REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union - Discipline - Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Année Universitaire: 2005 – 2006

UNIVERSITE DE COCODY

UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières

Laboratoire des Sciences et Techniques de l'eau et de l'Environnement

N° d'ordre……

THESE UNIQUE DE DOCTORAT

Spécialité : *Environnement & Assainissement urbains*

Présentée par

DONGO Kouassi

ANALYSE DES DEFICIENCES DANS LA GESTION DU DRAINAGE URBAIN ET DES DECHETS SOLIDES ET LIQUIDES DANS LES QUARTIERS PRECAIRES DE YOPOUGON (ABIDJAN, COTE D'IVOIRE) : APPROCHE CARTOGRAPHIE-SIG, MODELISATION ET SOCIO-ANTHROPOLOGIE

Soutenue le 20 /07/ 2006

Composition du jury

Prof. AKA Kouamé	Professeur Titulaire, Université de Cocody	Président
Prof. BIEMI Jean	Professeur Titulaire, Université de Cocody	Directeur de Thèse
Prof. TANNER Marcel	Professeur Titulaire, Université de Bâle	Rapporteur
Prof. CISSE Guéladio	Maître de Recherche, CSRS Abidjan	Rapporteur
Prof. SAVANE Issiaka	Maître de Recherche, Université d'Abobo-Adjamé	Rapporteur

DEDICACE

À

. la mémoire de mon père, décédé le 31 mai 2006, quelques mois avant le terme de ce travail de thèse

À

. ma mère

. ma grande famille

. tous mes amis

« Que le Seigneur Dieu tout puissant soit remercié pour tous ses bienfaits. Amen! Amen ! »

-- /-- -- /--

« …N'abandonne jamais… même si… »

Le soleil brille chaque jour pour le bien-être des hommes et des femmes. Ceux ou celles qui ne connaîtront pas la grâce lumineuse de cet astre, pourraient sombrer dans une amertume profonde du fait de leur ingratitude idiote. Le soleil est la lumière qui brille et qui arrose de toute sa luminosité l'existence humaine. Et la conscience de cette vérité est l'apanage des hommes et des femmes au cœur pur et noble »

-- /-- -- /--

Tables des Matières

REMERCIEMENTS……i
LISTES DES TABLEAUX……iii
LISTE DES FIGURES……v
LISTE DES PLANCHES……vii
LISTE DES ACRONYMES……viii
RESUME DE LA THESE……xi
THESIS ABSTRACT…… ….xvi
INTRODUCTION GENERALE ……1

Première Partie

CHAPITRE 1: CONNAISSANCES ANTERIEURES SUR L'URBANISATION ET LES SYSTEMES DE GESTION DES DECHETS A ABIDJAN 8
1.1- PHENOMENE D'URBANISATION VECU EN AFRIQUE 8
1.2- PHENOMENE D'URBANISATION VECU DANS LA VILLE D'ABIDJAN 9
1.3- URBANISATION ET QUARTIERS DEFAVORISES A ABIDJAN 12
1.4- SYSTEME D'ASSAINISSEMENT DES DECHETS SOLIDES ET LIQUIDES DE LA VILLE D'ABIDJAN 13
1.4.1- Système de gestion des déchets liquides 14
1.4.1.1 Quantités de déchets liquides générées par la ville d'Abidjan 16
1.4.1.2 Recommandation pour la gestion déchets liquides de la ville d'Abidjan 16
1.4.2- Système de gestion des déchets solides de la ville d'Abidjan 17
1.4.2.1 Types de déchets solides urbains produits par la ville d'Abidjan 17
1.4.2.2 Système actuel de collecte des ordures 20
1.4.2.3 Système actuel de traitement des déchets solide à Abidjan 26
1.4.2.4 Nouvelle stratégie de gestion des déchets 31
1.5- CONCLUSION PARTIELLE 32

CHAPITRE 2: CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET SOCIO- ENVIRONNEMENTALES DE LA ZONE D'ETUDE 33
2.1- INTRODUCTION 33
2.2- APPROCHE METHODOLOGIQUE 33
2.2.1- Recueil des informations de base 33
2.2.2- Choix des stations de mesure des données pluviométriques 34
2.2.3- Technique de mesure de la pluviométrie 35
2.2.4- Méthode de détermination des quantités de déchets produits à Abidjan 35
2.2.5- Méthode de détermination du taux de collecte des déchets produits 36
2.3- RESULTATS, INTERPRETATIONS ET DISCUSSIONS 37
2.3.1- Limites géographique de la zone d'étude 37
2.3.2- Géomorphologie 41
2.3.3- Hydro climatologie de la zone d'étude 42
2.3.4- Réseau hydrographique de la zone d'étude 45
2.3.5- Traits géologiques essentiels 46
2.3.6- Drainage urbain dans la zone d'étude 47
2.3.7- Quantités de déchets générés par la ville d'Abidjan 48
2.3.8- Taux de collecte des ordures ménagères de la ville d'Abidjan 49
2.4- CONCLUSION PARTIELLE 50

Deuxième Partie

CHAPITRE 3: CARACTERISATION DES GEORISQUES URBAINS (EROSION, EBOULEMENT, INONDATION) DANS LES QUARTIERS PRECAIRES 52
3.1- INTRODUCTION 52
3.2- APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE 53
3.2.1- Visites de terrain et observations des phénomènes de géorisques urbains dans la zone d'étude 53
3.2.2- Analyse et cartographie des facteurs intervenant dans l'érosion, l'éboulement et l'inondation dans la zone d'étude 53
3.2.2.1 Nature et structure des sols 53
3.2.2.2 Topographie du milieu urbain 54
3.2.2.3 Mode d'occupation du sol et aménagements anthropiques 55
3.2.2.4 Pluviométrie dans la région 55
3.2.3- Intégration des données et cartographies des géorisques urbains 55
3.3- RÉSULTATS, INTERPRÉTATIONS ET DISCUSSIONS 56
3.3.1- Phénomènes d'érosion et d'éboulement observés dans les quartiers précaires 57
3.3.2- Sensibilité potentielle à l'érosion et l'éboulement des sols des quartiers précaires 59

3.3.3- Mode d'occupation du sol ... *64*
3.3.4- Cartographie du risque d'érosion et d'éboulement des quartiers précaires ... *65*
3.4- CONCLUSION PARTIELLE ... 66

CHAPITRE 4: CARACTERISATION DE LA GESTION DES DECHETS SOLIDES ET LIQUIDES DANS LES QUARTIERS PRECAIRES : CARTOGRAPHIE DES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX ... 67
4.1- INTRODUCTION ... 67
4.2- APPROCHE METHODOLOGIQUE ... 67
4.2.1- Synthèse documentaire et constitution de la base de données physiques des quartiers précaires ... *68*
4.2.2- Apports de l'imagerie QUICKBIRD pour la mise à jour cartographique du tissu urbain ... *69*
4.2.3- Enquêtes socio-démographiques et environnementales ... *71*
4.2.3.1 Enquête Géographique ... 71
4.2.3.2 Enquête Ménage ... 73
4.2.4- Intégration des données et cartographie de l'environnement sanitaire ... *76*
4.3- RESULTATS, INTERPRETATIONS ET DISCUSSIONS ... 77
4.3.1- Mode d'occupation du sol ... *77*
4.3.2- Environnement sanitaire des quartiers précaires ... *81*
4.3.2.1 Prolifération des déversoirs d'eaux usées ... 82
4.3.2.2 Stagnation des eaux dans les quartiers ... 84
4.3.2.3 Dépôts sauvages d'ordures ménagères ... 88
4.3.2.4 Infrastructures socio-sanitaires de base ... 91
4.3.2.5 Prévalence des maladies récurrentes ... 93
4.3.3- Niveaux d'insalubrité et de nuisance des quartiers précaires ... *95*
4.4- CONCLUSION PARTIELLE ... 97

CHAPITRE 5: PERCEPTIONS, COMPORTEMENTS ET PRATIQUES EN MATIERE DE GESTION DES DECHETS SOLIDES ET LIQUIDES DANS LES QUARTIERS PRECAIRES ... 98
5.1- INTRODUCTION ... 98
5.2- APPROCHE METHODOLOGIQUE ... 98
5.2.1- Planification et organisation de l'approche ... *98*
5.2.2- Structuration de l'enquête ménage ... *101*
5.2.3- Méthode de collecte, de traitement et d'analyse des données ... *103*
5.2.3.1 Méthode d'analyse et de traitement des données des entretiens et « focus group » ... 103
5.2.3.2 Méthode d'analyse et de traitement des données d'enquête ménage ... 104
5.3- RESULTATS, INTERPRETATION ET DISCUSSIONS ... 106
5.3.1- Perceptions et connaissances des acteurs institutionnels en matière de gestion des déchets dans les quartiers précaires ... *106*
5.3.2- Connaissances et perception des populations et des acteurs privés en matière de gestion des déchets dans les quartiers précaires ... *108*
5.3.3- Analyse des comportements et pratiques des populations en matière de gestion des déchets dans les quartiers précaires ... *116*
5.3.3.1 Caractéristiques socio-démographiques des quartiers précaires ... 116
5.3.3.2 Comportements et pratiques des populations en matière de gestion des eaux usées ... 119
5.3.3.3 Importance de l'exposition au risque sanitaire liée aux pratiques d'évacuation des eaux usées dans les quartiers précaires ... 122
5.3.3.4 Comportements et pratiques des populations en matière de gestion des ordures ménagères. ... 125
5.3.3.5 Importance de l'exposition au risque sanitaire liée aux pratiques d'enlèvement des ordures ménagères dans les quartiers précaires ... 128
5.3.4- Autres pratiques ou activités à risques liées à la présence du canal ... *129*
5.3.5- Atteintes à la qualité de la vie des populations des quartiers précaires ... *132*
5.4- CONCLUSION PARTIELLE ... 133

Troisième Partie

CHAPITRE 6: MODELISATION DE LA PLUIE : OPTIMISATION ET CONCEPTION DE MODELES DE SIMULATION PLUVIOMETRIQUE POUR LA REGION D'ABIDJAN ... 134
6.1- INTRODUCTION ... 134
6.2- APPROCHE METHODOLOGIQUE ... 135
6.2.1- Cadre conceptuel de la simulation pluviométrique ... *135*
6.2.2- Techniques d'étude de la variabilité climatique dans la région d'Abidjan ... *137*
6.2.2.1 Variabilité pluviométrique par la méthode de Nicholson ... 137
6.2.2.2 Variabilité pluviométrique à partir du test de Pettit ... 137
6.2.3- Analyse du drainage urbain à Abidjan : processus d'optimisation des modèles de simulation pluviométrique pou la région d'Abidjan ... *138*

6.2.3.1 Dépouillement et traitement statistique des données d'observation pluviométriques 139
6.2.3.2 Identification de la distribution statistique des variables pluviométriques 140
6.2.3.3 Ajustements mathématiques des variables et détermination des paramètres de calibration des modèles 143
6.3- RÉSULTATS, INTERPRÉTATIONS ET DISCUSSIONS 144
6.3.1- Analyse des variations climatiques dans la région d'Abidjan 144
6.3.1.1 Evolution de la variation pluviométrique décennale dans la région d'Abidjan 148
6.3.2- Optimisation des modèles de pluie pour la région d'Abidjan 150
6.3.2.1 Loi de distribution statistique des variables pluviométriques de la région d'Abidjan 152
6.3.2.2 Calibration et optimisation des modèles de Montana et de Talbot pour la région d'Abidjan 153
6.3.2.3 Conception de nouveau modèle de pluie pour la région d'Abidjan 156
6.3.2.4 Utilisation du modèle de pluie de Montana pour la région d'Abidjan 158
6.3.2.5 Comparaison des différents modèles 161
6.4- CONCLUSION PARTIELLE 162

CHAPITRE 7: MODELISATION HYDRAULIQUE DES QUARTIERS PRECAIRES EN SITUATION D'INONDATION PAR DEBORDEMENT DE RESEAU 163
7.1- INTRODUCTION 163
7.2- APPROCHE METHODOLOGIQUE 164
7.2.1- Diagnostic des modèles traitant les débordements 164
7.2.2- Contraintes pour l'élaboration d'un modèle d'inondation en milieu urbain 165
7.2.3- Méthodologie de détermination des facteurs indispensables 166
7.2.4- Méthodologie de calcul des coefficients d'occupation du sol 167
7.2.4.1 Choix des paramètres de l'occupation du sol à déterminer 167
7.2.4.2 Méthode de dépouillement des coefficients : sondage statistique 169
7.2.5- Méthodologie de calcul des caractéristiques hydrodynamiques du sol 174
7.2.5.1 Détermination de la perméabilité verticale du sol : Infiltromètre à double anneau 175
7.3- RESULTATS, INTERPRETATIONS ET DISCUSSIONS 178
7.3.1- Coefficients d'occupation du sol des quartiers étudiés 178
7.3.1.1 Variabilité des coefficients au sein d'un même quartier 179
7.3.1.2 Variabilité des coefficients entre les différents quartiers 181
7.3.1.3 Variabilité des éléments urbains drainants 183
7.3.2- Propriétés hydrodynamiques spécifiques des quartiers étudiés 185
7.3.3- Analyse combinatoire du sondage statistique et de la perméabilité verticale des couches superficielles dans les quartiers étudiés. 187
7.4- CONCLUSION PARTIELLE 190

CHAPITRE 8: RECHERCHE PARTICIPATIVE DE SOLUTIONS INTEGREES POUR LA GESTION DES DECHETS SOLIDES ET LIQUIDES DANS LES QUARTIERS PRECAIRES 192
8.1- INTRODUCTION 192
8.2- APPROCHE METHODOLOGIQUE 192
8.2.1- Cadre théorique de la méthode participative de recherche de solutions intégrées : la méthode MARP 192
8.2.2- Choix des participants à l'atelier participatif intégré (API) 196
8.2.3- Déroulement des activités de l'atelier participatif intégré (API) 197
8.2.4- Méthode d'analyse et de traitement des données de l'atelier participatif (API) 198
8.3- RESULTATS, INTERPRÉTATIONS ET DISCUSSIONS 200
8.3.1- Solutions de l'Atelier Participatif Intégré (API) pour une meilleure gestion des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires 200
8.3.1.1 Approvisionnement en eau potable dans les quartiers précaires 200
8.3.1.2 Gestion des déchets solides dans les quartiers précaires 200
8.3.1.3 Gestion des déchets liquides dans les quartiers précaires 201
8.3.1.4 Aspects institutionnels des solutions intégrées en matière de gestion des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires 202
8.3.2- Implication des acteurs et durabilité des interventions en matière de gestion des eaux et des déchets dans les quartiers précaires 203
8.3.3- Modèle systémique d'aide à décision pour l'atténuation des risques (MSADAR) dans les quartiers précaires 206
8.4- CONCLUSION PARTIELLE 207

CONCLUSION GENERALE 208
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES 216
ANNEXES 230

Remerciements

Le travail présenté ici a été réalisé au sein du Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS), dans le cadre du programme NCCR-NS intitulé : « Partenariats scientifiques pour l'atténuation des syndromes du changement global », financé par le Fonds National Suisse de la recherche scientifique (FNS) et la Direction du Développement et de la Coopération suisse (DDC). Je voudrais donc adresser mes remerciements au FNS et à la DDC.

Je remercie vivement le Professeur Biémi Jean, Doyen de l'UFR STRM, pour avoir accepté d'être le Directeur de cette thèse. Alors qu'il était président de Jury de ma soutenance de DEA, je retiens ces propos de lui au sortir de cette soutenance. « Dongo, il faut t'inscrire en thèse et je vais te suivre ». Ces propos furent pour moi un catalyseur pour affronter la thèse. Par la suite, son ouverture d'esprit et sa logique scientifique furent indispensables à mon cheminement scientifique et intellectuel. Professeur, recevez mes infinis remerciements.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance au Professeur Guéladio Cissé, Directeur du CSRS et coordonnateur régional du programme NCCR-NS, pour m'avoir accueilli au sein du programme NCCR-NS et au sein du CSRS, pour son co-encadrement apprécié, ses conseils et la confiance qu'il m'a accordée pour réaliser ce travail. Son soutien a été déterminant dans cette recherche.

Je remercie fortement le Professeur Marcel Tanner, Directeur de l'Institut Tropical Suisse (ITS), Directeur du projet PI4 du NCCR- NS et Président de la Commission du CSRS de l'Académie Suisse des Sciences Naturelles. Ses nombreuses connaissances scientifiques et sa grande expérience des problèmes des pays en développement me furent très bénéfiques. Ses conseils avisés m'ont été précieux pour mener à bien ce travail de recherche.

Mes remerciements vont également à l'endroit de tout le personnel Enseignant chercheur de l'Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR STRM) de l'Université de Cocody, pour m'avoir permis de préparer cette thèse.

