raison parmi d'autres, il n'existe que très peu d'études synthétiques portant sur ce thème, et les ouvrages techniques réalisés résultent de la transposition directe d'un savoir-faire éprouvé dans les pays industrialisés, donnant la plupart du temps des résultats décevants.

Or, si l'on considère la dynamique actuelle de l'extension des villes africaines, on peut s'interroger sur les conséquences d'une telle lacune, non seulement en matière de protection contre l'érosion et les inondations, mais aussi sur l'ensemble des problèmes liés à l'eau dans la ville de manière plus générale. Il semble donc opportun, d'analyser plus profondément les causes d'échec et les perspectives encore ouvertes aux systèmes actuels de drainage des eaux pluviales, en tenant compte de spécificités du milieu urbain africain (Bouvier, 1990).

C'est dans ce contexte, que ce mémoire est engagé en partant du constat que de nombreux problèmes préoccupants et complexes liés à l'assainissement des eaux pluviales et sa gestion auxquels la ville de Parakou est confrontée. La maîtrise et la gestion des eaux pluviales deviennent donc aujourd'hui un enjeu fort pour les élus locaux, responsables de l'aménagement urbain et soucieux d'assurer la sécurité et le confort de leurs administrés. En effet, le schéma d'assainissement, étudié de façon générale au niveau de la ville, permet de mieux appréhender les problèmes socio-technique, économique et financier, dans leur imbrication, leur complexité et d'apporter des solutions globales durables.

Les travaux présentés dans ce mémoire de thèse ont cette ambition. Ils s'articulent autour de trois parties distinctes qui sont :

- le site urbain de Parakou et les contraintes naturelles et anthropiques;
- l'analyse du système actuel de gestion des eaux pluviales et de l'assainissement du cadre de vie à Parakou;

- éléments pour une gestion durable des eaux pluviales urbaines à Parakou : réponses à l'insuffisance d'aujourd'hui et la croissance urbaine de demain.

II – PROBLEMATIQUE

La gestion de l'eau pluviale constitue aujourd'hui, un des problèmes cruciaux par sa double dimension « ressource » et « risque » des pays en voie de développement. Malgré des discours de plus en plus engagés au niveau national et international, les villes du tiers monde n'arrivent pas à mettre en place un système d'assainissement qui assure le métabolisme urbain lié à l'eau (Chocat, 1997). Ce constat d'échec commun aux pays en voie de développement nous amène à poser la question dans un contexte plus large pour enrichir l'analyse du cas Parakou.

Le milieu urbain représente par définition une concentration d'activités et de populations, dont l'importance conditionne la complexité des divers équipements à mettre en œuvre. En matière de drainage des eaux pluviales, tout comme dans de nombreux domaines, les problèmes et les pratiques sont souvent déterminés par la dimension de l'agglomération, et diffèrent considérablement d'une ville comprenant quelques milliers d'habitants à une mégalopole en comptant plusieurs millions. Bien que relativement récent en Afrique de l'ouest, le phénomène d'urbanisation connaît actuellement un développement très rapide, alimenté par une grave crise économique. Les rapports de croissance démographique de la population urbaine des différentes régions du monde entre 1970 et 2000, établis par l'UNESCO et cités par Desbordes et Servat (1986), sont les suivantes : (Europe : 1,5) ; (Amérique du nord : 1,7) ; (URSS : 1,8) ; (Asie de l'est : 2,7) ; (Afrique : 4,2). D'après ces chiffres, la population des villes africaines devraient quadrupler entre 1970 et 2015, ce qui correspond à un taux d'accroissement annuel de 5%. Au-delà de ces contraintes, le développement urbain a été également handicapé par la mauvaise gestion des

moyens disponibles : corruption, manque de rigueur et d'engagement, calquage de modèles et de méthodes parachutés.

Comme de nombreux chercheurs « tiers-mondistes » [(Desbordes, 1986) ; (Blary, 1997)] l'ont déjà démontré, depuis une vingtaine d'années, le transfert aveugle des modèles compliquait davantage les problèmes des villes des PED. L'impact de cette impertinence est vécu sur deux plans, temporel et financier. Une étude de projet d'assainissement des eaux pluviales non adaptée à la situation et aux spécificités locales ne peut pas être réalisée par manque de faisabilité technico-financière mais aussi par l'absence d'appropriation. Les acteurs opérationnels ne connaissent souvent rien de l'étude et, par conséquent, ils ne s'y reconnaissent pas, ce qui entraîne son rejet et son oubli. L'impertinence de ces conceptions des pays industrialisés réside plus dans le fait qu'elles ne sont pas formulées dans et pour le contexte spécifique local. Les zones tropicales se caractérisent par des pluies de forte intensité par rapport aux pays tempérés [les intensités maximales de pluie obtenues sur des durées de 15 et 30 minutes, pour des périodes de retour de 2 ans sont : (Abidjan : $I_{15} = 142$ mm/h, $I_{30} = 104$ mm/h), (Paris : $I_{15} = 41$ mm/h, $I_{30} = 27$ mm/h)], une urbanisation souvent spontanée, un cadre institutionnel assez récent et des ressources humaines et financières très limitées (Morel, 1998). Sans considération de ces spécificités, la simple conception technique ne peut pas apporter d'amélioration.

La technique seule est une solution inerte sans le cadre nécessaire comme Knabel et Joël en (1986) l'ont bien souligné dans une réflexion large sur la gestion des eaux usées et pluviales : « *Il serait inutile d'être pointilleux sur la meilleure technique appropriée d'assainissement, tant que n'auront pas été réglées certaines prémisses de sa mise en œuvre, à savoir les rapports administrés/administrants, les relations internes à l'administration étatique, les questions d'accès de chacun à un terrain qu'il puisse s'approprier* ». La nécessité de prise en considération des dimensions culturelles, économiques et

organisationnelles est aujourd'hui de plus en plus réclamée, ce qui est déjà un atout capital.

La limite d'auto financement constitue également l'autre handicap des villes des PED. Dans ces pays, bien que 60 % du PIB soit crédité au monde urbain (qui ne concerne qu'en moyenne un tiers de la population totale), les communes urbaines collectent à peine 1 % du PIB urbain ce qui correspond en moyenne à 6 à 8 dollars par habitant (Farvacque, 1997). L'investissement pour les travaux d'assainissement dépend donc fortement de l'aide et des prêts extérieurs. Selon une étude de la banque mondiale en 1999, en Afrique 90 % de l'investissement utilisé dans le service urbain vient aujourd'hui d'aides extérieures. Cette précarité budgétaire limite ainsi les ressources nécessaires pour assurer le fonctionnement des ouvrages. Cette question se pose pourtant depuis longtemps, mais les actions concrètes pour gérer les équipements réalisés ne sont pas encore au rendez-vous. Par conséquent, les villes présentent un métabolisme de l'eau incomplet ou inexistant plus ou moins important selon la valeur économique (rente foncière) des espaces. A cette situation technique très précaire et vulnérable s'ajoute la médiocrité de l'organisation et de moyens destinés à la gestion de crise.

Les conséquences sont très connues avec les inondations dévastatrices fréquentes et un cadre de vie urbain détérioré en permanence. Favorisés par le vecteur « ruissellement », les taux de morbidité et les affections intestinales doublent dans le cas de Conakry (de 5% à 10,3 % et de 6% à 14 % respectivement) en saison de pluie (Morel, 1998). En 2006, de fortes précipitations ont touché le continent africain occasionnant de violentes inondations, en Ethiopie, de fortes pluies ont occasionné des inondations dévastatrices, la crue de l'Omo à Dire Dawa a été particulièrement meurtrière (1 000 morts) (CRED, 2006). Certes, ces pluies étaient des pluies exceptionnelles qui ne pouvaient être gérées par des procédés classiques. La seule solution était de minimiser les dégâts. Pour cela une bonne organisation et

une logistique de gestion de crise sont nécessaires mais celles-ci manquent cruellement dans ces pays pauvres.

Malgré ces effets dévastateurs, l'assainissement pluvial est le service le plus ignoré en Afrique et dans les PED en général. Cela s'explique essentiellement par le caractère collectif et saisonnier et par sa considération comme préoccupation non-pressante (non-urgente). Face au manque de mesure suffisante d'intervention publique, les citoyens en rapport avec certains ONG se mobilisent pour rendre plus vivable le cadre de vie urbain bien que leurs interventions restent très insuffisantes et parfois mal coordonnées.

Ce manque d'intérêt est aussi visible dans la littérature et au travers la politique internationale, nationale et locale. En effet, dans la décennie internationale de l'eau et de l'assainissement des années 1980, ni le thème de l'assainissement ni le thème de l'eau n'ont suffisamment abordé le problème de la gestion des eaux pluviales urbaines. Le premier thème se focalisait sur les eaux vannes et les déchets tandis que le deuxième thème ne concernait pratiquement que l'adduction en eau. Sur le plan de la recherche les travaux sont peu abondants : « Very few studies have been completed regarding alternative solutions for urban water management in African cities » (Bouvier, 1990).

Dans cette perspective, il nous semble indispensable de mener une réflexion sur chaque terrain car entre les pays en développement, il existe beaucoup de différences et de spécificités fondamentales qui sont souvent ignorées. On peut imaginer la différence qui peut exister entre Mexico et Parakou où l'ampleur de la pauvreté, l'état de l'urbanisation et la culture de l'organisation sont loin d'être identiques. A partir de ces spécificités, un partage d'expérience peut surgir et enrichir la recherche des solutions adaptées à chaque cas.

Ce mémoire portant sur la ville de Parakou s'inscrit dans cette perspective : une ville très spécifique par sa configuration urbaine et son organisation institutionnelle mais confrontée à un problème connu dans d'autres

viles africaines. La ville de Parakou, la plus grande agglomération du Septentrion du Bénin, a connu dans son histoire une urbanisation non contrôlée mais originale. Son originalité réside dans sa forme urbaine et dans son tissu social très mixte sur le plan économique et au niveau du type d'habitat. L'anarchie de l'urbanisation se lit sur deux plans : l'urbanisation non structurée notamment dans les anciens quartiers et l'insuffisance des équipements.

L'assainissement pluvial et les rivières, auxquels on n'a accordé que peu de préoccupation, constituent depuis une trentaine d'années l'une des sources de malaises de la ville : inondation, stagnation, érosion et pollution. Le drainage des eaux pluviales urbaines est confronté à deux problèmes : l'insuffisance et le dysfonctionnement du système de gestion des eaux pluviales urbaines (Abdoulaye, 2006). En moyenne, la moitié des voiries de la ville de Parakou est sans équipement de drainage des eaux pluviales et ce taux monte à deux tiers au niveau des voies tertiaires. Par ailleurs, le réseau d'assainissement pluvial est mal géré par le service d'assainissement qui ne dispose d'aucun document graphique ni de rapport faisant l'état des lieux de l'existant. Dans cet espace urbain dépourvu ou mal équipé de système de drainage des eaux pluviales, le cadre de vie des habitants, et de la ville en général, est très perturbé à chaque événement pluvieux (Abdoulaye, 2007). L'enjeu est plus large car il a de nombreux impacts sur l'économie locale et nationale: dégradation de la voirie non revêtue, accident, gênes de la circulation, etc. De plus, les nombreux cours d'eau qui drainent la ville ne sont pas pris en compte dans la planification et la conception urbaines alors que ces rivières se retrouvent dans les quartiers non structurés, habités par une population pauvre. L'urbanisation anarchique et non contrôlée a abouti à l'occupation légale ou non des lits mineurs. Dans cette occupation excessive de l'espace rivière, les conséquences de la pluie, réputée pour sa nature imprévisible ou peu prévisible, sont très fréquentes et douloureuses, la vulnérabilité de ces quartiers étant très forte : habitat précaire à proximité des cours d'eau et souvent sans mur de soutènement, difficilement

accessibles, voire inaccessibles pour les secours. Les inondations dues aux crues de Kabounaré et Kokura de 1988, 1995 et 2000 ont causé des dégâts importants (vies humaines, biens) et montré à plusieurs reprises la vulnérabilité de la ville.

Confrontées à ces situations de plus en plus délicates, les autorités politico- administratives ont progressivement pris conscience des enjeux. Ceci a donné lieu en 1990 à une réorganisation institutionnelle avec la création d'une cellule technique qui a évolué, pour être aujourd'hui la Direction des Services Techniques où sont logés le service de la voirie et des ouvrages hydrauliques, le service de l'aménagement urbain et de l'urbanisme opérationnel (Abdoulaye, 2006). A ces services se sont ajoutés les multiples acteurs du développement local (public, ONG, etc.).

Malgré cette multiplication d'acteurs, l'effort reste très limité pour traiter tous les quartiers touchés par le problème de l'assainissement pluvial. Pour atténuer le problème vécu quotidiennement pendant les saisons de pluie, les habitants interviennent individuellement ou collectivement avec des solutions temporaires (curage des ouvrages d'assainissement des eaux pluviales, pose des pneus de voitures remplis de sable pour freiner l'érosion). Cette pluralité d'acteurs nous amène à poser les questions suivantes: quelle est la contribution de chaque acteur à la gestion des eaux pluviales urbaines ? Comment s'opèrent l'harmonisation des actions et la pérennité des interventions ?

A Parakou, comme dans d'autres villes des PED à faible revenu, deux éléments compliquent davantage les tâches de la gestion des eaux pluviales: la pauvreté des populations et la configuration de l'espace urbain (Abdoulaye, 2006). La montée et la persistance de la pauvreté se traduisent par l'augmentation du nombre des crises sociales et par un développement urbain précaire et inégalitaire. Cette précarité nous montre la limite d'une participation financière pour les services urbains en général et pour l'assainissement pluvial en particulier (Abdoulaye, 2006).

La formulation du problème doit donc intégrer ces deux éléments pour obtenir une réponse substantielle et durable. Celle-ci s'articulerait incontestablement autour d'une notion clé : *l'organisation*. Elle concerne l'organisation de l'espace, des moyens et des acteurs. Les expériences locales (actuellement, les citoyens, dans leur grande majorité, considèrent que tout est à la charge des pouvoirs publics) ont partout dans les PED montré la limite de la capacité d'un seul acteur en termes d'investissement et de gestion, notamment dans un pays dit en développement, mais qui connaît l'aggravation de la pauvreté d'une décennie à l'autre. Par ailleurs, la question de développement urbain est plus souvent posée en termes de financement et de richesse économique qu'en termes d'organisation. Or, la réalité flagrante de la situation politico-économique nous montre, notamment en Afrique où la misère règne dans « le royaume de diamant et de pétrole », que l'argent n'est pas toujours synonyme de développement. Le peu de ressource disponible peut être efficacement utilisé dans une organisation où la société civile est présente pour identifier ses projets, contrôler l'usage de ressources et approprier les biens publics.

C'est donc dans ce contexte que nous avons engagé cette thèse qui a surtout une dimension exploratoire, en vue de bâtir d'une manière globale et intégrée un modèle de gestion durable des eaux pluviales urbaines à Parakou.

A cette fin, nous nous sommes posé trois familles de questions qui seront développées dans les trois parties de cette thèse :

- dans quels contextes climatique, urbain, économique, social et organisationnel s'inscrit la gestion des eaux pluviales urbaines à Parakou ? Quelles contraintes subit-elle ? De quelles potentialités dispose-t-elle ?
- comment s'organise et fonctionne la gestion des eaux pluviales à Parakou sur les plans techniques, politiques et organisationnels ? Quels sont les caractéristiques, les usages et les risques liés à l'eau à gérer ? Quels sont les rapports et les contraintes socio-techniques ? Quelles sont les causes de

dysfonctionnement du système existant et comment faut-il le rendre plus performant ?

- quelles stratégies faut-il adopter pour avoir une gestion des eaux pluviales urbaines durables (pérenne et pertinente) dans les contextes actuels et futurs de la ville ?

Voilà autant de préoccupations autour desquelles se focalise la présente thèse pour proposer des pistes des solutions durables à la gestion des eaux pluviales urbaines de Parakou.

III – OBJECTIFS ET HYPOTHESES

L'objectif général de la présente recherche est d'élaborer un modèle de gestion durable des eaux pluviales urbaines en Afrique tropicale, un outil d'aide à la prise de décision. Il s'agit spécifiquement:

- de caractériser le paysage urbain de la ville de Parakou ;
- de définir les facteurs de vulnérabilité de l'espace urbain au ruissellement ;
- d'analyser le système actuel de gestion des eaux pluviales urbaines à Parakou;
- de concevoir un modèle de gestion durable des eaux pluviales urbaines à Parakou.

Pour conduire cette thèse, quatre hypothèses relatives aux objectifs spécifiques ont été formulées à savoir:

- la dégradation du paysage urbain de Parakou pendant la saison pluvieuse est la conséquence de son urbanisation ;
- les facteurs de vulnérabilité de l'espace urbain limitent l'intérêt ou la pertinence technique du modèle « Réseau » actuel ;
- le dysfonctionnement du système actuel de gestion des eaux pluviales urbaines à Parakou est lié au problème d'harmonisation et de la pérennisation des actions des acteurs qui y interviennent;

- la conception d'un modèle organisationnel de gestion durable des eaux pluviales urbaines tient compte des contextes, urbain, économique, social et organisationnel, actuels et futurs de la ville de Parakou.

Cette partie introductive abordée prend en compte, le cadre logique relatif à la problématique, aux hypothèses et aux objectifs fixés. La première partie exposera les approches conceptuelles et méthodologiques, le site urbain de Parakou et les contraintes naturelles et anthropiques.

PREMIERE PARTIE

LES APPROCHES CONCEPTUELLES ET

METHODOLOGIQUES, LE SITE URBAIN DE

PARAKOU ET LES CONTRAINTES NATURELLES ET

ANTHROPIQUES

Dans cette partie, l'accent est mis sur les concepts de base, la méthodologie de l'étude, le cadre physique, les caractéristiques socio-économiques et la gestion de l'espace urbain. Le premier chapitre, intitulé les concepts de base, méthodologie et outils met l'accent sur la clarification des conceptuelle et sur les méthodes utilisées afin d'atteindre les objectifs. Le deuxième chapitre, intitulé le profil physique de la ville de Parakou décrit les contraintes naturelles relatives au cadre physique, susceptibles d'influencer la gestion des eaux pluviales urbaines. Le troisième chapitre intitulé les caractéristiques socio-économiques et le développement de Parakou met l'accent sur les activités économiques et la pauvreté, la gouvernance locale et les orientations du développement de Parakou. Le quatrième chapitre intitulé la gestion de l'espace urbain de Parakou, traite à la fois des contraintes anthropiques et naturelles relatives à la morphologie et typologie urbaines de Parakou, à la planification et gestion du foncier, aux modes de gestion et traitement des productions urbaines.

CHAPITRE I

CONCEPTS DE BASE, METHODOLOGIE ET OUTILS

Ce chapitre présente, le contenu sémantique de quelques concepts fondamentaux, la méthodologie et les outils utilisés.

I.1- CLARIFICATION DES CONCEPTS

La formulation du sujet faisant l'objet de la présente étude nécessite l'utilisation de certains concepts qu'il convient de définir et d'analyser pour faciliter la compréhension du travail.

I.1.1- Concepts organisationnels et environnementaux

La précarité sociale et environnementale de notre planète s'aggrave de jour en jour non seulement à cause du manque d'équilibre entre les ressources et la démographie mais aussi à cause du développement qui vise principalement le profit. Cette situation alarmante a placé la question du développement au niveau mondial, vu notamment l'effet de "vases communicants" de la précarité (immigration, guerres, pollutions). Cette question a fait surgir quelques concepts et approches qui se construisent autour de la notion du développement durable (figure 2bis).

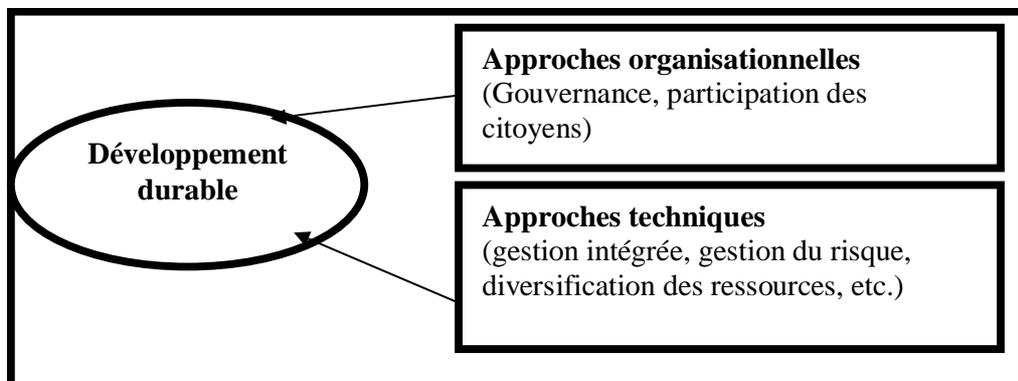


Figure 1: Concepts du développement durable (Wondimu, 2000).

Nous allons analyser dans les sections suivantes le fondement de ces concepts et approches ainsi que de leur intérêt et application dans la gestion des eaux pluviales urbaines.

1.1.1.1- Le paradigme du développement durable

Le développement durable est un concept multidimensionnel touchant à nombre de domaines importants (l'environnement, le commerce, la viabilité culturelle, l'urbanisation, etc..). Il importe que toutes ces questions soient abordées lorsqu'on élabore une vision stratégique relative à une activité particulière (Abdoulaye, 2006). Selon Goodland (1988), le développement durable doit inclure cinq composantes à s'avoir : la durabilité environnementale, la durabilité économique, la durabilité politique, la durabilité sociale et la durabilité culturelle. Le développement durable en fonction de ces cinq critères choisis permet :

1. d'évaluer et d'élaborer les propositions relatives aux programmes et aux politiques,
2. d'influencer les politiques et les institutions favorables au développement durable,
3. d'appuyer une sensibilisation accrue aux conditions nécessaires pour assurer une généralisation du développement durable.

Les préoccupations au sujet du développement durable à l'échelle mondiale sont récentes ; elles ont pris naissance avec le concept de durabilité environnemental. Pendant la plus grande partie de l'histoire de l'humanité, la question d'une utilisation durable des ressources ne s'est pas posée : les incidences sur l'environnement étaient faibles ou localisées ; les populations se déplaçaient à mesure que les ressources s'épuisaient ; enfin, le progrès technologique était si lent qu'il était presque imperceptible (UICN, 1998 ; UICN, 1989 ; UICN, 1990).

Le développement durable a attiré l'attention du monde entier et est devenu un enjeu politique majeur avec la publication, en 1987, de « Notre avenir à tous », rapport de la commission mondiale sur l'environnement et le développement (CMED), également connu sous le nom de Commission Brundtland (Brooks, 1988). Il n'existe pas à l'heure actuelle de définition universellement acceptée du développement durable.

Selon Notre avenir à tous, le développement durable : « *est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs* » (Brooks, 1990).

Ce principe de bon sens aura-t-il le même intérêt, la même interprétation et la même priorité partout dans le monde ? Il existe une nette différence sur le contenu du concept de développement durable entre les pays industrialisés et les pays en développement. Dans les pays du Nord, les protagonistes du développement durable ont eu tendance à mettre davantage l'accent sur les aspects environnementaux et économiques (Daly, 1989). Le débat politique a principalement porté jusqu'ici sur la façon d'intégrer les coûts d'ordre environnemental dans la prise de décision économique, tout en protégeant les emplois et la compétitivité industrielle. Par contre, dans les pays du Sud, l'accent est mis sur la satisfaction des besoins fondamentaux de l'homme et la croissance économique, ce qui n'a rien de surprenant. Les considérations sociales, culturelles et politiques jouent aussi, dans la définition de la durabilité, un rôle plus important dans l'hémisphère Sud que dans les pays industrialisés.

La réaction d'un membre de la délégation pakistanaise au sommet de Rio illustre bien la perception et la priorité de ce principe : *"L'homme qui, pour manger doit fouiller dans les décharges comprend mal que la protection des oiseaux soit jugée plus importante que la préservation de sa propre personne"*¹.

¹ Cité par SALL M. "La conditionnalité écologique : enjeux, forces et limites d'une nouvelle coopération normative". In : Afrique 2000, Revue africaine de politique internationale, juillet-septembre, 1996.

Bien qu'on ne soit pas encore parvenu à se mettre d'accord sur une vision globale du développement durable, il est possible et utile d'explorer la portée du concept, les principes et éléments qu'il recouvre et les défis qu'il présente. Dans ce contexte, la démarche la plus éclairante consiste à considérer le développement durable comme un processus dynamique plutôt que comme une fin. Il a pour but d'amener le monde vers un avenir meilleur en infléchissant les types du développement ainsi que les stratégies, les méthodes et les attitudes à l'égard du développement. Le développement durable constitue un cadre général souple, susceptible d'être modifié en fonction de l'évolution des situations et de l'accroissement des connaissances (Brooks, 1988).

1.1.1.2 - La gestion durable des eaux pluviales urbaines

Le concept de développement durable apporte beaucoup au domaine de la gestion des eaux puisque celui-ci fut à l'origine de son émergence. Dans le domaine de la gestion urbaine et de l'eau, on retient les deux définitions suivantes :

1. Le développement urbain est "un processus de changement dans l'environnement bâti qui favorise le développement économique tout en conservant les ressources et en protégeant l'intégralité des personnes, de la collectivité et de l'écosystème (Richardson, 1989). Selon cette définition un développement urbain doit permettre une urbanisation productive, non polluante et non ségrégative.
2. Dans le domaine de l'eau, on trouve la notion de "renouvelabilité" des ressources. Il s'agit de veiller à ce que les ressources naturelles renouvelables telles que les sols, l'eau des nappes phréatiques et la biomasse soient utilisées de manière à ne pas les éliminer, ne pas les dégrader, ou tout au moins ne pas diminuer leur caractère renouvelable pour les générations futures" (Institut des ressources mondiales, 1992).

Nous définissons la gestion durable des eaux pluviales urbaines comme « *un ensemble de processus qui vise à prévenir le risque lié à l'eau pluviale, tel que l'inondation, la stagnation et la pollution de l'environnement bâti et naturel, et à favoriser la réutilisation des eaux de pluie à différentes échelles en vue de minimiser le risque d'augmenter les ressources. Ces processus doivent être pérennes et évolutifs de manière à assurer en permanence et sur une base réfléchie l'interaction entre eaux pluviales et espaces* ». Cette recherche de "viabilité" et de pérennité implique la nécessité de prévoir et de gérer aujourd'hui les contraintes présentes et futures (potentielles) pour assurer la continuité de l'action et pour préserver la ressource. La durabilité est "*la possibilité de maintenir la productivité, que ce soit d'un champ, d'une ferme ou d'une nation, face à des agressions ou à des crises*" (Conway, 1990).

I.1.2- La gouvernance

Depuis une vingtaine d'années, les problématiques organisationnelles sont très marquées par le concept de la gouvernance d'abord dans les pays développés puis dans les pays en développement. Avec la complexité des tâches et l'insuffisance du modèle classique d'un acteur "providence" (public, centralisé et autoritaire) (Rangeon, 1996), la recherche d'une forme d'organisation concertée intégrant les multiples acteurs est ainsi lancée sous le nom de la bonne gouvernance.

La gouvernance fait l'objet de plusieurs définitions. Nous en citons quelques-unes des plus générales aux plus fines.

- « La gestion impartiale, transparente, des affaires publiques, à travers la création d'un système de règles acceptées comme constituant l'autorité légitime, dans un but de promouvoir et de valoriser des valeurs sociétales visées pour l'individu et les groupes », Banque mondiale (1999).
- "La gouvernance est un processus continu à travers lequel les intérêts conflictuels peuvent être réglés et la coopération peut être développée. Ce

processus comprend la constitution d'institutions formelles et des régimes capables de renforcer les allégeances ; il comprend aussi des accords informels que les peuples et les institutions font ou envisagent de faire dans la protection de leurs intérêts"².

- Dans les pays en développement, la gouvernance, introduite sous la houlette des bailleurs de fonds internationaux comme alternative aux actions passées, à bilan négatif, sous-entend la participation active et citoyenne des administrés pour répondre à l'insuffisance de l'acteur central tant au niveau national que local.
- La ville est le terrain le plus privilégié de l'application de la gouvernance. La « gouvernance urbaine » est ainsi utilisée, à raison, ou par défaut, pour désigner les différentes composantes de l'administration et des intervenants dans la gestion urbaine.
- La gouvernance urbaine désigne selon Rangeon (1996) "*d'une part la capacité à intégrer, à donner forme aux intérêts locaux, aux organisations, aux groupes sociaux, d'autre part la capacité à les représenter à l'extérieur, à développer des stratégies plus ou moins unifiées en relation avec le marché, l'Etat, les autres villes et autres niveaux de gouvernements*". Il s'agit donc de construire une organisation harmonieuse et un partenariat actif à deux niveaux (dimensions) du système urbain : interne et externe.
- Thierry Paulais³ évalue ainsi, dans le cas du marché urbain, la gouvernance urbaine : « *On pourrait dire que la bonne gouvernance s'évalue plus à la lumière de la capacité de maîtrise d'ouvrage municipale, qui doit mettre en œuvre les dispositions nécessaires au fonctionnement de l'équipement considérée non pas comme une entité isolée, mais inscrit physiquement, socialement et économiquement dans le fonctionnement de l'agglomération* »

² Rapport publié en 1995 pour la commission sur la gouvernance Global, p.2.

³ Thierry Paulais, Le marché dans la ville d'Afrique noire, In : Les Annales de la recherche urbaine n°80-81, 1998. pp. 40

L'intérêt de cette notion, si elle est correctement appliquée, réside dans le fait qu'elle permet de revoir d'une manière continue la forme d'une organisation afin d'intégrer les évolutions. Ceci est d'autant plus pertinent que la ville d'aujourd'hui se caractérise par une grande mutation.

Cette approche est cependant porteuse d'un grand défi dans la mesure où elle doit assurer l'enjeu capital de la participation et de la responsabilisation collective. Elle doit également prendre en compte l'intérêt des différents acteurs parfois difficilement réconciliables, ce qui fait craindre à certains observateurs son applicabilité hasardeuse. « *Contrairement aux douces assonances qu'elle entraîne, la notion de gouvernance urbaine rencontre directement le conflit social, qu'elle a pour mission de convertir en règles de bonne gestion, c'est-à-dire de gestion durable* " (Querrien, 1998).

I.1.3 - Gestion partagée et participation populaire

La gestion partagée implique dans le service des infrastructures trois éléments :

- ✓ une répartition des rôles entre acteurs publics notamment avec la décentralisation,
- ✓ une intégration et un encouragement des investisseurs privés et,
- ✓ une participation de la population.

Dans le cas de l'assainissement des pays en développement, la question se pose entre l'acteur public (notamment la municipalité) et la population, les acteurs privés étant très rares et peu intéressés par ce domaine (Blary, 1997).

Tous les concepts de développement et d'organisation revendiquent aujourd'hui la participation active de la population pour réussir la décentralisation, assurer une bonne gouvernance, et tendre vers un développement durable. Cependant un écart important persiste entre cette ambition et la réalité opérationnelle.

La participation populaire désigne l'engagement de la population en vue d'accomplir un objectif collectif formulé par elle-même ou proposé par d'autres.

Elle se base donc sur la notion d'intérêt général et parfois sur la responsabilité collective et la "mobilisation". Le mode de participation varie selon son origine (de fait, volontariat, spontanée provoquée ou imposée) et la nature (type). Dans le cas du service urbain local (comme l'assainissement pluvial), on peut distinguer deux formes possibles de participation :

- une autogestion du quartier : financement des travaux et gestion des ouvrages (c'est par exemple le cas de lotissements ou de groupement de lotissements).
- une participation à la conception, au financement et/ou à la gestion des projets menés par les acteurs publics ou privés ou bien par les ONG.

En Afrique, la participation populaire est une pratique assez ancienne. Elle a surgi dans les années 1970 avec l'indépendance et la révolution. C'est par exemple le cas de la Guinée Conakry et du Bénin. Par ailleurs, le plan d'action bidécennal pour le Développement Economique de l'Afrique (défini à Lagos pour la période 1980-2000) comptait beaucoup sur cette participation populaire. *"A primary objective of socio-economic development is the improvement of life for entire population of a nation. The attainment of this objective requires full participation of all segments of the population and all the essential services for the enrichment of life of a community. It also requires effective programmes of social welfare, community development, social security and mobilisation of the masses for the development of public works and community services"* (Mondjanagni, 1984).

Cependant le résultat n'est pas à la hauteur de ce qui était espéré car la participation était souvent obligée ou spontanée. C'est par exemple le cas du Bénin où la participation de la population cadrée par le Comité de Défense de la Révolution (CDR) se faisait dans les années 1980 sur la base d'une obligation et au détriment des valeurs sociales. Nous pouvons citer le nettoyage de quartier, la plantation des arbres et autres projets de développement qui se faisaient les

derniers samedi du mois. On trouvait ainsi des expressions "implicites" de mécontentement comme par exemple la plantation des arbres à l'envers.

A Parakou, comme dans nombreuses villes des PED, la participation de la population apporte beaucoup pour atténuer la précarité urbaine (gestion par la population des latrines, nettoyage des fossés, curage des réseaux pluviaux ouverts ou fermés). Elle tente de compenser l'insuffisance des services municipaux.

Aujourd'hui avec la complication de la gestion urbaine, la participation populaire est indispensable dans la lutte pour la résorption de la précarité urbaine. Les pratiques et les expériences du passé doivent donc permettre aujourd'hui de mener une participation efficace et concertée pour résoudre le problème de la gestion urbaine qui dépasse de plus en plus les moyens des services municipaux. Le défi est important car il faut créer non pas une participation spontanée et éphémère mais une implication pérenne basée sur la conviction et sur l'appropriation.

I.1.4 - La subsidiarité

Le dictionnaire (Petit Robert, 1993) donne une définition plus explicite : la subsidiarité est un principe « qui limite les pouvoirs de la communauté européenne considérés comme subsidiaires par rapport à ceux des Etats membres et des régions ».

Ce principe est donc fondé sur l'idée d'attribuer davantage de pouvoir de décision et d'exercice de responsabilité aux instances locales. On trouve donc dans le principe de subsidiarité une notion de proximité. Le sommet de Birmingham avait rebaptisé la subsidiarité en « proximité » afin de rendre le concept plus adorable (Millon, 1993).

Mais, ce principe organisationnel est également lié à la notion de « pertinence »: la répartition des rôles entre les instances inférieures et l'instance

supérieure. Les défenseurs de ce principe le caractérisent comme principe qui s'intéresse plutôt aux répartitions de compétence qu'à l'attribution du pouvoir.

La recherche de niveau d'intervention s'opère dans la subsidiarité, sur la base de deux facteurs (motifs) : l'insuffisance et l'optimisation. L'optimisation repose sur le constat d'insuffisance et sur la possibilité de faire mieux à un autre niveau (supérieur ou inférieur). L'insuffisance, d'une instance ou d'une solution, conduit à deux types de subsidiarité :

- lorsque l'instance supérieure se trouve éloignée et devient insuffisante pour comprendre le problème et pour intervenir, le principe de subsidiarité accorde les compétences nécessaires aux instances locales ;
- les instances locales deviennent insuffisantes lorsque la situation dépasse leurs optiques de vision et moyens d'action. Dans ce cas, l'intervention d'une instance supérieure sera nécessaire, selon le principe de subsidiarité, pour répondre d'une manière harmonieuse aux insuffisances des instances locales. Cela peut être les cas d'externalités, d'insuffisance avérée, de catastrophes inattendues, de concurrence excessive, de conflit grave, de coordination (Millon, 1993).

❖ *Subsidiarité et gestion urbaine*

Le principe de subsidiarité est d'un grand intérêt pour la réflexion sur l'organisation de la gestion urbaine. Celle-ci est marquée par la recherche d'un niveau pertinent (central ou local) et souvent attirée par le courant de pensée « actions de proximité ». Cette situation est très visible dans le cas de l'assainissement urbain au travers de ses problématiques récentes :

- ✓ la gestion des flux au plus près de leurs sources pour éviter la pollution et l'inondation,
- ✓ le développement des techniques locales comme alternatives ou des compléments au réseau : infiltration et stockage au niveau de la parcelle ou du lotissement, assainissement autonome individuel ou groupé,

✓ la récupération et l'utilisation des eaux pluviales au niveau de la parcelle.

On trouve une interprétation analogue de ce principe développé par certains chercheurs :

- le principe de subsidiarité, ou plutôt sa traduction dans ce domaine, engage à régler au plus près les problèmes qui se posent, au niveau de l'unité de voisinage, ou d'une ville à portée de main (Duhem, 1993) ;
- le principe de subsidiarité peut être défini dans le service urbain (notamment en assainissement) comme principe permettant de gérer les flux et pollutions au plus près ou à un niveau pertinent, de responsabiliser et de faire participer les acteurs locaux et les usagers, et de retrouver un niveau d'intervention plus pertinent pour la planification et la gestion technique des services à assurer (Wondimu, 1995).

L'intérêt de ce principe réside dans le fait qu'il n'oppose pas aveuglément le pouvoir central au pouvoir local.

Ce principe est basé sur une logique de recherche du niveau pertinent en cascade, en partant de l'échelon local relatif au domaine en question. Selon l'analyse de Barraqué (1997), la recherche de ce niveau peut être soit à partir du bas soit à partir du haut. Ainsi, elle peut partir, ou aboutir, à celui d'un individu.

Les deux autres intérêts de cette notion pour la gestion urbaine se trouvent dans ses volets concernant la citoyenneté : la responsabilisation et la participation de l'utilisateur citoyen. Le principe de subsidiarité en appelle à la société civile pour l'accomplissement d'une partie des tâches d'intérêt général (Millon, 1993).

Ce principe nous paraît très utile pour définir un processus de gestion pertinent et citoyen. Nous nous y appuyons dans notre démarche de construction d'un modèle de gestion durable des eaux pluviales urbaines. Par ailleurs, on trouve une application du principe de subsidiarité dans la gestion des crues proposée en Suisse pour définir les échelles de gestion et d'action (Consuera, 1997).

I.1.5 - Les théories de l'organisation

Les théories de l'organisation sont marquées par les problématiques des entreprises qui sont souvent à l'origine de leur émergence et de leur développement. Ces théories se basent sur diverses approches : économique (théorie de la firme), systémique, socio-technique, psychosociologique, cognitives, etc.

Certaines théories récentes, issues de la sociologie organisationnelle, sont plus pertinentes pour l'analyse de la participation populaire. On retient les notions telles que : la motivation, les théories des conventions, le sentiment d'appartenance, l'implication, etc.

Pour l'école des relations humaines, la prise en compte de la motivation de l'individu est une pré-condition importante pour analyser une organisation et agir sur elle (Dortier, 1999). Le moteur de cette motivation pour la participation se trouve, selon (Crozier, 1977), dans le fait que les individus d'un groupe trouvent leurs intérêts "suffisamment importants pour justifier une mobilisation de leur part". Plus cet intérêt est important et équilibré, plus il permet à l'individu d'avoir un sentiment d'appartenance. Celui-ci, bien qu'il ne soit pas une nécessité en soi, constitue un " moyen de garantir de part et d'autre la loyauté minimale indispensable au bon fonctionnement de l'entreprise" (Bellier-Michel, 1999).

L'action collective est également porteuse d'intérêts divergents à réconcilier. Les écoles des conventions avancent la nécessité d'accord. "*La convention permet de coordonner des intérêts contradictoires qui relèvent de logiques opposées, mais qui ont besoin d'être ensemble pour pouvoir être satisfaits*"⁴.

L'implication, selon l'analyse de Bellier-Michel (1999), relève dans le cas du travail en entreprise plutôt des valeurs que l'individu en question accorde à la tâche qui lui est attribuée : "valeur du travail".

⁴ Salais Réseau (1989). " Economie des conventions", Revue économique n°2

Ces notions développées dans et pour l'organisation de l'entreprise permettent d'avoir certaines réflexions pour expliquer et prévoir la place de l'individu (ménages) dans l'action collective des projets de développement urbain. La différence de la nature de l'organisation entre la ville et l'entreprise limite cependant la validité des théories dans ce domaine.

I.2–METHODES DE L'ETUDE

Cette étude nécessite, une démarche scientifique fondée sur des approches pluridisciplinaires.

I.2.1- Données utilisées et les méthodes de collecte

Les données de base utilisées pour l'analyse du système existant de gestion des eaux pluviales urbaines, sont les données climatologiques (pluviométrie, la température, l'insolation, etc.), tirées de la base de données de l'Agence pour la Sécurité et la Navigation Aérienne en Afrique et Madagascar (ASECNA) de Parakou sur la période de 1967 à 2007 ; les données recueillies sur les dégâts environnementaux sur le terrain ; les données démographiques collectées à l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE), les données hydrographiques, pédologiques et topographiques collectées du Système d'Information Géographique (SIG) de Parakou à la Mairie de Parakou, les données sanitaires collectées au Centre Communal de Santé (CCS) de Parakou. Les échantillons d'eau ont été prélevés et acheminés au laboratoire de l'IMPETUS à Parakou, par un technicien de ce laboratoire, pour les analyses. Les techniques de collecte et de conditionnement des échantillons pour leur transport sont celles dudit laboratoire.

Dans le cas de notre étude, les trois principales méthodes de collecte de données utilisées sont : *la recherche documentaire, les entretiens et l'observation de terrain.*

Le travail de terrain a été mené en quatre phases pour intégrer les changements et les évolutions importantes de la ville de Parakou ces dix dernières années sur les plans institutionnel et opérationnel.

1.2.1.1 - La recherche documentaire

Elle est constituée principalement de la documentation scientifique qui a débuté depuis la phase d'élaboration des protocoles de recherche jusqu'à la rédaction complète de la thèse. Elle a consisté en la consultation d'ouvrages généraux et spécifiques, d'articles existants sur l'hydrologie urbaine. Tout ceci nous a permis de mieux appréhender notre sujet de recherche et d'en cerner les différents contours.

Enfin, notre recherche documentaire a été enrichie par des recherches sur Internet caractérisées par la visite des sites spécifiques tels que ceux du CRDI, du CIRAD, de l'IRD, qui traitent de l'hydrologie urbaine, ce qui a permis d'obtenir des informations sur notre thème de recherche. Cette recherche documentaire purement théorique a été complétée par les données de terrain.

1.2.1.2 - Les entretiens

« L'entretien (ou l'interview) est un moyen par lequel le chercheur tente d'obtenir des informations, qui n'apparaissent nulle part, auprès de personnes ayant été le plus souvent témoins ou acteurs d'événements sur lesquels porte la recherche » Miles et Hubermans (2003).

Notre base de données a été constituée pendant trente-cinq (35) mois répartis en trois phases à savoir : mars 2005 à août 2006, de décembre 2006 à avril 2007 et de septembre 2007 à novembre 2008.

Comme le souligne Bertaux (1996), ces phases de la recherche ne sont pas en pratique distinctes. Elles sont plutôt enchevêtrées et itératives. Ainsi, notre période de recherche s'étant déroulé suivant une alternance entre les travaux de terrain et la revue documentaire, à chaque descente sur le terrain, nous avons eu l'impression de refaire la phase exploratoire ou d'immersion.

Les deux premiers mois de la première période ont été consacrés à l'exploration sur le terrain et au ciblage des personnes ressources (différents acteurs impliqués dans la gestion des eaux pluviales). Nous avons ensuite consacré trois semaines à l'élaboration de notre guide d'entretien (cf. annexe1).

Après cette phase exploratoire, nous avons eu des entretiens approfondis avec nos acteurs privilégiés dans cette étude. Pour conduire cette étude, deux sortes d'entretien ont eu lieu à savoir : l'entretien avec les populations et l'entretien au niveau des institutions.

a) Entretiens avec les populations des dix quartiers cibles

L'objectif de ces entretiens est de produire des données pour comprendre le vécu et le perçu (la perception, la demande, la participation, la volonté, les pratiques) de la population dans la gestion des eaux pluviales et des déchets.

✓ *Technique d'échantillonnage et taille de l'échantillon*

Compte tenu de l'étendue du cadre d'étude, il a été adopté une méthode de type probabiliste. La technique d'échantillon par grappe a été utilisée. L'unité de grappe est le quartier. Sur un total de 28 quartiers que compte le périmètre urbain de Parakou, 10 quartiers (Tableau I) ont été retenus pour collecter les informations.

Le sondage a eu lieu dans dix (10) quartiers urbains. Cinq (05) ménages ont été tirés par quartier et six (06) personnes par ménages soit trois cent (300) personnes à raison de trente personnes par quartier (Tableaux II&IIBIS). Les tirages ont été fait de façon aléatoire mais proportionnelle au nombre de ménages par quartier. En un mot, c'est une enquête par stratification qui a été utilisée. Le critère de choix des quartiers était basé sur la typologie urbaine (dense, peu dense, structuré, etc.) et l'activité (résidentielle, commerciale, administrative, mixte). Au sein du quartier choisi, les ménages à enquêter sont désignés selon la hiérarchie de la voirie (primaire, secondaire, tertiaire, desserte).

Tableau I: Quartiers cibles

Arrondissements	Quartiers	Superficie (en km ²)	Population	Densité (hbts/km ²)
Premier	Kabassira	0,04	868	21 700
	Kadéra	0,04	1 010	25 250
	Ouézé	0,09	2 459	27 322
	Sinagourou	0,19	5 290	27 842
		0,36	9 627	26 742
Deuxième	Agbagba	0,12	1 921	16 008
	Baparapé	0,05	1 197	23 940
	Goromosso	0,1	1 415	14 150
	Lémanda	0,05	1 933	38 660
		0,32	6 466	20 206
Troisième	Amanwion	2,67	3 589	1 344
	Gâh centre	0,43	3 878	9 019
		3,1	7 467	2 409
Total des dix quartiers		3,8	23 560	6 200

Source: INSAE, 2009

Tableau II: Profil social des personnes interrogées

Echantillon		Tranche d'âge (en année)					
		<i>Hommes</i>			<i>Femmes</i>		
		18-35	36-50	50 et +	18-35	36-50	50 et +
Nombre	300	75	30	30	75	60	30
Pourcentage	100%	25%	10%	10%	25%	20%	10%

Source : Résultats enquêtes, 2007

Tableau IIBIS: Profil éducatif des personnes interrogées

Echantillon		Niveau d'Etude (en année)			
		Illettré	Primaires	Secondaires	Supérieures
			au moins 6	7 à 12	12 et plus
Nombre	300	35	65	150	50
Pourcentage	100%	12%	22%	50%	16%

Source : Résultats enquêtes, 2007

Nous avons choisi, en raison de la spécificité de chaque espace du milieu urbain et du bassin versant, *l'entretien semi-directif individuel et le focus groupe*.

- *L'entretien semi-directif individuel* a été mené au moyen d'un guide d'entretien avec les membres du comité de développement des quartiers, les chefs de quartiers, les chefs de ménages (un représentant des femmes, un représentant des hommes). Il a concerné au total, cinquante (50) ménages, trois cent (300) personnes à raison de six (06) personnes par ménage dans le secteur de l'étude.
- *Le focus groupe* a eu lieu dans chacun des dix (10) quartiers retenus par l'étude avec les acteurs de la gestion des eaux pluviales urbaines. La dynamique de groupe nous a permis d'obtenir lors de ce focus groupe, des clarifications sur des informations recueillies individuellement, à raison de 15 personnes par groupes et deux (02) groupes par quartiers. Au total, 300 personnes ont participé aux discussions de groupes.

✓ *Organisation de guide d'entretien*

Le guide d'entretien individuel est composé d'une fiche technique (information sur le site : localisation, activité, pente, type de voirie, type et état du réseau d'assainissement et observations générales) et d'une fiche d'enquête de 24 questions (cf. annexe1).

Le questionnaire a été conçu pour minimiser l'erreur ou l'absence de réponse. Comme il est possible dans une enquête que la personne interrogée, pour diverses raisons (oubli, méfiance, timidité), ne donne pas la bonne réponse, les questions de vérification sont reposées pour vérifier et confirmer les réponses.

Cette méthode nous a permis de faire la correction sur place dans quelques cas où les réponses étaient incompatibles ou imprécises et de vérifier

les réponses lors de l'exploitation. Ces cas restent cependant rares ce qui explique l'intérêt de la population pour cette enquête

✓ *Déroulement de l'entretien*

Il s'est déroulé sans aucun problème majeur et la population était très intéressée. Cela est sans doute dû à deux éléments auxquels nous avons accordé une attention particulière au-delà de l'anonymat des ménages interrogés à savoir :

- l'intérêt de l'entretien a été expliqué en soulignant l'importance de leur point de vue pour éviter la réticence très fréquente dans les enquêtes sociales;
- nous avons adapté le questionnement au langage et au niveau d'études des personnes interrogées afin d'être compréhensible.

Une équipe de deux enquêteurs titulaires d'une maîtrise professionnelle en développement local, s'est chargée d'exécuter l'enquête sur le terrain. Ces agents enquêteurs ont été préalablement formés.

Cette enquête nous a permis de mettre en exergue, l'interaction entre le système de gestion des eaux pluviales urbaines, les équipements techniques urbains et les productions urbaines. Il s'agit entre autres :

- du dysfonctionnement des équipements de drainage des eaux pluviales en fonction de la typologie urbaine ;
- du problème perçu et vécu par la population dans la gestion des eaux pluviales;
- de la gestion des déchets solides et des eaux usées ;
- des souhaits et contribution de la population, etc.

b) Entretiens avec les institutions

Les entretiens avec les institutions concernent la collecte de données. Nous avons consulté 30 personnes dans 8 institutions (cf. annexe 2). Le critère de choix des institutions était basé sur leur localisation (National, local), leur

statut (public, privé) et leurs activités (gestion de l'espace, gestion de l'assainissement). Au sein d'une institution choisie, les personnes à enquêter sont désignées selon leur ancienneté dans l'institution et les postes occupés. Les entretiens ont été réalisés pour comprendre l'organisation, les moyens et les relations entre les acteurs qui participent ou qui pourraient participer de près ou de loin à la gestion des eaux pluviales. Le tableau III récapitule le nombre d'acteurs par institutions.

Tableau III: Acteurs consultés dans le cadre de l'étude

Acteurs	Institutions	Personnes/experts
Parakou	3	10
Niveau national	5	20
Total	8	30

Source : Résultats enquêtes, 2007

1.2.1.3 – Observations

Les observations (directe et participative) de terrain menées pendant les trois phases supra, dans les dix (10) quartiers urbains ont permis d'identifier et de noter les différentes typologies urbaines, l'état et le débordement du réseau des eaux pluviales et les points vulnérables au ruissellement.

Ces observations ont fourni des informations croisées entre l'état du réseau pluvial et l'activité des zones.

1.2.2- Constitution de la série de données et choix des stations

1.2.2.1 - Constitution de la série des hauteurs maximales annuelles de pluie

Les données pluviométriques doivent respecter deux conditions importantes avant que l'analyse des valeurs extrêmes n'ait lieu : elles doivent

être nombreuses et indépendantes. Pour constituer cette série, il faut passer par les étapes suivantes :

- 1^{ère} étape : choisir la hauteur maximale mensuelle de pluie de chaque année A, ce qui donne une série X de 12 hauteurs maximales pour cette année A. L'opération est faite pour toutes les N années de la période d'étude de sorte à constituer la série des hauteurs maximales mensuelles.
- 2^{ème} étape : choisir la plus grande hauteur au sein de la série X pour avoir la hauteur maximale de pluie de l'année. La même opération est reprise pour toute l'année N en vue d'obtenir la série Y des hauteurs maximales annuelles.

La série des hauteurs maximales annuelles représente donc les hauteurs de pluie les plus élevées qui ont été enregistrées pour chaque année de la période d'étude.

1.2.2.2- Choix des stations

Le choix des stations s'est aussi fait en fonction des critères suivants :

- la continuité des données : les stations de la ville doivent présenter une série sans lacunes ;
- une longue série de données : non seulement la série doit être continue mais longue. Elle doit atteindre ou dépasser une durée d'enregistrement des données de trente ans au moins (plus la série est longue, plus l'analyse des valeurs extrêmes est fiable ; (Lubes, 1994) ;
- une marge de lacune très limitée (5%). Les données utilisées sont des données corrigées par les services de l'ASECNA.

Aucune station ne répond rigoureusement à ces critères. Seule la Station de l'aérodrome de Parakou (Tableau IV) dispose d'une longue série, mais avec quelques lacunes. Les enregistrements à cette station n'ont commencé qu'en Avril 1921.

Tableau IV: Station pluviométrique à Parakou et ses caractéristiques

Station	Altitude (en m)	Précipitation moyenne annuelle (en mm)	Type d'enregist- rement	Types de données dépeuillés disponibles	Données consultées
ASECNA Parakou	391,96	1148,9	Manuel	Maximale journalière	1967-2009

Source : ASECNA/Parakou, 2005

I.2.2.3- Traitement et analyse des données

Dans notre démarche, les données qualitatives (issues des entretiens individuels et les focus groupe) ont été enregistrées sur des bandes magnétiques et intégralement transcrites par la suite, sur papier. Cependant, seuls des extraits d'entretiens ou récits ont servi dans l'analyse thématique et catégorielle. Aussi, les données quantitatives, ont fait l'objet d'un traitement informatique à l'aide du logiciel Microsoft Word ; le logiciel Microsoft Excel a permis de réaliser, les graphiques, les courbes et les tableaux ; les cartes ont été réalisées avec les logiciels MAPINFO et ArcView GIS 3.2

L'analyse des données a regroupé les opérations suivantes :

- *Distribution des valeurs extrêmes d'après la théorie des valeurs extrêmes.*

Au sein de la série des hauteurs maximales annuelles de pluie, se trouvent des valeurs très fortes qui sont associées à des événements pluvieux exceptionnels mais aussi des valeurs faibles. Elles sont qualifiées de faibles parce que n'étant pas grandes pour une valeur qui représente le jour le plus pluvieux de l'année. La distribution des valeurs extrêmes aux moyens des percentiles a permis de déterminer ces valeurs maxima et minima des hauteurs maximales annuelles. Un extrait de la théorie des valeurs extrêmes (TVE) de

Fisher-Tippet est présenté ici. Soit X_1, \dots, X_n la série des hauteurs maximales annuelles de pluie en 24 heures. Si ces valeurs sont indépendantes et identiquement distribuées (iid), et si $F_X(\cdot)$ est une fonction de répartition des X_t alors :

$$\Pr(M_n < x) = \Pr(\max(X_1, \dots, X_n) < x) = \Pr(X_1 < x, \dots, X_n < x) = (F_X(x))^n$$

Avec $M_n = \max(X_1, \dots, X_n) = -\text{Min}(-X_1, \dots, -X_n)$.

○ *Analyse fréquentielle*

L'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné (pluviométrique ou autre), afin de définir les probabilités d'occurrence.

Cette prédiction repose sur la définition et la mise en œuvre d'un modèle fréquentiel, qui est une équation décrivant le comportement statistique d'une série d'événements. Ces modèles décrivent la probabilité d'apparition d'un événement de valeur donnée (Auliac, 1995). Les diverses étapes de l'analyse fréquentielle sont schématisées dans la figure 2.

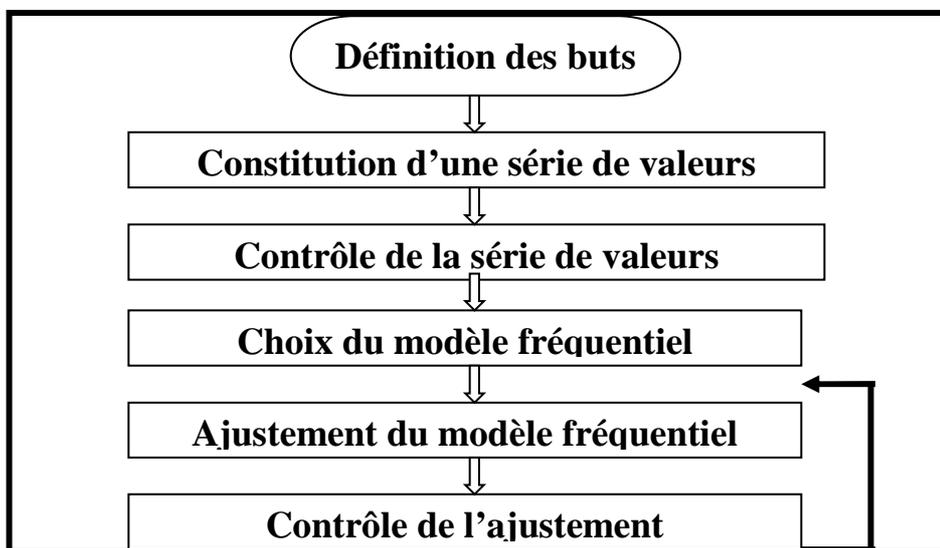


Figure 2 : Principales étapes de l'analyse fréquentielle (Meylan, 1999)

- *Définition des buts de l'analyse*

Les buts visés par cette analyse fréquentielle des événements pluvieux extrêmes à Parakou, rejoignent le deuxième objectif spécifique de l'étude, à s'avoir : définir les facteurs de vulnérabilité de l'espace urbain au ruissellement.

- *Constitution d'une série de valeurs extrêmes*

La constitution des bases de données a été un long processus. Elle regroupe, d'une part, la constitution de la série des hauteurs maximales annuelles décrite plus haut et, d'autre part, la constitution de la série des valeurs excédentaires annuelles. Cette deuxième opération consiste, à choisir toutes valeurs inférieures à un seuil précis (**45 mm**) ou supérieures à un seuil précis (**150 mm**), c'est-à-dire les plus grandes valeurs n mesurées en N années.

- *Contrôle de la série des valeurs*

Le contrôle de la série des hauteurs maximales annuelles de pluie en 24 heures a été fait avec le test d'auto corrélation d'Anderson. Le coefficient d'auto corrélation a été calculé sur n paires de valeurs $(X_1, X_2), (X_2, X_3), \dots, (X_{n-1}, X_n),$ et (X_n, X_{n+1}) . Pour une taille de n 70 valeurs (Anderson fixe une limite de 75 valeurs !), le coefficient d'auto corrélation suit une loi normale de moyenne **$E[R] = -1/n-1$** et variance **$Var[R] = n-2 / (n-1)^2$** .

- *Choix du modèle fréquentiel*

La validité des résultats d'une analyse fréquentielle dépend du choix du modèle fréquentiel et plus particulièrement de son type (Lubès, 1994). Ce choix dépend de la vitesse à laquelle la probabilité des grandes valeurs décroît. Si elle est exponentielle, le choix porte sur la loi de Gumbel. La série des hauteurs maximales annuelles rangée par ordre décroissant, montre que ces valeurs décroissent rapidement. Cette décroissance est donc de type exponentiel. Par conséquent, pour cette étude, c'est la loi de Gumbel qui est retenue.

○ *Ajustement du modèle fréquentiel*

La loi de Gumbel est la forme limite de la distribution de la valeur maximale d'un échantillon de n valeurs. Cette loi est capable de décrire les séries de maxima annuels. Sa distribution s'exprime de manière suivante :

$F(x) = \exp \{-[1-c(x-a)/b]^{1/c}\}$; où a est le paramètre de position, b le paramètre d'échelle et c le paramètre de forme.

La technique d'ajustement utilisée est la méthode graphique. Cette méthode graphique repose sur le fait que l'expression d'un quantile correspond à l'équation d'une droite. En conséquence, les points de la série à ajuster sont reportés dans un système d'axes $x-u$; il a été alors possible de tracer la droite qui passe le mieux par ces points et d'en déduire les deux paramètres a et b définissant la loi.

○ *Contrôle de l'ajustement*

Il existe plusieurs méthodes pour le contrôle de l'ajustement comme l'examen visuel, le test chi-carré de K. Pearson et le test de Kolmogorov-Smirnov. Mais le contrôle de l'ajustement a été fait dans cette étude par l'examen visuel des graphiques représentatifs de l'ajustement réalisé. Même s'il peut paraître rudimentaire, il reste un des bons moyens pour juger de la qualité d'un ajustement.

○ *Estimation de la période de retour des événements pluvieux extrêmes*

La théorie des valeurs extrêmes a été utilisée pour déterminer la période de retour des événements pluvieux extrêmes. La durée de retour d'un phénomène, est l'intervalle moyen de récurrence du phénomène durant une longue période. Pour déterminer la période de retour T , la série des valeurs extrêmes annuelles de Parakou a été rangé par ordre croissant et la fréquence

$F = [i / (N-1)]$ calculée. La période de retour est égale à l'inverse de la fréquence : $T = [1 / (1-F)]$ avec : i : le rang ; N : la taille de l'échantillon ; F : la probabilité de non dépassement ; $(1-F)$: la probabilité de dépassement.

○ *Analyse des impacts des événements pluvieux*

La pluie est l'élément de départ du phénomène du ruissellement et la première étape de ce qu'on appelle le cycle urbain de l'eau. Elle constitue l'entrée du système et donc la donnée fondamentale nécessaire à la compréhension de son fonctionnement. C'est un phénomène à forte composante aléatoire et non reproductible. Son aspect et sa forme varient dans le temps et dans l'espace, à l'échelle qui intéresse l'hydrologie urbaine (quelques minutes à dizaines de minutes, quelques dizaines à centaines d'hectares).

La problématique que nous avons développée et les questions que nous nous sommes posés nécessitent une approche globale et intégrée de la gestion des eaux pluviales et de la gestion urbaine, avec une considération spécifique sur l'organisation de l'espace et des acteurs. Nous avons donc adopté à cette fin deux approches : **l'approche systémique et l'approche typologique.**

1.2.3-Approche systémique

Cette étude, aborde la gestion des eaux pluviales et la gestion urbaine en tant qu'éléments en interrelation au sein d'un même ensemble. Les actions des divers acteurs sont perçues comme déterminées par les cadres social, politique, organisationnel, géographique et temporel. Cette perspective motive le recours à une approche systémique et interdisciplinaire dont il convient de préciser brièvement le contenu, l'intérêt analytique et les applications spécifiques.

➤ *Analyse systémique*

L'analyse systémique se décompose en deux types de raisonnements complémentaires à savoir :

- *le raisonnement stratégique* qui part de l'acteur pour découvrir le système qui peut expliquer, par ses contraintes, les apparentes irrationalités du comportement de l'acteur;
- *le raisonnement systémique* qui part du système pour retrouver l'acteur avec la dimension contingente, arbitraire et non naturelle de son ordre construit.

L'analyse systémique est intéressante, car elle combine induction (raisonnement stratégique) et déduction (raisonnement systémique). Elle permet alors d'éviter l'erreur de généralisation excessive et conduit à des jugements objectifs sur les causes et les conséquences des actions des acteurs.

Les trois principes de l'approche systémique : ***totalité, interaction et rétroaction*** permettent d'étudier un phénomène, une organisation dans sa globalité, avec son environnement et dans sa composition (Dortier, 1999).

- ✓ Le ***principe de totalité*** exprime l'idée que les interactions entre les différents éléments d'un système ne peuvent s'appréhender qu'au niveau de la totalité et non au niveau des éléments pris séparément.
- ✓ Le ***principe d'interaction*** implique que chaque élément peut s'informer et agir sur l'état des autres.
- ✓ Le ***principe de rétroaction*** caractérise un système auto-régulé, c'est à dire capable de réagir à toute modification, d'origine interne ou externe, pour revenir à son état initial.

Dans notre cas précis à Parakou, nous avons utilisé l'approche systémique notamment dans l'analyse interne et externe du Système de Gestion des Eaux Pluviales Urbaines (SGEPU). Pour être fructueuse et compte tenue de la complexité même de la gestion des eaux pluviales, l'analyse systémique invite à une démarche interdisciplinaire : *approche à trois pôles*.

❖ *Approche à trois pôles (approche associée à l'analyse systémique) : Eaux-Espace-Homme.*

Il s'agit de considérer les trois éléments : *Eaux, Espace et Homme* comme trois piliers du système de gestion des eaux pluviales urbaines à Parakou (Figure 2).

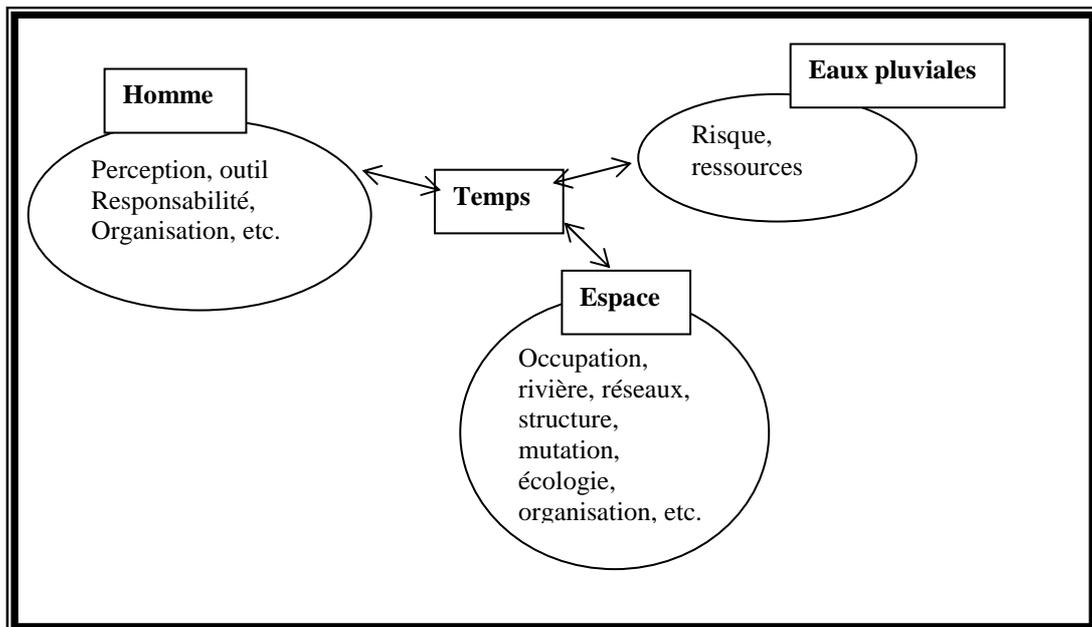


Figure 2bis: Approche à trois pôles : Eaux – Espace – Homme
(Wondimu, 1995)

L'eau désigne la ressource et le risque (inondation et vecteur de la pollution). *L'espace* intègre les caractéristiques hydrologiques et urbaines (structure, équipement, propreté, etc.) du bassin versant. *L'homme* constitue l'acteur actif et passif. Le fonctionnement des ouvrages de l'assainissement et des rivières urbaines (deux éléments supports de la gestion des eaux pluviales urbaines) de la ville de Parakou, dépend de l'organisation de l'espace où ils s'inscrivent. Cette organisation est réalisée par l'acte (intentionnel ou non, direct ou indirect, organisé ou non) de l'homme. La cause principale du dysfonctionnement et de la fragilité urbaine liée à l'eau pluviale est l'oubli de ces dimensions spatiales et humaines. Les deux aspects de l'eau pluviale source

de vie et origine de risque résultent non seulement de l'interaction eau pluviale - espace mais aussi de l'organisation de l'homme, bien que celle-ci se traduise souvent dans l'espace.

1.2.4-Approche typologique

L'approche typologique permet la simplification et l'interprétation d'une réalité complexe, elle permet ainsi de se repérer plus facilement. Créer une typologie de peuplement, c'est réunir dans un effort de synthèse, sous une même appellation, des peuplements ayant en commun certaines caractéristiques jugées déterminantes en ce qui concerne à la fois les objectifs à leur assigner à long terme et les règles sylvicoles à leur appliquer dans le présent (Doussot, 1990).

Nous avons adopté cette approche dans l'analyse du système de gestion des eaux pluviales actuel de la ville de Parakou et dans la formulation des éléments de réponse pour nous baser sur les spécificités de chaque espace type en termes de morphologie, d'usage, d'urbanisation et de risque.

Ce premier chapitre abordé prend en compte, la clarification des concepts et les méthodes d'étude. Les méthodes d'étude regroupent toutes les méthodes utilisées pour atteindre les objectifs. Le deuxième chapitre exposera le profile physique de la ville de Parakou.

CHAPITRE II

LE PROFIL PHYSIQUE DE LA VILLE DE PARAKOU

Le deuxième chapitre décrit les contraintes naturelles relatives au cadre physique, susceptibles d'influencer la gestion des eaux pluviales urbaines

II.1 - Situation géographique

La commune de Parakou est située à 435 km au Nord de Cotonou, à 9°21 de latitude nord et 2°36 de longitude est. Elle s'étend sur une superficie de 441 km² (RGPH3) dont 66 Km² sont urbanisés. Elle est limitée au nord par la commune de N'Dali, au Sud, à l'Est et à l'Ouest par la commune de Tchaourou (figure 3). La position de ville carrefour située sur les axes inter-Etats Cotonou-Parakou-Niamey, Parakou-Djougou-Togo et sur le terminus de la voie ferrée Cotonou-Parakou, lui confère un statut de ville transit.

Le secteur d'étude couvre le périmètre urbain de la commune de Parakou qui est limité, au Nord par les collines de Guêma, à l'Ouest par le cours d'eau de Thian, à l'Est par le cours d'eau Kabounaré au quartier Baka et au Sud par la dépression de Tokoumaro (figure 4). Le périmètre urbain compte vingt huit (28) quartiers repartis sur les trois arrondissements de la commune de Parakou. Le tableau V présente les trois arrondissements de la commune de Parakou et les quartiers du périmètre urbain.

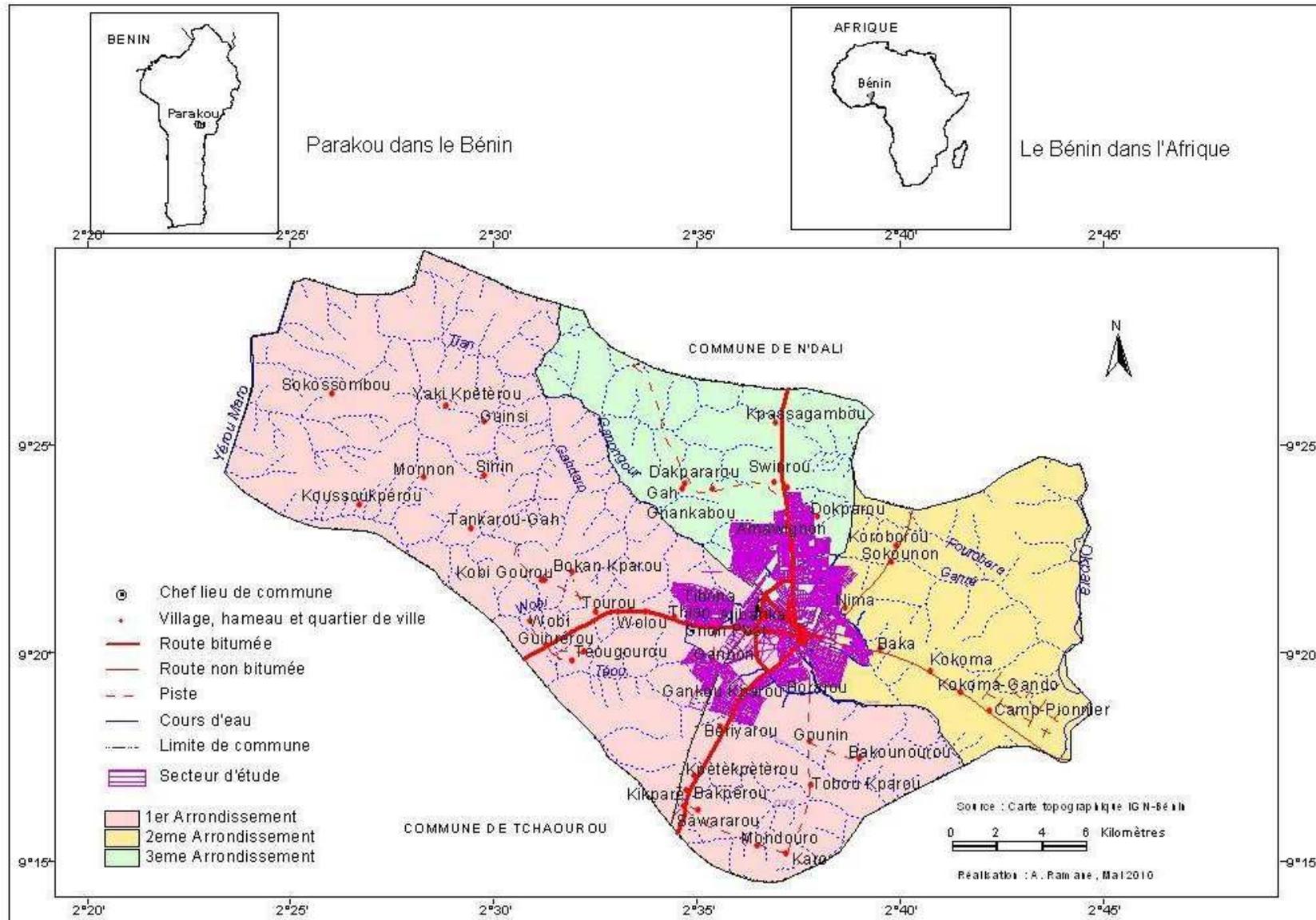


Figure 3 : La situation géographique du secteur d'étude

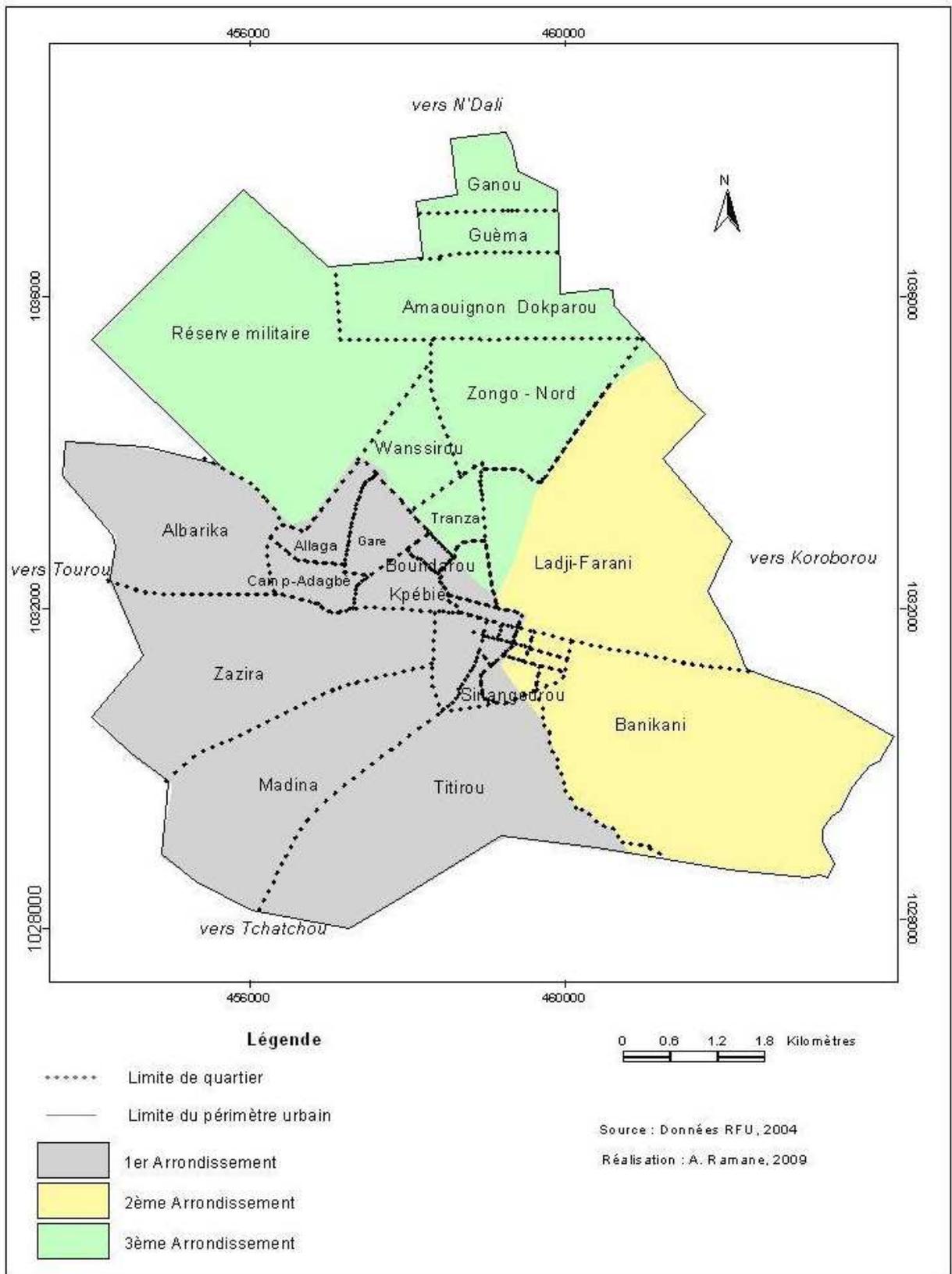


Figure 4 : Secteur d'étude

Tableau V : Les arrondissements et quartiers du périmètre urbain de Parakou

Arrondissements	Premier arrondissement	Deuxième arrondissement	Troisième arrondissement
Quartiers	Alaga Albarika Boundarou Camp adagbè Dépôt Kpébié Bakincoura Kabassira Kadéra Madina Ouézé Sinagourou Titirou Zazira	Agbagba Banikani Baparapé Goromosso Ladjifarani Lémanda Zongo-zénon	Amaouignon Guâh centre Ganou Guêma Tranza Wansirou Zongo2

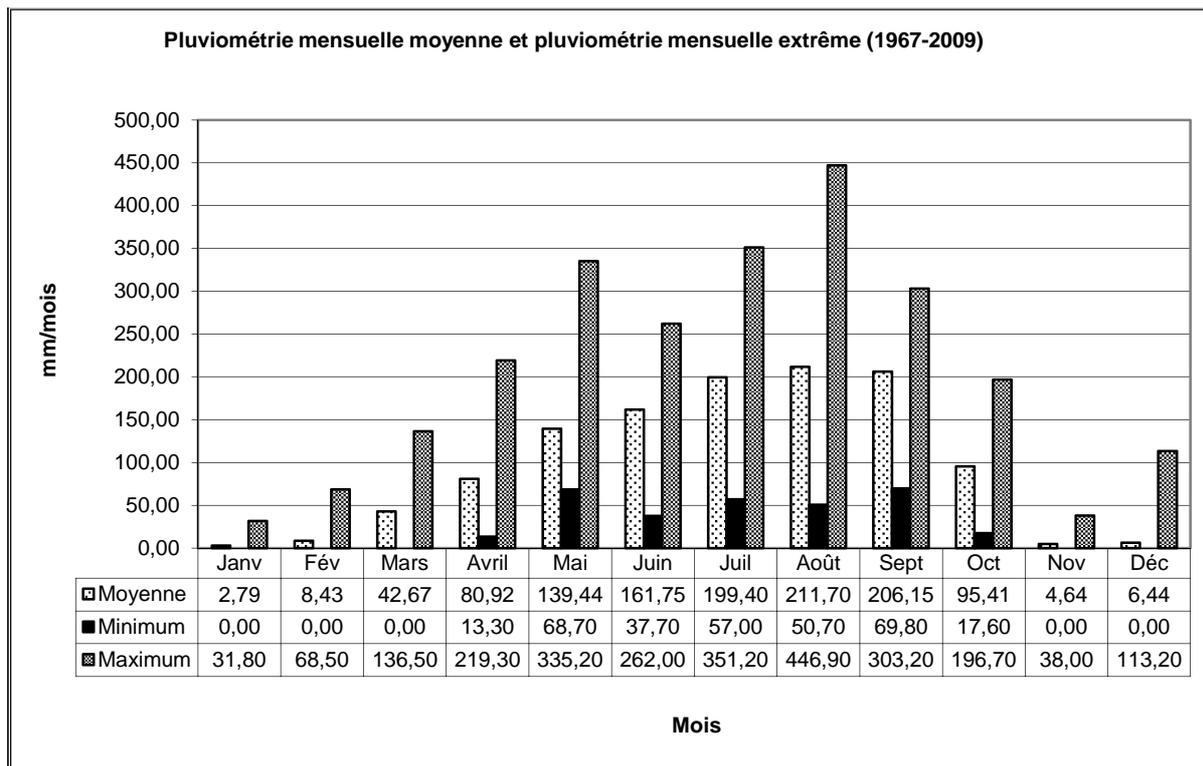
Source: DPDL, Mairie de Parakou, 2008

II.2- Le climat

II.2.1- Les précipitations à Parakou

Parakou jouit d'un climat tropical humide de type soudanien caractérisé par une succession annuelle de deux saisons : une saison sèche qui dure cinq mois, de mi-octobre à mi-avril et une saison pluvieuse qui occupe le reste de l'année. La saison sèche rude entre décembre et février est marquée par l'harmattan (un vent froid et sec). L'installation progressive de l'anticyclone saisonnier du Sahara fait repousser le Front Intertropical (F.I.T) vers le Sud, ce qui explique la raréfaction des pluies en octobre. Parfois des pluies accidentelles

surviennent au cours de cette période (Abdoulaye, 2006). Les précipitations moyennes annuelles sont de 1200 mm. Les modifications sont caractérisées par des irrégularités des pluies suivant les années. La figure 5 présente l'évolution mensuelle des précipitations maximale, minimale et moyenne de 1967 à 2009 à la station de l'ASECNA de Parakou.



Source : Statistiques de l'ASECNA, 2010

Figure 5: l'évolution mensuelle des précipitations, maximale, minimale et moyenne.