Qu'il me soit permis d'adresser mes sincères remerciements au Docteur Traoré Ibrahima Amadou, ex-Enseignant associé à l'UFR STRM et actuellement en Tunisie pour des raisons professionnelles. Il a guidé mes premiers pas dans la recherche et j'ai pu bénéficier de sa rigueur dans le travail mais aussi de ses excellentes qualités humaines.

Je remercie toute l'équipe de l'EAWAG-SANDEC à Zurich en Suisse pour les excellentes commodités de travail et de séjour, de la bonne collaboration et de la sympathie dont j'ai pu bénéficier durant ma période de stage doctoral à Dübendorf, en Suisse. Je remercie particulièrement Monsieur Christian Zurbrügg, Directeur de SANDEC pour m'avoir accepté dans son institution et pour son assistance scientifique très appréciée.

De nombreuses personnes ont, à divers titres, contribué à l'élaboration et à la réalisation de ce travail de recherche. Qu'elles trouvent ici l'expression de mes sincères remerciements :

Je remercie particulièrement Raffaele Poli pour son apport et les excellentes relations de sympathie. Qu'il trouve ici en ces mots, l'expression de ma très grande reconnaissance et de ma profonde gratitude.

Mes sincères remerciements s'adressent aussi aux nombreuses personnes avec lesquelles j'ai eu l'occasion de travailler pendant ces quatre années exaltantes et à celles que j'ai d'une façon et d'une autre, sollicitées pour réaliser ce travail. Je remercie en particuliers les aînés Kouamé Fernand, Saley M. Bachir, Kouadio B. Hélène, pour les conseils. Je remercie également Konan Kouadio Eugène Doctorant à l'IGT, pour son assistance dans l'élaboration des cartes.

A ceux qui ont partagé le terrain avec moi, en l'occurrence Métangbo Diomandé, Tiento Franck, je leur dis sincèrement merci pour l'assistance et la parfaite collaboration.

Je remercie également tous les collaborateurs qui ont été associés à la conduite de l'atelier participatif utilisant la MARP. En particulier, le Dr Gnagne Théophile enseignant-chercheur à l'Université d'Abobo Adjamé et Directeur Exécutif du CREPA Côte d'Ivoire pour avoir accepté d'être l'animateur principal de cet atelier, Mr Kouassi K. Firmin son assistant, les Représentants des populations des quartiers précaires, de la Municipalité, des Ministères concernés, des ONGs et des structures de précollecte et collecte des déchets.

A tous les collègues chercheurs de l'équipe NCCR-NS du JACS-WAF, en particulier Alain S. Kouadio, Blaise Koné A., Cléopâtre Kablan, Alain N. Betsi, Brama Koné, Mohamed Doumbia, Halidou Kouanda, Stéphanie Granado, Barbara Matthys, Moustapha O. Taleb, Keita Moussa, pour les excellents moments de travail et de collaboration durant ces quelques années combien exaltantes et pleines d'enseignements,

A tous les employés et chercheurs du CSRS et tous les amis Docteurs et Doctorants de l'UFR STRM, pour le soutien et les apports divers.

Aux populations des 6 quartiers précaires (Doukouré, Yaoséhi, Mami Faitai, Yamoussoukro, Gbinta et Niangon Continu) je leur dis sincèrement merci pour leur franche collaboration dans la conduite de cette étude.

Que tous ceux, trop nombreux pour être cités nommément, qui de près ou de loin m'ont aidé, aussi bien dans la vie en général que dans la réalisation de ce travail, trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

Liste des tableaux

		Pages
	CHAPITRE 1	
Tableau I	: Composition physico-chimique et microbiologique du lixiviat de la décharge d'Akouédo (Kouassi 2005)	29
	CHAPITRE 2	
Tableau II	: Quantité de déchets produits les six dernières années (tonnes)	48
	CHAPITRE 3	
Tableau III	: Résultats granulométriques - Taille des particules du sol des quartiers précaires investigués	60
	CHAPITRE 4	
Tableau IV	: Patrons des quartiers précaires étudiés	81
Tableau V	: Caractéristiques d'occupation de l'espace des quartiers étudiés	82
Tableau VI	: Nombre de gîtes larvaires observés dans les quartiers précaires de Yopougon	86
Tableau VII	: Occupations des facteurs environnementaux dans les rues des quartiers précaires au cours des deux saisons (S1=Saison humide, S2=Saison sèche)	91
Tableau VIII	: Niveau d'insalubrité et prévalence palustre et diarrhéique des quartiers précaires au cours des deux saisons (S1=Saison humide, S2=Saison sèche)	96
	CHAPITRE 5	
Tableau IX	: Organisation et hiérarchisation des travaux préliminaires	99
Tableau X	: Organisation et hiérarchisation des travaux de terrain	100
Tableau XI	: Test d'ajustement de l'analyse factorielle	106
Tableau XII	: Statut de l'occupation de l'habitat dans les quartiers précaires	117
Tableau XIII	: Pratiques d'évacuation des eaux usées ménagères des quartiers précaires (fréquence exprimé %)	121
Tableau XIV	: Principales atteintes à la qualité de vie dans les quartiers précaires	132
	CHAPITRE 6	
Tableau XV	: Table de Kolmogorov pour un échantillon N= 43	141
Tableau XVI	: Table de Cramer-Von Mises ; seuil d'acceptabilité pour un échantillon de taille comprise entre 20 et 50 éléments	142
Tableau XVII	: Table de Cramer-Von Mises ; seuil d'acceptabilité pour un échantillon de taille comprise entre 20 et 50 éléments (suite)	142
Tableau XVIII	: Intensités observées à la station d'Abidjan (1958-2000)	151
Tableau XIX	: Caractéristiques de l'échantillon issu du dépouillement	151
Tableau XX	: Intensité de la pluie estimée en fonction de la période de retour et de la durée de l'averse pour la région d'Abidjan (1958-2000)	153
Tableau XXI	: Paramètres $\alpha(T)$ et $\beta(T)$ du modèle de Montana optimisés pour la région d'Abidjan	156
Tableau XXII	: Paramètres $\alpha(T)$ et $\beta(T)$ du modèle de Talbot optimisés pour la région d'Abidjan	156

Tableau XXIII : Paramètres « a » et « b » de la formulation népérienne optimisés pour la région d'Abidjan 157
Tableau XXIV : Paramètres du nouveau modèle (imbriqué) conçu pour la région d'Abidjan 158
Tableau XXV : Comparaison des paramètres a(T) et b(T) 160
Tableau XXVI : Comparaison des coefficients de corrélation obtenus par l'optimisation des paramètres des différents modèles 161

CHAPITRE 7

Tableau XXVII : Coefficients d'occupation du sol pour les différents quartiers investigués 178
Tableau XXVIII : Matériaux de construction du toit et du mur des maisons des quartiers précaires 183
Tableau XXIX : Proportion de l'espace occupée par les éléments drainants dans les quartiers 184
Tableau XXX : Perméabilité hydraulique spécifique des différents quartiers étudiés 185
Tableau XXXI : Variation verticale de la perméabilité 186
Tableau XXXII : Nature des formations des couches superficielles des quartiers étudiés 187
Tableau XXXIII : Niveau de vulnérabilité des quartiers précaires à l'inondation par débordement de réseau 190

CHAPITRE 8

Tableau XXXIV : Structuration de l'échantillon ayant participé à l'atelier participatif intégré 197

Liste des Figures

Pages

CHAPITRE 1

Figure 1 : Présentation de la ville d'Abidjan (Source : Dongo, 2001 11
Figure 2 : Configuration actuelle du réseau d'assainissement de la ville d'Abidjan 15
Figure 3 : Différents types de collecte urbaine de la ville d'Abidjan. 18
Figure 4 : Schéma du circuit des déchets urbains solides de la ville d'Abidjan 20
Figure 5 : Situation géographique de la décharge d'Akouédo (kouamé, 2003) 26

CHAPITRE 2

Figure 6 : Répartition spatiale des quartiers précaires dans la ville d'Abidjan en 200 38
Figure 7 : Présentation de la zone d'étude 40
Figure 8 : Secteur d'étude dans la commune de Yopougon 41
Figure 9 : Régime des pluies à la station Abidjan Aéroport (moy. mensuelles 1936-2000) 43
Figure 10 : Diagramme ombrothermique de la ville d'Abidjan (1971-2001) 44
Figure 11a&b : Evolution du taux de collecte des communes les six dernières années 49
Figure 12 : Taux moyen de collecte des ordures ménagères de la ville d'Abidjan 50

CHAPITRE 3

Figure 13 : Carte d'indice d'érodabilité des sols des quartiers précaires 61
Figure 14 : Carte d'indice de pentes des sols des quartiers précaires 62
Figure 15 : Carte de sensibilité potentielle des sols des quartiers précaires à l'érosion et l'éboulement 63
Figure 16 : Carte du risque d'érosion et d'éboulement des sols des quartiers précaires 65

CHAPITRE 4

Figure 17 : Structuration de l'équipe pour l'enquête ménage d'octobre 2003 75
Figure 18 : Mode d'Occupation du Sol (MOS) de la zone d'étude 77
Figure 19 : Occupation des rues par les déversoirs d'eaux usées dans les quartiers précaires en saison de pluie 82
Figure 20 : Occupation des rues par les déversoirs d'eaux usées dans les quartiers précaires en saison sèche 83
Figure 21 : Occupation des rues par les eaux stagnantes dans les quartiers précaires en période pluvieuse 85
Figure 22 : Occupation des rues par les eaux stagnantes dans les quartiers précaires en période sèche 86
Figure 23 : Distribution spatiale des dépôts sauvages dans les quartiers précaires en période humide 88
Figure 24 : Distribution spatiale des dépôts sauvages dans les quartiers précaires en période sèche 89

Figure 25 : Répartition spatiale des structures sanitaires et des sources d'eaux potables dans les quartiers précaires 92
Figure 26 : Répartition spatiale du taux de prévalence palustre et diarrhéique dans les quartiers précaires 94

CHAPITRE 5

Figure 27 : Plan factoriel F1F2 des perceptions et connaissances 113
Figure 28 : Plan factoriel D1D2 après rotation Virmax des perceptions et connaissances 115
Figure 29 : Importance des tranches de coût journalier supportables par les ménages pour l'enlèvement des ordures dans les quartiers précaires de Yopougon
Figure 30 : Dépenses mensuelles (loyer et électricité) dans les quartiers précaires 118
Figure 31 : Pratiques d'évacuation des eaux usées ménagères dans les quartiers précaires de Yopougon 120
Figure 32 : Consommation d'eau des ménages : part de chaque usage (Stéphane et Salomon, 2001). 122
Figure 33 : Quantité d'eaux usées de lessive rejetée dans les différents milieux à risque 123
Figure 34 : Quantité d'eaux usées de vaisselle rejetée dans les différents milieux à risque 123
Figure 35 : Pratiques d'évacuation des ordures ménagères dans les quartiers précaires de Yopougon 125
Figure 36 : Coûts pratiqués (FCFA) pour l'enlèvement des ordures ménagères dans les quartiers précaires de Yopougon 127
Figure 37 : Quantité de déchets d'ordures rejetée dans le canal 128
Figure 38 : Circuit d'écoulement des produits de l'activité de fouille du canal 130

CHAPITRE 6

Figure 39 : Variation de l'indice de Nicholson à la Station d'Abidjan Aéroport (1936-2000) 145
Figure 40 : Chronologie des fluctuations pluviométriques à la Station d'Abidjan Aéroport (1936-2000) et droite de tendance 146
Figure 41 : Courbe de la variable U du test de Pettit pour la région d'Abidjan 147
Figure 42 : Dynamique de la pluviométrie intra-décennale à la station d'Abidjan au cours de la période 1936 à 2000 148
Figure 43 : Variabilité climatique décennale à la station d'Abidjan (1936-2000) 149
Figure 44 : Evolution de l'intensité en fonction de la durée de l'averse à Abidjan 154
Figure 45 : Evolution de l'intensité en fonction de la période de retour à Abidjan 154

CHAPITRE 7

Figure 46 : Un aperçu de la qualité de l'image Quickbird 169
Figure 47 : Mesure de la perméabilité à l'aide de l'infiltromètre à double anneaux 176

CHAPITRE 8

Figure 48 : Niveau d'intervention des acteurs en matière de gestion des eaux potable et des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires de Yopougon. 204
Figure 49 : Schéma conceptuel du modèle systémique d'aide à décision pour l'atténuation des risques (MSADAR) dans les quartiers précaires 206

Liste des Planches

Pages

CHAPITRE 1

Planche 1 : Dépôts sauvages à Yopougon SICOGI 19

Planche2 : Activité de récupération de matériaux sur la décharge d'Akouédo 30

Planche3 : Valorisation informelle des déchets : « Laveurs de plastiques » à Yopougon 30

CHAPITRE 3

Planche4 : Erosion latérale entraînant l'élargissement de la largeurdu canal dans le quartier Gbinta 57

Planche5 : Erosion régressive entraînant la destruction de l'ouvrage de drainage des eaux pluviales dans le quartier Gbinta 58

Planche 6 : Erosion de profondeur entraînant le creusement profond du canal dans le quartier Yaoséhi 59

CHAPITRE 4

Planche 7 : Mesure des dimensions d'un objet géographique répertorié au cours de l'enquête géographique 72

Planche 8 : Déversoir d'eaux usées non aménagé dans le quartier Doukouré 84

CHAPITRE 5

Planche 9 *:* Une femme rejetant des ordures ménagères directement dans le canal d'évacuation des eaux 126

CHAPITRE 7

Planche 10 : Inondation à Gbinta des voiries a atteignant les maisons (16 juin 2004) 189

Planche 11 : Inondation des voiries à Niangon Continu (16 juin 2004) 189

Liste des Acronymes

API	Atelier Participatif Intégré
ASSAPSU	Association de Soutien à l'Auto Promotion Sanitaire Urbaine
BCEOM	Bureau Central des Equipements d'Outre-Mer
BGF	Budget Général de l'Etat
BNETD	Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement
CCANEP	Connaissance des canaux d'évacuation des d'EP
CCANEU	Connaissance des canaux d'évacuation des d'EU
CCC	Communication pour le Changement de Comportement
CCT	Centre de Cartographie et Télédétection
CDQ	Comités De Quartier
CEROSI	Connaissance du Phénomène d'Erosion
CET	Centre d'Enfouissement Technique
CNEPSUF	Avis sur la suffisance des canaux EU
CNEUSUF	Avis sur la suffisance des canaux EP
CONTRIB	Volonté de contribuer pour l'amélioration de l'assainissement dans son quartier
COPRIM	Construction et Promotion Immobilière
Cr	Cœfficient de ruissellement
CSRS	Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire
CURAT	Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection
CV_x	Coefficient de variation pour la durée (x) des averses
DBO_5	Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DDC	Direction de développement et de la Coopération
DEA	Diplôme d'Etudes Approfondies
EAWAG	Institut fédéral suisse pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux
EIE	Etudes d'Impact Environnemental
EP	Eau pluviale
Eq	Equation
ERCONCER	Se sentir concerné par les phénomènes de géorisques urbains
EU	Eau Usée
F	Fréquence
FIT	Front Inter Tropical
FNA	Fonds National de l'Assainissement
FNE	Fond National de l'Eau
FNH	Fonds National de l'Hydraulique
FNS	Fonds National Suisse
GPS	Global Positionning System
IDF	Intensité-Durée-Fréquence
IGT	Institut de Géographie Tropicale
INS	Institut National de la Statistique

INHP	Institut Nationale d'Hygiène Publique
ITC	International Training course
ITS	Institut Tropicale Suisse
ITS	Intensité Teinte et Saturation
JACS-WAF	Join Actions Case Studies- West Africa
JICA	Japan Internal cooperation Agency
LSTEE	Laboratoire des Sciences et Techniques de l'eau et de l'Environnement
M.E.S	Matière En Suspension
MARP	Méthode Accéléré ou active de Recherche Participative
MLCVE	Ministère du Logement du Cadre de Vie et de l'Environnement
MLU-CI	Ministère de Logement et de l'Urbanisme de Côte d'Ivoire
MNA	Modèle Numérique de d'Altitude
MOS	Mode d'Occupation du Sol
moy.	Moyen
MSADAR	Modèle Systémique d'Aide à Décision pour la Mitigation des Risques
NCCR	National Centre of Competence in Research
NCCR-NS	National Centre of Competence in Research (NCCR) North-South
NTK	Azote Kjeldahl
OMD	Objectifs du Millénaire pour le Développement
OMM	Organisation Mondiale de la Météorologie
OMM	Organisation Mondiale de la Météorologie
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONG	Organisation Non gouvernementale
PAYORD	Contribution du ménage pour la collection des ordures ménagères
PI4	Projet Individuel 4
PNAE-CI	Programme National de l'Assainissement et de l'Environnement
PNLP	Programme National de Lutte Contre le Paludisme
PPP	Partenariat Public Privé
PRA	Participatory Rural Appraisal
PVC	polychlorure de vinyle
Q_{max}	Débit maximum
RGPH	Recensement Générale de la Population et de l'Habitat
ROLCANEP	Avis sur les attributs du canal qui travers les quartiers
RRA	Rapid Rural Appraisal
RVB	Rouge-Vert-Bleu
SANDEC	Département Eau et Assainissement dans les Pays en Développement de l'EAWAG
SATEVAEU	Satisfaction de l'Evacuation des Eaux
SATFORD	Satisfaction de la collecte des ordures ménagères
SICOGI	Société Ivoirienne de Construction et de Gestion Immobilière
SIG	Système d'Information Géographique
SIIC	Service de l'Inspection des Installations Classées
SODEXAM	Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et de la Météorologique
SPP	Syndromes Pseudo Palustre

STRM	Sciences de la Terre et des Ressources Minières
T	Période de retour
TEOM	Taxe sur l'Enlèvement des Ordures Ménagères
UFR	Unité de Formation
UFR STRM	Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières
UNDP	United Nations Development Program
UN-HABITAT	United Nations-Habitat
Uni.	Université
UNICEF	United Nations Children's Fund
VIP	Very Important Person
WHO	World Health Organization

RESUME DE LA THESE

D'importants efforts sont nécessaires pour parvenir à la compréhension des risques sanitaires liés à l'environnement dans les zones urbaines des pays sous développés. Particulièrement en milieux urbains défavorisés, où les principaux facteurs aggravants sont bien mal maîtrisés. La persistance et l'aggravation des problèmes de santé et d'environnement montrent que les approches conventionnelles et disciplinaires utilisées jusqu'à présent se sont avérées inefficaces pour remédier à cette situation. Des approches beaucoup plus intégrées et participatives doivent permettre de mieux cerner les problèmes en vue de trouver des solutions adaptées aux différents contextes.