De l'analyse de la figure 5, il ressort que :

- la somme moyenne des précipitations des cinq mois (mai à septembre) les plus pluvieux représente plus de 79 % des précipitations annuelles. Le ruissellement ne peut avoir lieu de manière notable que pendant la saison pluvieuse qui couvre les mois de mai à octobre. Ainsi, l'érosivité des pluies est plus observée pendant cette période avec la hauteur de pluie moyenne de 184 mm, cette période est alors très sensible du point de la dégradation surtout du fait de l'effet accumulateur bien que seule la hauteur des pluies ne

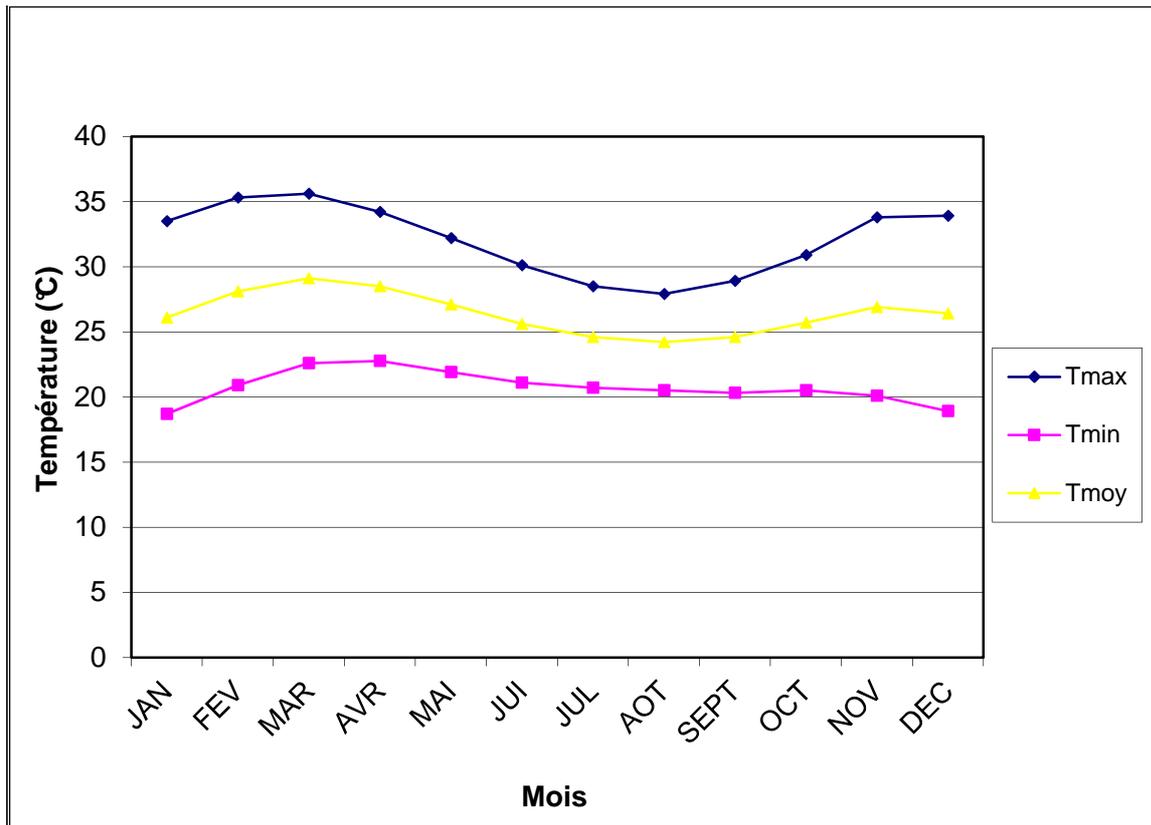
peut expliquer l'importance du ruissellement (Abdoulaye, 2009). Selon Chocat (1997), la pluie est l'élément de départ du phénomène de ruissellement. A Parakou, elle est la cause principale de l'érosion hydrique et de l'inondation (Abdoulaye, 2007). S'il y a un excédent des précipitations de mai à septembre, il y a par contre un sévère déficit de décembre à avril. Ces contraintes climatiques ne peuvent être supportées que par des sols très perméables dotés d'une capacité importante de rétention pour l'eau. Seuls les sols profonds sont à même de supporter les plantes exigeantes en eau tout au long de l'année (Dubroeuq, 1977).

- la distribution des précipitations à l'échelle mensuelle est variée. Cette variabilité de la pluviométrie est relative aux migrations sud-nord et nord-sud de la mousson ouest africaine (Boko, 1988).

II.2.2 -La température

La figure 6 montre l'évolution mensuelle de la température de 1962 à 2008. De l'analyse de ce graphe, il ressort que les périodes les plus chaudes sont habituellement les mois de mars et avril avec 35°C, alors que les périodes les plus fraîches sont novembre (19°C), décembre (19°C) et janvier où la température moyenne est 18,63°C à cause de l'harmattan. Les températures varient d'une saison à une autre. L'amplitude thermique est plus élevée entre novembre et avril 7,4°C et faible entre mai et octobre 3,7°C. Les amplitudes thermiques journalières sont fortes surtout durant les mois d'harmattan. De 40°C en début d'après midi, elle peut tomber à 15°C et même 10°C la nuit.

Ces moyennes masquent la grande variabilité journalière puisque des valeurs supérieures à 40°C sont couramment notées de février à mai et qu'en décembre et janvier le thermomètre s'abaisse à 10°C.



Source : Statistiques de l’ASECNA 2008

Figure 6 : Variation mensuelle de la température de 1962 à 2008

Selon Le Lay(2005) une première estimation de la variabilité interannuelle de l’ETP pendant la seconde moitié du XX^{ème} siècle peut être réalisée en observant les séries de températures maximales et minimales annuelles fournies par la DMN. La figure 6, basée sur les données disponibles de la période 1963-1977, met en évidence une légère augmentation des températures (de l’ordre de 1°C) au cours des quarante dernières années. L’impact de la hausse de température observée sur l’ETP peut par exemple être évalué, en première approximation, par la formule de Thornthwaite (Thornthwaite, 1948). Cette relation lie de façon empirique les températures mensuelles et l’ETP mensuelle de la façon suivante :

$$ETP = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{3} \cdot D \cdot \left(\frac{10 \cdot T_m}{1} \right)^k \quad \text{Où}$$

I est l’indice thermique annuel donné par $I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1.51}$

T_i est la moyenne interannuelle de la température au mois i [$^{\circ}\text{C}$]

T_m est la température mensuelle du mois m [$^{\circ}\text{C}$]

$$K = 0.49 + 1.8 \cdot \frac{i}{100} - 0.77 \cdot \left(\frac{l}{100}\right)^2 + 0.67 \cdot \left(\frac{l}{100}\right)^3$$

L'application de cette formule permet d'estimer qu'une augmentation d'environ 4% des températures, comme observée ici, conduit à une augmentation de 15% de l'ETP annuelle.

II.2.3 – Le vent

Deux types de vents dominants se succèdent au cours de l'année dans la région : l'alizé maritime et l'harmattan. L'alizé maritime ou mousson souffle de mars à octobre suivant la direction sud (N-S). Sa vitesse moyenne décroît de 3 m/s en mars à 2 m/s en décembre. Quant à l'harmattan, qui est un vent froid et sec, souffle dans la direction N-E de novembre à mars dans la partie septentrionale du Bénin en augmentant le déficit de saturation de l'air et en accentuant les conditions d'aridité de la saison sèche. Sa vitesse moyenne n'excède pas 2 m/s avec un maximum de 12 à 14 m/s. Durant cette période où souffle l'harmattan les températures sont basses. Ces vents participent intensément à la propagation des polluants atmosphériques émis dans la ville. Aussi, la prise en compte de ces vents doit-elle être déterminante pour tout aménagement à Parakou si l'on aspire à y assurer un cadre de vie sain.

II.3-Le modelé

On distingue, selon (Dubroeuq, 1977), trois régions différentes qui correspondent sur le terrain à des modelés particuliers à Parakou (figure 7) à savoir :

1) - la partie est, d'altitude élevée (entre 360 et 400 m) correspond à une série de

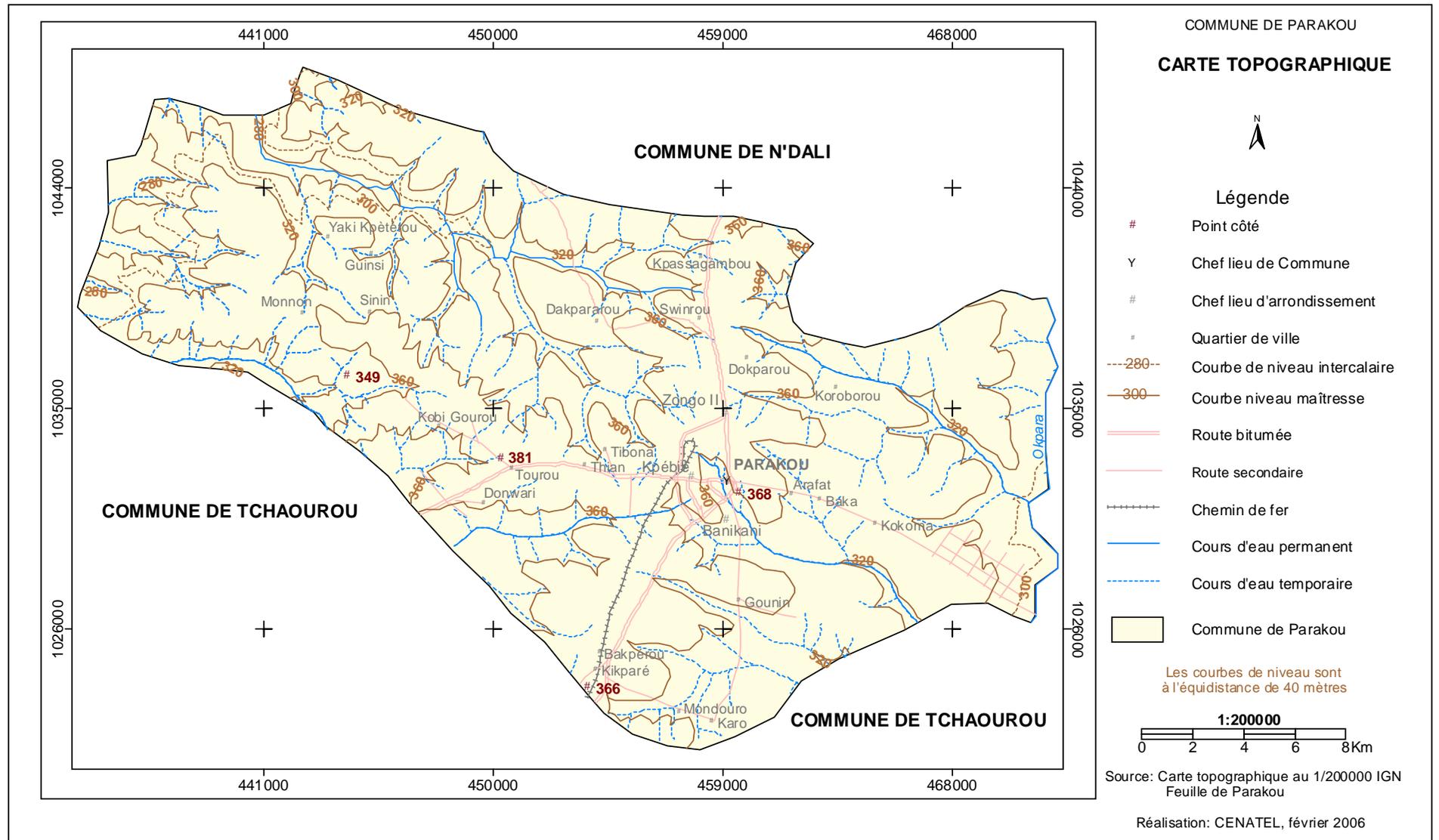


Figure 7 : Carte topographique de Parakou

plateaux couronnés de cuirasses qui prennent de plus en plus d'importance à mesure qu'on se déplace vers l'est. Les versants sont en pente faible et sensiblement rectilignes jusqu'au tiers inférieur où se dessine fréquemment une légère rupture de pente relayée vers l'aval par une dépression à fond plat incisé au niveau de l'axe de drainage (ravine de 1 à 2 m) ;

2) - la zone centrale, traversée par la route nationale, moins haute (altitude variant autour de 350 m) se caractérise par une succession de bombements à versants convexes. Les blocs de cuirasse subsistent parfois sur les sommets. Les versants des talwegs sont très pentus ; le lit des axes de drainage des eaux pluviales est en forme de cuvette à fond plat partiellement comblée d'alluvions sableuses ;

3) - la zone ouest, d'altitude basse (260 m) traversée par les vallées de l'OUEME et du YEROU-MARO se singularise par un réseau hydrographique dense à directions dominantes est-ouest, recoupant les grands axes de drainage des eaux pluviales qui suivent l'orientation tectonique générale nord-est/sud-ouest. Les affleurements de roche sont nombreux. Les pentes sont courtes, rectilignes, assez peu déclives. Les zones hautes, très disséquées, forment des crêtes relativement étroites.

II.4- L'hydrographie

La ville de Parakou est parcourue par de ruisseaux, affluents de l'Okpara (Fig. 8). L'Okpara, lui-même affluent de l'Ouémé, est le seul cours d'eau important se trouvant à l'Est de Parakou (environ à 12 Km à l'Est de la zone d'étude) (Abdoulaye, 2006). Les vallées, généralement très larges, ont un fond plat. La largeur des cours d'eau peut s'expliquer par deux facteurs : l'abondance des précipitations et l'épaisseur des formations géologiques superficielles. En somme, Parakou est située sur un inter fleuve caractérisé par un réseau hydrographique dendritique avec très peu d'eaux superficielles naturelles.

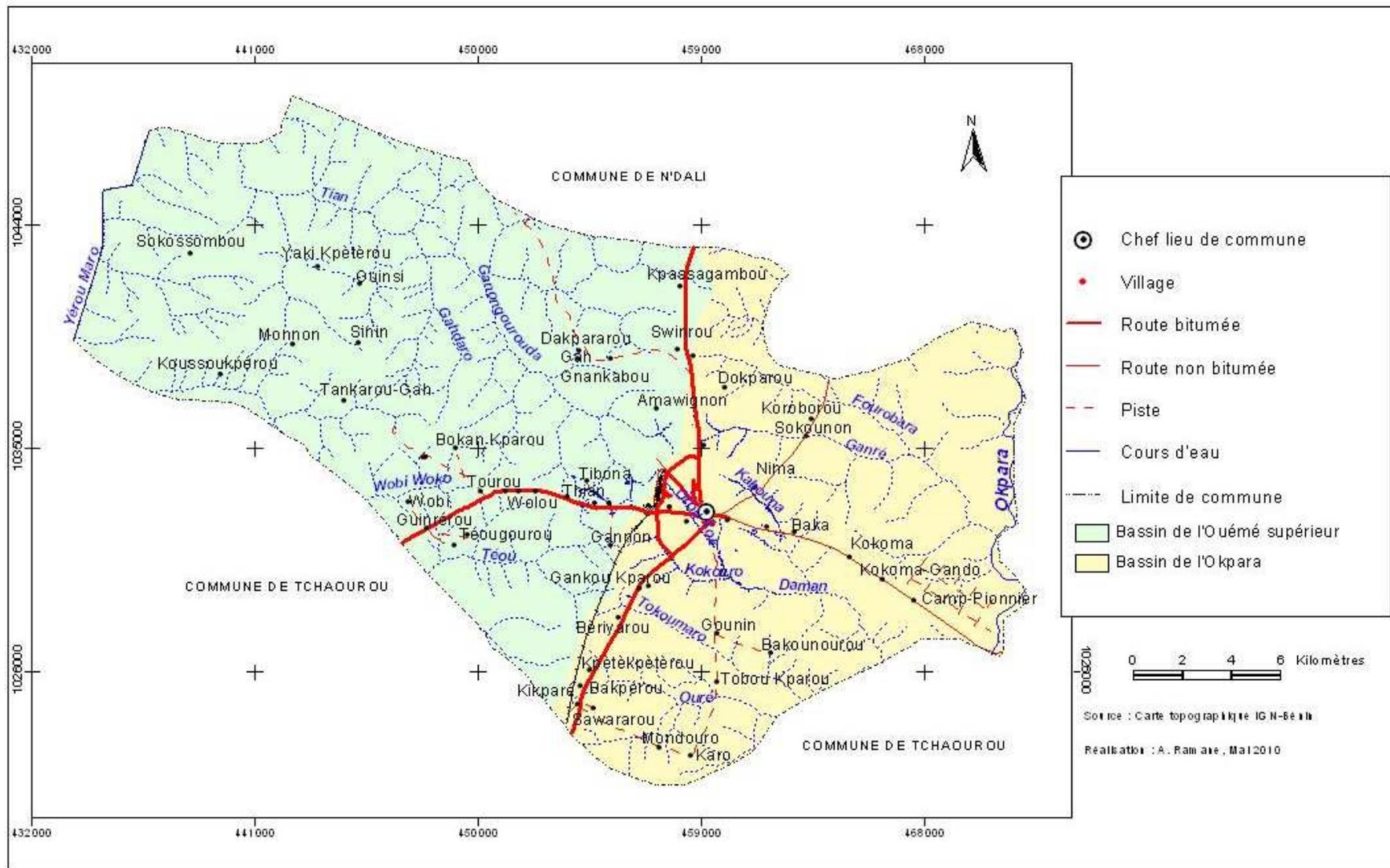


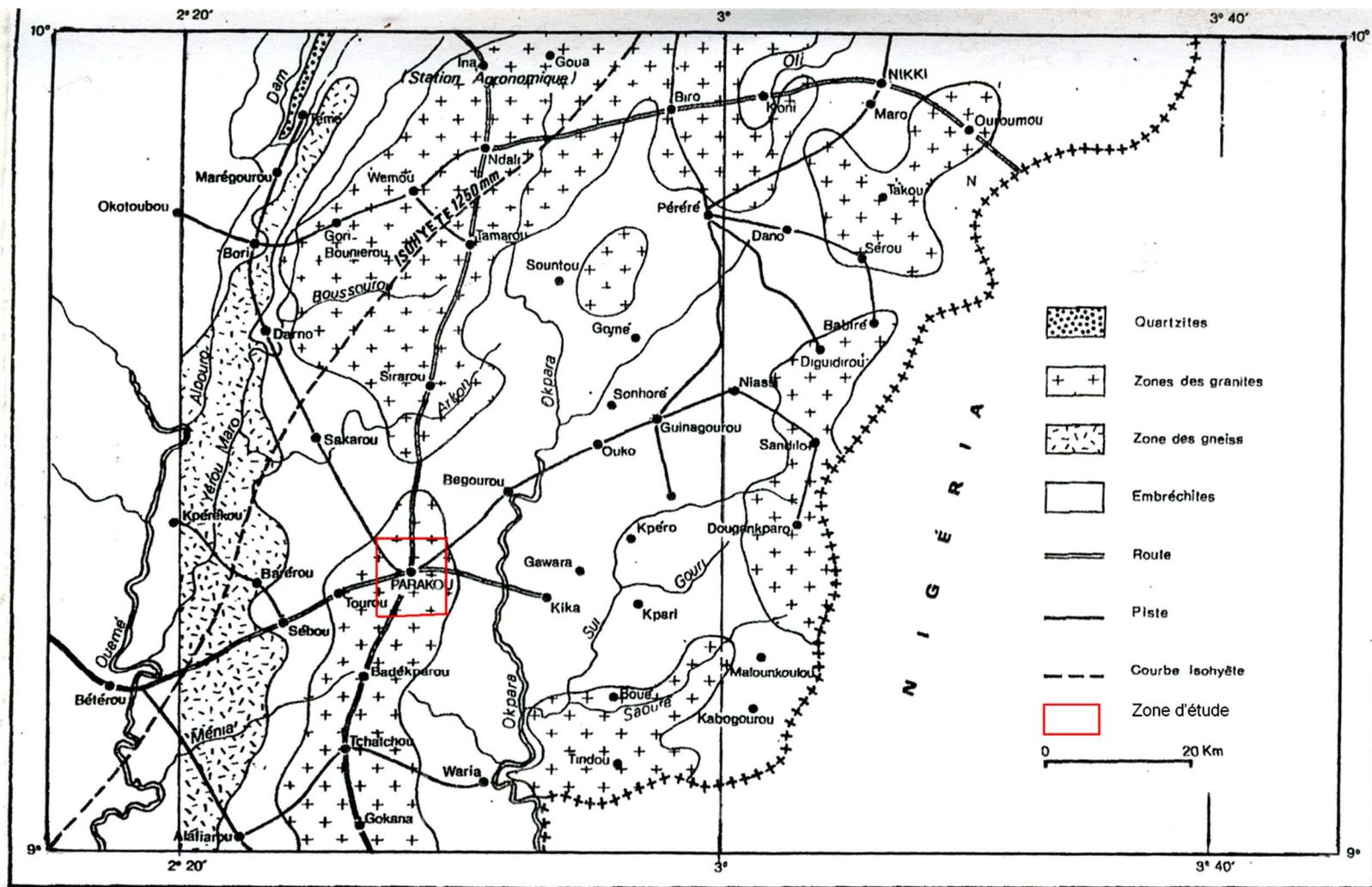
Figure 8: Réseau hydrographique de Parakou

II.5-Le cadre géologique

La commune de Parakou repose sur un socle antécambrien, constitué de granites et de gneiss plus ou moins métamorphosés. Dans la ville de Parakou, on distingue, selon (Dubroeuq, 1977), trois grands types de roches à savoir :

- ✓ *les granites* : ce sont essentiellement des granites calco-alcalins à muscovite et à biotite, le plus souvent leucocrates. Ils apparaissent en affleurements sous forme de mamelons et de dômes. Le paysage correspondant aux batholithes granitiques est assez vallonné ;
- ✓ *les embréchites* : ce sont des roches grenues à faciès lité ou rubané. Les minéraux ferro-magnésiens sont nombreux (biotite, amphiboles, pyroxènes, diopside). Elles sont souvent traversées par de larges filons de pegmatites. Elles affleurent rarement dans le paysage mais donnent des reliefs caractéristiques composés de succession de dorsales allongées à sommets arrondis et à bords disséqués par des affleurements de cuirasse ;
- ✓ *les granito-gneiss* : leur composition est grossièrement analogue à celle des granites mais la structure porphyroïde y est plus fréquente; des zones rubanées peuvent apparaître également dans leur masse. Les granito-gneiss se rencontrent dans la zone des embréchites, en bordure des batholithes de granite.

La zone d'étude essentiellement granitique est présentée par la figure 9.



Source : (Dubroeuq, 1977)

Figure 9: Structure géologique de la zone d'étude

I.6- Les sols de Parakou

La ville de Parakou à trois types de sols à savoir : les sols ferrugineux à sesquioxydes de fer et de manganèse qui occupent 72% de la superficie de la zone d'étude donc les plus répandues, ensuite les sols ferralitiques qui occupent 20% de la superficie de la zone d'étude donc moins représentés que les premiers et enfin les sols hydromorphes minéraux ou peu humifères qui occupent 8% de la superficie de la zone d'étude donc très peu représentés. Les profils types et la localisation de ces différents types de sols sont représentés respectivement dans les figures 10 et 11.

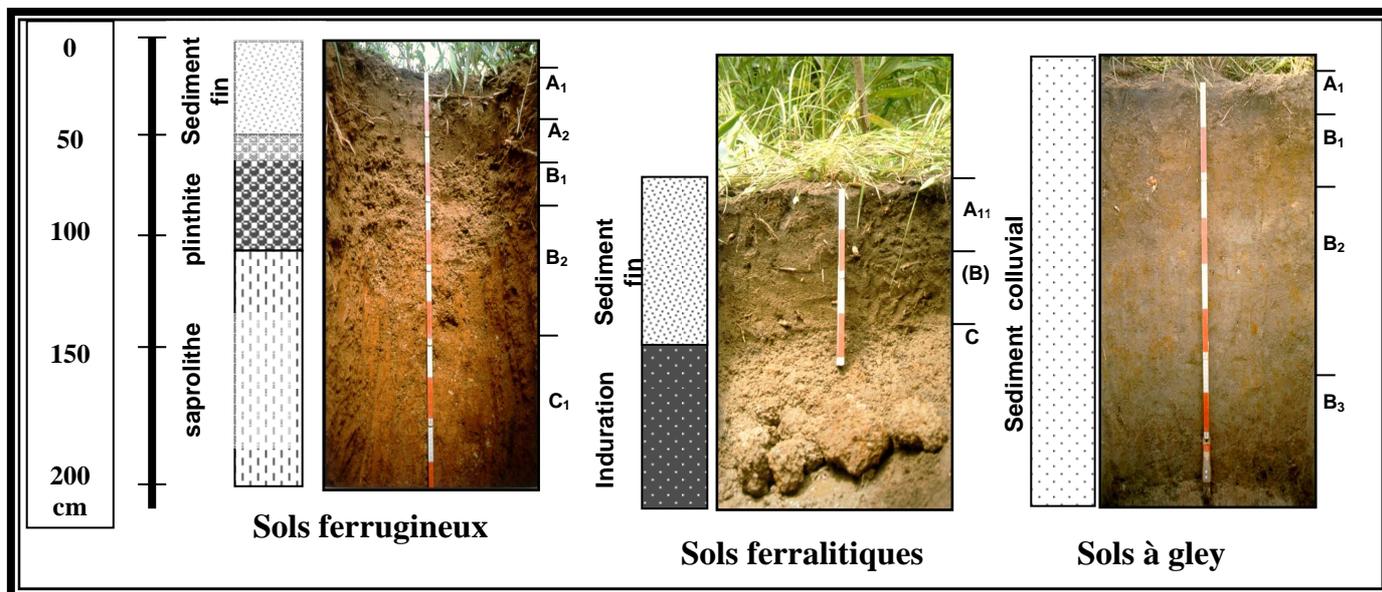


Figure 10: Profils des trois types de sols de Parakou (Junge, 2004)

L'analyse de la carte pédologique de la commune de Parakou nous (Fig. 11) permet d'observer ses trois principaux types de sols répartis en plusieurs sous-groupes. Dans chacun des sous-groupes de sols, l'unité cartographique la plus représentative est plus spécialement décrite dans notre étude monographique, les autres ne sont que brièvement exposées.

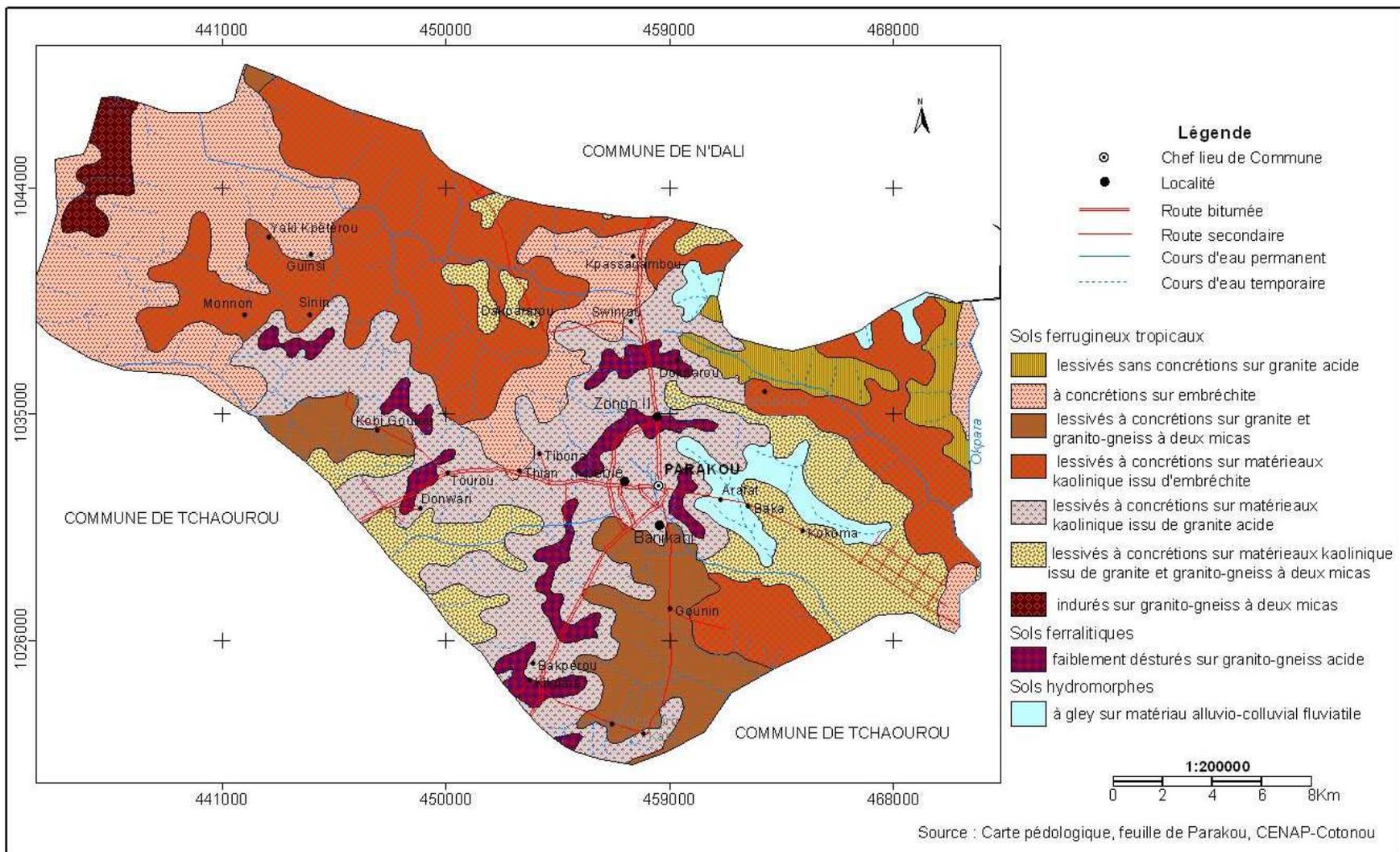


Figure 11 : Carte pédologique de la Commune de Parakou

II.6.1- Les sols ferrugineux.

- *Sous-groupe sans concrétions*
 - Famille sur granite acide

Ces sols, de profondeur moyenne, couvrent des étendues importantes au voisinage des affleurements de granite.

Données morphologiques

Situation : Nord-est de Parakou

Topographie : Haut de pente orientée vers le sud ; pente moyenne

Végétation : Savane arborée dense à *Isoberlinia doka* et *Detarium sp.*

Profil :

0 - 20 cm : Brun-sombre (10 YR 4/2), sableux, grumeleux, fragile,

A1 nombreuses fines racines, transition distincte.

20-40 cm : Brun-clair (7.5 YR 6/4), sableux, massif, meuble, racines

A2 moyennes et grosses, transition distincte.

40- 80 cm : Brun-orangé (7,5 YR 5/6), argilo-sableux, structure polyédrique

B (1 cm) anguleuse, cohérent, grains de quartz nombreux, transition graduelle.

80 - 180 cm : Brun (7,5 YR 5/4), tacheté à nombreuses petites taches rouges,

C1 sablo-argileux, quelques concrétions ferrugineuses, structure peu nette, transition graduelle.

180-200 cm : Brun (7,5 YR 5/4), sablo-argileux, taches jaunâtres

C2 nombreuses peu nettes, feldspaths altérés cassants très nombreux, concrétions ferro-manganiques, grains de quartz assemblés.

La roche-mère apparaît vers 2,5 ou 3 mètres.

Le caractère acide de la roche-mère se traduit par une relative abondance de grains de quartz dans tout le profil. Par ailleurs, l'apparition de petites concrétions ferro-manganiques dans l'horizon d'altération est fréquente surtout en position de drainage médiocre. A ce propos, il est remarquable de constater que ces sols qui renferment entre 13 et 18 % de fer total ne concrétionnent pratiquement pas au niveau de l'horizon **B**.

Données analytiques

Les propriétés physiques sont moyennes. L'eau utile théorique pondérale, égale à la différence entre les humidités de rétention ($pF = 2,8$) et de flétrissement ($pF = 4,2$) varie entre 3 et 5 %. Les disponibilités en eau de ces sols sont toutefois assez conséquentes car leur grande pénétrabilité compense la faible rétention par unité de volume.

Les propriétés chimiques sont par contre médiocres. La somme des bases échangeables est inférieure à 4 mé/100g ; une certaine déficience potassique transparait (rapport K/Mg très faible, K éch = 0,15 mé/100g). Les teneurs en P_2O_5 total sont proches de 0,6 ‰.

Aptitudes

Ces sols conviennent aux cultures annuelles à cycle court (sorgho, arachide, maïs) à condition d'apporter une fumure complémentaire surtout phosphorée et potassique.

- *Sous-groupe à concrétions*

L'individualisation du fer se manifeste ici, non seulement par une coloration plus vive des horizons **B**, mais aussi par l'apparition de nodules et de concrétions en divers endroits du profil.

- Famille sur embréchite

Ils se localisent dans les secteurs où la roche est subaffleurante et le réseau de drainage très serré. Ils couvrent une superficie très importante à l'ouest et une autre plus réduite au centre de Parakou entre Kpassagambou et Thian.

Données morphologiques

Situation : Axe Thian-Kpassagambou.

Topographie : Bas de pente, dans zone presque plane

Végétation : Savane arborée claire à *Isobertinia doka*

Profil :

0 - 10cm : Gris foncé (10 Y R 4/1), sableux, faiblement grumeleux, fines

A 1 racines, transition distincte.

10- 60cm :Gris clair (10 YR 6/2) sableux, monoparticulaire, débit croulant, très

A2 nombreux graviers ferrugineux, forte porosité, graviers de quartz à patine ferrugineuse, nombreuses fines racines, transition nette.

60-100 cm : Brun foncé (7,5YR 4/4), argilo-sableux, nombreuses taches brun-

B rouges faiblement indurées, concrétions ferro-manganiques, très nombreux quartz et feldspaths cassants, structure nette polyédrique (1 cm), forte porosité, transition graduelle.

100 - 150 cm : Beige (10 YR 5/4) à taches brunes diffuses, argilo-sableux,

BC polyédrique moyen peu net, très nombreux feldspaths jaunis, micas et petits quartzs, transition distincte.

150 - 200 cm:Gris-verdâtre (2,5 Y 5/3), taches jaunâtres, argileux, quelques

C fentes verticales, massif, structure cubique peu nette, quelques plaquettes à faces lissées, trame de roche altérée par endroit, nette en profondeur.

200 cm : Roche désagrégée.

Le lessivage est intense dans ces sols et se manifeste jusqu'à 60cm de profondeur. Il n'est pas rare de trouver également un mince horizon caverneux,

immédiatement sous l'horizon **B**, témoignant de l'existence d'un entraînement oblique des éléments fins à ce niveau. L'horizon **C**, généralement très argileux, comporte, dans son contenu minéralogique, une fraction plus ou moins importante de minéraux 2/1, ce qui lui confère une structure massive à caractère d'autant plus verticale que la roche-mère est plus basique. A proximité des axes de drainage, ces sols sont en outre fréquemment indurés.

Données analytiques

Dans les horizons **A** et **B** la perméabilité mesurée au laboratoire est satisfaisante ($K = 1,5 \text{ cm/h}$) (K représente une vitesse de filtration. Exprimée en cm/h , elle est mesurée dans des conditions standard sur une colonne de terre préalablement tamisée) ; elle est favorisée par la présence de nombreux éléments grossiers. Dans l'horizon **C** elle devient, par contre, très faible.

La capacité d'échange voisine de 4 mé/100 g en surface s'élève à 8 mé/100 g dans l'horizon **B**. Le taux de saturation élevé (75 %) fait que le stock de bases échangeables reste assez conséquent ; le potassium, en particulier, oscille autour de 0,2 mé/100 g. Les teneurs en P_2O_5 total, par contre, ne dépassent pas 1 ‰.

Limitations d'aptitudes

Ces sols moyennement pourvus chimiquement voient leurs aptitudes limitées par la présence à moyenne profondeur d'un horizon d'altération mal structuré et le plus souvent hydromorphe. Ils ne sont donc intéressants, pour l'éventuel utilisateur, que si cet horizon apparaît au delà de 1,50 m. C'est généralement le cas pour les sols répartis sur la moitié supérieure des versants.

- Famille sur granite et granito-gneiss à deux micas

Ces sols très répandus se rencontrent sur des roches-mères de type granito-gneiss à passées riches en amphiboles et pyroxènes par endroit, à structure grenue orientée mais non litée. Ils couvrent la presque totalité des grands glaciers à pente faible qui prolongent les sommets couronnés de cuirasses

situés dans des interfluves de secteurs d'altitude moyenne élevée. Dans les régions d'altitude plus faible ils dominent les sols de bas de pente évoluant dans des matériaux d'altération plus ou moins vertique.

Données morphologiques

Situation : Axe Gounin-Mondouro

Topographie : Haut de pente

Végétation : Savane arborée claire à *Isoberlinia doka*, *Burkea africana*.

Profil :

0 - 10cm : Brun-gris, sablo-argileux, grumeleux, fragile, nombreuses fines

A1 racines, transition distincte.

10- 50cm : Beige-clair, sableux, débit en éclats émoussés fragiles, peu compact, rares grosses racines, transition distincte.

50- 70cm: Brun clair, sablo-argileux, assez nombreux graviers ferrugineux,

A/B grains de quartz nombreux, structure peu nette, fragile, transition nette.

70 - 140 cm: Brun-rouge, argilo-sableux, très nombreux nodules ferrugineux

B durs sphériques, structure apparente fine anguleuse, matériau friable poreux, transition graduelle.

140 - 200 cm: Gris-jaune (2,5 Y 6/4), taches nettes brunes et jaunâtres,

C1 concrétions ferro- manganiques friables, argilo-sableux, structure peu nette (2 cm).

Lessivés sur 50 cm en moyenne, ces sols se caractérisent donc par un horizon **B** épais (1 m ou plus), très bien différencié, brun ou brun-rouge, à structure fine, très riche en concrétions ferrugineuses, et par un horizon **C1** d'altération, hydromorphe à taches d'oxydo-réduction, passant vers 250 cm de profondeur à une arène sablo-argileuse laissant transparaître la trame de la roche. A mi-pente, le lessivage plus intense tend à augmenter l'épaisseur des horizons sableux de surface.

Données analytiques

Mis à part l'horizon lessivé de surface, ces sols argilo-sableux sont toujours très bien structurés et très friables sur l'ensemble du profil. Dans l'horizon **B**, où les taux d'argile varient de 25 à 35 %, la structure est fine, la perméabilité théorique est voisine de 5 cm/h et l'eau utile pondérale oscille entre 5 et 8 %.

Ces sols possèdent, par ailleurs, des propriétés chimiques correctes. La capacité d'échange varie de 4 mé/100 g en surface à 8 mé/100 g dans les horizons **B**, alors que les taux de saturation restent sensiblement constants sur l'ensemble du profil (60 %) ; une désaturation plus marquée n'affecterait que les sols de mi-pente mieux drainés. Les teneurs en K échangeables sont assez exceptionnelles: 0,3 mé/100 g en surface, 0,4 à 0,7 mé/100 g dans les horizons **B**. Les taux en P₂O₅ total sont légèrement supérieurs à 1 ‰.

Aptitudes

Les sols de ce type sont intéressants sur le plan agronomique car ils allient à leur excellente structure de bonnes propriétés chimiques; ils sont, de plus, rarement indurés.

Ils conviennent à toutes les cultures annuelles exigeantes du point de vue minéral (sorgho, maïs). Les sols les mieux drainés des moitiés supérieures des versants pourraient également supporter des cultures sensibles à l'engorgement (coton).

- Famille sur matériau kaolinique issu d'embranchite

Ces sols bien représentés se répartissent en toutes positions topographiques dans des paysages très largement ondulés où les buttes cuirassées ne subsistent plus que sous forme de petites collines étroites et isolées.

Données morphologiques

Situation : Axe Dakpararou-Monnon et Koroborou-Okpara.

Topographie : Haut de pente, versant à pente douce

Végétation : Savane arborée dense à *Isoberlinia doka*, *Uapaca somon* et *Afzelia africana*.

Profil :

0 - 20 cm : Brun-gris (10 Y R 4/3), sableux, grumeleux, fragile, nombreuses

A1 racines moyennes et fines, transition distincte.

20 - 50 cm : Ocre jaune (7,5 YR 5/6), sableux, massif à débit anguleux, fragile,

A2 poreux, nombreuses racines, transition distincte.

50 - 80 cm : Rouge brun (2,5 YR 4/6) ; argilo-sableux à argileux, polyédrique

B1 anguleux (1 cm) peu net, quelques taches noires, quelques nodules ferrugineux, poreux, moyennes racines, transition graduelle.

80 - 160 cm : Brun-rouge (2.5 YR 3/6), argilo-sableux, taches rouges et ocres,

B2 diffuses nombreuses, polyédrique (1 cm) peu net, friable, poreux, transition graduelle.

160 - 200 cm : Jaune-brun (7,5 YR 5/8) tacheté à nombreuses tâches brun-

C1 rouge, nettes, nombreux nodules ferro-manganiques (2 à 5 mm) massif, débit polyédrique, friable, quelques feldspaths jaunes très altérés.

Vers 2,50 m de profondeur apparaît, progressivement, un horizon **C2**, hydromorphe, assez bien pourvu en minéraux altérables (micas et feldspaths). La roche désagrégée n'est atteinte que vers 5 mètres.

Ce sont donc des sols profonds, principalement caractérisés par l'existence d'un épais matériau d'altération friable presque essentiellement constitué de kaolinite et de quartz (matériau kaolinique) auquel succèdent des horizons **C1** et **B** assez peu concrétionnés.

Données analytiques

Les teneurs en argile sont relativement élevées dans l'ensemble des profils

(10 à 15 % dans les horizons **A**, 35 à 40 % dans les horizons **B** et **C**). La perméabilité est bonne ($K = 2$ cm/h) et l'eau utile théorique proche de 5 % en poids.

Les propriétés chimiques restent médiocres. Faiblement acides ($\text{pH} = 6,5$), ces sols voient leur capacité d'échange augmenter de la surface vers les horizons **B** (de 5 à 7 mé/100 g) ; il en est de même des teneurs en K échangeable qui passent de 0,15 à 0,30 mé/100 g. Les teneurs en P_2O_5 total restent faibles (0,6%)

Aptitudes

Ces sols constituent d'assez bons supports pour les plantes vivrières (sorgho, maïs) à condition de procéder à des apports fractionnés d'une fumure minérale complète. La répartition très homogène de ces sols rarement indurés autorise l'adoption de modes d'exploitation mécanisés.

- Famille sur matériau kaolinique issu de granite acide

Ces sols sont très répandus dans les régions à substratum granitique. Ils évoluent dans un manteau d'altération kaolinique relativement épais. Ils couvrent la majeure partie des glacis en contrebas des reliefs tabulaires à bordures cuirassées qui dominent le paysage.

Données morphologiques

Situation : Axes Sinin-Counin et Swinrou-Mondouro

Topographie : Zone élevée, haut de pente

Végétation : Forêt claire dégradée à *Isoberlinia doka* et *Uapaca somon*.

Profil :

0 - 10 cm : Gris-brun, sableux, grumeleux, fragile, poreux, nombreuses fines

A 11 racines, transition distincte.

10 - 20 cm : Gris clair, sableux, quelques cailloux de quartz, massif, débit

A 12 subanguleux, fragile, finement poreux, transition distincte.

20 - 40 cm : Beige, sableux faiblement argileux, graviers de quartz nombreux,
A2 quelques nodules ferrugineux, grumeleux peu net, très fragile,
poreux, nombreuses racines, transition distincte.

40 - 70 cm : Brun-orangé (7,5 Y R 5/4), sablo-argileux, hétérogène avec zones
A/ B sableuses beige, très nombreux graviers de quartz, polyédrique fin,
friable, poreux, transition graduelle.

70 - 130 cm : Brun-orangé (7,5 YR 5/6), argileux, polyédrique fin peu net, rares
B concrétions ferrugineuses, poreux, filon de quartz visible,
transition graduelle.

130 - 200 cm : Tacheté jaune-brun (2,5 Y 6/4) à taches brunes (7,5 Y R 4/4).
C1 argileux, massif, à débit polyédrique anguleux, friable, quelques
nodules ferrugineux, nombreux grains de quartz anguleux, fine
porosité.

L'influence de la roche-mère granitique leucocrate se traduit dans ces sols par un concrétionnement très limité, un lessivage très prononcé des horizons supérieurs et une texture assez grossière de l'ensemble du profil. Il est à noter également que le passage de l'horizon **A2** à l'horizon **B** est très irrégulier (langues de matériaux sableux pénétrant dans l'horizon **B**).

En bas de pente, ou à la suite d'une mise en culture prolongée, on assiste dans les sols de ce type, à une perte en éléments fins très importante sur plus d'un mètre d'épaisseur, aboutissant à la disparition de l'horizon **B** et à l'apparition d'une forte discontinuité entre les horizons de surface sableux et le sommet de l'horizon **C1** qui devient alors très compact et plus ou moins induré, surtout au niveau des taches ferrugineuses.

Données analytiques

A l'exception de l'horizon lessivé souvent massif, la présence de nombreux grains de quartz confère à ce sol de bonnes propriétés physiques (K voisin de 2 cm/h - Eau utile comprise entre 4 et 7 %).

Le **pH** est légèrement supérieur à 6 dans tout le profil. La capacité d'échange (de 3 à 5 mé/100 g) est assortie de teneurs en K échangeable excellentes (de 0,3 à 0,6 mé/100 g). Les teneurs en P₂O₅ total (1‰ en surface) s'amenuisent dans l'horizon **B** (0,5‰)

Aptitudes

Ces sols fragiles, sensibles à l'érosion, mais rarement indurés conviennent aux plantes annuelles céréalières, à condition qu'elles soient cultivées à plat et qu'elles soient assez rapidement relayées par de longues jachères pour limiter l'appauvrissement des horizons de surface. Des apports fractionnés d'engrais phospho-azotés devraient suffire pour obtenir des rendements corrects.

- Famille sur matériau kaolinique issu de granito-gneiss calco-alcalin

Ces sols, très répandus, évoluent également dans un manteau d'altération profond kaolinique reposant sur une roche granito-gneissique pauvre en minéraux ferro-magnésiens. Ils se répartissent sur de longs versants à modelé amplement ondulé fréquemment dominés par des reliefs d'aspect grossièrement tabulaire ceinturés d'un rebord cuirassé.

Données morphologiques

Situation : Est (Baka –Kika) et Sud (sud de Dowari) de Parakou

Topographie : Mi-pente sur un long versant orienté ouest

Végétation : Savane arborée à *Daniellia aliveri*, *Burkea africana*,
Anogeissus leiocarpus

Profil :

0- 20cm : Brun sombre (10 YR 4/1), sableux, faiblement grumeleux, fines

A1 racines nombreuses, transition distincte.

20 - 50 cm : Gris-brun (7,5 YR 5/4), sableux, massif à éclats fragiles, poreux,

A2 quelques grosses racines, transition distincte.

50 - 70 cm : Brun vif (7,5 Y R 5/6), sablo-argileux, quelques gravillons

A/B ferrugineux, massif, meuble, poreux, transition graduelle.

70- 140cm : Brun-rouge (5 Y R 4/6), argilo-sableux, taches diffuses rouges,
B massif, débit polyédrique, éclats fragiles, poreux, fines racines,
transition nette.

140 - 200 cm : Tacheté jaune-brun (10 YR 6/6) à nombreuses taches nettes brun-
C1 rouge, quelques nodules ferrugineux, assez nombreuses
concrétions ferro-manganiques, polyédrique peu net, sablo-
argileux, friable.

L'horizon **C2**, dans lequel transparait la trame de la roche-mère, ne se rencontre qu'au-delà de 3 ou 4 mètres.

Ces sols, assez profonds, se caractérisent donc essentiellement par une structure massive, même au niveau de l'horizon **B**, et par un concrétionnement relativement limité sur l'ensemble du profil.

Données analytiques

Les teneurs en argile augmentent régulièrement de la surface (10 %) à l'horizon **C1** (35 %). Bien que massifs, ces sols restent assez perméables (K de 2 à 3cm/h). L'eau utile théorique pondérale peu abondante sur le premier mètre (2 à 3 %) atteint 5 % en profondeur.

Le pH reste voisin de la neutralité dans tout le profil. La capacité d'échange (6 mé/100 g) et les teneurs en K échangeable (0,1 mé/100 g) restent faibles ; il en est de même des teneurs en P₂O₅ total qui n'atteignent pas 0,5 dans les horizons non humifères.

Aptitudes

Ce sont d'assez bons sols lorsque l'horizon **B** est épais et lorsqu'ils ne sont pas situés en bas de pente (risques d'accentuation du concrétionnement et de l'hydromorphie). Il serait donc préférable de ne réserver aux cultures vivrières que les parties hautes des versants (ce qui correspond en superficie au 2/3 de la surface cartographiée). Pour obtenir des rendements valables, l'apport d'une fumure phosphopotassique s'avère nécessaire.

- *Sous-groupe induré*

Dans les sols indurés, de fortes teneurs en fer à certains niveaux du profil provoquent un durcissement des agrégats par formation de pellicules ferrugineuses sur les faces des éléments structuraux et les parois des pores et des cavités. Ces agrégats ainsi durcis peuvent se souder et former un horizon fortement cimenté qui prend communément le nom de carapace.

- Famille sur granito-gneiss à deux micas

Ce sont des sols très peu répandus. Ils se rencontrent, le plus souvent, à mi-pente au voisinage de sols ferrugineux concrétionnés. Les profils laissent apparaître, dans tous les cas, un horizon **B** (Fe) à accumulation absolue de fer plaqué sur les horizons d'altération sous-jacents.

Ces sols ne sont guère cultivables car le niveau induré, situé à faible profondeur, est surmonté d'un horizon sableux très appauvri et sans structure. Cette forte discontinuité constitue, par ailleurs, un obstacle au développement racinaire.

II.6.2- Les sols ferralitiques

Ces sols se développent en de nombreux endroits mais sur de petites surfaces. Ils occupent les parties sommitales des reliefs et conservent généralement un couvert de forêt claire avec des arbres de haute taille (*Khaya sénégaleensis*, *Ceiba pentandra*) que l'on distingue facilement de la savane voisine. Ces zones sommitales présentent une morphologie de plateau à surface faiblement bombée ou très légèrement inclinée, ceinturée d'un décrochement plus ou moins net lié à la présence de cuirasses ferrugineuses. Les sols ferralitiques de la région de Parakou sont profonds (la roche saine n'est jamais atteinte à moins de 10 m). Sur le plan morphologique, ils ne présentent pas d'horizons très nettement différenciés hormis en surface où transparaissent fréquemment des traces plus ou moins nettes de remaniements d'origines diverses.

- Famille sur granito-gneiss acide

Ces sols sont disséminés sur les sommets aplanis des interfluves de la partie centrale et ouest de Parakou. Ils sont issus de roches-mères riches en quartz allant des granites aux granito-gneiss.

Données morphologiques

Situation : Axe Swinrou-Kikparé et Dowari- Monnon

Topographie : Haut de pente, sommet peu accentué

Végétation : Forêt claire à *Isoberlinia doka* et *Anogeissus leiocarpus*.

Profil :

0 - 15cm : Gris foncé, sableux, assez nombreux gravillons ferrugineux,

A11 grumeleux peu net.

15- 50cm : Brun très clair, sableux, très nombreux nodules et concrétions

A12 ferrugineux, structure peu nette, transition nette et ondulée.

50-150cm: Brun-orangé, nombreuses taches brunes et noirâtres sablo-argileux,

(B) massif, structure peu nette polyédrique fine, cohérente.

120 - 200 cm : Bariolé gris-brun à traînées et taches violacées brunes et ocres,

C minéraux altérés visibles, argilo-sableux, massif, frais, friable.

La discontinuité assez brutale qui se manifeste au contact des horizons sableux gravillonnaires et de l'horizon **(B)** compact plus ou moins induré, induit un mauvais drainage en surface, ce qui explique l'apparition de taches d'oxydo-réduction dans certains horizons **A**.

En règle générale, ces sols renferment des horizons indurés dès lors qu'ils se situent sur les rebords de plateau. Mis en affleurement par érosion, ces horizons se transforment en blocs cuirassés, fréquents en haut des versants.

Données analytiques

Les propriétés physiques et chimiques de ces sols sont celles des sols ferralitiques de la région en général : pH acide inférieur à 6, capacité d'échange

faible voisine de 5 mé/100 g de sol, plus faible encore dans les horizons sableux de surface (2 à 3 mé/100 g) ; fortes déficiences potassiques et phosphorées.

Aptitudes

Dans la Commune de Parakou, ces sols ont été débarrassés de leur couvert arboré naturel et voué à la culture du sorgho. Il serait sans doute préférable de les réserver à des cultures pérennes (manguiers, agrumes, anacardiés) afin de limiter l'appauvrissement excessif de leur horizon de surface, appauvrissement directement lié à la répétition des façons culturales.

II.6.3- Les sols hydromorphes

- *Sols à gley de profondeur*

L'hydromorphie se développe sous l'influence d'un engorgement temporaire ou permanent de la totalité ou d'une partie du profil. Lorsque l'engorgement est suffisamment prolongé, les hydroxydes de fer, passés à l'état réduit confèrent aux horizons du sol une coloration grisâtre caractéristique (gley). Dans la Commune de Parakou les sols hydromorphes sont concentrés dans quelques thalwegs à fond plat à l'est de Parakou au voisinage de Baka, Komkoma et Swinrou comportent tous, en profondeur, de véritables horizons à gley.

- **Famille sur matériau alluvio-colluvial**

Les sont différenciés dans des matériaux sableux plutôt grossiers accumulés dans les bas fonds larges et plats sans exutoire, fréquents dans les régions granitiques.

Leur profil comporte toujours en profondeur un horizon uniformément gris (gley) dans lequel fluctue une nappe phréatique peu profonde. Si sur ces sols à texture grossière, il est difficile de préconiser l'installation de casiers rizicoles, rien ne s'oppose par contre à des modes d'exploitation axés sur la

production dessaisonnée de fruits ou de légumes, l'eau d'irrigation pouvant être puisée dans la nappe par l'intermédiaire de « céannes ».

En somme, la zone d'étude se singularise sur le plan pédologique par la prédominance de sols à texture légère (sableuse ou sablo-argileuse) dans les zones superficielles. Cette prédominance est à la fois liée au caractère leucocrate de la plupart des roches-mères et à l'ampleur que prennent dans cette zone les phénomènes de lessivage. Ce sont, néanmoins, d'assez bons sols sur le plan chimique, très convenables pour les cultures céréalières (sorgho, maïs). Le coton donne de bons résultats là où le drainage n'est pas trop déficient. Il est à noter, toutefois, que certaines pratiques culturales (arrachage des pieds et des racines après récolte) tendent à dégrader la structure fine des horizons gravillonnaires de surface fixée par le système racinaire. Les sols ferrallitiques et ferrugineux profonds sont bien drainés, toujours frais mais très pauvres chimiquement ; leur fertilité toute relative est concentrée dans le stock organique des horizons de surface. En faisant disparaître par brûlis ce stock organique, le défrichement généralisé a pour conséquence de faire perdre, par évaporation, l'état de fraîcheur permanent des horizons de surface et provoque par dessiccation irréversible, l'induration de certains horizons.

Les processus pédogénétiques observés dans la zone d'étude sont les suivantes :

1. La ferruginisation

C'est un processus fondamental des régions tropicales chaudes à saisons contrastées (une période suffisamment pluvieuse alterne avec une période sèche). La zone d'étude appartient à ce domaine. Ces conditions climatiques permettent une hydrolyse assez intense des matériaux primaires, il y a individualisation des sesquioxydes métalliques et néoformation d'argile kaolinite qui coexiste avec les produits hérités (illite, minéraux non ou peu altérables). L'individualisation des sesquioxydes métalliques s'accompagne

d'un entraînement et d'une redistribution des produits d'altération dans les profils et le long des versants.

C'est le processus de lessivage qui fait intervenir la mise en suspension des fractions fines du sol, leur transport lorsque le milieu le permet, leur transit dans des solutions du sol (porosité, drainages internes et externes possibles, etc.), leur accumulation lorsque ces conditions ne sont plus remplies. L'accumulation des sesquioxydes et des colloïdes argileux entraîne la manifestation de processus secondaires (Dubroeuq, 1977):

- *l'hydromorphie* : excès d'eau dû à un engorgement temporaire ou permanent. Elle est souvent liée à un colmatage par des éléments fins provenant du lessivage. Ce processus se traduit par l'apparition de tâches de couleur différentes dues à une redistribution des sesquioxydes pendant les alternances de phases oxydantes ou réductrices ;
- *le concrétionnement* : individualisation d'éléments figurés à forte concentration de sesquioxydes métalliques (nodules) ;
- *l'induration* : individualisation de ces sesquioxydes sous forme continue, carapace cassable, cuirasse non cassable à la main.

2. La ferrallitisation

Le processus se caractérise par des actions de dissolution et d'hydrolyse, il aboutit à la formation de minéraux secondaires (kaolinite, hydroxydes de fer et d'aluminium) auxquels reste toujours associé le quartz, minéral primaire résistant à l'altération. Ce processus suppose un régime climatique à longue saison humide, un couvert forestier dense qui atténue l'effet de la saison sèche. Une ferrallitisation peu active à la base des profils est masquée par une ferruginisation qui se surimpose de haut en bas.

3. L'hydromorphie

Ce processus est considéré comme fondamental lorsque l'engorgement temporaire ou permanent intéresse la totalité ou une grande partie du profil (horizon B et A2 au moins). Les phénomènes d'oxydation et de réduction permettent la redistribution des sesquioxydes, ce qui se traduit par la présence de tâches caractéristiques grises, bleues. Seuls les sols de bas fonds subissent une évolution aussi poussée.

La capacité hydrologique relativement faible et le caractère induré des sols donnent aujourd'hui une végétation de forêt claire et de savane dans la Commune de Parakou.

II.7 - La végétation

Le couvert végétal (figure 12) actuel à Parakou est la résultante aussi bien des aptitudes pédologiques, des variations climatiques que des emprises anthropiques. Ainsi, la végétation est dominée par la savane avec toutes ses variantes : savane boisée, savane arborée, savane arbustive. La végétation de savane arborée est dominante et caractérisée par la présence du néré (*Parkia biglobosa*), du faux acajou (*Blighia sapinda*), de bois d'ébène (*Diospyros mespilifounis*), le karité (*Butyrosperum paradoxum*). Les bas-fonds sont des prairies marécageuses de savane, des buissons de bambous (*Bambusa arundinacca*). Les talwegs sont parcourus par un chapelet de mares reliées entre elles par un filet d'eau qui grossit après les tornades. Les jachères sont envahies par des graminées et les arbustes assez divers.

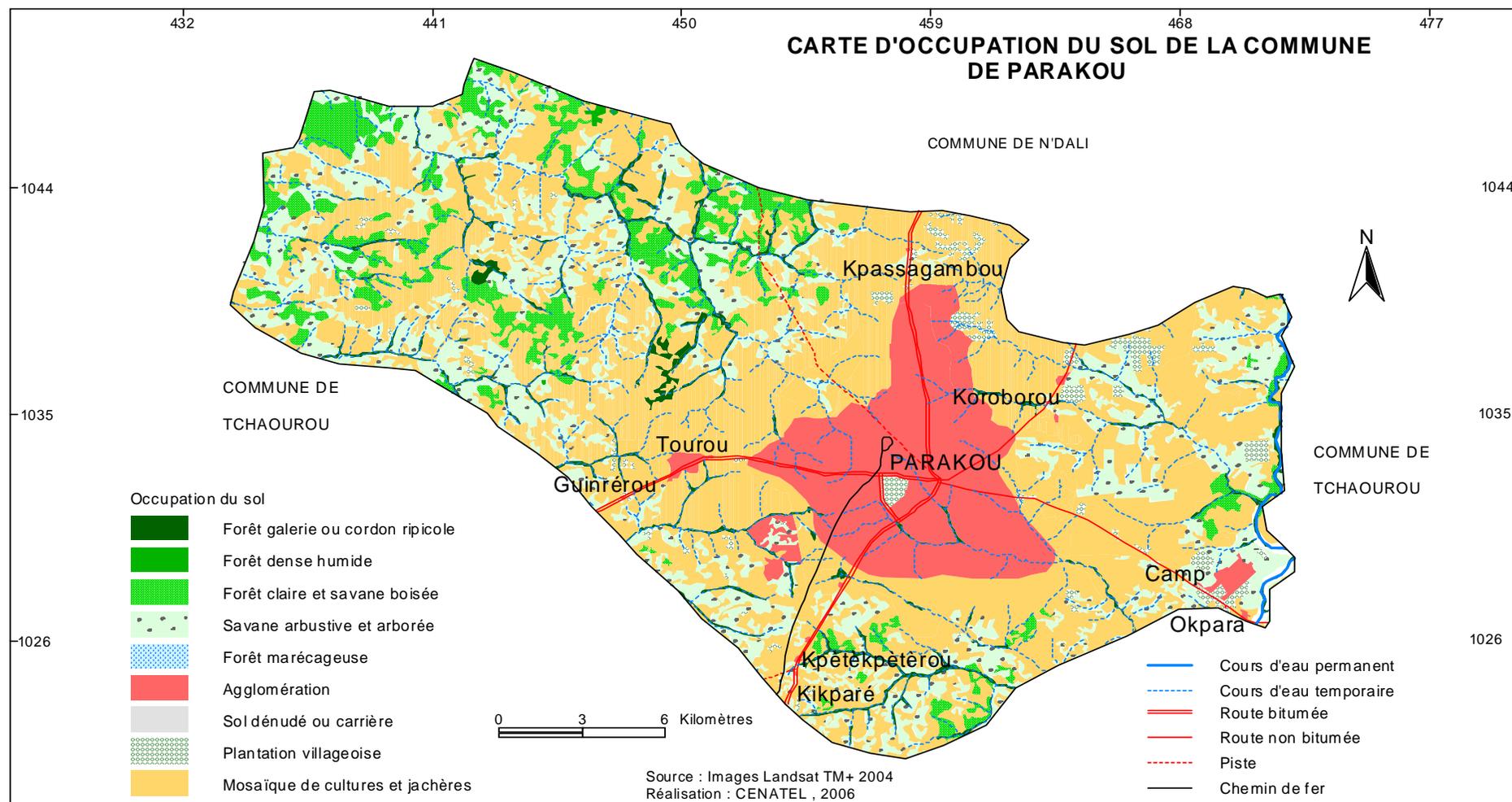


Figure 12: Carte d'occupation du sol de la Commune de Parakou

L'intervention humaine sur la végétation originelle de Parakou (habitation, agriculture, feux de brousse etc.) a donné les vestiges que nous observons aujourd'hui. Les îlots forestiers de Tabéra, de Guinérou et la réserve de Kpébié qui occupent 2,4% de la superficie de la zone d'étude, constituent les témoignages de l'existence à l'origine d'une végétation luxuriante dans la commune de Parakou (Fig. 12). La pression démographique et l'arrivée des colons agricoles qui pratiquent encore les systèmes de brûlis avec pour conséquence des terres mal occupées ou mal exploitées, ont entraîné la destruction des forêts claires et savanes arborées, entraînant ainsi la disparition du rôle de facteur modérateur du couvert végétal et l'augmentation du ruissellement. Une étude des actions anthropiques sur les couvertures végétales révèle que les activités humaines qui accompagnent le développement ont accéléré la dégradation des couvertures végétales et pédologiques, la fertilité naturelle des sols, le réseau hydrographique et le microclimat augmentant ainsi le ruissellement (Roose, 1971). Aussi les résultats obtenus ces dernières années à partir de l'observation de l'érosion en nappe, du ruissellement, de l'infiltration et de la production de biomasse en fonction de couvert végétal, du taux de matière organique et des états de surfaces confirment le rôle essentiel de la couverture végétale comme facteur modérateur du ruissellement et de l'érosion ($K_{rmax} = 3 \text{ à } 8 \%$ sous matorral dégradé et jusqu'à 56 % sur jachère nue ; $E = 0,3 \text{ à } 0,5 \text{ t/ha/an}$ sous végétation naturelle pérenne et jusqu'à 5,3 t/ha/an sur sol nu)(Mazour, 1992). Le ruissellement annuel moyen est surtout fonction du taux de couverture végétale. C'est ainsi qu'il est modeste sous matorral et jachère pâturée (0,8 à 1,0 %) alors qu'il peut atteindre 14,2 % sur sol nu, même labouré. (Roose, 1993).

En conclusion, au plan de la géologie et de la géomorphologie, la zone d'étude est granitique. Le paysage géomorphologique de la zone d'étude est marqué par un modelé de plaine à surface de tôle ondulée. Le réseau hydrographique est dendritique, relativement dense et caractérisé par un écoulement temporaire et un endoréisme dont témoigne l'existence de nombreux bas-fonds. Au plan climatique, le milieu d'étude est localisé dans le domaine soudanien. Les conditions climatiques se dégradent d'une manière générale du Sud vers le Nord. Les types de sols les plus répandus dans le secteur étudié sont les sols ferrugineux tropicaux et ferralitiques. Ces unités pédologiques sont fragiles et vulnérables à l'érosion. En raison, entre autre, de l'indigence de la végétation, ces sols sont exposés à l'agressivité climatique. Il en résulte une dégradation des ressources naturelles d'autant plus préoccupante qu'elle expose la zone à un risque de recrudescence de l'érosion. A l'issue de la caractérisation du profil physique du milieu d'étude, il se dégage des contraintes qui n'empêchent pas l'extension de la ville de Parakou. Le site de Parakou est donc habitable. Sa situation de ville transit et carrefour la prédispose aux activités socio-économiques, gage de son développement que présente ci-après le deuxième chapitre de la thèse.

CHAPITRE III

LES CARACTERISTIQUES SOCIO-ECONOMIQUES ET LE DEVELOPPEMENT DE PARAKOU

Le troisième chapitre met l'accent sur les activités économiques et la pauvreté, la gouvernance locale et les orientations du développement de Parakou.

III.1- Les caractéristiques socio-économiques de Parakou

Cette section expose la démographie, les aspects socioculturels, les activités économiques et la gouvernance de la ville de Parakou.

III.1.1 – La démographie et les aspects socioculturels

- *Evolution démographique des trois Communes à statut particulier de 1961 à 2009.*

L'évolution démographique des Communes de Cotonou, Porto-Novo et Parakou de 1961 à 2009 est résumée dans le tableau VI.

Tableau VI : Evaluation démographique de Cotonou, Porto-Novo et Parakou de 1961 à 2009.

Municipalités	Population					Taux de croissance %			
	1961	1979	1992	2002	2009	1961-1979	1979-1992	1992-2002	2002-2009
Cotonou	78 300	320 348	537 837	665 100	834 856	8,1	4,1	2,2	3,3
Porto-Novo	64 000	133 200	179 138	223 582	280 610	4,2	2,3	2,2	3,2
Parakou	14 000	60 915	103 577	149 819	188 058	8,5	4,2	3,8	3,3
Ensemble	156 300	514 463	819 542	1038 471	1303 524	6,8	3,6	2,4	3,3
Poids³⁰ relative	75%	58,2%	46,7%	39,5%	39,1%				
Ensemble urbain	209 400	883 685	1756 197	2630 133	3330127	8,3	5,4	4,1	3,4

Source : INSAE, 2010

De l'analyse du tableau VI, il ressort qu'en 1979, les trois villes abritaient 58,2% de l'ensemble urbain du pays, en 1992, 46,7%, en 2002, 39,5%, en 2009, 39,1%. Cette diminution régulière du poids démographique des grandes villes, est due, sans nul doute à l'émergence de petites et moyennes villes, mais aussi sûrement au desserrement démographique que provoquent souvent une certaine saturation et les nuances qu'elle entraîne. La ville de Cotonou constitue le prototype de ce cas de figure. Mais les grosses agglomérations impriment leurs marques aux zones qu'elles polarisent (INSAE, 2003).

Ainsi, le Borgou, sans Parakou n'aurait qu'un taux d'urbanisation de 28,7% au lieu de 44,4% ; l'Ouémé, sans Porto-Novo, de 19,7% au lieu de 44,2%. En regroupant les départements « Atlantique et Littoral », cet ensemble verrait son taux monter à 66,1%, au lieu de 37,9% de taux d'urbanisation de l'Atlantique, tronqué de Cotonou (INSAE, 2003). Chacune de ces villes à sa personnalité propre que lui confère la géographie et l'histoire et gère donc des situations particulières. L'explosion urbaine dans chacune de ces villes est liée à leur forte croissance démographique.

L'explosion urbaine en Afrique est aussi liée à la forte croissance démographique. Le changement démographique s'effectue en Afrique dans un contexte radicalement différent de celui des autres régions du monde. L'Afrique est la dernière région à entamer ce processus. Les progrès de la médecine et de l'information et la capacité d'intervention des pays développés sont tels que la mortalité peut baisser bien avant que la société soit mûre pour une baisse rapide de la fécondité. Par contre, l'Afrique n'a pas pu, à la différence de l'Inde ou de la Chine, s'isoler momentanément du monde pour accomplir à sa manière et à son rythme sa propre mutation démographique. Dans le cas de l'Afrique de l'ouest, la population s'est mise à doubler tous les 25 à 30 ans : de 40 millions d'habitants en 1930, cette population est passée à 87 millions en 1960, 194 millions en 1990 et près de 220 millions à la fin du siècle (Cour, 1995).

Tandis que la population totale de l'Afrique a plus que triplé de 1950 à 1997, celle des villes a été multipliée par onze(11), passant de 22 à 250 millions (Moro, 1999). Les taux de croissance urbaine ont atteint le record en arrivant, pendant les années 1960 et surtout 1970, jusqu'à 10 % par an pour certaines villes comme Lagos, Abidjan et Kinshasa. Le taux de croissance urbaine moyenne de cette époque est resté supérieur à 6 %, alors que celui de l'ensemble des pays appauvris est de 3,8% (Moro, 1999).

➤ *Spécificités de la Commune de Parakou*

Troisième municipalité du pays, mais avec des effectifs de population relativement plus faible que Cotonou et Porto-Novo, Parakou constitue toutefois la grande métropole du Septentrion (INSAE, 2003).

De l'analyse du tableau VI, il ressort que Parakou enregistre aussi les plus forts taux de croissance, avec 8,5% entre 1961 et 1979 ; 4,1% entre 1979 et 1992 ; 3,8% entre 1992-2002 ; 3,3% entre 2002 et 2009. Comme on le constate, la ville de Parakou n'échappe pas à la règle de la décélération générale des taux de croissance des grandes villes. De ce fait, Parakou, à l'instar des autres grandes villes, perd de son poids relatif dans l'ensemble urbain : 51% de la population urbaine du Borgou en 1992, 48% en 2002, mais seulement 21% en 2009(INSAE, 2003). Selon Arnaud (1993), la croissance urbaine s'est presque partout ralentie depuis une dizaine d'années (1990-2000). L'appauvrissement des États africains sous les effets des politiques d'ajustement structurel a causé une profonde crise politique, financière et sociale. La migration se serait de toute façon ralentie du fait de la réduction relative du réservoir démographique rural (en 1960 les ruraux étaient six fois plus nombreux que les urbains, alors qu'ils sont à proportion égale en 1990), mais encore aussi on remarque un lien entre la crise économique et la diminution du dynamisme urbain.

La population de Parakou est inégalement répartie dans tous les quartiers (figure 13).

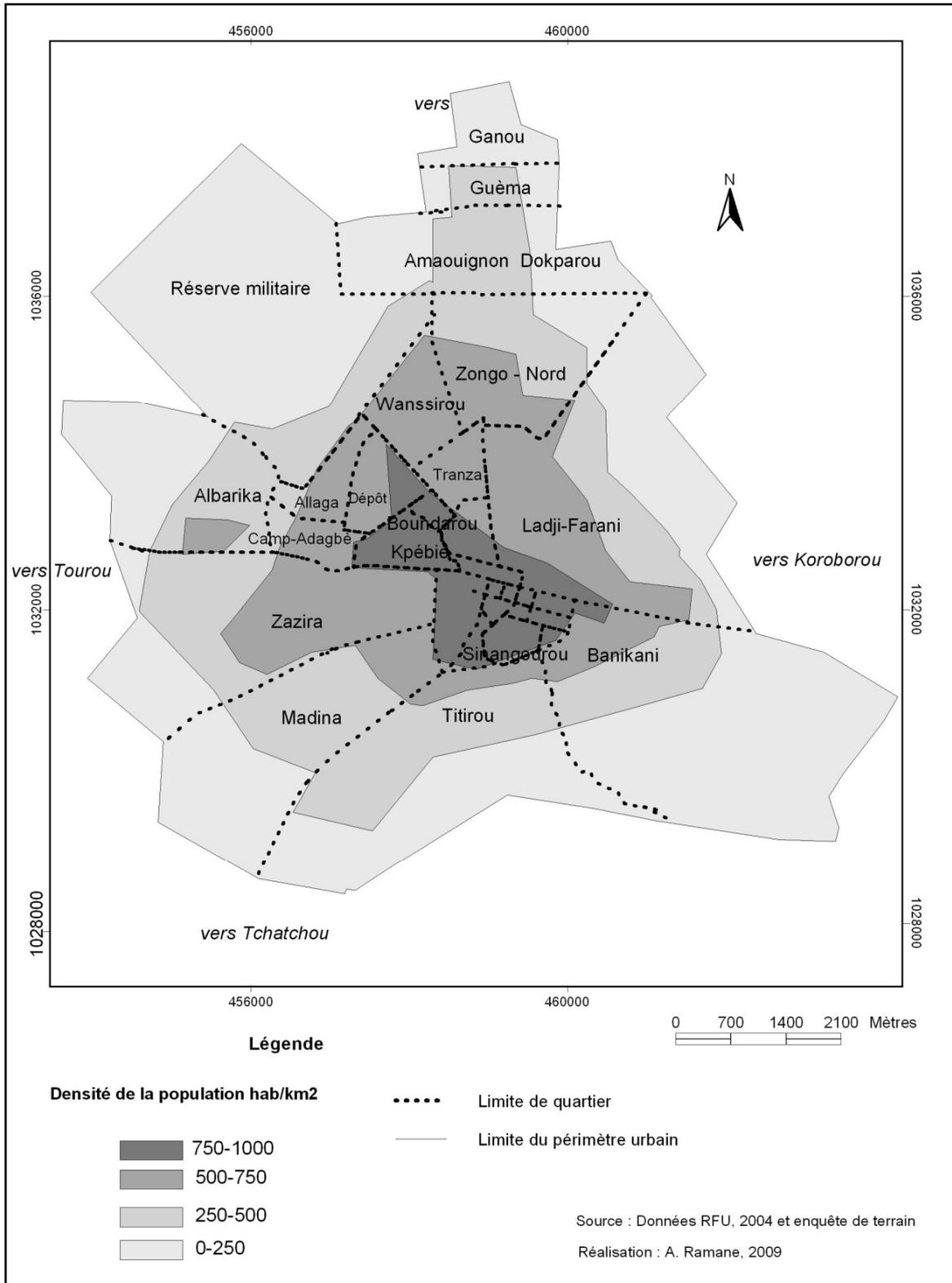


Figure 13 : Densité de la population

On note une concentration dans les vieux quartiers (centre historique) où près des trois quarts des populations soit (141 044) habitants sont installées (zone véritablement urbanisée) et le quart se retrouve en zone périphérique (Abdoulaye, 2006). La densité moyenne est de 1 910 habitants/km² en zone urbaine.

Cette moyenne cache les disparités de densité notamment dans le noyau ancien de Parakou où l'on enregistre jusqu'à 38 000 habitants/ km² créant ainsi la surpopulation.

On parle de surpopulation et d'accroissement démographique, quand trop de gens épuisent les ressources qui supportent la vie et l'économie, et rejettent plus de déchets que l'environnement ne peut contenir. Elle survient quand la population excède la capacité d'accueil d'un milieu (Millier, 1994). La croissance démographique constitue donc un goulot d'étranglement pour les politiques et réglementations visant à améliorer la gestion des ressources naturelles fragiles. La charge démographique et les problèmes sociaux qu'elle génère, pèsent sur le bon fonctionnement des écosystèmes (eau et sol). En même temps que la population s'accroît, la demande alimentaire se fait plus importante. Les populations sont obligées de surexploiter les ressources naturelles. Les eaux de surface et les eaux souterraines qui procurent de l'eau douce aux populations ne cessent d'être polluées en raison de la croissance démographique et de l'absence d'assainissement adéquat dans les agglomérations (Dikéno, 2002).

La population de Parakou se caractérise par de personnes d'âges actifs (15-59) ans. Elle renferme 49,1% de personnes d'âges actifs en 1979 contre 50,9% en 1992, 54% en 2002 et 55% en 2009. La population féminine représente 49,9% de l'effectif de la population de Parakou (INSAE, 2003). De l'analyse de ce qui précède, il ressort que la population de Parakou est restée jeune entre 1979 et 2009, avec un âge médian de 17 ans (16,3 ans en 1979, 16,6 ans en 1992 et 17,5 ans en 2002).

Aujourd'hui, le principal facteur de la croissance urbaine c'est l'accroissement naturel. Malgré la baisse de la fécondité, les jeunes de moins de 20 ans représentent 40 à 50 % de la population des grandes villes. C'est pour cela que, même s'il y a eu une décélération de la croissance urbaine, de 6,3% en moyenne entre 1960 et 1990 à 4,2% par an en moyenne entre 1990 et 2000, on prévoit à l'horizon 2020 que le milieu urbain absorbe les 80% du taux de croissance démographique total, et le niveau moyen d'urbanisation augmente de 40% en 1990 à 63% en 2020 (Cour, 1995).

Ces statistiques démontrent que dans les années à venir, Parakou devra faire face à de grands défis en matière d'infrastructures et de création d'emplois (INSAE, 2003).

L'analyse du tableau VII révèle bien que les trois municipalités dans leurs échanges de populations entre elles et avec le reste des autres localités subissent plus de pertes démographiques qu'elles n'en gagnent.

Tableau VII : Répartition des migrants internes et externes dans les trois grandes villes de 1961 à 2009.

Municipalités	Migrations internes		Solde	Immigrants externes
	Immigrants	Emigrants		
Cotonou	79.231	122.024	-42.793	42.017
Porto-Novo	18.724	31.375	-12.651	6.668
Parakou	20.338	20.891	-503	4.182

Source : INSAE, 2010

La ville de Parakou a un solde négatif comme les autres villes, mais en proportion moindre ici qu'ailleurs. Mais cette ville est tout de même le chef-lieu des départements du Borgou-Alibori et se trouve au cœur d'une grande région de production agricole, à la lisière de la grande zone cotonnière du Bénin et non loin des pays frontaliers tels que le Niger et le Nigeria. Son rôle de pôle de développement et de métropole régionale ira en se confirmant. Son solde migratoire net est négligeable. La ville attire surtout les populations du département du Borgou et des départements proches. Ainsi (INSAE, 2003) :

- ✓ 20,0% des immigrants internes à Parakou proviennent du Borgou ;
- ✓ 14,0% des collines ;
- ✓ 11,3% de la Donga ; l'Alibori et l'Atacora, contribuant pour près de 18%.

Par ailleurs, 11,70% des immigrants sont ressortissants des pays frontaliers. La ville de Cotonou lui fournit près de 16% des ses immigrants internes alors que les ressortissants de Parakou ne forment que 4,3% des immigrants internes de Cotonou. Comme Cotonou et Porto-Novo, Parakou a vocation à devenir une grosse agglomération. La ville n'a pas de réelles contraintes de site. Son extension se fera par absorption progressive des localités proches (INSAE, 2003).

Ces mouvements migratoires permettent de mieux comprendre le ralentissement du rythme d'accroissement de la population de Parakou et la diminution de son poids démographique. Cette situation peut s'expliquer par le fait que les populations en partant de Parakou cherchent à fuir les contraintes (insalubrités, érosion, inondation, pollutions diverses, etc.) liées au site de la ville. Cela est aussi renforcé par la pauvreté et les mauvaises considérations économiques et sociales qui amènent les populations à rechercher à l'extérieur de la ville ou dans sa périphérie, de meilleures conditions.

➤ *Les aspects socioculturels*

Parakou est une ville à caractère cosmopolite. Les groupes *socio-culturels* rencontrés sont : les Bariba, les Dindi, les Yorouba, les Fon, les Adja, les Otamari, les Peulh et les ethnies étrangères. Il n'existe aucune forme de ségrégation ethnique entre ces groupes (INSAE, 2003). Il y a cependant dans certains anciens quartiers, une composition relativement importante de la population originaire d'une même région, ceci s'explique essentiellement par l'immigration et la solidarité familiale ou amicale. La ville se caractérise par une forte cohésion sociale, une solidarité de voisinage et par une population en

quasi-totalité croyante (Chrétiens : 34,3% et Musulmans 56,50%). La ville de Parakou, dans le département du Borgou, se trouve dans l'aire culturelle musulmane. Les Bariba qui y résident sont musulmans à 82%. Par contre, 44,1% des Yorouba sont catholiques et 35,6% sont musulmans (INSAE, 2003).

La ville de Parakou présente un avantage en terme de niveau d'alphabétisme avec un taux de 61,1%. Dans cette ville, le taux d'alphabétisme pour les hommes est de 70,9% et de 51,3% au niveau des femmes. Les femmes accusent un retard de scolarisation qui fait qu'elles sont sous-alphabètes (INSAE, 2003). Dans la ville de Parakou, la famille constitue un élément essentiel de la vie sociale. L'organisation de la famille repose sur les principes patrilinéaires, et chacun connaît ses droits et devoirs tels qu'ils sont prescrits par la tradition. Dans cette société qui paraît homogène, le pouvoir est incarné par le chef de terre assisté de collaborateurs directs dans l'exercice de son pouvoir. Malgré l'emprise sans cesse croissante de l'administration moderne, cette structure traditionnelle demeure très active et relativement appréciée des populations (INSAE, 2003).

III.1.2 - Les activités économiques et la pauvreté

III.1.2.1- Les activités économiques

L'économie de la Commune de Parakou est fondée sur les secteurs du transport détenu par certains riches de la ville, de l'agriculture demeuré extensif, du commerce qui emploie la plus grande partie de la population, de l'industrie qui fait de Parakou un pôle industriel en développement, de l'artisanat et du tourisme diversifié, de l'informel prépondérant.

En 2009, selon les résultats de l'étude sur le profil économique de Parakou, réalisée par le projet d'Appui Suisse à la Relance de l'Economie Locale (ASREL, 2010), on dénombrait 77. 512 emplois tous secteurs compris (formel et informel) comme l'indique les tableaux VIII et IX.