Le but de cette étude est de contribuer à l'atténuation des syndromes liés aux déficiences dans la gestion du drainage urbain et des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire), en vue d'améliorer les conditions de vie des populations de ces milieux. L'étude concerne l'analyse de la gestion des déchets solides et liquides dans 6 quartiers précaires (Doukouré, Yaoséhi, Mami Faitai, Yamoussoukro, Gbinta et Niangon Continu), répertoriés dans la commune de Yopougon, le long d'un canal d'évacuation des eaux. Les objectifs spécifiques identifiés ont visé : (i) l'analyse de la situation actuelle du système d'assainissement et sa relation avec les facteurs environnementaux ; (ii) l'évaluation des perceptions et des comportements des acteurs de la filière et des populations en matière de gestion des déchets solides et liquides ; (iii) la proposition de solutions novatrices d'atténuation des syndromes relatifs à l'insuffisance d'assainissement dans ces environnements défavorisés, en vue de l'amélioration de leurs conditions sanitaires.

Dans ce travail, la méthodologie adoptée a combiné une démarche multi et transdisciplinaire.

Des informations multi-sources provenant d'analyses géotechniques, topographiques, pluviométriques et du mode d'occupation du sol d'une part, et d'une image QUICKBIRD, de données exogènes et des résultats d'enquêtes socio-environnementales d'autre part, ont été intégrées dans un SIG. Cette investigation a permis de cartographier les géorisques urbains (érosion éboulement inondation) et les facteurs environnementaux (distribution spatiale dans les rues des dépôts soulages, des eaux usées, des eaux stagnantes etc.) pour mettre en évidence la superposition des problèmes/syndromes dans ces zones défavorisées.

Les perceptions, comportements et pratiques des acteurs et des populations en matière de gestion des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires ont été ensuite évalués à travers deux types d'approches socio-anthropologiques complémentaires. Une approche qualitative, basée sur des observations, des entretiens semi-structurés et des focus group et une approche quantitative basée sur une enquête ménage (n=1900 ménages).

L'approche modélisation de cette étude a concerné deux types de modélisations : une modélisation hydrologique (pour le calcul du drainage urbain) et une modélisation hydraulique (pour la mise en évidence de la vulnérabilité des quartiers précaires en situation d'inondation par débordement de réseau). La modélisation hydrologique a consisté à l'intégration des données météorologiques actualisées pour procéder à l'optimisation des modèles de simulation pluviométrique existants d'une part, et à la conception de nouveau modèle prenant en compte la variabilité climatique dans la zone d'Abidjan d'autre part. Cette démarche stochastique s'est basée sur l'utilisation des lois de la statistique et de probabilité. La modélisation hydraulique, quant à elle, a combiné d'une part, un sondage statistique utilisant des images satellitaires QUICKBIRD à haute résolution spatiale et la relation de l'inégalité de Bienaymé Tchebychev et d'autre part, la mesure de l'infiltration spécifique des quartiers par la loi de Darcy. Cette investigation a permis d'évaluer la vulnérabilité à l'inondation par débordement de réseau des quartiers précaires, à travers l'analyse de la transmissivité (perméabilité horizontale) et de la stockabilité (perméabilité verticale) dans ces milieux.

Enfin, une approche socio-anthropologique a été conduite en vue d'une recherche participative de solutions intégrées pour la gestion des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires. Un atelier participatif intégré (API) a été organisé à cet effet, avec la participation de tous les acteurs (institutionnels, privés, chercheurs, ONGs, populations) selon la méthodologie de la MARP (Méthode active de Recherche Participative). Dans l'analyse, les résultats issus de l'atelier participatif intégré ont été combinés à ceux relatifs à l'évaluation des perceptions, comportements et pratiques et à l'état de la gestion actuelle en vigueur pour élaborer un modèle systémique de gestion durable des déchets dans les quartiers précaires.

Les résultats révèlent une discontinuité dans la répartition spatiale de la stabilité structurale de l'espace d'étude. Les quartiers précaires reposent sur des sables argileux (d< 1mm), avec un indice d'érodabilité moyenne et forte. La majorité du territoire se situe dans une zone de

faibles pentes (< 2%) mais entaillée de dépressions favorisant la stagnation de l'eau et les inondations. Les fortes sensibilités des sols à l'érosion et à l'éboulement se rencontrent dans les quartiers Yaoséhi et Mami Faitai et les faibles dans celui de Yamoussoukro. Par ailleurs, les ménages situés aux abords de la partie non aménagée du canal au niveau des quartiers Yaoséhi et Mami Faitai ont été identifiés comme étant les plus vulnérables aux géorisques urbains.

Les cartes élaborées de chacun des quartiers précaires sont actuelles et nettes grâce à la finesse spatiale de l'image QUICKBIRD. Elles mettent à jour le mode d'occupation du sol de ces milieux défavorisés. Ces informations cartographiques actualisées servent de référence et facilitent désormais toutes sortes d'investigations dans ces quartiers précaires.
Par ailleurs, l'analyse de l'environnement sanitaire révèle de nombreuses insuffisances dans le système de gestion de l'assainissement des quartiers précaires. L'étude a mis en évidence un envahissement des rues et terrains vagues par des dépôts d'ordures sauvages, des déversoirs d'eaux usées et des eaux stagnantes abritant des gîtes larvaires de moustiques. Les difficultés d'accès à l'eau potable, aux centres de santé publique, et le recours préférentiel à des soins douteux renforcent la précarité de la vie dans ces quartiers précaires. Une analyse intégrée prenant en compte l'ensemble des facteurs environnementaux investigués montre que le niveau d'insalubrité le plus élevé s'observe dans le quartier Doukouré dans les proportions de 42% en saison humide et 29% en saison sèche ; ce qui le rend plus vulnérable. Quant aux atteintes à la qualité de la vie, elles sont beaucoup marquées dans les quartiers de Yamoussoukro (59%), Yaosehi (50%), et Gbinta (49%). L'analyse et la cartographie des principaux facteurs environnementaux permettent ainsi, de constituer un observatoire de l'environnement sanitaire des quartiers précaires.

La gestion des déchets dans les quartiers précaires souffre de perceptions préjudiciables à une gestion appropriée et salubre, augmentant les risques sanitaires dans ces milieux. Le manque de volonté politique militant en faveur de la prise en compte de ces quartiers dans les programmes d'assainissement, l'interférence et le manque de collaboration des acteurs institutionnels, les crises fréquentes de collaboration entre la municipalité et les populations d'une part et les acteurs privés (précollecteurs) d'autre part, sont les principaux maux de cette gestion. On note également une absence d'infrastructures sanitaires de base et une méconnaissance des systèmes d'assainissement et d'évacuation des déchets par les populations. Les comportements des populations de ces quartiers en matière de gestion des déchets reflètent leurs perceptions. En conséquence, les rues des quartiers sont

principalement sollicitées pour l'évacuation des eaux usées (365m^3/j) et les ménages, pour la plupart, utilisent en commun les douches (61,2%) et/ou latrines insalubres (58,5%).
Les ordures ménagères collectées dans ces quartiers sont, pour la majorité des cas, déversées directement dans le canal d'évacuation des eaux et ou dans les rues et terrains vagues. Le canal, dans le secteur des quartiers précaires, reçoit en moyenne plus de 12 tonnes par jour de déchets collectés dans ces quartiers, représentant 42% de la production totale de ces localités. La situation augmente le risque de contamination dans ces milieux et l'étude y révèle de nombreuses atteintes à la qualité de vie. Une prévalence en maladie de 48% rapportée par les enquêtés sur les deux dernières semaines précédant le passage dans les ménages y a été observée. Le paludisme est la principale maladie rapportée sur la période de rappel (47%). D'autres maladies ont aussi été rapportées, notamment les rhumatismes (25%) et les malades diarrhéiques (19%).

En matière de drainage urbain, les résultats indiquent que dans l'agglomération d'Abidjan, deux lois permettent de mieux simuler la dynamique pluviométrique pour des plages horaires distinctes. Il s'agit des lois de Gumbel et de Galton qui ajustent au mieux les intensités maximales de pluie, respectivement pour les plages horaires de 10 à 30 minutes et 45 à 240 minutes. La modelisation hydrologique a permis d'optimiser les paramètres des modèles d'ajustement mathématique des modèles de simulation pluviométrique de Montana et de Talbot souvent utilisés dans le calcul du drainage urbain. En outre, un nouveau modèle de pluie qui simule au mieux les précipitations à Abidjan a été conçu.

Concernant la modélisation hydraulique des quartiers précaires en situation d'inondation par débordement de réseau, le sondage statistique a mis en évidence l'espace horizontal utilisable par les écoulements, et les quartiers précaires ont été classés selon leur degré de sensibilité à l'inondation par débordement de réseau. L'analyse de la perméabilité hydraulique spécifique des quartiers, par la loi d'infiltration de Darcy, les a classés selon un gradient de perméabilité permettant de juger de leur capacité à stocker l'eau et d'être susceptibles ainsi de favoriser l'inondation. La classification supervisée après l'analyse combinatoire intégrée des résultats issus du sondage statistique et de l'infiltration de Darcy indique que les quartiers de Doukouré, Yaoséhi et Yamoussoukro affichent une faible vulnérabilité alors que ceux de Niangon Continu, Gbinta et Mami Faitai affichent une forte vulnérabilité à l'inondation par débordement de réseau.
L'atelier participatif a abouti à la définition concertée de solutions consensuelles pour la gestion durable des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires d'Abidjan. Un

plan d'action a été mis en place définissant le rôle et le niveau d'intervention de chaque acteur. La mise en commun des informations recueillies à différents niveaux dans une analyse intégrée a permis l'élaboration d'un Modèle Systémique d'Aide à la Décision pour l'Atténuation des Risques (MSADAR).

La dimension muti et transdisciplinaire de l'étude a permis d'aborder différents aspects relatifs à l'insuffisance dans la gestion du drainage urbain et des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires d'Abidjan.

Un drainage basé sur les modèles optimisés et conçus devra permettre d'atténuer les problèmes d'érosion et d'éboulement à Abidjan, singulièrement dans les quartiers précaires. Les niveaux de vulnérabilités évalués pour chacun des quartiers précaires, dans le cadre de la modélisation hydraulique, peuvent orienter les prises de mesures de prévention adaptées en situation de crises d'inondation par débordement de réseau dans les quartiers précaires de la commune de Yopougon à Abidjan.

La mise en application des stratégies développées dans l'outil d'aide à décision qui a été élaboré induira un changement des comportements au niveau des populations et une prise de bonnes décisions au niveau des autorités, en vue de l'amélioration des conditions de vie des populations vivant dans les quartiers précaires d'Abidjan. Les résultats de l'étude seront utiles particulièrement aux autorités de la commune de Yopougon ayant à charge la gestion des centres urbains. Ils contribueront à la conception d'une nouvelle politique de l'administration relative à la restructuration des quartiers précaires et leur intégration dans le tissu urbain. L'un des défis auxquels cette recherche aura contribué à relever est la conscientisation et l'encouragement des décideurs à adopter une approche de gestion intégrée et durable des systèmes de collecte et de traitement des déchets, impliquant une participation citoyenne et un partenariat public-privé à l'échelle des quartiers défavorisés de la ville d'Abidjan.

Mots clés : *Abidjan, quartiers précaires, géorisques urbains, drainage urbain, déchets solides et liquides, modélisation, Cartographie et SIG, environnement, santé, Côte d'Ivoire*

THESIS ABSTRACT

Important efforts are required to enhance the understanding of environmental heath risks in urban areas of developing countries, particularly in poor urban areas where the major risk factors are prevalent. The persistence of these issues has shown that conventional and disciplinary approaches applied have not been very effective to mitigate these challenges. Better integrated and more participative approaches would allow finding more appropriate solutions for low-income urban contexts.

The city of Abidjan, economic capital city of Côte d'Ivoire is a case in point for these environmental and health problems in deprived urban areas. Among the 10 municipalities of the city, Yopougon, the most populated is one of those facing acute urban environmental problems. There are many informal settlements in Yopougon where urban drainage, solid and liquid waste management are insufficient. This current situation negatively affects these marginalised settlements, as well as the quality of the life of the inhabitants.

The purpose of this study was to contribute to syndrome mitigation related to deficiencies in the management of urban drainage and solid and liquid waste in Abidjan's informal settlements in order to assist in improving living conditions of these populations. The study focuses on solid and liquid waste management in 6 informal settlements (Doukouré, Yaoséhi, Mami Faitai, Yamoussoukro, Gbinta and Niangon Continu) which are located along a main drainage channel. Three specific objectives were identified:

i) to analyse the current sanitation system and its relationship with environmental factors;
ii) to evaluate perceptions and behaviours of local stakeholders and actors in terms of solid and liquid waste management,
iii) to propose innovative solutions to mitigate syndromes in order to improve sanitary conditions in these deprived environments.

The research followed a multi and trans-disciplinary approach, including cartography, sociology and epidemiology. Multi-source information from geotechnical, topographic and pluviometric analyses, from land use patterns and from QUICKBIRD satellite images on the one hand, exogenous data and socio-environmental survey on the other hand, were integrated into an innovative, simplified Geographical Information System (GIS).

The present investigation allowed mapping urban georisks (erosion, landslide, flood) and environmental factors (spatial distribution of uncontrolled solid waste dumps on open spaces, stagnant and wastewater sites etc.) and allowed to highlight the superimposing of syndromes in the study areas. Perceptions, behaviours and the practices of key actors and populations regarding solid and liquid waste management in the informal settlements were analysed through socio-anthropological approaches.
The first were qualitative approaches based on observations, semi-structured interviews and focus group discussions. This was complemented by quantitative research with a household survey (n=1900 households).

The modelling approach comprised two types of modelling: a hydrological modelling for the calculation of the urban drainage and a hydraulic modelling to evaluate the vulnerability of these informal settlements in case of flood by overflowing of the existing drainage network.
The hydrological modelling consisted in the integration of updated meteorological data to optimize existing pluviometric simulation models on one hand, and to design a new model taking into account the climatic variability in Abidjan on the other hand. This stochastic investigation used statistical and probabilistic laws.

The hydraulic modelling combined a statistical probe using high resolution QUICKBIRD satellite images and the inequality relation of Bienaymé Tchebychev and the measurement of the specific infiltration of the settlements by Darcy's law. This investigation allowed estimating the vulnerability of the informal settlements in casa of flood by overflowing of drainage network, by analysing the transmissivity (horizontal permeability) and stockability (vertical permeability).

Finally, a socio-anthropological approach was used aiming at finding integrated participative solutions for solid and liquid waste management in informal settlements. A participatory workshop was organized for that purpose, with the cooperation of all actors (institutional, private, researchers, NGOs, populations) using the Rapid Appraisal Method. Findings from the integrated participative workshop were combined to outcomes of the perceptions, behaviours and practices evaluation and the state the current sanitation management, in order to elaborate a systematic model of sustainable waste management in these informal settlements.

The results reveal a discontinuity in the spatial distribution of the structural stability within the study area. The informal settlements are located on clayey sands (d < 1mm), with medium to high erodibility index. The main part of the area is situated in a sloped area (< 2 %) but notched by depressions facilitating water stagnation and floods. A higher sensibility towards soil erosion and landslide were found in Yaoséhi and Mami Faitai when compared to Yamoussoukro. Besides, households situated closed to un-constructed part of the channel in Yaoséhi and Mami Faitai were identified as the most vulnerable towards urban georisks.

The maps elaborated for each informal settlement were updated and checked on the ground. The maps highlight the existing land-use in the deprived settlements. The updated cartographic information provides reference and will facilitate any future investigations in these settlements.

Besides, the analysis of the urban environment showed various deficiencies of the existing sanitation management system in the informal settlements. The study highlighted a large number of uncontrolled deposits on the streets by uncontrolled deposits when associated to wastewater overflows and stagnant waters promoting potential breeding sites.

The difficulties of access to drinking water, public health centres reduce the quality of life in these informal settlements. An integrated analysis taking into account the investigated environmental factors showed that the highest level of observed environmental problems regarding environmental sanitation were in Doukouré (42 % during the rainy season and 29 % in the dry season), highlighting this settlement as the most vulnerable.

Regarding life quality impairment due to diseases reported, Yamoussoukro (59 %), Yaosehi (50 %), and Gbinta (49 %) were the most affected. The analysis and mapping of main environmental factors allow establishing regular surveillance of the sanitary environment in these informal settlements.

The perceptions in these settlements are prejudicial to an appropriate and healthy waste management, increasing the sanitary risks in these areas. The lack of political willingness in favour of considering these settlements in sanitation programs, the interference and lack of collaboration between institutional actors, frequent crises of collaboration between the municipality and the inhabitants as well as private actors (pre-collectors) are the main barriers.

We also noted an absence of basic sanitary infrastructures and a lack of awareness of sanitation and waste evacuation systems by the local population. The behaviour towards waste management reflects their perceptions. As a consequence, streets are mainly used for wastewater evacuation (365m3 / day). The majority of the households commonly shared showers (61, 2 %) and\or unhealthy latrines (58, 5 %).

Household refuse collected in these settlements is most commonly disposed of directly in the sewage channel or all the border of the streets and the closely vicinity. More than 12 tons of solid waste is emptied into the open drainage channel daily, representing 42 % of the total waste production in the study area. This situation increases the risk of contamination of malaria, diarrhoea, skin diseases, yellow fever etc. and the present study revealed various health risk factors. A prevalence of disease of about 48 % was reported by the population investigated during the recall period of two weeks preceding the household questionnaire survey. Malaria was the main disease reported (47 %). Other diseases reported were rheumatisms (25 %) and diarrhoea (19 %).

Regarding urban drainage in the city of Abidjan, the results indicate that two laws allowing to simulate the pluviometric dynamics, namely the laws of Gumbel and Galton better match the maximal rainfall intensities with time slots between 10 to 30 minutes and between 45 to 240 minutes, respectively. The hydrological modelling allowed optimizing the parameters of mathematical adjustment models of the Montana and the Talbot pluviometric simulation models, often used in urban drainage calculation. Besides, a new pluviometric model which best simulates precipitation in Abidjan was designed.

Concerning the hydraulic modelling the statistical sounding put in evidence the useful need of horizontal space by drainage and the informal settlements were classified according to their degree of sensibility in situation of flood due to overflowing of drainage network. The analysis of the specific hydraulic permeability of settlements, by Darcy's infiltration law, classified them according to a gradient of permeability which allows judging their capacity to store water and consequently their susceptibility of being overflowed.

The supervised classification including the combinatorial and integrated analysis of the results from the statistical sounding and from Darcy's infiltration indicates that the neighbourhoods of Doukouré, Yaoséhi and Yamoussoukro showed a lower vulnerability. In contrary the neighbourhoods of Niangon Continu, Gbinta and Mami Faitai showed a higher vulnerability towards flooding through an overflowing of the drainage network.

The participatory workshop ended in a concerted definition of sustainable consensual solutions in terms of solid and liquid waste management in the informal settlements of Abidjan. An action plan was set up which defines the role and level of intervention of each stakeholder. The compiling of the information collected at various levels in an integrated analysis allowed elaborating a systemic decision-making model for risk mitigation (MSADAR). The multi and trans-disciplinary dimension of the study allowed addressing various aspects regarding the insufficiency in urban drainage and the solid and liquid wastes management in informal settlements of Abidjan.

Improved drainage based on the optimized and conceived models could allow mitigating the problems of erosion and landslide in Abidjan and in informal settlements to a large degree. The levels of vulnerability assessed for each informal settlement, within the framework of the hydraulic modelling, could inform relevant prevention measures in emergencies of flood and overflowing of Abidjan's drainage network.

The application of developed strategies and decision-making tools can lead to behaviour change of the affected neighbourhoods and facilitate decisions taken at local authority level with the aim of improve the living conditions of low-income urban dwellers. The results of the present study are for particular use for the authorities of Yopougon municipality responsible for urban planning and development. They will provide the basis for better informed policy and decision-making for future upgrading of informal settlements and their integration into the city structure.

One of the challenges this research has contributed to address is the consciousness and the encouragement of decision-makers to adopt an integrated and more realistic approach for sustainable management in terms of waste management systems involving citizens' participation and public-private partnerships.

Keywords: Abidjan, informal settlements, georisks, urban drainage, environmental sanitation, modelling, cartography, GIS, health, Côte d'Ivoire.

Introduction

INTRODUCTION GENERALE

Problématique

Les problèmes de santé et de bien-être en rapport avec l'environnement deviennent dans le monde entier une source de préoccupation majeure, la qualité de l'environnement conditionnant la santé et le bien- être des populations. Malgré les gros efforts fournis, tant au niveau national qu'international, visant à corriger les dérives de l'existant et à améliorer la qualité de l'environnement, le nombre de personnes qui, de par le monde, n'ont pas accès à des structures d'approvisionnement en eau potable et aux installations d'assainissement adéquates est encore très élevé. Selon les études de l'OMS et l'UNICEF réalisées en 2000:

i°)- 1,1 millions de personnes n'ont pas accès à l'eau potable ;

ii°)- 2,5 milliards de personnes n'ont pas accès à des installations d'assainissement appropriées ;

iii°)- 50% de l'ensemble des déchets solides ne sont pas collectés ;

iv°)- personne ne sait combien de personnes sont emportés chaque année à cause des crues ;

v°)- 3 milliards de personnes vivent avec moins de 2 US$ par jour.

La situation est particulièrement inquiétante dans les milieux défavorisés des villes des pays en voie de développement où le tiers de la population vit dans les quartiers pauvres et les bidonvilles (Crompton et Savioli, 1993, Obrist et Euwijk, 2003). Les villes des pays en développement et les quartiers pauvres qu'elles abritent croissent rapidement, parce que la majorité des populations vivent de plus en plus en ville. En même temps que ces villes constituent des sources de créativité de technologie et de croissance économique, elles sont aussi source de pauvreté, d'inégalité et de problèmes de santé liés à l'environnement. La mauvaise gestion de l'environnement a une incidence négative sur la santé et le bien-être, singulièrement dans les franges pauvres des sociétés urbaines (Harpham et Tanner, 1995 ; Atkinson *et al.*, 1996 ; Harpham et Molyneux, 2001 ; Obrist et Euwijk, 2003).

Par ailleurs, la compréhension des risques sanitaires liés à l'environnement dans les zones urbaines des pays en développement a connu une évolution notable au cours de ces dernières

décennies (Obrist et Euwijk, 2003). Toutefois, elle reste encore incomplète et beaucoup reste à faire surtout en ce qui concerne les milieux défavorisés, où les principaux facteurs favorisant sont encore mal maîtrisés.

La ville d'Abidjan, capitale économique de la Côte d'Ivoire, est un important centre d'affaires et d'échanges commerciaux et industriels en Afrique de l'Ouest. Située sur la façade Atlantique, l'agglomération d'Abidjan possède de nombreux atouts économiques (infrastructures portuaires, aéroport, usines, etc.) qui contribuent très sensiblement au développement des transactions commerciales, sous-régionales et même internationales. Abidjan est devenue, depuis les années 1970, un grand pôle d'attraction des populations nationales et surtout africaines en quête d'emploi et de bien-être social. Il s'ensuit une forte pression démographique, marquée à la fois par un taux de natalité élevé (4%), un important déplacement des populations de l'arrière pays vers la métropole et un flux d'immigrants (6%) toujours croissant (Zoro, 2001). Le coût élevé de la vie dans cette grande métropole pousse les populations à revenus modestes à habiter des sites non viabilisés et interdits de construction, très souvent situés sur des pentes, dans des dépressions ou encore dans des ravins ou sous hautes tensions électriques. Et ces populations, aux conditions de vie déplorables, ne bénéficient d'aucun système d'assainissement moderne.
Par ailleurs, la situation d'instabilité et de belligérance qui sévit dans le pays depuis octobre 1999 a engendré une forte migration des populations des zones de fronts vers les villes du Sud, en particulier vers Abidjan. Par manque de moyens financiers et matériels, une grande partie de cette population déplacée loge dans les quartiers précaires, augmentant ainsi la pression sur les systèmes d'assainissement existants déjà fragiles. À Abidjan, la probabilité de mourir entre 1 et 5 ans serait 15 fois plus élevée dans l'habitat précaire que dans l'habitat de standing (GUEU, 1993).

Les approches conventionnelles et disciplinaires utilisées jusqu'à présent sont inefficaces pour remédier à cette situation alarmante. Les pauvres vivant dans des conditions défavorables supportent la plus lourde part du fardeau des problèmes environnementaux qui affectent les centres urbains (Hadoy et al, 2001). La vie dans les milieux précaires devient ainsi un important sujet de préoccupation qui interpelle aussi bien les chercheurs, les décideurs que les urbanistes en charge de la gestion des centres urbains.

En initiant la recherche en partenariat sur les milieux défavorisés à travers le programme NCCR-NS, le Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS) et l'Institut Tropicale Suisse à Bâle (ITS), en collaboration avec l'UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM) de l'Université de Cocody, cherchent à atténuer les syndromes liés à l'insuffisance de l'assainissement et à améliorer les conditions de vie des populations dans les milieux précaires de la ville d'Abidjan.

Piloté par l'Association Suisse des Institutions de Recherche en Partenariat (ASIRP), le programme NCCR Nord-Sud vise à promouvoir des « partenariats scientifiques pour atténuer les syndromes du changement global » ; les syndromes regroupant l'ensemble des problèmes liés a ce changement global. Le NCCR-NS est subdivisé en huit projets individuels (IP) selon différentes thématiques de recherches. Au sein du NCCR, on trouve les JACS : Régions communes pour les études de cas. L'ensemble des travaux de recherches d'une région donnée est coordonné par son JACS.

L'étude vise à identifier des stratégies d'amélioration des conditions sanitaires liées aux déchets solides et liquides dans un milieu urbain défavorisé. Elle s'inscrit ainsi, parfaitement dans les activités du projet individuel IP4 du programme NCCR-NS à savoir : « Santé et bien être en milieu urbain ».

Une telle étude répond à l'un des thèmes de recherche prioritaires dans le JACS d'Afrique de l'Ouest du NCCR-NS, notamment « l'analyse des risques sanitaires dans le processus d'urbanisation en relation avec les changements environnementaux, la production des déchets, l'eau, l'assainissement, dans les zones sous-équipées et pauvres ».

Contexte

Parmi les 10 communes de l'agglomération d'Abidjan, la commune de Yopougon est la plus peuplée avec plus de 700 000 habitants (INS, 1998). Elle est donc l'une des plus touchées par les problèmes environnementaux. Le bâti de cette commune est très contrasté et comporte à la fois des quartiers de moyens et hauts standings, ainsi que des habitats précaires généralement faits de matériaux de récupération (UNICEF, 2001). Par ailleurs, d'importantes unités industrielles se trouvent dans la commune. Toutes les eaux usées provenant des principales usines ainsi que celles rejetées par la population de cette commune sont déversées dans la lagune Ebrié par le biais des canaux d'évacuation des eaux (JICA et MLU-CI, 2000). En effet, le schéma général d'assainissement de la commune a consisté à faire converger toutes les

eaux usées et pluviales vers la lagune. Aucun système d'épuration des eaux n'existe dans cette commune si bien que la pollution de la lagune est devenue très préoccupante (Kouassi et al, 1995 ; Kouadio, 2000; Hypko, 2001).

Dans les abords du canal principal d'évacuation des eaux, « canal UNIWAX », de cette commune de Yopougon, un véritable fossé à pentes très abruptes, on observe la prolifération des quartiers précaires aux conditions de vie très déplorables. Des problèmes aigus d'insuffisance de drainage des eaux (érosion, éboulement, inondation, etc.) d'une part, et de déficit dans la gestion des déchets solides et liquides d'autre part, affectent ces quartiers ainsi que la qualité de la vie des populations riveraines. D'où l'intérêt porté à l'étude des facteurs environnementaux relatifs à l'assainissement dans ces quartiers défavorisés.

Objectifs et méthodologie de l'étude

Les travaux que nous présentons dans cette étude s'inscrivent dans le cadre du programme NCCR-NS (PI4), consacré à l'étude de la santé et du bien-être en milieu urbain. Les investigations couvrent le domaine de la santé au sens large, dans ses dimensions humaines et environnementales, et plus particulièrement l'atténuation des syndromes en milieu défavorisé. Cette orientation nous a amenés à porter nos investigations sur l'analyse des déficiences dans la gestion du drainage urbain et des déchets solides et liquides dans six (06) quartiers précaires retenus le long du canal UNIWAX. Cette analyse permettra d'envisager des solutions pour l'amélioration de cette situation et les conditions de vie des populations.

L'étude s'appuie sur différentes données :

i°)- mesures pluviométriques de la station d'observation d'Abidjan aéroport couvrant la période de 1958 à 2000 ;

ii°)- cartes numériques du bâti de Yopougon et de courbes de niveaux renseignés de l'an 2000 ;

iii°)- une image satellitaire Quickbird à haute résolution spatiale (0.60 m au sol), acquise le 20 janvier 2004 ;

iv°)- sondage et analyses géotechniques effectués dans la période de novembre à décembre 2004 ;

v°)- entretiens semi-structurés avec des personnes ressources (populations des quartiers précaires, administration publiques...) effectués dans la période d'avril à mai 2003 ;

vi°)- enquêtes géographiques effectuées dans les mois d'Octobre 2003 et Février 2004 ;

vii°)- enquêtes ménages effectuées dans le mois d'octobre 2003 ;

viii°)- atelier participatif organisé en août 2005.

Elle se propose de satisfaire à trois principaux objectifs :

1. analyser la situation actuelle du système d'assainissement et sa relation avec les facteurs environnementaux dans la zone d'étude ;

2. évaluer les perceptions et les comportements des acteurs de la filière et des populations en matière de gestion des déchets solides et liquides ;

3. proposer des solutions novatrices d'atténuation des syndromes relatifs à l'insuffisance d'assainissement dans ces environnements défavorisés, en vue de l'amélioration de leurs conditions sanitaires.

La connaissance de la structure actuelle du système d'assainissement (déchets liquides et solides), des conceptions et perceptions des différents acteurs dans des environnements défavorisés ainsi que l'analyse des risques et nuisances associés sont essentielles dans la recherche de solutions novatrices pour atténuer les syndromes.
La collaboration avec une équipe de Doctorants de JACS Afrique de l'Ouest répond à la transdisciplinarité que prône le projet NCCR-NS.
L'étude permettra d'élaborer, tester et valider des stratégies d'interventions adaptées pour la gestion intégrée et participative des déchets solides et liquides dans la commune de Yopougon, l'un des objectifs spécifiques du projet individuel IP4.

Pour répondre à ces préoccupations, une approche méthodologique a été mise au point. Constatant, à priori, que les problèmes environnementaux sont liés à un aspect **« physique »** et à un aspect de **« gestion »,** nous avons approfondi les investigations sur ces deux aspects.

Dans la **première partie** du travail, nous faisons dans un premier temps, une analyse de la situation qui nous permettra respectivement, de présenter les connaissances antérieures sur l'urbanisation et la gestion des déchets dans la ville d'Abidjan et d'y analyser les traits caractéristiques physiques et environnementaux. Il sera question dans cette partie, d'évoquer le phénomène d'urbanisation en relation avec la gestion environnementale en vigueur dans la ville d'Abidjan et dans les quartiers précaires, de mettre en relief les traits caractéristiques physiographiques et géologiques essentiels et enfin d'analyser l'évolution de la production et la collecte des déchets dans la ville.