Tableau VIII: Population résidente occupée selon la branche d'activité à Parakou

Activité	Total	Agriculture/ Pêche/ Chasse	Industrie extractive	Industrie manufacturière	Electricité/ Eau/ Gaz	BTP	Commerce/ reseaux	Transport Com- Munica- tion	Banque et associé	Autres services	Non déclarés
Effectif	77 512	12 324	147	12 557	101	3 210	29 005	6 224	186	10 565	3 201
%	100	15,90	0,19	16,20	0,13	4,13	37,42	8,03	0,24	13,63	4,13

Source : ASREL, 2010

Tableau IX : Population résidente occupée selon la situation dans la profession

Situation	Total	Employ- yeurs	Indépen- dants	Salariés Perma- nents	Salariés Tempo- raires	Membre coopérative	Aide fami- liale	Apprentis	autres	Non déclarés
Effectif	77 512	876	46 406	6 527	3 612	109	6 945	6 224	512	6 302
%	100	1,13	59,87	8,42	4,66	0,14	8,96	8,03	0,66	8,13

Source ASREL, 2010

De l'analyse du tableau VIII, il ressort que les 70% d'emplois sont fournis par les secteurs commercial, industriel et agricole dont 37% pour le secteur commercial seul. De l'analyse du tableau IX, il ressort que le secteur informel occupe 77% de la population résidente dont 60% pour les indépendants.

1. Le tissu industriel

Le tissu industriel de la ville de Parakou est essentiellement composé des principales entreprises industrielles actives suivantes :

- ✓ la SODECO (Société pour le Développement du Coton) qui compte deux usines d'égrenage de coton ;
- ✓ la COTEB (Compagnie de Textile du Bénin) qui s'occupe de la production du textile ;
- ✓ la SOBEBRA (Société Béninoise de Brasserie) qui est l'usine de fabrication des produits de brasserie ;
- ✓ la COBEMAG (Coopérative Béninoise de Matériel Agricole) qui est une entreprise de fabrication d'outillage et de matériel agricole.
- ✓ la SBEE (Société Béninoise d'Energie Electrique) fournit l'énergie électrique ;
- ✓ la SONEB (Société Nationale des Eaux du Bénin) fournit l'eau courante.

2. Le secteur du transport

Plusieurs catégories d'acteurs animent ce secteur. Il s'agit :

- ✓ Organisation Commune Bénin Niger (OCBN)

Elle assurait le transport des biens et des personnes à destination du nord du pays. Mais pour des raisons de mauvaise gestion et d'incapacité à s'adapter à l'évolution de la technologie, l'OCBN s'est retrouvée progressivement supplantée par les acteurs qui jadis, ne lui prenaient le relais qu'à partir de Parakou. De nos jours, c'est à peine qu'elle offre ses

services de façon hebdomadaire. Ceux-ci sont limités au transport de certains engins lourds et du souffre. Avec le gouvernement, un ambitieux programme de réhabilitation est envisagé pour remettre le trafic ferroviaire en service afin d'en faire un outil de dynamisation des échanges avec les pays de la sous-région

✓ Gros porteurs

Le transport gros porteur est l'une des activités les plus développées dans la zone d'étude. La zone d'étude dispose d'un potentiel de plus de 800 véhicules lourds reliant plusieurs localités (Cotonou, Burkina-Faso, Niger, le Nigeria, le Tchad, etc.) à Parakou. Pour une bonne organisation de leurs activités, les transporteurs de gros porteurs sont regroupés dans plusieurs associations qui sont toutes réunies dans le Conseil National des Chargeurs du Bénin (CNCB).

Notons que du fait de sa position de carrefour et de point de rupture de charge en rapport avec le trafic que l'OCBN y déversait, les opérateurs économiques de Parakou ont saisi l'opportunité qui leur était ainsi offerte pour développer les activités de transports par gros porteurs. Le transport des gros porteurs est une activité éminemment tributaire de l'état des axes routiers. En effet, dans un contexte où les routes sont en général dégradées, il faut de très longues durées pour parcourir de courtes distances, d'une part, et d'autre part, les engins sont dangereusement exposés aux risques d'accidents.

✓ Transport inter-urbain

Ils assurent le transport des passagers à l'intérieur et à l'extérieur de Parakou. Au total, plus de 1300 véhicules légers tout genre, sont déployés dans cette activité. Cette catégorie d'acteurs est également organisée en plusieurs syndicats et associations fortement impliqués dans la gestion des gares routières. Mais ces dernières années, avec le développement du transport par bus, notamment entre Cotonou et Parakou, Malanville et Djougou, ces acteurs ont perdu l'essentiel du trafic au profit de ces bus.

La toute première compagnie de transport en commun (Africa Lines) n'a pu se maintenir face aux hostilités des acteurs légendaires du secteur qui n'avaient guère appréciés cette concurrence. Mais, de nos jours, il est apparu que ce mode de transport offre aux usagers, à la fois, sécurité, rapidité et confort. Depuis lors, une dizaine de compagnies (Confort Lines, NTS, Inter City, Pax Expresse, Bénin routes, STI, La poste du Bénin, Océanic Lines, etc.) ne cessent d'améliorer la qualité des services aux usagers entre Cotonou et Parakou, Djougou et Malanville.

✓ Transport aérien.

Ce secteur reste embryonnaire avec une seule compagnie (COTAIR) qui relie Cotonou à Parakou avec environ trois vols par semaine. Outre son siège de Cotonou, elle est présente à Parakou.

3. *L'agriculture*

Les activités agricoles sont principalement périurbaines. Les vivriers locaux cultivés sont, l'igname, le manioc, le sorgho, le maïs, le niébé, le soja et le riz. Les cultures de rente produites sont principalement le coton (bien que sa culture soit de plus en plus abandonnée au profit de l'igname), l'anacarde, l'arachide et certaines plantations comme le teck ou les agrumes. Avec une production évaluée en moyenne à 120.000 tonnes par an, l'igname demeure la culture qui rapporte le plus d'argent aux agriculteurs et aux commerçants de vivriers de Parakou.

✓ L'élevage et la pêche

Bien que l'élevage soit peu développé dans la commune de Parakou, le cheptel communal est non moins important et est composé de bovins, ovins, caprins, porcins, volaille et l'espèce cameline.

S'agissant de la pêche, elle est de nature continentale. Les lieux de pêche demeurent un patrimoine commun des Communes de Tchaourou et Parakou. Actuellement, cette activité se trouve renforcée avec l'installation d'un centre

piscicole à Thian et de l'exploitation du grand barrage d'Atagara à des fins piscicoles par le projet Songhaï.

✓ L'exploitation des ressources naturelles

En dehors du sol qui est une ressource très utilisée par les paysans, le bois énergie, le sable et le granite constituent des sources de revenu pour une partie des populations. En effet, la Commune dispose de deux gisements de granite dont l'exploitation se fait de façon artisanale. Dans certains quartiers, à la faveur des eaux de ruissellement, les populations s'acharnent à ramasser le sable de rigole charrié par l'eau des pluies. L'autre ressource qui est le bois de chauffe est collectée dans les champs après les défrichements des nouvelles terres devant accueillir la culture d'igname. Il s'agit majoritairement des bois abattus. La grande collecte s'effectue dans la plupart des cas après la récolte d'igname entre les mois d'octobre, de novembre et de décembre. Pendant ce temps, le bois est bien fourni dans les champs. Les forêts ou leurs reliques sont aussi des lieux de collecte non moins importante.

4. *L'artisanat*

L'artisanat dans la Commune de Parakou se traduit par des métiers d'arts parfois modernes mais à l'étape rudimentaire comme, la peinture, la menuiserie, la mécanique, la bijouterie, la forge, la sculpture, la soudure, le tissage, la tapisserie, etc. Cette longue liste des artisans est complétée par les nombreuses transformatrices rencontrées dans tous les coins de la ville, surtout celles qui transforment l'igname en sokuru (igname pilée); sans compter celle qui transforment le manioc en gari, les noix de karité en beurre et savon ou encore les grains de néré en moutarde. Les artisans sont globalement bien organisés avec l'appui des structures non gouvernementales telles GERED ONG et le bureau d'Appui aux Artisans. L'ambition du Ministère en charge de l'artisanat de créer des branches de métiers et l'option des ONG à accompagner ces efforts, ont conduit à un recensement des artisans dans la Commune de Parakou.

Généralement, les artisans qui sont dans des structures organisées, bénéficient de l'appui technique et financier, des ONG, d'institutions de micro finance ou de projets d'appui à l'artisanat. L'installation à Parakou des Directions Régionales de la FNPEJ et du FNMF est venue renforcer l'arsenal institutionnel d'appui aux artisans.

5. Le tourisme et l'Hôtellerie

Certes le tourisme est encore peu développé dans la Commune de Parakou, mais la ville présente beaucoup d'attraits touristiques. En effet, la ville de Parakou dispose d'un musée plein air où sont exposés d'importants matériels historiques ayant marqué la vie traditionnelle des Baatombu et des Peuls. Les places publiques sont aussi assez récréatives de part leur grande superficie et leur architecture pittoresque. Parmi ces places publiques, on peut citer : les places Hubert Maga, Bio Guerre, Tabéra, de la Municipalité, Papini et bientôt COTEB. La forêt municipale de Parakou, avec sa grande verdure et les espèces animales endémiques qu'elle abrite, constitue également un attrait touristique assez intéressant. Cette liste non exhaustive d'attraits touristiques prend en compte les deux palais royaux de Parakou, les nombreux groupes de musique traditionnelle, les cavaliers de Parakou et la fête « Ataruwa » des parakois etc. La valorisation de tous les atouts touristiques de Parakou est bien possible surtout avec les activités d'hôtellerie et de restauration qui sont en plein essor. On y compte seize (16) hôtels, treize (13) auberges et six (06) motels.

6. Le secteur informel

On appelle « secteur informel » l'ensemble des activités économiques spontanées, non officiellement déclarées (Moro, 1995). Il a été recensé à Parakou en 2009, 11730 unités économiques informelles se répartissant comme suit:

- ✓ activités secondaires (dans un local pouvant fermer) 2 182 unités soit (18,6%) des unités économiques informelles et employant 6648 personnes ;
- ✓ activités semi-secondaires (dans un local ouvert) 3 894 soit (33,2%) d'unités économiques informelles ;
- ✓ activités ambulantes (artisan se déplaçant et activité de transport) 5 654 soit (48,2%) d'unités économiques informelles.

Ce secteur informel est surtout représenté par les activités tertiaires de commerce de produits alimentaires, manufacturés et de service pour (51%). Suit le secteur secondaire avec la construction, l'industrie alimentaire, le bois pour 48%. La ventilation des unités économiques suivant leur ancienneté met en évidence un dynamisme économique de la ville. 43% des unités sédentaires ont été créées depuis 2000. En 2009, 67 776 personnes d'âges actifs sont dans l'informel soit 87,44% de la population active contre 7,06% du secteur formel de l'Etat et 5,5% du secteur formel privé. La structure des emplois du secteur privé à Parakou confirme la prédominance de l'économie informelle avec un recours à une main d'œuvre bon marché

Selon Moro (1995), dans les villes des pays appauvris, c'est-à-dire presque tous les pays africains, l'industrialisation est très faible. L'industrie ne représente que 30% des actifs des pays d'où des taux de chômage très élevés (30 à 40 % de la population active) et un fort développement des activités informelles. Ce secteur d'emploi constitue un amortisseur social de la crise, mais en même temps, il limite les rentrées fiscales des municipalités. La grande jeunesse de la population limite aussi les rentrées fiscales. En conséquence, il y a un déficit d'infrastructures de base (eau, assainissement, électricité, transport,...) et de services municipaux (ramassage d'ordures, nettoyage des rues, éclairage, etc....).

Selon les résultats de l'étude sur le profil économique de Parakou réalisée par le projet ASREL en 2010, deux tiers des entreprises sont optimistes quant à la création de nouveaux emplois dans l'avenir et ceci dans le cadre d'une

évolution ordinaire de leurs activités. En effet, trois projets importants susceptibles de modifier l'évolution démographique de la ville sur les cinq prochaines années ont été identifiés à savoir : les constructions du Port Sec, de l'Aéroport International de Tourou et du Centre Hospitalier et Universitaire chinois.

L'ensemble des activités économiques de la ville de Parakou, tel que présenté montre qu'au niveau de cette ville, un potentiel susceptible de lui procurer de façon permanente, les ressources dont elle a besoin pour assurer son développement existe. Aussi ces activités sont –elles la source de pollution et de dégradation diverses de l'environnement. Toutes ces situations méritent d'être prises en compte pour parvenir à doter cette ville d'un cadre de vie durable.

III.1.2.2 – La pauvreté

On entend couramment par pauvreté, toute misère humaine contre laquelle, toute conscience éclairée s'insurge. L'indice de pauvreté humaine met l'accent sur les critères suivants : l'espérance de vie, la nutrition, l'analphabétisme, l'accès aux soins de santé et à l'eau potable (PNUD, 1997).

Dans les pays en développement et en particulier dans les communautés où la pauvreté sévit, pour survivre, les populations sont obligées de surexploiter les ressources naturelles renouvelables auxquelles elles ont accès (Dikénou, 2002).

✓ Revenu des ménages

Les connaissances sur les revenus des ménages dans les pays en voie de développement sont très approximatives. Ceci est principalement dû au manque d'information centralisée, aux revenus informels et aux réticences des ménages. Il est donc difficile de dessiner une carte de revenus des ménages avec la forte mixité socio-économique de la ville. Néanmoins on peut établir quelques corrélations entre le mode de possession de logement et la typologie urbaine

d'une part et le niveau de revenu des ménages d'autre part. Cette corrélation est développée dans la caractérisation des différentes typologies urbaines avec des ménages plus aisés.

✓ Ménages pauvres

Les ménages pauvres habitent des maisons ou cases isolées, mais aussi des maisons en bandes, propriétés familiales dont le mur est en terre, le sol en terre ou en ciment et le toit en tôle. Les puits non protégés et les pompes villageoises sont leurs principales sources d'approvisionnement en eau de boisson. Le bois est le moyen énergétique de cuisson le plus fréquent et le pétrole le mode d'éclairage. En général, les ménages pauvres n'ont pas de toilette : ils défèquent dans la nature et y jettent aussi les eaux usées et les ordures ménagères. Le chef de famille a au plus le niveau du primaire (INSAE, 2003).

✓ Ménages plus pauvres

Les ménages plus pauvres habitent des maisons ou cases isolées, propriétés familiales dont le sol et le mur sont en terre et le toit en paille ; ils s'approvisionnent en eau de boisson principalement à la rivière ou par des pompes villageoises ou des fontaines ; en terme de confort du logement, les maisons de ces ménages n'ont pas de toilette ; le pétrole est le principal mode d'éclairage et le bois le moyen énergétique de cuisson ; dans ces ménages, les eaux usées et les ordures ménagères sont jetées dans la nature et dans la cour. Le chef de famille n'a aucun niveau d'instruction (INSAE, 2003).

Dans la ville de Parakou, la pauvreté d'existence affecte 70% de la population contre 65,50% des ménages, la majorité de la population vit dans une situation précaire. Les indices de pauvreté humaine, de pauvreté monétaire et de la répartition des ménages selon le quintile de niveau de vie sont résumés dans les Tableaux X et XI.

Tableau X: Indice de pauvreté humaine (IPH) et indice de pauvreté de la commune de Parakou

Ville	Population n'ayant pas accès à l'eau potable (%)	Taux d'analphabétisme des 6ans et plus (en %)	Taux de mortalité des moins de 5 ans (pour 1000 naissances)	Indice de pauvreté humaine (IPH) (en %)	Indice de pauvreté P _o (en %)
Parakou	32,7	39,2	97,2	31,8	70,0

Source : INSAE, 2003

L'évolution de la pauvreté au niveau de la Commune de Parakou, est présentée d'un point de vue monétaire et non monétaire, à l'aide des indicateurs tels que, l'indice de la pauvreté monétaire (P_o) et l'indice de la pauvreté humaine (IPH).

Tableau XI: Répartition des ménages en (%) selon le quintile de niveau de vie.

Ville	Plus pauvres	Pauvres	Moyens	Riches	Plus riches	Total	Proportion des ménages pauvres et plus pauvres
Parakou	41,54	23,95	16,71	11,08	6,73	100,00	65,49

Source : INSAE, 2003

Cette précarité nous montre la limite d'une participation financière pour les services urbains en général et pour l'assainissement pluvial en particulier.

La pauvreté est une cause importante de dégradation des ressources naturelles. Elle explique le faible taux (5% en 2008) de connexion aux réseaux de distribution d'eau potable à Parakou, ce qui oblige les populations à recouvrir à de l'eau non potable. De plus, à cause des coûts élevés de connexion au réseau

d'assainissement, des alternatives à moindre coût sont trouvées pour évacuer localement les eaux usées, les ordures et les excréta, avec ce que cela comporte comme risque de contamination des eaux souterraines et de surface et donc de risque pour la santé (site Internet WWW.eau-rtin-meuse.fr/vous/norg/educ.htm).

Les populations interrogées ont soutenu que la violation des tabous et des interdits, la prolifération des sectes, causes de la sécheresse et de la dégradation de l'environnement, relèvent d'une pauvreté absolue conjuguée à la misère. Or selon TEVOEDJRE, (1978) *la pauvreté ne doit pas constituer un handicap, ni une justification de la destruction de notre milieu naturel. Les pauvres pourront se développer et protéger leur environnement si eux et leurs « nobles autochtones » acceptent un développement basé sur l'autosuffisance et la durabilité, sur l'utilisation d'une technologie intégrée à la réalité sociale, pour une véritable interconnexion entre l'homme et la biosphère.*

III.1.3-Gouvernance locale

Dans cette partie nous allons aborder, la structure de l'administration, la gestion et les finances municipales.

III.1.3.1- Organisation administrative

La Commune de Parakou est l'une des trois Communes à statut particulier que compte le Bénin, elle est constituée de trois (3) Arrondissements et 41 quartiers. La Commune est administrée par un conseil municipal de 25 membres ayant à sa tête le Maire. Le Maire est assisté dans sa tâche par six Adjoints au Maire dont trois Chefs d'Arrondissements. Parakou est le chef lieu du département du Borgou et, en cette qualité, abrite des directions départementales.

III.1.3.2- Administration municipale

L'administration municipale (Tableaux XII et XIII) totalise 168 agents répartis ainsi qu'il suit :

Tableau XII : Répartition du personnel municipal par catégorie

	Catégorie d'agents			Total
	Agent permanent de l'Etat	Agent permanent de la collectivité	Occasionnels	
Effectif	2	84	82	168

Source : Mairie de Parakou, 2008

Tableau XIII : Niveau de qualification du personnel municipal

Classe	Effectif
Catégorie A (cadre)	22
Catégorie B (cadre d'exécution et d'encadrement)	26
Catégorie C (agents d'exécution avec spécialisation)	24
Catégorie D (agents sans qualification spécifique)	68
Catégorie E (agents d'entretien et de services)	28
TOTAL	168

Source : Mairie de Parakou, 2008

Le personnel municipal est constitué en majorité d'agents d'exécution (87%). La majorité du personnel totalise également plus de vingt (20) ans de service. Le nouveau contexte de décentralisation et les missions d'administration et de développement confiées aux communes (et surtout les communes à statut particulier dont Parakou) imposent la poursuite de renforcement de capacités des ressources humaines. L'analyse croisée des tableaux XII et XIII, montre que l'administration municipale accuse une insuffisance remarquable de personnel aussi bien en quantité qu'en qualité qu'il faut pallier en vue d'en faire une réelle administration de développement.

III.1.3.3-Les finances locales

➤ Evolution des finances locales

L'aspect financier est un point faible des municipalités des pays en voie de développement en général. L'échec du développement dans ces municipalités est attribué à la faiblesse de leurs budgets municipaux. Les projets indispensables, urgents et cruciaux pour l'amélioration du cadre de vie des citoyens de la ville de Parakou, inscrits dans le Plan quinquennal de Développement Municipal, sont en attente à cause de la faible capacité de financement de la ville. Le budget de la ville était essentiellement un budget de fonctionnement, en 1990 et 2000, le budget était respectivement, de 71 150 000 de francs CFA et 657 922 000 de francs CFA. Le budget a pu franchir la moitié de milliard à partir de 2001 grâce à l'élargissement des compétences de la ville en matière de fiscalité, à l'effort de collecte des taxes, à l'aide des partenaires techniques et financiers et aux subventions de l'Etat (SERHAU, 2008). Le budget de la municipalité de Parakou en 2009 était à 1 753 000 000 F CFA dont 29% sont affectés à l'assainissement.

➤ Le budget de la municipalité

La moyenne des budgets de la ville des trois dernières années est d'environ 1,9 milliards de francs CFA. Cependant, le bilan financier reste toujours dépendant de la taxe de voirie et autres subventions de l'Etat bien que ceci soit en régression depuis 2003. Les recettes propres de la ville viennent en majeure partie des taxes directes et indirectes ainsi que des services publics à caractère commercial (25-28%) des recettes budgétaires.

➤ Le système de taxation des impôts

Les causes de la déficience du revenu sont nombreuses et dérivent principalement (SERHAU, 2008) :

- de la faible capacité de collecte des impôts et taxes ;
- du système de taxation obsolète : manque de données sur les revenus des contribuables;
- de la corruption des agents municipaux,
- de l'importance des activités non déclarées ;
- du manque et de l'insuffisance des ressources (taxes) spécifiques aux services urbains et de l'importance des subventions pour ceux-ci.

Les impôts et taxes pourraient apporter plus de revenu si la ville arrivait à optimiser et à augmenter sa capacité de collecte ainsi qu'à adapter son système de taxation à la réalité. Il existe à Parakou environ 400 millions de francs CFA de taxes non collectées (sans compter les activités non déclarées qui représentent 60%) (SERHAU, 2008). Ainsi les activités commerciales qui se servent des infrastructures comme la voirie et qui produisent beaucoup de déchets ne sont pas suffisamment, ou pas du tout, taxées. Par ailleurs, la capacité de collecte de taxes et impôts reste encore très faible bien que son taux ait connu une amélioration significative ces dernières années en passant de :

- ✓ *43% en 2000 à 61% en 2008 pour les recettes fiscales.*
- ✓ *8% en 2000 à 75% en 2008 pour les recettes propres.*

Le système de taxation du pays est dans la plupart des cas inadapté et parfois obsolète, ce qui a suscité ces dernières années la nécessité des réformes (SERHAU, 2008).

La taxe foncière et la taxe d'habitation se basent essentiellement sur les articles : (976) ; (977) ; (982) et (984) du code général des impôts du Bénin. Le tarif de la taxe foncière est insignifiant et varie en fonction des zones (périurbaine et urbaine). La tarification est de 4 800 à 5 000 francs CFA par parcelle de six cent mètre carré. La municipalité n'a pas respectée, les

dispositions de l'article 1084-4 du code général des impôts du Bénin qui stipule que

Le taux de l'impôt est fixé à :

- ✓ *5% de la valeur vénale pour les propriétés non bâties ;*
- ✓ *6% de la valeur vénale pour les propriétés bâties.*

Toutefois, par délibération des représentants élus des collectivités bénéficiaires, les taux peuvent être réduits ou augmentés de deux (02) points au maximum.

La ville comptait beaucoup sur la recette d'attribution (vente) de terrain pour augmenter ses capacités d'investissement. Cependant le résultat n'est pas à la hauteur de ce qui est espéré : seulement environ 60 millions de francs CFA obtenus en 2009.

III.1.3.4- Ressources spécifiques des services publics

Les taxes spécifiques des services techniques urbains concernent en partie la voirie, la propreté, l'occupation du domaine public, les panneaux publicitaires.

La taxe relative à la voirie instaurée depuis 1999, a pour objectif, la constitution d'un fond pour la maintenance de voirie. Elle est collectée au niveau du cordon douanier. Le gouvernement a supprimé cette taxe en 2006.

La taxe relative à la propreté qui était une composante de la taxe civique et qui s'appliquait à toute habitation et activité de la ville n'existe plus parce que la taxe civique a été supprimée par l'article 3 de l'ordonnance n°94-001 du 16 septembre 1994 portant Loi de Finances pour la gestion 1994.

Les taxes relatives à l'occupation du domaine public et aux panneaux publicitaires représentent environ 18% du budget.

III.2- Le développement de la ville de Parakou

III.2.1- Origine et évolution

Le développement de l'espace urbain a été favorisé par les facteurs historiques et économiques.

➤ Du point de vue historique

Le transfert de la capitale du cercle de Kandi à Parakou pendant la colonisation a favorisé la mise en place de l'appareil administratif. Cette situation a drainé des fonctionnaires de tous ordres à Parakou.

➤ Du point de vue économique

L'achèvement de la ligne ferroviaire (1937), l'installation d'entreprises commerciales, des entrepôts et des dépôts ont favorisé la migration des populations des autres régions du pays.

Pendant la période coloniale et jusqu'en 1949, la ville se limitait à la zone administrative et commerciale actuelle. La croissance accélérée des années 1960 et 1970 a permis la création de quartiers d'extension (Zongo-Nord, Wansirou, Albarika vers le Nord et l'Ouest, Titirou et Banikani vers le Sud et l'Est). Les opérations successives de lotissement démarrées à partir de 1985 ont permis de devancer l'installation anarchique et spontanée des populations. Le premier plan directeur d'urbanisme a été réalisé en 1985 et le second en 2001.

Le noyau originel de la ville de Parakou abrite le marché central Arzèkè. C'est également dans ce noyau que se situent les équipements administratifs et commerciaux tels que la Préfecture, l'Hôtel de la ville, les Impôts, le Trésor, les banques, l'assurance, les services de l'Office des Postes et Télécommunication (OPT) etc. La ville de Parakou a aussi des pôles, administratif, industriel et de commandement notamment :

- ❖ le pôle administratif et résidentiel est constitué des quartiers Ladjifarani et Kpébié. On y trouve des services administratifs, des résidences de haut et moyen standing,
- ❖ le pôle industriel est situé au Sud-ouest des agglomérations,
- ❖ le pôle de commandement composé:
 - ✓ du Commissariat de Police de la ville qui assure la sécurité des personnes et des biens.
 - ✓ de la Compagnie de Brigade de Gendarmerie et le Camp Militaire qui assurent la sécurité et la protection du territoire.

Cette évolution urbaine a abouti dans les anciens quartiers à une morphologie urbaine très dense, non structurée et parfois inaccessible.

Les zones d'urbanisation récente sont à la périphérie et elles sont souvent structurées, moins denses et relativement bien accessibles. Bien que la ville possède un tissu urbain et social très hétérogène, il existe une disparité économique du cadre de vie et entre les zones anciennes et celles d'urbanisation récente. Malgré cette mixité assez marquante, on voit donc une tendance vers la ségrégation avec des périphéries plus aisées. Or cette hétérogénéité est la source d'équilibres social, économique et urbain de la ville. Elle doit être donc maintenue à travers des programmes d'attribution de parcelles et de construction de logement social.

III.2.2 – Les orientations du développement

III.2.2.1 – Le contexte

Parakou est une ville relativement dynamique qui bénéficie de nombreuses potentialités dues :

- à sa bonne situation géographique :
- ✓ de carrefour de grands axes routiers et de terminus du chemin de fer (point de rupture de charge),

- ✓ intermédiaire entre le cordon littoral industriel la zone nord frontalière avec le Niger et le Burkina-Faso. Dans le sens est-ouest elle se trouve à moins de 100 Km de la frontière avec le Nigeria.
- à son poids démographique de troisième ville du pays et à l'importance des activités économiques dans la région nord (qui génèrent des flux financiers non négligeables). Elle est :
 - ✓ le second pôle industriel du pays après Cotonou,
 - ✓ un important pôle commercial avec son marché principal qui est le second en importance dans la région nord après celui de Malanville,
 - ✓ le principal pôle de transit routier d'échanges internationaux.
- à la disponibilité de nombreuses parcelles loties dont le nombre est largement en avance sur les besoins liés à l'urbanisation.

A l'occasion du premier projet urbain (PRGU), du projet de gestion urbaine décentralisé (PGUD 1 et 2) financé par la banque mondiale, du projet de réhabilitation de la voirie urbaine de Parakou financé par l'Union Européenne, du projet de pavage et d'assainissement de la ville de Parakou financé par la Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD), la ville a bénéficié d'un renforcement important de ses capacités de gestion et de ses capacités à accroître ses ressources financières, elle a maintenant des atouts importants en terme :

- ✓ de ressources humaines et organisation des services (mise en place des directions des services techniques, des affaires financières, de la prospective et du développement local) ;
- ✓ d'outils de développement : le Registre Foncier Urbain, le Programme Pluriannuel de développement et d'Investissement, le Plan de Développement Municipal, devraient lui permettre de maîtriser son assiette fiscale pour un accroissement des ressources financières et une programmation plus efficace des actions à réaliser et des moyens à mettre en œuvre ;

- ✓ de relation avec les différents bailleurs de fonds : Parakou a bénéficié d'importantes aides extérieures, elle est notamment en partenariat avec la ville d'Orléans.

En effet, au cours de la période de 1986-2009, la ville a bénéficié d'action et de programme de formation de cadres, de réorganisation des services et de renforcement des capacités de gestion et de maîtrise d'ouvrage.

La ville présente aussi des faiblesses qui entravent son développement et dont les plus importantes sont :

- ✓ l'absence de richesses naturelles superficielles et du sous-sol;
- ✓ l'insuffisance du transport par voie ferrée;
- ✓ l'absence de liaison aérienne avec Cotonou;
- ✓ l'insuffisance de la culture de rente qui se limite à celle de coton;
- ✓ une faible mobilisation des capitaux privés pour l'investissement productif;
- ✓ la dégradation de la plupart des voies revêtues ou non, liée à une insuffisance dans l'entretien tant de la voirie que du réseau de drainage, au trafic urbain des gros porteurs, à la nature vallonnée du site;
- ✓ la vétusté et l'absence d'entretien des bâtiments coloniaux et ceux datant des premières années de l'Indépendance;
- ✓ l'insuffisance des équipements scolaires et des équipements culturels de loisirs;
- ✓ la timidité d'une politique de densification des zones loties et la tendance à multiplier les lotissements;
- ✓ la faiblesse des capacités propres d'investissement de la ville conjuguée à des responsabilités à assumer sur un territoire étendu largement trop au-delà des besoins actuels.

Le plan directeur d'urbanisme de Parakou a été actualisé pour une durée de validité de dix ans donc à l'horizon 2009. Il a été établi dans un souci de

souplesse et d'opérationnalité; son contenu est simple, seuls les grands éléments d'infrastructures sont programmés, la planification des aménagements de proximité étant prévue dans le cadre des opérations futures de lotissement; il est accompagné d'un règlement minimum d'urbanisme par zone et d'un programme d'exécution à destination de l'état et de la circonscription urbaine d'alors (PDM, 2004). La loi 97- 029 portant organisation des communes prévoit que l'application des prescriptions du plan directeur d'urbanisme soit à la charge de la commune.

III.2.2.2 – Les fonctions du développement économique de Parakou

Les trois fonctions urbaines qui soutiennent le développement économique de la ville de Parakou sont les suivantes :

➤ la fonction administrative

Parakou est le chef-lieu du département du Borgou et une des communes à statut particulier du Bénin. Elle va demeurer un centre administratif important.

➤ la fonction commerciale et de transport

En raison de sa situation géographique Parakou est un important centre d'échanges commerciaux. Les activités à Parakou, relèvent essentiellement du cadre informel. Avec la réhabilitation du marché central dont la capacité d'accueil est déjà dépassée on prend la mesure de la nécessité à donner à la ville d'autres moyens dans ce secteur du commerce. Le premier atout économique de la ville réside dans les activités de transport avec l'acheminement vers les communes de l'hinterland mais surtout de transport de longue distance vers les pays du nord en relais à l'OCBN.

➤ la fonction agro-industrielle

Parakou dispose entre autres de deux usines d'égrenage de coton d'une capacité annuelle respective de 35 000 et 50 000 tonnes, d'une usine de brasserie, d'une usine de production de l'énergie électrique. Dans le cadre des

nouvelles orientations macro-économiques axées sur la libéralisation et la promotion du secteur privé productif à partir de la transformation des matières premières locales, Parakou devrait voir renforcer sa fonction industrielle.

III.2.2.3 - Les tendances lourdes

Les tendances lourdes observées peuvent se résumer en trois points suivants:

- ✓ la baisse de la densité du centre-ville et une forte croissance spatiale (en grande partie lotie) caractérisée par une occupation très lâche;
- ✓ l'orientation de plus en plus nette des activités privées vers le transport, le commerce, et la filière coton;
- ✓ le maintien des activités du secteur public (administration déconcentrée).

Dans le troisième chapitre nous allons aborder, la gestion de l'espace urbain de la ville de Parakou.

CHAPITRE IV

LA GESTION DE L'ESPACE URBAIN

L'objectif de ce chapitre est d'analyser sous divers angles (historique, urbanistique, politique, organisationnel et technique) les contextes de la gestion de l'espace urbain en mettant au centre la gestion des eaux pluviales.

IV.1- Le développement urbain au Bénin

Depuis une dizaine d'années, les autorités Béninoises ont pris conscience de l'enjeu que représentent, les villes dans le développement du pays. En effet si en 1960, moins de 10% de la population vivaient en ville, les recensements de 1992 et 2002 font apparaître respectivement des taux d'urbanisation de 36% et 39%. Les estimations et projections montrent que plus de 40% de la population vivent en ville de nos jours et en l'an 2016 un béninois sur deux vivra dans une agglomération urbaine de plus de 5000 habitants (SERHAU, 2000).

Dans le cadre des actions pour le développement durable des villes, le Bénin s'est doté d'une lettre de politique urbaine en 1995 et d'une stratégie sectorielle d'investissement public en milieu urbain en 1998. Les stratégies montrent que l'activité économique en milieu urbain, assurée par 36% de la population contribue pour plus de 60% au produit intérieur brut national : ce qui se traduit par un " revenu urbain par tête " près du triple du revenu rural (SERHAU, 2000).

Les orientations stratégiques retenues par le Gouvernement reposent sur trois axes prioritaires (SERHAU, 2000), à savoir :

➤ l'identification et la mobilisation maximum des sources de financement internes. La gestion des budgets nationaux et locaux est conçue pour donner la priorité à l'investissement sur le fonctionnement. Les capacités financières locales des villes sont consacrées en priorité aux dépenses d'entretien du capital

investi. En application des concepts d'Unité Communautaire de Développement (UCD) et du Minimum Social Commun (MSC), la participation des opérateurs privés et des populations au financement et à la gestion des équipements d'intérêt communautaire de proximité est suscitée et soutenue (soutien aux initiatives et à la participation communautaires) ;

- l'accroissement de la capacité de l'économie à financer les investissements publics en milieu urbain, qui permet d'asseoir solidement et durablement le développement urbain avec le soutien des partenaires au développement ;
- le renforcement des capacités de gestion urbaine et de maîtrise d'ouvrage locale qui passe par la mise en place de collectivités urbaines locales fortes et crédibles auprès des populations.

Cette nouvelle vision du Gouvernement sur le développement urbain largement partagée par les partenaires au développement introduit dans le cadre de la décentralisation, des formes originales de promotion urbaine et de bonne gouvernance. Les actions engagées depuis une vingtaine d'années visent essentiellement l'amélioration des conditions de vie des populations urbaines, l'amélioration de l'environnement urbain, la réduction de la pauvreté urbaine et le renforcement des capacités de maîtrise d'ouvrage locale. Ainsi les projets urbains et les outils de gestion urbaine mis en place sont orientés vers (SERHAU, 2000) :

- ✓ l'amélioration des voies urbaines et de la circulation : réhabilitation et construction de voies urbaines (pavage) et d'ouvrages de drainage (collecteurs et caniveaux) ;
- ✓ l'aménagement des équipements marchands : construction des marchés et de gares routières ;
- ✓ l'amélioration de l'environnement urbain et des services publics offerts à la population ;

- ✓ la réduction de la pauvreté : réalisation de travaux urbains à haute intensité de main-d'œuvre, création d'emplois urbains et promotion des petites et moyennes entreprises du BTP ;
- ✓ le renforcement des capacités de maîtrises d'ouvrage : mise en place et promotion des outils de gestion urbaine : Registre Foncier Urbain (RFU), Programme Pluriannuel de Développement et d'Investissement (PPDI) Système d'Information Géographique (SIG) ;
- ✓ la formation des acteurs de la gestion urbaine.

Les orientations du Gouvernement pour le développement durable des villes sont largement partagées par la communauté internationale qui finance les actions en faveur des villes au Bénin. Les principaux partenaires dans le secteur urbain sont, la coopération française, l'agence française de développement, la banque mondiale, l'union européenne, la coopération allemande, la coopération canadienne, le programme des nations unies pour le développement et la coopération décentralisée (SERHAU, 2000).

La réforme de l'administration territoriale accorde une importance aux villes importantes en leur accordant le caractère de ville à statut particulier (Cotonou, Porto-Novo, Parakou) avec un transfert de compétences plus important. La mise en place de collectivités locales gérées par des élus devrait permettre à la longue, d'accroître les acquis positifs des programmes urbains mis en place par le gouvernement.

IV.2 - Morphologie et typologie urbaines

IV.2.1 - Forme et tissu urbains

Le terme « forme urbaine » désigne ici, en simplifiant son caractère polysémique, l'organisation spatiale de la ville et de son évolution (Merlin, 1988). Quant au tissu urbain, il désigne, au sens organique, la structure, l'occupation, l'usage d'une entité urbaine : notamment la densité et l'accessibilité (Berlan, 1963). La combinaison de ces deux concepts nous

permettra de saisir les composantes et l'intégralité de la ville ainsi que ses spécificités. Celles-ci sont indispensables pour avoir une vision réelle de la ville masquée souvent par la généralisation.

IV.2.2 – Habitat

L'habitat se caractérise à Parakou par un mélange de maisons traditionnelles et modernes. Les maisons traditionnelles sont construites en terre.

La ville de Parakou connaît un niveau d'occupation de son espace très hétérogène (figure 14). Les anciens quartiers du centre-ville connaissent des densités qui peuvent atteindre 100 bâtiments/ha alors que les quartiers périphériques lotis au Nord (Amaouignon en 1988) et au Sud (Titirou en 1990) sont à moins de 25 bâtiments/ha. Cette forte densité des anciens quartiers du centre-ville est accompagnée par l'inaccessibilité. On définit ici l'inaccessibilité comme le manque de liaison appropriée entre parcelle et le réseau de voirie du quartier et de la ville.

L'inaccessibilité des maisons est le handicap majeur de la gestion urbaine de la ville et la cause principale de l'insalubrité et des problèmes d'assainissement urbain. Dans ces quartiers sans voirie, la collecte des ordures ménagères, la vidange des fosses, la construction d'équipement d'assainissement ou l'intervention rapide lors d'incendie et d'inondation sont pratiquement impossibles. Répondre aux problèmes de ces quartiers passe certainement par l'accessibilité. L'une des causes principales de l'entassement urbain et de la densification (illégale ou légale) des parcelles est liée à l'impertinence de la politique foncière et de son application (la corruption, l'incapacité à viabiliser des terrains).

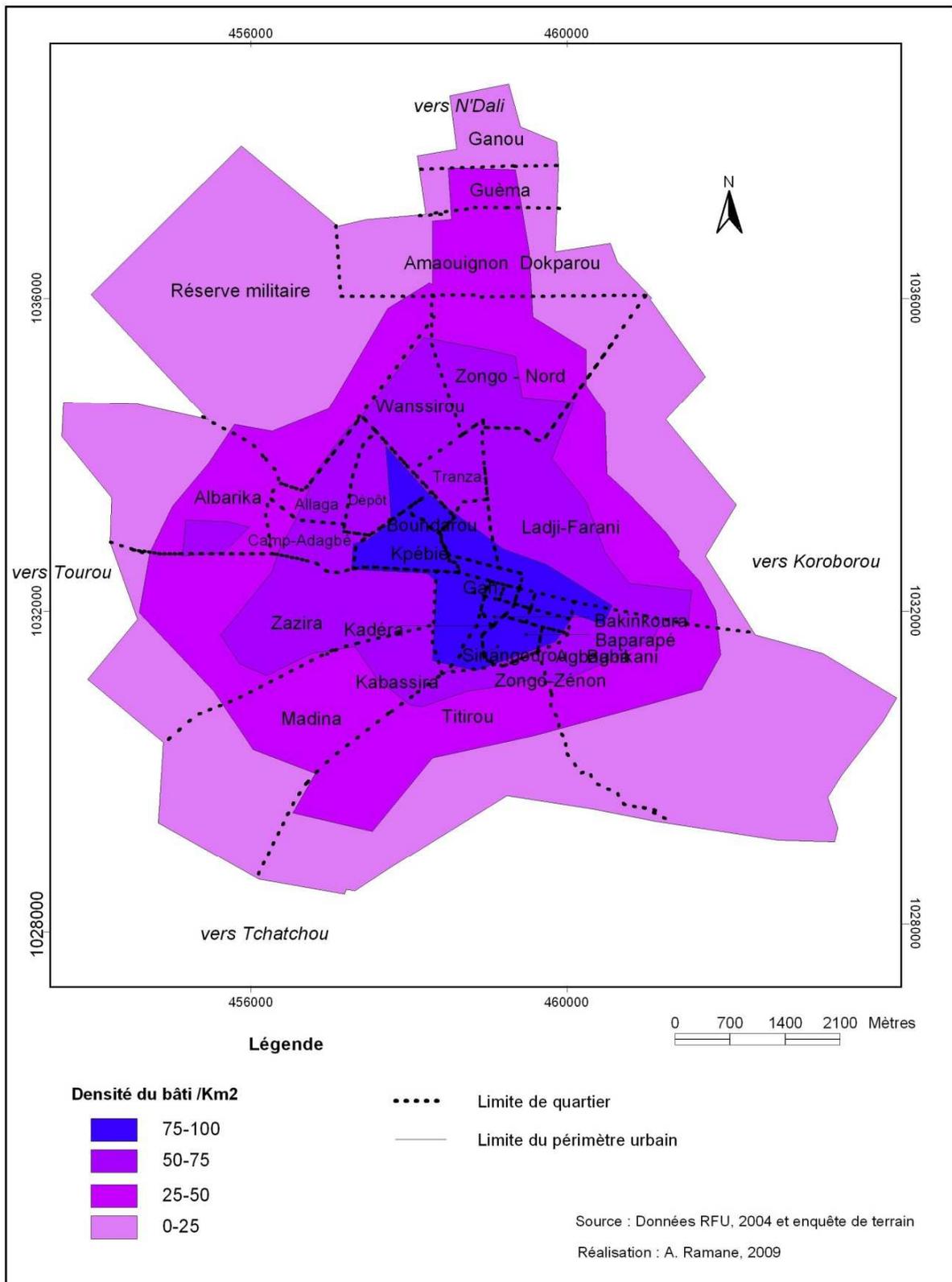


Figure 14: Densité de constructions

On distingue à Parakou quatre principaux types d'habitat (Figure 15).

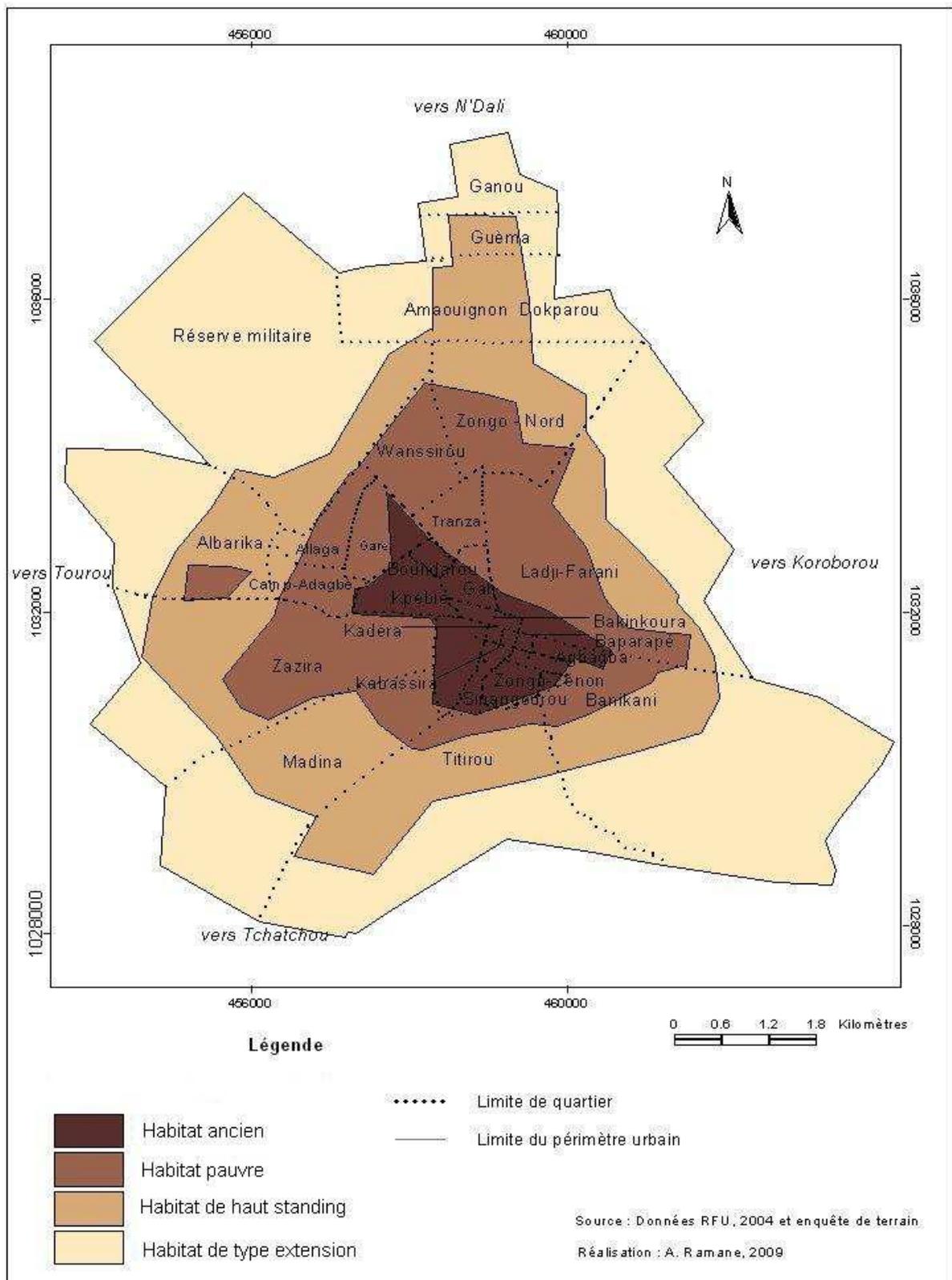


Figure 15: Les différents types d'habitat de Parakou

IV.2.2.1 - L'habitat ancien

Localisé dans le noyau originel, il est caractérisé par des habitations communautaires et populaires très denses, avec des murs en banco et des toits recouverts de tôle et de paille. On y enregistre des densités de populations élevées qui avoisinent par endroits 30 000 habitants /km².

IV.2.2.2 - L'habitat pauvre et insalubre

Il concerne les anciens quartiers situés autour de l'habitat ancien. Il présente la même typologie bâtie que celle du noyau originel et on y retrouve des conditions de vie critiques sur le plan environnemental. Les voies ouvertes sont peu praticables et l'accessibilité est très difficile en saison des pluies. La mise en œuvre du PGUD (Projet de Gestion Urbaine Décentralisée) a permis de mieux assainir lesdits quartiers, en particulier le périmètre Alaga-Camp Adagbé.

IV.2.2.3 - L'habitat de type extension lotie

Il concerne les quartiers périphériques issus de la première série de lotissements et se distingue par une hétérogénéité du bâti (des habitations en banco côtoient des villas modernes). Il présente un niveau relativement faible d'équipement en sanitaire et fosses septiques. Le rejet des eaux usées se fait essentiellement dans l'emprise de la parcelle ou en direction de la voie publique.

IV.2.2.4 - L'habitat de haut standing:

Ce type d'habitat se retrouve dans la zone dite résidentielle où des fonctionnaires, des cadres de l'administration, des commerçants ont donné à ce secteur une certaine originalité architecturale : bâtiments de grande taille faits en matériaux modernes. L'étendue des parcelles et la présence des jardins privés contrastent avec les concessions souvent exigües du centre-ville.

En matière d'opérations de lotissement, il convient d'observer que la ville dispose d'importantes réserves en parcelles loties prêtes à bâtir par rapport à la

demande réelle. Cependant, la plupart de ces parcelles loties sont sous-équipées et inaccessibles par manque de voies carrossables.

Plusieurs sont les raisons qui permettent de comprendre l'extrême diversité des types d'habitation à Parakou et surtout sa répartition hétérogène. Au titre de ces raisons on peut retenir :

- le dualisme juridique (cohabitation du traditionnel et du moderne) et l'absence d'une véritable politique en matière foncière ;
- l'insuffisance ou l'inexistence de structure de financement de l'habitat ou des travaux de lotissement jusqu'à un passé récent ;
- la mauvaise application des textes relatifs au permis d'habiter et de construire ;
- l'absence de politique et de contrôle efficace en matière de gestion foncière.

Selon Mougoué, (2001), malgré le fait qu'en Afrique tropicale on ne puisse pas parler d'une ségrégation raciale comme en Afrique du Sud, la fragmentation de la ville en plusieurs tissus est très liée à l'héritage colonial et à une dualité de la société en raison des conditions socio-économiques. La majorité des quartiers se sont développés comme îlots isolés en fonction des besoins et des intérêts des populations qu'y habitaient ou allaient y habiter. Même les quartiers de haut standing ont souvent un manque de cohérence (bien qu'ils aient des bonnes infrastructures).

IV.2.3 - Les typologies urbaines et leurs caractéristiques techniques et socio-économiques

Nous distinguons cinq typologies urbaines (figures 16a à 16e) qui représentent les traits dominants de l'espace urbain dans la ville de Parakou. Il s'agit d'espace :

- ✓ Structuré Dense (de tissu serré) (**SD**)
- ✓ Structuré Peu Dense (de tissu lâche) (**SPD**)

- ✓ Non Structuré – Dense (**NSD**)
- ✓ Non Structuré Peu Dense (**NSPD**)
- ✓ Zone d'Administration et de Service (**ZAS**).

La classification typologique de l'espace urbain de Parakou est basée sur :

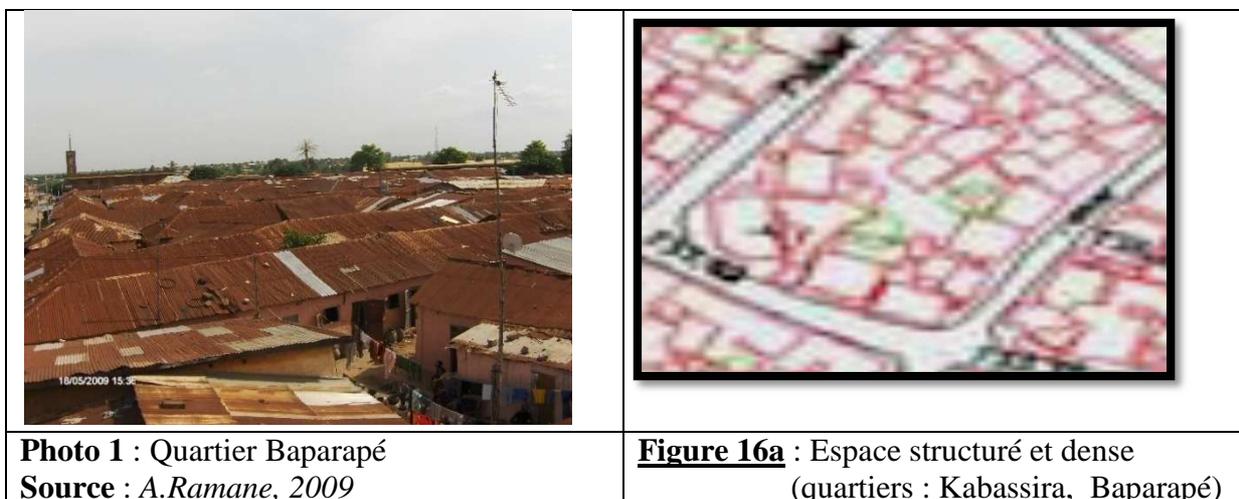
- ✓ l'accessibilité des parcelles et la densité de construction ;
- ✓ la structure de la trame viaire des mailles ;
- ✓ l'étendue de l'espace et ses activités ;
- ✓ la densité de l'habitat et de la voirie ;
- ✓ la légalité de l'occupation.

Nous n'avons pas pu intégrer dans cette classification le revenu des ménages pour les raisons suivantes :

- ✓ on ne dispose actuellement pas de données précises sur le revenu total des ménages (revenu formel, informel) car le système de déclaration n'existe pas ;
- ✓ la mixité socioprofessionnelle dans un espace ne permet pas une classification homogène en fonction du revenu ;
- ✓ l'estimation à partir de l'état de l'habitat donne des résultats apparemment très éloignés de la réalité.

IV.2.3.1- Espace structuré et dense

Cette zone concerne la partie centrale et ancienne de la ville (Photo 1 ; Fig. 16a).



Il s'agit des quartiers d'habitation (Kabassira, Baparapé, Dépôt) et de la zone commerciale (marché central (Arzèkè), marché dépôt, l'auto gare central), où on trouve dans la plupart des cas des maisons traditionnelles. La population de cette zone est majoritairement pauvre. La zone est relativement bien équipée en voiries qui, en revanche, sont peu entretenues. Elle produit énormément de déchets, comparée aux autres zones, à cause de la forte densité et de ses activités commerciales. Une quantité relativement faible de ces déchets est collectée dans cette zone qui en outre n'est pas desservie par le réseau des eaux usées sauf le marché Arzèkè. Le système d'évacuation des déchets liquides est constitué de fosses septiques. Toutefois, le raccordement sauvage de ces eaux usées au réseau d'eaux pluviales est très fréquent, ce qui aggrave évidemment son dysfonctionnement et ses impacts. Malgré l'existence des ouvrages d'assainissement pluvial, la zone n'échappe cependant pas complètement au problème de stagnation et d'inondation urbaine. Par exemple, les rues de Baparapé, Dépôt, (voirie secondaire), deviennent une sorte de torrent avec le débordement fréquent de leurs réseaux des eaux pluviales bouchés constamment par les déchets ménagers.

IV.2.3.2 - Espace structuré et peu dense

Cette typologie concerne : les zones d'administration, de services et d'affaires; les zones d'habitation relativement récente à la périphérie.

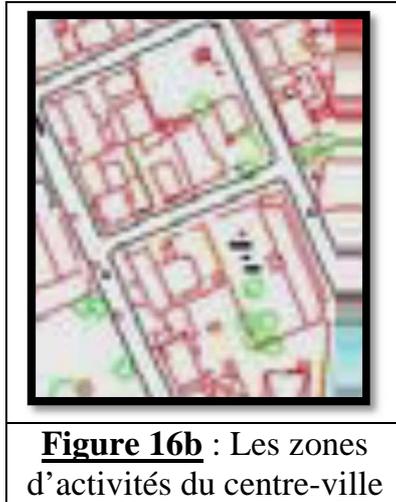
➤ Zone d'administration

Elle concerne les zones d'activités du centre-ville (Fig. 16b).

Cette zone abrite entre autres, les services et résidences :

- ✓ de la recette des finances ;
- ✓ de la direction départementale des impôts ;
- ✓ de la préfecture ;
- ✓ du centre culturel français ;
- ✓ de la police ;

- ✓ de la direction départementale de la santé
- ✓ de la douane, etc.



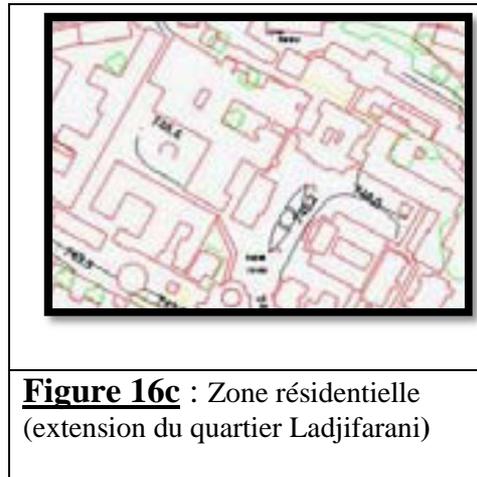
Cette zone est équipée en ouvrages d'assainissement pluvial. Cependant, elle n'échappe pas au problème de l'assainissement pluvial principalement dû au manque d'entretien et à l'insuffisance de la capacité du réseau d'eaux pluviales. On peut citer deux exemples illustratifs : la stagnation permanente des eaux pluviales lors de la saison de pluie dans la rue du centre communal de santé et la rue de la recette perception qui se transforme en torrent empêchant toute circulation. Le manque d'une bonne conception et le dépôt de déchets solides dans les caniveaux sont les causes majeures du dysfonctionnement du réseau des eaux pluviales de cette zone.

➤ Zone d'habitation

Cette zone couvre la partie périphérique de l'espace urbain (Fig.16c). Il s'agit principalement des zones résidentielles (extension de Ladjifarani) auxquelles des fonctionnaires, des cadres de l'administration, des commerçants ont donné une certaine originalité architecturale : bâtiments de grande taille faits en matériaux modernes: c'est la partie de la ville qui est réalisée avec une planification.

Cet espace a relativement moins de problème de gestion urbaine grâce à son tissu aéré et à sa population relativement aisée. Cependant des disparités

économiques sont visibles dans cette zone au travers les équipements urbains implantés.



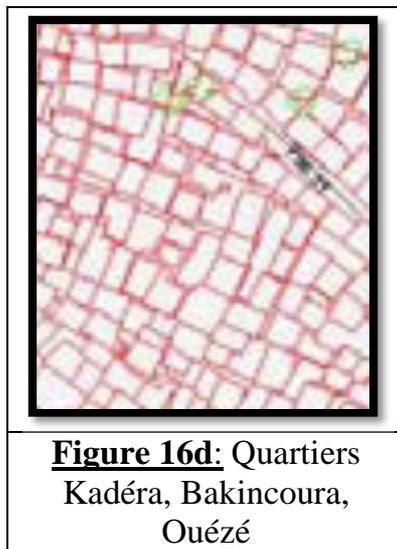
Le réseau de voirie est en majorité non revêtu à l'exception de quelques quartiers. Le ramassage des ordures ménagères est plus faible par rapport aux typologies précédentes (à l'exception des quartiers relativement proches du centre et dont les voiries sont asphaltées comme Ladjifarani résidentielle et la zone résidentielle du quartier Kpébié).

L'équipement en assainissement pluvial est relativement insuffisant. Il s'agit souvent de fossé (en terre ou en maçonnerie) très peu entretenu. Selon notre enquête et nos observations de terrain, l'assainissement pluvial occupe le premier rang des problèmes signalés à cause notamment de l'ampleur du problème inhérent : la stagnation dans les points bas, les impacts amont-aval, etc.

IV.2.3.3 - Espace non – structuré et dense

Cette typologie concerne les quartiers anciens et se situe principalement au centre (Fig.16d). Il s'agit des quartiers avec des maisons traditionnelles construites. La population est en majorité à faible revenu. Parmi les principaux quartiers de cette typologie, on trouve les quartiers, Kadéra, Bakincoura, Ouézé, Boundarou, Banikani noyau ancien, Sinagourou, Lémanda, Zongo-zénon, Agbagba, Ladjifarani noyau ancien, etc. La congestion urbaine est très forte

dans cette typologie. Par conséquent c'est la zone où la gestion urbaine est la plus complexe et la moins assurée. Les conditions de vie sont très alarmantes avec l'insalubrité, la précarité de l'habitat et la pauvreté des habitants. La construction et l'entretien (notamment la vidange des fosses) sont une affaire collective des habitants dans une ou plusieurs parcelles. Le manque d'organisation, de moyens, d'appropriation et de responsabilité maintient en mauvais état les toilettes communes avec toutes les conséquences hygiéniques et esthétiques.



La collecte des déchets est pratiquement impossible à l'intérieur de ces zones inaccessibles. Ils sont donc jetés dans l'espace disponible : fossé, rue, rivière, etc. Dans ces quartiers la complication et l'insuffisance de la gestion urbaine aggravent le problème de l'assainissement pluvial plus que dans d'autres quartiers. Les équipements d'assainissement sont souvent des fossés en terre à géométrie variable avec une végétation sauvage (herbes) et des déchets. Les eaux posent ainsi de véritables problèmes pour la vie quotidienne.

IV.2.3.4 - Espace non structuré et peu dense

Cette zone concerne notamment les parties anciennes de la ville urbanisées, comme nous l'avons indiqué dans la partie précédente, cette urbanisation n'a pas connu de planification appropriée et les propriétaires terrain

construisaient à leur guise (Fig. 16e). Il s'agit des maisons traditionnelles construites en terre (boue paille) actuellement en très mauvais état. La population de cette typologie est majoritairement à faible ou à moyen revenu.



Figure 16e : Quartiers Wansirou, Amaouignon

Parmi les principaux quartiers de cette typologie, on trouve les quartiers : Titirou, Madina, Kpébié, Tranza, ZongoII, Wansirou et Amaouignon. Comme la zone précédente, cette zone est aussi marquée par l'insuffisance et le manque de la gestion urbaine. Le réseau de voirie à l'intérieur des quartiers est en terre. La collecte des déchets est pratiquement inexistante. Par conséquent, les déchets ménagers sont souvent jetés sur les espaces vacants, fossés et rivières. L'assainissement pluvial se caractérise dans cette typologie plus par le manque d'équipements de drainage.

IV.2.3.5 - Zone d'habitat irrégulier

Ces zones se situent à la périphérie le long des axes de voiries nationales et internationales (RNIE2, RNIE6). Dans ces zones le coût de terrain est insignifiant (1 400FCFA/m²) comparé au prix exorbitant du terrain urbain (5 000FCFA/m²) et le contrôle est relativement faible (moins visible). Il s'agit des espaces non structurés de tissu très lâche avec des maisons en bon et très bon état construites avec des matériaux appropriés. Les taxes d'habitation sont également collectées. Toutefois, il n'y a pas une reconnaissance explicite pour

les régulariser. Dans ces zones, on trouve toutes les catégories socioprofessionnelles. Les habitats irréguliers de ces zones ont peu de problème d'infrastructures. Leurs emplacements justes à la périphérie et le long des grands axes des voiries nationales ont favorisé également la connexion à l'eau, à l'électricité et au téléphone.

Le manque de planification pose des problèmes d'assainissement notamment liés aux points bas, parfois à l'inaccessibilité et à la voirie et à ceux du réseau d'assainissement (Bouvier, 1988). Le réseau de voirie étant souvent en terre, la stagnation dans les dépressions est fréquente, et gêne la circulation.

L'habitat irrégulier de la ville de Parakou se distingue donc nettement des bidonvilles classiques des PED pour deux raisons principales :

- ❖ il ne s'agit pas des bidonvilles mais des constructions solides assez espacées et équipées ;
- ❖ le caractère socioprofessionnel des occupants : population assez aisée et citadine : il ne s'agit pas des immigrants ruraux sans travail.

La structure de la trame viaire permet de saisir l'accessibilité. La densité de la construction se réfère ici à l'état, serré ou lâche, du tissu urbain de l'espace considéré.

Ces indicateurs sont d'une grande importance dans la mesure où ils permettent de mesurer la complexité des problèmes à identifier pour définir les champs d'actions nécessaires. L'assainissement de certains quartiers nécessite des mesures, (comme la restructuration) qui dépassent le simple secteur de l'assainissement.

Actuellement, les tissus urbains africains sont encore caractérisés par des ensembles constitués d'îlots juxtaposés. Cependant, il y a plusieurs théories qui essaient de décrire l'évolution actuelle de la fragmentation de la ville. Dubresson (1999) nous parle d'un affaiblissement des relations sociales et, en conséquence, d'une ségrégation plus forte. À son opinion, les politiques de décentralisation fondées sur le triptyque décentralisation, participation populaire, projet de

quartier renforcent cette fragmentation : les îlots plus aisés peuvent financer leurs équipements, les autres restent démunis. Si aucun système de régulation urbaine ne fonctionne, les îlots, les quartiers, les villes, évoluent à plusieurs vitesses. Dans cette diversité interviennent aussi d'autres facteurs comme l'homogénéité ethnique et/ou religieuse, l'antiquité des quartiers, la jeunesse de la population, etc.

En revanche, Bertrand (1999) pense que le modèle d'habitat de cour, très développé en Afrique de l'ouest, est un facteur d'atténuation des contrastes sociaux dans les villes. Même les ménages plus pauvres se sont installés en habitations caractérisées par l'habitat de cour. Cet habitat se développe à partir d'une parcelle où sont ajoutées des pièces, des vérandas et de bâtiments d'un seul étage. Cela mélange des situations sociales contrastées, des classes moyennes paupérisées et de nouveaux immigrants, des propriétaires et des locataires en situation précaire. Il devient difficile de distinguer, dans l'espace, ville des riches et ville des pauvres.

IV.3 - Politique et pratiques de la planification et de la gestion du foncier

Cette section analyse les politiques et pratiques de la planification et de la gestion foncière dans la ville de Parakou.

IV.3.1- Analyse de la Politique et pratique de la planification urbaine à Parakou

La politique urbaine, exprimée sous forme de lois et documents prévisionnels, devrait *a priori* constituer le fil directeur du développement d'une ville. L'analyse de la politique urbaine et de son application devient donc un élément clé pour comprendre le mécanisme de pilotage qui guide le développement et la gestion de l'espace urbain. Ces éléments, bien qu'il semble de second degré pour la gestion des eaux pluviales, apportent à la problématique de Parakou des éléments de clarification et des réponses notamment sur le plan

préventif. Nous examinerons ici l'adaptabilité des outils prévisionnels et du cadre d'intervention opérationnelle et leur impact sur la gestion des eaux pluviales.

IV.3.1.1- Les outils de la planification urbaine.

La mise en vigueur de la procédure de planification est très récente à Parakou. C'est en 1999 que la loi N°97-029 du 15 janvier 1999 portant organisation des communes en République du Bénin a défini en son chapitre II, article 84, les documents de planification à réaliser. Il s'agit, de cinq types de plans par ordre, du plan général au plus spécifique : le schéma directeur d'aménagement de la commune, le plan de développement économique et social, les plans d'urbanisme dans les zones agglomérées, les règles relatives à l'usage et à l'affectation des sols, les plans de détail d'aménagement urbain et de lotissement.

IV.3.1.1.1 - Les outils de la planification urbaine existant à Parakou

La recherche documentaire sur la politique de planification urbaine à Parakou nous a permis de nous rendre compte de la volonté des autorités d'alors et d'aujourd'hui de la ville de se doter d'un outil de gestion. En effet, la ville de Parakou, dispose des documents de planification et de gestion suivants :

- Un plan directeur de l'urbanisme à l'horizon 1997, réalisé en 1987 par la SERHAU –SEM sur financement du projet FAC (Fond d'Aide pour la Coopération);
- Un plan directeur de l'urbanisme à l'horizon 2009, réalisé en 2001 par la SERHAU –SA toujours sur financement du projet FAC (Fond d'Aide pour la Coopération);
- Une étude de faisabilité de l'assainissement réalisée en 2001 par le cabinet SIRADE ;

- Un Plan de Développement Municipal (PDM) réalisé en 2004 par le cabinet IREDA, sur financement du PRODECOM (Programme d'Appui au Démarrage des Communes).

Ces documents sont peu internalisés et peu appliqués par les acteurs, notamment les deux premiers documents. Ce manque d'internalisation et d'application peut s'expliquer principalement par :

- ✓ la méconnaissance des gestionnaires locaux de ces études réalisées en quasi-exclusivité par des experts étrangers,
- ✓ le manque de personnel qualifié et engagé,
- ✓ l'instabilité institutionnelle des services concernés ainsi que l'absence des pratiques d'archivage,
- ✓ une vision de planification réduite à l'élaboration du document sans dispositifs de mise à jour ni de formation des gestionnaires à l'utilisation de l'outil.

Le manque d'internalisation et d'application de ces documents de planification, a abouti aujourd'hui à une complication de la gestion urbaine, comme par exemple l'occupation des lits majeurs de cours d'eau favorisant la vulnérabilité de la ville vis-à-vis du ruissellement.

IV.3.1.1.2 - Les Plans directeurs de la ville de Parakou et leur application

Le premier Plan Directeur d'Urbanisme, élaboré pour la période 1987-1997, a offert pour la première fois un outil relativement complet composé de trois plans principaux : Plan structurel (zones urbanisées, à urbaniser, structure de la ville), plan de zonage, plan de zones vulnérables. Sur le plan opérationnel, deux périodes de réalisation étaient envisagées.

La première période de cinq ans, était consacrée à la préparation technique et à la mobilisation financière afin de pouvoir réaliser dans la seconde période de cinq ans, les programmes d'intervention (réhabilitation et rénovation

urbaine) ainsi que le développement des infrastructures contenues dans le plan directeur.

Le second Plan Directeur d'Urbanisme, élaboré pour la période 2001-2009, est en cours d'exécution. Le handicap majeur de son application réside à trois niveaux :

- le manque de transparence dans la gestion foncière ;
- le manque de moyen financier pour réaliser les infrastructures contenues dans le plan;
- la non vulgarisation du plan.

IV.3.1.1.3 - Limites des deux plans directeurs de la ville de Parakou.

Les deux plans directeurs d'urbanisme, sont réalisés par la Société d'Etudes Régionales d'Habitat et d'Aménagement Urbain (SERHAU-SA) avec une démarche très centralisée, la participation des acteurs locaux à la planification était très faible, ce qui avait posé de problème au niveau de l'application. Il manque aussi à ces plans directeurs, entre autres, un plan d'assainissement des eaux pluviales. En ce qui concerne la prévision du risque, ces procédures de planification restent également muettes. Elles ne donnent pas d'indications explicites. Il urge aujourd'hui, que le facteur risque soit pris en compte dans les documents de planification en général et ceux de la gestion des eaux pluviales en particulier.

En effet au niveau national, les documents prévisionnels sont centrés sur le développement urbain et économique des territoires concernés. La question du risque naturel prévisible est presque ignorée. Ceci peut être dû au fait que les catastrophes naturelles sont perçues comme des phénomènes rares dans le pays.

Toutefois, le cas des inondations ne peut pas être considéré comme rare ou négligeable dans les pays en voie de développement.

Cette non prise en compte de risque doit être comblée pour pouvoir prévenir, par le biais de la responsabilisation, les dégâts plutôt que de les subir.

Selon (Arnaud, 1993), les villes occidentales ont eu un processus graduel et prolongé dans le temps, les pays africains colonisés ont souffert du phénomène d'urbanisation accéléré ces derniers 50 ans. Pendant la période coloniale, en Afrique il n'y avait pas de planification territoriale à l'échelle régionale. Jusqu'aux années 1960, toutes les infrastructures et services ont été créés aux villes principales et sur leurs voies de communications. Dans les zones urbaines il y avait beaucoup plus d'emploi, de services et d'opportunités et, en conséquence, les villes coloniales offraient une forte attraction pour la population rurale. En plus, pendant le XXe siècle, la généralisation autour du monde de l'accès aux services basiques de santé a permis une descente radicale de la mortalité dans ces pays. Néanmoins, les équipements de santé étaient toujours concentrés aux zones urbaines. Il ressort de cette situation que les taux de croissance de la population urbaine enregistrés de 1960 à 1980 étaient de l'ordre du triple de ceux enregistrés dans les villes européennes au plus fort de la Révolution Industrielle.

Ces taux sont seulement comparables à ceux de l'Amérique du Nord, de l'Australie et d'une partie d'Amérique Latine. Mais dans ces régions le peuplement urbain s'est développé pendant une longue période de temps (1790-1975) à partir d'une immigration européenne souvent d'origine urbaine. Par contre, en Afrique tropicale l'urbanisation est le résultat d'une forte immigration de la population rurale native qui, pendant une courte période, s'installe dans les villes qui ne sont pas préparées pour lui offrir un emploi. On explique cette faiblesse de l'économie des villes par le fait que, pendant l'époque coloniale, la création urbaine en Afrique répondait tant aux besoins de l'administration du territoire qu'à l'exploitation des ressources locales, mais il n'y avait pas de plans de développement industriel du pays occupé (Arnaud, 1993).

IV.3.2 - Analyse de la Politique et pratique de la gestion foncière

Cette analyse portera sur les modes d'appropriation foncière, d'occupation de l'espace public et sur la viabilisation des zones loties.

IV.3.2.1- Mode d'appropriation foncière : statut foncier au Bénin

En République du Bénin :

- la constitution du 11 Décembre 1990, reconnaît la propriété individuelle, celles des collectivités et des étrangers ;
- le foncier traditionnel coutumier est régi par les textes : circulaire n° 128A.P du 19 mars 1931, portant coutumier du Dahomey; le décret du 2 mai 1906 instituant un mode de constatation des conventions passées entre indigènes dans les colonies de l'A.O.F et les instructions du 19 octobre 1906 pour l'application dudit décret ; les décrets n°55-580 du 20 mai 1955 portant réorganisation foncière et domaniale en A.O.F et 56-704 du 10 juillet 1956 qui en fixe l'application ;
- la terre appartient à l'Etat, et c'est seulement un droit d'usage qu'il donne lorsqu'il attribue un terrain urbain. Cette appropriation publique de terrain est un grand acquis pour la ville de Parakou pour réaliser, à un coût raisonnable, les projets d'intérêt public.

IV.3.2.2 - Occupation illégale d'espace public et des espaces réservés à Parakou

L'occupation illégale s'opère par l'expansion des parcelles et de l'habitat irrégulier. Ce dernier est relativement mieux contrôlé. En revanche, l'expansion de parcelles sur l'emprise de la voirie et sur les berges des cours d'eau est d'ampleur importante. Elle concerne, sans exagération, pratiquement la majorité des parcelles de Parakou où existent les bas-fonds. Dans le cas de propriété privée, les clôtures des parcelles sont poussées dans la limite du possible sur

l'espace normalement réservé à la rue. Cela est aussi vrai pour les anciennes parcelles que pour les parcelles récemment attribuées. Cette pratique illégale aggrave le problème d'accessibilité et la vulnérabilité de la ville à l'inondation et à l'érosion. Cette occupation anarchique est favorisée par deux lacunes :

- ✓ la non application de la législation en la matière;
- ✓ le manque d'une procédure de contrôle et de conformité.

La ville ne dispose pratiquement pas d'un système de contrôle pour vérifier le respect des plans à partir desquels, elle délivre le permis provisoire d'habiter sauf à l'occasion de changement de propriétaire, de litige. Le certificat de conformité n'existe pas.

IV.3.2.3 - La viabilisation des zones loties à Parakou

La production de terrain viabilisé a toujours été difficile pour la ville de Parakou qui a été l'acteur unique de la production de terrain pendant plusieurs décennies. Elle reste aujourd'hui un acteur principal avec la décentralisation.

La viabilisation se limite à dégager la voie d'accès au site. Les voiries locales et les ouvrages d'assainissement sont souvent construits petit à petit par la population après la construction des maisons.

L'analyse du plan détaillé des projets de lotissements et de leur réalisation montre encore le manque d'attention dans la conception et la réalisation des ouvrages d'assainissement. Aucune étude spécifique basée sur la connaissance des phénomènes de précipitation et du ruissellement n'est faite.

Ce manque d'attention entraîne d'une part des conséquences dévastatrices dans l'immédiat. Il empêche d'autre part l'élaboration des solutions qui peuvent être intéressantes et faisables dans ces zones d'expansion de faible densité. Le cas des zones périurbaines de Parakou, nous semble un exemple illustratif. Les fossés en terre creusés le long des voiries sont immédiatement érodés avec la forte vitesse de l'écoulement et les caractéristiques du sol du site, c'est le cas des quartiers : Dokparou-Amaouignon, Guêma, Banikani, Titirou et Sinagourou.

Ces deux facteurs n'ont pas été pris en compte intégralement. Certaines canalisations de la SONEB installées sous la voirie sont également cassées à cause de la faible couverture de sol, non adaptée aux poids lourds. On ne peut attribuer cette lacune qu'à une négligence dans la mesure où la ville de Parakou possède une direction des services techniques et un personnel qualifié (urbanistes, ingénieurs et techniciens). Pour pallier à cette lacune, Maikibi (1985), préconise d'utiliser les voiries comme systèmes de drainage des eaux pluviales. Il propose de mettre en place à cet effet des rues pavées susceptibles de mieux résister à l'érosion du ruissellement. Ce matériau a également pour avantage d'être fabriqué sur place pour un coût avantageux. Le système a effectivement été expérimenté à Tahoua.

IV.3.3 - L'expansion urbaine et l'assainissement pluvial à Parakou

La ville connaît actuellement des projets de réhabilitation de voirie urbaine et d'assainissement de quelques quartiers. Cette tendance sera probablement très forte dans les prochaines années compte tenu de la demande par le Gouvernement béninois, de l'augmentation de crédit pour les villes à statut particulier dans le cadre du Projet de Gestion Urbaine Décentralisée phase 2 et des programmes du 9^e- FED en cours d'exécution dans les anciens quartiers. Cette transformation a déjà commencé avec les projets réalisés (PGUD 1 et 2, BOAD, 7^e FED). La transformation du centre-ville et l'expansion urbaine constituent des occasions importantes à saisir pour résoudre durablement le problème lié aux eaux pluviales et améliorer la gestion urbaine en général.

IV.3.4 - Réhabilitation urbaine et la pérennité de l'amélioration

Les différents projets de réhabilitation urbaine sont actuellement menés dans plusieurs quartiers de la ville par l'AGETUR, la Municipalité, les comités de développement des quartiers et les entreprises sous financement des partenaires au développement et des prêts consentis par l'Etat auprès des institutions financières sous-régionales.

Ces interventions manquent de vision globale et d'un cadre d'action centralisé à l'échelle de la ville de Parakou. Il s'agit, plus de mesures de soulagement que de réhabilitation lourde. Les travaux concernent essentiellement la construction de voirie et de réseau d'assainissement des eaux pluviales. Ils ont permis d'obtenir quelques améliorations du cadre de vie dans la majorité des quartiers de la ville.

Cependant, ces interventions n'apportent toujours pas un remède pérenne car leur durée de vie est limitée, vu le manque d'appropriation et de gestion. Après les réceptions définitives, on constate entre autres, de nombreux défauts concernant le réseau d'assainissement pluvial et la voirie (défaut de conception, absence du drainage sur la voirie tertiaire, etc.). L'absence d'une structure efficace de gestion des ouvrages d'assainissement des eaux pluviales après leur réalisation est une des causes de l'échec des projets.

Selon Moro (1995), la vitesse et la force avec lesquelles l'urbanisation a eu lieu en Afrique tropicale n'ont pas donné le temps à la plupart des villes de mettre en place les éléments nécessaires à la maîtrise du développement, de la gestion et de la planification urbaine. Etant donné que les pays africains sont peu industrialisés, leurs villes n'étaient pas préparées pour accueillir autant de main d'œuvre. Incapable d'intégrer les nouvelles populations, les politiques urbaines postcoloniales ont généré une morphologie fondée sur la différenciation socio-économique des quartiers. Du fait des difficultés d'obtention des titres fonciers et d'accès aux parcelles viabilisées, l'occupation du sol devient anarchique, ce qui est aggravé par la reprise des pratiques rurales par les ménages plus pauvres (agriculture, approvisionnement en eau dans les puits, etc.). Dans ces tissus urbains on trouve normalement un centre-ville qui juxtapose des quartiers anciens, surpeuplés, dégradés et paupérisés, à un centre récent qui comprend des quartiers résidentiels de haut standing et à une zone d'affaires.

IV.4 – Les modes de gestion et traitement des productions urbaines

Cette section traite, du système urbain, de la gestion des déchets (solide et liquide) et de la voirie.

IV.4.1- Le système urbain et le Système de Gestion des Eaux Pluviales Urbaines (SGEPU)

La ville est un système complexe composé de sous-systèmes en interaction (sur les plans techniques, social, politique, etc.) (Figure 17). Nous nous intéressons ici aux réseaux techniques urbains en mettant au centre le sous-système des eaux pluviales (Desbordes, 1987).

Le système de gestion des eaux pluviales urbaines (SGEPU) désigne l'ensemble des éléments organisé par l'Homme et offerts par la nature (relief) pour réguler la sollicitation de la pluie dans un espace donné. Il se compose de deux éléments principaux : le système technico-hydrographique (réseaux, rivières, espace) et le système organisationnel.

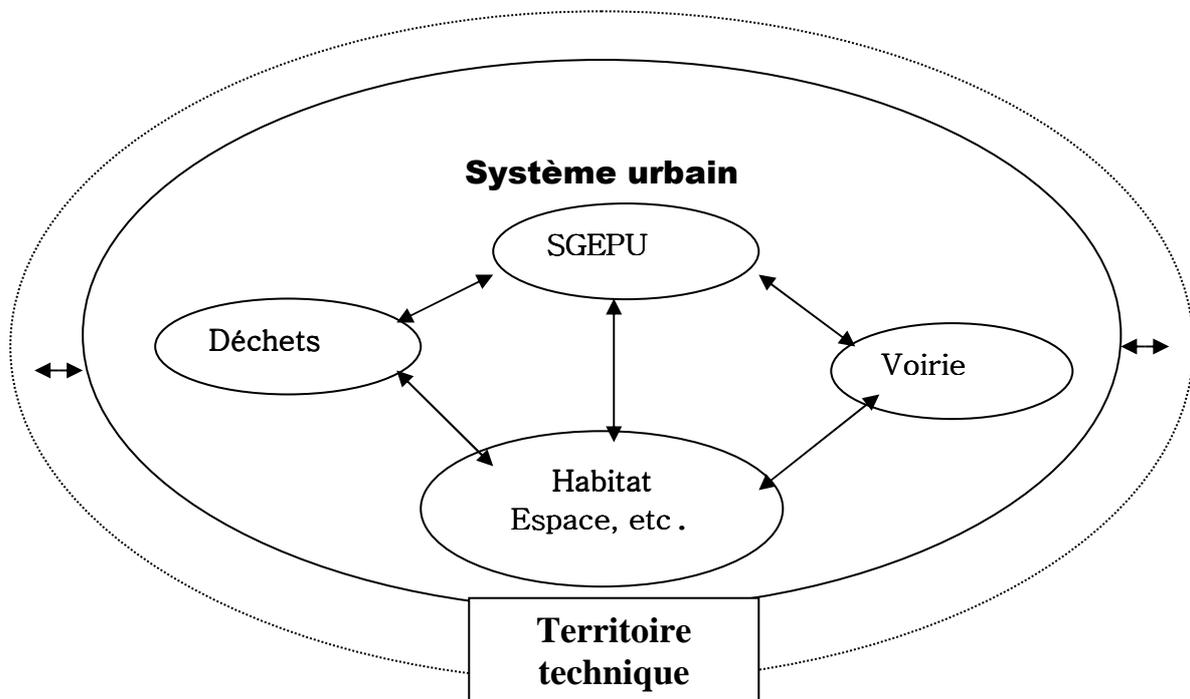


Figure 17: Interaction au sein du système urbain

Le SGEPU a souvent une dimension spatiale (territoire technique) plus large que l'espace urbain comme nous l'avons schématisé dans la figure 16. Cette dimension est à l'origine, parmi tant d'autres (par exemple l'économie d'échelle), de différentes formes de coopérations intercommunales pratiquées notamment dans les villes des pays développés.

Dans l'interaction et l'interdépendance du système urbain, le SGEPU subit des contraintes venant des systèmes de collecte des déchets et de la voirie. Cette partie est donc consacrée à l'analyse détaillée des éléments techniques de la gestion de l'espace ayant un impact important sur le SGEPU. Il s'agit d'identifier les limites, les contraintes et les impacts. Nous nous sommes également intéressés à la ville en matière d'amélioration de ces services urbains.

IV.4.2 - Gestion des déchets

La gestion des déchets est devenue une préoccupation importante de la ville d'aujourd'hui avec l'augmentation de la quantité et de la toxicité des déchets. Notre planète produit 720 milliards de tonnes par an dont 440 dans les pays développés. Les pays en développement se trouvent confrontés au problème de gestion de déchets qu'ils produisent.

IV.4.2.1- Nature des déchets et mode de gestion

La ville de Parakou produit 280 m³ (84 tonnes) par jour (0.56kg. par habitat et par jour) (Abdoulaye, 2006). Cette quantité est donc très faible comparée à celle d'autres villes : 1.8 à New York, 1.06 dans les villes du Moyen Orient, 1 en Europe. Cela est dû d'une part au mode et au niveau de vie, et d'autre part au tri et au recyclage qui concerne environ 10 % des déchets. Cette revalorisation de déchets joue un grand rôle, non pas seulement dans la réduction des quantités de déchets produits, mais aussi dans la fabrication d'objets réutilisables à faible coût. Cependant cette activité de tri est basée sur le seul motif économique et elle n'intègre pas actuellement le motif environnemental. L'origine des déchets est essentiellement domestique (85%) et

commerciale (15 %). La composition est dominée par des végétaux/putrescibles et sables/inertes qui représente 87 % du poids et par divers autres produits qui constituent 13 % (Tractebel, 2004). La composition telle que décrite est liée non seulement aux habitudes alimentaires, mais aussi à la consommation et à l'utilisation des produits importés.

En effet, la gestion des déchets ménagers à Parakou est assurée par les services techniques de la mairie en partenariat avec des structures non gouvernementales(SNG) suivant un processus à trois phases à savoir :

- **1^{ère} phase : la pré-collecte** : Elle consiste à l'enlèvement des déchets auprès des ménages pour les déposer en principe dans des bacs à ordures disposés à des endroits prédéfinis dans la ville appelés points de regroupement. Cette phase est assurée par les SNG auxquelles il a été attribué dans la ville, des zones d'intervention. Dans l'ensemble, comme moyens pour la pré-collecte, les SNG utilisent des charrettes à traction manuelle pour la plupart, et des charrettes mécanisées pour quelques-unes. Aussi, l'enlèvement des déchets auprès des ménages est-il subordonné à une souscription forfaitaire qui varie entre 1000 et 3000 F CFA selon les quartiers ou la zone d'intervention dans la ville.
- **2^{ème} phase : la collecte et le transport** : Elle consiste à ramasser les produits de la pré-collecte déposés aux points de regroupement pour les convoier vers la décharge finale. Cette phase est assurée par les services techniques de la mairie au moyen de véhicules spécifiques au transport des bacs à ordures ainsi que d'autres camions mis à contribution.
- **3^{ème} phase : la décharge finale** : Une fois parvenus à la décharge finale, les déchets sont soumis à un traitement qui les destine à l'enfouissement ou au compostage après tri et récupération.

Dans la pratique ce processus se trouve inachevé dès lors que des phases connaissent un quelconque dysfonctionnement tel que l'exposent les exemples suivant.

- **De la phase pré-collecte**, il ressort qu'on peut constater que le positionnement des points de regroupement dans l'ensemble de la ville n'a tenu compte, ni d'une répartition spatiale homogène, ni du poids démographique des différents Arrondissements de la ville.

Sur les vingt-cinq (25) points de regroupement identifiés et non aménagés, seulement cinq (05) points de regroupement sont fonctionnels dans la ville. Ces points de regroupement concernés sont dans les anciens quartiers de la ville (Banikani, Boundarou, Guêma, Titirou et Zongo-zénon) pendant que les quartiers de poids démographiques importants et où la production des ordures est plus intense n'en dispose pas. Aussi, lorsqu'on regarde les sites prévus pour être aménagés à cet effet, on peut se rendre compte que de nombreux efforts restent à fournir.

De cette mauvaise répartition spatiale, il ressort que de nombreuses SNG ne disposent pas de points de regroupement à proximité de leur zone d'intervention. Cette situation les amène à créer des points de proximité où les déchets sont déposés.

Si les SNG ont été identifiées comme responsables de ce qui précède, c'est aussi parce qu'elles sont encouragées par les populations elles-mêmes. En effet, certains ménages, pour des raisons de pauvreté (incapacité de s'abonner liée à la faiblesse du revenu) ou d'incivisme (refus de s'abandonner) se débarrassent de leurs déchets en procédant par :

- rejet dans la nature (rue, caniveau, bas-fonds ou rivière) ;
- enfouissement ou incinération de leurs déchets.
- **De la phase de collecte et de transport** : Le plus souvent et pour diverses raisons, les déchets pré-collectés séjournent sur les lieux de regroupement avant d'être convoyés vers la décharge finale. Mais la raison est celle liée à la vétusté des engins utilisés et à leur nombre qui ne cesse de décroître au profil des années. Cela pose certainement des problèmes de disponibilité ou de gestion de ressources financières.

De cette gestion défectueuse des déchets dans la ville Parakou, il s'ensuit que le paysage urbain perd la presque totalité de son esthétique. Il se trouve parsemé de sites où se multiplient et prolifèrent mouches, moustiques et autres insectes, véritables vecteurs de maladies auxquelles sont exposées les populations. Le cadre de vie dans la ville se trouve alors dans une situation très insalubre et de dégradation avancée.

La capacité de collecte à Parakou couvre aujourd'hui seulement 26,5 % officiellement, mais ne dépasserait vraisemblablement pas le taux de 10 à 15%. La collecte se fait en grande partie (80 %) par des bennes et tracteurs métalliques. La collecte de porte à porte ne concerne que 20 % des déchets collectés (Tractebel, 2004). Les déchets non collectés sont jetés dans les bas-fonds, rues, espaces publics, caniveaux et regards du réseau des eaux pluviales. Selon les résultats de notre enquête, présentés dans le tableau XIV,

Tableau XIV: Modes de dépôt et de collecte des ordures ménagères en fonction du type de la voirie : Pourcentage des réponses sur le lieu de dépôt à Parakou

Type de Voirie	Camion	Benne	Bas fonds	Brûlé ou enter-ré	Espace public			Total
					Voirie	Réseau	Terrain vide	
Primaire	25%	50%	11%	2%	4%	4%	4%	100%
Secondaire	10%	30%	30%	10%	1%	7%	12%	100%
Tertiaire	22%	37%	13%	11%	8%	7%	2%	100%
Accès	13%	34%	28%	12%	6%	4%	3%	100%
Moyenne	17%	40%	20%	9%	6%	5%	3%	100%

Source : Résultats enquêtes 2008

30 % des ménages interrogés déposent leurs ordures dans les bas-fonds et 20 % sur l'espace public (voirie, réseau et terrain vide). Le taux réel peut être plus important dans la mesure où la véracité des réponses à cette question est discutable.

Le nombre de bennes et leur fréquence de ramassage étant limités, la benne déborde et la voirie et le réseau proche de la benne sont envahis par les déchets. Le paysage de la ville est ainsi défiguré et pollué. La situation est très critique dans les zones centrales et commerciales bien que les deux systèmes de collecte (benne et camion benne tasseuse) y soient concentrés. Les zones périphériques sont dans la plupart des cas sans aucun équipement de collecte. La décharge finale informelle de la ville se situe à Sinagourou dans le domaine du musée plein air à moins de 3km au sud-est et à l'aval du centre-ville. Elle est à ciel ouvert et sans clôture et reçoit un mélange de déchets collectés de toutes natures (domestique, hôpitaux, hôtels, etc.).

Ce site pose un véritable problème environnemental (notamment pour les cours d'eau et les quartiers résidentiels avoisinants). En fait, ce site n'est pas une décharge mais un dépotoir sauvage. En réalité Parakou ne dispose pas de site de décharge finale contrôlée.

IV.4.2.2 – Acteurs, moyens financiers et matériels

Malgré la quantité relativement faible de déchet, la municipalité n'est pas arrivée à maîtriser sa gestion et à rendre propre la ville. L'enlèvement des ordures est assuré par plusieurs acteurs à Parakou et implique deux types de structures à savoir les structures communales et les structures privées, notamment les ONG et autres associations de type loi 1901.

Comme structures étatiques nous pouvons citer la Direction des Services Techniques (DST), la Direction de la Prospective et du Développement Local et

plus particulièrement le Service d'Appui aux Initiatives Communautaires (SAIC), la Direction Départementale de l'Environnement et de la Protection de la Nature, le Service d'Hygiène et de l'Assainissement de Base (SHAB). La Direction des Services Techniques (DST) se sent dépassée par l'ampleur du problème et justifie la défaillance par le manque de moyens. Le budget de fonctionnement consacré à la gestion des ordures est d'environ 76 millions de franc CFA/an (pour les années 2003- 2009). Cela donne environ 905 francs CFA par an et par kilogramme de déchet produit. Ce handicap financier est plus visible quand on compare avec le cas du grand Lyon en France pour lequel le budget de fonctionnement est de 75 000 francs CFA par an et par kilogramme de déchet produit (83 fois plus important que le cas de Parakou).

La logistique utilisée actuellement (Tableau XV) est à la fois insuffisante et non optimisée.

Tableau XV: La logistique de collecte de déchets de la ville de Parakou.

Matériels	Nombre	Observations
Camion benne de 8m ³	7	Six camions pour les opérateurs économiques privés
Camion benne tasseuse de 18m ³	3	
Camion en panne	3	
Personnel de terrain		
Chauffeurs	6	
Eboueurs	15	
Contrôleurs	2	
Budget annuel	76 millions de franc CFA	

Source : DST, Mairie de Parakou, 2008

La quantité des équipements est dérisoire: pour environ 25 962 ménages, la ville possède seulement (03) bennes-tasseuses, (01) camion. La situation est

aggravée par les pannes fréquentes des camions et les longs délais des réparations (dus principalement au manque de moyen financier).

Les déchets solides sont la première cause de dysfonctionnement du SGEPU à Parakou. Le résultat de notre enquête montre que, le réseau et les rivières sont utilisés comme lieu de décharge directe par au moins 36 % des ménages interrogés. Cela veut dire qu'avec une estimation très conservatrice, environ 30 tonnes de déchets sont rejetées dans le réseau hydrographique. Il faut également ajouter les déchets d'autres activités (commerce, etc.) ainsi que ceux qui sont transportés vers le réseau hydrographique par le ruissellement sur des espaces urbains peu entretenus.

Selon Morel (1998), la capacité du réseau hydrographique peut être réduite de 50 % à 100 % avec des détritiques qui bloquent le système notamment au niveau des avaloirs et des regards. Ce problème ne peut être résolu que par des combinaisons de mesures : comme la sensibilisation, la réglementation, le renforcement de la collecte, la conception du réseau adapté à ces contraintes, etc.

L'impact sur la capacité hydraulique est aussi important pour les rivières avec une réduction substantielle de leur section. Les déchets toxiques provenant des industries et des hôpitaux ne reçoivent aucun traitement particulier ni dans la collecte ni dans la décharge. Le réseau de drainage des eaux pluviales et les rivières sont aussi les principaux lieux de dépôt des cadavres des animaux (chien, chat, poulet, etc.).

L'état actuel de gestion de déchets nous incite à nous poser la question suivante : est-il possible d'apporter une amélioration substantielle au SGEPU et de lui donner un fonctionnement pérenne sans résoudre le problème des déchets ?

IV.4.2.3 - Préoccupations et perspectives relatives à la gestion des déchets

L'ampleur et la gravité du problème sont ressenties par la population et les gestionnaires. La Direction des Services Techniques concernée reçoit chaque jour des plaintes venant des populations. En se basant sur le code de l'environnement, des mesures punitives ont été lancées contre la décharge sauvage. D'après notre enquête, cette mesure est mal perçue et peu acceptée par 60% de la population qui se plaignent de ne pas avoir de bennes à proximité ou de camions pour la collecte fréquente des déchets.

Le problème de gestion des ordures a fait l'objet, ces dernières années, de plusieurs études notamment dans le cadre du Projet de Gestion Urbaine Décentralisée (PGUD). Ces études soulignent en conclusion les idées suivantes (SERHAU, 2008):

1. la nécessité d'un service autonome des déchets avec un budget suffisant ;
2. la participation des investisseurs privés ;
3. l'encouragement des activités de récupération ;
4. la sensibilisation, la participation citoyenne des citoyens ;
5. la coordination entre différents acteurs du secteur.

Les investisseurs privés ne semblent pas être attirés par ce secteur à cause de son caractère non industriel (en tout cas actuellement) et du manque de politique claire de la part de la municipalité.

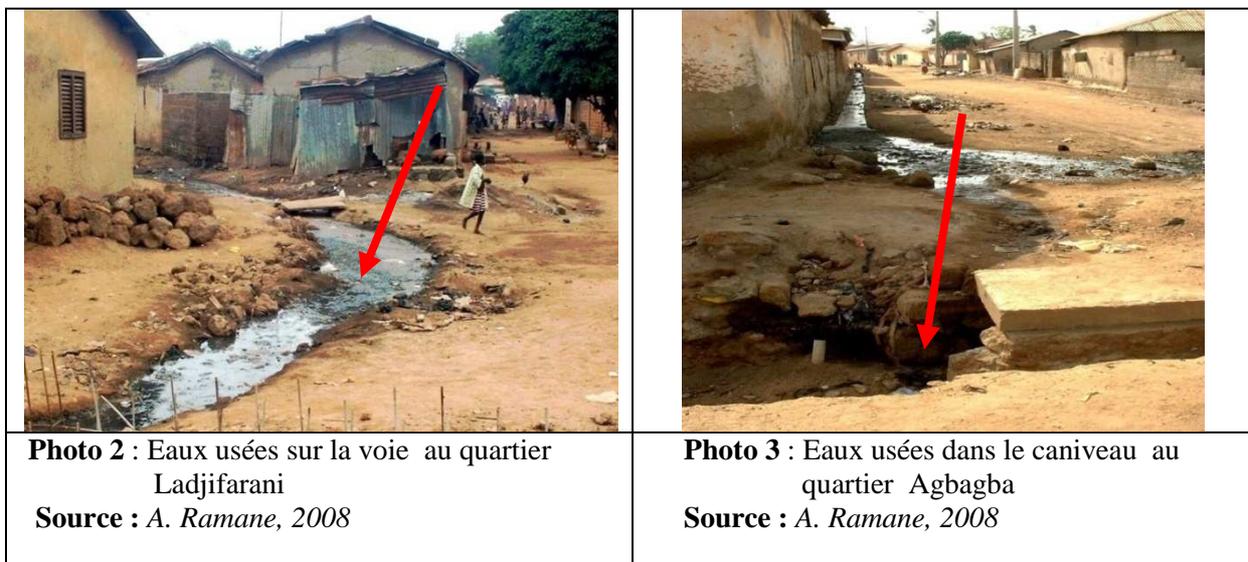
IV.4.3 - La gestion des eaux usées

La gestion des eaux usées intègre théoriquement la gestion des eaux vannes (toilettes), des eaux domestiques (eaux grises) et des eaux usées industrielles. A Parakou, comme dans d'autres villes pauvres, le système de gestion ne concerne que les eaux vannes avec une capacité de collecte et de traitement très limitée.

La ville de Parakou ne dispose pas actuellement de réseau d'égout. Les eaux usées domestiques et les excréta sont évacuées par les ouvrages

d'assainissement autonome. Seul le grand marché Arzêkê est doté d'un système de collecte et traitement de ses eaux usées par lagunage.

Presque dans tous les quartiers les eaux usées ménagères sont rejetées dans l'emprise des parcelles ou sur les voies publiques (photo 2). Les puisards souvent réalisés hors des concessions se remplissent fréquemment entraînant le débordement et la stagnation d'eaux usées ménagères dans la rue avec les conséquences suivantes : détérioration de la qualité du milieu naturel, émanations de mauvaises odeurs et prolifération des moustiques, mouches et autres insectes. Les riverains utilisent souvent les caniveaux (surtout au centre ville) pour évacuer leurs eaux usées ménagères (photos 2 et 3).



Très peu de ménages (moins de 10%) disposent d'ouvrages d'évacuation des excréta qui sont généralement des latrines traditionnelles. Ces latrines généralement mal entretenues sont la source de nuisances telles que les mauvaises odeurs, les mouches et autres insectes.

Les eaux usées industrielles ne subissent aucun traitement avant leur rejet dans les exutoires naturels qui leur sont proches. Cette pratique constitue des sources de pollution sévère pour l'environnement compte tenu du caractère toxique et non biodégradable de ces eaux. A Parakou, les eaux usées produites

par les industries de la place (SOBEBRA, SBEE, COTEB, SONAPRA, COBEMAG), ne sont ni quantifiées, ni caractérisées ; elles sont déversées dans le fleuve Okpara à travers les rivières Orou-Toko et Dama. La situation est donc alarmante et grave en ce qui concerne la santé et la pollution de l'espace urbain et naturel.

Dans le cas des maisons individuelles (zone d'habitats de haut standing), la fosse est généralement privée, en bon état (bien construite et bien maintenue) et est régulièrement vidangée. Dans le cas des maisons de la zone des habitats populaires, les toilettes sont souvent partagées entre plusieurs familles. Elles peuvent être situées dans une parcelle (latrines communes) ou au milieu de plusieurs parcelles (latrines collectives). Les latrines communes se trouvent souvent en mauvais état à cause de :

1. l'absence de vidange régulière due aux contraintes financières et d'accessibilité : selon le code l'hygiène la fosse doit être à 40 mètres au maximum du lieu d'accessibilité du camion ;
2. la mauvaise qualité de construction (dalle non bétonnée, fosse non maçonnée) qui favorise le débordement lors pluies et la pollution de l'environnement. Les toilettes communes sont le moyen le plus utilisé dans la zone d'habitats populaires qui se trouve au centre de la ville.

Dans le cas des latrines collectives (publiques), la construction est souvent en « dur » (de bonne qualité) et elles sont situées sur des terrains plus accessibles. Toutefois une fois construites, soit par des ONG, soit par les autorités administratives de la ville, elles sont souvent laissées sans le moindre cadre de gestion. Malgré l'effort des usagers, on constate souvent un dysfonctionnement, principalement lié à:

- ✓ une absence d'entretien quotidien ;
- ✓ un remplissage rapide ;
- ✓ une absence de modalité de financement pour la vidange.

Notre enquête réalisée entre octobre et novembre 2007, dans quelques quartiers du centre-ville (zone d'habitats populaires), indique que 60 % des toilettes sont en très mauvais état, seulement 30 % sont vidangées, 48 % sont connectées aux rivières urbaines, 22 % débordent. Concernant les causes de dysfonctionnement, 48 % des ménages interrogés donnent des raisons financières, 34 % des problèmes d'entente entre usagers et 18 % des raisons techniques (accessibilité, espace, etc.). Le problème d'usage approprié apparaît également parmi les raisons majeures de dysfonctionnement et de remplissage fréquent : 63 % des ménages interrogés répondent « oui » à la question « est ce que vous jetez des déchets solides dans la fosse ? Cela est aussi confirmé par les vidangeurs qui se plaignent des déchets solides qui obstruent la pompe de vidange.

IV.4.3.1 - Traitement des eaux usées à Parakou

La quantité d'eaux usées traitée est insignifiante ; elle concerne les eaux usées du marché Arzèkè traitées par lagunage et déversée dans la rivière Abêrê qui rejoint le fleuve Okpara. Les eaux usées vidangées par les camions, sont rejetées dans la nature sans aucun traitement, dans une ancienne carrière, située à moins d'un kilomètre en amont de la rivière Kabounaré qui rejoint le fleuve Okpara. Ce fleuve est utilisé en aval comme une source d'alimentation d'eau potable par la SONEB. La station d'épuration construite pour le traitement des boues de vidange à coup de centaines de millions par l'Etat béninois, n'est pas mise en service pour cause de mauvaise organisation au niveau de la municipalité de Parakou.

L'impact de l'absence du traitement et du dysfonctionnement du système de gestion des eaux usées sur le SGEPU est triple : impact environnemental, impact hydraulique et impact sur la santé.

Les eaux usées sont considérées par plus de 63% des ménages interrogés comme sources de problèmes, d'environnement, de santé et de dégradation du patrimoine urbain.

➤ Les problèmes d'environnement

A partir des avis des populations, on peut estimer que les problèmes environnementaux, causés par les eaux usées fortement chargées, sont préoccupants dans la zone d'étude puis qu'ils sont cités par 75% des ménages qui les perçoivent en terme de :

- pollution et la dégradation de la qualité de la ressource en eau citée par 78% des ménages avec comme conséquence la disparition des espèces aquatiques (poissons) ;
- contamination des sols évoquée par 63% des ménages entraînant la détérioration de la qualité des sols l'érosion et le ravinement des sols ;
- détérioration du cadre de vie, la destruction du patrimoine urbain, le manque d'esthétisme, l'insalubrité et la gêne des voisins évoqués 40% des ménages interrogés ;
- risques de maladies et autres malaises, le ralentissement des activités socio-économiques et les risques accrus d'accidents sont reconnus par 30,1% des ménages interrogés ;
- pollution de l'air avec le dégagement d'odeurs nauséabondes, vue par 25% de l'échantillon.

Les travaux de recherche et les études antérieures et récentes confirment bien la perception des ménages enquêtés. (Fonkou, 1996), (Wéthé, 1999), (Ngnikam, 2000), (EIER-CEREVE (2002), (Wéthé, 2002). De ces études, il ressort que l'impact des eaux usées (et des déchets solides), domestiques et industriels, est perceptible sur la qualité des eaux des cours d'eau. Ces eaux ont un niveau de pollution supérieur aux directives de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) : matières solides en suspension (145 et 1900 mg/l), phosphore (de 0,3 à

33mg/l), azote ammoniacal (1,2 à 60 mg/l), nitrates (0,7 et 9 mg/l), fer (1,85 à 5,5 mg/l), oxygène dissous (1,1 et 5mg/l), DBO5 (de 8 à 300mg/l), coliformes et streptocoques fécaux (de 10^3 à 10^7 UFC/100ml). (Wéthé, 2002). D'autres études notent la présence de métaux lourds : cadmium (5 à 21 μ g/l), plomb (14 à 250 μ g/l), zinc (28 à 300 μ g/l) et cuir de 16 à 1200 μ g/l aux exutoires des eaux usées de certaines industries ((EIER-CEREVE (2002). Cette situation est encore aggravée par les pratiques agricoles avec usage d'engrais et pesticides chimiques dans les bas-fonds marécageux de la ville. A ces facteurs s'ajoutent le comblement des bas-fonds à des fins d'habitation du fait de l'insuffisance de l'offre en parcelles viabilisées, la prolifération d'activités socio-économiques informelles, etc. Les conséquences, déjà visibles, sont entre autres, l'eutrophisation et le comblement des plans d'eau, l'appauvrissement, voire la disparition de la faune et de flore aquatique mettant ainsi en cause la valeur écologique de ces milieux, le manque d'esthétisme et les nuisances diverses (dont principalement les odeurs et les moustiques).

➤ Les problèmes de santé

Les problèmes de santé, dus au non-traitement des eaux usées et à leur stagnation dans les drains et les espaces libres sont signalés par 56% des ménages interrogés en terme de :

- prolifération de gîtes des vecteurs de maladies (moustiques, mouches, cafards et rongeurs) ainsi que des odeurs nauséabondes (citée par 60% des ménages de la zone) ;
- présence, dans les eaux usées, de germes et microbes pathogènes, perçue par 30% des ménages comme facteurs de maladies chez les riverains ;
- contamination de l'eau, des sols et des aliments avec des risques de santé : 67% de ces ménages craignent la dysenterie amibienne, la typhoïde et la diarrhée tandis que 17% évoquent le paludisme causé par les moustiques (type anophèle femelle).

De l'avis de ces ménages, ces maladies sont susceptibles d'entraîner des invalidités, des dépenses importantes et même des décès.

Le croisement des données précédentes, avec les maladies ayant survenu dans les ménages durant les trois derniers mois qui ont précédé l'enquête montre que ces dernières sont pour la plupart d'origine hydrique et se résument comme suit:

- le paludisme qui affecte en moyenne 35% des ménages de la zone d'étude ;
- la diarrhée et la dysenterie dont a souffert 11% des ménages de l'échantillon ;
- la typhoïde qui touche près de 10% des ménages étudiés, à ces maladies, l'étude permet de relever dans l'échantillon, la toux dans 17% des ménages.

L'étude n'a pas permis d'identifier un groupe particulièrement vulnérable par ces maladies dans les ménages interrogés. La proportion des personnes touchées par ces affections est de 12% chez les enfants de moins de 4 ans, de 18% chez les jeunes de moins de 15 ans et enfin de 20% chez les adultes. Par ailleurs, le lien entre ces maladies et les défauts d'assainissement des eaux usées n'est pas clairement défini à la fin de cette étude. Cependant, on retrouve un lien entre les maladies perçues par les ménages et celle effectivement déclarées au niveau des centres de santé de la ville. En effet, une analyse des données issues du Centre Communal de Santé de Parakou montre que les risques de maladies hydriques sont élevés dans toute la ville, sans distinction de tissu urbain, notamment dans les ménages riverains des cours d'eau et des zones de stagnation des eaux usées. De ces données il ressort que ces maladies sont la cause de près de 15% des affections dans les ménages de la ville de Parakou. Les enfants de moins de 5 ans sont les plus touchés et représentent 30% des cas déclarés dans Centre Communal de Santé de la ville. Cette situation évolue en dents de scie entre 1996 et 2008 : 21.000 en 1996 (avec 15 décès constatés), 11.025 cas en 1999 (avec 20 décès), 19.000 cas en 2002 (dont 10 décès), 13.000 cas en 2005 (dont 31 décès) et enfin 19.500 cas de diarrhée en 2008 (dont 15 décès) (CCS, 2002).

➤ Les problèmes affectant les réseaux techniques urbains

Les problèmes dont souffrent les réseaux techniques urbains, du fait des eaux usées mal drainées, sont évoqués par 52% des ménages interviewés en termes de bouchage des égouts (50% des ménages raccordés), d'obstruction des systèmes de drainage d'eaux pluviales (23% des ménages), de cassure des canalisations et de remontée d'eaux usées sur la chaussée (7% des ménages de l'échantillon).

Les conséquences évoquées par les ménages de l'échantillon sont entre autres :

- la destruction des infrastructures urbaines, la réduction de la durée de vie des réseaux urbains, particulièrement la voirie devenue impraticable et ralentissant les activités économiques. Cette conséquence est évoquée par 70% des ménages de l'échantillon qui pensent en outre que les dépenses de réhabilitation sont importantes ;
- la pollution de l'environnement urbain engendre l'insalubrité, les odeurs nauséabondes, l'inesthétique et des désagréments pour 24% de l'échantillon ;

IV.4.3.2 - Politique de la ville en matière de la gestion des eaux usées :

objectifs et stratégies

La politique de la ville, telle que définie dans son programme quinquennal (2005-2009), renforce le nombre d'ouvrages d'assainissement autonome. Il s'agit entre autres :

- d'augmenter le nombre de fosses à vidanger existant de 60% à l'horizon 2009: la ville construira dix fosses communautaires par arrondissement et par an, et avec l'aide extérieure, un complexe sanitaire public par arrondissement;
- d'augmenter à 70 % la capacité de vidange qui actuellement est moins de 15 % en achetant d'ici 2009 trois camions vidangeurs nécessaires et en encourageant les investisseurs privés dans le domaine de vidange.

Cependant, on ne voit pas une préoccupation spécifique et pragmatique pour résoudre le problème de la population à faible (ou sans) revenu sans équipement adéquat notamment dans les zones d'habitats intermédiaires et

populaires. Dans ces zones où les contraintes d'espace, de moyens et de gestion sont fortes et réunies, l'implication du pouvoir public est incontournable. Le problème de cette population constitue le noyau central du problème sanitaire de la ville. Il faut donc que la ville ait une attention particulière à ce problème et une méthode pérenne pour obtenir une amélioration substantielle du cadre de vie de ses habitants. Cela nécessitera certainement une aide financière pour la construction des systèmes sanitaires.

Il est vrai que les acteurs comme le Ministère de la Santé Publique à travers le projet PADEAR et les ONG interviennent dans ce cadre et ce en complémentarité au programme quinquennal de la ville, dans les zones prioritaires, même si leurs actions sont très limitées comparées à l'ampleur du problème.

IV.4.4 - La voirie

La voirie est le réseau structurant de l'espace urbain et du système de drainage. Les connaissances de son état et de son usage sont donc nécessaires pour mieux comprendre le problème d'assainissement de la ville de Parakou.

IV.4.4.1 - L'état de l'existant

Bien qu'on ait commencé à asphalté des rues vers 1962, le développement et la restructuration de la voirie étaient très limités et d'une qualité médiocre jusqu'en 2001. La ville possède actuellement environ 12 Km de voirie bitumée, 32 Km des voiries pavées et 175 Km de voiries en terre (Tableau XVI). Selon des données approximatives de la ville, le taux de voirie à Parakou est environs de 6 % de la surface urbanisée (plus faible que celui de Bangkok (9 %) qualifié comme étant un des plus bas du monde). Sans vouloir comparer, on peut voir l'importance de la voirie dans la ville de Parakou avec le taux de New York où un quart (25 %) de la surface urbanisée est occupée par la voirie (Abdoulaye, 2006).

Tableau XVI: La voirie revêtue à Parakou

Revêtement de la voirie	Equipement	Longueur (Km)	Pourcentage (%)
Asphalte (bitume)	Asphalte total	12	27
	Avec terre pleine centrale	1,7	4
	Sans terre pleine centrale	10,30	23
Pavé	Pavé total	32	73
	Avec trottoir	21,7	50
	Sans trottoir	10,3	23
Total		44	100,00

Source : DPDL/Mairie de Parakou, 2008

La voirie en terre, qui concerne environ 75 % de la voirie carrossable, pose souvent de problème de circulation pendant les saisons de pluie par manque d'entretien. La surface assez compacte et accidentée, ce type de voirie ne favorisant pas l'infiltration accélère le ruissellement, ce qui produit l'érosion. Le tableau XVII, résume l'état des voies en terre dans les quartiers cibles.

Tableau XVII. Etat des rues des quartiers cibles à Parakou

Localités	Rues en bon état	Pourcentage (%)	Rue en mauvais état	Pourcentage (%)	Total
Sinagourou	5	22,72	17	77,28	22
Kadéra	5	33,34	10	66,66	15
Ouézé	6	37,5	10	62,5	16
Alaga	4	23,52	13	76,47	17
Goromosso	7	38,88	11	61,11	18
Lémanda	3	16,66	15	83,33	18
Agbagba	8	36,36	14	63,63	22
Baparapé	2	18,18	9	81,81	11
Amanwion	9	22,50	31	77,50	40
Gâh centre	5	21,73	18	78,26	23
Total	54	26,73	148	73,27	202

Source : Enquête de terrain, août et novembre, 2008

L'analyse du tableau XVII montre que sur 202 rues visitées dans les quartiers cibles de la ville de Parakou, 148 sont dans un état de dégradation très avancées soit 73,27 % du total et seulement 54 sont en bon état soit 26,73 %. Les quartiers les plus touchés sont : Sinagourou (77,28 %), Alaga (76,47 %), Baparapé (81,81 %), Lémanda (86,95 %), Gâh centre 78,26 % et Amanwion (77,50). Toutefois, il faut noter que les 75% des rues portent au moins une ravine de 3 à 10 cm de long ; de 20 à 100 cm de large et de 10 à 70 cm de profondeur (photos 4 et 5).



Photo 4 : Ravinement de la rue du Délégué au quartier Alaga,
Cliché : Abdoulaye, 2006



Photo 5 : Ravinement de la rue du Clinique Holo au quartier Alaga,
Cliché : Abdoulaye, 2006

Les plus importantes sont dans le quartier Alaga. Ces ravines s'approfondissent rapidement (plus de 2 m en 2 ans pour certaines) et créent de nombreux obstacles aux déplacements des habitants. Selon Kokamy-Yambéré (1994), une simple rigole de 2 cm de profondeur, 5 cm de largeur formée lors d'un orage correspond à une perte de 120 kg/100m de rigole.

Parmi les causes de dégradation de ces voies en terre ou revêtue, on peut citer :

- ✓ la mauvaise qualité de construction et de conception (non-respect du cahier de charges) ;
- ✓ l'absence, ou le dysfonctionnement, du système de drainage entraînant ainsi l'érosion et l'affaissement ;
- ✓ l'affaissement causé par les poids lourds pour lesquels la voirie n'est pas conçue.

- ✓ Le manque de coordination et de réparation après une intervention des services de télécommunication ou de la Société Nationale des Eaux du Bénin, on estimait au début des années 2000 que chaque année environ plus de 20 Km de voirie sont creusés pour l'intervention sur les réseaux d'eau ou du téléphone. La remise en état ne se fait pas dans l'immédiat, ou ne se fait pas du tout. Parmi les contrariantes les plus citées, ces services évoquent l'insuffisance du budget, le manque de personnel qualifié et motivé.
- ✓ Le manque d'entretien périodique qui concerne surtout la reprise partielle ou entière des ouvrages due aux dégradations et est considéré comme investissement lourd dont le coût dépasse la capacité de la ville de Parakou. Pour le réaliser, les autorités de la ville de Parakou font appel aux partenaires au développement en vue de son financement.

A Parakou, le coût d'entretien annuel de la voirie urbaine est environ 250 millions de francs CFA. Ce coût est supportable par la ville de Parakou, grâce aux dispositions mises en place par les autorités dans le cadre de la décentralisation, en l'occurrence la taxe de voirie perçue au cordon douanier et reversée aux communes du Bénin dont la commune de Parakou par le Trésor Public depuis 1999 et aux taxes foncières.

IV.4.4.2 - Rôle multiple (socio-économique) de la voirie

Le rôle de la voirie est multiple et dépasse largement la fonction de circulation à laquelle elle est souvent réduite. Elle est en effet un espace public par excellence. Ce rôle est d'autant plus important quand le territoire individuel (maison, parcelle) est exigü. On peut citer l'exemple de tentes dressées dans la rue pendant quatre ou cinq jours pour le deuil, le mariage et les fêtes notamment dans les espaces non structurés. Les matériaux de construction sont déchargés sur la rue bloquant et dégradant ainsi la voirie et son réseau d'assainissement.

Le rôle le plus important concerne le commerce informel et les petits métiers qui occupent de plus en plus l'espace de la voirie. Il est important de

prendre en compte ce rôle de la voirie. Les activités de la rue attirent de plus en plus des gens et produisent des déchets. Ceci nécessite l'installation des poubelles et un balayage régulier.

IV.4.4.3 - Programme et perspective de la ville de Parakou relatifs au développement de la voirie

Il existe une grande préoccupation tant au niveau national que local (ville de Parakou) pour le développement de la voirie, considérée comme élément clé pour la réussite du développement économique : attirer les investisseurs, créer des emplois, etc. La ville l'a intégré dans son programme quinquennal (2005-2009). Ce programme repose sur la valorisation (optimisation) de la voirie existante et des projets importants de nouvelles constructions.

Les stratégies adoptées pour réaliser cet objectif ambitieux en cinq (5) ans avec l'aide des partenaires au développement et l'Etat sont :

- la construction de voirie primaire (en asphalte),
- la construction de voirie secondaire (en pavé) pour optimiser le réseau existant;
- une campagne intensive d'entretien des voies en terre dans les zones enclavées.

La faisabilité de ce programme nécessite un effort continu de la ville de Parakou et surtout une capacité financière importante. Quand on analyse le bilan des cinq dernières années, on devient moins optimiste. De 2003 à 2009, la ville a pu faire la maintenance et la réhabilitation de 28 Km de voirie en terre, et la construction de 32 Km de nouvelle voirie (en asphalte et en pavés).

IV.4.5 - L'interaction et la nécessité d'ajustement du champ de vision et d'action

L'analyse du fonctionnement des éléments techniques de la gestion urbaine et de leurs impacts a montré l'importance des perturbations réciproques et cycliques induites par l'insuffisance de gestion des déchets solides et liquides

et de la voirie sur le SGEPU et vice versa. Cette interdépendance et l'élargissement de champs d'action qu'elle induit sont schématisés dans la figure 18.

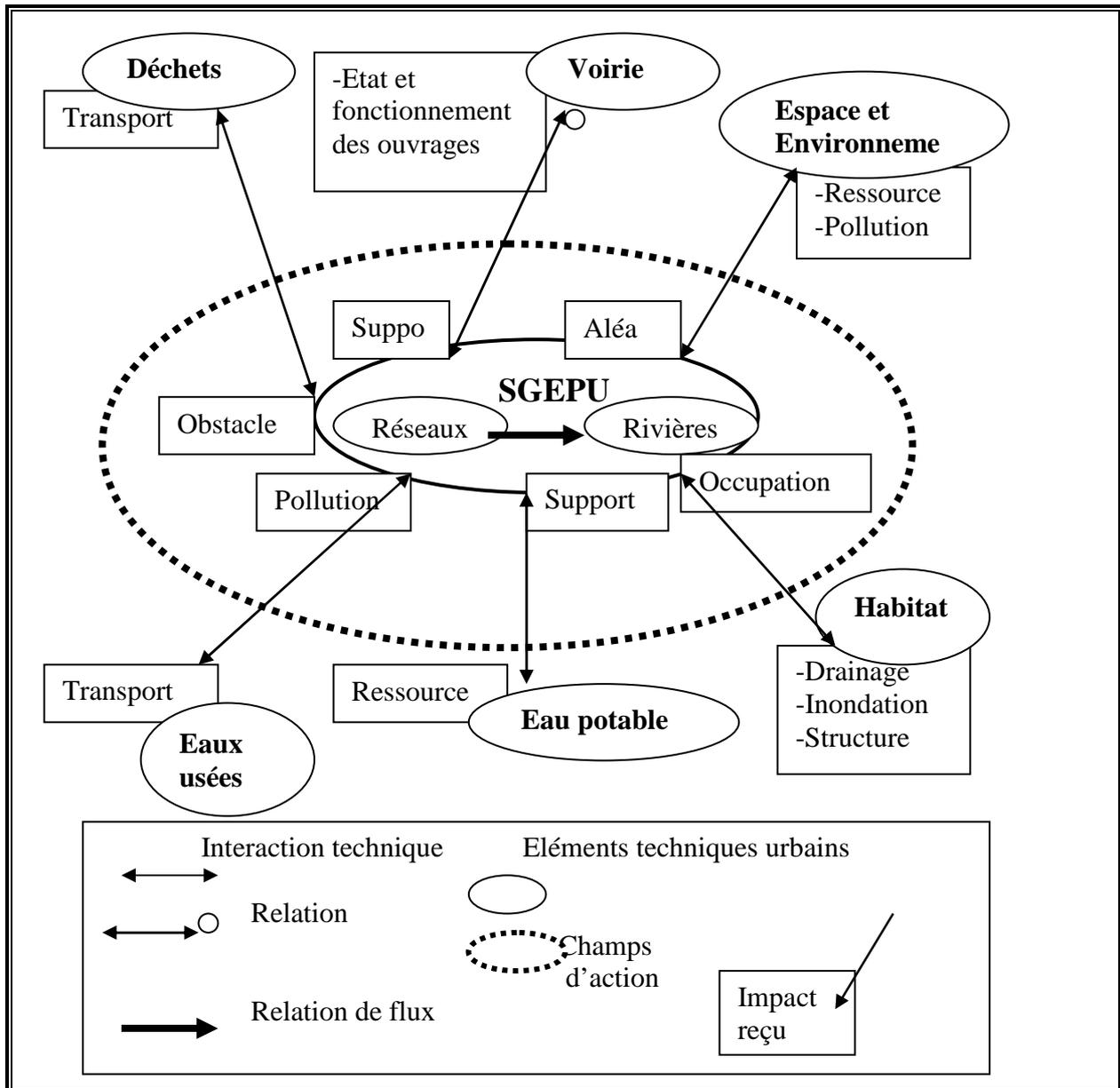


Figure 18: Interaction de SGEPU avec les éléments techniques urbains et le champ d'action : le cas de Parakou

Il est donc nécessaire de réguler cette perturbation pour avoir une gestion urbaine optimisée, efficace et durable. Une gestion efficace d'ordures apportera une amélioration significative à l'assainissement pluvial. Une gestion renforcée des eaux usées diminuera l'impact sanitaire des rivières.

L'amélioration du SGEPU, acquise par la diminution de perturbations, contribuera au bon fonctionnement des voiries et des latrines évitant leur dégradation.

Cette dernière dimension que nous qualifions de dimension externe du SGEPU constitue un élément important pour son fonctionnement car elle détermine son autonomie au sein du système urbain. Vu cette interdépendance, la régulation d'un sous-système ne peut pas être réduite seulement par une régulation interne. La régulation externe pour maintenir l'équilibre est aussi nécessaire.

Ce raisonnement ne remet pas en cause l'existence de services spécialisés qui sont indispensables pour gérer les différents éléments de la ville de Parakou. Il s'agit de montrer les zones de régulation et la nécessité d'une vision globale pour assurer la cohérence et l'efficacité en renforçant l'autonomie du fonctionnement du SGEPU. L'élargissement du champ d'actions et de vision implique l'existence de deux niveaux d'action :

- au niveau du SGEPU : actions intégrées des acteurs d'assainissement des eaux pluviales et des rivières que nous appelons acteurs du premier ordre ;
- au niveau de système urbain : codécision, coordination des actions menées pour la gestion de l'espace (avec les acteurs de second ordre).

En conclusion, dans cette première, de l'analyse de la gestion de l'espace vis-à-vis de la gestion des eaux pluviales urbaines, nous retenons quatre constats principaux :

- ❖ l'importance de l'impact des dysfonctionnements extrinsèques du SGEPU (induit par l'insuffisance de la gestion foncière et des services urbains) ;
- ❖ des potentialités à exploiter notamment sur le plan organisationnel ;
- ❖ des contraintes notamment financières;
- ❖ la nécessité d'une sensibilisation pour une gestion citoyenne et participative.

La gouvernance urbaine, qui se caractérise par une décentralisation locale et des acteurs de la société civile actifs, possède un atout capital pour une gestion locale des eaux pluviales urbaines dans un contexte financier très limité de la municipalité et 70% d'habitants pauvres. Cette question de financement des projets d'assainissement peut s'appuyer sur ces potentialités mais aussi sur la mixité "socio-économique" et sur la solidarité.

La gestion des eaux pluviales subit quatre contraintes majeures provenant de la gestion de l'espace urbain :

1. le non-respect des plans d'urbanisme (occupation des lits majeurs et mineurs des cours d'eaux ainsi que l'emprise des voiries) ;
2. une morphologie urbaine non structurée (qui concerne un tiers de l'espace urbain et la moitié du parc de l'habitat) où l'écoulement des eaux pluviales se fait parfois à travers des pièces d'habitation ;
3. une expansion urbaine qui intègre peu la question de l'assainissement ;
4. une obstruction du réseau des eaux pluviales par les déchets (eaux usées, ordure, etc.) qui constitue une cause majeure de son dysfonctionnement.

La résolution de ces quatre familles de contraintes est la condition préalable pour donner au réseau des eaux pluviales (naturel, artificiel) une autonomie de fonctionnement. Dans la deuxième partie nous allons analyser, le système actuel de gestion des eaux pluviales urbaines et de l'assainissement du cadre de vie à Parakou.

DEUXIEME PARTIE

ANALYSE DU SYSTEME ACTUEL DE GESTION DES

EAUX PLUVIALES URBAINES ET DE

L'ASSAINISSEMENT DU CADRE DE VIE À

PARAKOU

Cette partie est consacrée à l'analyse des phénomènes et diverses dimensions du système de gestion des eaux pluviales à Parakou sur les plans technique, hydrographique, organisationnelle et opérationnelle, politique et pratique.

Il s'agit d'abord de représenter et d'analyser les principales caractéristiques des bassins versants et le phénomène pluie-débit. L'analyse des cours d'eau portera sur les différentes fonctionnalités des rivières, sur leurs qualités ainsi que sur leur usage.

Par la suite, nous nous intéresserons à l'analyse du réseau artificiel des eaux pluviales ainsi qu'à sa conception, à son état de fonctionnement et à sa gestion. Cette analyse est fondée sur l'approche typologique permettant d'avoir une vision représentative de l'équipement en ouvrages de drainage des eaux pluviales et de son état en fonction des typologies urbaines et de la hiérarchie de la voirie. Elle s'appuie sur le travail de terrain déjà annoncé dans la méthodologie (enquêtes, observations de terrain, analyse des cours d'eau). Nous avons procédé par la suite à l'analyse des différents phénomènes et impacts dus au dysfonctionnement ou à l'insuffisance ainsi qu'au risque potentiel.

L'un des points importants de cette partie est l'analyse des rôles, moyens et pérennité des nombreux acteurs intervenants dans le drainage des eaux pluviales urbaines et dans la gestion des cours d'eau.

CHAPITRE V

ANALYSE DES FACTEURS DE RUISSELLEMENT A PARAKOU

Dans ce chapitre cinq, il s'agit d'abord de représenter et d'analyser, les phénomènes pluviométriques de Parakou, les principales caractéristiques des bassins versants et le phénomène pluie-débit d'une part, et d'analyser les cours d'eau en se basant sur les différentes fonctionnalités des rivières, sur leurs qualités ainsi que sur leur usage, d'autre part.

V.1- Phénomènes Pluviométriques dans la ville de Parakou.

La pluviométrie est le facteur primordial de la genèse des crues sur un bassin versant. L'étude de la pluviométrie porte en effet non seulement sur la distribution moyenne dans le temps et dans l'espace, mais également sur la distribution statistique fréquentielle pour la détermination des crues correspondantes. Fort de ce qui précède, nous envisageons, dans cette section, analyser la variabilité interannuelle de la précipitation et le cycle saisonnier observée à Parakou.

V.1.1-Variabilité interannuelle de la précipitation de 1967 à 2007 à Parakou

Le déficit pluviométrique observé dans les années 1970 et 1980 tend à montrer l'existence d'un signal décennal fort dans le climat ouest-africain.

La comparaison des valeurs pluviométriques réduites ($I_i = (P_i - P_{moy})/\sigma$), avec P_i le cumul annuel de l'année i , P_{moy} et σ respectivement la moyenne et l'écart type des précipitations annuelles sur la période considérée sur Parakou (Fig. 19), illustre bien la variabilité interannuelle de la précipitation à Parakou.

De l'analyse de la figure 19, il ressort que la période de 1967 à 1987 est déficitaire, on observe pendant cette période douze(12) années sèches contre neuf (09) années humides. L'année 1983 a été la plus sèche. Selon (Mahé et

Olivry, 1991, 1995, 1999), les précipitations ont diminué dans toute l’Afrique de l’Ouest et Centrale au cours des décennies 1970 et 1980, les déficits les plus importants ont été enregistrés dans toute l’Afrique de l’Ouest et Centrale durant la période 1983-1984, l’année 1983 étant la plus sèche du siècle de la Mauritanie à l’Angola. Les déficits sont plus faibles en direction de l’Afrique Centrale et Equatoriale. Par contre la période de 1988 à 2007 est excédentaire, on observe pendant cette période douze(12) années humides contre huit (08) années sèches. Les années 1990 semblent voir le retour de conditions plus humides à Parakou.

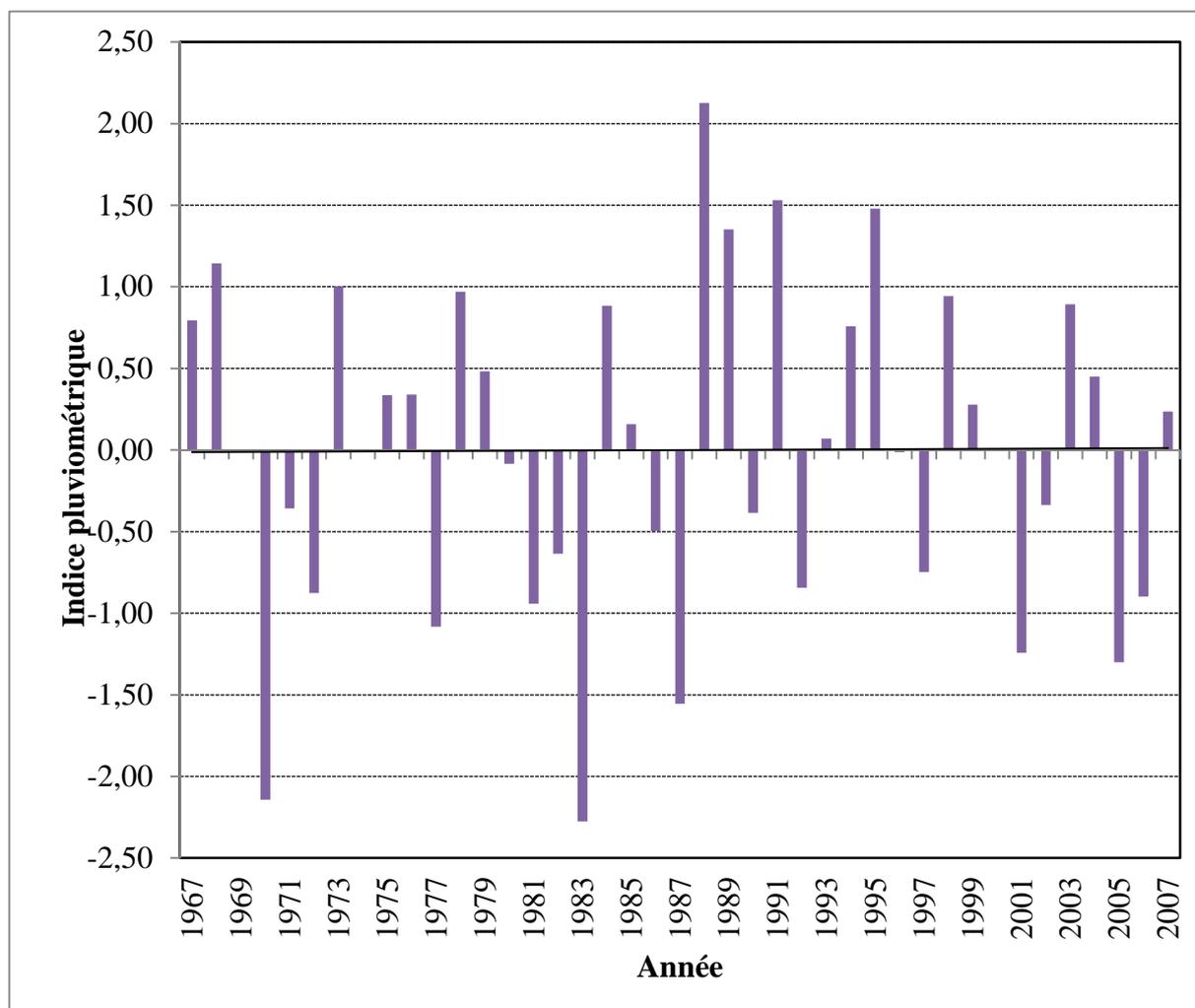


Figure 19 : Valeurs pluviométriques réduites de 1967 à 2007 à Parakou

On notera cependant, avec Balme (2005), que le retour à des conditions plus humides dans les régions sub-sahéliennes distingue ces dernières années de la sécheresse généralisée des décennies 1970 et 1980.

L'Afrique de l'Ouest sub-saharienne n'est donc pas affectée de la même façon par cette variabilité de grande échelle, et dans certaines régions la forte variabilité interannuelle peut rester le signal pluviométrique prédominant. Il est dès lors délicat d'attribuer à une année donnée un caractère sec ou humide à l'échelle régionale, et il convient de tenir compte des fortes hétérogénéités spatiales des champs de précipitations par des analyses à plus fine échelle. Ces aspects spatiaux seront plus largement discutés par la suite.

V.1.2- Cycle saisonnier

La vision classique de la mousson ouest-africaine est basée sur un déplacement progressif de la Zone de Convergence Intertropicale (ZCIT) sur le continent entre 5°N en mai et 15°N en août. Les études récentes du cycle saisonnier (Le Barbé, 2002; Lebel, 2003; Sultan et Janicot, 2003) remettent en cause ce schéma, en montrant la non linéarité du déplacement de la ZCIT sur le continent entre deux positions de quasi-équilibre à 5°N et 10°N, et l'existence d'un saut de mousson entre ces deux latitudes. Deux régimes pluviométriques, directement associés aux mouvements méridiens de la ZCIT, sont dès lors distingués, à savoir une première saison dite océanique, essentiellement due à l'apport d'humidité à partir du Golfe de Guinée, et une seconde dite continentale après le saut de mousson, mettant en jeu une dynamique très différente.

Le cycle saisonnier moyen de la période 1950 à 2002, observé sur un transect situé à 2°E et s'étendant de la côte guinéenne (Cotonou) au Sahel (Niamey), corrobore cette nouvelle vision (Fig. 20).

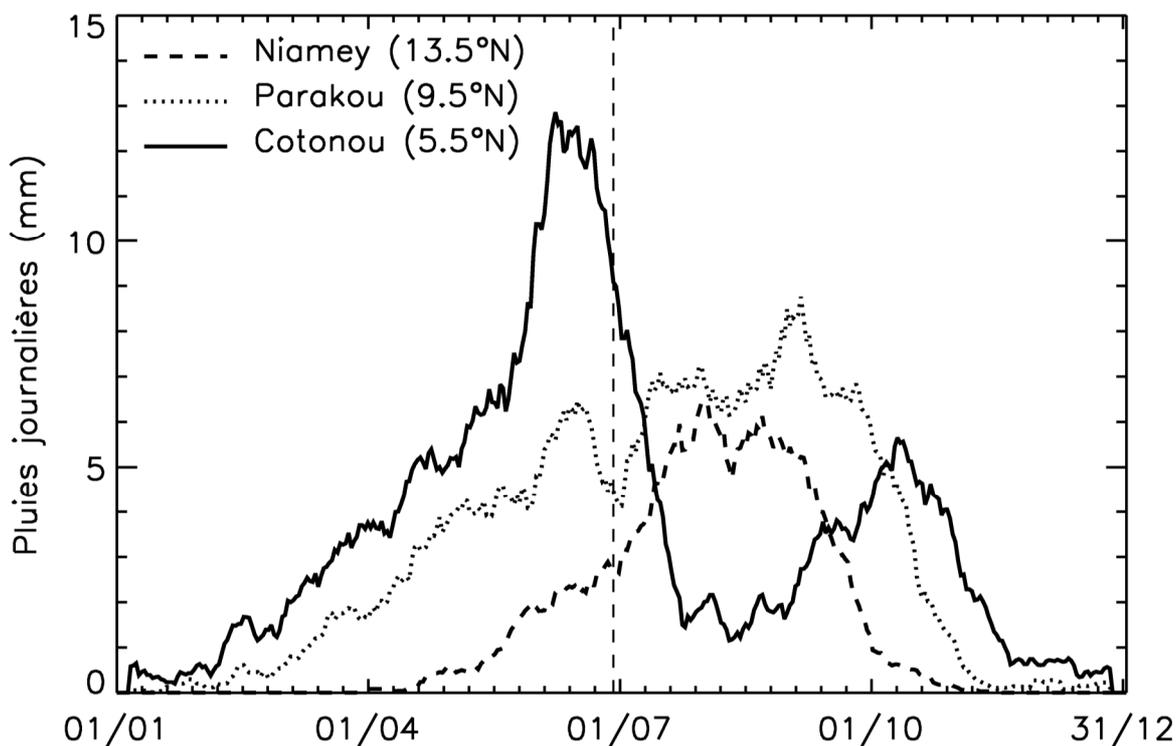


Figure 20: Cycle saisonnier moyen des précipitations sur un transect situé à 2°E, pour la période 1950 à 2002

Sur ce signal, moyenné sur 11 jours (fenêtre glissante de $(j - 5 \text{ à } j + 5)$), trois phases sont mises en évidence. Le régime océanique est à l'origine de la première saison des pluies, avec un premier pic de pluie mi-juin. Plus au nord, il se caractérise au même moment par un pic moins marqué à Parakou et un léger ralentissement dans l'établissement de la mousson début juin à Niamey. Le saut de mousson est très net à la fin du mois de juin. Il se manifeste par un brusque renforcement des précipitations à Niamey et Parakou, et par la fin de la première saison des pluies à Cotonou. La date de ce saut confirme les résultats obtenus par Sultan et Janicot (2003) sur la fenêtre 10°O-2°E et la période 1968 à 1990. Le régime continental, enfin, constitue l'essentiel de la saison à Niamey (de juillet à septembre), le cœur de la saison à Parakou (de juillet à octobre), et l'intégralité de la seconde saison à Cotonou (de septembre à mi-novembre). Ce régime continental apporte 84% des précipitations annuelles à Niamey, 65% à Parakou, et 42% à Cotonou (moyennes sur la période 1950 à 2002).

Les corrélations entre pluies et Températures de Surface de la Mer(TSM) en Afrique de l'Ouest et Centrale (par unités climatiques (Wotling, 1995) montrent que le facteur de variabilité principal des pluies en Afrique de l'Ouest et Centrale est fortement lié à l'indice des TSM inter-hémisphériques de Folland (1986).Le deuxième axe de variabilité met en évidence la limite de 10°N entre la zone côtière nord du golfe de Guinée et la zone soudano-sahélienne, mise en évidence également par Janicot et Sultan (2003).

V.2- Détermination des valeurs extrêmes et tendance des événements pluvieux extrêmes à Parakou

La détermination des valeurs extrêmes est faite à partir de la théorie de la distribution des valeurs extrêmes. Cette distribution des valeurs extrêmes a été faite avec la série des hauteurs de pluie maximales annuelles. La figure 20 présente les hauteurs maximales annuelles de pluie en 24 heures de 1967 à 2007.

Les minima des hauteurs maximales annuelles d'eau se trouvent en dessous de la droite d'ajustement des hauteurs maximales. Les maxima, par contre, sont reconnus sur la courbe par les points qui sont au-dessus de la droite. Au sein de ces maxima se trouvent les valeurs exceptionnelles qui sont situées à l'extrémité supérieure de la droite d'ajustement et s'écartent fortement de celle-ci. Elles présentent les valeurs extrêmes maximales ou « les extrêmes des extrêmes » (Valeurs > à 150 mm). L'analyse fréquentielle de ces valeurs extrêmes a abouti aux résultats résumés dans le tableau XVIII.

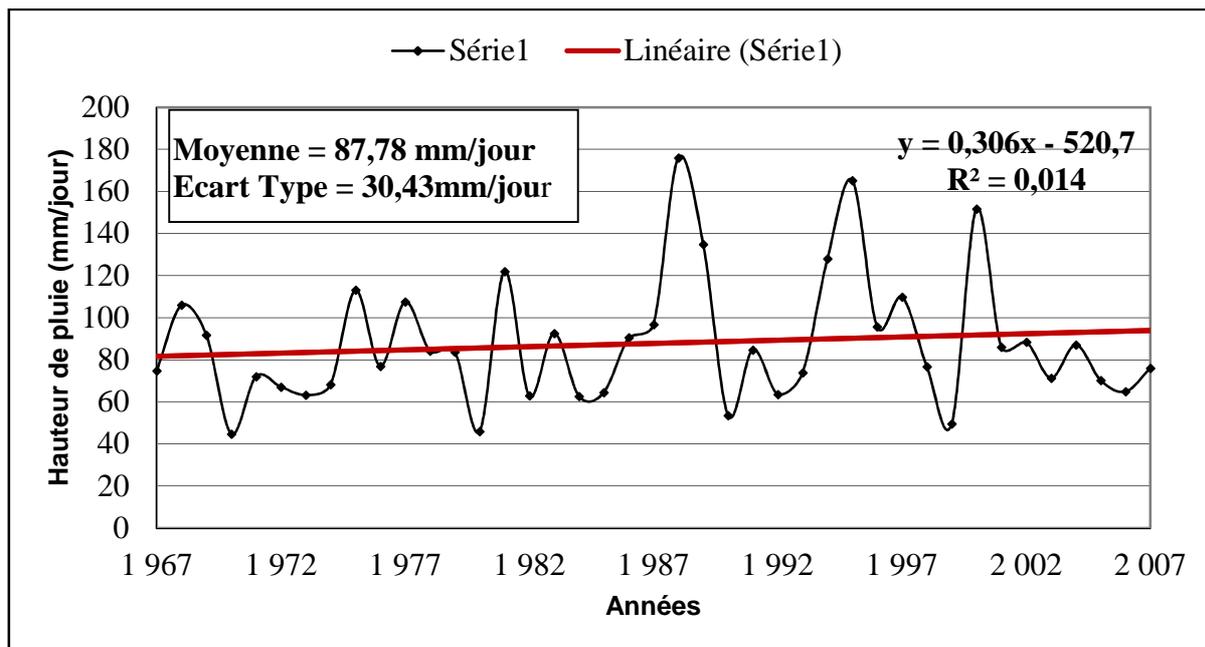
L'observation du tableau XVIII, montre que les extrêmes des extrêmes (valeurs supérieures à 150 mm) ont des fréquences d'apparition de 3%, 5% et 8%. Or selon (GIEC, 2001), les événements extrêmes sont les événements dont la fréquence d'occurrence ne dépasse pas 2%. Il s'ensuit qu'il y a une augmentation significative de (1 à 6)%.

Tableau XVIII: Fréquence des événements pluvieux extrêmes à Parakou

Années	Hauteur de pluie	Rang	Fréquence	Temps de retour
1 988	176	1	0,03	40
1 995	165,2	2	0,05	20
2 000	151,7	3	0,08	13
	150		0,00	0
1 989	134,9	4	0,10	10
1994	128	5	0,13	8
1981	122	6	0,15	7
1975	113,1	7	0,18	6
1997	109,9	8	0,20	5

Les années pour lesquelles la hauteur maximale annuelle de pluie est supérieure ou égale à 150 mm, quelle que soit la période de l'année à laquelle elle est apparue, sont nécessairement des années de grandes inondations.

La courbe de la figure 21, met en évidence des regroupements de grandes valeurs sur la période 1988-2000. Le coefficient de corrélation ($R^2=0,014$) est faible, ceci explique la non homogénéité des extrema à la courbe des moyennes et confirme la grande variabilité des hauteurs maximales annuelles de pluie en 24 heures à Parakou. En somme, les événements pluvieux extrêmes ont connu une augmentation de fréquence et d'ampleur sur la période 1988-2000.



Source : Statistiques de L'ASECNA, (2008)

Figure 21: Hauteur maximale annuelle de pluie en 24h (1967-2007)

V.3-Facteurs expliquant l'augmentation des événements pluvieux extrêmes

Certains facteurs expliquent l'augmentation de la fréquence des événements pluvieux extrêmes à Parakou.

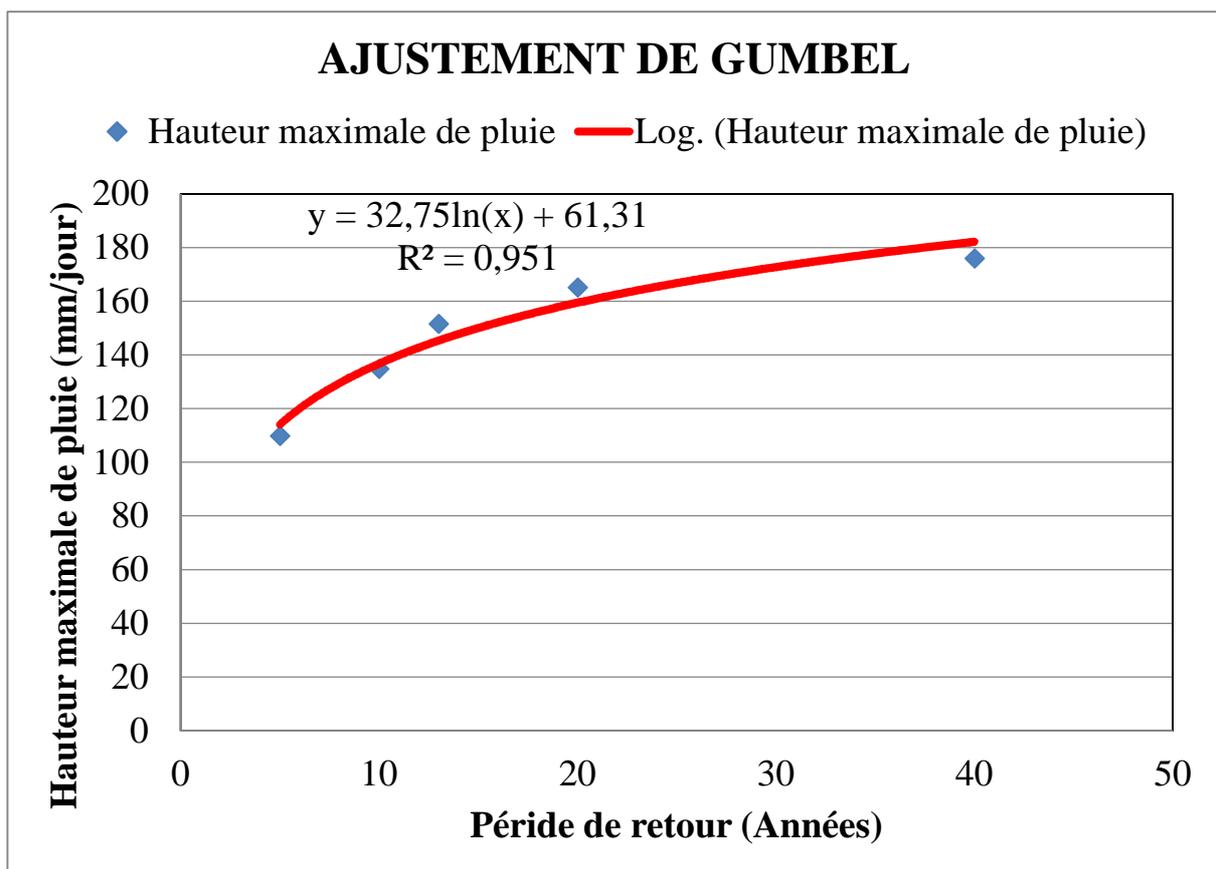
Entre autres la raison évoquée par le GIEC en 2001, qui établit une relation entre le réchauffement planétaire et les extrêmes pluviométriques. C'est celle liée aux effets possibles d'un climat plus chaud, sur les processus physiques régissant les différents phénomènes météorologiques. Varado (2004), a montré qu'il y a un accroissement de la température de 1°C dans la ville de Parakou. Cet accroissement modifie le bilan climatique : précipitation, évaporation et évapotranspiration (Escourrou, 1991). En effet, le réchauffement fait augmenter non seulement l'évaporation et la transpiration, mais aussi la capacité de l'air à contenir l'humidité (Notre planète Info, 2003). Il y a donc dans l'atmosphère plus d'eau susceptible de tomber sous forme de pluie, d'où l'augmentation de la fréquence des événements pluvieux extrêmes.

Au total, les événements pluvieux extrêmes ont connu un accroissement de leur fréquence, accroissement lié aux variations climatiques de la ville de

Parakou. Dans ce contexte, il est souhaitable de voir si ces évènements surviendront avec des valeurs très fortes. Il serait alors aussi très important de connaître leur durée de retour probable.

V.4 - Durée de retour probable des événements pluvieux extrêmes

Nous avons utilisé les résultats de l'analyse fréquentielle de ces valeurs extrêmes présentés dans le tableau XVIII pour construire la courbe des événements pluviométriques exceptionnels en fonction de leur probable période de retour. Des ajustements de Gumbel des précipitations journalières maximales annuelles ont été réalisés; les résultats sont rassemblés sur la figure 22.



Source : D'après les statistiques de L'ASECNA, (2008)

Figure 22: Pluviométrie maximale journalière (Ajustement de Gumbel)

Sur la figure 22, les données sont représentées par des symboles (losange) tandis que la loi de Gumbel est représentée par une courbe continue. Nous observons que le modèle de Gumbel semble convenir parfaitement dans le sens où les quantiles empiriques sont tous compris dans l'IC ($R^2 = 0,951$) et sont, de plus, remarquablement proche de la loi continue.

On observe sur la figure 22 :

- l'apparition d'événements exceptionnels pris en compte par l'ajustement de Gumbel: pluies journalières dépassant 150 mm et pouvant atteindre 200 mm.
- L'analyse de cette figure, montre que les événements pluvieux considérés ont des périodes de retour de 5 à 40 ans.
- les hauteurs comprises entre 110 mm et 150 mm, ont une durée de retour de 5 à 10 ans ;
 - les hauteurs comprises entre 160 mm et 180 mm ont une durée de retour de 20 à 40 ans ;
 - les hauteurs supérieures à 180 mm ont une durée de retour de 40 à 50 ans.

La loi de Gumbel a l'avantage d'être très connue par les ingénieurs qui l'utilisent dans le cadre de travaux sur la fiabilité des infrastructures. L'estimation de la récurrence de pluies extrêmes fournit des éléments indispensables pour la construction d'infrastructures telles les digues et les ouvrages de drainage des eaux pluviales, afin de protéger efficacement la population et leurs biens. La période de retour sert notamment à établir les crues centennales pour la constitution des Plan de Prévention des Risques Inondations (PPRI). Une justification théorique de l'application de ces lois aux valeurs maximales annuelles peut être trouvée par exemple dans Beirlant(1996). Les descriptions les plus simples étant en général les meilleures, nous proposons de travailler avec la distribution de Gumbel qui est décrite par seulement deux paramètres et qui présente de ce fait une expression mathématique plus simple. Cette hypothèse a de plus été préalablement testée et validée au moyen de différents tests statistiques (Mohyont, 2004). On note cependant que des

études récentes (Wilks, 1993; Koutsoyiannis, 2000; Coles, 2003; Koutsoyiannis, 2004) ont exprimé un certain scepticisme concernant l'utilisation de la distribution de Gumbel pour les extrêmes de précipitations, montrant que cette distribution peut, dans certains cas, sous-estimer sérieusement les valeurs extrêmes de pluie pour de très longues périodes de retour.

V.5 - Courbe IDF (Intensité Durée Fréquence) de la station de Parakou

Nous avons utilisé des données de plusieurs années : 37 ans pour les intensités d'une heure et 28 ans pour les intensités 10 ; 20 et 30 minutes, pour construire les courbes IDF pour la station de Parakou (figure 23). Dans cette étude, la formule dite de Montana va être utilisée. La raison en est que cette technique a été préconisée par l'hydrologie traditionnelle française (Réménérias, 1972). La formule dite de Montana est empirique mais constitue une référence en France pour le dimensionnement des systèmes d'assainissement des agglomérations (Circulaire inter-ministérielle, 1981). Les estimations des hauteurs d'eau pour la station de Parakou sont résumées dans le tableau XIX.

Tableau XIX: Estimation des hauteurs d'eau pour la station de Parakou

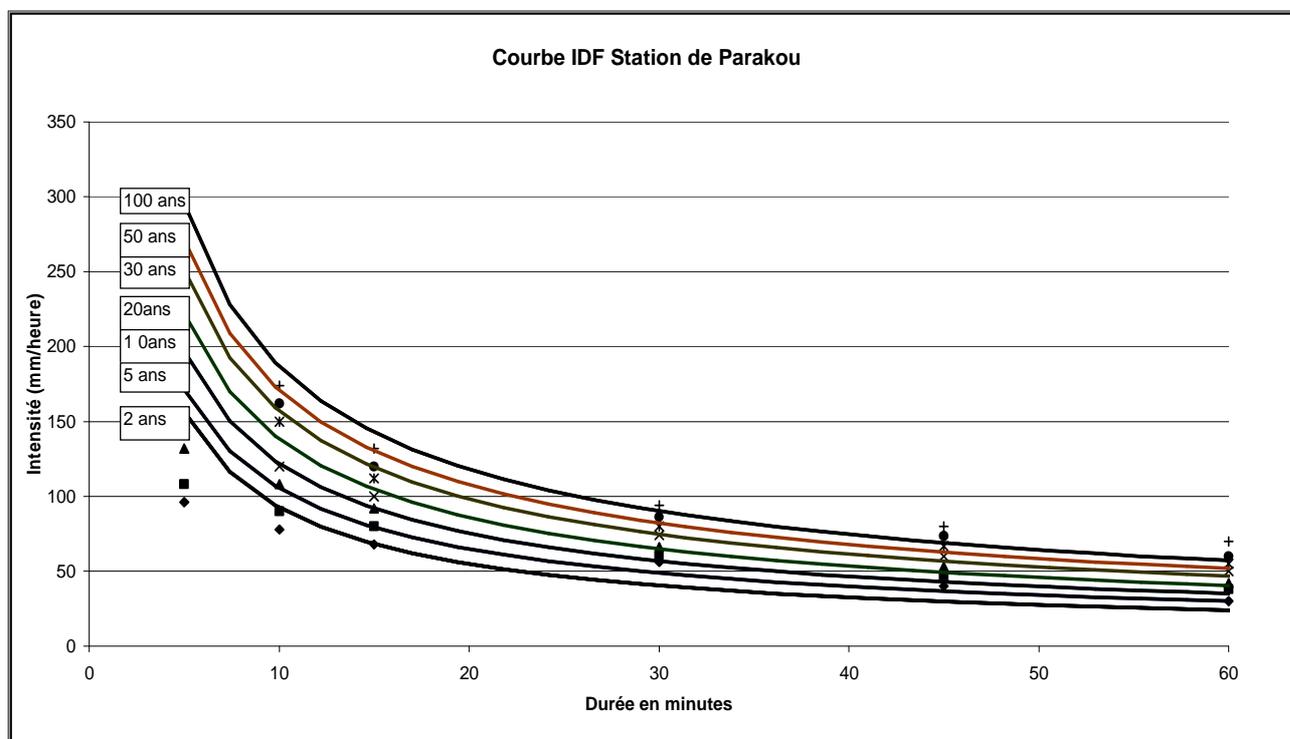
Période de retour (ans)	Hauteur d'eau en mm			
	10 minutes	20 minutes	30 minutes	60 minutes
2	13,58	20,06	25,35	28,65
5	18,28	26,74	34,04	39,93
10	21,31	31,03	39,63	47,2
20	24,42	35,45	45,38	54,67
30	26,46	38,34	49,15	59,56
50	28,24	40,87	52,44	63,84
100	31,02	44,82	57,58	70,52

Source : CIEH, (2003)

Nous avons ajusté la courbe par une loi de type Montana, $I=ta^b$, avec un coefficient de corrélation de 99%. Les différents paramètres de l'ajustement sont résumés dans le tableau XX.

Tableau XX : Les paramètres de l'ajustement

T : temps de retour	2 ans	5ans	10ans	20ans	30ans	50ans	100ans
a	526,35	529,09	601,06	670,24	746,66	792,73	858,10
b	-0,75	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70
Coefficient de corrélation	0,963	0,961	0,970	0,969	0,973	0,976	0,971



Source : D'après les statistiques de CIEH, (2003)

Figure 23 : Courbe IDF de la station de Parakou

Sur la figure 23, les données sont représentées par des symboles tandis que la loi de Montana est représentée par une courbe continue. Nous observons que le modèle de Montana semble convenir parfaitement dans le sens où les quantiles empiriques sont tous compris dans l'IC ($R^2 = 0,99$) et sont, de plus, remarquablement proche de la loi continue.

De l'analyse de la figure 23, il ressort que :

- ✓ les intensités des pluies dépassent la valeur critique (150mm/h) dans les cinq premières minutes. C'est pendant cette période que les pluies exceptionnelles sont enregistrées. Celles dont les intensités sont comprises entre 150 et 200 mm/h, ont une période de retour de 2 à 5 ans. Celles dont les intensités sont supérieures à 200 mm/h, ont une période de retour de 10 à 20 ans;
- ✓ les intensités comprises entre 150 et 200 mm/h de durée 10mn, ont une période de retour de 5 ans à 20 ans;
- ✓ l'intensité de pluie de 100mm/h de durée 15 minutes correspond à une période de retour de 2 à 5 ans. Dans ce laps de temps, aucune pluie exceptionnelle n'est enregistrée.

A l'échelle journalière, les pluies à Parakou doivent être scindées en deux groupes :

- les averses de courte durée et à plus grande intensité, ces averses sont relatives aux quinze premières minutes;
- les averses de longue durée et à moindre intensité. Ces averses sont relatives à celles qui surviennent après les quinze premières minutes.
- ✓ une baisse considérable de l'intensité de pluie après 20 min.

En somme à Parakou, les pluies exceptionnelles surviennent les dix premières minutes.

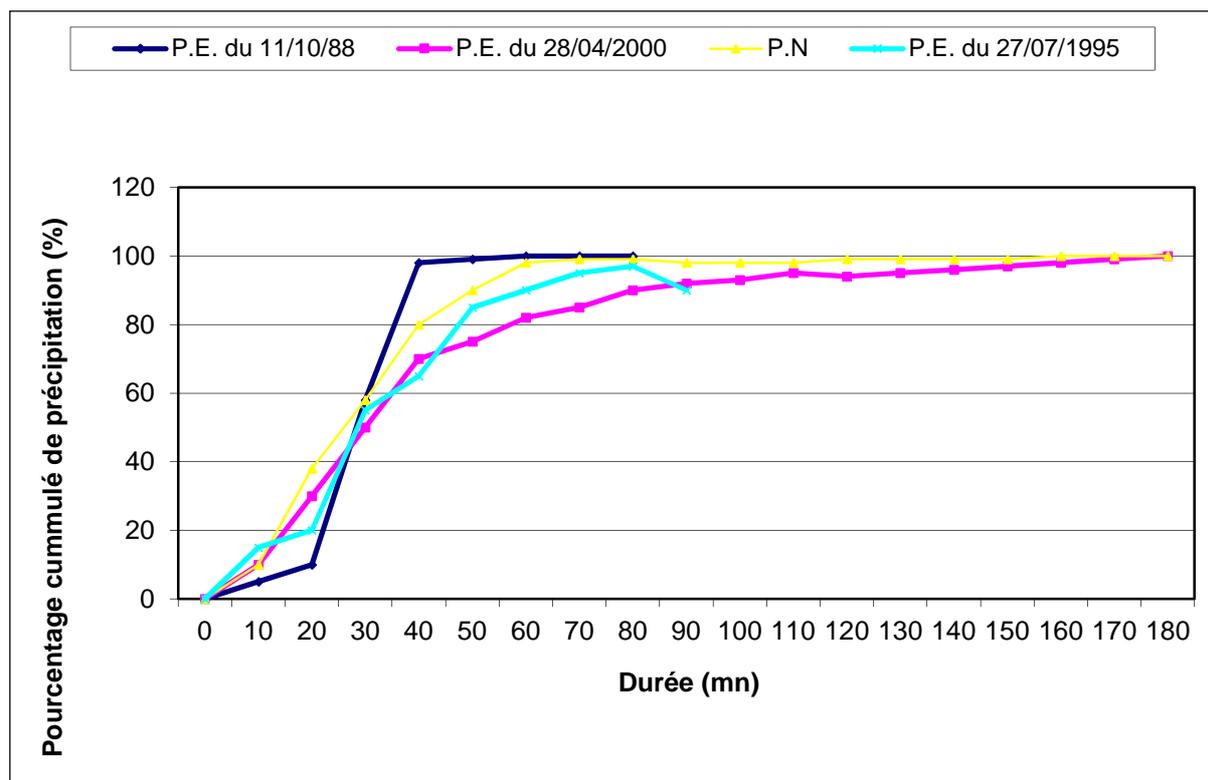
Ces données, doivent nous servir dans l'élaboration des projets d'assainissement pluvial, plus particulièrement dans le dimensionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales. Une fois la période de retour du risque

choisie, il s'agit d'examiner l'incidence d'épisodes pluvieux d'occurrence plus rare. Toutes les précautions requises doivent alors être retenues pour protéger les personnes et les biens.

Selon (Chocat, 1997), le choix du risque est une hypothèse essentielle qui influence les calculs et le projet d'assainissement pluvial. Dans le cadre d'un projet d'assainissement pluvial, la période de retour à retenir pour tout dimensionnement d'ouvrages de gestion des eaux pluviales est souvent imposée par les spécifications locales.

V.6 - Pluies historiques

Les pluies historiques permettent de voir les formes et la nature des pluies fortes et la réaction du bassin versant. Nous avons représenté, dans la figure 24, les pluies qui ont provoqué des dégâts importants.



Source : Statistiques de L'ASECNA, (2008)

Figure 24: Pluies historiques et leur concentration temporelle à Parakou

De l'analyse de la figure 24, il ressort que :

- ✓ sur une courte durée est enregistrée une forte intensité ;
- ✓ la moitié de la précipitation tombe en moyenne les 30 premières minutes;
- ✓ 90% ont lieu les premières 60 minutes;
- ✓ l'intensité de pluie de 100mm/h de durée 15 minutes correspondant à une période de retour de 2 à 5 ans dans le cas de Parakou et 10 ans dans le cas des régions méditerranéennes en Europe (BCEOM, 1982);
- ✓ la partie intense de la précipitation arrive tôt.

Ces événements pluvieux extrêmes ont entraîné d'importants dégâts sur l'environnement de Parakou. La nature et l'importance de ces dégâts sont variables. L'impact le plus dramatique reste l'érosion. Dans une relation de cause à effet, plusieurs impacts lui sont corrélés. Les résultats sont résumés dans le tableau XXI.