Dans la **deuxième partie**, nous procédons à l'analyse de la gestion actuelle du drainage urbain et des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires retenus. Pour ce faire, nous faisons appel à une démarche combinant les approches cartographie-SIG, télédétection, statistiques, socio-environnementales et socio-anthropologiques. Trois niveaux d'analyse sont à dégager : (i) la caractérisation des géorisques urbains dans les quartiers qui permettra de mettre en évidence, le niveau du drainage urbain et les risques potentiels associés ; (ii) la caractérisation de l'environnement sanitaire des quartiers, en vue de la mise en relief du niveau de collecte et d'évacuation des déchets solides et liquides ; enfin, (iii) l'évaluation des perceptions, comportements et pratiques en matière de gestion des déchets dans les quartiers investigués. Cette démarche est nécessaire pour cerner les éléments objectifs et subjectifs dans la conception de schéma optimum permettant de simuler une gestion efficace et participative des systèmes d'assainissement et de déchets dans les quartiers précaires.

La **troisième partie** du travail est consacrée à la mise au point d'approches novatrices pour l'atténuation des syndromes dans les quartiers précaires, à travers l'établissement d'un cadre conceptuel du système de gestion du drainage urbain et des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires.
La solution d'atténuation des syndromes relatifs au drainage urbain a privilégié la maîtrise du facteur déclenchant des géorisques urbains, notamment la pluie. Ainsi, après avoir présenté les modèles de simulation de la dynamique pluviométrique existants et leurs limites, nous avons procédé à une optimisation, en vue de permettre un drainage efficace à Abidjan. La possibilité de mise au point d'un modèle imbriqué pour une meilleure simulation pluviométrique a ainsi été testée dans ce travail. Les ouvrages de drainage installés sur la base de ces modèles devraient permettre d'atténuer les problèmes d'érosion et d'éboulement à Abidjan, singulièrement dans les quartiers précaires de la zone d'étude. Cependant, du fait des

limites inhérentes à ces modèles, les phénomènes d'inondation souvent constatés dans la zone d'étude ne seront pas totalement maîtrisés. Ainsi, la recherche d'une solution adéquate à cette situation a conduit à tester un modèle hydraulique d'inondation par débordement des écoulements dans le réseau d'assainissement en situation d'inondation.

La démarche pour l'atténuation des syndromes relatifs au déficit de gestion des déchets solides et liquides s'est pour sa part intéressé, à une approche participative intégrée, en vue de définir de solutions technico-endogènes à travers l'organisation d'un atelier participatif intégré. Le souci majeur réside dans la recherche d'un compromis, permettant de concilier les différents acteurs impliqués dans la gestion de la filière et les populations riveraines, selon un plan de développement concerté approprié et sa révision et son adaptation, en tenant compte du contexte de la zone d'étude et de son évolution.

Cette approche innovante s'appuie sur les résolutions d'un atelier impliquant tous les acteurs et les populations à la définition des stratégies d'une gestion appropriée des déchets solides et liquides dans les milieux précaires, expérimenté en août 2005.

Les informations issues des investigations sur le drainage urbain seront ensuite combinées à celles mises en évidence au niveau de la gestion des déchets solides et liquides. Elles seront intégrées dans un système d'analyse multicritère, en vue de la mise au point d'un modèle systémique de gestion « appropriée » qui permettra d'aider au choix technologique en matière de gestion de l'environnement urbain dans ces milieux défavorisés.

Enfin, une conclusion générale permet de dégager les principaux acquis de ce travail et de présenter les perspectives de la problématique de la gestion du drainage urbain et des déchets solides et liquides dans les zones défavorisées en milieu urbain, particulièrement dans les pays en voie de développement.

PREMIERE PARTIE :

CADRE PHYSIQUE ET CARACTERISTIQUES SOCIO-ENVIRONEMENTALES DE LA ZONE D'ETUDE

Chapitre 1 :	Connaissances antérieures sur l'urbanisation et les systèmes de gestion des déchets à Abidjan
Chapitre 2 :	Caractéristiques socio-économiques et environnementales de la ville d'Abidjan

CHAPITRE 1: CONNAISSANCES ANTERIEURES SUR L'URBANISATION ET LES SYSTEMES DE GESTION DES DECHETS A ABIDJAN

1.1- Phénomène d'urbanisation vécu en Afrique

Le phénomène d'urbanisation se traduit par un peuplement des villes qui s'accompagne non seulement de l'augmentation du nombre de résidents par surface occupée, mais aussi de l'extension des zones urbaines déjà trop vastes. Il est souvent fréquent de rencontrer, dans les grandes agglomérations africaines, une typologie d'habitat très contrasté, allant d'habitat de haut standing à des bidonvilles, appelés « quartiers précaires » disséminés partout sur l'aire qu'occupent ces agglomérations. Dans ces bidonvilles, les conditions de vie sont particulièrement alarmantes. On assiste dans ces milieux pauvres à l'absence de tout plan d'urbanisme global et même de toute action structurante de l'état, les habitants occupent de façon anarchique des zones très souvent insalubres ou inconstructibles.

La particularité remarquable des quartiers pauvres réside dans le fait q'ils concentrent 30 à 60% de la population urbaine dans certains pays (Collignon et Vézina ; 2000), constituant ainsi une frange importante de populations pour les échéances électorales. Ils présentent souvent des risques sanitaires importants, liés non seulement à la densité et la mauvaise qualité de l'habitat, mais aussi à un assainissement largement déficient. Ce sont des zones insalubres et dangereuses où l'on rencontre très souvent des phénomènes de risques aussi bien physiques (inondations, éboulements, glissements de terrain) que sanitaires (maladies palustres et diarrhéiques).

Les surfaces d'habitations sont pour la plupart de temps habitées sans aucune autorisation légale, sans plan d'occupation du sol, ni plan de construction. Cette situation d'occupation illégale et informelle fait que les habitants de ces bidonvilles vivent dans une certaine instabilité de leurs occupations, sanctionnée par un risque permanent de déguerpissement systématique de la part des autorités, ce qui leur empêche toute initiative d'investissements pour une amélioration de l'habitat et du cadre de vie.

En matière de santé, les conséquences liées à la vie dans les quartiers précaires sont d'autant plus dramatiques que les populations des ces milieux éprouvent des difficultés pour mobiliser les ressources financières nécessaires pour faire face aux éventuelles consultations médicales et à l'achat des médicaments pharmaceutiques qui en découle. En effet, les populations de ces localités qui occupent principalement le 1/3 de la population urbaine, vivent en dessous du seuil de pauvreté (Collignon et Vézina 2000).

En ce qui concerne l'approvisionnement en eau potable et l'assainissement, c'est le même cas de figure, les difficultés persistent par l'absence de ressources financière. Par ailleurs, l'accès à l'eau et aux infrastructures sanitaires de base se trouve compliqué par l'attitude des entreprises concessionnaires. Ces dernières, très souvent, hésitent et même refusent, dans la plupart des cas, à investir pour des éventuelles extensions de réseaux dans les quartiers pauvres. Elles jugent cette activité non rentable, non seulement à cause des pertes financières dues à l'insolvabilité des usagers potentiels, mais également à cause de la non prise en compte des ces quartiers dans les plans d'urbanisme de la part de l'administration. Par ailleurs, toute initiative d'investissement serait confrontée à des difficultés techniques, à cause des constructions anarchiques dans ces quartiers (zones inondables, à forte dénivellation, densité de l'habitat, etc.).

1.2- Phénomène d'urbanisation vécu dans la ville d'Abidjan

La Côte d'Ivoire n'est pas en marge du phénomène d'urbanisation. En Effet, de 1960 à 1998, la Côte d'Ivoire a connu une forte poussée démographique passant de 4 à 15,4 millions d'habitants. Cette croissance galopante de la population s'est accompagnée d'une accélération du processus d'urbanisation. L'on est passé de 20% en 1960 à 42% en 1998 de populations qui vivaient en ville (INS, 1998). Cependant, selon les résultats du recensement général de la population et de l'habitat de 1998, on note un léger ralentissement du point de vue de la croissance démographique pendant la période 1988-1998 (3,3% par an), en comparaison avec les périodes précédentes : 3,6% entre 1965 et 1975 et 3,8% entre 1975 et 1988. Aujourd'hui, on peut estimer, au regard du taux de croissance annuelle (3,3%), à plus de 15 millions d'habitants sur le territoire ivoirien.

La ville d'Abidjan, capitale économique de la Côte d'Ivoire, est un important centre d'affaires et d'échanges commerciaux et industriels en Afrique de l'Ouest. Située sur la façade atlantique, l'agglomération d'Abidjan possède de nombreux atouts économiques (infrastructures portuaires, aéroport, usines, etc.) qui contribuent énormément au développement des transactions commerciales sous régionales et même internationales.
On peut noter, avec Haeringer (1977), trois grandes phases dans la croissance spatiale de l'agglomération d'Abidjan :

i)- entre 1912-1950, l'expansion s'est effectuée dans la « ville coloniale », au sein des actuelles communes du Plateau, de Treichville et d'Adjamé ;

ii)- de 1950 à 1970, la croissance a essentiellement touché la « ville portuaire », suite à la construction du canal de Vridi. Durant cette phase de croissance spatiale, les communes de Marcory, Koumassi, Adjamé-Nord, Cocody et Port-Bouët ont connu une forte expansion ;

iii)- enfin, la troisième phase toujours en cours à l'heure actuelle, a commencé à partir des années 1970, dans les communes périphériques de Yopougon, d'Attécoubé (plateau du Banco) et d'Abobo, ainsi que dans les zones plus orientales de Cocody (Riviera) qui depuis longtemps, dépendaient de la circonscription sous-préfectorale de Bingerville. C'est à partir de 1980 que ces zones appelées « nouveaux périmètres » ont été englobées dans la ville d'Abidjan pour former la métropole qu'on appelle désormais le « Grand Abidjan ».

L'agglomération d'Abidjan compte, depuis les années 1978, au total 10 communes : Abobo, Adjamé, Attiécoubé, Cocody, Koumassi, Marcory, Plateau, Port Bouët, Treichville et Yopougon (Figure 1).

En 1998, la population abidjanaise, selon l'INS, représentait 44% de la population urbaine de la Côte d'Ivoire. Cette croissance urbaine a entraîné une augmentation des besoins en logement, habitat, équipements et services urbains tels que l'assainissement des eaux usées et des déchets solides, ainsi que des besoins fonciers.

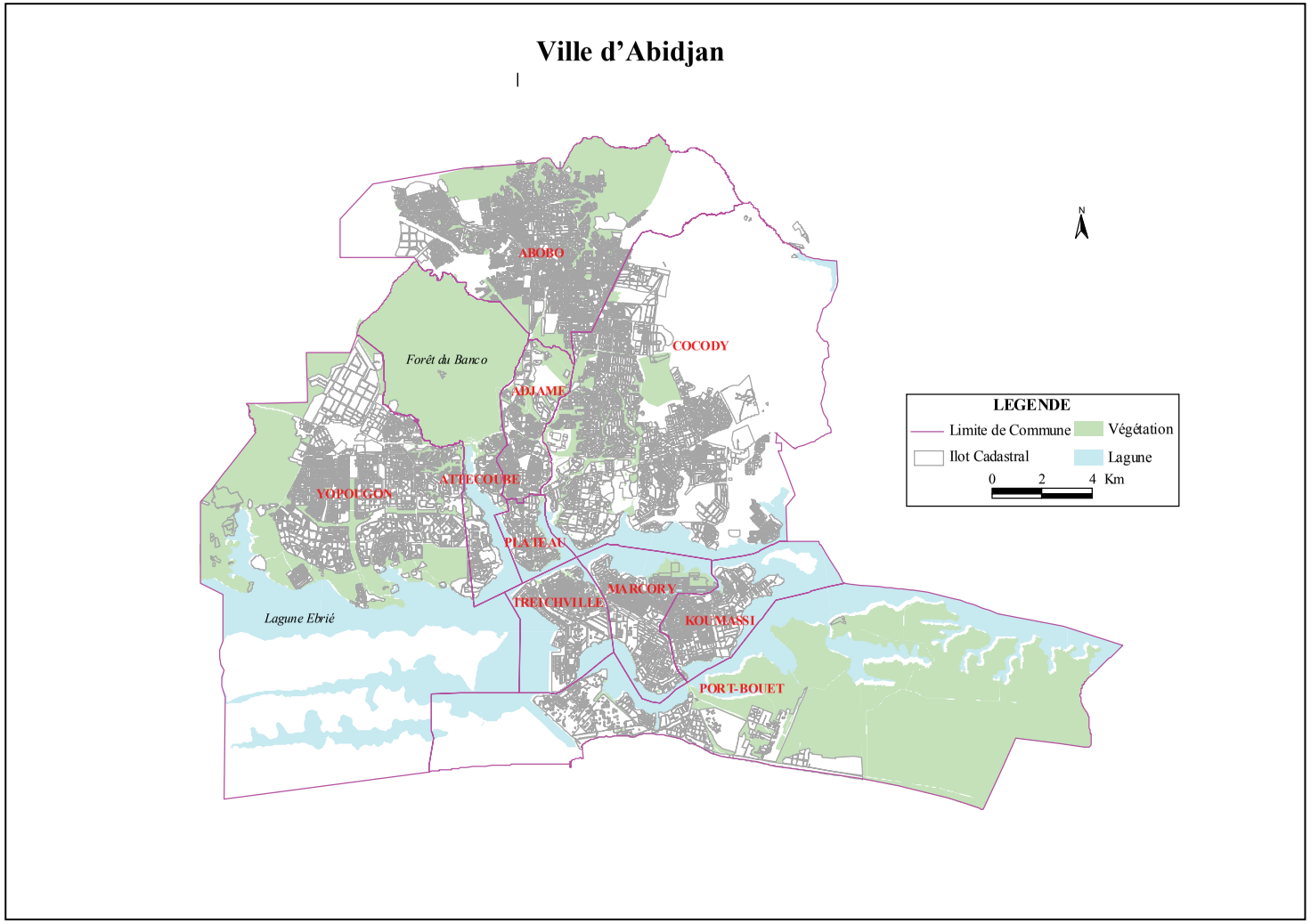


Figure1: *Présentation de la ville d'Abidjan (Source : Dongo, 2001).*

1.3- Urbanisation et quartiers défavorisés à Abidjan

L'urbanisation de la ville d'Abidjan s'accompagne de la prolifération des quartiers précaires dans chacun des dix communes d'inégales proportions. Du point de vue typologie, les quartiers défavorisés à Abidjan, comprennent aussi bien les quartiers sous-équipés et les quartiers dits précaires. Les quartiers sous-équipés sont constitués majoritairement d'habitations sur cours communes occupées par des ménages pauvres ; la désignation de quartiers sous-équipés ramène aux quartiers qui montrent une insuffisance en matière d'approvisionnement en eau et d'assainissement. La ville d'Abidjan comptait 352 quartiers dont 156 sous-équipés en 1988 (INS, 1988). Pendant cette période, toutes les communes, hormis celle du Plateau, avaient des quartiers sous équipés, parfois très petits et insérés dans des quartiers ou des zones bien équipées (Programme de l'Eau et de l'Assainissement ; 1999).

L'habitat précaire, qui correspond aux *bidonvilles,* aux *ahatas* et autre *favelas* et *barriadas* est la forme la plus décriée de cette typologie. Ces quartiers spontanés sont caractérisés par la quasi inexistence de voirie, de réseau d'assainissement et de système adéquat de collecte d'ordures. Les habitations sont construites en matériaux précaires de récupération. Elles sont le plus souvent implantées dans des zones dangereuses et interdites de construction et à hauts risques naturels ou réservées à d'autres usages (BNETD, 1992).

Les populations de ces lieux vivent en situation irrégulière, dans une position provisoire et incertaine, puisqu'en théorie, elles peuvent en être à tout moment déplacées ou déguerpies. Par contre, il est à noter que le terme « précaire » fait référence à la situation juridique et foncière de l'occupation qui est irrégulière, et non à l'idée de provisoire ou de court terme (l'occupation peut durer plusieurs années) ni à la qualité de l'habitat. Certaines habitations sont construites en dur, quoique sommaires comme on en trouve également dans des quartiers « réguliers et formels ». Dans ces zones vit une partie assez importante de la population ayant des revenus insuffisants pour accéder aux terrains lotis. Généralement, aucun service urbain de base adéquat n'est assuré dans ces quartiers (Programme de l'Eau et de l'Assainissement; 1999).