Tableau XXI : impacts environnementaux des évènements pluvieux extrêmes

Composantes de l'environnement			Impacts des évènements pluvieux extrêmes et leurs importances
Milieu naturel	Sol	Surface du sol	Inondation des maisons construites proche des bas-fonds et érosion considérable du sol causé par les gouttes de pluie. 73% des rues en terre des quartiers retenus pour les enquêtes sont érodées et impraticables au cours des évènements pluvieux extrêmes.
	Eau	Qualité des eaux	Pollution des eaux (eaux de surface). La quasi-totalité (98%) des eaux des rivières devient inutilisable car elles sont polluées par les eaux de ruissellement qui y entraînent des déchets (liquides et solides) provoquant la disparition des espèces aquatiques (poissons). Comblement des cours par la sédimentation.
		Ruissellement et infiltration	Optimisation du ruissellement et limitation de l'infiltration. Les sols sont en général imperméables.
	Flore	Couvert végétal	Destruction des arbres. Les vents qui accompagnent les pluies extrêmes déracinent les arbres.
	Faune	Mammifère, avifaune	Prolifération des maladies et mort d'animaux par noyade (environ 30 volailles sont mortes lors de l'évènement du 28 avril 2000 selon les déclarations d'une femme à Dokparou

Milieu humain	infrastructures	Transport, circulation et routes d'accès	Impraticabilité des voies non revêtus des quartiers retenus pour l'étude mais aussi des autres quartiers de la ville. Cette impraticabilité est estimée à 75%.
	Environnement sanitaire	Santé psychique des hommes	Prolifération des maladies comme la bilharziose, le paludisme, 64% en 2008, les parasitoses de tout genre 59% en 2008 (rapport du zone sanitaire Parakou/N'dali),
		Santé psychique des hommes	Accroissement du stress pluviométrique. La quasi-totalité des habitants de ces quartiers et des habitants de la ville en général deviennent soucieux et tendus compte tenu des difficultés pour regagner leur domicile. Toute sortie devient une équation à résoudre.

La lecture de ce tableau montre que les événements affectent tant l'environnement naturel que l'environnement humain. Ils touchent la surface du sol, les eaux de surface, la flore, la faune, les infrastructures de transport et la santé avec des ampleurs différentes. Les impacts les plus importants sont : l'érosion, l'inondation, optimisation du ruissellement, pollution des eaux, comblement des rivières, impraticabilité des routes en terre, accroissement des maladies et stress.

Au total, l'état de l'environnement se trouve compromis avec la manifestation de ces événements extrêmes. Une telle situation appelle à la prise d'initiative et à l'élaboration de propositions concrètes. Il s'agit de développer des stratégies visant une adaptation aux événements pluvieux extrêmes.

V.7- Les Bassins versants de Parakou et leurs caractéristiques.

V.7.1- Délimitation et caractéristiques des bassins versants

La ville de Parakou s'inscrit dans deux bassins versants, le bassin versant de l'Ouémé supérieur et le bassin versant de l'Okpara qui la coupent en deux.

Nous avons subdivisé ces deux bassins versants en six (06) sous-bassins à partir du plan topographique 1 :50 000 (figure 25).

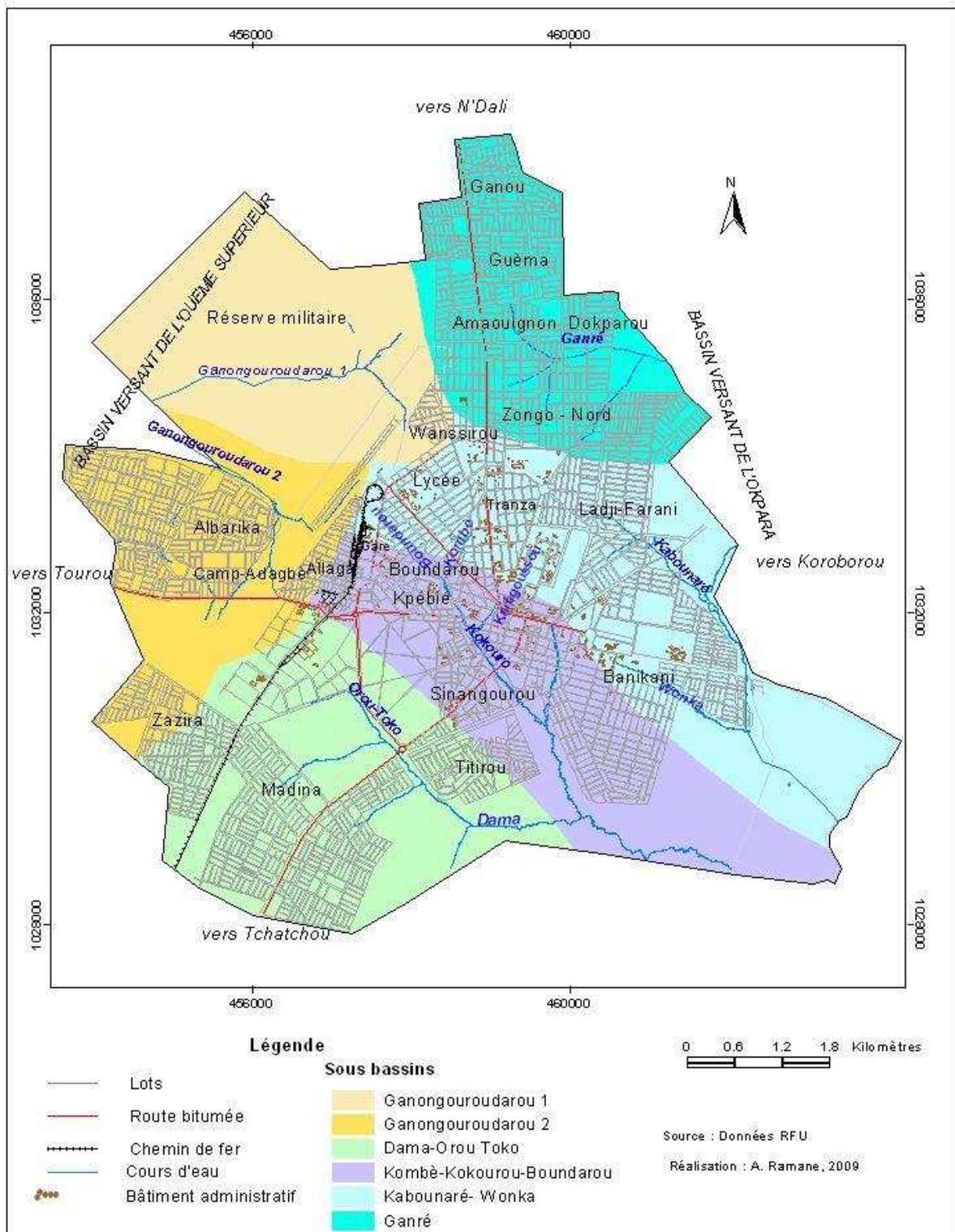


Figure 25: Bassins versants de Parakou

Cette subdivision a été faite, selon la densité ainsi que l'importance (en termes de risque et de débit) du réseau hydrographique (naturel et artificiel) et de l'urbanisation de Parakou. Les différentes superficies (S) et les différents périmètres (P) sont calculés à l'aide du logiciel ArcView.

✓ *Calcul de l'indice global de pente de chaque sous bassin*

Il est l'indice caractérisant le relief de chaque sous bassin. Il est défini par la formule :

$$I_g = \frac{D}{L} \quad \text{où,}$$

I_g : est exprimé en m/km.

D : représente la dénivelée, exprimée en mètres, séparant les altitudes ayant approximativement 5% et 95% de la surface du bassin au-dessus d'elles; ces altitudes sont déterminées sur la courbe hypsométrique, exprimé en m ;

L : est la longueur du rectangle équivalent (c'est un rectangle qui a la même superficie, le même indice de compacité et la même distribution hypsométrique que le bassin versant), exprimée en km; sa longueur est donnée par l'expression:

$$L = S^{1/2} (I_{comp} / 1,128) [1 + (1 - (1,128 / I_{comp})^2)^{1/2}]$$

où,

I_{comp} : est l'indice de compacité du bassin versant (appelé également coefficient de forme, il correspond au rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même superficie), sans dimension; il est défini par la formule :

$$I_{comp} = 0,282 \cdot P \cdot S^{-1/2} \quad \text{où,}$$

P : est le périmètre stylisé du bassin, en km;

S : est la superficie du bassin, en km².

Les résultats des calculs sont consignés dans le tableau XXII.

De l'analyse du tableau XXII il ressort que :

- les sous bassins versants de l'Ouémé supérieur :
- ✓ occupent 29% de la superficie du périmètre urbain de la commune de Parakou et 4% de la superficie de la commune de Parakou;
- ✓ ont une topographie moins pentue avec en moyenne 2% de pente.

Tableau XXII : Caractéristiques des bassins versants de Parakou

N° SBV	Bassins et sous bassins versants	Superficie (S) (en km ²)	Indice global de pente I _g (m/km)	Nature des sous bassin	
				Aspect du réseau hydrographique	géologie
	<i>Bassin versant de l'Ouémé supérieur</i>				
1	Ganongourou1	10	25	dendritique	granite
2	Ganongourou2	9	15	dendritique	granite
	<i>Bassin versant de l'Okpara</i>				
3	Dama –Orou- Toko	13	30	dendritique	granite
4	Kombè-Kokourou- Boundarou	11	25	dendritique	granite
5	Kabounaré- Wonka	14	30	dendritique	granite
6	Ganré	8	25	dendritique	granite
	Total	65			

Source : Mairie de Parakou, 2007

- les sous bassins versants de l'Okpara:
- ✓ occupent 10% de la superficie de la commune de Parakou ;
- ✓ ont 71% de sa superficie qui fait partie du périmètre urbain de la commune de Parakou, notre zone d'étude ;

- ✓ ont des pentes qui varient entre 2,5 à 3% donc sa topographie est assez pentue ;
- ✓ dispose de quatre sous bassins versants sur les six.
- le périmètre urbain représente 15% de superficie de la commune de Parakou.

Les diverses formations géologiques des bassins versant de Parakou sont recouvertes par des sols faits de couches latéritiques dures et résistantes (cuirasse). Le socle et les cuirasses réduisent le potentiel des ressources en eau en favorisant un écoulement moyen de 85 à 90 m/s. Ces différents facteurs empêchent la formation des nappes souterraines et réduisent la disponibilité de la ville en eau. Notre bassin se caractérise donc par une faible capacité d'infiltration, ce qui peut constituer une contrainte pour l'application de certaines techniques alternatives. Le caractère expansif des sols fins et argilo-sableux du bassin versant de Parakou pose des problèmes de stabilité pour les réseaux d'assainissement des eaux pluviales enterrés. La profondeur utile moyenne de ce type de sol, peut être limitée par la discontinuité d'un horizon concrétionné parfois massif rendant médiocre le drainage des eaux.

V.7.2–L'étude des pentes et le drainage à Parakou

La forte pente (2 à 5%) du bassin versant de Parakou, avec la nature et la faible couverture du sol, accélèrent le ruissellement direct en surface mais aussi l'écoulement hypodermique dans le sol. Selon (Insavalor, 1997), les pertes initiales (PI) sont définies en fonction de la pente moyenne du bassin versant:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \bullet \text{ PI}=2 & \text{si pente moyenne} \leq 1.5\% \\ \bullet \text{ PI}= 0.5+ (3\text{-pente}) & \text{si } 1.5\% \leq \text{pente moyenne} \leq 3\% \\ \bullet \text{ PI}=0.5 & \text{si pente moyenne} \geq 3\% \end{array} \right.$$

Où PI sont (mm).

Les pertes initiales s'appliquent au début d'un évènement pluvieux et elles doivent être satisfaites pour qu'un débit apparaisse. Elles intègrent par exemple le mouillage nécessaire des surfaces imperméabilisées avant que le ruissellement

se produise. Elles sont classiquement considérées comme constantes au cours du temps sur le bassin versant.

Malgré la forte densification de la ville de Parakou, il existe encore des espaces verts de diverses tailles et fonctions (forêts, zones maraîchères, etc.) au sein de l'espace urbanisé. Il existe de nombreux sites maraîchers de surface de deux cent quatorze (214) hectares situés le long des rivières (notamment dans le bassin versant de l'Okpara). On trouve également à l'ouest et au centre de la ville de Parakou des îlots forestiers. Il s'agit essentiellement des îlots forestiers de Tabéra, de Gah-non et de la réserve de Kpébié, qui constituent aujourd'hui les témoignages de l'existence, à l'origine d'une végétation luxuriante dans la commune de Parakou. La prise en compte de ces espaces dans la gestion des eaux pluviales urbaines est importante dans la mesure où la ville de Parakou est très dense et que leur emplacement près des rivières permet d'avoir un champ d'inondation plus large.

Le ruissellement, qui correspond aux écoulements se formant à la surface du milieu urbain, constitue la principale source de débit dans les réseaux d'assainissement pluvial. Elle est même généralement considérée comme l'unique source de débit. Ce ruissellement est relativement difficile à appréhender pour les raisons suivantes:

- il peut être diffus (sur un toit) ou canalisé (dans le caniveau d'une voirie), les vitesses de transfert associées à ces deux types de ruissellement étant très différentes ;
- les surfaces sur lesquelles il a lieu sont très hétérogènes ;
- il est difficilement dissociable d'autres processus tels que l'interception et l'infiltration.

Les surfaces non urbanisées de Parakou, se composent de l'espace boisé, des champs de culture, de pâturage et des espaces vacants.

Dans cet espace, *le processus d'interception*, terme utilisé par l'hydrologie en milieu naturel, représente un stockage temporaire d'eau à la surface, cette eau étant ultérieurement soit évaporée, soit infiltrée. Dans cet espace, l'interception rejoint la définition classique du milieu naturel et peut être relativement importante à cause du rôle de la végétation (de l'ordre d'une dizaine de millimètres).

V.7.3-La transformation pluie-débit

L'expansion urbaine et la densification des zones urbanisées des dix dernières années ont certainement augmenté la quantité de ruissellement dans les bassins versants de Parakou. Pour les six sous- bassins versants, nous avons calculé les lames d'eau et débits décennaux théoriques à partir de la méthode Orstom.

V.7.3.1- Calcul de la lame d'eau ruisselée de fréquence décennale

Le ruissellement est la partie de l'écoulement qui parvient à l'exutoire d'un bassin sans avoir pénétré dans le sol. La lame d'eau ruisselée est définie par l'équation:

$$\mathbf{Lr}_{10}(\text{mm}) =: \mathbf{Kr}_{10} \cdot \mathbf{Pm}_{10}(\text{mm})$$

- *Calcul de la précipitation journalière décennale moyenne (\mathbf{Pm}_{10}) sur les six sous-bassins.*

La précipitation moyenne \mathbf{Pm}_{10} sur le bassin est obtenue en multipliant la hauteur de précipitation journalière décennale ponctuelle \mathbf{P}_{10} par le coefficient d'abattement \mathbf{A} [coefficient de réduction qui permet de passer, pour une fréquence donnée (fréquence décennale par exemple), d'une hauteur de pluie ponctuelle à une hauteur moyenne calculée sur une certaine superficie, située dans une zone pluviométriquement homogène], déterminé par l'équation simplifiée de Vuillaume (1974):

$$P_{m10} = A \cdot P_{10} \quad \text{avec:}$$

$$A = 1 - \left[\frac{(161 - 0,042 \cdot \bar{P}_{an})}{1000} \cdot \log S \right]$$

- *Estimation de la hauteur de l'averse journalière décennale ponctuelle P_{10} et de la précipitation annuelle ponctuelle P_{an} .*

La ville de Parakou est située, à 9°21 de latitude nord et 2°36 de longitude est(Fig.3) Connaissant la longitude et la latitude, nous avons déterminé la précipitation annuelle ponctuelle P_{an} et la hauteur d'averse journalière décennale ponctuelle P_{10} , en utilisant les cartes d'isohyètes (annexe 3), on a obtenu : **$P_{an}=1200 \text{ mm}$ et $P_{10}=120 \text{ mm}$.**

- *Calcul du coefficient de ruissellement K_{r10}*

Pour un événement pluie-débit déterminé, c'est le rapport du volume de ruissellement rapide au volume précipité. Le coefficient de ruissellement est aussi défini en fonction de la géologie (granite pour le cas de Parakou) et de la précipitation annuelle par l'équation de (Puech et Chabi-Gonni, 1983) :

$$K_{r10}(\%) = 2300 P_{an}^{-0.67}.$$

- *Calcul du volume ruisselé décennal*

Le volume ruisselé décennal est défini par l'équation:

$$V_{r10}(\text{m}^3) = 10^3 \cdot S(\text{km}^2) \cdot L_{r10}(\text{mm})$$

- *Calcul de temps de base de la crue décennale T_{b10}*

Le **Temps de base** est le temps compris entre le début et la fin du ruissellement rapide. Les relations proposées sont de la forme:

$$T_{b10} (\text{mn}) = a \cdot S^{0,36} + b.$$

Les paramètres **a** et **b** variant en fonction de la pente des sous-bassins sont résumés dans le tableau XXIII:

Tableau XXIII : Paramètres a et b en fonction de Ig

$Ig = 15$	$Tb_{10} = 75 \cdot S^{0,36} + 55$
$Ig = 25$	$Tb_{10} = 44 \cdot S^{0,36} + 28$
$Ig = 30$	$Tb_{10} = 35 \cdot S^{0,36} + 20$

Source : Rodier, 1965

- *Calcul du temps de montée de la crue décennale Tm_{10}*

Le Temps de montée de la crue décennale est le temps qui s'écoule entre l'arrivée à l'exutoire de l'écoulement rapide (décelable par le limnigraphe) et le maximum de l'hydrogramme dû à l'écoulement de surface. Dans la zone tropicale sèche, en toute première approximation et en l'absence de particularités physiographiques, on peut considérer que le temps de montée représente le tiers du temps de base. **$Tm_{10}(mn) = 0,33 \cdot Tb_{10}$**

V.7.3.2-Calcul du débit de pointe correspondant au ruissellement superficiel de la crue décennale.

La *crue décennale* peut être définie comme étant la crue provoquée par une pluie décennale (hauteur de précipitation égalée ou dépassée en moyenne une fois par décennie), toutes les autres conditions étant celles observées le plus fréquemment lors de fortes averses (humectation du sol, état de la végétation, forme et répartition spatiale de la pluie) (Rodier, 1989).

Le débit de pointe correspondant au ruissellement superficiel de la crue décennale est défini par la relation:

$$Qr_{10}(m^3/s) = A \cdot P_{10} \cdot Kr_{10} \cdot \alpha_{10} \cdot S/Tb_{10}$$

avec,

A : le coefficient d'abattement de la pluie

P_{10} : la hauteur de pluie journalière décennale en mm

Kr_{10} : le coefficient de ruissellement correspondant à la crue décennale en %

α_{10} : le coefficient de pointe correspondant à la crue décennale

S : la superficie du bassin versant en km^2

Tb_{10} : le temps de base correspondant à la crue décennale en mn

Ces différents paramètres sont déterminés à l'aide d'abaques ou de formules.

Seul α_{10} peut, dans de nombreux cas, être assimilé à une constante.

- *Calcul du débit moyen de ruissellement $Q_{mr_{10}}$*

$Q_{mr_{10}}(m^3/s)$ est donné par la relation : $V_{r_{10}}/ Tb_{10}$

- *Calcul du débit maximum de ruissellement $Q_{r_{10}}$*

$Q_{r_{10}}(m^3/s)$ est donné par la relation : $a_{10} Q_{mr_{10}}$ ($a_{10} = 2,6$)

Le débit de pointe Q_{10} est estimé après examen des terrains qui permet d'évaluer la part d'écoulement retardé ($Q_{ret_{10}}$). Dans la zone tropicale sèche, pour les petits bassins imperméables comme le cas de Parakou où la zone d'étude est granitique, on peut prendre $Q_{ret_{10}} = 0,03 Q_{r_{10}}$.

$Q_{10}(m^3/s)$ est donné par la relation : $Q_{r_{10}} + Q_{ret_{10}} = Q_{r_{10}} + 0,03 Q_{r_{10}}$ soit,

$Q_{10}(m^3/s) = 1,03 Q_{r_{10}}$

- *Calcul du volume d'écoulement retardé de la crue décennale $V_{ret_{10}}$*

$V_{ret_{10}}(m^3)$ est donné par la relation : $Q_{ret_{10}}/Tb_{10} = 0,03 Q_{r_{10}}/ Tb_{10}$

- *Calcul du volume total de crue $V_{c_{10}}$*

Le volume total de crue $V_{c_{10}}(m^3)$ est la somme du volume ruisselé $V_{r_{10}}$ et du volume d'écoulement retardé $V_{ret_{10}}$: $V_{r_{10}} + V_{ret_{10}}$

Les résultats des calculs sont résumés dans le tableau XXIV et XXV.

Tableau XXIV : Résultats des calculs des caractéristiques des sous-bassins

SBV	sup (km2)	P (km)	Icomp	L (km)	D(m)	Ig (m/km)
1	10	13	1,2	4	100	25
2	9	16	1,5	7	100	15
3	13	15	1,2	5	143	30
4	11	17	1,4	7	173	25
5	14	20	1,5	8	249	30
6	9	14	1,3	5	133	25

Tableau XXV : Résultats des calculs des données décennales de crues

N°BV	Sup (km2)	Ig. (m/km)	Pan (mm)	P10 (mm)	A	Pm10 (mm)	Kr10	Lr10 (mm)	Vr10 (m3)	Tb10 (mn)	Qmr10 (m3/s)	Qr10 (m3/s)	Q10 (m3/s)	Vret10 (m3)	Vc10 (m3)	Tm10 (mn)
1	10	25	1 200	120	0,89	106,7	20	21,2	212 302	129	27,5	71,4	73,6	16 559,58	228 861,92	43
2	9	15	1 200	120	0,89	107,3	20	21,4	192 159	220	14,5	37,8	38,9	14 988,43	207 147,75	73
3	13	30	1 200	120	0,88	105,2	20	20,9	272 082	108	41,9	109,0	112,3	21 222,43	293 304,85	36
4	11	25	1 200	120	0,88	106,2	20	21,1	232 331	132	29,3	76,1	78,4	18 121,78	250 452,28	44
5	14	30	1 200	120	0,87	104,8	20	20,8	291 822	111	44,0	114,4	117,9	22 762,14	314 584,40	37
6	8	25	1 200	120	0,90	108,0	20	21,5	171 889	121	23,7	61,5	63,4	13 407,31	185 295,96	40

V.8- Réponse des bassins versants

Nous avons utilisé les données des tableaux XXIV et XXV, pour construire le graphique (figure 26) relatif à l'évolution du débit de pointe décennal, de la lame d'eau décennale ruisselée, du temps de montée en fonction des superficies des sous bassins versants de Parakou.

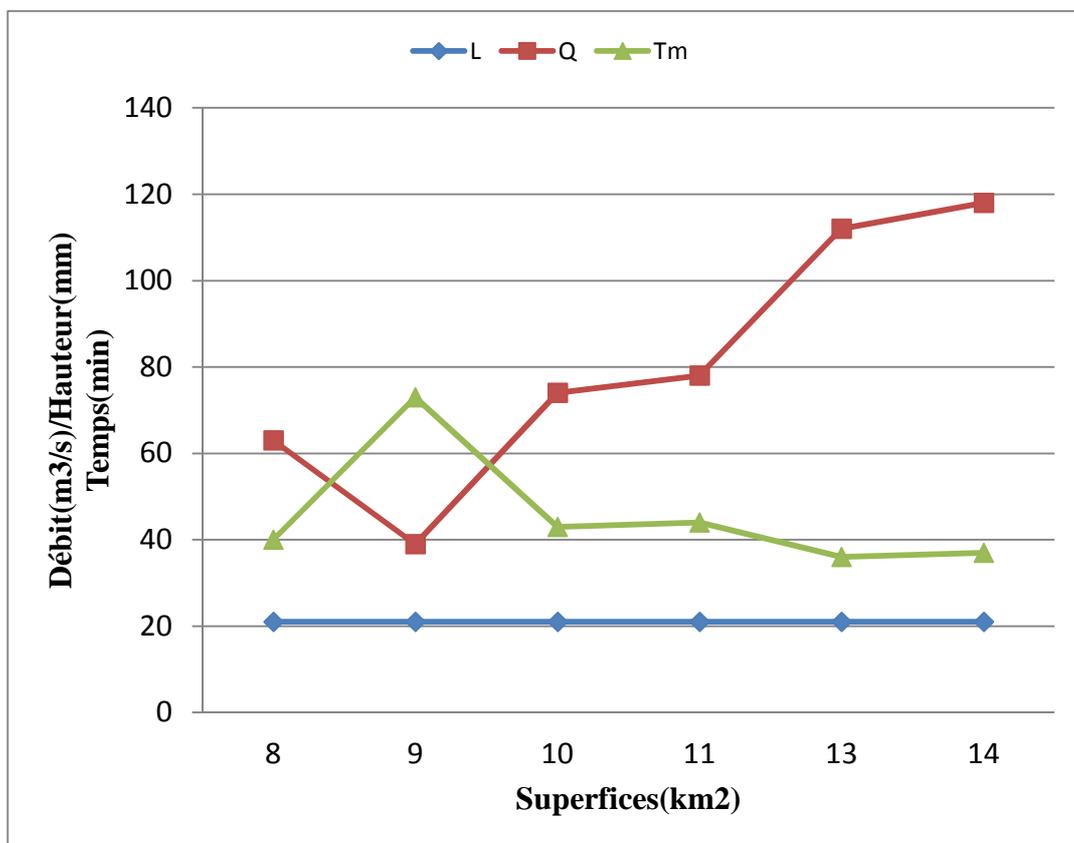


Figure 26: Evolution du débit, de la lame d'eau et du temps de montée en fonction de la superficie des sous-bassins.

De l'analyse de la figure 26, il ressort que :

- les lames d'eaux décennales sont les mêmes dans les six sous-bassins, ceci peut s'expliquer du fait que le coefficient d'abattement ($A=0,88$ en moyenne) de pluie est pratiquement les mêmes dans les sous bassins, car la variation des superficies des sous-bassins est négligeable ;

- les débits de pointe décennaux des sous-bassins 1 et 4 font le double de celui du sous-bassin 2 d'une part, ceux des sous-bassins 3 et 5 font le triple de celui de 2 d'autre part. Ceci s'explique par le temps long (220 mn) de base du sous bassin 2 contrairement aux temps courts (en moyenne 120 mn) de base des autres sous-bassins ;
- une montée brutale de la crue en un temps court(en moyenne 40mn) dans les sous-bassins 1, 3, 4, 5 et 6; cette brutalité est due à la conjonction d'une pluie courte et intense et aux caractéristiques des sous-bassins qui accélèrent son arrivée dans les rivières. Les caractéristiques de ces sous-bassins comprennent:
 - la forte pente : 2.5% à 3% ;
 - les formes des sous-bassins qui favorisent le rejet immédiat dans les rivières : faible temps de base (106 mn à 132 mn) et faible stockage;
 - la forte imperméabilité des sols : zone granitique ;
 - la faible couverture végétale dans la zone d'étude : 3% de la zone d'étude;
 - le faible maillage du réseau d'assainissement pluvial (peu de stockage) ;

Sous l'effet de l'urbanisation le temps de réponse d'un bassin versant diminue considérablement et les débits de pointe augmentent (Desbordes, 1989). Dans le contexte local, en tenant compte de la capacité insuffisante de l'ouvrage d'évacuation des eaux pluviales existant, l'urbanisation du bassin peut être la cause d'inondations fréquentes.

- le sous-bassin 2 se caractérise par une montée lente et allongée de la crue (1h13mn environs), un temps de base long (3h40mn). Ceci peut s'expliquer essentiellement par sa topographie (1.5% de pente) et le faible taux d'imperméabilité, l'état de l'urbanisation et de la couverture du sol étant relativement semblable à ceux des bassins dont la montée est rapide.

Cependant, le faible taux d'imperméabilité et la nature du système de collecte des eaux pluviales (stagnation sur la voirie, réseau peu dense) favorisent tout de même le stockage dans les dépressions, sur la voirie et dans les zones assez

plates et réduisent ainsi la crue de pointe. La relation entre la pente et l'érosion proposée par Duley et Hays (1932), Zingg (1940) et bien d'autres, est du type exponentiel, l'exposant étant de l'ordre de 1,4. Hudson (1973) en Rhodésie et Roose (1975b) en Côte d'Ivoire ont trouvé qu'en milieu tropical la croissance de l'érosion, en fonction de la pente, est exacerbée et qu'il serait plus exact de choisir un exposant supérieur à 2. Wischmeier et Smith (1960), quant à eux, trouvèrent un meilleur ajustement à une loi polynomiale du second degré :

$$E = f(PL) = L^{1/2} (0,76 + 0,53 P + 0,076 P^2)/100 \text{ où,}$$

P : est l'inclinaison de la pente en % et **L** : la longueur de la parcelle en pieds.

En utilisant cette formule, nous avons calculé, la masse de terre perdue dans chaque sous-bassin durant la période 1967 à 2007. Les résultats des calculs sont résumés dans le tableau XXVI.

Tableau XXVI: Evolution de l'érosion en fonction de la pente

N° SBV	Longueur du sous bassin L (km)	Nombre d'années (1967-2007)	Inclinaison de la pente P(%)	Erosion prévisible E(t/ha/an)	Erosion prévisible pendant 40 ans E1(t/ha)
1	6,5	40	2,5	4	160
2	8	40	1,5	3	120
3	7,5	40	3	5	200
4	8,5	40	2,5	4	160
5	10	40	3	6	224
6	7	40	2,5	4	160
Total d'érosion prévisible dans la zone d'étude				26	1024

De l'analyse du tableau XXVI, il ressort que, l'érosion évolue en fonction de la pente mais aussi en raison de la longueur du sous-bassin versant.

Ce résultat, étonnant à première vue, peut cependant s'expliquer. En effet sur faible pente l'énergie du ruissellement est trop faible pour transporter les sables

en suspension; ils rampent donc à la surface du sol et colmatent les macroporosités (pellicule de glaçage). L'érosion en nappe laisse alors des traînées sableuses. Par contre sur forte pente, l'érosion se développe en rigoles ce qui augmente la surface exposée aux pluies et les pores dégagés; l'énergie du ruissellement est telle qu'elle décape le sol en laissant continuellement ouverte la porosité de surface. Par ailleurs, la pente hydraulique augmente avec la pente topographique, ce qui veut dire que le drainage interne du sol est plus rapide et l'engorgement de surface moins prononcé sur les pentes fortes.

Tout transport de terre nécessite une énergie. Pour l'érosion hydrique sur les versants de pente faible à moyenne, c'est l'énergie des gouttes des pluies qui déclenche le processus de destruction des agrégats du sol tandis que le ruissellement n'assure que le transport des particules détachées. Cependant lorsque la pente augmente, le ruissellement devient lui-même abrasif et son énergie dépasse celle de la pluie au-delà de 15 % (Woodruff, 1948).

Contrairement à ce qu'on observe en zone méditerranéenne (Roose, 1971, 1975a) et saharienne où la pluie exceptionnelle décennale ou centenaire transforme radicalement le paysage, mais en accord avec Wischmeier et Smith (1958) travaillant dans la Grande Plaine américaine, on trouve que ce n'est pas la pluie exceptionnelle qui détermine le niveau de l'érosion en milieu tropical humide et sec mais bien la somme des dix ou vingt plus fortes pluies de l'année. Ceci tient au fait qu'en zone saharienne, le sol est dénudé tout au long de l'année, tandis qu'en zone tropicale il peut être parfaitement couvert en fin de saison humide si bien que l'averse exceptionnelle tombant à cette période n'entraînera que peu de dégâts.

En étudiant les régressions liant la pluie au ruissellement et à l'érosion sur parcelles nues à Adiopodoumé en Côte d'Ivoire, on a constaté que la hauteur des pluies explique mal à elle seule les phénomènes d'érosion; il faut en plus faire intervenir l'humidité du sol avant la pluie et surtout l'intensité de la pluie pendant un laps de temps relativement long. Les relations ne deviennent

hautement significatives au seuil 0,001 que lorsque les intensités maximales sont mesurées sur plus de 45 minutes pour l'érosion et 20 minutes pour le ruissellement. Les coefficients de corrélation s'améliorent encore pour des périodes de 1 à 3 heures (Verney, 1967).

Les auteurs (Bertrand, 1967 ; Dumas, 1965 ; Roose, 1974) s'accordent pour reconnaître le rôle important que joue la pente (longueur, forme et surtout inclinaison) sur le développement de l'érosion. Fournier (1967) fait cependant remarquer qu'il n'est point besoin d'une forte pente pour déclencher ce processus sur certains sols. C'est ainsi qu'à Séfa, au Sénégal, des pentes de 2,5 % ont dû être abandonnées après défrichage et trois années de culture mécanisée. Par ailleurs, lorsque le sol est totalement couvert, l'érosion est faible quelle que soit la pente. A Séfa sous diverses cultures, l'érosion et le ruissellement croissent plus que proportionnellement à la pente.

Même si les résultats obtenus sur ses sous-bassins sont critiquables quant à leur valeur absolue, ils ont le mérite de bien mettre en relief l'importance relative des causes et des facteurs de l'érosion en nappe. Leur interprétation à l'aide de l'équation de Wischmeier en effet a bien mis en évidence l'agressivité extraordinaire des pluies en régions tropicales humides et la résistance des sols ferrallitiques et des sols ferrugineux tropicaux.

Le processus d'altération des roches

Les principaux agents de la dégradation des roches et de la pédogenèse en milieu tropical sont par ordre décroissant : l'eau, la chaleur, la végétation (Michel, 1973). Selon ce auteur, le processus d'altération comprend des actions chimiques et mécaniques qui s'influencent mutuellement : la thermoclastie effrite la roche compacte et l'expose à la dissolution de ses éléments solubles ; les fentes de retrait liées à la dessiccation de l'argile confèrent une certaine perméabilité à une roche argileuse qui devient plus vulnérable à l'altération chimique ; à l'inverse, les actions chimiques peuvent activer les actions mécaniques : la dissolution des éléments solubles d'une roche régolite qu'il

altère. La fragmentation des roches a pour conséquence l'augmentation de façon très importante des surfaces de contact après quoi commence alors l'altération chimique (Oyéédé, 1988). Selon cet auteur, dans ce processus il y a formation de nouveaux minéraux et composés chimiques. Les facteurs les plus importantes, intervenant dans ce processus sont l'eau (H₂O) et le gaz carbonique (CO₂). Le ravinement, une action du ruissellement concentré, affecte principalement les versants car il nécessite de fortes pentes. Sur les versants de la zone d'étude, le ruissellement concentré ravine facilement le manteau d'altération et les formations graveleuses. Le milieu d'étude étant granitique, il est le lieu de prédominance du décapage par ruissellement concentré. L'hydratation altère de nombreuses roches ferrugineuses en les faisant changer de volume, de couleur et de propriété (Oyéédé, 1987). Selon cet auteur, ce phénomène d'hydratation en la saison des pluies et de déshydratation en saison sèche joue un rôle important sous les climats tropicaux. Selon le même auteur, au cours de cette altération, les organismes extraient des roches les matières minérales indispensables pour la construction de leur corps et les accumulent à la surface des roches créant ainsi des conditions pour la formation du sol. Contrairement à la sédimentation continue sous les mers, la part de l'apport éolien sur les continents est un bilan où interviennent, à côté des valeurs de sédimentation, les ablations liées au remaniement, à la redistribution et à l'érosion postérieure des dépôts (Oyéédé, 1983).

V.9 - Contraintes liées à l'érodibilité des sols de la ville de Parakou :

Cas des milieux riverains de Kabounaré.

Le dysfonctionnement hydraulique d'une part, l'inexistence en nombre suffisant d'autre part, des ouvrages de drainage à Parakou, causent entre autres *l'érosion hydraulique* qui se manifeste par l'action directe de la pluie sur le sol (destruction de la structure superficielle par le phénomène de battance). Comme

les précipitations, le ruissellement agit sur le sol par des actions d'ablation et de transport. D'une manière générale, il est admis par les pédologues (Roose, 1976 ; Riou, 1990) qu'au-delà de 50 mm, l'eau ruisselle plus qu'elle ne s'infiltré et que la vitesse de l'eau est le paramètre prépondérant de l'action érosive du ruissellement superficiel. Les pentes étant comprises entre 2% et 5% à Parakou, le ruissellement est optimal (Abdoulaye, 2007).

L'analyse de l'organisation pédologique et de l'occupation du sol montre que les milieux riverains de la région de Baka présentent des séquences de faciès relativement identiques sur l'ensemble de la région considérée, composées de quatre zones correspondant à des pédofaciès qui s'étendent sur une bande de 200 à 250 m de part et d'autre de Kabounaré (figure 27)

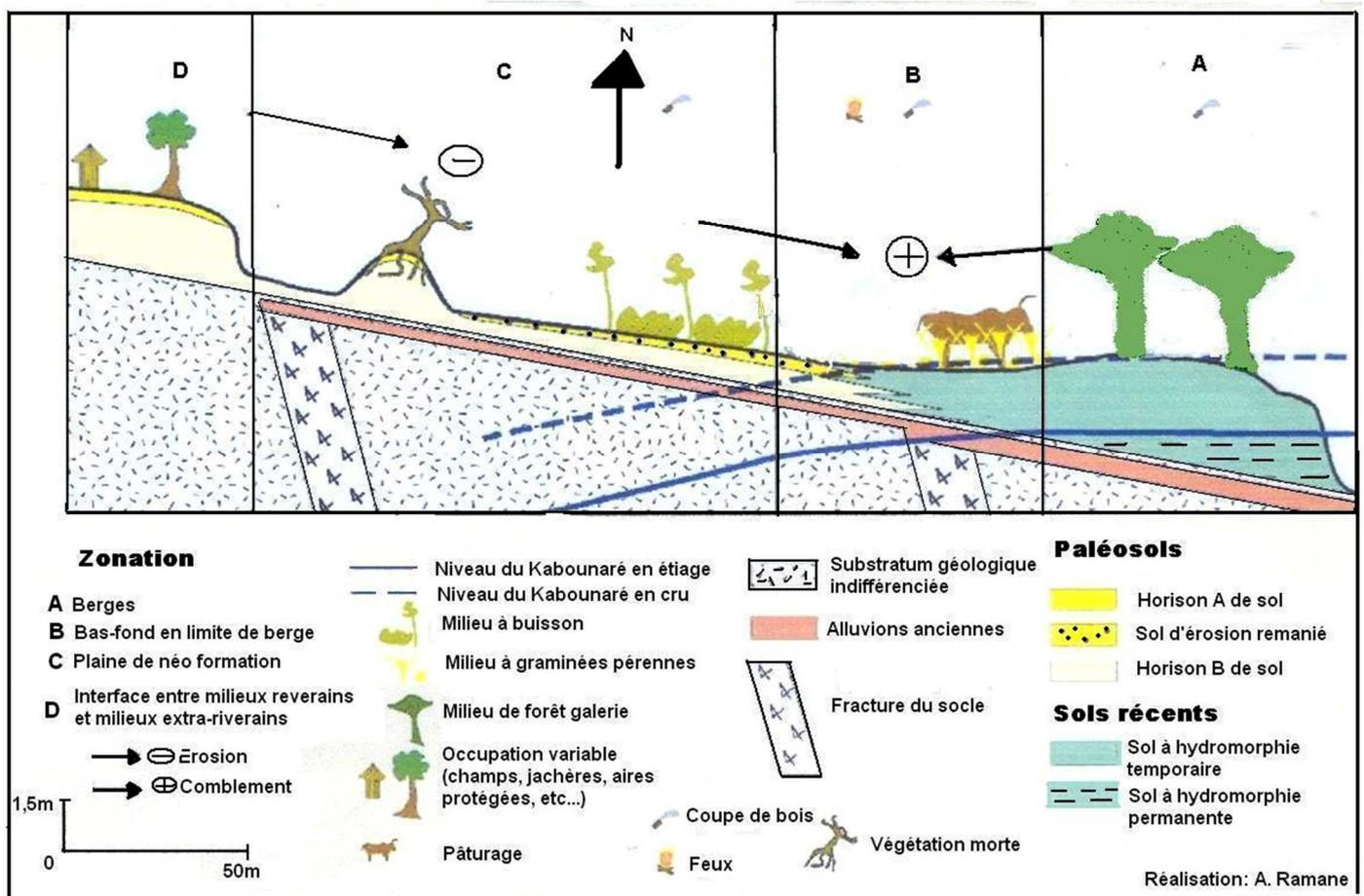
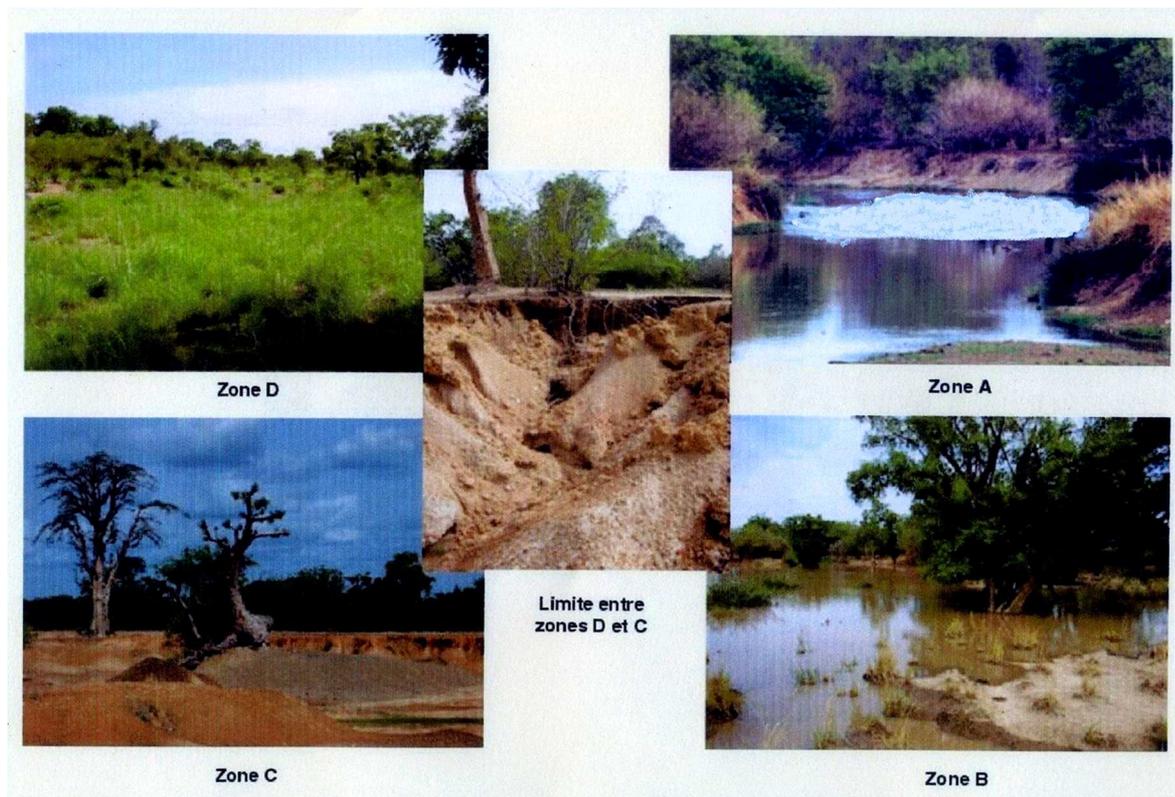


Figure 27: Coupe géomorphologique générale des milieux riverains de Kabounaré.

- *Zone des berges (zone A)*

Cette zone, d'une largeur comprise entre 10 et 20 mètres, est marquée par une surélévation du sol (digue naturelle) parfois de plusieurs mètres, donnant aux berges immédiates un aspect bombé (photo 6). Le sol hydromorphe subit régulièrement une accumulation des eaux de débordement de Kabounaré et des eaux de ruissellement latéral, lors des épisodes pluvieux. La trace de ces épisodes est observable sur des coupes de sol qui présentent une alternance de dépôt de couleur grisâtre (alluvions) de 3 à 4 cm, parfois riches en coquilles d'huîtres, et de passés plus clairs d'une vingtaine de centimètres riches en apports colluviaux. Nous interprétons ces sols comme étant les dépôts subrécents de type colluviaux-alluviaux. Des niveaux fins gris-noirs riches en matières organiques correspondent à chaque épisode d'assèchement des plans d'eau temporaire.



Source : A. Ramane, 2008

Photo 6 : Les différentes zones reconnues sur les milieux riverains de Kabounaré

- *Zone des bas-fonds en limite de berges (zone B)*

Des dépressions, longues de plusieurs kilomètres, parallèles à la rivière, s'étendent sur quelques dizaines à une centaine de mètres de large. Elles coïncident avec la trace de couloirs de failles régionales qui favorisent probablement une circulation souterraine de l'eau, provoquant par ravinement et drainage, le creusement et l'affaissement de la zone. Elles restent longtemps engorgées d'eau et sont caractérisées par des sols à gley et pseudogley sur alluvions et sols d'apport. Les crues de Kabounaré y laissent des dépôts alluvionnaires lors des forts épisodes pluvieux. Ces dépressions font aussi office de remblai car on y retrouve également les dépôts provenant du ravinement latéral qui provoque un ennoisement de la base des arbres sous les sédiments. Ce processus renforce l'hypothèse d'une baisse du niveau de Kabounaré et de l'augmentation du ravinement latéral.

Ces deux zones aux sols hydromorphes portent principalement une végétation à *Vetiveria nigriflora* et *Mitragyna inermis*. Une savane herbeuse souvent brûlée en saison sèche, offrant un lieu privilégié pour le pâturage des animaux (bœufs, moutons), se retrouve dans les bas-fonds. Des lambeaux densément boisés dominés par *M. inermis* et quelques fragments de forêt galerie à *Pterocarpus santalinoides* et *Cola laurifolia* se rencontrent aussi, mais la densité de l'ensemble de ces formations boisées dépend de l'intensité de l'utilisation du milieu par les hommes, en particulier de la coupe des arbres.

- *Zone de sol décapé (zone C)*

La zone de transition entre la dépression parallèle à Kabounaré (zone B) et le plateau du bas glacis des cuirasses (zone D) est marquée par un sol très raviné où la roche mère peut affleurer. Son raccordement avec la zone D horizontale se fait de manière vive sous forme d'une petite falaise d'un ou deux mètres de haut surcreusée à sa base et présentant de nombreux effondrements.

Sous cette microfalaise, des tunnels générés par des écoulements souterrains sont fréquemment observables, biefs de drainage de la nappe sous l'horizon superficiel induré. En contrebas, le milieu est clairement dégradé, le sol est fortement érodé et présente parfois des buttes de plusieurs mètres de haut, menacées d'effondrement, montrant un profil complet d'altération jusqu'à l'horizon pédologique. Des horizons bleutés, indicateurs de milieu hydromorphe, apparaissent ainsi suspendus à plusieurs mètres de hauteur. Ces horizons n'ayant pas eu le temps d'être réoxydés témoignent d'une érosion rapide d'un niveau précédemment hydromorphe. Sur ces buttes témoins, il n'est pas rare de retrouver des arbres aux racines quasiment dégagées, mais encore vivants, signe aussi d'une érosion récente et rapide. Les sols de l'ensemble de la zone ont une couleur blanche à beige clair, parfois rougeâtre lorsque le glaciaire est proche, et une texture plutôt argileuse sans caractère hydromorphe en surface. Ils subissent presque toujours les ruissellements ravinant de type colluvial, mais les eaux de Kabounaré ne viennent quasiment jamais les recouvrir, sauf lors de crues exceptionnelles. L'horizon de surface, réérodé, est d'origine colluviale et provient d'un remaniement de l'horizon de surface de sol de la zone supérieure (zone D). C'est une zone de passage fréquent, en saison sèche, pour les moutons et les bœufs qui viennent pâturer à proximité de Kabounaré. Cette zone de transition est le témoin, d'une part, du grignotement de l'horizon plat et induré du glaciaire de cuirasse et, d'autre part, du ravinement plus haut du domaine anciennement hydromorphe (ancienne plaine alluviale probablement plus haute de Kabounaré). Les produits de ravinement de cette zone participent probablement largement à l'ennoisement rapide sous les limons de la végétation de bordure de Kabounaré (zone B).

- *Zone de niveau supérieur (zone D)*

Cette dernière zone représente la limite de la vallée de la rivière. Elle présente fréquemment, à une certaine distance (une centaine de mètres au plus)

de la zone C, des phénomènes d'érosion indiquant clairement les processus initiant la dégradation des sols. La texture des sols y est très liée à la présence d'une cuirasse dont on retrouve des dépôts gravillonnaires de démantèlement mêlés à des sols rouges tropicaux si le glaciais cuirassé est proche et à des sols à pseudogley lorsque le glaciais est complètement démantelé. La zone n'est jamais inondée par les eaux de Kabounaré, mais subit une influence importante du ruissellement en provenance des milieux extra-riverains. Ceux-ci sont marqués par des entailles colluviales. Ces drains captent les eaux de ruissellement, évoluent en cours d'eau temporaires affluant vers Kabounaré. Ils s'initient sous la cuirasse ou sous la partie supérieure indurée des sols, à la limite de la roche mère saine, à la faveur de fractures et provoquent une dégradation rapide due à une érosion en tunnel puis l'effondrement de la croûte superficielle des sols.

Des petites dépressions, souvent remplies d'eau, alignées suivant des directions régionales nord-sud, héritées du socle, s'organisent pour créer de microvallées (figure 28). Elles peuvent évoluer en affaissement au milieu du plateau puis en effondrement sur la bordure lorsque l'érosion régressive active y parvient, trahissant la présence d'un véritable réseau de fractures et de drains sous la croûte superficielle indurée. Les affaissements peuvent s'organiser en réseaux en baïonnette qui finissent par rejoindre la microfalaise bordant la rive du lit majeur de Kabounaré (Zone C). La suite du processus est un ravinement rapide tel que nous l'avons décrit pour la zone C. Cela explique le rôle primordial des glaciais cuirassés qui offrent de grandes surfaces imperméables où l'eau ruisselle facilement. Il semble cependant que l'écoulement souterrain soit important pour comprendre les mécanismes d'ablation des sols.

Ces deux dernières zones portent une végétation caractérisée par *A. Leiocarpus*. Le couvert varie des zones aux sols pratiquement nus érodés ou dégradés à des zones des formations buissonnantes (*Combretum collinum* et divers *Acacia*) ou même à des lambeaux de forêt « sèche ».

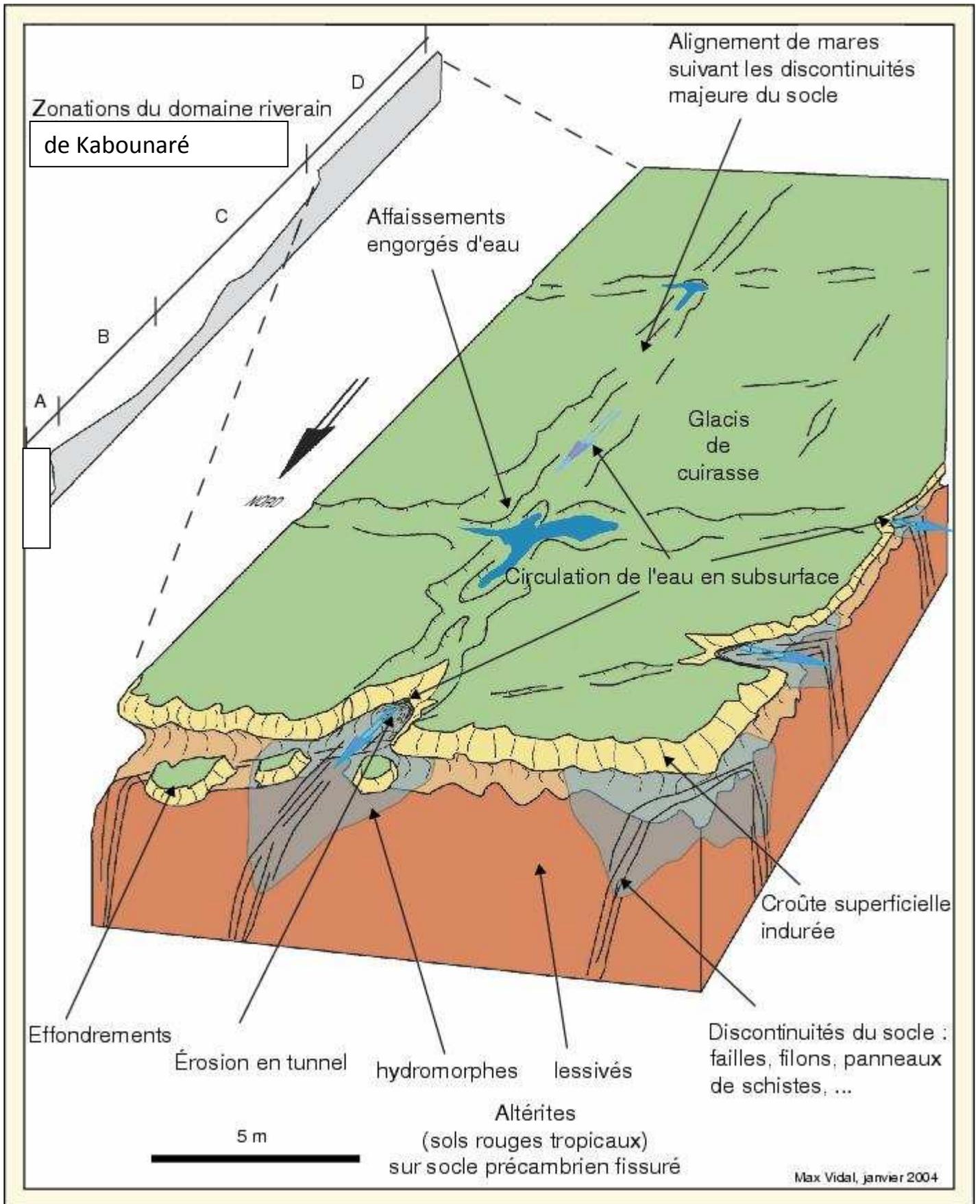


Figure 28 : Schématisation du mécanisme d'érosion des rives de Kabounaré.

Sur le glacis et les escarpements cuirassés extra-riverains, les zones gravillonnaires ou les substrats plus sableux, se différencient diverses formations à *Diheteropogon hagerupii* ou *Schizachyrium sanguineum* et *Andropogon ascinodis* et des faciès arbustifs ou arborés à *Burkea africana*, *Detarium microcarpum* ou *Anogeissus leiocapus*.

Ces contraintes mettent en évidence une érosion hydrique et un colluvionnement forts sur les marges externes des milieux riverains de Kabounaré, à leur contact avec les milieux extra-riverains.

L'ensemble des observations réalisées, notamment l'existence d'une berge surélevée à sédimentation fossile à laquelle est fréquemment adossée une dépression inondable, siège de dépôts de sédiments témoins de l'importance de la dynamique colluvionnaire actuelle - s'accorde bien avec l'idée d'une baisse du niveau moyen de Kabounaré, d'une accélération de l'érosion des berges par combinaison de l'effet des eaux de ruissellement - qui constitue la première étape de fragilisation du sol - et de l'écoulement de subsurface (rabattement de la nappe phréatique) s'accordant bien avec l'idée d'un ensemble de formations sablo-argileuses présentant des caractères sédimentologiques accusées, évoquant un ruissellement en nappes, en liaison avec des pluies saisonnières espacées, avec des décantations des eaux dans les dépressions ou chenaux (Oyédé, 1991).

La force du ruissellement d'origine colluviale, facteur principal de l'érosion observée, est à mettre en relation avec l'imperméabilisation des surfaces, et notamment de celle des milieux extra-riverains. Les actions anthropiques - coupes, défrichements, pression pastorale, etc. - sont généralement considérées comme favorisant cette imperméabilisation et par conséquent l'accentuation du ruissellement. Les milieux riverains jouxtant les aires protégées ne semblent cependant pas présenter aujourd'hui des faciès d'érosion très différents de ceux observés à proximité du secteur cultivé.

Il est probable que compte tenu de la faible épaisseur du sol de ces glacis cuirassés, la végétation peu dense ne puisse limiter fortement le ruissellement.

Les forts phénomènes érosifs et de colluvionnement observés sur les marges des milieux riverains apparaissent alors plus, comme résultant de processus géomorphologiques de dissection active du bas glacis cuirassé que comme une conséquence de l'activité humaine locale. Ces processus sont facilités par les réseaux de fractures qui déterminent à l'échelle locale le cheminement de la nappe qui y trouve des zones de dépressions préférentielles lui permettant de mieux circuler et d'aboutir dans son lit naturel.

V.10 - Rôle hydrologique des îlots forestiers de Parakou.

Les îlots forestiers de Parakou, situés à Kpébié, Tabéra et Gah-non, jouent plusieurs rôles hydrologiques dans le cadre de la réduction des crues :

- le premier concerne la réduction des volumes de pluies par interception, l'interception évolue en fonction de la nature du couvert végétal;
- le deuxième concerne les pertes par évapotranspiration. L'évapotranspiration est liée à l'évaporation directe de l'eau du sol et à la transpiration des plantes. Ces pertes sont importantes dans le cadre des bilans hydrologiques ou de la gestion de la ressource au pas de temps mensuel. A Parakou, une augmentation d'environ 4% des températures, conduit à une augmentation de 15% de l'ETP annuelle. Des méthodes existent pour en tenir compte (Beven, 2001 ; Musy, 2004);
- le troisième concerne la vitesse de ruissellement. Les vitesses sont plus rapides sur un sol nu. Sur un bassin versant boisé, la progression des crues est en général retardée;
- la présence de ces îlots forestiers permet également de limiter les écoulements de surface et ainsi de diminuer, dans la plupart des cas par la présence de la litière, l'érosion des sols;
- la capacité de rétention du bassin est augmentée en présence de ces îlots forestiers. En effet, la structure des sols est modifiée par la présence des

racines le long desquelles apparaissent des chemins préférentiels pour l'écoulement.

Cependant, il est important de signaler qu'à l'échelle d'un événement pluvieux généralisé sur l'ensemble du bassin versant, le rôle hydrologique de la forêt varie en fonction de la nature des espèces forestières, principalement s'il s'agit de feuillus ou de conifères. Les propriétés d'interception et d'évapotranspiration de ces deux espèces ne sont pas les mêmes.

Le rôle hydrologique de la forêt dépend aussi de la saison. En effet, il varie en fonction des précipitations et de l'état d'humidité du sol au début de la pluie. Ainsi, une pluie faible précipitant sur un sol saturé peut provoquer une crue importante ; à l'inverse, il est possible de ne pas enregistrer de crue conséquente à la suite de fortes précipitations sur un sol sec (Meunier, 1996).

L'influence de la forêt sur les crues se limite souvent aux pluies de fréquences courantes. Pour les événements extrêmes, son rôle de protection et son efficacité tendent à disparaître d'un point de vue hydrologique. L'influence de la forêt sur les débits de pointe ou sur les volumes écoulés diminue alors fortement (Lavabre, 2000 ; Martin, 2000). Actuellement, Dangol (2002) souligne qu'il n'est encore pas possible de fixer une échelle de période de retour pour savoir à partir de quel type d'événements extrêmes l'amortissement des crues par la forêt n'est plus significatif.

Cependant, la complexité du rôle hydrologique des forêts est très grande. La diminution de l'influence de la forêt de la crue normale à la crue extrême n'est pas avérée dans tous les cas. Cosandey (2002) recommande plutôt de faire la distinction entre les bassins versants dont les sols sont dénudés et les bassins versants dont les sols sont végétalisés.

V.11 - Les cours d'eau de Parakou

La ville est traversée par des cours d'eau de très faible débit d'étiage (150-400 litres/ seconde) mais qui se remplissent et se vident vite avec la pluie.

Douze cours d'eau drainent nos deux bassins versants d'étude avec leurs affluents dans le sens nord sud (tableau XXVII). Dans la contiguïté immédiate entre cours d'eau et occupation du sol, plusieurs zones sont exposées aux risques d'inondation et les cours d'eau sont utilisés comme décharge et comme égout à ciel ouvert.

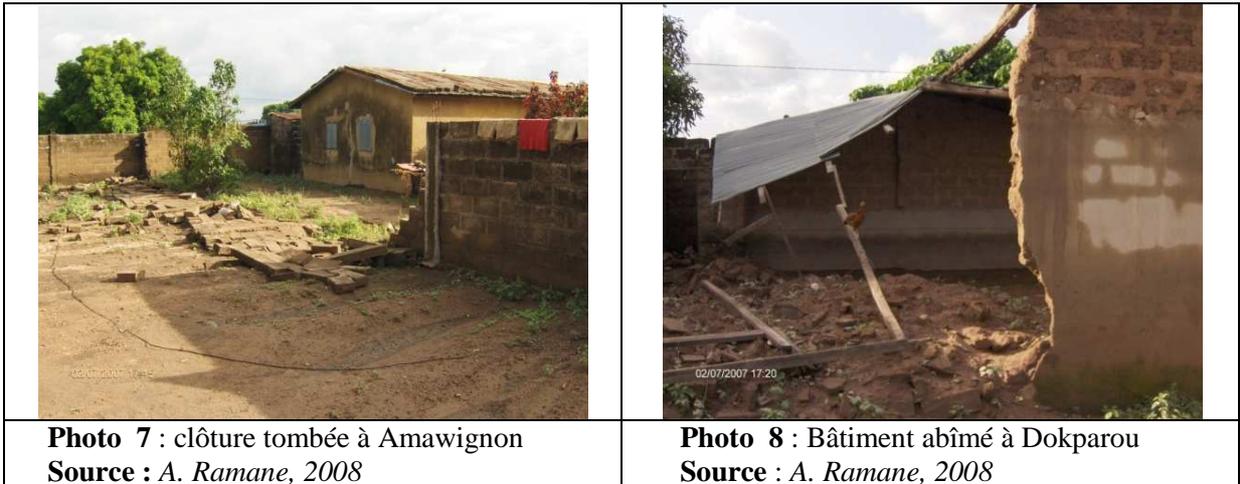
V.11.1- Caractéristiques des cours d'eau de Parakou

Les caractéristiques générales du réseau hydraulique naturel sont résumées dans le tableau XXVII. La section des rivières (gorges profondes, étroites, torrent étendu) comme la géologie du lit mineur (rocheux, sol) varient d'un endroit à un autre pour la même rivière. La topographie de la zone d'étude permet en général une vitesse d'écoulement relativement importante et évite la stagnation sauf dans quelques endroits de dépression. Les rivières n'ont pas subi d'intervention de re-calibrage dans la plupart des cas. Elles ne sont pas canalisées dans l'ensemble à l'exception de Ganré, Kabounaré, Kombè, Boundarou, Karègoussou. Cependant, certaines parties des petits ruisseaux (fossé naturel) sont de plus en plus canalisées notamment avec la densification urbaine. Cela pose des problèmes parfois graves dans les points bas avec le blocage des sections. Le cas du quartier Amawignon est le plus illustratif. Le petit ruisseau qui traverse le quartier Guêma est canalisé sur une longueur de moins de 100 mètres, juste en amont d'Amawignon. Avec les déchets et les particules fines qui bloquent en permanence les trois quarts de la section, le site est confronté à l'inondation. Les quartiers Amawignon-Dokparou, subissent ainsi à chaque événement pluvieux des dégâts matériels et de pollution (photos 7 et 8).

Tableau XXVII: Les réseaux hydrographiques de Parakou et leurs caractéristiques

Affluents (Rivières)	Fleuves	Pente	Longueur (en Km)	Longueur urbanisée		Longueur canalisée		Bassin versant (km ²)	Capacité (en m ³ /s)
				en Km	%	en Km	%		
Fourobara	Okpara	(2-1)%	18	4,5	25%	0,0	0	12,6	200-250
Ganré		1%	11,0	2,8	25%	1,7	15	4,4	40-100
Kabounaré		1%	6,0	2,0	33%	0,7	11	61,6	<150
Wonka		1%	2,0	0,9	45%	0,0	0	2	<80
Kombè		(2-1)%	0,8	0,8	100%	0,8	96	4,4	150-200
Boundarou		(2-1)%	6,0	6,0	100%	1,4	23		200-400
Karêgoussou		1%	0,7	0,7	100%	0,2	27		<100
Kokourou		2%	1,8	1,8	100%	0,0	0		70-100
Dama		3%	9,0	3,2	35%	0,0	0	86	250-350
Orou-toko		2%	4,5	3,4	75%	0,0	0	9	100-200
Gahnongourou-darou1		Ouémé supérieur	2%	31,5	0,6	2%	0,0	0	160
Gahnongourou-darou2	(2-1)%		6,0	2,7	45%	0,0	0	101	150-300

Source : DPDL, Mairie de Parakou, 2008



L'érosion des lits et l'effondrement de berges constituent également des problèmes liés aux cours d'eau. Ces phénomènes sont aggravés par le manque des travaux et de gestion : extraction sauvage et illégale de sable de rigole (qui dégrade la couverture végétale de sol), etc.

V.11.2- Fonctionnalité et qualité des cours d'eau de Parakou

Les usages des rivières sont nombreux malgré leur faible débit et l'absence de gestion.

- *Fonctionnalité et usage*

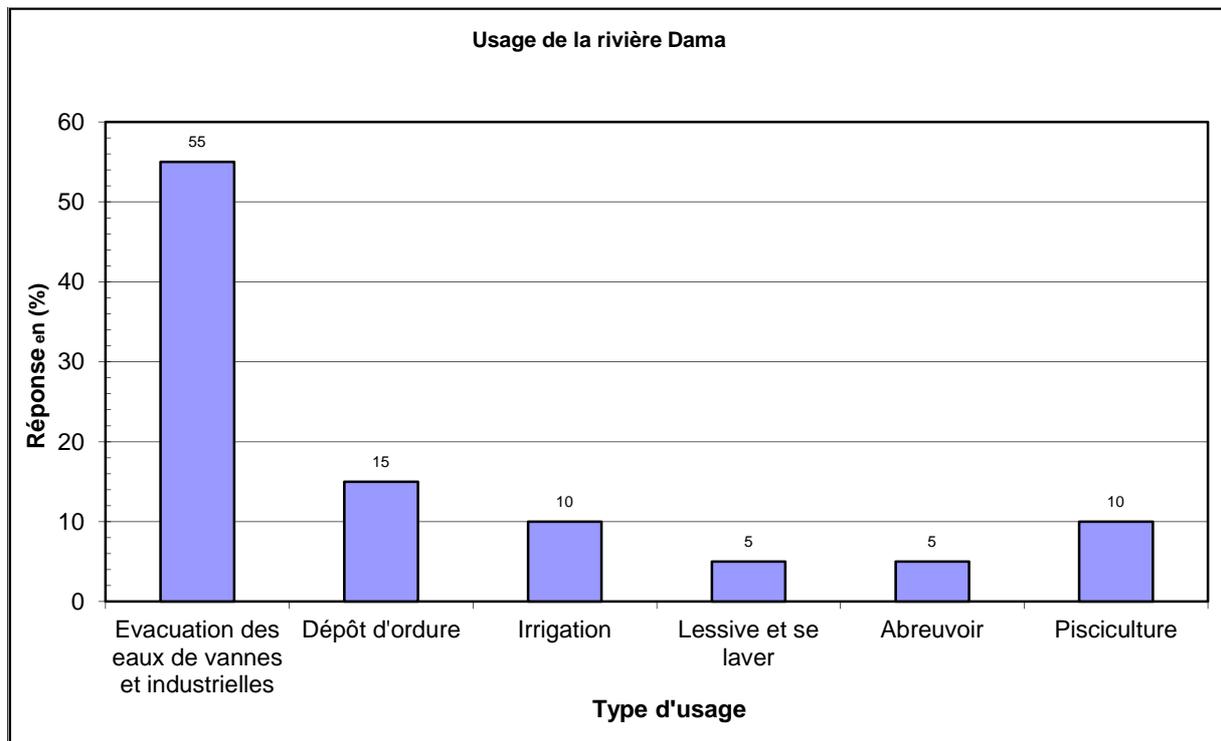
Les rivières de Parakou n'assurent pas seulement une fonction hydraulique (réseau principal de drainage des eaux pluviales). Elles sont également utilisées pour d'autres usages comme l'irrigation, la pisciculture et l'alimentation (besoin, baignade, lessive, usage industriel et artisanal). Ces usages sont présents à la fois dans les parties urbaines et rurales comme le montrent les photos 9, 10 et 11.

		
<p>Photo 9 : Pisciculture à Albarika Source : A. Ramane, 2009</p>	<p>Photo 10: Pépinière à Sinagourou 3 Source : A. Ramane, 2009</p>	<p>Photo 11 : Maraîchage à Sinagourou 3 Source : A. Ramane, 2009</p>

Les usages pour la pêche concernent la partie aval de la rivière Dèrou du bassin versant de l’Ouémé supérieur.

Les cours d’eau sont aussi utilisés, comme lieu de décharge des déchets et d’évacuation des eaux usées. Pour l’ensemble de la ville, on peut dire que le réseau hydraulique sert en saison sèche et de pluie comme un égout à ciel ouvert. La plupart des riverains y connectent leurs fosses directement. Les boues vidangées des fosses et les boues de la station de lagunage du marché Arzèkè, sont directement rejetées dans la rivière Dama sans aucun traitement.

L’exemple de la rivière Dama, l’une des plus polluées, nous montre la diversité de ces usages dominés par l’évacuation des déchets (solides et liquides) (figure 29). De l’analyse de cette figure, il ressort que 70% des riverains interrogés avouent utiliser des cours d’eaux comme lieux de décharge d’ordures et d’évacuations des eau vannes contre 10% pour le maraîchage et 10% pour la pisciculture.



Source : Enquête de terrain, 2007

Figure 29 : Usage de la rivière Dama

- *Qualité bactériologique des eaux des rivières Dama, Orou-toko et Karègoussou*

Les analyses bactériologiques effectuées dans le cadre de cette étude, présentent les résultats contenus dans le tableau XXVIII.

Des analyses bactériologiques des eaux prélevées, il ressort que les taux des microorganismes dépassent largement les normes béninoises qui sont zéro (0). De ces résultats, on peut conclure que les nappes superficielles sont très polluées donc vulnérables à la contamination. Les formes de détérioration des ressources hydriques sont pour la plupart d'origine anthropique. La contamination des eaux est liée aux fèces et aux ordures ménagères qui sont déposés dans la nature.

Tableau XXVIII : Résultats des analyses bactériologiques des eaux des rivières Orou-Toko, Dama et Karègoussou

Microorganismes recherchés	Unité	Normes béninoises	Orou-toko	Dama	Karègoussou
Date de prélèvement			17/09/2007	17/09/2007	17/09/2007
Coliformes totaux	Nb/100ml	0	4750	5320	3970
Escherichia coli	Nb/100ml	0	2050	1980	1720
Klebsiella	Nb/100ml	0	3560	3640	1640
Pseudomonas Aerugina	Nb/100ml	0	700	650	800
Salmonella shigella	Nb/100ml	0	2535	2250	1720

Source : Laboratoire de l'IMPETUS Parakou, 2008.

Quant à l'eau pluviale, les méthodes de collecte ne permettent pas d'obtenir une eau potable car l'état des surfaces de captage contribue fortement à la pollution : les toits en tôles sont des surfaces de captage, avec des risques de pollution par les poussières atmosphériques. Ces risques s'aggravent lorsque les tôles sont rouillées.

Comme le montrent la figure 29 et le tableau XXVIII, tous les usages des rivières (à l'exception de la fonctionnalité hydraulique) sont potentiellement dangereux pour la santé publique. La pollution de la rivière Orou-Toko par des métaux lourds et produits de synthèse (phénols, dioxines etc.) de la Coopérative Béninoise de Matériels Agricoles(COBEMAG) (unité de fabrication des matériels agricoles) pourrait être également importante. L'impact chimique de la COBEMAG associé à la biologie avec l'abreuvement et la pêche est tout aussi préoccupant. Sans parler de boisson ou de baignade où l'impact est direct, l'usage de l'irrigation est aussi normalement compromis. Les légumes comme la tomate et la salade, cultivées à grande échelle par des horticulteurs dans la partie aval de Dama (l'une des rivières les plus polluées), sont arrosées avec de l'eau de cette rivière tant en saison sèche qu'en saison de pluie. L'état de la pollution

est plus préoccupant dans les rivières fortement urbanisées comme Kombè, Karègoussou, Boundarou. La concentration de la pollution est plus importante par temps de pluies que par temps secs, ce qui s'explique par l'importance des déchets issus de l'espace urbain et drainés par les eaux du ruissellement vers les rivières. *La qualité de l'eau est constamment dégradée par la pollution des agents pathogènes, des déchets organiques, des composés chimiques, des eaux usées et des eaux de ruissellement* (Dejoux, 1988).

V.11.3 - Alimentation en eau dans la ville de Parakou

V.11.3.1- Potentialités en eaux de la ville de Parakou

Les eaux souterraines sont mobilisées principalement à partir des puits de grand diamètre et de forages équipés de pompe manuelle réalisés dans les zones périphériques de la ville de Parakou. Les débits de ces ouvrages sont faibles (1 à 2 m³/h) à cause de la nature de la nappe située dans la couche d'altération argilo sableuse peu perméable et ne permettant pas une exploitation à grande échelle pour l'alimentation en eau de l'ensemble de la ville de Parakou (SH, 2009). En zone urbanisée, les puits traditionnels utilisés pour les usages domestiques tarissent la plupart pendant la saison sèche à cause de l'insolation. Selon (Sinsin, 1993), l'insolation représente le paramètre essentiel du rayonnement global et joue à ce titre un rôle important en fin d'hivernage en intensifiant le pouvoir évaporant de l'air, provoquant de surcroît le tarissement plus ou moins rapide de plusieurs points d'eau, voire des puits.

En matière de mobilisation d'eaux de surface, la plus importante réserve est constituée par la retenue du barrage sur le fleuve Okpara d'une capacité de 5,75 millions de m³ utilisée par la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) pour l'alimentation en eau potable de la ville de Parakou (TBS, 2008). Les formes de mobilisation à des fins agricoles, pastorales, hydroélectriques, etc. sont peu importantes voire inexistantes.

V.11.3.2- Besoins en eau de la ville de Parakou

A l'étape actuelle du développement de la ville de Parakou, les besoins en eau ne sont pas définis avec exactitude. Les besoins les mieux définis concernent l'alimentation en eau potable assurée par la SONEB. Les données fournies par la SONEB, estiment les consommations en eau potable à Parakou à l'horizon 2015 à 30 litres par habitant et par jour en moyenne et 35 litres par habitant et par jour de pointe. Tenant compte de ces données et sur la base d'une taille moyenne de ménage de 8 personnes, les consommations d'eau potables à l'horizon 2015 sont indiquées dans le tableau XXIX.

Tableau XXIX : Estimation de la consommation en eau potable à l'horizon 2015 à Parakou.

Types de consommations	Consommation spécifique (l/hab/j)	Consommation ménage (l/ménage/j)
Consommation moyenne	30	240
Consommation de pointe	35	280

Source : SONEB, Parakou, 2009

V.11.3.3 - Mode d'approvisionnement en eau potable dans la ville de Parakou

Il ressort des résultats du RGPH3 que 23% des ménages de la ville de Parakou, particulièrement dans les zones périphériques, s'alimentent en eau des puits traditionnels peu aménagés, ne disposant pas de dalle antibourbier, ni de système de drainage d'eaux perdues au cours du puisage. Cette pratique non hygiénique favorise la contamination des eaux destinées aux usages domestiques

et à la consommation. A cette insuffisance technique vient s'ajouter le peu de soin accordé aux moyens d'exhaure (puisettes, cordes).

Parakou bénéficie du système d'alimentation en eau potable de la SONEB à partir de la retenue sur le fleuve Okpara à 12 Km à l'est de la ville (Figure 30).

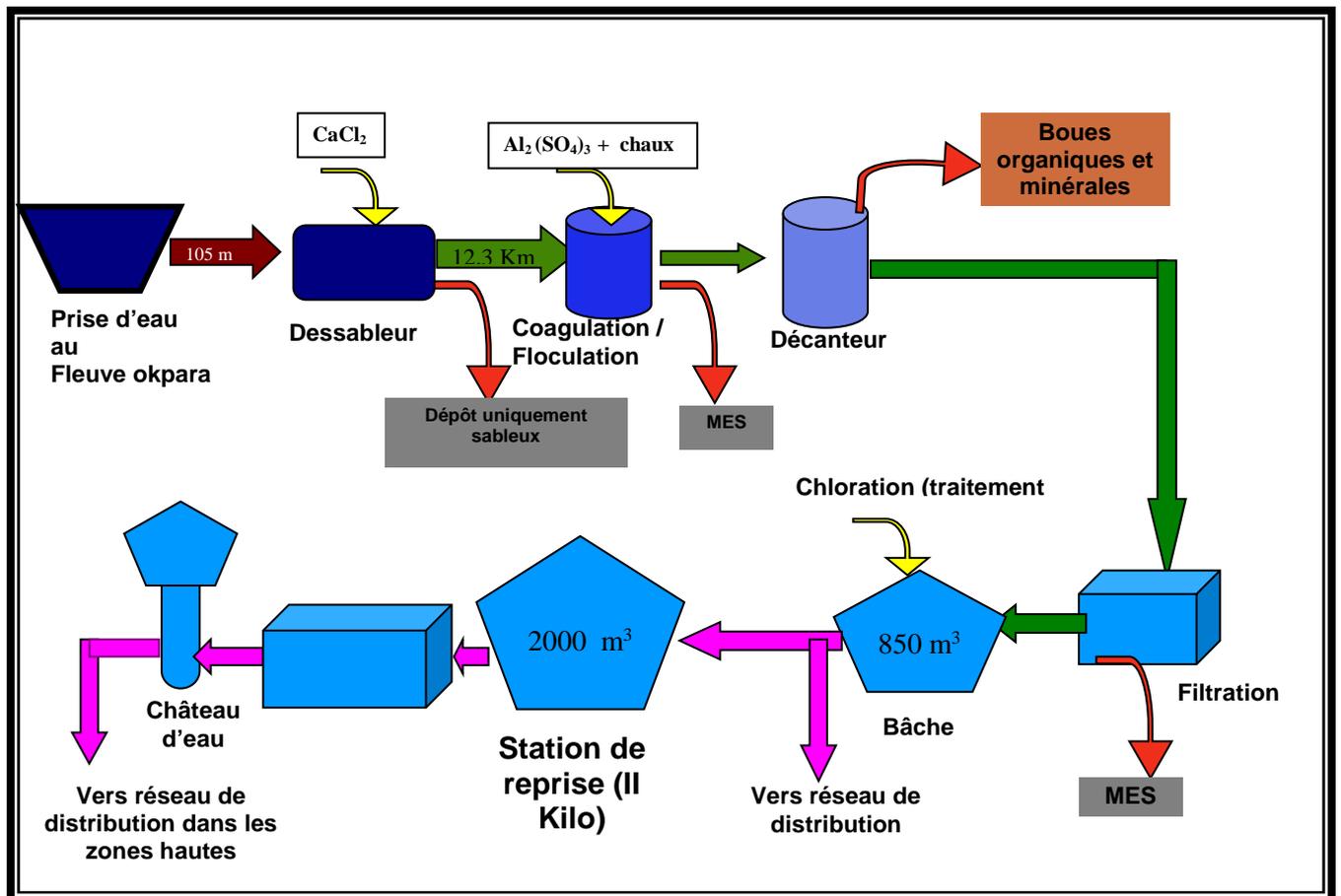


Figure 30 : Traitement et distribution de l'eau pour l'alimentation dans la ville de Parakou

Le captage se fait à partir d'une station de pompage dotée d'un système de prétraitement par chloration. L'eau chlorée est refoulée à la station de traitement située au quartier Banikani. La distribution d'eau est assurée par un réseau comprenant des conduites d'une longueur totale de 275 Km, un château d'eau et une bache semi enterrée de capacités de 850 m³ et 2000 m³ respectivement.

Les données fournies par la SONEB, indiquent dans le tableau XXX l'évolution du nombre des abonnés et du taux d'abonnement de 1995 à 2009.

Tableau XXX: Evolution du nombre d'abonnés en eau de 1995 à 2009 à Parakou.

1995			2009		
Population	Abonnés	Taux d'abonnement	Population	Abonnés	Taux d'abonnement
109.170	3.712	3.4%	188 058	9 002	4,8%

Source : SONEB, Parakou, 2010

De l'analyse du tableau XXX, il ressort que le taux d'accroissement des abonnés entre 1995 et 2009 est de 59% soit un d'accroissement annuel de 4,2%.

Le prix de vente de l'eau aux consommateurs (prix uniforme pour l'ensemble du Bénin) comporte deux tranches :

- ✓ 198 F par mètre cube : consommation bimestrielle inférieure ou égale à 10m³
- ✓ 415 F par mètre cube : consommation bimestrielle supérieure à 10 m³.

Le réseau de distribution d'eau potable de la SONEB subit le phénomène d'érosion d'eaux pluviales qui met fréquemment les conduites à nu exposant ainsi l'eau d'alimentation au risque de contamination surtout bactériologique en cas de cassure des conduites.

Pour sécuriser la production et la distribution de cette denrée vitale qu'est l'eau potable pour la ville de Parakou, la SONEB a engagée en 2004, sur fonds propres, des dépenses en vue de rénover les équipements. Ces dépenses lui ont permis d'acquérir d'une part, trois nouvelles pompes pour la station de pompage d'eau brute d'Okpara et d'autre part, cinq pompes pour le refoulement de l'eau traitée à l'usine d'eau de Banikani.

Dans le cadre du renouvellement des équipements de production d'eau potable, la République Fédérale d'Allemagne, par le truchement de la KFW, a

financé en 2004 un projet dénommé « Alimentation en Eau Potable des Villes Secondaires » dont fait partie la ville de Parakou. Les travaux prévus au titre de ce projet sont le renouvellement des installations de production et une extension du réseau de distribution de trente kilomètres environ. Cependant, la ressource en eau devient de plus en plus insuffisante, ce qui nécessite une réflexion assez large sur une gestion durable et intégrée des bassins versants concernés.

Le dispositif de traitement et de distribution d'eau potable mis en place par la SONEB et précédemment décrit (Fig. 30), pose un certain nombre de problèmes.

Il s'agit :

- ✓ de la faiblesse ou du quasi inexistence d'un système de suivi écologique de la source d'approvisionnement (barrage de l'Okpara);
- ✓ du manque d'un système sécuritaire, vu l'aspect stratégique du dispositif de la SONEB;
- ✓ de la vulnérabilité du barrage à la variabilité / changement climatique;
- ✓ de la gestion des boues et des résidus de produits chimiques (chlorures, sulfates d'alumine, etc.) ;
- ✓ de la faiblesse du contrôle de la qualité périodique des eaux in situ;
- ✓ de l'exposition des bassins de décantation à la poussière.