1.4- Système d'assainissement des déchets solides et liquides de la ville d'Abidjan

En ce qui concerne la gestion des déchets solides et liquides, produits par la ville d'Abidjan, plusieurs lois et décrets existent en la matière :

i°)- La loi n°96-766 du 3 octobre 1996 portant Code de l'Environnement est un texte de portée considérable et dispose de l'ensemble des définitions des principes généraux applicables à la préservation de l'environnement en Côte d'Ivoire ;

ii°)- Le décret n°96-894 du 8 novembre 1996 : détermine les règles et procédures applicables aux études d'impact environnemental (EIE) des projets de développement ;

iii°)- Le décret n°98-43 du 28 janvier 1998 relatif aux installations classées pour la protection de l'environnement marin et lagunaire : impose des inspections périodiques réalisées par le service de l'inspection des installations classées ;

iv°)- La loi n°98-755 du 23 décembre 1998 portant Code de l'Eau précise les ressources en eau et les aménagements et ouvrages hydrauliques installés sur le domaine public, notamment les conduites d'eau, les réseaux d'égouts ;

v°)- Le décret n°99-257 du 25 mars 1999 relatif au contrat d'affermage de l'assainissement de la ville d'Abidjan entre l'Etat de Côte d'Ivoire et la SODECI pour une durée de 16 ans en vigueur depuis juin 1999, le service assuré concerne, entre autres, l'entretien et l'exploitation des réseaux et ouvrages d'assainissement et de drainage et l'encaissement de la redevance assainissement ;

vi°)- Le décret n°99-258 du 25 mars 1999 instituant la redevance assainissement pour la ville d'Abidjan.

Un Comité de suivi du contrat d'affermage a été mis en place. Il est présidé par le Ministère de la Construction et de l'Urbanisme et composé des ministères chargés de l'Environnement, des Infrastructures Economiques, de l'Economie et des Finances et le BNETD qui en assure le secrétariat technique.

De nombreux textes restent encore à élaborer, notamment les différents décrets et arrêtés d'application des réglementations sur : les normes de rejets (eau, air, déchets, sécurité), les nuisances sonores (bruits), les périmètres de protection des ressources en eau, de la taxe liée à l'examen de l'étude d'impact environnemental (cf. article 18 du décret n° 96-894 du 8 novembre 1996 et loi 96-766 du 3 octobre 1996).

1.4.1- Système de gestion des déchets liquides

L'ensemble des eaux usées produites par la ville d'Abidjan peut être classé en trois catégories essentielles : des EU domestiques constituées par les rejets de ménages (eaux de lessive, eaux de vaisselle) et les eaux vanne, des EU industrielles, des EU issues du ruissellement (macro déchets provenant des activités urbaines et périurbaines).

Deux schémas Directeurs ont été élaborés pour l'assainissement et le drainage de la ville d'Abidjan. Le premier (originel) en 1970 et le second (actualisé) en 1981, dix ans après.
La situation actuelle du système d'assainissement des eaux usées est caractérisée par une lenteur dans le processus de raccordement des ménages au réseau collectif et d'un disfonctionnement du réseau d'eaux usées. Par ailleurs, la configuration actuelle du système d'assainissement n'est conforme à aucun des deuxPlans Directeurs d'Assainissement de 1970 et 1981, même si quelques traits de similitudes existent (Dongo, 2001). Des écarts notables sont à signaler entre le système en place et les deuxPlans Directeurs.
Certaines zones en effet, ne sont toujours pas raccordées et les taux de raccordement étaient estimés à 40% en 2000 et 44% en 2005 ; alors que lePlan Directeur de 1970 prévoyait le raccordement de la totalité des zones habitées avec un taux de raccordement de 75% aux horizons 1985 ; les communes de Yopougon et de Cocody (Riviéra) n'étant d'ailleurs pas encore raccordées au collecteur de base. Contrairement au Plan Directeur de 1981 qui prévoyait la construction d'une station d'épuration à Azito (Yopougon) et à M'Pouto (Riviéra), aucune de ces stations n'est installée et la qualité des eaux de la lagune continue de se dégrader.
Enfin, la station de prétraitement prévue initialement à Port-Bouët par les deuxPlans Directeurs a été finalement réalisée à l'enracinement de la digue de Koumassi ; ce qui a évidemment entraîné la réalisation d'ouvrages supplémentaires ; le tronçon de 3 Km en « refoulement » et « la cheminée de mise en charge » de 7 m de diamètre et 12,70 m de hauteur ». La Figure 2 indique la situation actuelle en vigueur, concernant le réseau d'assainissement des eaux usées de la ville d'Abidjan

.

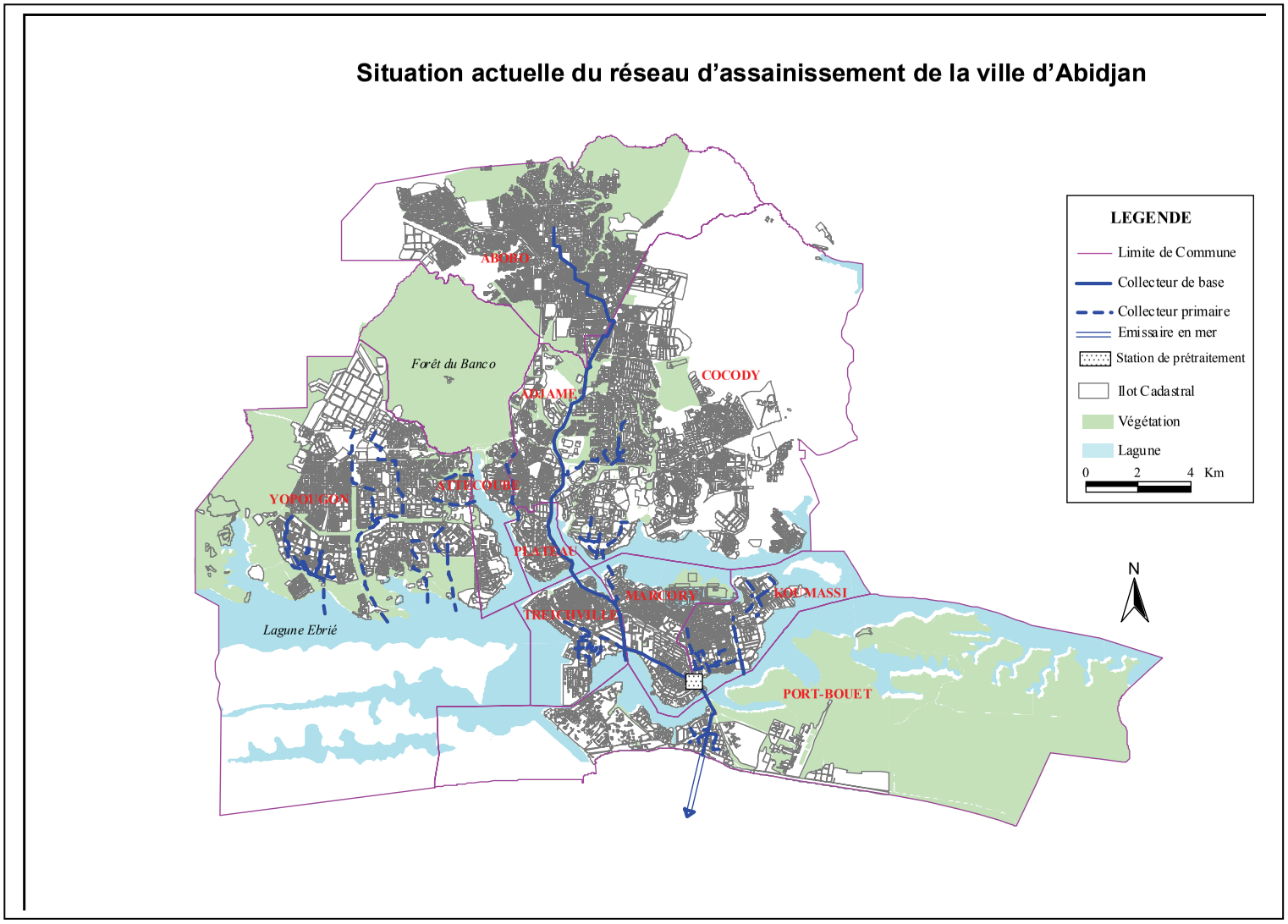


Figure2: *Configuration actuelle du réseau d'assainissement de la ville d'Abidjan*

1.4.1.1 Quantités de déchets liquides générées par la ville d'Abidjan

Actuellement, les conditions sanitaires dans la plupart des quartiers de la ville sont précaires, vu que moins de 44% des ménages disposent d'un raccordement à l'égout et l'évacuation des eaux usées s'effectuant dans des puits souvent creusés jusqu'au niveau de la nappe phréatique. Les mélanges des eaux usées et pluviales provenant des débordements des puits perdus non souvent conventionnels, qu'il est donné de constater suite à chaque pluie, entraînent des risques accrus d'épidémies.

Le collecteur de base qui est entièrement réalisé a une longueur estimée à environ 24 km dont 1,300 km environ d'émissaire en mer. La topographie du terrain a nécessité l'installation de stations de refoulement ou de relevage pour permettre d'évacuer, après un prétraitement préalable, l'ensemble des effluents jusqu'à la mer. Les raccordements des collecteurs primaires de certains quartiers au collecteur de base achevé ont été réalisés, mais les quantités de déchets encore rejetées en lagune sans traitement, demeurent préoccupantes. En effet, toute la Commune de Yopougon ainsi que la quasi-totalité des opérations immobilières de la ville d'Abidjan ne sont pas raccordées à ce collecteur de base qui permet l'évacuation des effluents en mer.

On estime à ce jour le nombre d'équivalent-habitants raccordés au collecteur de base à 594.000, soit 17% de la capacité de l'ouvrage. Les zones supposées être raccordées au collecteur de base ont actuellement, une production d'eaux usées estimée à 2,19 m^3/s et la capacité actuelle de la station d'épuration installée à l'exutoire du collecteur de base demeure 1,82 m^3/s (Dongo, 2001). Alors qu'on devrait donc avoir une surexploitation de la station, elle fonctionne toujours en deçà de son rendement. Ce qui dénote une insuffisance dans la politique de raccordement au collecteur de base.

1.4.1.2 Recommandation pour la gestion déchets liquides de la ville d'Abidjan

Les travaux entrepris par Dongo en 2001 permettent de tirer les recommandations suivantes concernant le système d'assainissement des eaux usées de la ville d'Abidjan :

i°)- remettre en état tous les ouvrages du réseau et les équipements qui sont hors services (stations de relevages et de pompages, regards d'égout, collecteurs hors d'usage ou branchement au réseaux eaux pluviales) ;

ii°)- sensibiliser les populations, quant aux différentes sortes d'eaux à verser dans chaque type de réseau et la nécessité de débarrasser ces eaux des matières solides ;

iii°)- créer une police de surveillance des réseaux pour contrôler rigoureusement les branchements d'une part, et le traitement préalable des eaux industrielles avant leur rejet dans le réseau d'égout d'autre part;

iv°)- mener une étude plus approfondie pour caractériser au mieux le système d'assainissement de la ville et la qualité de l'environnement lagunaire.

Le système d'évacuation des eaux usées ainsi décrit ne concerne pas les milieux précaires puisque absents dans les plans d'urbanisme. Ces informations concernent les quartiers lotis reconnus par l'administration. Les quartiers précaires ont le malheur d'être ignorés par l'administration. En conséquence, aucun système adéquat n'existe dans ces milieux, et dans les programmes du Gouvernement en matière d'assainissement, ces quartiers précaires ne sont pas pris en compte par les réseaux. Les eaux usées occupent les rues, les terrains vagues et les devantures des cours et sont sources de plusieurs maladies.

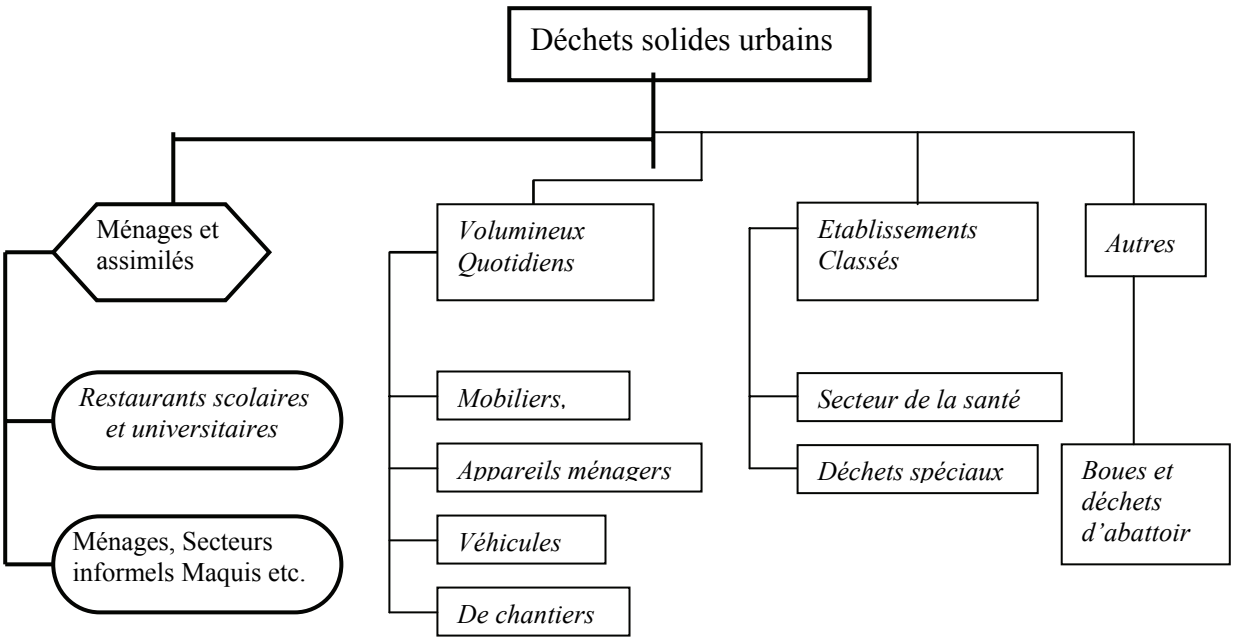
1.4.2- Système de gestion des déchets solides de la ville d'Abidjan

1.4.2.1 Types de déchets solides urbains produits par la ville d'Abidjan

Le terme déchet vient du verbe «déchoir» qui traduit la diminution de la valeur d'un bien, d'une matière ou d'un objet jusqu'au point où il devient inutilisable en un lieu et à un moment donné. Maystre (1994) et Pichat (1995) vont plus loin et pensent qu'il faut considérer les dimensions économique, juridique, matérielle et environnementale dans cette considération.

Deux notions apparaissent dans ces différentes définitions : la relativité et l'obligation d'élimination. La notion de déchet est relative, parce qu'un objet considéré comme tel en un lieu et à une période donnée peut ne pas l'être sous d'autres cieux ou dans d'autres contextes.

De toutes les composantes des déchets urbains, générés par l'agglomération d'Abidjan, nous nous intéressons à la gestion des déchets en provenance des ménages et assimilés, comme l'indique la Figure 3 ci-dessous.



NB: la branche située à l'extrême gauche avec les traits en gras constitue la préoccupation de cette étude On appelle « Maquis » les restaurants traditionnels. Ils sont beaucoup répandus dans la ville d'Abidjan

Figure 1 : *Différents types de collecte urbaine de la ville d'Abidjan.*

La collecte et l'élimination des déchets solides constituent à l'instar des villes du Tiers-monde, la plus grande difficulté que rencontrent les autorités municipales à Abidjan. En effet, il suffit de quelques pas dans les rues de la ville d'Abidjan pour rencontrer une kyrielle de décharges sauvages. Même les voies les plus achalandées n'échappent pas à cette dure réalité. La situation est encore plus alarmante dans les quartiers populaires et ceux d'habitats spontanés (quartiers précaires). La Planche 1 ci-dessous montre un dépôt sauvage dans un quartier loti de la ville d'Abidjan en 2004.

Planche 1 : *Dépôts sauvages à Yopougon SICOGI*

Actuellement en Cote d'Ivoire, du point de vue institutionnel et administratif, la gestion (collecte, ramassage, transport, valorisation, traitement et élimination) des déchets solides relève du ressort des communes ou collectivités locales (Districts, Départements et Régions), qui exercent leur fonction sous la tutelle hiérarchique du Ministère de l'Intérieur. Les lois de décentralisation de 1980, modifiées en 1985 et en 1995 définissent le principe de l'autonomie des communes et des communautés urbaines, en matière de gestion des déchets. Mais, pour les communes de la capitale économique d'Abidjan, cette mission est dévolue au District d'Abidjan. Toutefois, d'autres structures administratives interviennent dans ce domaine. Ainsi:

i°)- le Ministère de la Santé Publique est l'autorité compétente pour la gestion des déchets hospitaliers et des centres de soins sur tout le territoire national ;

ii°)- le Ministère du Commerce et de l'Industrie notamment a un rôle de conseil en matière de gestion des déchets générés par les industries ;

iii°)- le Ministère de l'environnement veille à la protection de l'environnement à travers la coordination et le contrôle des activités liées à la gestion des déchets, l'application des textes réglementaire, et la collecte de données ;

iv°)- le BNETD intervient en tant que conseil de l'administration et souvent en tant que service de contrôle (une convention la lie au District d' Abidjan) ;

vi°)- les précollecteurs et des ONG qui assurent le relais entre les ménages et les coffres ou centres de regroupement ;

vii°)- les collecteurs privés, entreprises concessionnaires qui assurent la collecte et le transfert des déchets des coffres et centres de regroupement à la décharge.