Ces indicateurs de vulnérabilité du système de potabilisation et de distribution de l'eau dans la ville de Parakou interpellent et incitent à la définition de mesures correctives.

En conclusion, ce chapitre volontairement limitée à des conditions homogènes, permet surtout de mettre en évidence les facteurs qui conditionnent le ruissellement et l'érosion et, ainsi, de mieux choisir les moyens de lutte en fonction des conditions du milieu. Le ruissellement dans son aspect quantitatif global est fonction de la longueur du bassin, de la quantité d'eau de pluie et des possibilités d'infiltration d'eau dans le sol. L'érosion dépend de la violence des pluies et de la susceptibilité des sols à la battance, puis de la vitesse d'écoulement de l'eau qui ruisselle. Le transport des particules est favorisé par

une faible rugosité du sol, une forte pente, une intensité de la pluie élevée, une faible infiltration de l'eau dans le sol et la durée de la pluie. La longueur du bassin a également une grande importance en liaison avec ces facteurs.

CHAPITRE VI

LA GESTION DES EAUX PLUVIALES A PARAKOU

Le chapitre six analyse les différents phénomènes et impacts dus au dysfonctionnement ou à l'insuffisance du réseau d'assainissement pluvial ainsi qu'au risque potentiel.

VI.1 - Etat, fonctionnement et gestion du réseau hydrographique

Le réseau hydrographique désigne l'ensemble des réseaux artificiels et cours d'eau qui draine la ville du Nord au Sud. Ces réseaux naturels et artificiels seront abordés dans les sections suivantes d'une manière séparée afin de mieux saisir leur fonctionnement et leurs spécificités.

VI.1.1- *Le réseau d'assainissement pluvial de Parakou*

Le réseau d'assainissement pluvial se compose de deux types d'ouvrages : le réseau enterré et le réseau à ciel ouvert (collecteur et fossé en maçonnerie ou en terre).

➤ L'espace du réseau: territorialisation par type et par équipement

L'espace du réseau d'assainissement pluvial de la ville de Parakou se caractérise par :

- ✓ un équipement important avec des réseaux enterrés (collecteurs) dans le deuxième et troisième arrondissement ;
- ✓ une variation de type et du taux d'équipement avec la hiérarchie de la voirie tant au centre qu'à la zone périurbaine (Tableau XXXI). Le fossé en maçonnerie est l'ouvrage le plus utilisé dans la ville de Parakou.

Tableau XXXI: Equipements d'assainissement pluvial selon la hiérarchie de la voirie.

Voirie	Fossé en maçonnerie (Km)	Fossé en moellons (Km)	Collecteurs (enterrés ou non) (Km)	Total (Km)
Primaire	10	10	4,1	24,1
Secondaire	62,75	20	11,3	94,05
			TOTAL	118,15

Source : DST/Mairie de Parakou, 2010

De ce tableau, il ressort que la ville de Parakou dispose en 2009, de 118 150 ml d'ouvrages de drainage des eaux pluviales dont 24 100ml de primaires et 94 050 ml de secondaires. Aussi, apparaît-il que depuis 2004, ces différents réseaux d'assainissement des eaux pluviales sont en accroissement continu. Par ailleurs, les études relatives au PGUD2 ont déjà montré la nécessité d'aménager les principaux bassins de la ville (bassins de l'Okpara et de l'Ouémé supérieur), pour parvenir à bout des phénomènes de l'érosion et d'inondation dans cette ville. Ainsi, si cette tendance se poursuit, cela contribuerait à alléger de façon sensible, la pression de l'érosion sur la ville.

VI.1.2 - Capacité et état de fonctionnement des ouvrages d'assainissement des eaux pluviales de Parakou.

Dans la ville de Parakou, comme dans la plupart des villes d'Afrique de l'Ouest, l'hygiène et l'élimination des nuisances liées à l'eau sont à l'origine du concept actuel des ouvrages de drainage, basé sur l'évacuation rapide des écoulements. Cette conception correspond à celle qui prévalait jusque dans les années 70-80 dans les pays industrialisés et a, la plupart du temps, été transposée directement dans les pays africains, liés politiquement, économiquement et techniquement à l'Europe en particulier (Chocat, 1997).

Dans la ville de Parakou, les ouvrages sont organisés sous forme de réseaux convergeant vers l'exutoire. Les ramifications des réseaux des eaux pluviales sont, en termes d'aménagement, hiérarchisées à trois niveaux :

- ✓ tertiaire, pour les ouvrages assurant le drainage des eaux des bâtiments ou pâtés de maison,
- ✓ secondaire, à l'échelle d'un quartier,
- ✓ primaire, pour les principaux collecteurs qui recueillent les écoulements à l'échelle des bassins versants.

Dans la ville de Parakou, les types d'ouvrages réalisés dépendent principalement de la source des ressources financières. Leurs caractéristiques présentent les variantes suivantes : ouvrages à ciel ouvert, ouvrages recouvert de dalettes et ouvrages enterrés (photos 12 à 15).



Photo 12: Ouvrage en béton armé en face de la gendarmerie
Source : A. Ramane, 2008



Photo 13 : Ouvrage en moellons dans le quartier Gbira
Source : A. Ramane, 2008



Photo 14 : caniveau recouvert, quartier Gâh
Source : A. Ramane, 2009



Photo 15 : caniveau enterré, quartier Ladjifarani
Source : A. Ramane, 2009

Les gros ouvrages à ciel ouvert sont réalisés en majorité dans les années 1970 et repris en 2003 dans le centre-ville sur la voirie primaire et dans les bas-fonds. Le manque d'entretien dégrade le réseau d'année en année. La capacité d'évacuation est aussi substantiellement réduite, ce qui produit des débordements même pour les sections importantes lors des événements pluvieux courants. Selon (Desbordes, 1986), la pente, souvent faible, et l'abondance des surfaces naturelles sur les bassins urbains africains, favorisent l'atterrissement et la sédimentation des particules fines dans les ouvrages.

La construction de gros ouvrages nécessaires à l'évacuation des débits particulièrement importants en zone tropicale, peut donc avoir des effets contraires à ceux attendus, et pose de cette façon un problème technique que l'on peut difficilement résoudre avec les aménagements classiques autrement que par une intensification de l'entretien des réseaux des eaux pluviales.

✓ *Le Fossé*

C'est l'ouvrage le plus réalisé dans la ville. L'intérêt de cet ouvrage réside dans sa facilité d'entretien. Les sections types des fossés sont relativement faibles et leur fonction consiste souvent à assurer le drainage local (un à deux îlots) (Photo 16).

Malgré sa facilité d'entretien et de réparation, cet ouvrage est aussi confronté au même type de dysfonctionnement que les ouvrages précédents : encombrement par les déchets et dégradation rapide. En plus, la mauvaise qualité de la réalisation et l'absence de maintenance favorisent l'apparition de mauvaises herbes qui réduisent la section et détériorent l'ouvrage. A cause de leurs impacts sanitaires, ces ouvrages sont parfois considérés par la population comme non appropriés.



Photo 16 : Fossé en maçonnerie à Ladjifarani

Source : A. Ramane, 2009

Des interventions de dallage des fossés sont menées dans certains endroits par les résidents. En effet, le fonctionnement hydraulique des ouvrages de drainage des eaux pluviales est souvent perturbé par un comblement progressif dû aux dépôts solides de toutes sortes. Dans une certaine mesure, ces dépôts sont constitués par le rejet d'ordures ménagères ou d'objet encombrants dans les collecteurs à ciel ouvert (Photos 17 et 18). Ces pratiques demandent à ce que soient développées non seulement des techniques d'entretien appropriées, mais aussi des actions portant sur la sensibilisation des usagers au fonctionnement des réseaux des eaux pluviales. Du point de vue de l'aménagement, les réseaux enterrés constituent également un bon moyen de limiter l'encombrement par les rejets des objets.



Photo 17: Fossé encombré
d'ordures à Ouézé
Source : A. Ramane, 2009



Photo 18 : Exutoire encombré
d'ordures à Kadéra
Source : A. Ramane, 2009

VI.1.3– Conception et réalisation du réseau pluvial d'assainissement

L'une des difficultés actuelles du réseau est due à sa phase de conception et de réalisation. La phase de conception est soit inexistante soit trop estimative. Le processus de conception se limite souvent à une simple visite de terrain et au choix d'une section type, à l'exception des grands projets relatifs aux travaux d'assainissement. Il n'existe, pour l'instant, aucun manuel de conception et les caractéristiques hydrauliques des bassins versants ne sont pas souvent étudiées.

VI.1.4– Gestion et appropriation du réseau d'assainissement pluvial

Pour l'ensemble du réseau, il n'existe aucune modalité de gestion établie clairement avec une affectation spécifique d'un service et d'un budget, ni un programme d'entretien.

Les travaux d'entretien du service d'assainissement concernent plus les interventions urgentes pour le nettoyage des réseaux les plus critiques lors des débordements inévitables tant en saison sèche qu'en saison de pluie. En plus de ce manque quasi général de gestion, le manque d'appropriation des ouvrages constitue un autre facteur de dysfonctionnement.

La question fondamentale relative aux déchets vis-à-vis du réseau pluvial d'assainissement concerne d'une part l'amélioration des moyens de collecte, et d'autre part une appropriation de la ville par ses citoyens. Cette dernière ne peut exister qu'avec un sens et acte de citoyenneté et de responsabilité.

Dans notre enquête socio-technique, la propriété collective du réseau d'assainissement pluvial est exprimée à 11% par les habitants (figure 31) ce qui confirme le constat frappant du manque d'appropriation.

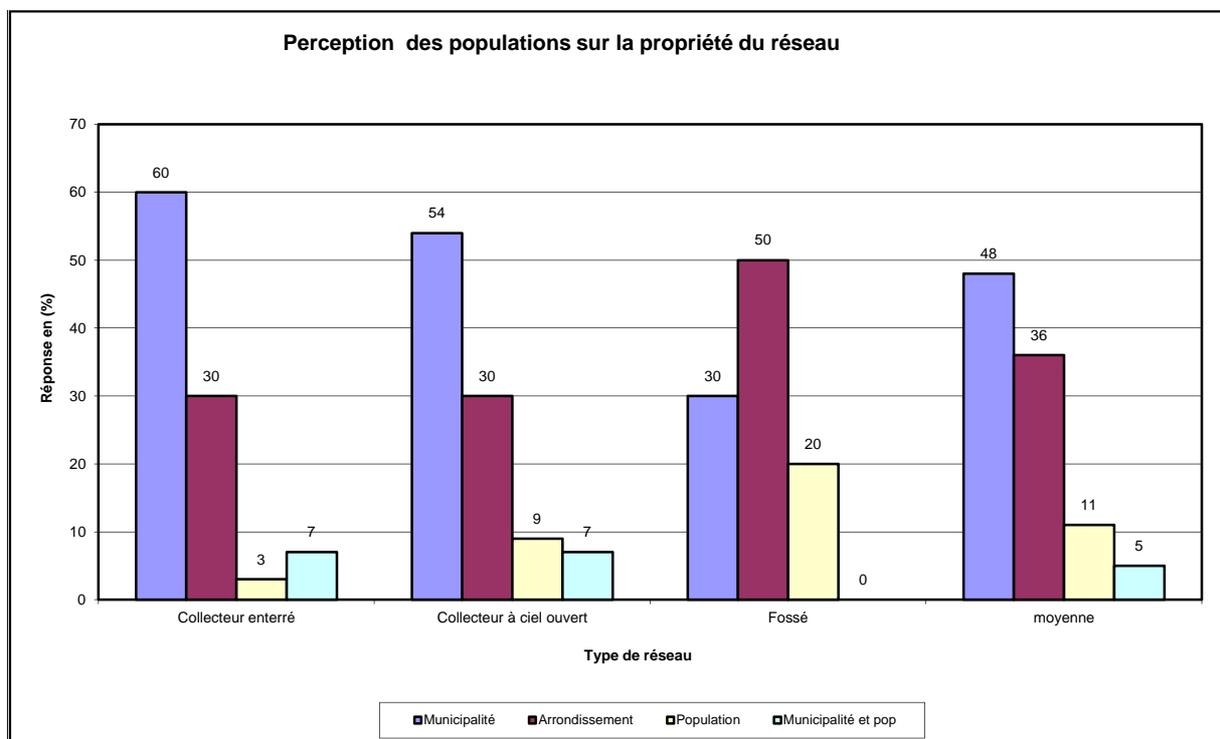


Figure 31: Perception des populations sur la propriété du réseau pluvial

Parmi les réponses retenues pour l'analyse, 84% des ménages pensent que le réseau appartient à la municipalité et à son démembrement qu'est l'arrondissement. Ce fort sentiment du non appropriation des habitants peut s'expliquer par deux facteurs :

- la non implication de la population à la phase de conception,
- le manque de concertation permanente entre les élus et la population.

Il devient donc nécessaire de développer une conscience d'appropriation chez les habitants en mettant en valeur l'importance de leur rôle. Il faudrait également rendre le réseau pluvial d'assainissement « appropriable » en minimisant la nuisance pour éviter certaines interventions individuelles et individualistes des riverains.

VI.2 - Pratiques de recueil et d'utilisation de l'eau pluviale à Parakou

La collecte de l'eau de pluie est une pratique développée à Parakou notamment au niveau de la parcelle. Il s'agit de stocker l'eau ruisselée sur les toitures par des moyens du bord : seau, vase, etc. Cette pratique concerne tant les ménages pauvres que les ménages plus aisés ainsi que les ménages avec ou sans branchement individuel de l'eau courante de la SONEB. Selon notre enquête, cette pratique concerne en moyenne 50% des ménages interrogés. Ce taux atteint 72% pour des ménages utilisant les bornes fontaines.

L'eau collectée est principalement utilisée pour faire la lessive et la vaisselle (tableau XXXII).

Tableau XXXII: Les différents usages des eaux de pluie

Mode d'alimentation en eau	Usage actuel						
	Lessive	Vais-selle	Arrosage	Ména-ge	Cuisine boisson	Cons-truction	Total
Robinet dans la parcelle	47%	27%	14%	8%	1%	3%	100%
Robinet chez le voisin	47%	40%	7%	0%	5%	2%	100%
Borne fontaine	49%	29%	7%	2%	5%	7%	100%
Valeur moyenne	47%	31%	11%	5%	3%	4%	100%

Source : Résultats enquêtes, 2007

Elle est également, mais rarement, utilisée comme eau de boisson ce qui nécessite une prudence et une information à l'égard de la pollution, vu la corrosion des toitures. Cette pratique individuelle n'a pas encore fait l'écho chez les gestionnaires de la ville bien que l'écart se creuse de plus en plus entre la disponibilité de la ressource en eau et la demande croissante. Comme nous avons pu le constater lors de nos nombreux entretiens avec les acteurs de la ville, la collecte de l'eau à différentes échelles pour les usages divers (pour les chasses d'eau des toilettes publiques, etc.) n'est pas encore d'actualité.

Cependant, au niveau national, la récupération des eaux pluviales est une pratique plus développée notamment dans les départements de Zou et des Collines. C'est par exemple le cas de Dassa, Glazoué, Bohicon et Abomey où cette pratique est utilisée avec des méthodes plus élaborées : dispositif technique (SERHAU, 2000). La récupération de l'eau pluviale a permis à certains pays en développement d'améliorer l'adduction en eau (boisson, usage domestique, irrigation, etc.) notamment dans les zones rurales.

De l'analyse du tableau XXXII, il ressort que :

- ✓ dans les maisons raccordées au réseau de la SONEB, il est estimé que 88% des consommations des eaux de pluie pour des usages (lessive, vaisselle et arrosage) sont faites par les eaux récupérées ;
- ✓ les maisons non raccordées au réseau de la SONEB mais qui s'approvisionnent en eau courante dans des maisons voisines, utilisent à 94% pour divers usages (lessive, vaisselle et arrosage) les eaux récupérées ;
- ✓ les maisons non raccordées au réseau de la SONEB mais qui s'approvisionnent en eau courante des bornes fontaines, utilisent à 85% pour divers usages (lessive, vaisselle et arrosage) les eaux récupérées ;

En conclusion, malgré la possibilité des ménages à disposer de l'eau courante, ils utilisent pendant la saison pluvieuse en moyenne 89% pour divers usages (lessive, vaisselle et arrosage) les eaux récupérées.

C'est par exemple le cas de la Thaïlande où cette pratique a été répandue avec des installations de 10 millions de citernes de 2 m³ (nommées thai-Jar avec le préfixe national) au Nord-Est du pays en moins de 5 ans entre la fin des années 1980 et début des années 1990. En Afrique, cette pratique avait suscité dans les années 1980 un intérêt notamment au Kenya et au Botswana (Gould, 1995).

Dans les pays développés, les enjeux environnementaux et économiques des ressources en eau accroissent l'intérêt de la récupération et l'utilisation des eaux pluviales et le développement des dispositifs techniques. Il est estimé dans les cas de ces pays que 45% des consommations pour des usages (arrosage, lavage de voiture et du sol, chasse d'eau) peuvent être remplacées par des eaux récupérées (Hilaire, 1998).

VI.3 - Limite du service municipal et importance des actions locales

La gestion urbaine et les ouvrages d'assainissement pluvial au niveau de la maille et de l'inter-maille sont délaissés à la population qui, à travers des comités de développement de quartiers, des aides de la ville et des ONG, essaie d'assainir leur quartier sans se soucier parfois de l'impact en aval. En l'absence du service public et avec l'intervention individuelle, le problème s'aggrave de jour en jour.

De plus, la cause majeure du problème lié à l'eau pluviale ne vient pas seulement du manque d'équipement mais également du manque d'entretien de l'existant. Là encore, les services de collecte de déchets et de l'entretien de la voirie se limitent au niveau des voiries primaires et de quelques voiries secondaires. Au niveau des voiries tertiaires, il n'existe aucun système d'entretien des rues. Chaque ménage nettoie de temps en temps le fossé devant sa porte quand cela devient gênant.

Par ailleurs, la participation de la population est considérée comme un élément important pour le développement durable. Sur ce point, la ville dispose

d'un acquis important (Abdoulaye, 2007). Le recensement des moyens des ménages et de leur volonté de participation permet de définir :

- les possibilités de financement des travaux d'équipement ;
- les autres types de participation (main d'œuvre, étude) pour la gestion des ouvrages.

L'enquête que nous avons menée auprès de 300 ménages, confirme la volonté de la population de participer avec les moyens dont elle dispose (tableau XXXIII). Une contribution en argent est proposée par 32,50% des ménages, et une participation en main d'œuvre est proposée par 45% des ménages. La volonté de participation est présente aussi bien chez les ménages ayant des problèmes de drainage que chez ceux qui n'en ont pas.

Tableau XXXIII: Contribution des ménages à l'assainissement pluvial

Existence de Problème	Argent	Main d'œuvre	Savoir	Total
Oui	35%	50%	15%	100%
Non	30%	40%	30%	100%
Moyenne	32,5%	45%	22,50%	100%

Source : Résultats enquêtes, 2007

Ces indicateurs peuvent, certes, être revus à la baisse dans le cas de contribution en argent lors de projet réel et selon le quartier. Néanmoins, ils nous montrent les atouts dont dispose la ville pour améliorer l'assainissement des eaux pluviales.

Cependant, la question qu'on se pose est de savoir comment concilier, le caractère territorial et collectif de la gestion des eaux pluviales (lié à la notion du bassin versant) avec les interventions ponctuelles locales et non coordonnées qui sont effectuées dans la réalité. La nécessité de la participation de la population est incontournable à cause de l'insuffisance de l'organisation de la municipalité. Il est cependant indispensable de prévenir et de minimiser l'effet pervers souvent présent de l'action collective. « Toutes nos actions risquent d'aboutir au

contraire de ce que nous cherchons à réaliser : l'effet contre intuitif est au cœur même de tout effort d'action collective » (Crozier, 1977).

Compte tenu de l'inadéquation (actuelle et probablement future) entre les moyens et les tâches des acteurs centraux de la gestion des eaux pluviales de la ville, il est nécessaire et indispensable d'ajuster voire de redéfinir l'organisation actuelle afin de permettre une répartition des rôles basée sur la réalité hydrographique et organisationnelle et de cadrer le rôle de la population.

L'ajustement concerne à la fois le champ de vision et d'action. Cela implique une définition pertinente des niveaux d'intervention en partant du niveau local vers le niveau central et inversement, selon le principe de subsidiarité. Selon les résultats de notre enquête, 60% des 300 ménages interrogés souhaitent une structure au niveau de l'arrondissement, 30% la souhaitent au niveau du quartier et 10% au niveau de la municipalité (figure 32).

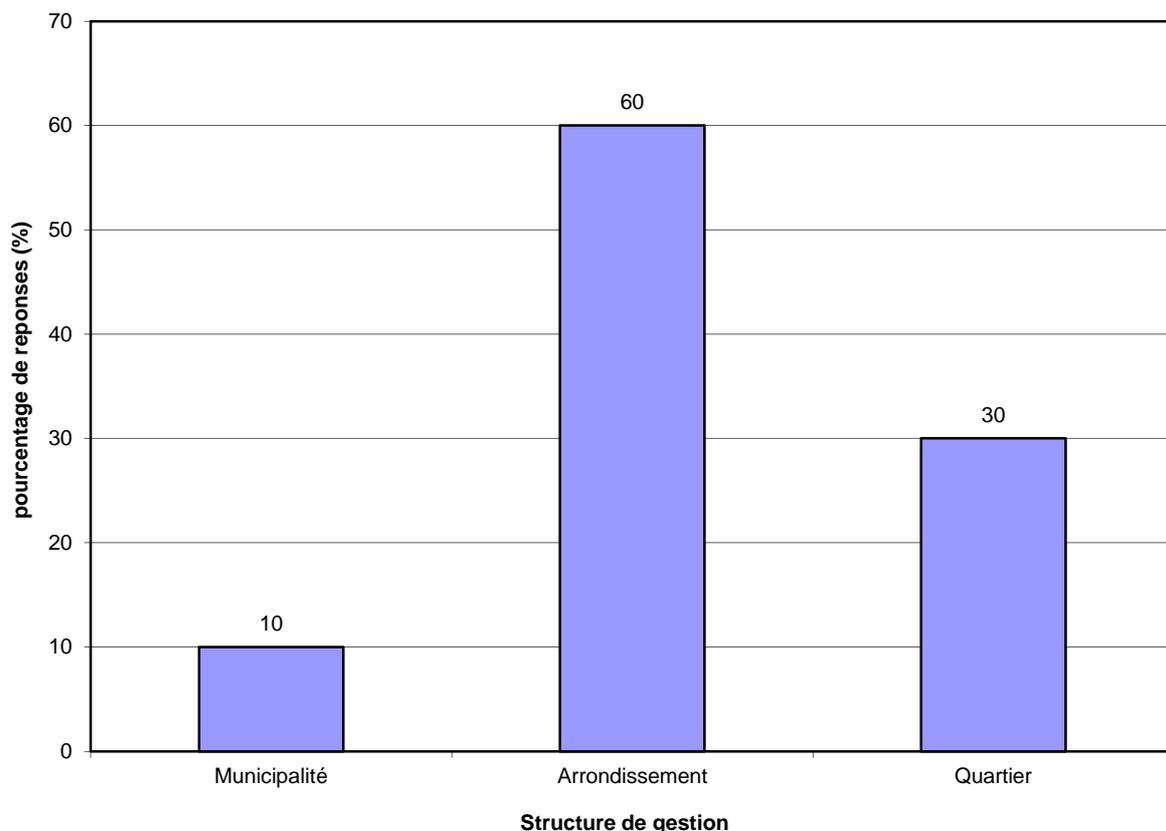


Figure 32: Niveau de localisation selon les populations des structures du système de gestion des eaux pluviales.

Le choix de l'arrondissement est basé plus sur des raisons de proximité. Le mécontentement est principalement dû au manque d'action pour répondre à la demande.

VI.4 - Les phénomènes d'insuffisance et de dysfonctionnement du système de gestion des eaux pluviales existant et les risques inhérents.

D'après notre enquête qui s'est intéressée, par des sites représentatifs, à tout le périmètre urbain, l'ensemble de la ville est concerné par le problème d'assainissement pluvial bien que l'ampleur varie selon la typologie urbaine.

VI.4.1-Phénomènes d'insuffisance du système de gestion des eaux pluviales existant.

La faiblesse du système existant, tant sur le plan technique qu'organisationnel, produit à Parakou de nombreux phénomènes endommageants et fréquents qui ne se limitent pas à la saison de pluie et qu'on peut classer en trois catégories :

- inondations dues aux crues torrentielles ;
- inondations, stagnation et érosion dans l'espace urbain ;
- pollution de l'environnement urbain et du milieu naturel.

VI.4.1.1 - Inondations dues aux crues torrentielles

Les cours d'eau les plus affectés par les trois événements recensés sont Kombè, Kabouaré, Ganré, Wonka et Kokura qui se caractérisent par de faible capacité hydraulique (période de retour inférieure à 10 ans) et une urbanisation forte de lit majeur.

L'inondation des maisons riveraines de ces cours d'eau est cependant un phénomène annuel dans certains endroits de Parakou. Pour 13% des ménages interrogés au cours de l'enquête (2007), le débordement de ces cours d'eau se produit chaque année. L'impact est d'autant plus important que la population concernée est pauvre. Il n'existe pas de couverture d'assurance, la capacité et

l'organisation de la ville pour reloger les victimes restent limitées. Nous avons récapitulé dans le tableau XXXIV, les dégâts causés par les pluies exceptionnelles, en 1987, 2004 et 2007, qui ont touchées plusieurs parties de la ville.

Tableau XXXIV : Les dégâts socio-économiques des inondations dues à la crue torrentielle à Parakou en 1995,1988 et 2000

Date	Précipitation journalière (en mm)	Maisons détruites ou endommagées	Personnes tuées	Personnes devenues sans abris
11/10/1988	176	350	1	200
28/04/2000	151,7	50	0	15
27/07/1995	165,2	10	1	3

Source : DPDL/ Mairie Parakou, 2008

VI.4.1.2 – Inondation, stagnation et érosion dans l'espace urbain

Ce phénomène concerne toutes les typologies de l'espace de la ville. Les résultats de notre questionnaire sur le problème lié à l'assainissement pluvial au niveau de la parcelle, du quartier et de la ville, montrent l'ampleur du problème dans la vie quotidienne des citoyens. Parmi les 300 ménages interrogés sur l'ensemble de la zone d'étude, 37% sont confrontés au problème d'inondation parfois chaque année, 58% sont confrontés au problème d'érosion. Le constat est assez représentatif car le recensement cadastral de Parakou (1996) le confirme pour l'ensemble de la ville, dix quartiers sur 28 du périmètre urbain soit 36% sont touchés par les inondations, vingt (20) quartiers sur les 28 du périmètre urbain soit 71% sont touchés par l'érosion.

Les autres gênes telles que la stagnation, le débordement de fosse sont exprimés par 83% des 300 ménages que nous avons interrogés. Le problème ne se limite pas seulement à la saison de pluie. Nous avons repéré en pleine saison sèche en janvier 2008, dix (10) sites où le réseau déborde. Il s'agit de débordement des eaux usées (vanne et grise) des raccordements illégaux.

Les conséquences sont nombreuses et très visibles sur le réseau de voirie. Au-delà du coût de réparation des chaussées, l'impact sur les pannes et les accidents de voiture ne doit pas être négligé. Selon les données statistiques du centre de sécurité routière, de 2003 à 2008, le nombre de tués sur la route dans la ville de Parakou s'élève à dix(10) personnes. En Ethiopie, le nombre de tués sur la route est très élevé comparé au taux de motorisation : 138 décès pour 10 000 véhicules en 1984 (Wondimu, 2000). L'impact économique de cette dégradation de la voirie, due principalement au manque de drainage des eaux pluviales, concerne également la durée de circulation et le coût de fonctionnement des voitures (auquel il faut ajouter celui des devises nécessaires à l'importation des pièces de rechange). Une étude menée par la Banque Africaine du Développement en 1997, montre l'importance du coût supplémentaire de fonctionnement des voitures engendré par la dégradation de la chaussée (Tableau XXXV).

Tableau XXXV: Coût de fonctionnement des véhicules par kilomètre parcouru selon l'état de la voirie.

Etat de la voirie	Coût de fonctionnement en franc CFA/km				
	Voiture	Camionnette	Bus	Poids lourd	Semi-remorque
voirie entretenue	117	178	485	796	1 327
voirie dégradée	260	275	785	1 468	2 267
Coût supplémentaire	83	97	300	672	939

Source : ABD, cité par Municipal Africa, n°9, 1997

De l'analyse du tableau XXXV, il ressort que le coût supplémentaire de fonctionnement des véhicules, engendrée par la dégradation de la voirie est de :

- ✓ 83 FCFA/KM pour la voiture;
- ✓ 97 FCFA/KM pour la camionnette;
- ✓ 300 FCFA/KM pour le bus;
- ✓ 672 FCFA/KM pour le poids lourd;
- ✓ 939 FCFA/KM pour la semi-remorque.

En conclusion, la dégradation ou le mauvais entretien de la voirie peuvent contribuer à l'appauvrissement des ménages suite aux dépenses non prévues.

VI4.1.3 - Pollution de l'environnement urbain et du milieu naturel

Des effets des ordures ménagères sur l'environnement, il ressort :

- une pression sur l'espace du fait de l'entassement et de l'encombrement des rues et surtout des axes de drainage des eaux pluviales ;
- une pression sur l'esthétique urbaine du fait de l'entassement prolongé des ordures le long des rues provoquant la dégradation du paysage urbain ;
- une pression sur la couche d'ozone en raison entre autres, de l'incinération des ordures par la population provoquant des dégagements de certains gaz (NO, NO₂, CO, CO₂ etc.) destructeur de la couche d'ozone (Mouafo, 2001);
- la pollution de l'eau et du sol par les eaux de ruissellement qui lessivent les ordures et les débarrassent de leurs matières polluantes (particules solides en verre, métaux lourds, etc.), celles-ci s'infiltrant dans le sol et la nappe phréatique, ou se jettent dans les cours d'eau où elles s'attaquent à la faune et à la flore qui s'y trouvent.

Des effets et risques pour l'homme liés à la consommation d'aliments souillés directement ou indirectement par les excréments humains lors des

inondations. C'est le péril hydro fécal dont l'épidémie de choléra est l'une des manifestations les plus importantes. Les incidences de cette affection sont liées :

- aux eaux pluviales stagnantes qui reçoivent les excréments humains dans les zones à faible couverture en latrines ;
- à une plus forte fréquence des contacts excréments humains et les mains nues à travers les eaux souillées qui envahissent les maisons, les routes et les places publiques.

Selon les statistiques du Centre Communal de Santé de Parakou, en 2008, sur 2 641 cas de choléra enregistrés, 903 cas sont de la tranche d'âge de 1 à 4 ans soit un taux de 35%.

Les analyses bactériologiques des eaux des rivières, Dama, Orou-Toko et Karègoussou de la zone d'étude, nous ont montré l'importance de la dégradation de la qualité de ces cours d'eau. En effet, il est apparu la présence de coliformes totaux, de coliformes fécaux et de streptocoques fécaux à des teneurs supérieures aux normes béninoise en vigueur. La pollution véhiculée et déposée par les eaux de ruissellement dans l'espace urbain pose de plus en plus de problème de maladie hydrique dans la ville. Les enfants de 1 à 4 ans sont les plus vulnérables aux maladies hydriques.

VI.5 - Organisation, acteurs et moyens de la gestion des eaux pluviales urbaines.

Dans cette section nous allons analyser, l'organisation de la gestion des ouvrages de drainage des eaux pluviales, le rôle et les moyens des acteurs.

VI.5 .1- Organisation de la gestion des ouvrages de drainage des eaux pluviales

Trois périodes ont marqué la gestion des ouvrages de drainage des eaux pluviales à Parakou : l'ère du Service de la Voirie Urbaine (des indépendances à

1990), l'ère de l'Agence d'Exécution des Travaux Urbains (AGETUR) et l'ère de la Direction des Services Techniques (DST).

- *Ere du Service de la Voirie Urbaine (période avant 1990)* : Outre la gestion du réseau des ouvrages d'assainissement, ce service avait aussi à charge, l'enlèvement des ordures ménagères et l'entretien des rues. Mais avec un personnel pléthorique et sans qualification, ne disposant pas de budget spécifique pour l'entretien du réseau, ni de plan d'entretien, ni d'équipements adaptés, ce service à fait l'objet de nombreuses insuffisances et carences.
- *Ere de l'Agence d'Exécution des Travaux Urbains (AGETUR) (période de 1990 à 2002)* : la construction, le curage et la réfection des ouvrages de drainage des eaux pluviales avaient été assurés par l'AGETUR avec l'appui des partenaires techniques et financiers. Mais, avec le désengagement de ces derniers en 2002, la ville ne pouvait à elle seul prendre en charge la totalité du financement des coûts liés à l'entretien du réseau d'assainissement des eaux pluviales. De nouveau, des difficultés sont apparues et l'AGETUR s'est retirée.
- *Ere de la Direction des Services Techniques (DST) (de 2002 à nos jours)* : Pour faire face aux situations d'abandon, de délabrement, de déchéance, voire d'inexistence absolue des services techniques de la ville, l'idée de gestion partagée a vu le jour. Elle implique une répartition des rôles entre différents acteurs (DST, Services publics, Structures Non Gouvernementales et les populations) avec pour objectif principal, la recherche d'efficacité à travers une nouvelle organisation du secteur, l'état défectueux et insalubre du réseau d'assainissement des eaux pluviales a persisté.

VI.5 .2- Rôles, moyens et niveaux de participation des acteurs

Outre la mairie (DST), plusieurs autres services publics interviennent dans le secteur. C'est le cas de la police environnementale, de la police sanitaire et des agents d'hygiène. Leurs mission est de sauvegarder et de défendre

l'environnement à travers l'assainissement du milieu. Mais, leur difficulté majeure est l'insuffisance de leur personnel sur le terrain [Police environnementale, (3) agents pour les départements de Borgou et de l'Albori, Police sanitaire (5) agents pour le même territoire].

Quant aux populations locales, elles n'ont participé, ni au choix, ni à la construction des ouvrages à implanter, ni à leur financement et n'ont pas bénéficié d'un cadre de concertation d'informations, voire de formation à l'utilisation de ces ouvrages. Elles n'ont donc pas été associées à accompagner le processus. C'est cela qui explique leurs comportements souvent qualifiés d'incivisme.

L'assainissement pluvial urbain et la protection contre les crues n'ont pas suffisamment retenu l'attention des gestionnaires de la ville pendant longtemps, ce qui explique le retard accumulé. Ceci est perceptible sur les plans organisationnel et financier. Jusqu'à la fin des années 1990, le volet voirie et drainage était géré sans pratiquement de moyen consistant.

A partir de 2002, afin de permettre une gestion intégrée des ouvrages de l'assainissement pluvial et des crues, la part du budget consacré à l'entretien du volet voirie et drainage est comprise entre 25 et 30% du budget. En outre, l'Union Européenne a mobilisé deux milliards et demi de francs CFA pour la réhabilitation du réseau des eaux pluviales de la ville de Parakou. La moyenne du budget accordé à l'entretien du volet voirie et drainage des cinq dernières années (2004-2009) était environ de six cent quatre-vingt-dix (690 000 000) millions de francs CFA soit 70% de ce qui était prévu (environ 980 millions de francs CFA). Ce budget reste très faible par rapport aux travaux nécessaires à la ville dans ce domaine (voirie et drainage) (DPDL, 2010).

Cette multiplicité d'acteurs nous amène à nous poser les questions suivantes : quels sont leurs rôles et leurs contributions ? Qui assure la gestion après les travaux ? Quel est le rôle des populations ? Comment sont coordonnées ces diverses interventions ?

VI.5.3 - Les acteurs de gestion de crise

Dans la gestion de crise, deux groupes d'acteurs tiennent une place importante : la population et les pompiers.

Le rôle des pompiers est mieux accompli lorsque les quartiers sont facilement accessibles et lorsque le service est bien équipé et organisé. Or ces deux éléments présentent des lacunes à Parakou, surtout dans le noyau ancien.

Cependant, la ville possède un atout capital qui est la solidarité des habitants lors de catastrophe.

La consultation des rapports de la brigade des sapeurs-pompiers, des cinq dernières années nous montre une dizaine d'interventions par an liées aux zones inondées ou à la rivière. Le comité permanent de lutte contre les inondations, prévu dans l'article 58 du code de l'eau n'existe pas jusqu'à présent.

VI.5.4- Présentation des programmes et projets du secteur urbain dans la ville de Parakou.

Les infrastructures d'assainissement et voirie ont connu depuis 2001, une amélioration et une extension remarquables dans les trois communes à statut particulier grâce à la réalisation de programmes et projets pour lesquels des financements ont été mobilisés auprès de nombreux partenaires au développement (SERHAU-SA, 2005).

La plupart des projets de voirie et ceux qui sont relatifs à l'assainissement sont exécutés sous la responsabilité du Ministère en charge de l'urbanisme.

Certains projets de grande voirie sont en revanche conduits par le Ministère chargé des travaux publics, soit parce qu'ils intéressent le réseau routier national classé, soit parce qu'ils concernent les grands axes structurants des villes concernées et font appel à des techniques de construction spécifiques.

Les programmes et projets exécutés à Parakou, sous la responsabilité du Ministère en charge de l'urbanisme sont récapitulés dans le tableau XXXVI.

Tableau XXXVI : Programmes et projets de voirie et assainissement à Parakou

Intitulé du projet	consistance du projet (ml)				Montant (FCFA)	Financement/ Année
	Pavage	caniveau	collecteur	bitume		
Programme d'investissements publics	2 246	1 944			585 952 600	BN/2001
Programme de Gestion Urbaine Décentralisée phase 1		9 932			793 000 000	IDA, Bénin (2002-2003)
Appui à la Circonscription Urbaine de Parakou	5 803	11 606		11 470	3 636 000 000	FED (2003-2004)
Projet de pavage de rue et d'assainissement dans la ville de Parakou	10 980	21 960	8 750		5 770 240 000	BOAD, BN (2003-2005)
Programme d'investissements publics		245			32 632 822	BN/2005
Projet d'Appui à la réalisation des travaux de voirie et d'assainissement 9ème FED (1er et 2ème tranches)	3 766	6 138			876 918 165	FED (2005-2007)
Programme de Gestion Urbaine Décentralisée phase 2	8 820	17 640			2 981 000 000	IDA, Bénin, Mairie (2007-2008)
TOTAL	31 615	69 465	8 750	11 470	14 675 743 587	

Source : DUA, Cotonou, 2008

Démarrés en 2001, les programmes et projets d'infrastructures ont permis de doter la ville de Parakou de plus trente (30) kilomètres de voies urbaines pavées et équipés de plus de soixante-neuf (69) kilomètres de caniveaux. Près de neuf (9) kilomètres de collecteurs ont été construits pendant la même période.

Le Ministère en charge des travaux publics a également exécuté sur le réseau urbain de la ville de Parakou des aménagements très importants dans le cadre de projets routiers (Tableau XXXVII).

Tableau XXXVII: Projets du réseau routier national à Parakou

Intitulé du projet	consistance du projet (ml)				Montant (FCFA)	Financement Année
	Route	Largeur	Pont	Bitume		
Aménagement et bitumage de la route Savè-Parakou	160	2 X 7		oui	9 514 000 000	FAD, BADEA, Fonds CDEAO, BOAD, Bénin (1986-1994)
Aménagement et bitumage de la route Parakou-Djougou	136	2 X 7		oui	15 570 000 000	BOAD, Fonds CDEAO, OPEP, Bénin (1993-1997)
Réhabilitation de la route Parakou-Bérébouè	149	7		oui	5 820 000 000	FED (2001-2004)
TOTAL	445	7	0	oui	30 904 000 000	

Source : DTN/DGTP, Cotonou, 2008

C'est le cas de la voie de contournement par la gare et la zone de l'aéroport pour joindre la RNIE2 dans le cadre de l'aménagement de la route Savè – Parakou, en plus de la traversée par le marché Arzèkè et la Préfecture, qui fait partie de l'itinéraire initial. De la même manière, la traversée urbaine de Parakou – Djougou passant de COTEB à l'Hôtel de ville a été réaménagée.

L'analyse croisée des tableaux XXXVI et XXXVII, montre qu'entre 2001 et 2007, le coût de réalisation des projets d'assainissement pluvial s'élève à vingt milliards quatre cent quatre-vingt et quinze millions sept cent quarante-trois mille cinq cent quatre-vingt-sept francs (20 495 743 587) FCFA. Dans la même période la somme des prévisions budgétaire de la ville s'élève à neuf milliards huit cent millions (9 800 000 000) de francs CFA avec une réalisation des recettes s'élevant à six milliards sept cent millions (6 700 000 000) de francs CFA. Dans les prévisions budgétaires de la ville, trente-cinq pour cent (35%) du budget soit trois milliards quatre cent trente millions (3 430 000 000) de francs CFA, sont destinés à la réalisation et entretien des projets d'assainissement des

eaux pluviales durant la période 2001 à 2007, ce qui équivaut à 17% du montant total de financement des projets d'assainissement des eaux pluviales exécutés durant cette période. Somme toute, les budgets de la Commune de Parakou sont très insuffisants tant pour la réalisation que pour l'entretien des ouvrages de drainage des eaux pluviales et pose ainsi, la problématique des budgets des PED à faire face aux problèmes d'assainissement sans faire recours aux partenaires techniques et financiers.

VI.5.5-Schéma de voirie dans le premier plan directeur d'urbanisme horizon 1995 de Parakou.

Parakou est une ville, dont l'ossature urbaine est surtout caractérisée par des radiales. L'absence presque totale des couronnes oblige tout déplacement ou toute circulation d'un quartier à un autre à passer par le centre-ville ; cette situation contribue fortement à la dégradation des voies urbaines par les camions gros porteurs. Pour pallier à ce problème, le schéma de voirie proposé favorise le développement des diverses activités ou fonctions urbaines de Parakou. La principale caractéristique du schéma est la création de deux rocades, Est et Ouest, qui contribuent au renforcement des radiales existantes. Ces rocades permettront d'assurer les dégagements rapides et les liaisons inter-quartiers.

- La rocade Ouest dessert la zone industrielle, la gare ferroviaire et la zone des transporteurs.
- La rocade Est dessert le nouveau marché, la zone commerciale et les zones loties ou en cours de lotissement.
- Ces deux rocades sont reliées au Sud et au Nord de la Route Nationale Inter-Etat (RNIE2).

La mise en œuvre des programmes et projets ci-dessus rappelés a permis d'exécuter entièrement le schéma de voirie contenu dans le premier plan directeur d'urbanisme d'une part, de faire des avancées significatives dans la

satisfaction des besoins identifiés dans le cadre de l'amélioration des conditions de vie des populations de la ville de Parakou d'autre part.

La grande insuffisance de ces programmes et projets est qu'ils ne contiennent aucune technique alternative ou compensatoire pouvant atténuer les effets pervers du ruissellement urbain. Ces programmes et projets n'ont pas envisagé :

- ✓ les ouvrages de protection des milieux naturels (exutoires en cas d'un accroissement des débits) ;
- ✓ les mesures anti-érosives ;
- ✓ les réseaux tertiaires (desserte d'îlots).
- ✓ Les chaussées poreuses à structure réservoir.

VI.5.6 - Projet de Gestion Urbaine Décentralisée (PGUD)

- *Démarche et montage du projet*

Le PGUD est basé sur une approche locale « *bottom – up and community based* » et laisse ainsi un rôle important à la communauté bénéficiaire durant toutes les phases du projet. Le Service d'appui aux initiatives communautaires mène les campagnes de sensibilisation sur le terrain pour initier et informer la communauté des modalités de financement et de ses domaines d'intervention. Il examine également, la légitimité, la représentativité et la pérennité des projets proposés par le comité du développement créé à cette fin.

VI.5.6.1- Objectifs du Projet de Gestion Urbaine Décentralisée phase 2

Les objectifs du PGUD2 peuvent se résumer en trois points :

- accroître l'accès aux infrastructures et services de base des habitants des villes à statut particulier (Cotonou, Parakou et Porto-Novo) et des trois villes secondaires (Abomey-Calavi, Kandi et Lokossa) ;

- mettre en place des équipements et infrastructures de voirie et de drainage nécessaires pour améliorer le niveau et la qualité des services rendus aux populations ;
- renforcer la capacité des services techniques et financiers des administrations communales en vue d'accroître les ressources financières et techniques nécessaires pour assurer l'entretien des équipements et infrastructures urbaines et meilleur service aux populations.

VI.5.6.2 - Composantes du Projet de Gestion Urbaine Décentralisée phase2

Le projet se décompose en trois composantes essentielles à savoir :

- ❖ composante A : renforcement de la capacité des municipalités dans la gestion des services urbains ;
- ❖ composante B : réalisation des Infrastructures de voirie et drainage de bases en milieu urbain.
- ❖ composante C : participation et intégration communautaires.

VI.5.6.3 - Outils institutionnels

Les outils institutionnels se trouvent à deux niveaux à savoir :

- ❖ Au niveau national on a deux organes :
 - le comité de suivi, de coordination et d'orientation (COSUCO) qui a pour principales missions :
 - d'examiner et approuver les rapports d'activités des agences d'exécution des travaux ;
 - de rendre compte des activités du projet au conseil des ministres ;
 - de suivre des conventions signées par les villes avec l'Etat,
 - de mettre en œuvre les mesures institutionnelles ;
 - la cellule de pilotage et de suivi (CPS) qui a pour principales missions :

- de contrôler et suivre les performances des deux agences d'exécution (SERHAU-SA et AGETUR) ;
 - d'élaborer et mettre en œuvre, en liaison avec la direction de la communication du ministère d'urbanisme un plan de communication ;
 - de recevoir auprès de maîtrise d'ouvrage délégué, les ouvrages réalisés ;
 - d'assurer, le secrétariat technique du COSUCO.
- ❖ Au niveau local, on a deux organes :
- les comités locaux de suivi (CLS) qui ont pour missions :
 - de mettre en œuvre des recommandations du COSUCO,
 - de suivre l'exécution du mandat des agences sur le terrain et du fonctionnement des comités de développements de quartiers (CDQ) ;
 - les comités de développement de quartiers (CDQ) qui ont pour principale mission :
 - de contribuer au renforcement de la participation des communautés à la base et à la mobilisation des populations.

Des trois composantes citées plus haut, nous allons particulièrement développer la composante B dans la suite de nos travaux.

L'objectif général de la composante B, est d'améliorer les conditions de circulation et d'assainir le cadre de vie des populations. Spécifiquement, il s'agit d'assainir et de paver 22,52 km de voies urbaines réparties comme suit :

- 4,55 km à Cotonou,
- 1,80 km à Porto-Novo,
- 8,82 km à Parakou,
- 3,00 km à Abomey-Calavi,
- 2,40 km à Kandi,
- 1,95 km à Lokossa.

VI.5.6.4 - Les activités de la composante B dans la ville de Parakou.

Ces activités se résument en sept points:

- réalisation des études d'ingénierie et supervision des travaux ;
- réalisation des études d'impact social et environnemental ;
- construction de réseaux de drainage primaire ;
- pavage et assainissement de voirie urbaine ;
- gestion des Plans d'Actions de Recasement et de Compensation (PARC) ;
- mise en œuvre du plan de gestion des impacts environnementaux (PGIE) ;
- audits techniques et financiers périodiques des activités.

VI.5.6.5 - Consistance et montant des travaux en cours d'exécution dans la ville de Parakou.

Deux types de travaux sont en cours de réalisation à s'avoir :

- la construction d'environ dix mille (10 000) mètres linéaires de réseaux de drainage dans les quartiers Titirou, Banikani, Agba-agba, Alaga et Camp-Adagbé;
- le pavage d'environ neuf mille (9 000) mètres linéaires de voies urbaines dans les quartiers Titirou, Banikani, Agba-agba, Alaga et Camp-adagbè.

Le montant total du projet s'élève à deux milliards neuf cent quatre-vingt-deux millions (2 982 000 000) de francs CFA. Le schéma de financement de la composante B, est résumé dans le tableau XXXVIII.

Tableau XXXVIII: Schéma de financement de la composante B

Nature des travaux	Montant en Millions de francs CFA			
	IDA	Gouvernement	ville de Parakou	Total
Pavage et assainissement de voies urbaines	2 783	103	96	2 982
%	93	3,5	3,2	100

Source : CPS, Cotonou, 2008

L'analyse du tableau XXXVIII, montre que la ville participe à hauteur de 3,2% du coût total du montant de la composante B. Le budget exercice 2007 de la ville de Parakou s'élève à un milliard cinq cent quatre-vingt-quinze millions (1 595 000 000) de francs CFA, soit 57% du montant total affecté à la composante B. En effet, les programmes et projets de drainage des eaux pluviales et d'aménagement des voies urbaines financés par les partenaires au développement de 1986 à 2007 s'élèvent à quarante-cinq milliards cinq cent soixante-dix-neuf millions sept cent quarante-trois mille cinq cent quatre-vingt-sept (45 579 743 587) francs CFA.

Cet état de chose pose une fois encore la problématique relative aux contraintes liées au coût et au financement des projets d'assainissement pluvial dans les grandes villes africaines en général et à Parakou en particulier. La plupart des grandes villes africaines ont dépassé leur taille critique, du point de vue drainage classique, et se trouvent dans une impasse. Ainsi, pour pallier à cet état de chose :

- ✓ soit elles acceptent globalement un niveau de protection inférieur, en calibrant les ouvrages à partir de période de retour plus faibles que celles utilisées actuellement, de façon à ramener leurs dimensions à une taille abordable;
- ✓ soit elles procèdent de façon différentielle à des aménagements destinés à protéger plus ou moins certaines zones, en fonction de leur intérêt socio-économique, en adoptant par exemple une période de retour de vingt (20) ans dans les centres villes, de deux (2) ou cinq (5) ans seulement dans les quartiers pauvres et de dix (10) ans dans les quartiers résidentiels de standing, ou bien encore en choisissant un degré de protection (c'est-à-dire une période de retour) proportionnelle à la densité de la population.

Les financements destinés à l'étude ou à la réalisation des projets d'assainissement pluvial ne sont pas toujours adaptés dans les PED (BCEOM, 1994) car :

- ces projets n'envisagent que les réseaux primaires et secondaires de drainage, rarement les ouvrages de protection des milieux naturels (exutoires en cas d'un accroissement des débits). Ils excluent fréquemment les mesures antiérosives ainsi que les réseaux tertiaires (desserte d'îlots) et, mieux, compensent l'absence de ceux-ci par des travaux portants sur le reprofilage des voies tertiaires et leur stabilisation éventuelle ;
- le dimensionnement des ouvrages repose presque systématiquement sur des hypothèses très optimistes quant aux coefficients de ruissellement, notamment sur ceux affectés aux surfaces nues non revêtues (cours de concessions, voies de circulation) qui génèrent des débits plus importants que ce que l'on a longtemps supposé.

La réalisation des ouvrages de drainage conduit à des dépenses particulièrement lourdes à supporter et incompatibles avec la part du budget disponible dans PED. A cet égard, de nombreuses agglomérations disposent des plans d'assainissement pluvial qu'il est très difficile de mettre en œuvre. De même, les coûts élevés de fonctionnement et d'entretien peuvent être cause d'abandon d'équipements (Desbordes, 1974).

VI.6- Contraintes institutionnelles

L'analyse de l'aspect organisationnel, développé dans ce chapitre, nous a montré la multiplicité des acteurs qui sont, ou qui peuvent être concernés de près et de loin par la gestion des eaux pluviales urbaines dont les actions ne sont pas coordonnées et posant ainsi la problématique de contraintes institutionnelles.

Les contraintes institutionnelles résultent de l'absence de synergies entre les compétences en matière d'assainissement. Ces dernières se trouvent éparpillées au sein de différents ministères, directions ou services, sans explication claire de critères institutionnels ou techniques. Les conséquences de cette dispersion sont nombreuses:

- ✓ difficultés de mise en place d'une politique délibérée et cohérente dans le secteur, du fait que les responsables de la planification sont rarement sensibilisés à l'intérêt de l'assainissement en dehors d'opérations spécifiques d'aménagement urbain ou de gestion urbaine;
- ✓ manque de concertation entre les différents services, pouvant entraîner une mauvaise définition des programmes liés aux aménagements urbains et une inadéquation des ouvrages du fait de l'absence de prise en compte des sujétions d'entretien et de fonctionnement qu'ils entraînent ;
- ✓ l'insuffisance voire l'absence d'une réglementation en matière d'assainissement pluvial et la carence des services chargés de la faire respecter ;
- ✓ la différence des structures de gestion, très généralement sous-équipées, ne pouvant de ce fait assurer le contrôle et l'entretien des ouvrages ;
- ✓ l'insuffisance de la législation foncière, est à l'origine du développement des habitats anarchiques.

Les contraintes particulières évoquées ci-dessus, montrent que la solution des problèmes d'assainissement pluvial à Parakou nécessite la mise en œuvre conjuguée des mesures ressortant à la fois des domaines technique, institutionnel, économique et social. L'ignorance de ces différents aspects est, assurément, une des causes premières des échecs constatés.

Dans le secteur du drainage des eaux pluviales, cette multiplicité d'acteurs, qui résulte d'un constat d'échec et d'insuffisance d'un service central, a apporté beaucoup à l'assainissement pluvial des quartiers au travers des acteurs du développement urbain (institutionnels, ONG, comités de développement de quartier) bien que l'effort reste encore faible comparé au problème posé. La multiplicité des acteurs est, dans le cas actuel, porteuse d'éparpillement des compétences et de responsabilités. Cela induit une ambiguïté notamment pour la gestion des ouvrages d'assainissement des eaux pluviales.

La gestion des eaux pluviales urbaines nécessite, par nature (unicité, bassin versant, réseau hydrographique), une vision globale notamment dans la conception des projets. Pour cela, l'organisation des acteurs constitue un facteur important. A Parakou, les relations sont très faibles ou inexistantes au sein même des acteurs responsables de la gestion des eaux pluviales. Il n'existe aucun cadre (groupe de travail, ordre, hiérarchie, etc.) qui permette de coordonner et d'harmoniser les travaux des acteurs responsables de la gestion des eaux pluviales et acteurs de développement urbain local.

La présente étude, envisage les mesures techniques pouvant faire face aux problèmes posés, ainsi que les outils de planification, de conception et de gestion de ces techniques.

En conclusion l'analyse détaillée du système de gestion de l'espace urbain et du fonctionnement du SGEUPU nous a montré dans cette partie la complexité et l'ampleur des divers problèmes de la ville liés aux eaux pluviales ainsi que les acquis de la ville notamment sur le plan organisationnel. Les origines des problèmes auxquelles il faut s'attaquer pour obtenir des solutions durables, sont également nombreuses. Nous avons résumé et classé les acquis et les contraintes en quatre typologies dans le tableau (XXXIX).

De l'analyse croisée de ces contraintes et des acquis, il découle les questions et réflexions suivantes :

Malgré l'importance de la tâche de gestion des eaux pluviales qui nécessite des fonds d'investissement et de fonctionnement, les moyens du service d'assainissement pluvial sont limités. Comment rendre le service d'assainissement pluvial un service satisfaisant et qui pourrait s'autofinancer ?

Tableau XXXIX: Typologie des contraintes (causes de dysfonctionnement) et d'acquis du SGEPU

Typologie	Financière	Phénomène et système technique	Organisationnel et institutionnel	Urbanistique et organisation de l'espace
Contraintes	Budget insignifiant pour la gestion	Manque de connaissance des phénomènes et du réseau	Faible organisation basée sur le découpage administratif	Tissu urbain anarchique, dense, sans passage pour l'eau
	Manque de ressource spécifique	Manque de données, d'étude et de recherche	Manque de coordination et d'information interorganisationnelle	Occupation des lits majeurs
		Erreur de conception et de réalisation	Manque de personnel qualifié, motivé et sensibilisé	Insuffisance de la gestion urbaine: déchets (solides et liquides)
		Insuffisance de support technique	Manque d'appropriation et de citoyenneté	Manque d'application stricte du POS
		Manque d'entretien et de suivi des ouvrages	Disproportion entre les moyens (temps et argent) et l'ampleur du problème	Déforestation
			Manque d'une vision globale	Hétérogénéité de l'espace urbain
				Tendance d'urbanisation peu consciente du risque et de l'assainissement
				Insuffisance des outils existants
Acquis	Participation financière de la population	Réseau hydrographique naturel dense	Organisation décentralisée	Urbanisation non ségrégative
		Centre-ville bien équipé en réseau	Riche en formes associatives	
			Participation de la population	

A partir de l'état du réseau de drainage des eaux pluviales et du système organisationnel existant, on peut déduire avec étonnement que ces réseaux sont construits pour être abandonnés. Il n'y a pas d'entretien régulier ni de maintenance. Ceci est d'autant plus grave dans cette ville pauvre où les problèmes de la gestion urbaine s'accumulent d'année en année. De plus, le réseau théoriquement séparatif est en réalité unitaire. Comment assurer la durabilité des travaux en se basant sur l'organisation décentralisée de la ville et sur la participation de la population ? Comment valoriser le réseau et assurer son appropriation ?

De plus, les rivières urbaines sont mal intégrées et mal appropriées dans le tissu urbain. Ceci est la cause principale de la perturbation de leurs fonctionnalités (hydraulique et autres). La localisation « cachée » des cours d'eau favorise les occupations illégales de terrain, le rejet de déchets solides et des fosses septiques et la défection. Comment valoriser l'usage et l'état des rivières et assurer leur intégration dans l'espace urbain ?

Ces questions sont la base de la formulation du modèle de gestion durable des eaux pluviales urbaines à Parakou et des perspectives de recherches développées dans la troisième partie.

TROISIEME PARTIE

**ELEMENTS POUR UNE GESTION DURABLE DES
EAUX PLUVIALES URBAINES A PARAKOU :
REPONSES A L'INSUFFISANCE D'AUJOURD'HUI ET
A LA CROISSANCE URBAINE DE DEMAIN**

Cette partie est consacrée à l'analyse et discussion des différentes approches de gestion des eaux pluviales d'une part, l'élaboration et à la proposition d'un modèle de gestion durable des eaux pluviales urbaines et de l'assainissement de cadre vie à Parakou en nous basant sur le milieu d'étude, les constats, les concepts généraux développés et les questionnements issus des deux parties précédentes, d'autre part.

Nous avons proposé un outil organisationnel fondé sur les notions "espace et temps" afin de répondre à la double question : formuler des stratégies appropriées pour chaque typologie d'espace et assurer la pérennité de la gestion des ouvrages.

Nous avons également proposé des éléments techniques et urbanistiques portant sur la conception de l'espace urbain vis-à-vis des réseaux hydrographiques naturels et artificiels.

Pour construire un cadre d'analyse et d'évaluation, nous nous sommes intéressés aux concepts de la gestion urbaine, comme la gouvernance et la subsidiarité et les différentes approches utilisées dans la gestion des eaux.

CHAPITRE VII

ANALYSE ET DISCUSSION DES DIFFERENTES APPROCHES DE GESTION DES EAUX PLUVIALES

Dans ce chapitre sept nous nous sommes intéressés à l'analyse et discussion des différentes approches techniques utilisées dans la gestion des eaux pluviales et de risque.

VII.1- Approches de gestion des eaux pluviales

Certaines limites de l'approche classique ont conduit depuis quelques dizaines d'années à remettre en question le dogme de l'assainissement : évacuer le plus vite et le plus loin possible. Cette remise en question a permis l'émergence de nombreuses approches souvent complémentaires. La plupart de ces approches est élaborée dans le contexte des pays développés. Nous nous intéresserons à ces approches, à leur application, à leur adaptabilité dans les PED en général et à Parakou en particulier.

VII.1.1 - L'approche réseau et sa sophistication

Le réseau d'assainissement, né avec la révolution industrielle et le mouvement hygiéniste de la seconde moitié du XIX^{ème} siècle, constitue aujourd'hui la technique la plus utilisée pour la gestion des eaux pluviales urbaines. Bien que son application exclusive soit remise en cause avec l'émergence des techniques alternatives, son usage domine toujours par les avantages économiques d'échelle qu'il permet, mais aussi par sa présence (valeur patrimoniale).

Au fil de temps, le réseau s'est spécialisé (séparation eaux usées et pluviales). Il est également automatisé pour réduire sa vulnérabilité vis-à-vis des aléas internes et externes et pour améliorer la qualité du milieu récepteur. Cette

gestion automatisée se réalise sous deux formes utilisées d'une manière combinée ou séparée. Il s'agit de

- ✓ la gestion automatisée des ouvrages ;
- ✓ la gestion automatisée des flux : gestion en temps réel.

Dans le premier cas, il s'agit de contrôler le fonctionnement des ouvrages et de gérer à distance pour faciliter l'exploitation du réseau. La gestion en temps réel consiste à optimiser la capacité de collecte, de stockage, de traitement et de restitution du système d'assainissement vis-à-vis des aléas internes et externes.

Cette approche repose sur l'idée essentielle selon laquelle les intensités de pluie présentent une très grande variabilité spatio-temporelle (Acka, 1993).

Cette gestion automatisée de flux permet de suivre, d'analyser et de contrôler le fonctionnement du réseau avec un très faible décalage de temps afin d'intervenir rapidement pour apporter des remèdes correctifs ou préventifs.

Bien que cette technique facilite la tâche du gestionnaire, son apport réel pour éviter l'inondation n'est pas encore visible comparé à son coût. "En effet, il reste impossible de démontrer que des inondations auraient pu se produire ou s'avère plus grave en l'absence de gestion temps réel".

VII.1.2 - Système dual de drainage

Cette approche de gestion repose sur deux systèmes, le système mineur et le système majeur de drainage. Le système mineur concerne le réseau classique et ses accessoires (tuyau, fossé, avaloirs, regards). Le système majeur se compose des éléments de l'espace urbain comme la voirie et les espaces verts qui stockent et évacuent les eaux excédantes du réseau. Cette approche est née à la fin des années 1960 (Rivard, 1998). Elle s'est plus développée dans les décennies suivantes avec des travaux plus approfondis.

Cette approche constitue le passage de l'assainissement à la gestion des eaux pluviales urbaines. La conception de ce double système de drainage implique ainsi la révision de la méthode classique et sectorielle de la conception

des éléments urbains : réseau, voirie, habitat et mobilier urbain. Parmi les dispositifs techniques de ce mode de conception, on trouve par exemple les éléments suivants :

- ✓ les grilles des rues doivent être conçues de façon à éviter le sur-chargement du système mineur (en interceptant seulement le débit que le réseau est capable d'acheminer) et comme régulateur qui limite le débit intercepté pour les pluies rares ;
- ✓ la localisation et les dimensions des regards doivent assurer l'interception de débit acceptable par le système mineur et majeur (Rivard, 1998);
- ✓ les bâtiments doivent être aussi conçus de façon à éviter l'inondation par les eaux du système majeur.

Dans les PED, cette approche a été utilisée par exemple dans les projets de réhabilitation urbaine (1992-1995) des nombreux quartiers de bidonvilles de l'Indore en Inde pour concevoir leur système de drainage (Alfakih, 1991).

Cette approche de conception est en principe très intéressante pour les PED dans la mesure où elle diminue le coût d'investissement par rapport à l'approche classique "tout réseau". Toutefois, se pose la question du devenir du flux en cas du blocage de système mineur : situation courante dans les PED.

VII.1.3 - Maîtrise du ruissellement ou contrôle à la source

Cette approche de gestion repose sur les techniques dites alternatives ou compensatoires qui sont apparues dans la seconde moitié du XX^{ème} siècle bien que leur usage ait déjà été observé dans les civilisations très anciennes qui les utilisaient notamment pour l'approvisionnement en eau (Alfakih, 1991).

Elle est née dans le contexte des villes des pays développés et plus spécifiquement avec les problématiques de l'assainissement pluvial lié à l'urbanisation des zones périphériques : site plat, exutoire éloigné, sections du réseau inabordables (Dupuy, 1982), saturation du réseau existant, cette

émergence a été favorisée également par la montée des préoccupations écologiques et par la reconquête de l'eau dans la ville.

Ces techniques compensatoires reposent sur deux principes : stockage et infiltration, pour minimiser le ruissellement et sur-chargement du réseau. Elles sont utilisées à différentes échelles d'espace – de la parcelle jusqu'à celle de la ville – avec différents types d'ouvrages : de la simple noue à des bassins de rétention de taille importante. Les techniques basées, sur ces principes sont les suivantes :

- ✓ Chaussée à structure réservoir ;
- ✓ Puits d'absorption ;
- ✓ Tranchée ; fossé et noue
- ✓ Toit stockant.

Les techniques dites alternatives ou compensatoires, redonnent aux zones urbaines fortement imperméabilisées (Alfakih, 1991) une certaine capacité d'absorption des eaux pluviales, afin de limiter les problèmes dus au ruissellement (inondation, pollution des eaux pluviales). On relève deux grandes catégories de techniques alternatives présentées sur la figure 33 en fonction de leur position par rapport au ruissellement sur les surfaces urbaines :

- Catégorie TA1 : ces techniques sont composées des ouvrages associés à des surfaces productrices de ruissellement, il s'agit de toiture et de chaussée poreuse à structure réservoir permettant de stocker temporairement les eaux pluviales puis les évacuer à débit régulé. Ces techniques agissent avant le ruissellement.
- Catégorie (TA2 et TA3) ces techniques sont composées des chaussées à structure réservoir, les tranchées, les fossés et les noues. Les techniques (TA2) agissent après le ruissellement. Les techniques (TA3) sont basées sur l'infiltration. Ces techniques permettent la diminution des flux d'eau et de polluants à gérer en aval (Bouvier, 1990).

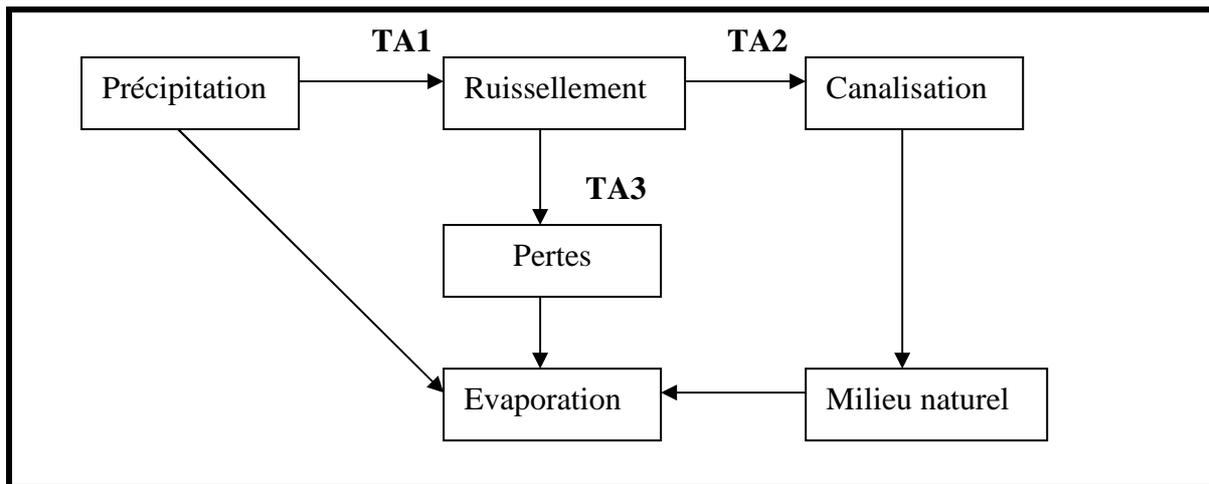


Figure 33: Position des techniques alternatives dans le cycle urbain de la pluie (Alfakih, 1991)

Bien que ces techniques apportent une solution alternative sur le plan pratique, leur apport sur la diminution du coût n'est pas systématique. Les études relatives à leur coût donnent des résultats mitigés comparés à ceux des techniques classiques (réseau) selon le site. Cependant, elles apportent d'autres avantages relatifs aux multiples usages qu'elles offrent en plus de la diminution des flux d'eau et de polluants à gérer en aval.

Certaines de ces techniques alternatives sont consommatrices d'espace et elles nécessitent une gestion plus renforcée : deux facteurs qui conditionnent souvent leur application en milieu urbain très dense caractérisé par une forte pression foncière et une concentration de déchets (notamment dans les villes des PED). L'entretien constitue le facteur déterminant pour la pérennité et le bon fonctionnement de ces techniques.

En Afrique, l'application (plus théorique qu'opérationnelle) de techniques alternatives a commencé dans les années 1980. On voit déjà en 1985 dans un bulletin de liaison du CIEH des propositions d'application de ces techniques au niveau de la parcelle et sur la voirie. Une chaussée d'infiltration a été construite comme site pilote dans la ville de Tahoua (Niger).

Par leur configuration spatiale et leur densité, les villes des PED ne sont pas un terrain facile pour l'application de ces techniques. Cependant, la réflexion, au cas par cas, sur leur apport et pertinence est nécessaire pour trouver des solutions plus adaptées et innovantes sur les plans financier et technique.

A Parakou, la plupart des techniques alternatives sont restées inconnues par les gestionnaires. L'utilisation de bassin de rétention en amont de la ville est récemment proposée dans les études de réalisation des collecteurs du projet de la Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD) par le cabinet d'étude IGIP AFRIQUE pour minimiser la pointe des cours d'eau dans le centre-ville. Cette proposition n'a pas été prise en compte dans l'exécution des travaux en raison de l'insuffisance de l'enveloppe financière.

Ces techniques alternatives méritent à notre avis des réflexions notamment dans le cadre du financement complémentaire du Projet de Gestion Urbaine Décentralisée deuxième phase (PGUD II) qui débutera dans le deuxième semestre 2010, même si la forte imperméabilité de sol limite déjà leur usage extensif.

VII.1.4 - Gestion intégrée ou approche "bassin versant"

Cette famille d'approches a émergé dans les années 1990, marquées par les préoccupations écologiques bien que quelques initiatives existent déjà comme le système d'agences de bassin français créé en 1964 par le décret du 14 septembre.

La gestion intégrée repose sur un principe qui tente de prendre en compte l'ensemble des usages de l'eau et de sa qualité, les acteurs et leurs actions, les moyens et les outils nécessaires utilisés. Cette approche vise à harmoniser les décisions et les actions entre les différents acteurs, à conjuguer l'ensemble des moyens et à inscrire la gestion de l'eau dans un cadre plus large (économique, environnemental, national).

Le principe de la gestion intégrée repose également sur celui de "penser globalement et agir localement". Il s'agit donc de définir de manière cohérente les orientations au niveau global (souvent bassin versant) en se basant sur les réalités locales et de favoriser les actions au plus près du terrain.

L'intérêt de cette approche est qu'elle permet de poser la question d'ordre organisationnelle. Elle peut donc permettre de définir les différents niveaux d'intervention nécessaires pour accomplir une gestion à la fois cohérente (au niveau d'un bassin versant) et locale.

L'application courante de cette approche est la gestion des cours d'eau. Dans ce domaine, elle vise à mettre en place une démarche participative des différents acteurs et des mesures nécessaires (technique, institutionnelle, réglementaire, financière) afin d'harmoniser et d'équilibrer les différents usages et fonctions de l'eau.

Cette approche se réalise selon les pays au niveau des bassins versants des grands fleuves, au niveau régional ou national. En France, elle se réalise notamment au niveau des six bassins (agences de l'eau) et en Angleterre au niveau national avec *National Rivers Authority*. En Allemagne, le LAWA, le service du länder, est chargé de la gestion de l'eau et de déchet (Wondimu, 1995).

L'application à l'échelle de la ville, notamment pour une gestion des eaux pluviales urbaines, consiste à assurer une coordination des services municipaux afin d'harmoniser et de conjuguer leurs actions pour maximiser la performance de la gestion en terme de diminution d'incidence et d'impacts.

Dans les PED, bien que ce principe existe dans les discours et dans les rapports, son opérationnalité n'est pas encore bien assurée. "*One of the major problems is the failure to manage these urban areas in an integrated manner especially the total water management aspects*"(Glawell, 1993).

L'apport de cette approche est important pour la ville de Parakou. Comme nous avons vu dans les chapitres précédents, l'une des causes majeures de

dysfonctionnement réside dans le manque d'une vision globale au niveau du bassin versant et dans l'absence de liaison et de coordination entre les actions menées par différents acteurs à différents échelons.

VII.2. - Gestion du risque et l'"hydro-système"

Le développement urbain, qui a longtemps négligé les éléments de l'espace où il s'inscrit, a connu de surprises douloureuses liées notamment à l'eau et aux cours d'eau : inondation, coulées de boues, pollution, pénurie, etc. ces expériences ont conduit les gestionnaires et les chercheurs à revoir leurs approches sectorielles de raisonner, de planifier et d'agir. Ainsi, on voit depuis les années 1980 l'émergence et le développement des concepts qui abordent la gestion de "l'espace rivière" dans et en tant qu'élément de l'espace urbain.

Parmi ces approches, on trouve la gestion du risque et l'hydro-système ainsi que leurs dérivés : inondabilité, champ d'inondation, etc.

VII.2.1-Gestion du risque

Le risque est défini comme un phénomène qui résulte de la rencontre entre un élément perturbateur de nature aléatoire et un élément vulnérable (Chocat, 1997).

L'approche risque, est utilisée dans divers domaines pour faire face à des dangers potentiels et aux dommages qu'ils engendrent, d'origine naturelle et/ou humaine incontrôlables et imprévisibles. La gestion du risque est née dans l'acceptation des deux réalités suivantes :

- ✓ tout n'est pas prévisible à 100% par conséquent le risque zéro n'existe pas ;
- ✓ l'Homme et ses technologies ne peuvent pas tout maîtriser.

Dans la gestion de l'eau, le risque apparaît sous forme de trois phénomènes, souvent associés. Il s'agit de l'inondation, de la pollution mais aussi de la pénurie. L'aléa vient de la précipitation pour le risque de l'inondation et de pénurie. Pour la pollution, il est lié à l'espace (bassin versant urbain ou rural) et du risque d'inondation : le risque constitue donc un aléa à son tour.

Selon la vulnérabilité de l'espace, ces aléas causent des phénomènes plus ou moins catastrophiques.

L'aléa représente ce qui est imprévisible (ou peu prévisible) et dépend dans la plupart des cas de la météorologie. La pluie possède un caractère imprévisible dont on ne maîtrise ni la quantité, ni la durée, ni l'occurrence d'apparition. La vulnérabilité traduit les dommages éventuels que peut causer l'eau, ou l'incompatibilité d'un espace et de l'eau.

Cette approche d'analyse basé sur le risque est plus appliqué dans les cas des inondations "fluviales" causées par les cours d'eau de bassin relativement important (environ 100km² et plus). A cette échelle d'espace, l'interdépendance entre aléa et vulnérabilité est plus contrastée qu'à l'échelle de petit bassin urbain où l'interdépendance devient plus complexe. Dans ce dernier cas, l'accroissement de la vulnérabilité (causée par l'urbanisation) constitue un facteur supplémentaire d'accroissement de l'aléa (Gilard, 1997).

L'application de la gestion du risque en assainissement urbain englobe de multiples actions : préventive (évaluation, planification, règlement), gestion de crise (alerte, secours) et l'après crise (aide, assurance). Les actions doivent consister plus à minimiser la vulnérabilité de l'espace qui est relativement maîtrisable. *"La perception du risque se détache d'une perspective fataliste ou naturelle. Dans la mesure où on considère que le risque est lié à l'activité humaine, on peut agir sur cette activité de manière à réduire la probabilité d'occurrence des dommages associés"* (Pucci, 1999).

Cette approche élargit le domaine de l'hydrologie urbaine et de l'ingénierie de l'assainissement à une dimension plus large de la gestion de l'espace. Cet élargissement nécessite une recomposition, ou tout au moins, un ajustement des structures de gestion existantes.

L'application de cette approche dans la gestion des crues a fait l'objet de travaux de recherche qui portent sur les notions dérivées comme l'hydro-

système et l'inondabilité⁵ (champs d'inondation). Ces travaux reposent sur deux actions :

1. la définition des niveaux de protection (exprimés en terme de période de retour) pour chaque zone en fonction des trois éléments : aléas, vulnérabilité et tolérance ;
2. l'aménagement de l'espace et du cadre bâti pour répondre à différents niveaux de protection et de gestion du surplus : lit majeur, lit mineur et espace de stockage.

L'un des acquis de cette approche est son utilisation dans l'élaboration du Plan d'Occupation du Sol (POS) ou dans d'autres procédures de planification (spécifiques au risque ou non) pour identifier le degré d'inondabilité des espaces urbains et pour envisager des mesures nécessaires.

L'autre point intéressant est la démarche de concertation (entre les gestionnaires, les aménageurs, les habitants, etc.) utilisée dans la définition des niveaux de protection. Cette démarche permet d'avoir une sensibilisation des citoyens au risque et une responsabilité des acteurs concernés.

L'application de cette approche a déjà bien commencé dans quelques villes des PED. Quelques travaux de recherche étaient lancés au milieu des années 1990 par l'ORSTOM à Quito, Ouagadougou, Dakar, Niamey sous le programme RUES (Risques Urbains liés aux Ecoulements des Sols)⁶.

Selon Wondimu(2000), à Addis Abéba, l'approche risque a déjà été utilisée en 1982 dans l'étude du BCEOM. Cette étude avait défini les degrés de sensibilité au risque d'inondation des lits majeurs des cours d'eau en fonction du coût de dommage annuel par kebele. Les résultats de cette étude n'ont cependant été jamais appliqués.

L'approche risque est d'un grand intérêt pour la ville de Parakou pour résoudre d'une manière réfléchie et concertée le risque dans l'espace rivière (lit

⁵ On peut citer comme exemple les travaux du CEMAGREF (qui s'intéressent avec le modèle AGREGEE à la fréquence de 100ans).

⁶ Bovier C., Programmes RUES : Bilan 95 et perspectives, août 95.

mineur et majeur). Au-delà de son apport d'aide à la décision, elle permet surtout d'attirer l'attention des élus et des occupants de ces espaces, sur le risque potentiel de chaque site.

VII.2.2- Hydro-système

L'approche hydro-système est utilisée pour désigner et mettre en valeur les diverses dimensions spatiales, temporelles, systémiques et hydrauliques des cours d'eau. Selon cette approche, les rivières ne sont pas de simples canaux unidirectionnels mais se composent de quatre dimensions :

1. la dimension longitudinale (écoulement et diffusion amont-aval)
2. la dimension transversale (lit mineur, majeur, débordement) ;
3. la dimension verticale (régime hydrologique de la nappe et de l'écoulement superficiel) ;
4. la dimension temporelle : évolution des cours d'eau dans le temps.

Cette approche est considérée comme un outil conceptuel d'aide à la décision dans la recherche d'une gestion intégrée et durable (Piégay, 1997).

Dans le cas de la gestion des cours d'eau urbains, cette approche met en évidence les interactions rétroactives (occupation des sols, exploitation – gestion – inondation) entre l'espace urbain et ses hydrosystèmes. L'urbanisation qui occupe le lit majeur réduit d'une part les champs d'inondation, ce qui occasionne des débordements sur place et engendre d'autre part une augmentation de la pointe de crue en aval à cause de la réduction du stockage hydrographique. L'urbanisation et sa pression foncière font oublier souvent l'existence de différentes dimensions des rivières et causent la régression des réseaux hydrographiques naturels au fil de temps. A titre d'exemple, la ville de Nantes (France) a perdu ses petits ruisseaux en deux siècles (Hubert, 1990).

Il s'agit donc de considérer la rivière comme un système qui réagit avec le changement qu'il subit sur son espace hydrographique (bassin versant). Cette réaction d'auto régulation, si elle est issue de l'ignorance de l'hydrosystème,

peut produire des conséquences négatives à court et à long termes comme il est illustré dans la figure 34.

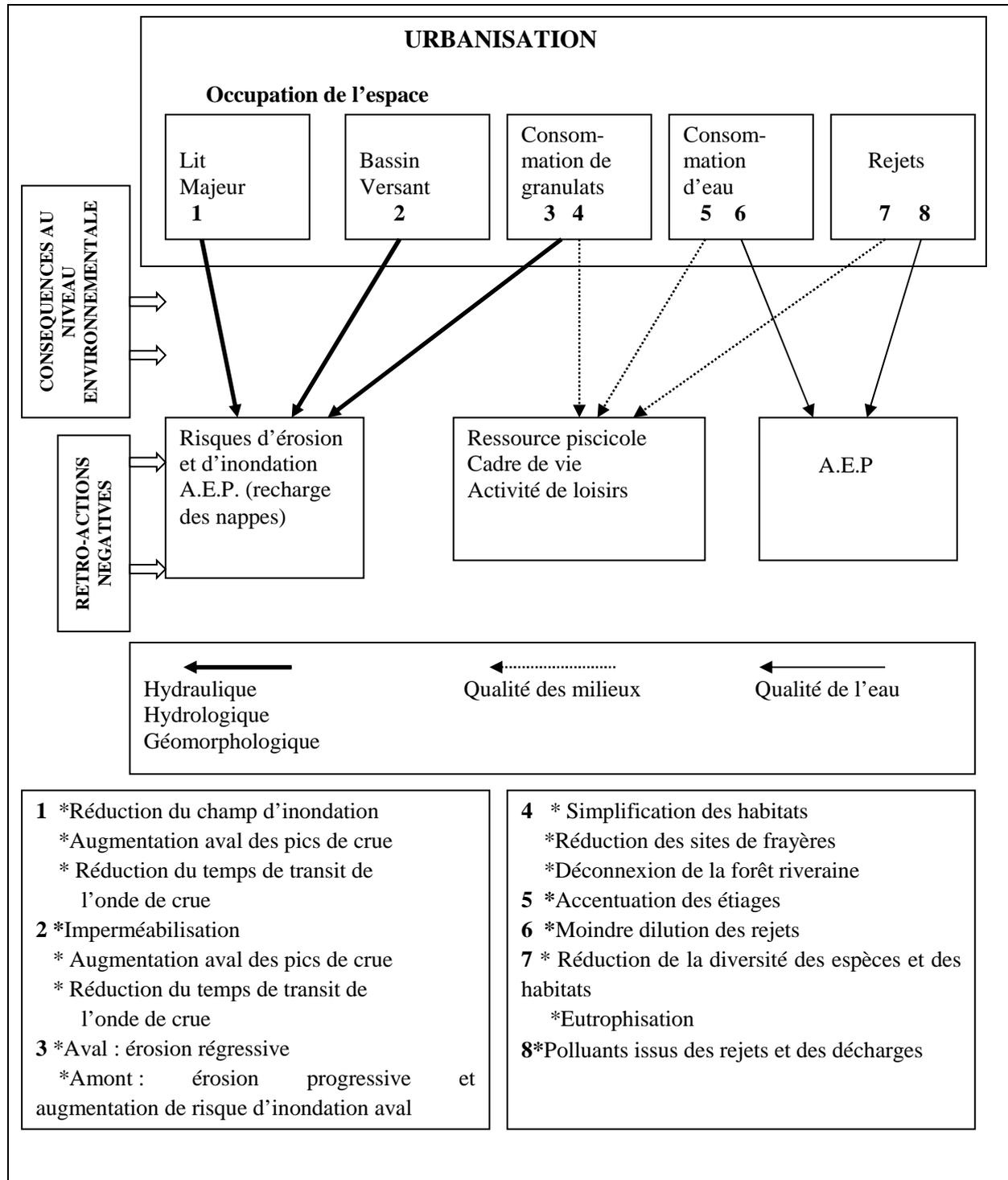


Figure 34 : Les contraintes de l'urbanisation dans l'hydrosystème selon (Piégay, 1997)

VII.3 - Aspect ressources

L'eau, l'élément dominant, occupant (71%) de la surface de la planète, est en majorité inutilisable (98% des océans) pour la consommation ou l'irrigation à cause de sa teneur élevée en sel. La terre dispose de ressources en eau souterraine et superficielle et de 40 000 milliards m³ d'eau pour sa consommation de plus en plus croissante (Sironneau, 1996). La précipitation constitue la source majeure de cette ressource accessible. La répartition inégale de l'eau dans l'espace et dans le temps, la pollution liée à l'activité humaine et la croissance démographique rendent cette ressource de plus en plus rare.

L'eau pluviale constitue ainsi partout dans le monde un enjeu majeur par sa dimension de source de vie ou/et par sa dimension de source de risque. Ces deux dimensions sont rarement prises en compte ou perçues intégralement.

L'eau pluviale urbaine est souvent associée à l'assainissement et à ses dogmes "évacuer le plus vite et le plus loin possible".

Or, la croissance démographique et l'urbanisation apportent de plus en plus des phénomènes nouveaux qui se manifestent par la rareté de la ressource. La déforestation et l'urbanisation favorisent d'une part l'augmentation du ruissellement et la montée rapide de crue.

En Afrique, dans les zones du Sahel et du Sahara, l'approvisionnement en eau a conduit au recours à des ressources rares et coûteuses : en Libye l'exploitation des ressources non renouvelables, en Egypte et en Tunisie, le recyclage des eaux de drainage et des eaux usées, etc..

Il faut donc prendre en compte l'aspect ressource des eaux pluviales urbaines avec une vision globale. Cette préoccupation est déjà en route depuis quelques années dans les pays développés avec notamment le principe de la gestion intégrée et la reconquête de l'eau en milieu urbain. Dans les PED, cette question nécessite des mesures concrètes au-delà des déclarations d'intention pour surmonter les problèmes liés aux ressources en eaux.

Comme conclusion de l'analyse et discussion des approches de gestion des eaux pluviales, nous retenons d'une part le manque de courants de pensées ou d'approches issues des cas des PED et d'autre part la méconnaissance des nouvelles approches (formulées et expérimentées dans les pays développés) dans ces PED. Il est donc nécessaire aujourd'hui pour ces pays, de développer des stratégies et des approches qui conviennent à leur problématique et de profiter de l'avancement scientifique et stratégique pour éviter les erreurs commises dans les pays développés.

CHAPITRE VIII

ELABORATION D'UN MODELE DE GESTION DURABLE DES EAUX PLUVIALES URBAINES ET L'AMELIORATION DU CADRE DE VIE

Ce chapitre est consacré à l'élaboration et à la proposition d'un modèle de gestion durable des eaux pluviales urbaines et de l'assainissement de cadre vie à Parakou en nous basant sur le milieu d'étude, les constats et les concepts généraux développés.

VIII.1- Présentation générale de l'approche

Nous proposons une approche organisationnelle basée sur l'espace et le temps. La finalité visée est une gestion, responsable, participative, concertée et durable, capable de fournir des éléments stratégiques afin de résoudre le problème organisationnel du système de gestion des eaux pluviales urbaines.

VIII.1.1-Les quatre notions fondamentales: Ethique, Participation, Concertation et Durabilité (EPCD)

➤ *Ethique*

Dans le concept **d'éthique**, nous mettons deux obligations à savoir : ***l'intégrité et la responsabilité***. Il n'existe pas d'ordre hiérarchique pour ces deux obligations. Elles exigent toutes d'être également respectées à titre de valeurs morales. Ces deux obligations comprennent, les valeurs morales de base suivantes : la loyauté, l'honnêteté, l'équité et le courage.

La responsabilité

La responsabilité, qui doit émerger non pas seulement par des lois mais plutôt de la motivation et de l'implication des citoyens, élus et gestionnaires

habitants, doit permettre de répondre à l'urgence et développer chez les acteurs, des rigueurs et consciences dans l'accomplissement de leurs tâches.

La complication du problème n'est pas due seulement à l'insuffisance des moyens mais également au manque de citoyenneté tout court. Il n'est pas rare de rencontrer des habitants qui déchargent leurs déchets sur l'espace public ou dans le réseau, même lorsque le système de collecte existe. Les fonctionnaires de la ville et les élus doivent se considérer comme des citoyens de la ville. Ceci est indispensable pour minimiser (voire éviter) la corruption et l'irresponsabilité qui réduisent substantiellement l'efficacité des moyens mobilisés, déjà très limités.

Aujourd'hui, le constat de Saint-Just⁷ est encore bien vrai : "Depuis qu'il y a dans ces sociétés "populaires" trop de fonctionnaires et trop peu de citoyens, le peuple y est nul". La citoyenneté doit donc exister pour que le peuple puisse vivre dignement. La définition pertinente des niveaux d'intervention favorisera la responsabilisation des acteurs, de l'individu aux élus. Une définition des niveaux basée sur la réalité locale permet de désigner l'acteur compétent qui peut être réellement responsable.

➤ *Participation*

La participation de la population s'impose par défaut du service municipal et par principe de durabilité. Deux questions se posent à cet égard : Quel rôle ? Comment harmoniser l'élargissement (donc la complication) de l'action collective avec l'intégration de la population dans le processus de gestion ? L'un des objectifs du modèle proposé est d'apporter des éléments de réponse à ces questions avec l'outil d'aide à la définition de niveaux d'intervention.

➤ *Concertation pour codécision et coopération*

La concertation est un élément indispensable à l'action collective pour assurer un développement urbain durable en minimisant l'impact négatif des

⁷ Homme politique français (1767- 1794)

interactions entre différents équipements ou services. La concertation entre les acteurs du SGEPU (Système de gestion des eaux Pluviales Urbaines) permettra :

- ✓ l'harmonisation des actions,
- ✓ l'optimisation des moyens financiers, techniques et humains,
- ✓ un gain au niveau du service rendu.

La concertation doit être proposée et non pas imposée pour obtenir le sens d'appartenance et ses effets bénéfiques. Elle doit être négociée, adoptée et adaptée par les acteurs dans une optique d'intérêt commun et général tant au niveau national, qu'au niveau départemental (entre différents services déconcentrés de la ville) et local. Cette concertation participative et évolutive renforcera le sens de responsabilité chez les acteurs et assurera sa propre pérennité. Nous insistons sur la pérennité car ce qui manque en Afrique ou dans les pays pauvres n'est pas l'idée ou les tentatives d'actions. C'est la pérennité de ce qui est entrepris, enrichi du retour d'expériences. A Parakou la question de la concertation est une question ancienne (depuis au moins une vingtaine d'années) et les tentatives éphémères ont été aussi observées notamment entre les gestionnaires des réseaux : voirie, assainissement, eau, télécommunication.

Aujourd'hui, il n'existe guère de coordination entre ces acteurs et l'utilisation de l'emprise de la voirie est encore un point de dispute et d'accusation réciproque.

Une concertation pérenne permettra une codécision et une coopération, deux éléments indispensables à une meilleure gestion de la ville qui constitue un système complexe par excellence.

➤ *La durabilité*

La durabilité porte ici, comme nous l'avons défini précédemment, deux notions : la pertinence écologique (l'Homme social et agent économique étant au centre de l'écologie) et la pérennité temporelle des moyens et des actions.

Nous avons vu, dans l'analyse du système existant, les conséquences du manque de gestion dans la complication et l'aggravation des problèmes. La construction de réseau est considérée comme une fin et non pas comme un moyen qui nécessite d'être suivi, régulé et corrigé. Cette erreur de perception se répercute sur le système organisationnel dans lequel il n'existe pas, ou peu, de structure de suivi et de maintenance. Notre approche intègre et met en valeur la dimension temporelle des actions à mener dans chaque typologie d'espace.

VIII.1.2- Les objectifs du modèle

Le modèle que nous élaborons porte un double objectif, à savoir:

- une gestion stratégique et citoyenne des eaux pluviales au sein des bassins versants et au sein du système urbain ;
- une définition pertinente des niveaux d'intervention pour les actions locales (menées par les communautés, les acteurs de développement urbain, les ONG, etc.) basée sur la réalité technique et les potentialités organisationnelles (décentralisation, initiative communautaire, forme associative).

Ce modèle fournit quatre (04) éléments :

- des éléments d'actions globales ;
- une stratégie d'intervention opérationnelle par typologie d'espace ;
- le choix d'un niveau local d'intervention ;
- un processus d'intégration des actions locales et globales.

VIII.2-Construction du modèle pour l'organisation des actions globales et locales

VIII.2.1- Architecture générale

Le modèle que nous élaborons se compose de cinq (05) étapes principales au fil desquelles les stratégies et les actions globales se précisent au travers des

actions opérationnelles selon le contexte local. Cette définition détaillée d'actions à mener permet de définir les niveaux d'intervention qui correspondent le mieux aux contraintes du terrain et aux moyens disponibles. La démarche est représentée dans la figure 35.

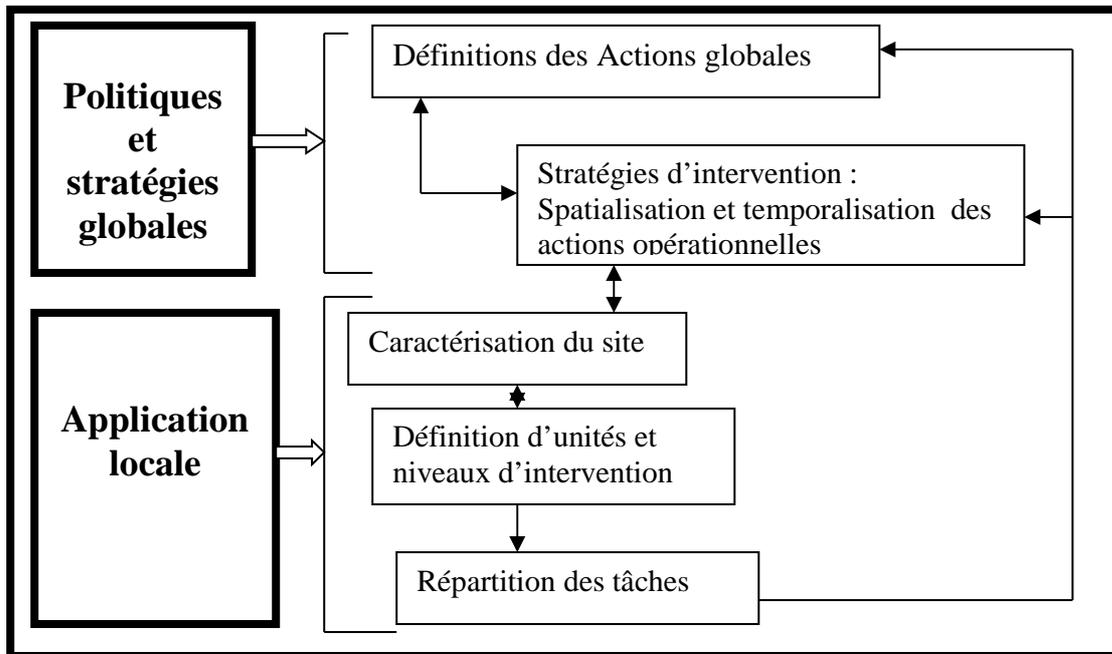


Figure 35: Schéma de définition des actions et des niveaux d'intervention proposé

Nous distinguons deux familles d'actions : les actions globales et les actions opérationnelles. Cette classification n'oppose pas à priori le central et le local. L'action globale ne correspond pas forcément et seulement à une action centralisée.

VIII.2.2- Les actions globales

Il s'agit des mesures nécessaires à l'adoption des stratégies et des politiques de gestion ainsi qu'au pilotage et à l'harmonisation des diverses actions menées par les acteurs du premier (les acteurs "eau pluviale") et du second ordre (acteurs de la gestion d'espace). Les actions globales se composent de trois volets schématisés dans la figure 36 :

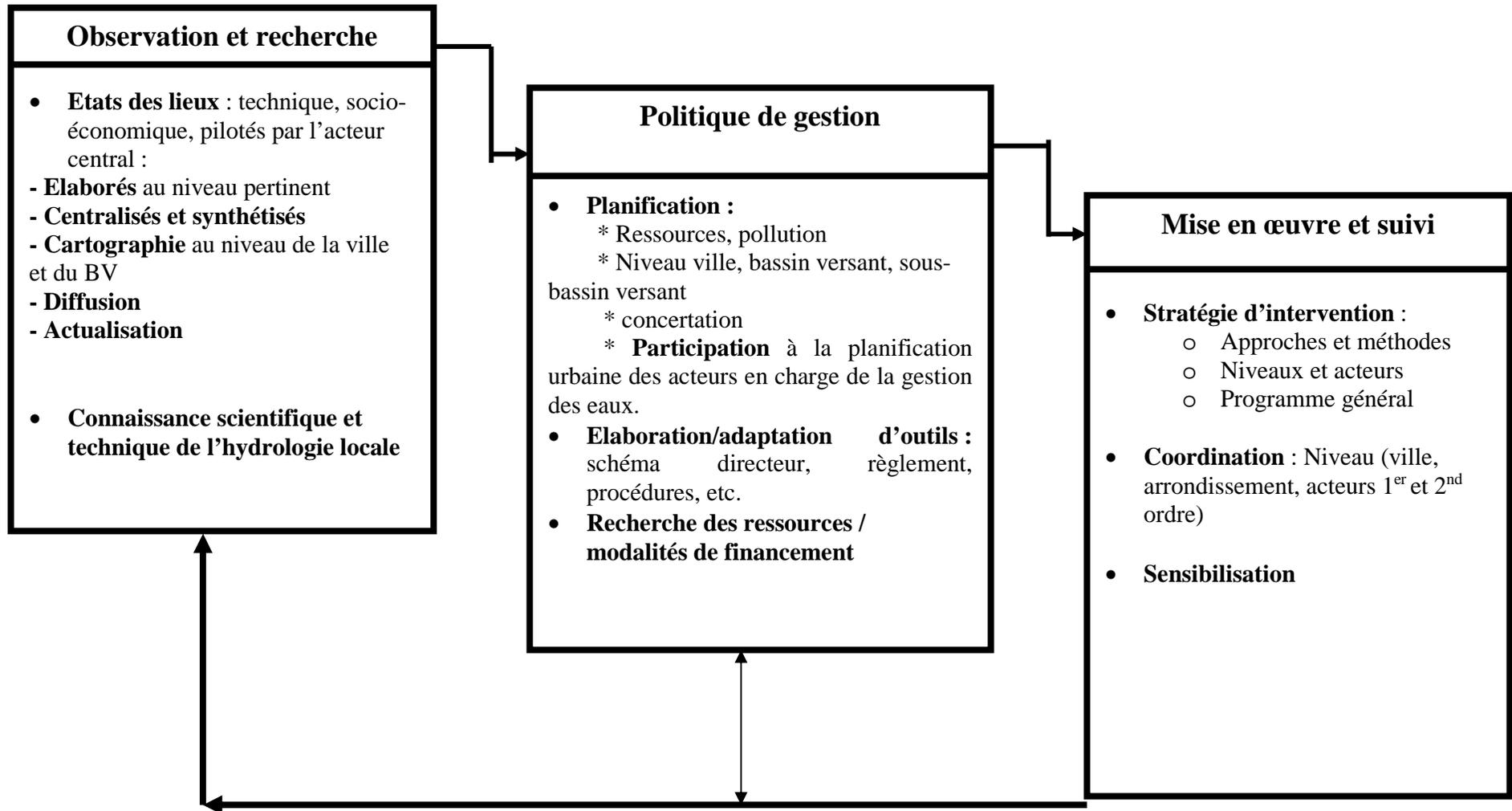


Figure 36: Synthèse des actions globales proposées

- observation et recherche ;
- définition et actualisation de la politique de gestion ;
- mise en œuvre et suivi (application).
- *Observation et recherche*

Ces deux éléments sont à la base d'une gestion durable. Or, il n'existe actuellement aucun système pour assurer ces tâches. Ils ne sont pas aussi coûteux qu'on le pense et peuvent se faire avec des moyens disponibles quitte à les améliorer au fur et à mesure. Les observations locales peuvent se réaliser sous forme d'état des lieux au niveau local (quartier, arrondissement) pour chaque typologie d'espace. La centralisation de ces données locales permet d'établir une cartographie des situations et des problèmes au niveau de la ville.

Cette étape est capitale car elle permet de définir à ce niveau :

- ✓ les zones et les actions prioritaires ;
- ✓ une politique basée non pas sur des courants de pensées ou des idées reçues mais plutôt sur les réalités des quartiers ;
- ✓ des stratégies globales pour chaque composant type de la cartographie ;
- ✓ un échange d'expérience entre quartiers ou arrondissements de même typologie d'espace par la diffusion de documents synthétiques et par des journées de discussion ;
- ✓ une construction de base de données.

Ces observations doivent s'enrichir et s'appuyer sur des travaux de recherche pour trouver des solutions innovantes sur les plans technique, organisationnel et financier. Pour cela, la coopération avec des instituts de l'enseignement supérieur et des centres de recherche locaux est indispensable notamment pour :

- ✓ l'utilisation effectivement du "cerveau local" relativement peu coûteux et proche de la réalité,
- ✓ la pérennisation des actions,

- ✓ l'enrichissement de l'enseignement (ingénieurs et techniciens) qui manque actuellement de références concrètes sur le contexte local.

➤ *Politique de gestion*

Le territoire de l'eau pluviale est le bassin versant. Elle ne connaît ni les divisions administratives ni sectorielles. Il est donc nécessaire de se doter d'une politique globale pour mieux gérer les eaux d'un espace administratif (la ville) avec des acteurs sectoriels. Cette politique est d'autant plus importante que la séparation de la gestion des rivières et de l'assainissement pluvial urbain semble inéluctable par les faits et indispensable par l'optimisation. La définition préalable de la politique de gestion des eaux facilitera largement l'adoption d'une politique urbaine durable avec la prévention de risques des zones inondables et la protection et la valorisation de l'eau.

Il faut donc se doter d'un outil prévisionnel et réglementaire pour la gestion des eaux pour tracer les lignes directrices et cadrer les actions à mener à différents niveaux et temps. Le schéma directeur des rivières doit s'inscrire dans un document qui aborde d'une manière intégrée la gestion des eaux de surface dans la ville avec le drainage urbain et les cours d'eau.

La planification doit être un processus participatif et continu. La concertation et la codécision faciliteront et optimiseront la mise en place des actions de la politique définie. Il est donc nécessaire d'intégrer les acteurs du 2nd ordre (gestionnaire d'espace boisé et vert, des déchets, usagers des eaux pluviales et des rivières, les pompiers, etc.) dans le processus de planification pour minimiser les conflits d'usage et garantir l'intérêt général. Il est également nécessaire de favoriser la participation des habitants, acteurs du 1^{er} ordre, par l'intermédiaire des associations ou des comités de développement de quartier notamment pour définir d'une manière concertée les modalités de financement et de gestion des ouvrages.

La planification doit être également un processus continu pour intégrer les mutations urbaines et l'avancement des connaissances. La réalisation d'un

schéma directeur et les cadres juridiques ne doivent pas être perçus et conçus de manière figée.

➤ *Mise en œuvre et suivi*

Les deux composantes des actions globales que nous venons de voir permettent de développer une stratégie pour définir les différents niveaux d'intervention, le passage des actions globales aux actions locales et vice versa. La stratégie permet surtout de définir les techniques de gestion. Les deux premiers éléments de la stratégie (actions globales et actions locales) seront développés dans la section suivante comme composantes et résultats de notre approche.

La durabilité (temporelle et écologique) des actions menées aux différents niveaux (bassin versant, ville, arrondissement, quartier) nécessite d'une part une bonne coordination, et d'autre part une mise en valeur de l'intérêt individuel et général : une sensibilisation des acteurs à leurs intérêts et devoirs.

La prise en compte de l'ensemble des facteurs dont la combinaison influence le fonctionnement normal des ouvrages de drainage des eaux pluviales, amène à proposer un autre système de gestion desdits ouvrages. Ce système s'articule autour de deux axes principaux dont le premier est relatif aux ***conditions minimales*** pour assurer l'intégrité physique et le fonctionnement des ouvrages et le second concerne les différentes phases du mode de gestion proposé.

Au titre des conditions minimales : le bon fonctionnement du réseau des ouvrages d'assainissement des eaux pluviales dépend du niveau de l'aménagement urbain et surtout de la capacité à éviter le plus possible, l'existence ou la persistance d'entraves (comblement et dégradation diverses) et dont les conséquences sont incommensurables voire fatales pour les populations. Il faut par exemple assurer le revêtement ou le pavage systématique des voies situées dans le rayon d'action des différents ouvrages, d'une part, ainsi que la

permanence et l'efficacité du service d'enlèvement des ordures ménagères, d'autre part.

En ce qui concerne le mode de gestion proprement dit : il est de type communautaire à quatre (4) étapes à savoir :

- ***Étape 1 : Information et sensibilisation*** : La DST va commettre une structure d'intermédiation sociale (SIS) qui se chargera d'informer, d'expliquer, de mobiliser et de persuader les populations sur l'importance et l'intérêt de l'entretien desdits ouvrages dans l'assainissement du milieu et ses conséquences sur la vie des populations.
- ***Étape 2 : Identification, localisation et recensement*** : Il s'agit d'identifier, de situer et de disposer d'un répertoire (identité, résidence, qualification, expérience professionnelles, autres aptitudes et profil socioéconomique) des personnes voulant participer aux travaux d'entretien des ouvrages (curage, réparation et surveillance).
- ***Étape 3 : Recrutement et constitution des équipes*** : Sur la base du répertoire, il sera procédé au recrutement des ouvriers et à la mise sur pied des équipes de travail en tenant compte par exemple, des lieux de résidence, qualifications, expériences professionnelles, etc.
- ***Étape 4 : Formation et mise en œuvre des équipes*** : Une fois les équipes constituées, la Mairie leur assure une formation pour leur permettre d'assurer correctement leurs tâches. C'est la promotion d'un nouveau corps de métier spécialisé dans les travaux d'entretien de caniveaux. Les équipes seront alors déployées sur le terrain pour la mise en œuvre suivant les trois (3) volets : *dotations d'équipements et de moyens financiers, exécution et suivi*.
- ***Le volet dotations*** suppose que la Mairie mette à la disposition des groupes constitués formés, des moyens matériels (équipements divers) et financiers (préfinancement partiel) adéquats pour exécuter les tâches à eux confiées.
- ***Le volet exécution*** correspond au déploiement effectif sur le terrain des équipes de travail pour assurer les différents travaux (curage des ouvrages,

réparations diverses et opérations de suivi et de contrôle). Il est souhaitable que ces travaux soient exécutés en synergie avec toutes les structures (Mairie, police environnementale, police sanitaire, brigades sanitaires, brigade anti-pollution de la police nationale, etc.) ainsi que les autorités locales (chefs de quartier et chefs d'arrondissement) et les ONG.

- ***Le volet suivi*** consiste à s'assurer à plein temps, l'exécution effective des travaux et la surveillance des ouvrages contre l'incivisme des populations sur le terrain. Il permettra aussi de relever toutes les anomalies observées et de jouer le rôle de relais en matière d'IEC de proximité auprès des populations riveraines. Les informations et autres doléances recueillies seront traitées, analysées et serviront à formuler les plans d'actions.

Ainsi, ce nouveau mode de gestion permettra de disposer en permanence, de caniveaux bien curés, bien nettoyés et en bon état. Ceci permettra d'assurer, d'une part, l'écoulement rapide des eaux pluviales et, d'autre part, d'atténuer voire d'éliminer les problèmes environnementaux engendrés par le mauvais entretien des ouvrages.

VIII.2.3- Le comité d'observation, de conception et de coordination pour la gestion des eaux pluviales de Parakou

La réalisation des actions globales doit être pilotée par une instance centrale de la ville de Parakou chargée de la gestion des eaux. Celle-ci n'existe pas dans l'organisation actuelle de la ville de Parakou.

En effet, cinq acteurs publics se partagent sans aucune coordination, la gestion des eaux pluviales de la ville : la direction des services techniques de la mairie de Parakou, la direction départementale de la protection de l'environnement, la direction départementale de l'urbanisme, le service départemental de l'hydraulique et la direction régionale des travaux publics.

Il est donc nécessaire d'instaurer un organe qui peut traiter, d'une manière intégrée, les dimensions risques et ressources des eaux pluviales.

Il est aussi nécessaire de garder l'autonomie de ces directions ce qui évite la centralisation et ses effets pervers. L'intégration du service d'assainissement à la voirie est indispensable et justifiable pour deux raisons interdépendantes :

- le couplage indissociable des réseaux de voirie et d'assainissement,
- l'économie d'échelle (comme il s'agit de service en régie directe) lors de la réalisation des travaux, mais aussi dans la conception.

L'existence d'un service des rivières est indispensable en raison de la forte densité d'urbanisation des lits majeurs qui nécessitent une attention particulière. Nous suggérons donc la création d'un comité d'observation, de conception et de coordination au niveau de la ville de Parakou chargé de la planification et de l'harmonisation des actions nécessaires au développement des ressources et à la minimisation des risques. Il s'agit ici de proposer des fonctions dont l'organisation n'est pas figée.

Le comité mènera d'une manière conjuguée les actions globales suivantes :

- formulation de la politique de l'eau de la ville de Parakou,
- concertation, développement et appropriation préalable des stratégies de gestion de chaque secteur (assainissement, rivière, eau potable),
- élaboration des documents,
- observation des phénomènes, recherche et innovation.

VIII.2.4-Adoption d'une stratégie d'intervention : spatialisation et temporalisation des actions opérationnelles.

Les actions opérationnelles désignent ici, l'ensemble des actions nécessaires à la réalisation des travaux et à leur gestion : diagnostic de l'état d'un espace, projet, construction, aménagement, gestion et suivi des ouvrages.

Dans une ville comme Parakou, ces actions opérationnelles varient dans l'espace. L'ampleur et la nature du problème d'assainissement sont très différentes entre un espace urbanisé et un espace à urbaniser. Il en est de même entre quartier dense non structuré et un quartier moins dense et structuré, au sein d'un espace urbanisé.

Les actions à réaliser dans chaque typologie évoluent également dans le temps : le temps du diagnostic, le temps des projets, le temps des travaux, le temps de la gestion. Nous insistons sur cette dimension temporelle, souvent ignorée, car sa mise en valeur contribuera à la pérennité des mesures à prendre.

Comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, les dysfonctionnements des ouvrages, dus notamment à l'absence de mesures et d'acteurs pour l'entretien et la maintenance, portent préjudice à l'amélioration de l'assainissement. Un quartier qui a bénéficié des travaux d'assainissement retombe après quelques années dans les catégories des quartiers où il faut intervenir de nouveau.

Nous proposons une matrice espace/temps, qui permet de définir un cadre d'actions opérationnelles spatialisées et temporalisées selon chaque espace type et les différentes périodes (tableau XXXX). La matrice se compose de quatre principales typologies d'espaces (urbanisé, rivière, à urbaniser, à protéger) qui correspondent aux familles des problématiques de la ville (insuffisance, erreur à ne pas répéter, risque potentiel) ainsi qu'aux familles d'acteurs concernés ou à impliquer.

L'espace urbanisé (bâti) se décompose en sous-espaces selon trois critères fondamentaux, la structure urbaine, la densité et l'activité. Ces sous-espaces correspondent aux cinq espaces types que nous avons définis et analysés dans la deuxième partie: espaces structuré dense, structuré peu dense, non structuré dense, non structuré peu dense, zone d'administration et de service.

Tableau XXXX: Spatialisation et temporalisation des actions opérationnelles

	ESPACES				
	Espace urbanisé		Espace rivière	Espace à urbaniser	Espace à protéger
	non structuré	structuré			
Problème majeur et type	Accès et sous équipement	Gestion des ouvrages et sous équipement	Occupation des berges et déchets (solides, liquides)	Sous équipement	Déforestation
	TEMPS				
To	Etat de lieu; Sensibilisation et information	Etat de lieu; Sensibilisation et information	Etat de lieu	Guide d'aménagement; Recensement des exutoires (présence et capacité)	Etat de lieu; Recensement des acteurs
TPT (Temps de Projet et des Travaux)	Projet (études, concertation, montage, etc.); Travaux de restructuration et d'assainissement	Projet (études, concertation, montage, etc.); Travaux; Réhabilitation	Identification des zones à risques; Concertation et contrôle; Travaux sur les zones à risque; Aménagement.	Etude de l'assainissement; Travaux; Conformité	Identification des espaces à risques; Aménagement éventuel; Concertation; Réglementation; Mesures prospectives
TG (Temps de Gestion)	Entretien; Organisation du service; Suivi de mutation urbaine	Entretien (curage des réseaux); Gestion; Suivi de mutation urbaine	Libération du lit majeur; Intégration dans le tissu urbain; Usages, activités	Gestion; Suivi d'aménagement ultérieur	Suivi et contrôle.

Les actions des espaces non structurés doivent se baser sur la restructuration des quartiers tant dans les zones denses où elle est préalable à tout travail que dans les zones peu denses où elle est indispensable pour éviter la complication avec la densification. Cette typologie d'espace nécessite d'importants travaux d'assainissement par le fort état de sous-équipement. Selon notre enquête, le taux des voiries sans équipement atteint respectivement, dans les zones structurées denses et peu denses, 35% à 70%.

L'espace structuré se compose de trois sous-espaces comme nous l'avons développé dans la deuxième partie : structuré et dense, zones d'administration et d'affaires, zone d'habitation. Les actions à mener dans les deux premières typologies sont les travaux de gestion comme elles sont relativement bien équipées. Les zones d'habitation nécessitent quelques travaux d'assainissement pour compléter les travaux réalisés au fur et à mesure par les résidents. L'autre mesure nécessaire à prendre est l'harmonisation des travaux à l'échelle du bassin versant. Les initiatives individuelles de chaque lotissement manquent en effet de vision globale, ce qui pose des problèmes amont-aval.

L'espace rivière, représente le lit mineur et le lit majeur des rivières dans les zones urbanisées de la ville. L'espace à protéger inclut les espaces dont l'aménagement et l'usage nécessitent une attention particulière pour éviter ou minimiser les risques potentiels. Il s'agit :

- des zones boisées dont la déforestation peut entraîner des débits importants,
- des lits majeurs non bâtis dont la préservation permettra d'aérer la ville et évitera les installations vulnérables.

Dans la temporalisation, le **To** correspond au temps de reconnaissance du terrain avec l'élaboration de l'état des lieux par chaque quartier qui va permettre de constituer une base de données et une cartographie synthétique au niveau d'arrondissement et de la ville. Cette vision générale est indispensable pour la prise de décision et l'efficacité des actions sur le terrain.

Le **TPT** correspond à l'élaboration et à la réalisation des projets destinés à l'amélioration du système de gestion des eaux pluviales. Ces projets vont être menés à différents niveaux par différents acteurs de la communauté (projets des quartiers) jusqu'à l'instance intercommunale (cas d'espace à protéger).

Le **TG** correspond au temps de gestion et de suivi de l'ouvrage pour le maintenir et assurer son adaptabilité aux mutations urbaines. C'est la période la moins intense mais la plus longue. Dans la pratique actuelle, c'est le temps le

plus ignoré comme s'il suffisait de construire pour résoudre les problèmes qui ne dépendent pas seulement de l'absence d'ouvrage mais également de la gestion des déchets.

Les trois échelles temporelles se caractérisent par différents laps de temps pour chaque espace type et peuvent être cycliques à long terme.

L'apport de cette matrice est double :

- au niveau de la ville et du bassin versant, elle cadre la stratégie d'intervention avec des connaissances synthétiques des espaces types et une base de programmation d'action à court, moyen et long terme,
- au niveau local, elle sert comme base à la définition du niveau d'intervention avec le développement détaillé des actions à mener dans chaque typologie d'espace.

VIII.2.5- Caractérisation d'un site et exploration des potentialités.

Dans cette étape, les actions opérationnelles formulées comme guide d'une manière générale et stratégique au niveau de la ville, seront développées par l'introduction d'éléments spécifiques à chaque site. Nous classons ces éléments en quatre familles de paramètres. Cette étape, schématisée dans la figure 37, aboutira à la définition des types d'actions locales (étude, projet, travaux ou entretien) cadrées par une stratégie globale.

1. Paramètres technico-spatiaux

Cette famille de paramètres consiste à intégrer les spécificités techniques et spatiales du site, ce paramètre identifie et intègre les éléments structurants du site en question : rivière, voirie, relief.

Cette étape permet également de fixer le niveau de protection en deçà duquel il faut s'organiser pour mieux gérer le surplus. Un autre exemple est celui du choix du type de réseau : fossé ou canalisation. Le fossé est préféré par les gestionnaires car il est théoriquement facile à entretenir.

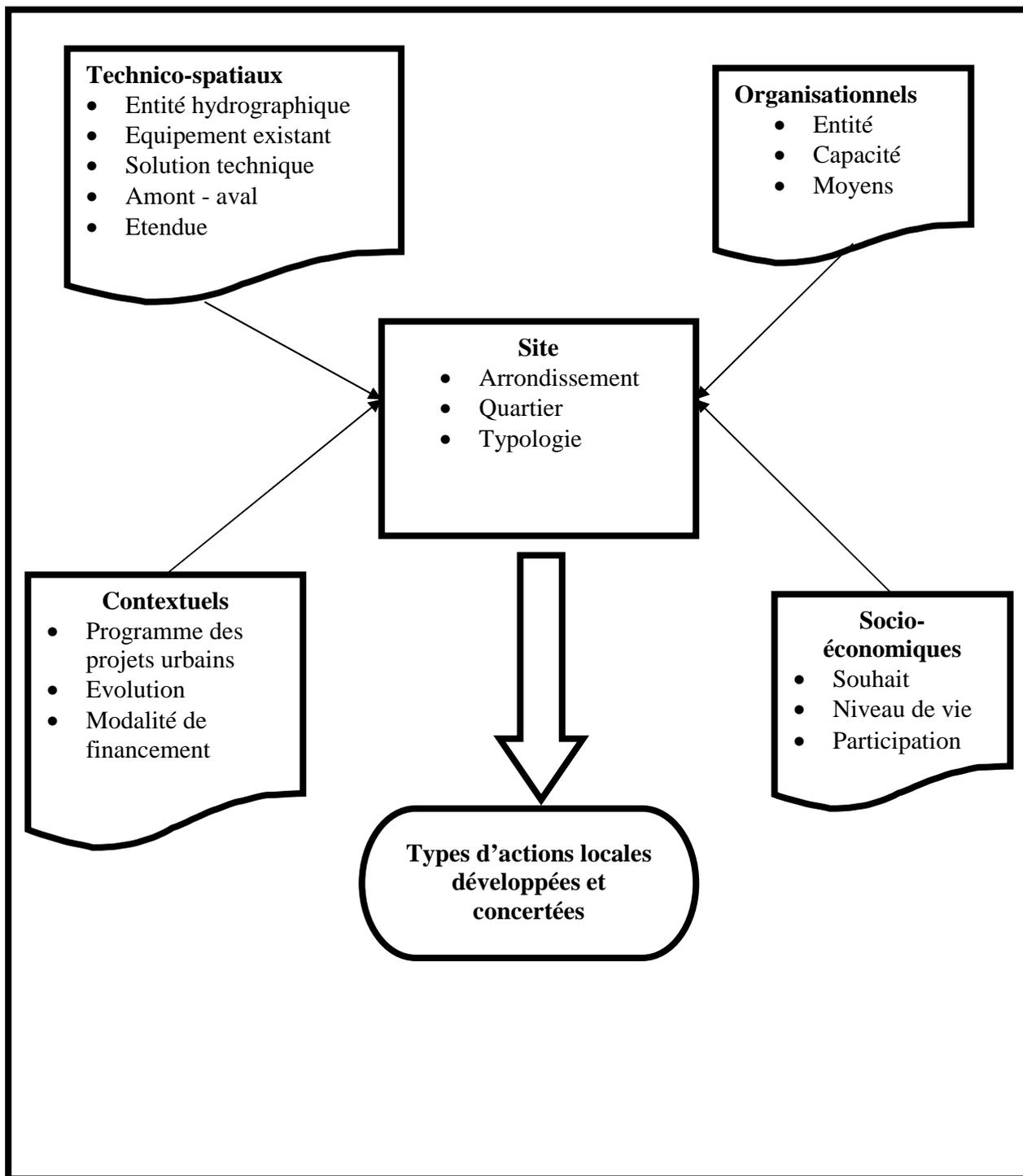


Figure 37: Les paramètres de caractérisation d'un site et exploration des potentialités

Cependant, cette technique est rejetée dans certains endroits notamment dans les quartiers denses à cause de l'inévitable problème de déchet. L'intégration de ces paramètres permettra d'avoir une bonne appropriation des ouvrages.

2. Paramètres contextuels

Cette famille de paramètres permet d'inscrire le site dans les programmes des projets urbains (prévus par exemple par le Schéma directeur) et des projets du développement des quartiers. La prise en compte de ce paramètre est d'autant plus nécessaire dans la mesure où la ville est en pleine mutation. Ainsi, des interventions répétitives et non optimisées peuvent être évitées. Par ailleurs, la collaboration entre les projets de développement urbain lancés dans deux ou plusieurs quartiers voisins par différents acteurs est nécessaire pour éviter le problème amont aval (insuffisance du réseau en aval) et optimiser les projets avec l'économie d'échelle. Cette collaboration ouvre une voie favorable à une bonne gestion des ouvrages et ce par la sensibilisation et la responsabilisation des habitants.

3. Paramètres socio-économiques

Le recensement des moyens des ménages et de leur volonté de participation permet de définir :

- ✓ les possibilités de financement des travaux d'équipement,
- ✓ les autres types de participation (main d'œuvre, étude) notamment pour la gestion des ouvrages.

La volonté de participation est présente aussi bien chez les ménages ayant de problème de drainage que chez ceux qui n'en ont pas (tableau XXXIII).

4. Paramètres organisationnels

La population semble être demandeuse d'une organisation locale et d'une implication des arrondissements dans la gestion des eaux pluviales (figure 31).

❖ *Actions développées et concertées*

On obtient, à l'issue de cette étape de caractérisation et d'exploration, un ensemble d'actions locales (étude, projet et modalité, de gestion) qui s'inscrit dans les stratégies globales et qui est légitimé par les habitants et les acteurs locaux. On classe ces actions en quatre (04) catégories : état des lieux, projet, travaux et gestion. Nous les avons développées dans le cas des espaces non structurés (tableau XXXXI).

Tableau XXXXI : Les actions opérationnelles détaillées au niveau local dans le cas de la typologie non structuré.

Espace	Espace non structuré
Temps	
TO	<p>Etat des lieux</p> <ul style="list-style-type: none"> • collecte et centralisation des informations par quartier ou arrondissement : enquête, plainte, réunion publique, • zonage par typologie d'espace dans chaque quartier (découpage, regroupement, etc.), • élaboration de cartographie de situation et de typologies des problèmes, • diagnostic et analyse de site d'intervention : technique, socio-économique (demande, participation), organisationnel.
TPT	<p>Projet</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formulation du projet • concertation : information, discussion sur la modalité de financement, légitimation du projet. • Projet de restructuration : compensation, entente, relogement, servitude technique à prendre en compte, etc. • élaboration de famille de solutions <p>>>>>> Approbation du projet au niveau de son bassin versant</p> <p>Travaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> • réalisation, contrôle, réception & conformité • archivage
TG	<p>Gestion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entretien et réparation • Suivi de mutation urbaine : * apport de l'urbanisation future, * contrôle de l'occupation illégale

VIII.2.6 - Définition des unités et niveaux d'intervention.

La recherche d'un niveau pertinent de gestion se pose de plus en plus tant sur le plan de l'organisation des services que dans la modélisation hydrologique (Oberlain, 1997). Cependant, le modèle hydrologique parfait, pouvant s'appliquer à toutes les échelles de temps et d'espace, n'existe pas, mais les efforts accomplis dans l'amélioration et le perfectionnement des outils de modélisation permettent aujourd'hui, de mieux cerner les différentes phases du cycle hydrologique et ainsi de mieux les modéliser. Dans la pratique, la définition des niveaux se fait plus par la logique administrative bien qu'il ne soit pas toujours adapté à la gestion des eaux pluviales. Nous allons élaborer la démarche de définition de l'unité et de niveau d'intervention présentée dans la figure 38.

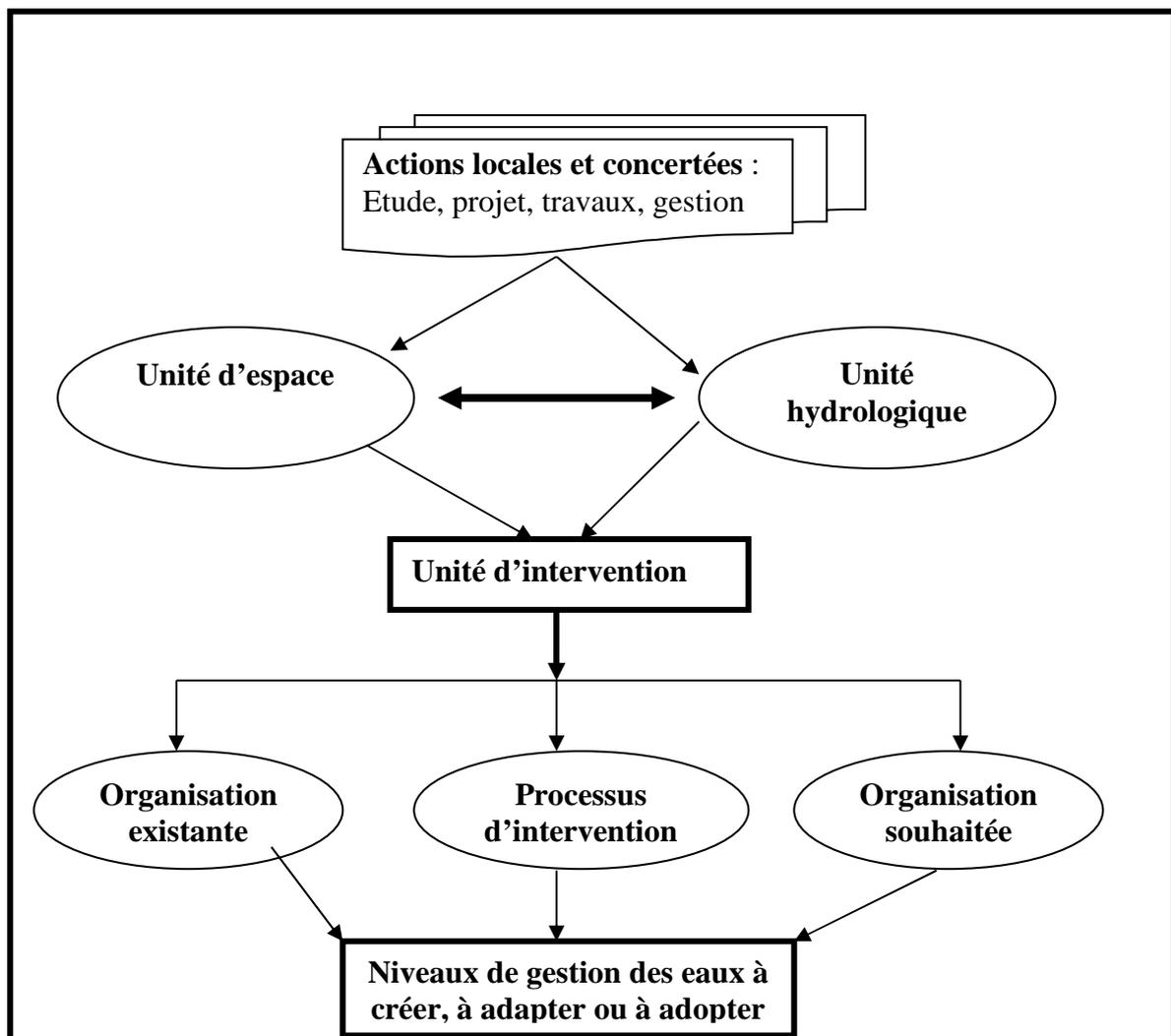


Figure 38: Démarche de définition d'unité et niveau d'intervention élaborée

La démarche se compose de quatre étapes :

- définition de l'unité d'espace et de l'unité hydrologique,
- détermination de l'unité d'intervention,
- analyse des acteurs,
- désignation des acteurs.

Ce schéma repose sur le principe de subsidiarité et consiste à chercher le niveau pertinent en cascade.

La solution, qui permet de soulager l'état actuel et de freiner l'accumulation des problèmes, requiert inévitablement une organisation des acteurs publics et aussi la population au travers d'un partenariat. Ceci permet la collaboration et la responsabilisation mutuelle et évite la substitution de l'un par l'autre. Les acteurs publics centralisés et décentralisés ne doivent pas s'abstenir pour des raisons de moyens. La population ne doit pas rester immobile en attendant tous des acteurs publics qui de toute façon n'auront de moyens pour résoudre tous les problèmes rapidement.

L'objectif de cet outil est double. Il s'agit de permettre notamment :

- la définition d'une unité d'intervention pour un projet d'assainissement qui intègre l'impact amont-aval,
- d'identifier et de définir les partenaires dans le montage du projet (conception et financement) et les acteurs de gestion (entretien et maintenance).

- *Unité d'espace*

Elle désigne le territoire du projet défini par les acteurs du développement local (publics, ONG, populations, partenaires au développement, etc.). La définition de cet espace dépend de nombreux facteurs tels que :

- l'existence d'une organisation institutionnelle ou traditionnelle qui a initié le projet ;
- la zone de manifestation des problèmes ;
- la volonté de collaboration des habitants ;

➤ la nature du projet (assainissement seul ou avec d'autres équipements).

Par exemple, un lotissement de deux îlots ou plus, constitue une unité d'espace par sa forme organisationnelle bien que l'accord de tous les membres ne soit pas systématique.

En général, dans les projets où l'assainissement pluvial n'est qu'une composante, la logique de définition de l'unité d'espace ne correspond pas toujours à celle des bassins versants (unité hydrologique).

Cependant, cette unité d'espace porte déjà quelques traits hydrologiques dans la mesure où elle est délimitée souvent par des voiries : éléments plus ou moins structurants pour les eaux pluviales. Elle représente également et souvent une problématique homogène : quartier à restructurer avant les travaux de drainage, quartier nécessitant seulement des travaux de drainage ou entretien des ouvrages.

- *Unité hydrologique*

L'unité hydrologique désigne le bassin versant qui englobe l'unité d'espace. La relation de l'unité d'espace et hydrologique dépend souvent de l'existence d'un ouvrage de séparation. Lorsque cet ouvrage de séparation (réseau ou autre ouvrage : collecteur ou fossé) est franchi pour des raisons liées aux niveaux de protection ou par concentration de flux venant de l'amont, l'unité d'espace s'élargira en cascade pour intégrer le bassin versant amont à cette barrière. Cet ouvrage de séparation indique le passage d'un niveau d'organisation à un autre : par exemple du lotissement à un groupe de lotissements. Cette réflexion est valable pour les deux actions locales de la gestion des eaux pluviales qui nous intéressent : conception et réalisation des travaux d'une part, la gestion des ouvrages d'autre part.

Considérons, dans le cas de la figure 39, les quartiers 1 et 2 comme deux unités d'espace d'un projet. Dans le cas de bassins versants séparés par un ouvrage de séparation, l'impact du premier quartier sur le deuxième quartier se manifestera :

- lorsque les flux provenant du premier quartier, suite notamment à des travaux de drainage qui les concentrent, excèdent la capacité de l'ouvrage intermédiaire (séparation) ;
- lorsque les déchets provenant du premier quartier bloquent le réseau intermédiaire ;
- lorsque le niveau de protection souhaité (défini par une fréquence de dépassement) pour le deuxième quartier est supérieur à celui de l'ouvrage de séparation.

En l'absence de l'ouvrage de séparation, l'impact est plus direct, car le premier site et le deuxième site font partie d'un même bassin versant. Dans ce cas, la division en deux unités d'espace ne doit pas se faire. En réalité, ceci n'est pas toujours vrai surtout dans les quartiers non structurés, car l'élément structurant (voirie, réseau de drainage) peut être absent dans un espace de taille importante. Dans cette unité hydrologique, il peut exister deux unités d'espace si la division entre les deux quartiers en question est marquée par des entités organisationnelles (deux lotissements).

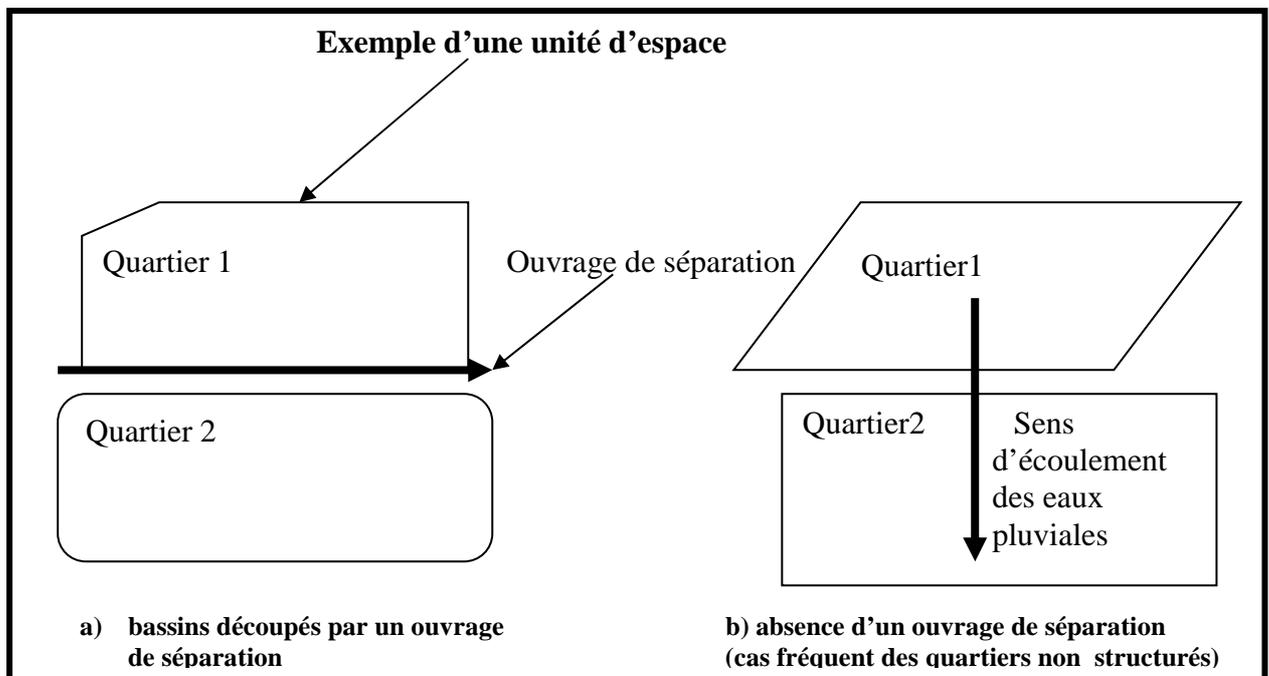


Figure 39: Représentation schématique des quartiers en séries avec ou sans ouvrage de séparation

➤ *Unité d'intervention*

Selon l'action à mener et les objectifs de protection fixés, il est nécessaire d'ajuster l'unité d'espace d'un projet d'assainissement à l'unité hydrologique afin de déterminer l'unité d'intervention pertinente. Nous avons établi un algorithme simple, présenté avec le schéma de la figure 40, permettant de définir une unité d'intervention.

Considérons qu'une zone de projet **Us** (unité d'espace) de niveau de protection souhaitée **Fs** est située entre un bassin versant amont et un bassin versant aval. Nous avons exprimé ce découpage selon l'existence ou non d'un ouvrage d'assainissement intermédiaire, qui sert comme ouvrage de séparation et dont le niveau de protection est **FOsep**.

▪ *Définition d'acteurs*

L'unité d'intervention est par la suite utilisée pour désigner les acteurs et ce afin d'aboutir à la définition complète du niveau de gestion des eaux pluviales au niveau local (unité spatiale et acteurs). Le processus se base sur les deux éléments suivants :

- l'évaluation de la compatibilité des organisations existantes en terme de capacité et de pérennité, d'acceptabilité par les partenaires (notamment les habitants et les partenaires au développement), et de son intégration dans le processus global au niveau de la ville ;
- l'enjeu de la création d'une organisation spécifique.

Le processus est donc fondé sur le principe d'appréciation au cas par cas. La question de l'organisation se pose plus pour la gestion des infrastructures réalisées. Leur pérennité exige en effet un entretien régulier qui ne peut pas être assuré par un service central compte tenu des moyens limités de la ville.

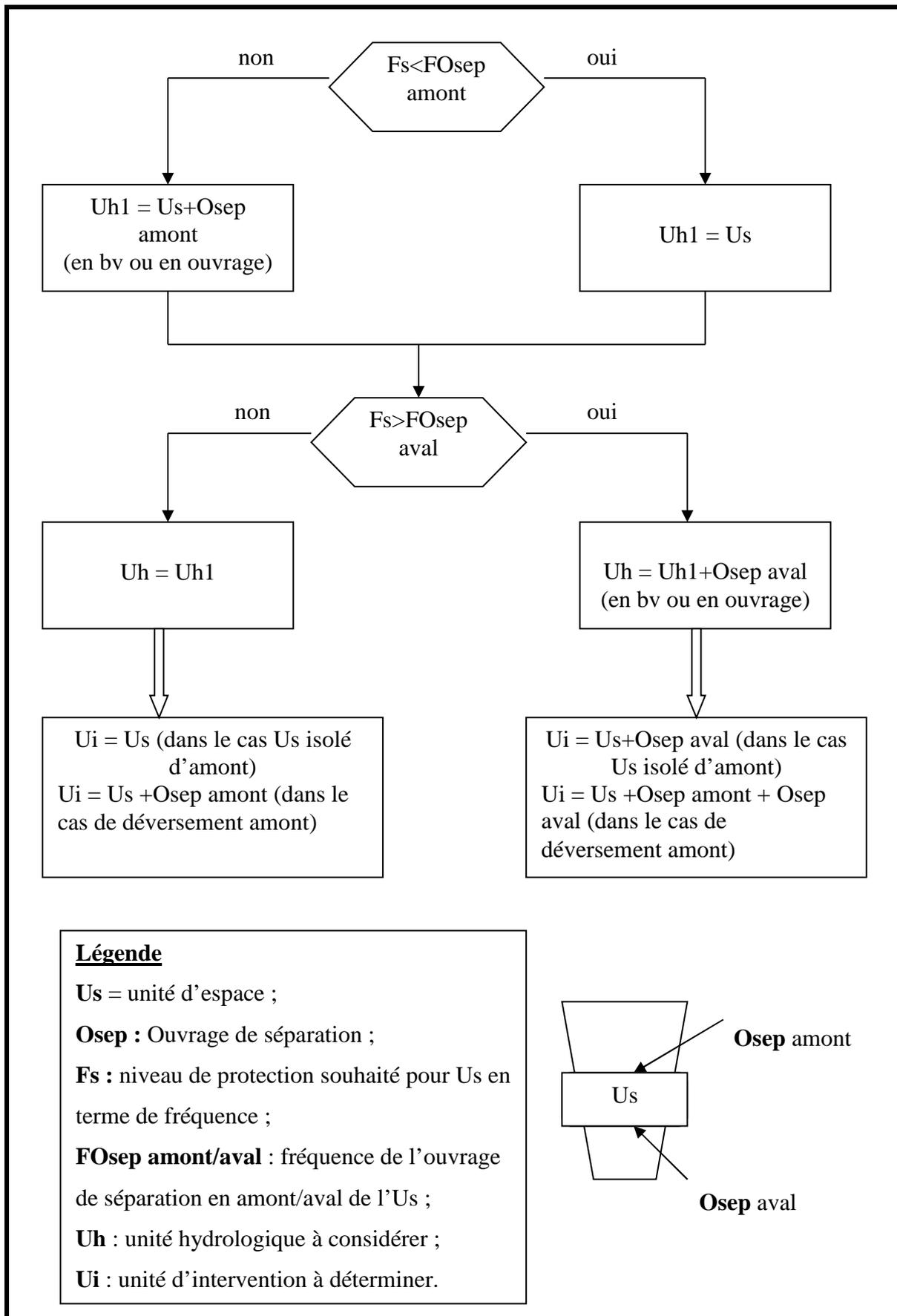


Figure 40: Schéma algorithmique pour la définition de l'unité d'intervention

VIII.2.7 - Application : l'exemple du site dans le quartier Agbagba.

Le site du quartier Agbagba concerne une unité d'espace de 3 ha et 90 ménages (figure 41). Il se caractérise par :

- des maisons familiales ;
- une configuration urbaine avec une seule voie de desserte en commun;
- une morphologie urbaine non structurée et dense (16 008 habitants/km²) ;
- un problème d'assainissement pluvial lié à l'absence d'équipement sur l'unité d'espace et aux impacts amont.

L'unité d'espace étudiée s'inscrit dans le sous-bassin versant Boundarou sans ouvrage de séparation en amont et en aval, en amont d'affluent de la rivière Kokura ayant son exutoire immédiat en aval. Elle reçoit les flux venant du quartier Ladjifarani (quartier amont) (figure 41).

L'unité d'espace nécessite des travaux de drainage sur les voies d'accès et sur la voie de desserte pour collecter et acheminer les flux du site et du quartier Ladjifarani.

En utilisant l'algorithme, et en prenant une fréquence de l'ouvrage de séparation amont et aval nul (puisque l'ouvrage de séparation en amont et l'ouvrage d'acheminement en aval n'existent pas), nous obtenons une unité d'intervention, $U_i = U_s + (O_{sep\ amont} + O_{sep\ aval})$. Cela correspond à l'ensemble du sous-bassin versant Boundarou (figure 41).

L'adoption de cette unité d'intervention a été nécessaire dans la conception, le montage et le financement du projet d'aménagement du site d'Agbagba (Tableau XXXXII).

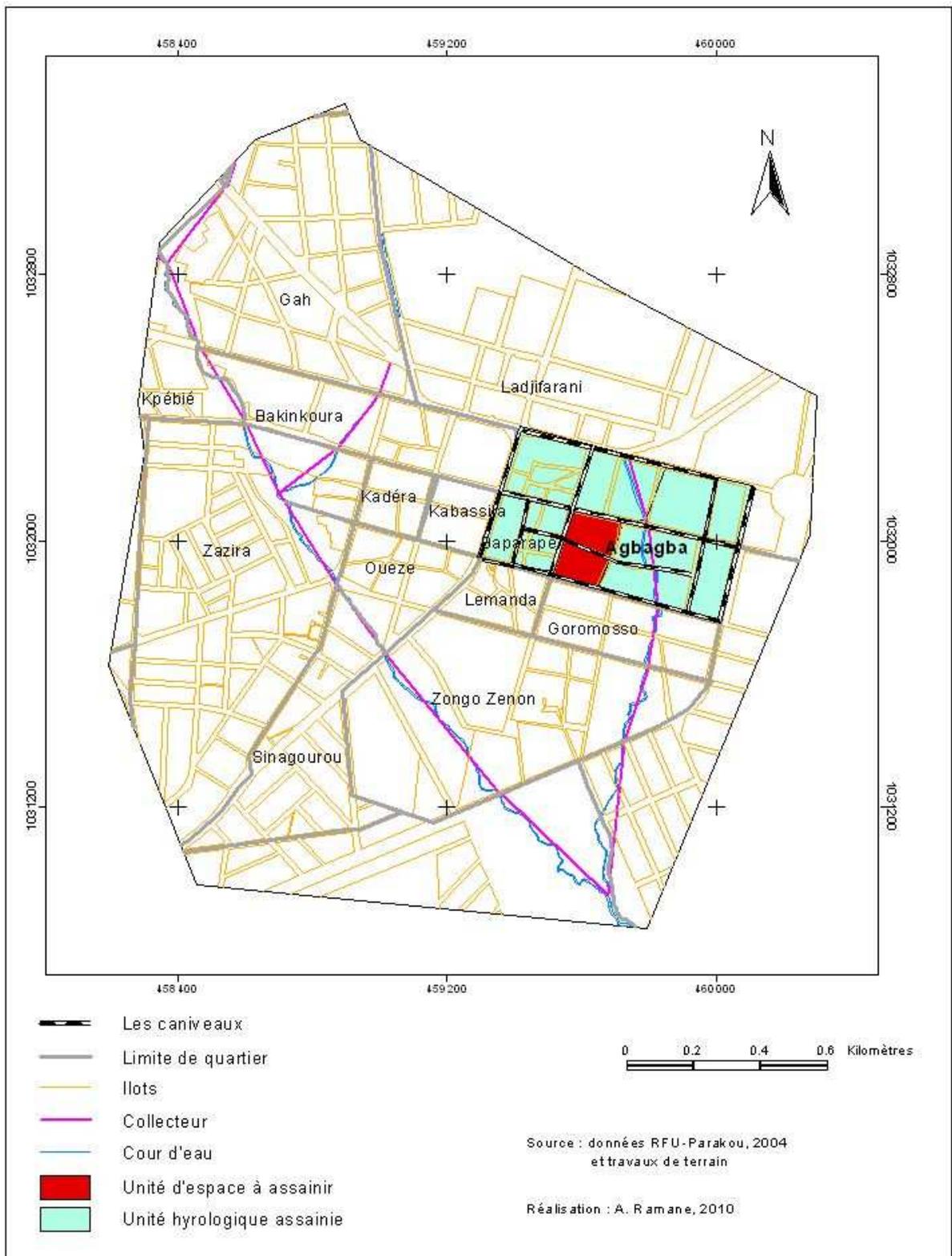


Figure 41: Site du quartier Agbagba

Tableau XXXXII: Résultats de l'application de l'algorithme de définition d'unité et de niveau d'intervention pour le site d'Agbagba

N°	Caractéristiques	Unité d'espace à assainir avant l'application de l'algorithme (hypothèse)	Unité hydrologique assainie avec l'application de l'algorithme (résultat)	Ecart des caractéristiques entre unité d'espace (hypothèse de départ) et unité hydrologique (résultat)
1	Surface (ha)	3	6,8	3,8
2	Unité d'intervention (ha)	3	6,8	3,8
3	Niveau d'intervention (ml)	783	2 686	1 903
4	Montant d'intervention(FCFA)	73 210 500	251 141 000	177 930 500
5	Source de financement	Budget de la commune de Parakou	Projets FED et PGUD, Etat béninois, Commune de Parakou	Projets FED et PGUD, Etat béninois
6	Acteurs	La population, la municipalité	La population, la municipalité, les partenaires techniques et financiers et le gouvernement du Bénin	les partenaires techniques et financiers et le gouvernement du Bénin

De l'analyse du tableau XXXXII, il ressort :

- que la définition des niveaux d'intervention devrait plus se faire par la logique hydrologique que par la logique administrative qui n'est pas toujours adaptée à la gestion des eaux pluviales d'une part, la logique hydrologique nécessite des moyens financiers dont le plus souvent ne dispose pas l'administration locale d'autre part, ce qui entraîne la recherche des partenaires techniques et financiers afin de pouvoir exécuter les projets d'assainissement des eaux pluviales de type hygiéniste;

- que 71% du montant des travaux proviennent de la part des partenaires techniques et financiers.

Si le concept hygiéniste du drainage des eaux pluviales trouve pleinement sa justification en Afrique de l'Ouest, où l'eau est un milieu particulièrement propice aux développements de foyers infectieux, il ne faut pas perdre de vue que ce concept conduit à des aménagements dont les coûts d'investissement et de maintenance sont particulièrement lourds à supporter, ce qui conduit le plus souvent à les ignorer.

VIII.3 - Insertion des actions locales au niveau globale et échelle de gestion

Dans la pratique actuelle, les projets de développement local (incluant l'assainissement) sont suivis et cadrés par l'échelon administratif. Le renforcement du rôle de ces acteurs confirme leur rapport pour une gestion urbaine intégrée.

La gestion des eaux pluviales peut donc s'appuyer sur cette décentralisation, dans la mesure où une décentralisation locale spécifique à l'eau pluviale n'est ni faisable ni nécessaire. Au-delà de leur proximité, le quartier et l'arrondissement porte également certains traits hydrologiques. Leur découpage territorial se base sur les éléments structurant (voirie primaire et secondaire) et sur le réseau hydrographique.

Le quartier nous semble un cadre approprié pour assurer l'intégration des actions locales au niveau de la ville. A cette fin, les rôles d'initiateur et d'informateur du comité de développement du quartier doivent être renforcés.

L'élaboration de l'état des lieux des quartiers, qui est nécessaire à la fois pour la formulation des stratégies et la construction des bases de données, peut se réaliser par le comité de développement du quartier avec l'appui du service d'appui aux initiatives communautaires. L'intérêt de ce niveau est qu'il permet non seulement d'avoir une vision réelle des problèmes d'assainissement pluvial, mais aussi de leurs interactions avec d'autres éléments de la gestion urbaine tel

que les déchets, la voirie, etc. Ce niveau peut également être utilisé pour guider et contrôler des projets avec des aides techniques, par exemple pour définir l'unité d'intervention et les acteurs appropriés pour chaque action.

Cette attribution de rôles aux comités de développement de quartier nécessite, la bonne collaboration entre la Direction de la Prospective et du Développement Local où se trouvent le service d'appui aux initiatives communautaires et la Direction des Services Techniques, qui à notre avis est indispensable. La Direction de la Prospective et du Développement Local et la Direction des Services Techniques, assureront d'une manière intégrée l'ensemble des tâches de la gestion urbaine (dont la gestion des eaux pluviales) notamment la collecte des informations pour les bases de données. La Direction de la Prospective et du Développement Local facilitera les actions de développement local menées par les ONG, les acteurs publics et les populations.

Le regroupement pyramidal de l'échelon administratif de la ville doit faciliter la résolution de problème par subsidiarité du haut vers le bas et du bas vers le haut selon la question abordée. Un projet d'assainissement pour lequel l'unité d'intervention dépasse le niveau du quartier (avec des impacts amont – aval) peut être étudié au niveau de l'arrondissement.

VIII.4- Intérêt et "transposabilité"

L'intérêt de l'approche organisationnelle que nous élaborons réside dans le fait qu'elle permet de :

- ✓ faciliter l'analyse des problèmes et la formulation des stratégies et d'actions adaptées à chaque type d'espace ;
- ✓ d'assurer une organisation intégrée des actions à différents niveaux ;
- ✓ d'avoir une sensibilisation et une mobilisation.

L'enrichissement de cette approche avec le cas de la ville de Parakou et des villes ayant des problématiques identiques renforcera son intérêt. Cette approche répond déjà à certaines questions des villes des PED caractérisées par :

- ✓ l'insuffisance de la participation de l'acteur public et l'importance de la « débrouillardise » ;
- ✓ l'hétérogénéité de l'espace à gérer et l'importance des bidonvilles et des zones d'habitat irrégulier ;
- ✓ l'ampleur des problèmes nécessitant des actions urgentes et évolutives.

VIII.5 - Mesures techniques et urbanistiques à l'échelle de la ville

Une gestion durable des eaux pluviales urbaines nécessite à Parakou des mesures urgentes mais aussi à long terme qui portent sur le système hydrographique, la conception de l'habitat, l'organisation et l'usage de l'espace et la réflexion sur la modalité de financement.

Dans cette perspective, nous proposons quelques éléments qui sont nécessaires d'une part pour améliorer et résoudre progressivement l'état actuel et d'autre part pour mener une urbanisation consciente et moins vulnérable aux risques d'inondation et de pollution. Il s'agit d'indiquer quelques éléments constitutifs d'une gestion durable des eaux pluviales et de l'espace urbain. Ces éléments proposés feront, à terme, partie des perspectives de recherche.

VIII.5.1- Appropriation et revalorisation du réseau artificiel basées sur la concertation

L'analyse de l'état existant du réseau artificiel nous a montré l'importance du patrimoine hors usage ou en fonctionnement partiel. L'erreur des pratiques actuelles ("construire pour abandonner") est très coûteuse en terme d'investissement et d'impacts de dysfonctionnement. C'est aussi un facteur discréditant pour les acteurs concernés car la population ne voit pas beaucoup d'amélioration suite aux travaux réalisés.

Le moyen d'aboutir à un drainage urbain durable réside avant tout et pour toutes les typologies urbaines dans la réflexion permettant l'appropriation et la revalorisation du réseau déjà construit.

Il s'agit de redonner au système de drainage artificiel un fonctionnement et une capacité compatibles avec l'environnement à la fois perturbateur (flux, déchet), et perturbé (qualité des rejets). Parmi les actions concrètes à mener dans ce cadre, nous distinguons :

- ✓ l'entretien régulier des canalisations enterrés et des fossés par les acteurs publics et par les habitants ;
- ✓ la mise en place de dispositif technique adapté au problème des déchets : grille, piège dans les regards, installation des bacs à ordures etc.
- ✓ la construction d'une structure organisationnelle responsable, basée sur l'intérêt commun du bon fonctionnement du système. Pour ce faire, l'approche que nous proposons pourrait être utilisée.

La réhabilitation du réseau reposera (et contribuera à) sur la construction d'une base de données détaillée sur le patrimoine réseau qui doit se réaliser pour l'ensemble des bassins versants de la ville. Elle doit donc faire l'objet de mesures urgentes afin d'utiliser d'une part la capacité hydraulique de ce patrimoine et de minimiser d'autre part les effets de dégradation du réseau sur l'environnement bâti (effondrement) et naturel (pollution de la nappe).

VIII.5.2- intégration et revalorisation de "l'espace rivière"

L'espace rivière désigne l'ensemble du lit mineur et des zones d'expansion de crues du réseau hydrographique naturel. Cet espace, naturel ou urbanisé, doit être considéré comme un élément utile et valorisant de la ville.

Toutefois les rivières de Parakou sont structurellement et conceptuellement cachées sans aucune intégration dans le paysage urbain. Cet enfermement contribue, comme nous avons vu, à la dégradation des cours d'eau et limite leurs fonctionnalités (hydrauliques et autres).

L'intégration de l'espace rivière dans le paysage et dans la configuration urbaine nécessite donc une ouverture. La revalorisation de leurs usages est également indispensable pour satisfaire la gestion durable des eaux et de l'espace urbain.

L'ensemble de ces actions concourt à deux objectifs :

- revalorisation des ressources en eaux et diversification d'usage;
- espace urbain aéré moins vulnérable et économique.

L'intégration et la revalorisation des cours d'eau nécessitent à notre avis trois actions principales :

- ✓ reconnaissance et élargissement des fonctionnalités des cours d'eau ;
- ✓ adaptation d'une politique applicable ;
- ✓ conception urbaine ouvrant les cours d'eau.

VIII.5.2.1- Reconnaissance et élargissement des fonctionnalités des cours d'eaux

L'appropriation d'un élément ne dépend pas seulement de sa fonction réelle mais également de la perception et de la reconnaissance de l'intérêt de cette fonction. Cette appropriation est d'autant plus importante que l'intérêt potentiel soit saisi. Comme nous l'avons déjà vu, les fonctions des cours d'eaux de Parakou ne sont ni mises en valeur ni explorées, ce qui explique le manque de leur appropriation. Nous insistons donc sur la nécessité de mettre en valeur les fonctionnalités actuelles et de définir les fonctionnalités potentielles comme actions préalables à l'aménagement et la gestion des cours d'eau. Ceci permettra de mieux utiliser la fonction de drainage qui constitue une fonction principale, de développer des usages opportuns comme l'irrigation, déjà assez répandue, et d'empêcher des usages aberrants et dégradants (décharge de déchet, lieu d'aisance, etc.).

VIII.5.2.2 -Adoption d'une politique appropriée et applicable

L'ouverture et l'intégration de l'espace rivière nécessitent une attention particulière et l'adoption des stratégies intégrées dans la planification urbaine et régionale. Cela doit se traduire concrètement par les mesures opérationnelles :

- ✓ à définir dans les directives du schéma directeur (axes de développement vis-à-vis de l'accessibilité des rivières, paysage),

- ✓ à régler dans le POS,
- ✓ à développer dans un plan spécifique.

Cette adoption des stratégies intégrées permet d'aborder des questions fondamentales liées à la gestion foncière qui n'ont jamais été particulièrement considérées. Il s'agit de :

- ✓ conserver et utiliser l'importante réserve foncière le long des rivières,
- ✓ projeter l'avenir de l'espace rivière dans la mutation du centre urbain,
- ✓ procéder progressivement à la libération des lits mineurs et majeurs,
- ✓ freiner dans la zone d'expansion urbaine les occupations légales ou illégales de conformité en procédant à un zonage des lieux,
- ✓ assurer la cohérence d'usage par des procédures de permis et de contrôle de conformité.

Les points listés ci-dessus convergent vers une question délicate mais possible à aborder : la pression foncière.

La préservation d'un espace rivière libre sera confrontée également à la pression foncière notamment dans le centre-ville. Cependant cette pression peut être maîtrisée dans la mesure où elle dépend principalement d'un seul acteur : la ville, propriétaire publique de tout le terrain. La volonté de la ville est donc primordiale au moins en ce qui concerne l'espace rivière dans les zones d'expansion urbaine. Elle peut être motivée par de nombreux arguments :

- ✓ l'aération de la ville,
- ✓ la capitalisation de réserve foncière,
- ✓ l'amélioration du cadre de vie urbain.

L'argument doit se baser surtout sur le degré d'inondabilité et le risque existant et potentiel dans l'occupation des lits mineurs et majeurs. Il faut donc tout d'abord procéder à l'élaboration d'éléments d'aide à la décision, pour définir sur une base plus convaincante (à la fois pour les acteurs publics et les habitants), la fonction des lits majeurs. Ces mesures répondront à la carence actuelle de la planification urbaine qui se contente de fixer d'une manière

arbitraire (200m) les largeurs des berges. Ceci n'est jamais respecté même par la ville, certainement à cause du manque de conviction. Elles permettent également d'apporter un effet psychologique qui alerte et responsabilise les acteurs concernés sur le risque de ces zones notamment pour l'habitation et les activités économiques.

La politique d'aménagement doit orienter ces stratégies et ces réflexions vers un usage adapté à chaque espace, en l'occurrence de « l'espace rivière » en remettant en cause, si besoin est, ses pratiques habituelles. Elle ne doit pas être totalement pilotée par la pression foncière ni par la configuration urbaine actuelle, ce qui n'empêche pas leur prise en compte. La configuration urbaine actuelle nécessite par ailleurs une révision profonde comme dans les sections suivantes.

VIII.5.2.3- Une conception urbaine qui ouvre et utilise le paysage des cours d'eau

La conception urbaine qui tient compte du paysage des cours d'eau doit adopter à Parakou, un changement profond sur le plan d'usage de l'espace rivière.

Elle doit cesser de considérer les cours d'eau comme les égouts à ciel ouvert à cacher mais comme un élément écologique valorisant à exploiter. Cela doit se traduire par une ouverture et une intégration du paysage des cours d'eau avec l'exemple des voiries construites le long des berges bien reliées au réseau viaire de la ville.

Cette ouverture et l'usage public des rives (voirie et espace vert) offre plusieurs avantages. Il s'agit à la fois :

- ✓ de réserver une zone d'expansion naturelle de crues avec usage moins vulnérable et indispensables à la ville ;
- ✓ d'aérer la ville, d'augmenter le taux d'espace vert, de cheminements piétons et de voirie,

- ✓ d'éviter les usages aberrants (comme les décharges de déchet), favorisés par la situation actuelle, qui dégradent la qualité des eaux des cours d'eau et réduisent leurs usages potentiels ;
- ✓ de réduire l'insécurité des zones des rives en les aménageant.

L'ensemble des mesures énoncées ci-dessus contribuera au changement d'image des cours d'eau (perçus parfois comme lieu de mauvais esprit, d'insécurité, etc.) Ceci est indispensable pour leur appropriation et leur fréquentation.

VIII.5.3 - Conception intégrée de la voirie dans le cadre bâti et usage du système dual

L'un des problèmes de drainage de la ville de Parakou est dû au défaut d'aménagement par rapport à la voirie et au relief (souvent très pentu) : manque de terrassement des parcelles, constructions en contre bas par rapport à la voirie, etc. (figure 42).

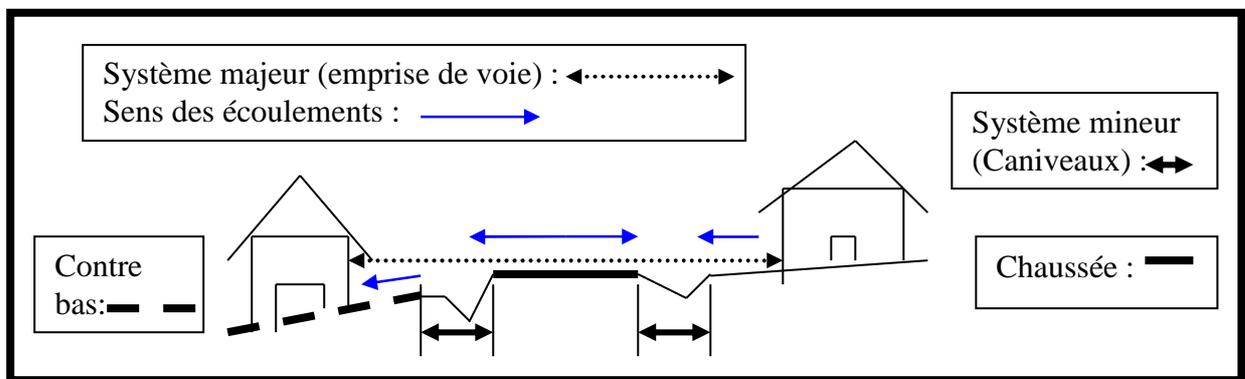


Figure 42: Pratique actuelle d'aménagement de l'habitat et de la voirie (construction en contre bas par rapport à la voirie)

Une conception intégrée du cadre bâti et de la voirie permettra de résoudre non seulement le problème des points bas mais d'augmenter le niveau de protection par le biais de voirie qui servira comme ouvrage de stockage temporaire : système dual de drainage. Il s'agit de donner à la voirie (en prenant en considération le relief, la norme de voirie, le niveau de protection souhaité) une cote plus basse par rapport aux éléments urbains à protéger. Les deux

schémas de la figure 43 illustrent l'usage du système dual selon la densité des quartiers.

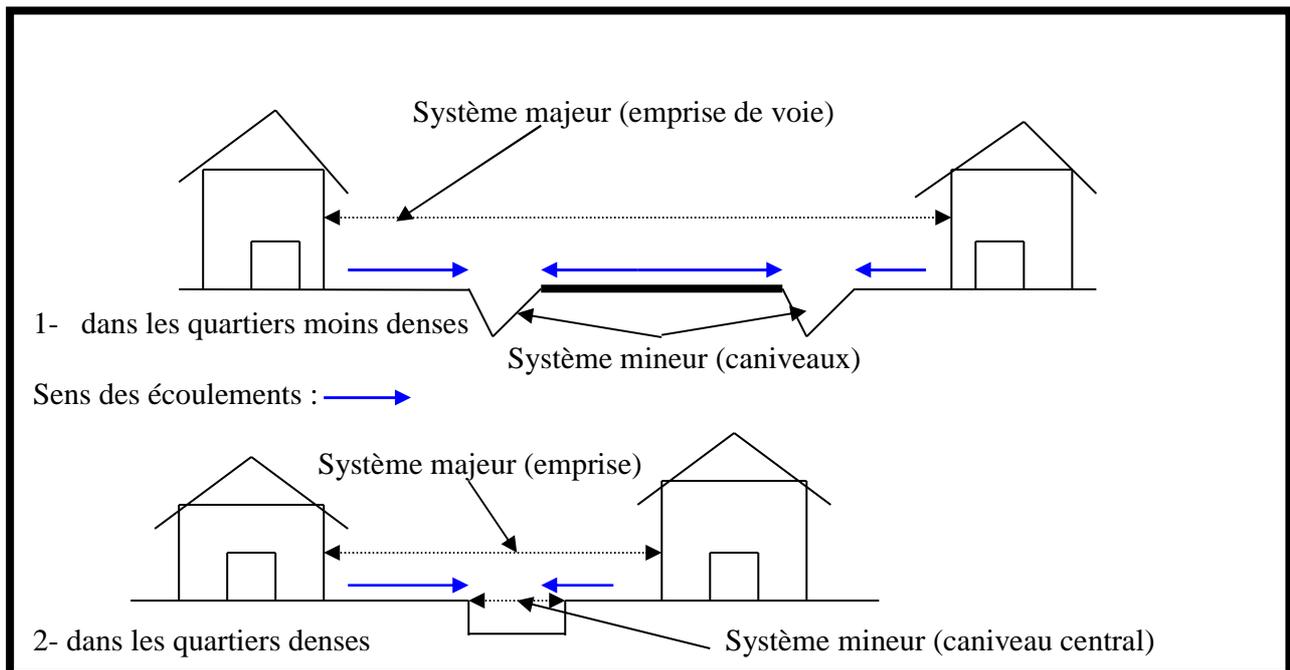


Figure 43: Conception adaptée aux contraintes de site et l'usage de la voirie comme ouvrage de drainage : le système dual

Cette conception intégrée porte également deux principaux avantages :

- ✓ avantage économique comme elle permet de minimiser les dimensions des ouvrages de drainages pour les fréquences rares,
- ✓ réduction de l'impact lors de dysfonctionnement courant du réseau mineur (bouché par les déchets en attendant l'entretien).