1.4.2.2 Système actuel de collecte des ordures

Deux secteurs complémentaires interviennent dans la collecte et l'élimination des déchets à Abidjan : le secteur formel et le secteur informel. Mais, compte tenu du caractère informel du second, cette complémentarité n'est que théorique (Sané, 2002). La collecte est précédée par la précollecte nécessaire pour collecter les 15 à 20 % des déchets se trouvant dans les zones inaccessibles aux engins de collectes. Cependant, cette précollecte est souvent absente, ce qui entraîne l'accumulation des ordures dans les rues. La Figure 4 ci-dessous illustre le schéma du circuit des déchets urbains solides de la ville d'Abidjan.

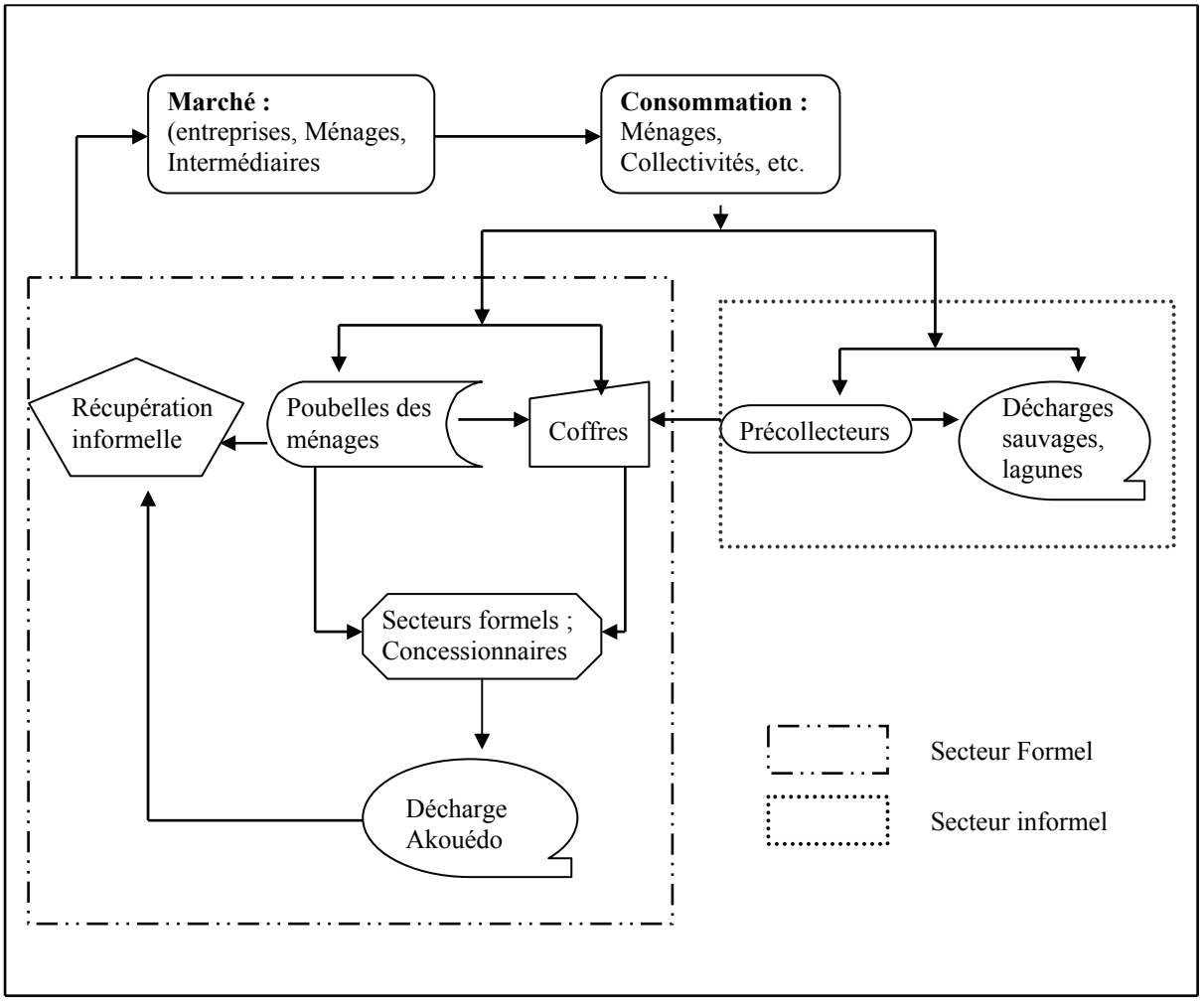


Figure 2 : *Schéma du circuit des déchets urbains solides de la ville d'Abidjan*

Collecte et transport des ordures ménagères de la ville d'Abidjan :Secteur formel

A Abidjan, la gestion des ordures ménagères n'est pas maîtrisée. Hormis les dépôts sauvages qui pillulent, une vingtaine d'entreprises non professionnelles dont les activités souffrent d'un manque de coordination, collectent et déversent sans soin les ordures ménagères dans la décharge d'Akouédo qui aujourd'hui est saturée.

La collecte des ordures ménagères a été assurée par la société ASH International entre 1992 et 1995. À la fin de l'année 1995, le parc comprenait 93 véhicules composés de tracteurs, de fourchettes, de bennes de diverses capacités, de portes coffres, de tracteurs et de remorques. De ces 93 véhicules, seul le tiers (1/3) fonctionne (Mairie d'Abidjan : Direction de l'Environnement, 1995). Ce nombre réduit du matériel d'exploitation constitue un des facteurs de la problématique de la salubrité de la ville d'Abidjan. Au premier trimestre de 1997, ASH a réussi à collecter 88% des ordures, soit 2,300 t/j (Mairie d'Abidjan : Direction de l'Environnement, 1998).

Cependant, ASH International a rencontré les problèmes suivants au niveau de la collecte :

i°)- la fréquence journalière et la régularité des enlèvements des ordures ne sont pas respectées. Les ordures séjournent dans les poubelles ou les coffres à ordures plus de 48 heures. Cela favorise la constitution de dépôts sauvages ;

ii°)- les coffres à ordures sont en nombre très insuffisant ;

iii°)- certains camions ne sont pas munis de filets, ce qui entraîne le déversement des ordures sur la voie publique, lors du transfert vers la décharge ;

iv°)- les heures de collecte ne sont pas connues par la population ;

v°)- les éboueurs déplacent et abîment les coffres à ordures lors de leur manipulation ;

vi°)- les circuits de collecte ne couvrent pas tous les niveaux des quartiers, de même que les quartiers à voies étroites ;

vi°)- le non paiement très souvent du personnel.

En 1998, ASH International a lancé le système de collecte par sacs poubelles. Cette initiative n'a pas pu se développer, à cause des prix trop élevés des sacs et du manque de préparation et de sensibilisation de la population. Face à ces problèmes, la Ville d'Abidjan (actuellement District d'Abidjan) a commis d'autres opérateurs (LASSIRE, Clean BOR, etc.), aujourd'hui au nombre de 18, à la collecte des ordures ménagères. Ces opérateurs qui constituent les intervenants directs et formels sur le terrain, effectuent leurs circuits au moyen de camions

« porte-coffre » pour certains, de camions benne de location pour la plupart, et plus récemment, avec des « camions tasseurs » d'occasion importés d'Europe.

Chaque concessionnaire intervient dans une ou plusieurs communes bien précises où il a acquis le marché par un processus d'appel d'offre. Par contre, les prestations du concessionnaire sont récompensées par le District, au prorata du tonnage d'ordures collecté par mois et acheminé à la décharge d'Akouédo. Ainsi, chaque commune est sommée de verser mensuellement une enveloppe au District d'Abidjan chargé de faire l'arbitrage et le paiement des concessionnaires. La valeur de l'enveloppe est bien sûre fonction de la taille de la commune et de l'importance des déchets générées.

L'entrée en scène de ces nouveaux opérateurs a permis de rehausser la salubrité de la ville à un niveau acceptable. De nombreuses insuffisances restent cependant à combler :

Les camions utilisés par la plupart des nouveaux opérateurs ne sont pas adaptés à la collecte des ordures ménagères. Ils circulent quelques fois sans filet, provoquant ainsi l'envol des déchets. N'étant pas étanches, ils laissent suinter le lixiviat tout le long de leur parcours.

À partir de la collecte des ordures provenant des tas formés çà et là, dans différents quartiers, sont créés des centres de regroupement où s'effectue le chargement des camions bennes. Cette méthode de collecte pratiquée par les nouveaux opérateurs, laisse toujours une impression d'insalubrité aux centres de dépôts, même débarrassés de leurs ordures qui, il faut le noter, se reconstituent 24 ou 48 heures après.

Avec ce système de collecte, de nombreux quartiers, surtout les nouveaux, qui disposent pourtant de rues bitumées, ne sont desservis que par les précollecteurs. Soumis à des tarifs forfaitaires variant entre 1 000 et 1 500 F CFA/mois, les ménages concernés sont amenés à payer deux fois le même service (qu'ils payent déjà à travers la TEOM).

Il faut noter, par ailleurs, que la multiplication des nouveaux opérateurs est source de conflits entre les différents acteurs de la filière. Plusieurs incidents entre les agents de ASH International Disposal et ceux des autres sociétés ont été déplorés à la suite de « vols » de dépôts d'ordures (constitués par certains opérateurs et enlevés par d'autres). Ces incidents ont souvent entraîné des dégâts matériels importants.

Précollecte des ordures ménagère à Abidjan : Secteur informel

Les acteurs du secteur informel sont les ménages et les précollecteurs. Les premiers sont les principaux générateurs de déchets. Ils en disposent de quatre façons :

i°)- soit ils les stockent dans des poubelles en attendant le passage des véhicules de ramassage ;

ii°)- soit ils vident les poubelles une fois pleines dans des coffres à ordures installés à des endroits précis par le concessionnaire ;

iii°)- soit ils payent les précollecteurs pour les enlever ;

iv)- la dernière et ultime façon est de s'en débarrasser où l'on peut (terrains vagues, ravins, caniveaux, ou lagune).

Les seconds sont de simples particuliers ou des individus regroupés en coopérative (Sané, 2002). Ils travaillent souvent à leur compte et sont payés à l'acte par les ménages avec lesquels ils sont liés parfois par un contrat verbal. Les précollecteurs se débarrassent des déchets collectés où ils peuvent (coffres, ravins, terrains vagues, lagune, etc.). Dans ses conditions, ils ne sont soumis à aucune règle ou à aucun règlement. Ils sont très souvent en conflit avec le concessionnaire qui, rémunéré au tonnage, les accuse de le priver d'une partie de son revenu.

Les précollecteurs sont dans certains cas liés, dans un système tripartite à la municipalité et aux concessionnaires ; comme c'est le cas de la commune de Yopougon. Dans ce cas, le concessionnaire pourvoie des coffres qu'il installe dans des endroits stratégiques, accessibles aussi bien aux précollecteurs qu'aux camions de ramassage des ordures. Les municipalités, quant à elles, octroient à leurs partenaires les moyens matériels de précollecte tels les tracteurs artisanaux motorisés, les charrettes munies de roues, les brouettes, les pelles, etc. La rémunération des précollecteurs est faite par le concessionnaire, en fonction du remplissage du coffre. Sur cette rémunération, un pourcentage est déduit par la municipalité, pour couvrir les frais de réparation du matériel de précollecte.

Du point de vue organisationnel, la précollecte actuelle relève de coopératives, d'associations de jeunes, des GVC (Groupements à Vocation Coopérative) ou d'individus qui le font à titre privé et de manière informelle. Dans la majorité des cas, les précollecteurs se font enregistrer dans les différentes communes. Ils disposent de moyens très modestes, qui se résument à des charrettes à deux ou trois roues à traction humaine, brouettes, pelles, râteaux, fourches, gants, cache-nez et quelques rares fois, une tenue de travail.

Le financement initial de ces PME de précollecteurs est essentiellement constitué d'apport personnel du ou des fondateurs. Puis, vient s'ajouter la contribution des ménages par le paiement des prestations des services des précollecteurs. La rémunération se fait en fonction de la capacité des poubelles et des communes. Ainsi, les poubelles de 3 à 15 kg sont payées

en moyenne à 25 FCFA, celles de 15 kg à 40 kg à 50 FCFA, et celles de 40 kg et plus sont enlevées à 100 FCFA (Sané, 2002). Ces coûts ne sont pas fixes, il est toujours possible de marchander le prix du service.

Dans certains cas, les précollecteurs sont rémunérés pour un plus grand volume tels que des coffres de 18 m^3 pour un montant de 40 000 FCFA (le Salaire Minimum Interprofessionnel Garanti est fixé à 35 000 FCFA par mois en Côte d'Ivoire). Et dans ce cas, plusieurs ménages se mettent ensemble et prennent un engagement avec un groupe de précollecteurs. Dans certaines communes comme Cocody, ils bénéficient de subventions de la commune et de dons.

Dans la majorité des cas où les précollecteurs ne sont pas liés au concessionnaire, ils ne sont pas tenus de mettre les ordures de leur précollecte dans les coffres à ordures du concessionnaire. Ils les jettent où ils peuvent et certains d'entre eux ne limitent pas leurs actions dans les zones à accès difficile. Cette situation porte préjudice au concessionnaire qui est rémunéré au tonnage de déchets collectés. Face à cette situation, les différents opérateurs économiques du domaine se sont vus obligés, à un moment donné, de préparer une plate-forme, en vue d'une négociation concertée avec les précollecteurs.

Avec ce concours que les précollecteurs et groupements à vocation coopérative (GVC) apportent aux collectivités, les défaillances du système sont quelques peu atténuées. Ils investissent les champs de compétence du concessionnaire, mais également des municipalités. Aussi, mis à part l'enlèvement des ordures, ils forment des brigades de sécurité dans certaines communes et participent ainsi au processus de leur sécurisation.

Les tentatives de démocratisation de la vie politique en Côte d'Ivoire ouvrent ainsi la ville d'Abidjan à tous les acteurs du jeu local, organisés en associations de services et d'intérêt local. La consolidation de ces organisations ne peut être que bénéfique pour une implication plus grande des populations dans la gestion de leur cité.

On peut se rendre compte que les coffres à ordures sont utilisés aussi bien par les ménages que par les précollecteurs. En effet, la déficience de la ville d'Abidjan, en infrastructures et particulièrement en voies carrossables, oblige le concessionnaire à adopter des stratégies adaptées aux conditions de terrain. Ainsi, pour collecter les ordures ménagères générées par les zones inaccessibles aux véhicules de ramassage, des coffres sont installés sur des sites qui leur sont accessibles. Et, les populations des dites zones viennent y verser leurs ordures. Des coffres sont déposés également dans les marchés, les établissements scolaires, près des restaurants universitaires, des hôtels et certains magasins de grandes surfaces pour recueillir

les ordures. S'il est vrai que ce système permet de résoudre un certain nombre de problèmes pratiques dans l'activité de la collecte et de la précollecte des ordures ménagères de la ville d'Abidjan, il n'en demeure pas moins que les coffres causent beaucoup de désagréments aux citadins de la ville. Ces désagréments se résument en l'irrégularité de vidanges des coffres et les odeurs qui en résultent, la prolifération des mouches et moustiques, la pollution environnementale, la prolifération des maladies hydriques, la perte de caractère esthétique des quartiers, l'encombrement des voies publiques, des marchés, l'encombrement de la voirie automobile; plusieurs accidents de circulation sont causés par la présence à Abidjan des coffres disposés sur les trottoirs et qui empêchent une bonne visibilité des automobilistes.

Par ailleurs, la collecte des ordures fait intervenir plusieurs éléments qui sont liés : les horaires de collecte, la standardisation des récipients, les véhicules de collecte, les équipes de ramassage, l'organisation institutionnelle du service et son financement. Il est clair que dans cette structuration, la faiblesse ou l'absence d'un de ces éléments en désorganise le fonctionnement de tout le système. A Abidjan, les grèves répétées des concessionnaires et parfois des précollecteurs y ont souvent causé beaucoup d'ennuis.

Les zones d'habitats précaires et leurs voies non carrossables posent des problèmes d'accessibilité, ajouter à cela l'insuffisance des véhicules des concessionnaires, ces deux facteurs rendent impossible la couverture totale de la ville. Il faut souligner également l'inadéquation des véhicules au milieu abidjanais. Même dans les zones loties et formelles, avec la pluviométrie élevée d'Abidjan, il est fréquent de rencontrer les véhicules de collecte avec leur cargaison de déchets embourbés pendant la saison pluvieuse sur les routes non asphaltées. Les conséquences de cette situation sont que des quartiers entiers surtout parmi les plus populeux des communes populaires comme Koumassi Abobo et Yopougon, ne sont pas couverts par les services de concessionnaires. L'occupation anarchique du sol dans les quartiers précaires rend difficile l'accès à ces lieux surtout pendant les moments pluvieux.