L'usage de ce concept doit trouver un intérêt particulier tant dans les zones d'expansion que dans les zones de mutation du noyau ancien. Par ailleurs, ceci requiert une sensibilisation et une concertation entre le service de voirie et les aménageurs privés (ménages, lotisseurs, etc.).

En conclusion, les problématiques de la gestion des eaux pluviales sont aujourd'hui élargies au-delà de la dimension technique pour répondre à la complexité de l'interaction de l'eau et d'espace urbain. Cette tendance reste cependant encore limitée en ce qui concerne la dimension organisationnelle pour

laquelle il n'existe aucun concept ou méthodologie précis. Pourtant, cette question d'organisation constitue notamment pour les villes pauvres un volet capital dont l'exploitation devrait contribuer à l'amélioration de drainage. La réflexion de cette partie, qui s'est focalisée sur l'organisation des acteurs et de l'espace, nous a permis de développer un outil organisationnel. Ceci permet de formuler une stratégie au niveau global (villes et bassin versant) et de cadrer des actions des divers acteurs au niveau local (quartier).

Cet élément de réponse peut servir comme outil d'aide à la décision pour organiser les différentes actions selon la typologie d'espace et l'évolution des problématiques de chaque espace type dans le temps. Par exemple dans le cas des quartiers bénéficiaires des projets FED, PGUD et BOAD, on sait que le problème se trouve plus dans l'usage et l'appropriation du réseau que dans l'insuffisance de capacité. Les solutions doivent donc s'orienter vers le contrôle de connexion illégale et le renforcement de la gestion des déchets (ramassage régulier, nettoyage des rues, etc.).

Avec cette démarche nous avons tenté d'apporter un outil méthodologique à la fois sur le plan scientifique et sur le plan opérationnel. La démarche de définition des niveaux d'intervention, qui peut apparaître évidente par sa simplicité, permet de résoudre la complication du problème amont-aval, d'assurer une mobilisation coordonnée ainsi que d'explorer et d'exploiter les acquis et potentialités notamment pour le suivi des ouvrages réalisés. Ces éléments sont à notre avis des points clés pour une gestion pragmatique et pertinente.

Le regard rapide que nous avons porté sur les éléments techniques et urbanistique nous a permis de rappeler les multiples mesures curatives et préventives à mener. Il s'agit également de lancer une réflexion pour une conception intégrée du réseau et de l'espace urbain.

CONCLUSION GENERALE

La gestion des eaux pluviales constitue l'un des enjeux majeurs de la ville d'aujourd'hui (Freeman, 1999). Cependant, elle n'a pas reçu jusqu'à présent la considération requise, en particulier dans les PED. La question exige d'autant plus d'attention que la somme de contraintes qui pèse sur la ville du tiers-monde ne cesse de croître.

La gestion durable des eaux pluviales requiert une réflexion globale qui prend en compte l'ensemble des problèmes, des contraintes et des enjeux de l'espace considéré. Il s'agit plus précisément d'œuvrer en faveur d'une urbanisation harmonieuse, pour une ville qui soit moins vulnérable aux aléas et caprices des eaux. Cette démarche, déjà amorcée, avec la pratique de la gestion intégrée, dans les pays développés, est seul susceptible de remédier aux carences inhérentes au mode de gestion et d'organisation habituelle de l'espace, celui de la parcellisation des tâches et de la gestion sectorielle. Elle est aussi seule à même de fournir les outils prévisionnels et opérationnels les mieux adaptés.

Avec ce travail de recherche, nous avons tenté d'aborder d'une manière intégrée la problématique des eaux pluviales dans la gestion de l'espace, dans le cas de la ville de Parakou. La démarche s'est avérée fructueuse tant sur le plan méthodologique qu'opérationnel. Un traitement approprié, différencié et cohérent, de chaque composante de l'espace contribue à la gestion durable des eaux pluviales qui elle-même concourt à la gestion durable de l'espace, finalité recherchée. Une moindre vulnérabilité de la ville entraîne une moindre nocivité du facteur risque, dont le contrôle et la maîtrise en seront d'autant plus aisés. A cet égard, nous avons aussi cru devoir souligner une réalité généralement occultée, en raison de la vision techniciste qui préside à l'approche du problème, à savoir que les réseaux hydrographiques sont partie intégrante de l'espace de l'écologie urbaine en l'occurrence. Ceux-ci ne sauraient raisonnablement être dissociés de leur environnement naturel, humain et technique.

Le peu de considération accordée à la double dimension spatiale et humaine n'est pas l'une des moindres causes de dysfonctionnement de la ville et

de sa vulnérabilité aux effets dommageables de la pluie. Aussi, nous sommes-nous attaché à développer et à préciser cette problématique de l'articulation espace-acteurs, en privilégiant l'approche des « trois pôles », à mettre en cohérence gestion urbaine et gestion des eaux pluviales. De manière plus précise, le choix de l'analyse systémique, quand bien même elle élargirait passablement le champ d'analyse, nous a permis d'identifier et de mettre en évidence les connexions et interactions entre la gestion urbaine et la gestion des eaux.

Ce paradigme dans sa double perspective holiste et différentielle, qui privilégie la question générique de l'organisation de l'espace tout en intégrant les particularités sectorielles, s'inscrit en faux contre le dogme « évacuer le plus vite et le plus loin possible » (Chocat, 1997).

Avec cette thèse nous avons tenté d'apporter les éléments de réponse dans une perspective plus large. On peut souligner les six points suivants :

- caractéristique de la pluie et du ruissellement.
- base de données sur l'état des réseaux, l'organisation d'acteurs, les enjeux liés à l'eau pluviale.
- identification des modes de fonctionnement et des causes de dysfonctionnement de la gestion urbaine sous divers angles organisationnel, social, financier, technique, urbanistique.
- clarification typologique de l'espace urbain qui nous semble également pertinente pour l'analyse d'autres questions de la gestion urbaine.
- élaboration d'un outil organisationnel pour une gestion coordonnée et participative.
- éléments de réflexion pour une conception adaptée des réseaux hydrographiques et de l'espace.

Il est ressorti de notre étude que la ville de Parakou, disposait de certains atouts d'ordre hydrographique, très favorables quant à l'amélioration de la gestion des eaux pluviales : relief non stagnant (bien qu'il puisse constituer

parfois une contrainte) forte densité hydrographique, canalisation de grande section. Il y a lieu de signaler le problème crucial de manque d'équipement de drainage (qui concerne ¼ de voirie en moyenne et 70% environ dans le cas des quartiers non structurés). Cependant, le handicap dérive davantage de l'inadéquation du mode de gestion aussi bien du réseau hydrographique que de l'espace urbain. Les données accumulées, grâce à nos recherches, quant à l'état et à l'appropriation des réseaux (plus de 50% de canalisation et de regards obstrués, souvent délibérément par la population), devraient, nous l'espérons, attirer l'attention sur le gâchis actuel, et aussi de manière plus concrète, aider à rationaliser la gestion. *De ces constats, on peut établir que la dégradation du paysage urbain de Parakou pendant la saison pluvieuse est la conséquence de son urbanisation d'où l'hypothèse N°1 se trouve vérifiée.*

L'analyse systémique a permis de mettre en évidence les effets perturbateurs de la gestion défectueuse de l'espace sur le SGÉPU. Il est ainsi apparu, que la plus grosse part des déchets non collectés finissait dans le réseau hydrographique, avec toutes les conséquences que cela entraîne. De la même façon, l'occupation sauvage et anarchique (illicite et légale) des berges et des emprises de voirie aggrave la vulnérabilité de l'espace urbain et naturel. Ce constat de carence met en cause la politique urbaine en général. *Au terme de cette analyse systémique, il ressort que les facteurs de vulnérabilité de l'espace urbain de Parakou, limitent l'intérêt ou la pertinence technique de modèle « Réseau » actuel, soit l'hypothèse N°2 vérifiée.*

Les mesures à prendre pour accroître l'efficacité du SGÉPU ne devraient donc pas se limiter ponctuellement aux secteurs de drainage et des cours d'eau, mais s'étendra aussi, plus globalement, aux autres secteurs ayant des impacts sur le SGÉPU. Cela implique de la part des acteurs et décideurs, lucidité et responsabilité. Ils se doivent outre leurs domaines de compétence particuliers et champ d'intervention spécifique à partir d'une vision unifiée, d'œuvrer en faveur de l'intérêt général. Cela appelle de leur part une démarche commune et

une action concertée, qui par-delà la détermination d'une politique urbaine, s'oblige à s'inscrire dans le réel. Le fait est que l'expérience historique n'a eu de cesse de révéler la portée et les limites du plan directeur d'urbanisme horizon 2009 par faute de synergie entre les acteurs en matière d'assainissement. *A partir de ces constats, on peut affirmer que l'hypothèse N°3 selon laquelle le dysfonctionnement du système actuel de gestion des eaux pluviales urbaines à Parakou est lié au problème d'harmonisation et de la pérennisation des actions des acteurs qui y interviennent est vérifiée.*

Nous avons pu établir, grâce à nos recherches, par le biais d'une mise en perspective historique et des exemples concrets, que l'élaboration d'un document prévisionnel, était loin de garantir un développement urbain souhaité. Ceci ne peut qu'être obtenu par une appropriation et engagement de tous les acteurs concernés. Dans cette perspective, la révision du plan directeur nous semble être l'occasion propice pour penser, avec l'amplitude requise, la problématique de la gestion des eaux et concevoir subséquentement une politique d'organisation de l'espace cohérente et applicable.

Nous avons au cours de cette recherche, dégagé quelques éléments de réflexion portant sur les mesures urbanistiques, qui soient de nature à pousser à la révision de conception prévalentes en matière d'urbanisation. Plus précisément, il s'agit de mettre en évidence l'avantage que l'espace offre pour une gestion peu coûteuse, peu vulnérable et paysagère de la ville. On gagnerait à tirer les enseignements des erreurs du passé et à mettre en œuvre des mesures préventives. De surcroît, des villes aux moyens limités comme la ville de Parakou, capital du département du Borgou, c'est par la qualité de l'organisation, par le recours aux idées innovantes, que l'on peut avantageusement surmonter les contraintes et résoudre les problèmes urgents. De ce point de vue, la participation de la population, au demeurant fréquemment sollicité mais diversement appréciée, ne peut qu'être bénéfique, à la condition toutefois qu'elle soit judicieusement cadrée.

Il y a lieu cependant de ne pas se tromper sur la portée de ce facteur. La participation des masses n'est pas synonyme de gestion durable. Son apport peut être de faible efficacité voir même induire des effets pervers, en suscitant des conflits d'intérêts en favorisant la confusion des rôles, en complexifiant les enjeux avec la multiplication des acteurs. L'expérience de la gestion des ouvrages techniques par le recours à la participation de la population s'est avérée peu concluante, du fait de l'absence d'un acteur réellement engagé.

Comme réponse à cette lacune, une piste pourrait être recherchée dans le principe de subsidiarité. Il serait de bonne méthode, pour tirer le meilleur parti de l'apport populaire, de définir de manière précise son rôle et de l'associer à un territoire et à une fonction bien déterminée. On ne pourrait que gagner en efficacité en conciliant intérêt individuel et intérêt collectif, en anticipant les changements prévisibles, en favorisant les échanges, en rapprochant discours technicien et langage populaire. Ce dernier point, l'impératif d'interlocution et d'intercompréhension, nous semble capital, dans une mesure où la réussite d'une action est largement conditionnée par l'accord de l'ensemble des acteurs concernés.

C'est dans ce souci que nous avons tenté d'apporter un outil d'aide à la décision, à cette question organisationnelle qui, par-delà le cas spécifique de Parakou, intéresse la problématique des PED et la gestion locale des eaux pluviales en général. Cette percée s'inscrit dans un champ de recherche peu exploré dans lequel on dispose de peu de concepts spécifiques et précis concernant la question organisationnelle de gestion des eaux.

L'ensemble d'éléments organisationnels proposé offre une stratégie d'actions et un outil de définition des niveaux d'intervention, tout en ouvrant un champ de réflexion en matière d'étude d'échelle de gestion. Notre intérêt s'est focalisé sur les deux extrémités de l'échelle : ville-bassin et quartier. Elles constituent le point d'application du principe de subsidiarité en tant qu'elles servent de sites et de pôles de détermination des niveaux d'organisation et

d'intervention. Sans prétendre à l'extrême précision ni à l'exhaustivité, nous nous sommes employés à dresser une esquisse de modèle d'organisation souhaitable, en établissant au niveau global de Centre d'Observation, de Conception et de Coordination pour la Gestion des Eaux (COCCGE), et à la base les agents locaux, opérant au niveau des quartiers, dans un rôle toutefois revalorisé et renforcé.

Ces deux entités, à savoir le COCCGE et le service technique local, sont, à notre sens, représentatifs et constitutifs d'une gestion intégrée aux deux niveaux extrêmes. Au niveau global, la gestion des eaux pluviales est à la fois centralisée et spécialisée. Au niveau local, elle s'inscrit, s'intègre et se fusionne dans la gestion technique urbaine. Nous avons aussi tenu, au sujet des deux entités, à insister sur les facteurs (notamment diversification d'action) qui en déterminent la nécessité et en fondent la légitimité.

Au terme de ces propositions qui sont d'ailleurs de faisabilité parfaite, il est donné la preuve que l'hypothèse N°4 selon laquelle le modèle d'organisation tient compte des contextes, urbain, économique, social et organisationnel, actuels et futurs de la ville de Parakou est vérifiée.

D'abord, d'un strict point de vue méthodologique, il serait instructif de tester notre approche « spatialisée » à la question de la pollution en temps de pluie, laquelle gagnerait précisément à être approfondie. Cet axe de recherche se fonde sur le constat d'une forte variation des facteurs polluants non seulement en fonction des types d'activité mais aussi selon la morphologie urbaine (accessibilité, densité).

Ensuite, pour ce qui est du mode d'organisation, nous sommes conscient de la nécessité, dans le cas de Parakou comme pour d'autres villes, d'approfondir la réflexion et de poursuivre l'expérimentation pour acquérir davantage d'éclaircissement, accumuler les enseignements et conforter la pertinence et l'efficacité de l'outil.

Enfin, au plan technique et hydrologique, deux pistes de recherche nous paraissent prioritaires. L'inventaire et la mise en état du réseau nous semblent être des questions du plus haut intérêt et d'une urgence impérieuse. Elles devraient déjà pouvoir fournir des éléments d'information préalables et indispensables à toute forme d'intervention sur un site complexe, parce que souterrain, peu exploré et peu documenté. La seconde piste a trait à l'étude du phénomène pluie-débit dans un contexte d'insuffisance de données. Il est illusoire d'escompter, dans l'état actuel des moyens disponibles, de données complètes et précises relatives à la pluie et au réseau. Aussi, pourra-t-on utilement prêter une attention accrue aux travaux de recherche intégrant cette contrainte, afin d'en évaluer la pertinence analytique et l'adéquation opérationnelle tout en renforçant la collecte des données.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **ABDOULAYE.A.** (2006) : La gestion durable des eaux pluviales en milieu urbain pour un développement durable : Application à la ville de Parakou. Mémoire de DEA, 58 p.
2. **ABDOULAYE.A., OYEDE.M** (2007) : Gestion de l'assainissement pluvial dans un centre urbain en milieu tropical : cas de la ville de Parakou. Actes du premier colloque de l'UAC des sciences, cultures et technologies, volume 2, 199-207 p
3. **ABDOULAYE.A., OYEDE.M** (2009) : Un site urbain de l'Afrique tropicale confronté aux contraintes naturelles et anthropiques : le cas de la ville de Parakou au Bénin. *Revue BenGéO*, N°5, Département de Géographie, UAC, 16 p (sous press)
4. **ACKA. K.** (1993) : Couplage de systèmes experts et méthodes connexionnistes dans la gestion en temps réel de réseau d'assainissement. Thèse sci. : INSA de Lyon, 1993, 250 p.
5. **ALFAKIH E.** (1991) : Approche globale pour la conception des technologies alternative en assainissements pluviaux intégrés à l'aménagement. Thèse sci. : Université Claude Bernard Lyon I, 263p.
6. **ARNAUD M.** (1993) : L'urbanisation en Afrique de l'Ouest, mécanismes et logiques, WALTPS, sur <http://www.urbanisme.equipement.gouv.fr>, 25p
7. **ARNOLD MAURICE.D.** (1975): Floods as man-made disasters. *Environmental conservation*, Vol.2 No.4, winter, p.257-263.
8. **ASREL** (2010) : Rapport du profil économique de la ville de Parakou. Parakou, Bénin, 70 p.
9. **AULIAC G.** (1995) : Probabilités et statistique, Ediscience International, Paris, 254 p.
10. **BALME M., LEBEL T. et AMANI A.** (2005) : Années sèches et années humides au Sahel: Quo vadis? *Hydrol. Sci. J. (soumis pour publication)*. P: 244-261.
11. **BANQUE MONDIALE** (1999) : Le développement au seuil du XXIe siècle : Rapport sur le développement dans le monde, Paris : ESKA, 329p.
12. **BANQUE MONDIALE** (1995) : Une stratégie pour la gestion de l'eau au Moyen-Orient et en Afrique du Nord. Washington, 86p.
13. **BANTON. O., JORDANA. S. et LAROQUE. M.** (1996) : Simplification rationnelle des outils hydrologiques de gestion : Recommandations pour la construction de modèle semi-empiriques à origine mécaniste. *Revue des sciences de l'eau*. Vol. 9, N°2, p: 147-161.
14. **BARRAQUE B** (1997) : Gouverner en réseau en France : les agences de l'eau Ces réseaux qui nous gouvernent ? Gariépy et al, Paris : L'harmattan, p 253-281.
15. **BCEOM** (1994) : conception générale des systèmes d'assainissement urbain dans le contexte africain Aspect technique. CIEH, 338 pages, 11 annexes.
16. **BEAUD M.** (1998).- L'art de la thèse (comment préparer et rédiger une thèse de doctorat, un mémoire de DEA ou de maîtrise, ou tout autre diplôme universitaire). La découverte, Paris XIIIe, 173p.
17. **BEIRLANT J., TEUGELS J. et VYNCKLER P.** (1996): *Practical Analysis of Extreme Values*. Leuven University Press, Belgique. 250p

18. **BELIER-MICHEL S** (1999) : L'individu et le système. Les organisations : état des savoirs (Coordonné par Cabin P.). Auxerre : Sciences Humaines, p 217-223.
19. **BERLAN E.** (1963): Addis-Abeba la plus haute ville d'Afrique : Etude géographique. Grenoble : Imprimerie Allier, 210 p.
20. **BERTAUX D.** (1996) : « Fonctions diverses des récits de vie dans le processus de recherche » in DESMARAIS D., GRELL P. (dir.), Les récits de vie. Théorie, méthodes et trajectoires type, édition Saint-Martin, Montréal, pp. 21-34.
21. **BERTRAND R.** (1967) : Etude de l'érosion hydrique et de la conservation des eaux et du sol en pays Baoulé. *Coll. Fertilité sols tropicaux: Tananarive*, n°106, p.1281-1295
22. **BERTRAND M.** (1999) : Les grandes villes en Afrique, conférence universitaire prononcée à l'Université de Caen, 30p
23. **BETURE-SETAME** (1985) : Conception générale des systèmes d'assainissement urbain dans le contexte africain Etude de l'entretien des ouvrages. CIEH, 67 pages.
24. **BEVEN K. J.** (2001): Rainfall-runoff modelling: the primer. John Wiley & sons, LTD. 360 p.
25. **BLARY T.** (1997) : Tiers système gestionnaire. Services urbains dans les pays en développement : mode de gestion. Sous direction de R, Bois vert M. et Fiset J. Paris : Economica, pp. 87-154.
26. **BOKO M.** (1988) : Climat et communautés rurales du Bénin : Rythmes climatiques et rythmes de développement. Thèse de doctorat d'Etat, deux tomes, Centre de Recherches de Climatologie. URA 909 CNRS, Université de Bourgogne, Dijon, 608p
27. **BOUVIER C., JEANNEAU J.L.** (1988) : « Simulation de pluie en milieu urbain ». 53 p., ORSTOM Montpellier.
28. **BOUVIER C., THEBE B.** (1988) : Urbanisation et occupation des sols dans les villes d'Afrique de l'Ouest. 47 p., ORSTOM. Montpellier.
29. **BOUVIER C.** (1988) : Recueil de données hydro-pluviométriques sur bassins africains. 26 p., ORSTOM Montpellier.
30. **BOUVIER C.** (1990) : Analyse et Modélisation des écoulements du milieu urbain Africain. Edition de OROSTOM, Collection Etudes et Thèses, Paris, 338 p.
31. **BOUVIER C. & DESBORDES M** (1990): Perspectives for management of urban storm drainage in Western Africa. Firth International Conference on Urban Storm Drainage, Osaka (Japan), p. 1577-1580.
32. **BROOKS. P., DAVID.B.** (1988): Sustainable Development: Easy Slogan or Difficult Choice? Ebauche inédite adaptée d'un exposé devant la TOES/North America Conférence, 25p
33. **BROOKS.P., DAVID. B.** (1990): Que signifie exactement le développement durable ? Le CRDI Explore, Pp. 235-241.
34. **BURLANDO.P et ROSSO. R.** (1996): Scaling and multiscaling models of depth-duration- frequency curves for storm precipitation. Journal of Hydrology. Vol. 187. N°:1694, P : 45-64
35. **CCS** (2002) : Annuaire statistique de la zone sanitaire Parakou-N'dali, Parakou, Bénin, 95p.

36. **CHOCAT B.** (1997) : Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Paris : Tec et doc, Lavoisier, 1124 p.
37. **CIRCULAIRE INTER-MINISTERIELLE** (1981) : Instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations Circulaire 77284/INT. Ministère de l'Intérieur, Direction Générale des Collectivités Locales, Ministère de la Culture et de l'Environnement, etc. Paris, Imprimerie Nationale, 4 fasc.
38. **COLES S., PERICCHI L. R., et SISSON S.** (2003): A fully probabilistic approach to extreme rainfall modelling, *J. Hydrol.***273** (1/4), p: 35–50.
39. **CONSUERA et VEZ.** (1997) : Régionalisation et subsidiarité : un exemple d'approche hiérarchisée de la gestion des crues. FREIND (Flow Regimes International Experimental and Network Data), 70 p.
40. **CONWAY G et BABIER E.** (1990) : After Green Revolution: Sustainable Agriculture for Development, London, Earthscan publication, 87 p.
41. **COSANDEY C., LAVANBRE J., MARTIN C. et MATHYS N.** (2002) : Conséquences de la forêt méditerranéenne sur les écoulements de crue-synthèse des recherches menées en France. Houille Blanche, n° 02, pp. 38-42.
42. **COUR J.M.** (1995) : *Les enjeux de l'urbanisation dans les pays en voie de peuplement*, OCDE-Club du Sahel Paris, 150p
43. **CRED** (2006): Communiqué de presse du 28 décembre de l'Université de Louvain, USGS et AFP
44. **CROZIER M. et FRIEDBERG E.** (1977) : L'acteur et le système : Les contraintes de l'action collective. Paris : seuil, 440 p.
45. **CROZIER M., FRIEDBERG E.** (1977) : L'acteur et le système, Paris, Editions du seuil, pp. 197-201
46. **DALY H., COBB J.** (1989): For the common good: Redirecting the Economy toward Community, the Environment and a Sustainable future. Oxford University, Press, Toronto, 85 p.
47. **DANGOL P. M., MERZ J. et WEINGARTNER R.** (2002): Flood generation in the middle mountains of Nepal. Proceedings of the international Conference on Flood Estimation, 6-8 Mars 2002, Berne, Switzerland, pp. 85-92.
48. **DEJOUX C.** (1988): La pollution des eaux continentales africaines, Edition de l'ORSTOM, Paris, 90 p.
49. **DESBORDES M.** (1974) : "Réflexions sur les méthodes de calcul des réseaux urbains d'assainissement pluvial Thèse D.I., 224 p., CNRSAO 9125, Université des sciences, Montpellier.
50. **DESBORDES M., SERVAT E.** (1986) : Pour une approche spécifique de l'hydrologie urbaine en Afrique. Communications du Congrès l'Eau, la Ville et le Développement. P : 145-155. ISTE. Marseille. France.
51. **DESBORDES M.** (1987) : Contribution à l'analyse et à la modélisation des mécanismes hydrologiques en milieu urbain. Thèse d'état. Université des sciences et techniques du Languedoc. Montpellier. 242 pages.
52. **DIKENOU C. K.** (2002) : Contribution à la promotion de l'éthique environnementale en Afrique. Thèse de Doctorat d'Etat es-lettres et sciences humaines (Philosophie-Ethique), Université de Lomé, 407 p.

53. **DOUSSOT R.** (1990) : Cours d'aménagement interne ENITEF, Les Barres, 50p. et annexes.
54. **DORTIER J. F. et RUANO-BORBALAN J. C.** (1999) : Les théories de l'organisation : un continent éclaté ? Les organisations : état des savoirs (Coordonné par Cabin P.) Auxerre : Sciences Humaines, p 27-35.
55. **DORTIER J. F.** (1999) : L'approche systématique des organisations. Les organisations : état des savoirs (Coordonné par Cabin P.) Auxerre : Sciences Humaines, p :101-105.
56. **DPDL/MPKOU** (2004) : plan de développement Municipal de Parakou, Mairie de Parakou, Bénin, 230 p.
57. **DUBRESSON A.** (1999) : *Les grandes villes d'Afrique*, conférence universitaire prononcée au CRDP de Rouen Mont-Saint-Aignan, 25p
58. **DUBROEUCQ D.** (1977) : Note explicative de la carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin. Feuille de Parakou de l'ORSTOM, Paris, n°66,37 p.
59. **DUHEM B. et ROYOUX D.** (1993) : Morphologies urbaines et développement durable dans les villes européennes et méditerranéennes. Poitiers : Acte de l'atelier de recherche, 79 p.
60. **DULEY F.L., et HAYS O.E.** (1932): The effect of the degree of slope on runoff and soil erosion. J. Agr. Res., vol.45, p.349-360
61. **DUMAS J.** (1965) : Relation entre l'érodibilité des sols et leurs caractéristiques analytiques. Cah. ORSTOM, sér. Pédol. vol. III, n° 4, p. 307-333.
62. **DUPUY G. et KNABEL G.** (1982): Assainir la ville hier et aujourd'hui. Paris : Dunod, 88 p.
63. **EIER-CEREVE.** (2002) : Valorisation des eaux usées par lagunage dans les pays en voie de développement : Etude des cas du Burkina Faso, Cameroun, Côte d'Ivoire, Ghana, Niger et Solidarité Eau (Ps-Eau), Projet A10, 140p.
64. **ESCOURROU G.** (1991) : Le climat et la ville, Nathan, Paris, 190 p.
65. **FARVACQUE V. C et GODIN L.** (1997) : L'avenir des villes africaines : enjeux et priorité du développement urbain. Washington : Banque mondiale, 178 p.
66. **FOLLAND C. K., T.N. PALMER et D.E. PARKER** (1986): Shael rainfall and worldwide sea temperature 1901-1985. Nature 320, pp. 602-607.
67. **FONKOU T.** (1996) : L'épuration par voie naturelle des eaux usées du campus de l'Université de Yaoundé 1. Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle. Université de Yaoundé 1, 152p.
68. **FOURNIER F.** (1967) : La recherche en érosion et conservation des sols sur le continent africain. *Sols africains*, vol. 12, n° 1, p. 5-53.
69. **FREEMAN P.** (1999): Gambling on catastrophe. Urban Age, 1999, Vol. 7, n°1, summer, p 18-19.
70. **GIEC** (2001) : Bilan 2001 des changements climatiques ; rapport de synthèse, Genève, 308 p.
71. **GILARD O.** (1997) : Intégrer le risque dans la démarche urbanistique. L'urbanisme face au risque d'inondation : comment valoriser et gérer les zones urbaines exposées au risque d'inondation ? Journée d'information, COURLY, Lyon, p 19-27

72. **GLAWELL J. S. & SIM L. K.** (1993): Tropical cities managing their water. Paris: UNESCO, 25 p.
73. **GRIMMOND C.S.B., OKE T.R.** (1991): Water resources research, vol 27 n° 7. P:39-55.
74. **GOODLAND J.** (1988): Implications of Sustainable Development. Presentation to Canadian Government Affairs Seminar World Commission on Environment and Development: Canada's Response. Banque mondiale. Washington. Pp – 325.
75. **GOULD J.** (1995): Always the bridesmaid? Rainwater catchments systems in the spotlight. *Waterlines*, Vol.14, n° 2, p. 2-4.
76. **HILAIRE B.** (1998) : Les eaux pluviales : une ressource consommable ? Cahiers du CSTB, janvier- Février. 20p.
77. **HOLLIS G .E., OVEDEN J. C .** (1988): Hydrological processes, vol 2. 227-243. pp.
78. **HOUNDENOU C.** (1999) : Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide. L'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation. Thèse de doctorat de géographie de l'université de Bourgogne, Dijon, 390 p.
79. **HUBERT G.** (1990) : Approches méthodologiques pour la mise en valeur des rivières urbaines. Thèse Sci. : INSA de Lyon, 496p.
80. **HUDSON N .W.** (1973): *Soil Conservation*. B. T. Batsford limited, London, 320 p.
81. **INSAE,** (2003) : Analyse des résultats du RGPH3 (Tome 1) : répartition spatiale, structure par sexe et âge et migration de la population au Bénin, Cotonou, Bénin, 232p
82. **INSAE,** (2003) : Analyse des résultats du RGPH3 (Tome 2) : dynamique de la population au Bénin, Cotonou, Bénin, 126p
83. **INSAE,** (2003) : Analyse des résultats du RGPH3 (Tome 6) : projections démographiques et étude prospective de la demande sociale au Bénin, Cotonou, Bénin, 113p
84. **INSAVALOR, SOGREHT, 1997** : CANOE, logiciel d'hydrologie urbaine, conception et évaluation de réseaux d'assainissement, situation des pluies, des écoulements et de la qualité des eaux. Manuel de l'utilisateur.
85. **INSTITUT DES RESSOURCES MONDIALES** (1992) : Ressources mondiales : 1992-93. Paris : Frison-Roche, 432 p.
86. **JOANNIS C., BELHADJ N., RAIMBAULT G.** (1993): Rainfall induced infiltration into sewer systems. 6th International Conference on Urban Storm Drainage, Vol II, Niagara Falls, Ontario, Canada. 93 p.
87. **KNABEL G., GADILLON M., JOEL M. et RIOUFOL R.** (1986) : Que faire des villes sans égout ? Paris : SEDES, 199p
88. **KOKAMY-YAMBERE S. (1994)** : Erosion et dégradation de la colline de Bangui : impacts sur le milieu urbain. Bilan des trois années d'étude (1991, 1992, 1993). Centre ORSTOM, Laboratoire de Géologie et d'Hydrologie, Bangui (RCA) 76 p.
89. **KOUTSOYIANNIS D. et BALOUTSOS G.** (2000): Analysis of a long record of annual maximum rainfall in Athens, Greece, and design rainfall inferences. *Natural Hazards* 22(1), p: 31–51.
90. **KOUTSOYIANNIS D.** (2004): On the appropriateness of the Gumbel distribution for modelling extreme rainfall. In: *Hydrological Risk: Recent Advances in Peak River Flow Modelling, Prediction and Real-time Forecasting. Assessment of the Impacts of*

- Land-use and Climate Changes* (ed. by A. Brath, A. Montanari & E. Toth), Editorial Bios, Castrolibero, Bologna, Italy. p: 303–319.
91. **LAMBERT R.** (1996) : Géographie du cycle de l'eau. Toulouse : Presse Universitaire du Mirail, 425p.
 92. **LAVABRE J., ANDREASSIAN V. et LAROUSSINIE O.** (2000) [1] : Ecosystème forestiers : (1) Eaux et forêts : la forêt un outil de gestion des eaux ? Cemagref Editions, Antony, 116 p. Fiche 6 pp. 73-80.
 93. **LEBARBE L., LEBEL T. et TAPSOBA D.** (2002): Rainfall variability in West Africa during the years 1950-90. *J. Climate. P:* 187-202.
 94. **LEBEL T., DIEDHIOU A. et LAURENT H.** (2003): Seasonal cycle and interannual variability of the sahelian rainfall at hydrological scales. *J. Geophys. Res. P:* 108-389.
 95. **LE LAYM. et GALLE S.**(2005) : Variabilité interannuelle et intra-saisonnière des pluies aux échelles hydrologiques. La mousson ouest africaine en climat soudanien. *Hydrological Sciences journal* 50(3), pp. 509-524 ;
 96. **LUBES H., MASSON J-M RAOUS P. et TAPIAU M.** (1994) : Logiciel de calculs statistiques et d'analyse fréquentielle adapté à l'évolution du risque en hydrologie. Orstom, Université de Montpellier II Paris, 97 p.
 97. **MAHE G., OLIVRY J.C.** (1991) : Changements climatiques et variations des écoulements en Afrique occidentale et centrale, du mensuel à l'interannuel. In: Hydrology for the water management of large river basins. F.H.M. Van de Ven, D. Gutknecht, D.P. Loucks & K.A. Salewicz Eds, Congrès AISH, Vienne, Autriche, 13-15 août 1991, Publication AISH n°201. P : 163-172
 98. **MAHE G., OLIVRY J.C.** (1995) : Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et Centrale de 1951 à 1989, Sécheresse, n°1, vol 6, p : 109-117.
 99. **MAHE G., OLIVRY J.C.** (1999): Assessment of freshwater yields to the ocean along the intertropical Atlantic coast of Africa. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Series IIa*, vol. 328, p:621-626.
 100. **MARTIN C. & LAVABRE J.** (2000) : Décomposition des crues après un incendie de forêt : estimation de la part de ruissellement sur les versants. Conséquence d'un incendie de forêt dans le bassin versant du Rimbaud, Cemagref Editions, Antony, Chapitre V, pp. 59-72.
 101. **MARTIN C., DIDON-LESCOT J.-F. et COSANDEYC** (2003) : Le fonctionnement hydraulique des petits bassins versants granitiques du Mont Lozère : influence du couvert végétal sur les crues et les étiages. *Etudes de géographie physique*, n°XXX, Travaux du BVRE du Mont Lozère, pp. 39-69.
 102. **MAZOUR M.** (1992) : Les facteurs de risque de l'érosion en nappe dans le bassin versant de l'oued Isser : Tlemcen, Algérie. *Bull. Réseau Erosion*, 12 : 300-313p.
 103. **MERLIN P. et CHOAY F.** (1988) : Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement, Paris : PUF, 863 p.
 104. **MEUNIER M.** (1996) : Couvert forestier et crues sur les petits bassins versants de montagne. *Unasylva* 185, vol 47, pp. 29-37.

105. **MILES M.-B., HUBERMANES A.-M.** (2003) : Analyse des données qualitatives, 2^{ème} édition traduite de l'anglais par Martine Hlady Rispal, Bruxelles, de boeck, p.63
106. **MILLIER et TYLER G.** (1994 : Living in the environment, Belmont : Wadsworth Inc., 8th ed., p 21
107. **MILLON-DELSOL CH.** (1993) : Le principe de subsidiarité. Que sais-je Paris : Presses Universitaires de France, 127 p.
108. **MOHYMONT B., DEMAREE G. R. et FAKA D. N.** (2004): Establishment of IDF-curves for precipitation in the tropical area of Central Africa-comparison of techniques and results. *Natural Hazards and Earth System Sciences* **4**, p: 375–387.
109. **MONDJANAGNI A. C.** (1984) : La participation populaire au développement en Afrique Noire. Paris : Karthala, 448 p.
110. **MOREL à L'HUISSIER A.** (1998) : Maîtriser le ruissellement urbain dans les villes africaines : pour une nouvelle approche de l'assainissement pluvial. Acte du IX^{ème} congrès de l'Union Africaine des Distributeurs d'EAU (UADE), Casablanca (Maroc), 35p.
111. **MORO D.** (1999) : *Les grandes villes d'Afrique*, EDUPOLIS, sur <http://histoire.geo.free.fr/> 65p
112. **MOUGOUE B.** (2001) (a) : Type d'habitat et activité dominante, *Maîtrise de l'assainissement dans un écosystème urbain en zone tropicale humide*, ENSP, Yaoundé. 96p
113. **MUSY A. & HIGY C.** (2004) : Hydrologie : une science de la nature. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne (Suisse), 302 p.
114. **NGNIKAM E.** (2000) : Evaluation environnementale et économique de système de gestion des déchets solides municipaux : analyse de cas de Yaoundé au Cameroun. Thèse de doctorat des Sciences et Technique du déchet LAEPSI/INSA DE Lyon, 363 p.
115. **NICHLOSON S. E. et I. M. PALAO** (1993): A re-evaluation of rainfall variability in the Sahel. Part &. Characteristics of rainfall fluctuations. *International Journal of Climatology* **13**, pp. 371-389.
116. **OBERLAIN G et DESBOS E** (1997) : De l'analyse à la synthèse : des niveaux pertinents de Modélisation. Flow Regimes from International Experimental and Network Data (FRIEND), pp. 410 – 416.
117. **OGOUWALE E.** (2004) : Changement climatique et sécurité alimentaire dans le Bénin méridional ; Mémoire de DEA ; UAC/ EDP ; 103 p.
118. **OSMONT A.** (1998) : La « Gouvernance » : concept mou, politique ferme. *Les Annales de la recherche urbaine*, n° 80-81, p 19-25.
119. **OYEDE L.M.** (1983) : Un exemple de sédimentation biodétrique quartenaire dans le domaine margino-littoral (Bénin-Afrique de l'Ouest). Thèse 3^{ème} cycle, université Nationale du Bénin et Université de Dijon, 171p.
120. **OYEDE L.M., PRICHONNET G., ALIDOU S. et PREDA M.** (1987) : Les minéraux lourds et argileux dans la stratigraphie du quartenaire littoral du Bénin (Afrique de l'Ouest) XII^{ème} congrès INQUA-Montréal, résumé 237p.

121. **OYEDE L.M., LANG J et TSOULASSOU G.** (1988) : Un exemple de sédimentation détritique holocène en climat tropical humide : le « lac » Ahémé (Bénin Afrique de l'Ouest). *J. Afrique Earth sci*, **7(5/6)**, 835-855p
122. **OYEDE L.M.** (1991) : Dynamique sédimentaire actuelle et messages enregistrés dans les séquences quaternaires et néogènes du domaine margino-littoral du Bénin (Afrique de l'ouest), Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Bourgogne, Dijon, 302 p.
123. **PIEGAY H.** (1997) : Fonctionnement des hydro-systèmes naturels et urbanisation. L'urbanisme face au risque d'inondation : comment valoriser et gérer les zones urbaines exposées au risque d'inondation ? Journée d'information, COURLY, Lyon, 15 octobre, p: 95-125
124. **PUECH C., et CHABI-GONNI D.** (1983) : Méthode de calcul des débits de crue décennale pour les petits et moyens bassins versants en Afrique de l'Ouest et Centrale. CIEH, Ouagadougou. 91 p.
125. **PUCCI F., RFFIER J. & TANGY C.** (1999) : La notion du risque acceptable comme levier d'action pour une gestion patrimoniale de la nappe phréatique de l'est lyonnais. Lyon : CNRS, glysi, 112 p.
126. **PNUD** (1997): Human Development Rapport, New York, PNUD, pp 28-29.
127. **QUERRIEN A et LASSAVE P.** (1998) : Gouvernance. Les Annales de la recherche urbaine, n° 80-81. 50p.
128. **RANGEON F** (1996) : Gouvernance locale. La gouvernabilité. Edité par Chevallier J. Paris : PUF, p 166-173.
129. **REMENIERAS G.** (1972) : *L'Hydrologie de l'Ingénieur* (troisième éd.). Collection du Centre de Recherches et d'Essais de Chatou, Eyrolles, France. 150p
130. **RICHARDSON.** (1989) : villes viables, cité par Maclaren V.W, 1993, « pour un développement urbain durable au Canada » : La mise en œuvre du concept, Volume I : Bilan, 52p
131. **RIOU G.** (1999) : L'eau et les sols dans les géo systèmes tropicaux, Masson, 221p.
132. **RIVARD G.** (1998) : Gestion des eaux pluviales en milieu urbain : concepts et applications. Québec : Alias, 314p.
133. **RODIER J.A.** (1989) : Caractères généraux de l'hydrologie superficielle des zones arides et semi-arides en Afrique: leurs conséquences sur les études des ingénieurs. Proc. Of the Sahel Forum, Ouagadougou. pp. 19-37.
134. **RODIER J. et AUVRAY C.** (1965) : Estimation des débits de crues décennales pour les bassins versant de superficie inférieure à 200 Km² en Afrique Occidentale. ORSTOM-CIEH, pp 52-59
135. **RODIER J.** (1975) : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer– Chimie, Physico-chimie, bactériologie, biologie ; tome 1 ; 5^e éd. Edition Dunod, 629 p.
136. **ROOSE E.J.** (1975 a) : Compte rendu technique de la mission Roose en Tunisie du 8 au 15 déc. 74. Rapp. ORSTOM, Abidjan, 4 p., multigr.
137. t. 6, p. 47-52.

138. **ROOSE E.J.** (1975 b) : Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. *Rapp. ORSTOM*, Abidjan, 72p. multigr., 8 fig., 32 tabl. 91 réf.
139. **ROOSEE J. et BERTRANRD R.** (1971) : Contribution à l'étude de la méthode des bandes d'arrêt pour lutter contre l'érosion hydrique en Afrique de l'Ouest. Résultats expérimentaux et observations sur le terrain. *Agron. trop*, vol. 26, n° 11, p. 1270-1283, 9 fig., 11 tabl., 19 réf.
140. **ROOSEE J. ARRIVETS J. et POULAIN J.F.**(1974) : - Etude du ruissellement, du drainage et de l'érosion sur deux sols ferrugineux de la région centre Haute-Volta. Bilan de trois années d'observation à la station de Saria. *Rapp. ORSTOM*, Abidjan, IRAT/HV, 83 p., multigr.
141. **ROOSE E. (1993)**:Erosion en nappa et ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne. *Cah. Orstom, Pédol.* 28, p : 289-308
142. **ROOSE E. CHEBBANI R. BOUROUGAA L. (2000)**: Ravinement en Algérie. Typologie, facteurs de contrôle, quantification et réhabilitation. *Sécheresse* n04, vol. 11. 30p
143. **ROOSE E.-J.** (1976) : Le problème de la conservation de l'eau et du sol en République du Bénin, 34 p.
144. **SERHAU-SA**, (2000) : Revue permanente du secteur urbain au Bénin. 2 ème Edition, IIP, Cotonou, Bénin, 235 pages.
145. **SERHAU-SA**, (2008) : Projet de gestion urbain décentralisée (PGUD). Etude d'amélioration des recettes fiscales dans la commune de Parakou, Cotonou, Bénin, 250 p.
146. **SERHAU-SA**, (2008) : Projet de gestion urbain décentralisée (PGUD). Etude d'amélioration de la gestion des ordures ménagères dans la commune de Parakou, Cotonou, Bénin, 270 p.
147. **SIRONNEAU J.** (1996) : L'eau : nouvelle enjeu stratégique mondial. Paris : Economica, 111p.
148. **SULTAN B., et JANICOT S.** (2003): The West African monsoon dynamics. Part 2: The .preonset. and .onset. of the summer monsoon. *J. Climate* **16**, p: 340-342.
149. **TEVOEDJRE A.** (1978): La pauvreté, richesse des peuples, Paris, Editions Ouvrière, 295 p.
150. **THORNTHWAITE C.W.** (1948): An approach towards a rational classification of climate. *Geophysical review* 38, p: 55-94
151. **THIERRY PAULAIS.** (1998) : le marché dans la ville d'Afrique noire, In : *Les Annales de la recherche urbaine* 70-71 pp.
152. **TRACTEBEL** (2004): Rapport final de l'étude de faisabilité du plan stratégique de la gestion des ordures ménagères dans la ville de Parakou, 75p.
153. **UICN.** (1998) : Union Internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources. World Conservation Strategy for the 1990s. Première ébauche. World conservation Union. Gland, Suisse. 65p.
154. **UICN.** (1989): From Strategy to Action: The UICN Response to the Report of the World commission on Environment and Developpement. UICN, Gland, Suisse. 75p

155. **UICN.** (1990): Caring for the World: A strategy for Sustainability. Second Draft, June 1990. World Conservation Union (UCN), Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et World Wildlife Fund for Nature (WWF), Gland, Suisse. 125p
156. **VARADO N.** (2004) : Contribution au développement d'une modélisation hydrologique distribuée. Application au bassin versant de la Donga, au Bénin. Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, 319 p.
157. **VERNEY R., VOLKOFF B. et WILLAIME P.** (1967) : Etude de l'érosion sur terre de barre. Comparaison sol nu-jachère arbustive, année 1965. *Rapp. ORSTOM*, 14 p. + annexe rap. multigr.
158. **VUILLAUME G.** (1974) : L'abattement des précipitations journalières en Afrique Intertropicale. Variabilité et précision de calcul. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. XI, p : 205-240
159. **WETHE J.** (1999) : Urbanisation et protection de la ressource en eau : Une approche par les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) appliqués à Yaoundé(Cameroun). Mémoire de fin d'études de 3^{ème} Cycle, en vue de l'obtention du Diplôme d'Études professionnelles Approfondies (DEPA), Option : Gestion de l'Environnement. Université Senghor d'Alexandrie (Egypte), 80p.
160. **WETHE J. et al.** (2002): Use of macrophytes for domestic wastewaters treatment in developing countries. 2ème journée scientifique en Sciences et techniques de l'environnement. Université Paris 12, ENPC, CERREVE. Paris, 20p.
161. **WILKS D. S.** (1993): Comparison of three-parameter probability distributions for representing annual extreme and partial duration precipitation series, *Water Resour. Res.* **29**(10), p: 543–549.
162. **WISCHMEIER W .H. et SMITH D.D.** (1958): Rainfall energy and its relationship to soil loss, *Trans. Amer. Geophys. Union*, vol. 39, p. 285-291.
163. **WISCHMEIER W .H. et SMITH D .D.** (1960): An universal soil loss estimating equation to guide conservation farm planning. *7th Intern. Congr. Soil Sci.*, vol. 1, p. 418-425.
164. **WOTLING G., MAHE G., L'HOTE Y., Le BARBE L.** (1995) : Analyse par les vecteurs régionaux de la variabilité spatio-temporelle des précipitations annuelles liées à la mousson africaine. *Veille Climatique Satellitaire*, 52, p: 58-70
165. **WONDIMU A.** (1995): Le Génie Urbain entre l'économie d'échelle et la subsidiarité. Mémoire de DEA : INSA de Lyon, Laboratoire Méthodes, 81p.
166. **WONDIMU A.** (2000): La Gestion des eaux pluviales urbaines par la gestion de l'Espace et la Subsidiarité en Ethiopie, Thèse de doctorat unique : INSA de Lyon, Laboratoire Méthodes, 310 p.
167. **WOODRUF C.M.** (1948): Erosion in relation to rainfall, crop cover and slope on a greenhouse plot. *Soil Sci., Proc.* 12, p. 475-510
168. **YANG. X. et PARENT .E.** (1996): Analyse de fiabilité en modélisation hydrologique, concepts et applications au modèle pluies-débits GR3. *Revue des sciences de l'eau*. Vol.9 N°. 1, P : 31-49.
169. **ZINGG A.W.** (1940): Degree and length of land slope as it affect soil loss and runoff. *Agr. Eng.*, n° 21, p: 59-64.

N°	Liste de tableaux	Pages
I	Quartiers cibles	31
II	Profil socio-éducatif des personnes interrogées	32
III	Acteurs consultés dans le cadre de l'étude	34
IV	Station pluviométrique à Parakou et ses caractéristiques	36
V	Les arrondissements et quartiers du périmètre urbain	47
VI	Evolution de Cotonou, Porto-Novo et Parakou	79
VII	Répartition des migrations internes et externes dans les villes de Cotonou, Parakou et Porto-Novo	84
VIII	Population résident occupée selon la branche d'activité à Parakou	87
IX	Population résident occupée selon la situation dans la profession	87
X	Indice de pauvreté humaine et indice de pauvreté de la commune de Parakou	96
XI	Répartition des ménages selon le quantile de niveau de vie à Parakou	96
XII	Répartition du personnel municipal par catégorie	98
XIII	Niveau de qualification du personnel municipal	98
XIV	Mode de dépôt et de collecte des ordures ménagères en fonction de la hiérarchie de voirie	137
XV	La logistique de collecte de déchet de la ville de Parakou	139
XVI	La voirie revêtue à Parakou	149
XVII	Etat des rues des quartiers cibles	150
XVIII	Fréquence des événements pluvieux extrêmes	164
XIX	Estimation des hauteurs d'eau pour la station de Parakou	169
XX	Paramètres de l'ajustement	170
XXI	Impacts environnementaux des événements pluvieux extrêmes	173
XXII	Caractéristiques des bassins versants de Parakou	177
XXIII	Paramètres a et b en fonction de la pente	182
XXIV	Résultats des calculs des caractéristiques des sous-bassins versants	184
XXV	Résultats des calculs des données décennales de crue	184
XXVI	Evolution de l'érosion en fonction de la pente	187
XXVII	Les réseaux hydrographiques de Parakou et leurs caractéristiques	201

XXVIII	Résultats des analyses bactériologiques des eaux des rivières Orou-toko, Dama et Karègoussou	205
XXIX	Estimation de la consommation en eau potable à l'horizon 2010 à Parakou	207
XXX	Evolution du nombre d'abonnés en eau de 1995 à 2008	209
XXXI	Equipement d'assainissement pluvial selon la hiérarchie de la voirie	213
XXXII	Les différents usages des eaux pluviales récupérées des traiteurs des maisons	219
XXXIII	Contribution des ménages à l'assainissement pluvial	222
XXXIV	Les dégâts socio-économiques des inondations dues à la crise torrentielle à Parakou	225
XXXV	Coût de fonctionnement des véhicules selon l'état de la voirie	226
XXXVI	Programmes et projet de voirie et assainissement à Parakou	232
XXXVII	Projets du réseau routier national à Parakou	233
XXXVIII	Schéma de financement de la composante B du PGUD 2	238
XXXIX	Typologie des contraintes et d'acquis du SGEPU	243
XXXX	Spatialisation et temporalisation des actions opérationnelles.	274
XXXXI	Les actions opérationnelles détaillées au niveau local dans le cas de la typologie non structurée	279
XXXXII	Résultats de l'application de l'algorithme de définition d'unité et de niveau d'intervention pour le site d'Agbagba	288
N°	Listes des figures	
1	Approches du développement durable	16
2	Principales étapes de l'analyse fréquentielles.	38
2 bis	Approche à trois pôles : Eaux Espace Homme.	42
3	La situation géographique de la commune de Parakou	45
4	Secteur d'étude	46
5	Evolution mensuelle des précipitations maximales, minimales et moyennes à la station de Parakou.	48
6	Variation mensuelle de la température de 1962 à 2008.	50
7	Carte topographique de la commune de Parakou	52
8	Réseau hydrographique de Parakou	54

9	Carte des roches de la zone d'étude	56
10	Profils des trois types de sols de Parakou	57
11	Carte pédologique de la commune de Parakou.	58
12	Carte d'occupation du sol de la commune de Parakou	76
13	Carte de la densité de la population	82
14	Carte de la densité des constructions	112
15	Les différents types d'habitat	114
16a	Quartiers Kabassira et Baparapé	116
16b	Zones d'activités de centre ville	118
16c	Zone résidentielle (extension quartier Ladjifarani)	119
16d	Quartiers Kadéra, Bakincoura, Ouézé	120
16e	Quartiers Wansirou et Amaouignon	121
17	Interaction au sein du système urbain.	133
18	Interaction de SGEPU avec les éléments techniques urbains et le champ d'action : le cas de Parakou	154
19	Indices pluviométriques réduits de 1967 à 2007.	160
20	Cycle saisonnier moyen des précipitations sur un transect	162
21	Hauteur maximale annuelle de la pluie en 24 heures	165
22	Pluviométrie maximale journalière	167
23	Courbe IDF de la station de Parakou.	170
24	Pluies historiques et leur concentration temporelle observée à Parakou.	172
25	Bassins versants de Parakou.	175
26	Evolution des débits, des lames d'eau et des temps de montée de crue décennale en fonction de la superficie des sous-bassins	185
27	Coupe géomorphologique générale des milieux riverains de Kabounaré	191
28	Schématisation du mécanisme d'érosion des rives de Kabounaré	196
29	Usages de la rivière Dama.	204
30	Traitement et distribution de l'eau dans la ville de Parakou.	208
31	Perception des populations sur la propriété du réseau pluvial.	218
32	Niveau de localisation selon la population des structures du système de gestion des eaux pluviales	223
33	Position des techniques alternatives dans le cycle urbain de la pluie	251
34	Les contraintes de l'urbanisation dans l'hydrosystème	258

35	Schéma de définition des actions et des niveaux d'interventions proposé.	265
36	Synthèse des actions globales proposées	266
37	Les paramètres de caractérisation d'un site et exploration des potentialités.	277
38	Démarche de définition d'unité et niveau d'intervention.	280
39	Représentation schématique des quartiers en séries dues au sein d'ouvrage de séparation.	283
40	Schéma algorithmique pour la définition de l'unité d'intervention	285
41	Site de quartier AGBAGBA	287
42	Pratique actuelle d'aménagement de l'habitat et de la voirie.	296
43	Conception adaptée aux contraintes du site et l'ouvrage de la voirie comme ouvrage de drainage : le système duel.	297
44	Carte de Précipitation annuelle P_{an}	327
45	Carte de Précipitation journalière décennale P_{10}	328
Liste des photos		
1	Quartier Baparapé	116
2, 3	Mauvaise gestion des eaux usées	142
4 ; 5	Effets de l'érosion	151
6	Les différentes zones des milieux riverains de Kabounaré	192
7 ; 8	Dégâts matériels	202
9; 10; 11	Usages des rivières	203
12-15	Différents types de caniveaux	214
16	Fossé en maçonnerie	216
17 ;18	Fossé et Exutoire encombrés d'ordures	217

ANNEXE 1

Enquête socio-technique sur la gestion des eaux pluviales de la ville de Parakou - Dossier d'enquête

Note :

- Enquête anonyme
- Les questions en gras sont des questions à double cible permettant de vérifier les réponses de certaines questions déjà posées.

Fiche 2 : fiche d'enquête

1. Age et niveau d'étude de la personne interrogée

1.1 Catégorie d'âge : jeune, adulte, âgé _____

1.2 Niveau d'étude : _____

2. Est-ce que votre maison a été inondée ?

2.1 Jusqu'où ? _____ (en mètre)

2.2 Quels sont les dommages causés ?

- a.) démolir la maison
- b.) dégrader la maison
- c.) abîmer les propriétés (et les biens)
- d.) faire déborder la fosse d'aisance
- e.) amener le déchet ou la mauvaise odeur
- f.) autres _____

2.3 En quel événement se produisent-ils, ces phénomènes ?

- a.) Pluie (d'intensité) forte
- b.) Pluie (d'intensité) moyenne
- c.) Pluie (d'intensité) faible

2.4 Avez-vous informé les autorités concernées ? Lesquelles ? _____

3. Pourriez-vous me dire tout ce que vous savez sur le réseau de drainage des eaux pluviales de votre quartier ?

4. Comment le réseau riverain fonctionne-t-il selon l'intensité de la pluie ?

4.1 Lors d'une pluie forte : _____

4.2 Lors d'une pluie moyenne : _____

4.3 Lors d'une pluie faible : _____

5. Les gênes occasionnées par ces phénomènes en dehors et à l'intérieur de votre parcelle

- 5.1 Problèmes de circulation, stagnation
- 5.2 Concentration des déchets dans votre concession
- 5.3 Pollution de cadre (mauvaise odeur, déchet, etc)
- 5.4 Abîmer les propriétés (et les biens)
- 5.5 Autres _____

6. A votre connaissance, qui a construit le réseau (riverain) ?

6.1 Municipalité

6.2 ONG

6.3 Résidants du quartier

6.4 Autres _____

7. Est-ce que vous avez vu l'entretien du réseau ? _____

7.1 Par qui ? _____

7.2 Combien de fois par an ? _____

7.3 En quelle saison ? _____

8. Est-ce que vous avez vu la maintenance ou le remplacement du réseau ? _____

8.1 Par qui ? _____

8.2 Combien de fois depuis que vous habitez dans ce quartier ? _____

9. Est-ce qu'il y a un système d'évacuation des eaux pour votre parcelle ? _____

9.1 Non

9.2 Oui

Si oui

a.) Il est connecté :

- au réseau d'égout
- au réseau pluvial

b.) La nature d'effluent

- eaux usées grises (domestiques)
- eaux vannes
- eaux de pluie
- toutes

10. Est-ce que vous avez demandé l'autorisation pour cette connexion ? _____

10.1 A quel organisme ? _____

10.2 Avez-vous obtenu une autorisation ? _____

11. Où déposez-vous les ordures ménagères ?

11.1 Camion

11.2 Benne (distance)

11.3 Dans le réseau d'assainissement

11.4 Dans les bas-fonds (distance)

11.5 Sur la rue

11.6 Autres (brûler, enterrer, etc) _____

12. Quand vous êtes pressé ou lorsque vous ne disposez pas à votre proximité de camion ou de benne, est ce que vous jetez vos ordures ménagères dans le réseau ou sur la rue ?

la nature de déchet ? _____

13. A votre avis, d'où vient le problème de drainage de votre quartier ? _____

13.1 Est- ce que vous avez demandé pour que le problème soit résolu ? _____

13.2 A qui ? _____

14. Pour vous, à qui appartient le réseau (riverain) de drainage _____

15. Quels sont vos problèmes liés au drainage des eaux pluviales ? _____

16. Que pourrait être votre contribution pour l'amélioration de drainage dans votre quartier ?

16.1 En argent

16.2 En manœuvre

16.3 En savoir (études, coordination, autres)

17. À quel niveau souhaiteriez-vous le service de drainage des eaux pluviales ?

17.1 Quartier

17.2 Arrondissement

17.3 Ville

17.4 Autres _____

18. Quels sont les travaux que vous avez réalisés, individuellement ou collectivement, pour améliorer le drainage de votre quartier ? _____

19. Avez-vous un problème d'alimentation en eau ? _____

20. Votre moyen d'approvisionnement en eau ?

20.1 Robinet dans la parcelle

20.2 Achat chez un particulier

20.3 Borne fontaine

20.4 Rivière et étang

20.5 Puits

21. Recueillez-vous l'eau de la pluie ? _____

21.1 Pour quels usages ?

a.) lessive

b.) vaisselle

c.) ménage

d.) consommation (cuisine, boisson)

e.) construction

f.) arrosage

22. Avez-vous l'intention de recueillir l'eau de pluie dans le futur ? _____

Pourquoi ? _____

23. Quels sont vos remarques et suggestions sur le problème de la gestion des eaux pluviales de la ville de Parakou ?

23.1 Problème et causes

23.2 Les solutions à votre avis ?

. Enquête technique 1 : Visite du réseau pluvial, fiche d'enquête

Rue	Localisation	Pente	Activité dominante	Typologie urbaine	Revêtement de la chaussée	Section du réseau	Section du regard long., larg., h	Déchet dans le regard	Remarques

Enquête technique 2 : L'état des regards et des avaloirs du réseau pluvial de Parakou

Date : _____

Nom de l'enquêteur : _____

Nom de la rue : _____

Partie étudiée : _____

Type (asphalte, etc.) : _____

Hierarchie : _____

N°	localisation	Etat des regards			Etat des avaloirs			Activité riveraine			Existence de benne d'ordure	
		Fermeture (100%, 2/3, 1/2, 0 etc)	Etat à l'intérieur			Bouché	Non bouché	enterré	Resid.	Com.		Bureau et autre
			Bouché (a)	Non bouché (b)	Invisible (c)							

(a) : le regard est bouché par des déchets ou autres débris en dessus de la cote supérieur de la canalisation

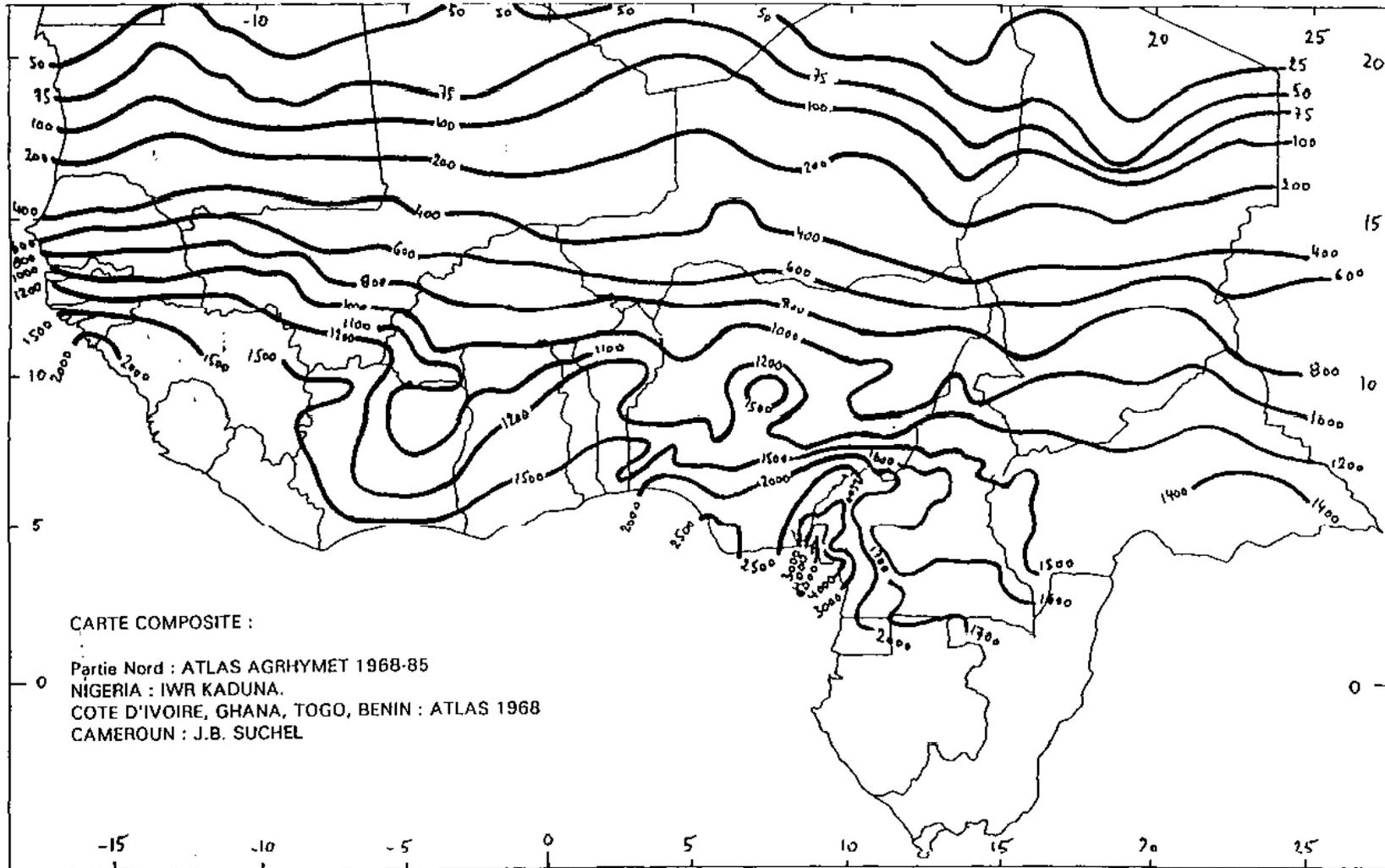
(b) : il n'est pas bouché mais il peut y avoir quelques centimètres de déchet à estimer

(c) : il est invisible parce qu'il est correctement fermé ou complètement enterré.

Liste des institutions consultées

1. La Direction des Services Techniques de la Mairie de Parakou (DST) ;
2. Antenne de l'Agence d'Exécution des Travaux Urbains de Parakou (AGETUR) ;
3. Antenne de l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et Madagascar de Parakou (ASECNA) ;
4. La Direction de l'Urbanisme et de l'Assainissement ;
5. Le Centre National de Télédétection et de Surveillance du Couvert Forestier (CENATEL) ;
6. La Société d'Etudes Régionales d'Habitat et d'Urbanisme (SERHAU) ;
7. La Direction de l'Hygiène et de l'Assainissement de Base (DHAB);
8. L'Agence Béninoise pour l'Environnement (ABE).

. ANNEXES 3



Précipitation journalière décennale P_{10} (CIEH 1985)

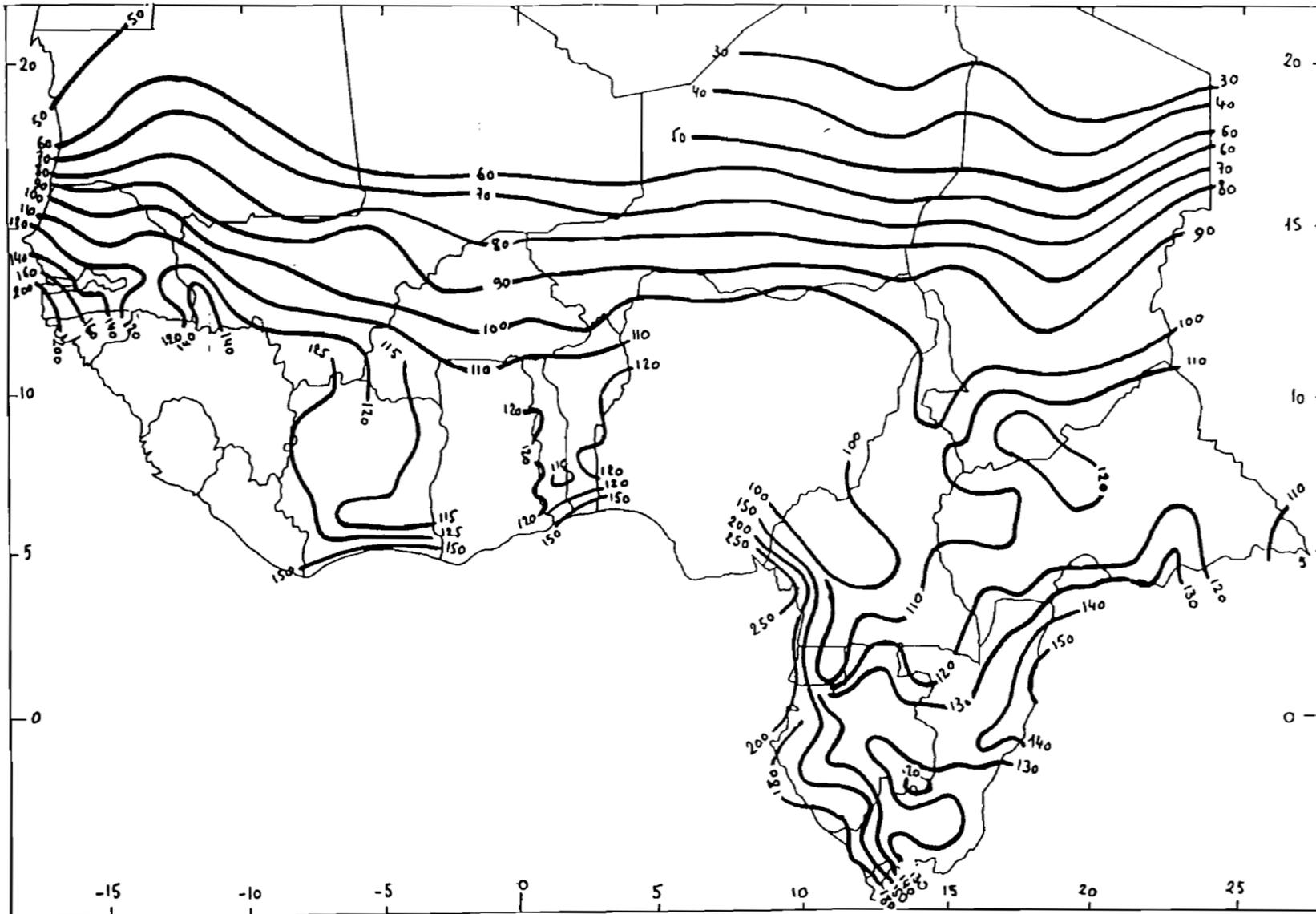


TABLE DES MATIERES

	Pages
SOMMAIRE.....	i
RESUME	ii
SUMMARY.....	iii
DEFINITION DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	iv
DEDICACE.....	v
REMERCIEMENTS.....	vi
INTRODUCTION GENERALE	1
I- INTRODUCTION.....	2
II- PROBLEMATIQUE.....	5
III- OBJECTIFS ET HYPOTHESES.....	12

PREMIERE PARTIE

LES APPROCHES CONCEPTUELLES ET METHODOLOGIQUES, LE SITE URBAIN DE PARAKOU ET LES CONTRAINTES NATURELLES ET ANTHROPIQUES.....	14
---	-----------

CHAPITRE I

CONCEPTS DE BASE, METHODOLOGIE ET OUTILS.....	16
I.1-CLARIFICATION DES CONCEPTS.....	16
I.1.1- Concepts organisationnels et environnementaux.....	16
I.1.1.1- Le paradigme du développement durable	17
I.1.1.2 - La gestion durable des eaux pluviales urbaines.....	19
I.1.2 - La gouvernance.....	20
I.1.3 - Gestion partagée et participation populaire.....	22
I.1.4 - La subsidiarité.....	24
I.1.5 - Les théories de l'organisation.....	27
I.2- METHODES DE L'ETUDE.....	28
I.2.1- Données utilisées et méthodes de collecte.....	28
I.2.1.1- La recherche documentaire.....	29
I.2.1.2- Les entretiens.....	29

I.2.1.3- Les observations.....	34
I.2.2- Constitution de la série des données et choix de stations.....	35
I.2.2.1- Constitution de la série des hauteurs maximales annuelles de pluie.....	35
I.2.2.2- Choix de stations.....	35
I.2.2.3- Traitement et analyse des données.....	36
I.2.3-Approche systémique.....	40
I.2 4- Approche typologique.....	43

CHAPITRE II

LE PROFIL PHYSIQUE DE LA VILLE DE PARAKOU.....	44
II.1 - Situation géographique.....	44
II.2- Le climat.....	47
II.2.1- Les précipitations à Parakou.....	47
II.2.2 -La température.....	49
II.2.3 – Le vent.....	51
II.3-Le modelé.....	51
II.4- L’hydrographie	53
II5-Le cadre géologique.....	55
II.6-Les sols de Parakou.....	57
II.6.1 - Les sols ferrugineux.....	59
II.6.2 - Les sols ferralitiques	70
II.6.3 - Les sols hydromorphes	72
I.I.7 - La végétation.....	75

CHAPITRE III

LES CARACTERISTIQUES SOCIO-ECONOMIQUES ET LE DEVELOPPEMENT DE PARAKOU	79
III.1- Les caractéristiques socio-économiques de Parakou.....	79
III.1.1 – La démographie et les aspects socioculturels.....	79
III.1.2 - Les activités économiques et la pauvreté.....	86
III.1.2.1- Les activités économiques.....	86
III.1.2.2 – La pauvreté.....	94

III.1.3-Gouvernance locale	97
III.1.3.1- Organisation administrative.....	97
III.1.3.2- Administration municipale.....	97
III.1.3.3-Les finances locales.....	99
III.1.3.4- Ressources spécifiques des services publics.....	101
III.2- Le développement de la ville de Parakou.....	102
III.2.1- Origine et évolution.....	102
III.2.2 – Les orientations du développement.....	103
III.2.2.1 – Le contexte.....	103
III.2.2.2 – Les fonctions du développement économique de Parakou.....	106
III.2.2.3 - Les tendances lourdes observées.....	107
CHAPITRE IV	
LA GESTION DE L’ESPACE URBAIN A PARAKOU.....	108
IV.1- Le développement urbain au Bénin.....	108
IV.2 - Morphologie et typologie urbaines.....	110
IV.2.1 - Forme et tissu urbains.....	110
IV.2.2– Habitat.....	111
IV.2.2.1- L’habitat ancien.....	114
IV.2.2.2- L’habitat pauvre et insalubre.....	114
IV.2.2.3- L’habitat de type extension lotie.....	114
IV.2.2.4- L’habitat de haut standing.....	114
IV.2.3 - Les typologies urbaines et leurs caractéristiques techniques et socio-économiques.....	115
IV.2.3.1- Espace structuré et dense.....	116
IV.2.3.2 - Espace structuré et peu dense.....	117
IV.2.3.3 - Espace non – structuré et dens.....	119
IV.2.3.4 - Espace non structuré et peu dense.....	121
IV.2.3.5 - Zone d’habitat irrégulier.....	121
IV.3- Politique et pratiques de la planification et de la gestion du foncier.....	123

IV.3.1- Analyse de la Politique et pratique de la planification urbaine à Parakou....	124
IV.3.1.1- Les outils de la planification urbaine.....	124
IV.3.1.1.1 - Les outils de la planification urbaine existant à Parakou.....	124
IV.3.1.1.2 - Les Plans directeurs de la ville de Parakou et leur application.....	126
IV.3.1.1.3 - Limites des deux plans directeurs de la ville de Parakou.....	126
IV.3.2 - Analyse de la Politique et pratique de la gestion foncière.....	128
IV.3.2.1- Mode d’appropriation foncière : statut foncier au Bénin.....	128
IV.3.2.2 -Occupation illégale d’espace publique et des espaces réservés à Parakou.....	129
IV.3.2.3 - La viabilisation des zones loties à Parakou.....	129
IV.3.3 - L’expansion urbaine et l’assainissement pluvial à Parakou.....	130
IV.3.4 - Réhabilitation urbaine et la pérennité de l’amélioration.....	131
IV.4 – Les modes de gestion et traitement des productions urbaines.....	132
IV.4.1- Le système urbain et le SGÉPU.....	132
IV.4.2 - Gestion des déchets.....	133
IV.4.2.1- Nature des déchets et mode de gestion.....	134
IV.4.2.2 - Acteurs et moyens.....	138
IV.4.2.3 - Préoccupations et perspectives relatives à la gestion des déchets.....	140
IV.4.3 - La gestion des eaux usées.....	141
IV.4.3.1 - Traitement des eaux usées à Parakou.....	144
IV.4.3.2 - Politique de la ville en matière de la gestion des eaux usées : objectifs et stratégies.....	148
IV.4.4 - La voirie.....	149
IV.4.4.1 - L’état de l’existant.....	149
IV.4.4.2 - Rôle multiple (socio-économique) de la voirie.....	152

IV.4.4.3 - Programme et perspective de la ville de Parakou relatifs au développement de la voirie.....152

IV.4.5-L'interaction et la nécessité d'ajustement du champ de vision et d'action.....153

DEUXIEME PARTIE

ANALYSE DU SYSTEME ACTUEL DE GESTION DES EAUX PLUVIALES URBAINES ET DE L'ASSAINISSEMENT DU CADRE DE VIE A PARAKOU.....156

CHAPITRE V

ANALYSE DES FACTEURS DE RUISSELLEMENT A PARAKOU.....159

V.1-Phénomènes pluviométriques dans la ville de Parakou159

V.1.1- Variabilité interannuelle de la précipitation de 1967 à 2007 à Parakou.....159

V.1.2–Cycle saisonnier161

V.2 –Détermination des valeurs extrêmes et tendance des événements

 pluvieux extrêmes à Parakou163

V.3 – Facteurs expliquant l'augmentation des événements pluvieux

 extrêmes à Parakou165

V.4 - Durée de retour probable des événements pluvieux extrêmes.....166

V.5 - Courbe IDF (Intensité Durée Fréquence) de la station de Parakou.....168

V.6 - Pluies historiques Parakou.....172

V.7- Les Bassins versants de Parakou et leurs caractéristiques174

V.7.1 - Délimitation des bassins versants174

V.7.2- L'étude des pentes et le drainage à Parakou178

V.7.3- La transformation pluie-débit.....180

V.7.3.1–Calcul de la lame d'eau ruisselée de fréquence décennale.....180

V.7.3.2–Calcul du débit de pointe correspondant au ruissellement

 superficiel de la crue décennale à Parakou.....182

V.8-Réponse des bassins versants185

V.9- Contraintes liées à l'érodibilité des sols de la ville de Parakou.....	190
V.10- Rôle hydrologique des îlots forestiers de Parakou.....	198
V.11- Les cours d'eau de Parakou.....	199
V.11.1- Caractéristiques des cours d'eau de Parakou.....	200
V.11.2- Fonctionnalité et qualité des cours d'eau de Parakou.....	202
V.11.3- Alimentation en eau dans la ville de Parakou.....	206
V.11.3.1- Potentialités en eaux de la ville de Parakou.....	206
V.11.3.2- Besoins en eau de la ville de Parakou.....	207
V.11.3.3- Mode d'approvisionnement en eau potable dans la ville de Parakou.....	207

CHAPITRE VI

LA GESTION DES EAUX PLUVIALES A PARAKOU.....	212
VI.1- Etat, fonctionnement et gestion du réseau hydrographique	212
VI.1.1- Le réseau pluvial d'assainissement de Parakou.....	212
VI.1.2 - Capacité et état de fonctionnement des ouvrages d'assainissement des eaux pluviales de Parakou.....	213
VI.1.3- Conception et réalisation du réseau pluvial d'assainissement.....	217
VI.1.4- Gestion et appropriation du réseau pluvial d'assainissement.....	217
VI.2 - Pratiques de recueil et d'utilisation de l'eau pluviale à Parakou.....	219
VI.3 - Limite du service municipal et importance des actions locales.....	221
VI.4 - Les phénomènes d'insuffisance et de dysfonctionnement du système de gestion des eaux pluviales existant et les risques inhérents.....	224
VI.4.1- Phénomènes d'insuffisance du système de gestion des eaux pluviales existant.....	224
VI.4.1.1 - Inondations dues aux crues torrentielles.....	224
VI.4.1.2 - Inondation et stagnation dans l'espace urbain.....	225

V.I4.1.3 - Pollution de l'environnement urbain et du milieu naturel.....	227
VI.5 - Organisation, acteurs et moyens de la gestion des eaux pluviales urbaines.....	228
VI.5.1 – Organisation de la gestion des ouvrages de drainage des eaux pluviales...	228
VI.5.2- Rôles, moyens et niveaux de participation des acteurs	229
VI.5.3- Les acteurs de gestion de crise	231
VI.5.4 - Présentation des programmes et projets du secteur urbain dans la ville de Parakou	231
VI.5.5- Schéma de voirie contenu dans le premier plan directeur d'urbanisme horizon 1995 de Parakou.....	234
VI.5.6-Projet de Gestion Urbaine Décentralisée(PGUD)	235
VI.5.6.1- Objectifs du Projet de Gestion Urbaine Décentralisée phase 2.....	235
VI.5.6.2 - Composantes du Projet de Gestion Urbaine Décentralisée phase2.....	236
VI.5.6.3 - Outils institutionnels.....	236
VI.5.6.4 - Les activités de la composante B dans la ville de Parakou.....	238
VI.5.65 - Consistance et montant des travaux en cours d'exécution dans la ville de Parakou.....	238
VI.6-Contraintes institutionnelles.....	240

TROISIEME PARTIE

ELEMENTS POUR UNE GESTION DURABLE DES EAUX PLUVIALES URBAINES A PARAKOU : REPONSES A L'INSUFFISANCE D'AUJOURD'HUI ET A LA CROISSANCE URBAINE DE DEMAIN.....	245
--	------------

CHAPITRE VII

ANALYSE ET DISCUSSION DES DIFFERENTES APPROCHES DE GESTION DES EAUX PLUVIALES.....	247
VII.1- Approches de gestion des eaux pluviales.....	247
VII.1.1 - L'approche réseau et sa sophistication.....	247

VII.1.2 - Système dual de drainage.....	248
VII.1.3 - Maîtrise du ruissellement ou contrôle à la source.....	249
VII.1.4 - Gestion intégrée ou approche "bassin versant".....	252
VII.2 - Gestion du risque et le concept "hydro-système".....	254
VII.2.1-Gestion du risque.....	254
VII.2.2-Hydro-système.....	257
VII.3 - Aspect ressources... ..	259

CHAPITRE VIII

ELABORATION D'UN MODELE DE GESTION DURABLE DES EAUX PLUVIALES URBAINES ET L'AMELIORATION DU CADRE DE VIE

A PARAKOU	261
VIII.1- Présentation générale de l'approche.....	261
VIII.1.1-Les quatre notions fondamentales: Ethique, Participation, Concertation et Durabilité (EPCD).....	261
VIII.1.2- Les objectifs du modèle.....	264
VIII.2-Construction du modèle pour l'organisation des actions globales et locales.....	264
VIII.2.1- Architecture générale.....	264
VIII.2.2- Les actions globales.....	265
VIII.2.3- Le comité d'observation, de conception et de coordination pour la gestion des eaux pluviales de Parakou.....	271
VIII.2.4 - Adoption d'une stratégie d'intervention : spatialisation et temporalisation des actions opérationnelles.....	272
VIII.2.5- Caractérisation d'un site et exploration des potentialités.....	276
VIII.2.6 - Définition des unités et niveaux d'intervention.....	280
VIII.2.7 - Application : l'exemple du site dans le quartier Agbagba.....	286
VIII.3- Insertion des actions locales au niveau globale et échelle de gestion.....	289
VIII.4- Intérêt et "transposabilité".....	290
VIII.5 - Mesures techniques et urbanistiques à l'échelle de la ville.....	291

VIII.5 .1- Appropriation et revalorisation du réseau artificiel basées sur la concertation.....	291
VIII.5.2- Intégration et revalorisation de "l'espace rivière"	292
VIII.5.2.1- Reconnaissance et élargissement des fonctionnalités des cours d'eaux.....	293
VIII.5.2.2 -Adoption d'une politique appropriée et applicable.....	293
VIII.5.2.3 - Une conception urbaine qui ouvre et utilise le paysage des cours d'eau.....	295
VIII.5.3 -Conception intégrée de la voirie dans le cadre bâti et usage du système dual.....	296
CONCLUSION GENERALE.....	299
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	307
Liste des tableaux.....	316
Liste des figures.....	317
Liste des photos.....	319
Annexes 1.....	320
Annexes 2.....	325
Annexes 3.....	326
TABLE DES MATIERES.....	328