Malgré le côté cocasse de cette situation, il faut reconnaître que le système actuel de collecte exige une refonte complète.

1.4.2.3 Système actuel de traitement des déchets solide à Abidjan

Les déchets collectés dans la ville d'Abidjan, sont mises en décharge (enfouis) à la décharge d'Akouédo l'unique décharge de la ville. Cette décharge est située dans une zone périurbaine à quelques kilomètres du centre-ville, près du village Ebrié dont elle porte le nom. Elle se trouve ainsi à 14 km du poste de transfert de Williamsville en direction de Bingerville, à 0,6 km au Sud de la route nationale 105. Localement, la décharge d'Akouédo est située entre le camp militaire d'Akouédo à 1 km à l'Ouest et le camp Attié, à 0,6 km à l'Est.

La décharge occupe un thalweg dont le drainage naturel se fait vers la lagune Ebrié à environ 3 km. La décharge d'Akouédo se situe dans une zone de ravinements d'orientation nord-sud qui draine dans une anse de la lagune Ebrié. Ces ravins entaillent les formations géologiques du Tertiaire continental. Ils ont une profondeur qui varie entre 20 et 40 mètres. Ces formations sont caractérisées par des sédiments sablo argileux très épais dont la structure lenticulaire montre des couches minces possédant une granulométrie très variée. Du point de vue hydrogéologique, la décharge se trouve en aval d'un important réservoir aquifère à forte anisotropie. Au niveau même de la décharge, la nappe se trouve à une profondeur moyenne de 20 m sous le point topographique le plus bas. La Figure 5 indique la situation géographique de la décharge d'Akouédo à Abidjan.

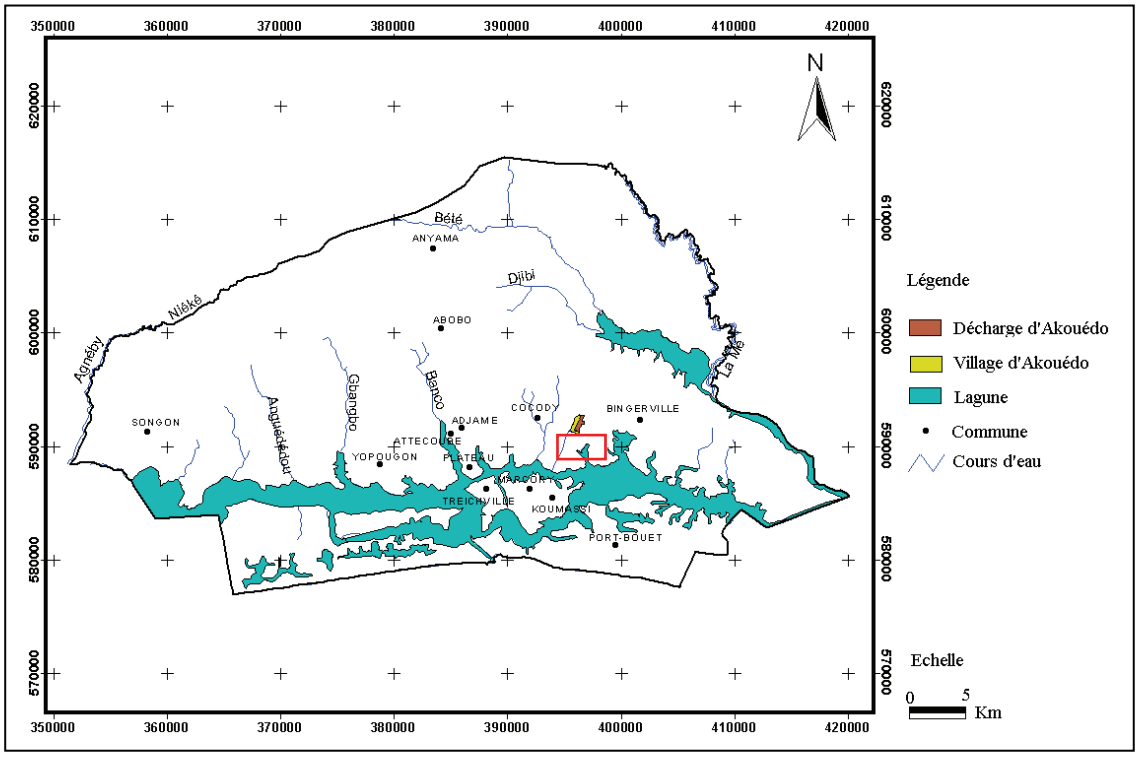


Figure 5 *: Situation géographique de la décharge d'Akouédo (kouamé, 2003)*

Le choix de ce site a été guidé par des considérations économiques. La gestion de la décharge est confiée à une société privée : la Motoragri (actuellement LEV). Akouédo reçoit sans discernement tous les déchets ménagers, industriels et autres de la ville y compris les déchets chimiques, toxiques, inflammables, biomédicaux. Le contrôle des déchets, qui se limite à la pesée, se fait à l'entrée simultanément par les agents du District d'Abidjan, du Bureau National d'Etude Techniques et de Développement (BNETD) et du Ministère de l'Environnement et du Cadre de vie (MECV). Ce contrôle ne prend donc pas en compte le type de déchets transportés comme cela se fait ailleurs.

Dans la décharge d'Akouédo, on procède à un contrôle des déchets à l'entrée de la décharge. Ce contrôle comprend l'origine des déchets (provenance des camions), leur quantité (pesée) et leur nature, sur une base quantitative seulement. Le site d'Akouédo est actuellement exploité à partir de deux quais de déchargement desquels les camions déversent les ordures dans le ravin. Les déchets sont ensuite étalés avec des bouteurs. Il s'agit donc d'une décharge semi-compactée, n'utilisant pas de matériaux de recouvrement. Cette façon d'enfouir les déchets favorise en surface une fermentation aérobie qui entraîne une stabilisation rapide des déchets et la pousse accélérée d'une couverture végétale naturelle.

Jusqu'à ce jour, la décharge d'Akouédo est le seul Centre d'Enfouissement Technique (CET) pour la Ville d'Abidjan. La totalité des déchets collectés aboutit dans ce site. Cependant, seulement moins de 60 % des déchets sont collectés par les divers services de collecte dans la ville d'Abidjan.

Néanmoins, quelques problèmes restent sans solution, notamment la collecte et le traitement des lixiviats qui présentent un niveau de pollution élevé (Kouassi, 2005), la pollution des eaux de surface par les lixiviats, la clôture de la décharge et l'impact de la décharge sur le cadre de la vie des populations riveraines. A ce niveau, face au nombreux ennuis causés par la décharge, l'on a enregistré plusieurs mouvements de grèves et marches de protestations des populations du village d'Akouédo pour demander des mesures d'accompagnement, voire la fermeture systématique de la décharge. D'ailleurs, en 2005, suite à une manifestation de mécontentement des populations du village d'Akouédo à ce propos, le Président de la République leur avait offert une enveloppe de 100 000 000 FCFA pour calmer les esprits.

Pour ce qui concerne les nuisances engendrées par la décharge d'Akouédo, il en existe plusieurs :

i°)- d'abord les odeurs nauséabondes ; la décharge d'Akouédo constitue une source

d'émissions d'odeurs nauséabondes, ce qui représente une importante gêne pour les populations du quartier de la Riviéra, de la commune de Bingerville et surtout du village d'Akouedo ;

ii°)- la circulation; le trafic et le transit liés à la collecte des ordures ménagères jusqu'à la décharge d'Akouédo représentent une gêne insupportable par les riverains ; car, le transport n'est pas réglementé (état mécanique médiocre des camions, klaxons intempestifs, vitesse incontrôlée, émission de gaz d'échappement, salissures des voies publiques, absence de filet). Ces pratiques génèrent de nombreuses nuisances dont l'insomnie, l'anxiété et les accidents de la circulation ;

iii°)- la prolifération d'animaux sauvages; l'absence de couverture de la décharge en matériaux inerte, attire de nombreux animaux nuisibles sur la décharge (rats, oiseaux, insectes, prolifération de mouches, moustiques, souris) qui sont de potentiels vecteurs de maladies ;

iv°)- la pollution des eaux ; les effluents de la décharge sont directement déversés dans la lagune Ebrié située à environ seulement 3 Km de la décharge sans traitement préalable. Cette décharge constitue aujourd'hui un important facteur de source de pollution de ce milieu récepteur ;

v°)- l'intoxication humaine (fumées et gaz), celle des plantes cultivées dans les environs immédiats ;

vi°)- pertes de vies humaines dans les fournaises ardentes mouvantes (flux souterrains) ;

vii°)- de nombreux déchets rejetés dans la décharge reviennent en ville à travers les récupérateurs de déchets. Ceux-ci gagnent leur pain quotidien au fruit de cette activité de même que les petits ramasseurs d'argent dans les déchets qui gagnent 3 à 400 FCFA par jour.

Les travaux de Kouassi (2005) concernant, la caractérisation physicochimique du lixiviat de la décharge d'Akouédo et des eaux souterraines, permettent de connaître la composition physico-chimique et microbiologique de celui-ci (Tableau I). Les ions contenus dans le lixiviat de la décharge proviennent essentiellement de la minéralisation de la matière organique et du lessivage des sels solubles contenus dans les déchets.

Tableau I *: Composition physico-chimique et microbiologique du lixiviat de la décharge d'Akouédo (Kouassi 2005)*

Paramètres	Min	Max	Moyenne	Ecart type
Température °c	33,70	39,50	35,67	3,32
pH	7,81	8,11	7,95	0,15
Conductivité µS/cm	375	7700	3722,33	3702,96
M.E.S mg/l	187,33	1784	951,78	800,49
DCO mg O_2/l	956,90	2189,3	1382,07	699,42
DBO_5 mg O_2/l	382,80	782	561,6	202,83
DBO_5/DCO	0,36	0,52	0,43	0,08
Oxygène dissous mg O_2/l	0,24	0,33	0,29	0,06
NTK mg/l de N	15,35	1954	824,78	1008,11
Eh mV	-68	-57	-63,33	5
PO_4^3 mg/l	11	60,4	29,68	26?52
SO_4^2 mg/l	35	2407,10	963,37	1267,27
Na mg/l	79,80	1520	648,84	766,16
Ca mg/l	34,6	54,12	46,57	10,48
Cl mg/l	34,02	46,15	41,06	6,29
TDS mg/l	26,52	1252	528?51	641,63
NO_2 mg/l	0,04	8	3,21	4,22
NO_3 mg/l	40	114	71,67	38,14
Mg mg/l	13,07	54	31,38	20,80

Du point de vue recyclage et de la valorisation des déchets, des formes de valorisation ont lieu à partir des ménages (bouteilles en verre et PVC, tissus, chaussures usagées) et sur le site de la décharge (papier, cartons, plastique, verre, métaux…). Cette activité reste encore la priorité du secteur informel. La forme de recyclage la plus spectaculaire aujourd'hui à Abidjan et qui demeure toujours dans l'informel est la récupération des matériaux sur la décharge d'Akouédo. En effet, la décharge est le siège d'une intense activité de récupération de matériaux divers. Une centaine de personnes en provenance de toutes les communes de la ville, se livrent à cette tâche sur l'ensemble des deux quais de la décharge. Ces récupérateurs sont des hommes et des femmes de conditions modestes. Les enfants mineurs viennent aussi grossir leur nombre. La récupération se réalise dans des conditions d'hygiène très précaires (Planche 2).

Planche 2*: Activité de récupération de matériaux sur la décharge d'Akouédo*

Le système de récupération des matériaux se présente apparemment comme une filière bien organisée. La vente de certains produits de récupération peut se réaliser sur le site de la décharge. D'autres matériaux en fer, aluminium, etc. ; sont, soit acheminés vers des acheteurs particuliers bien répertoriés qui les achètent au prorata du poids et de la qualité de la marchandise ; soit transportés directement au port pour y subir le même sort.

Quant aux déchets (matériaux) plastiques, ils sont préférentiellement vendus à d'autres particuliers exerçant sur l'aire de la zone industrielle de Yopougon. Ces derniers, après les avoir achetés, les nettoient dans l'exutoire des rejets des effluents des usines (Planche 3), avant de les revendre aux industriels. A ce niveau, la valeur du prix de la marchandise est plutôt gouvernée par la qualité du matériau.

Planche 3 *: Valorisation informelle des déchets : « Laveurs de plastiques » à Yopougon*

1.4.2.4 Nouvelle stratégie de gestion des déchets

Pour assurer une meilleure gestion des déchets, le gouvernement ivoirien a élaboré une nouvelle stratégie et un programme national pour la gestion durable des déchets en Côte d'Ivoire.

La nouvelle stratégie vise à mettre en place un système de gestion durable des déchets solides pour l'ensemble des districts, villes et communes de Côte d'Ivoire. Elle est basée sur les éléments suivants.

i°)- le concept de gestion globale qui assure la protection de l'environnement et l'amélioration du cadre de vie ;

ii°)- des orientations techniques qui minimisent les coûts d'investissement et d'exploitation ;

iii°)- des mécanismes de mobilisation de ressources financières additionnelles ;

iv°)- la mise en place d'un comité national de coordination, de contrôle et d'évaluation ;

v°)- la participation des populations et du secteur privé.

L'analyse de l'application de cette nouvelle stratégie sur le terrain nous permet de faire les remarques suivantes :

i°)- a*u niveau institutionnel* : Les acteurs ne s'accordent pas sur leurs missions respectives d'où des conflits de compétences entre les communes, le District d'Abidjan et le Ministère chargé de l'environnement. On notera qu'il y a quelques temps, Abidjan est resté sans service de collecte des ordures ménagères pendant près de 3 semaines. Chacune des autorités se rejetant la faute. Les acteurs privés (sociétés commises à la tâche) manquent de moyens financiers, le matériel est inadapté et le personnel technique n'est pas suffisamment qualifié ;

ii°)- *au niveau financier* : Les ressources financières dégagées ne sont pas maîtrisées ou insuffisantes. Les retards de paiement des prestations entravent le bon fonctionnement du service public entraînant ainsi des ruptures ;

iii°)- *au niveau des contrats* : Ces derniers sont de courte durée (maximum 6 mois) et ne permettent pas des financements sur le long terme. Les cahiers des charges restent assez sommaires et ne garantissent pas la qualité du service ;

iv°)- *au niveau du contrôle* : Celui-ci est effectué en régie et présente de nombreuses faiblesses, notamment la corruption qui a un impact sur les coûts qui sont largement supérieurs au niveau du service ;

v°)- *au plan réglementaire :* La stratégie elle-même n'a pas un caractère obligatoire. L'absence de décrets d'application des différentes lois rend difficile la gestion des ordures ménagères ;

vi°)- *s'applique-t-elle aux quartiers précaires* ?: La stratégie est supposée s'appliquer à tout le territoire national et donc bien sûr à tout le District d'Abidjan. Mais, dans les faits les quartiers précaires et spontanés restent mal desservis par ce service public (accès, approche non adaptée, manque de priorité pour les autorités).

1.5- Conclusion partielle

De nombreuses insuffisances existent dans la gestion des déchets solides et liquides de la ville d'Abidjan. Malgré les efforts entrepris dans le secteur, tant au niveau de la planification que dans les actes visant à corriger les dérives de l'existant, les problèmes persistent. La présence de nombreux concessionnaires intervenant sur le terrain ne résout guère le problème. L'impact du phénomène se trouve accentué par les grèves fréquentes des sociétés concessionnaires qui, très souvent sont soumises à des retards de paiement de la part des autorités administratives. Abidjan est plusieurs fois resté des semaines sans que les ordures ne soient collectées. La situation est particulièrement préoccupante au niveau des quartiers précaires où les systèmes sont quasi absents. Les eaux usées et les ordures ménagères occupent les rues, les terrains vagues et les devantures des cours et sont sources de plusieurs nuisances. Ces quartiers précaires restent mal desservis, malgré le concours des précollecteurs, par le service public à cause des problèmes d'accès, d'approche non adaptées et du manque de priorité pour les autorités. Les textes élaborés dans le cadre de la nouvelle stratégie de gestion durable des déchets urbains par le Gouvernement, a du mal à fonctionner correctement à cause des problèmes rencontrés au niveau de leur application. Dans cette situation, ce sont plutôt les quartiers précaires pauvres qui subissent beaucoup plus le fardeau de cette insuffisance. Ceux de la commune de Yopougon, la plus peuplée de toutes les communes de la ville, ont été choisis pour analyser la situation en vu de proposer des solutions applicables aux milieux défavorisés

CHAPITRE 2: CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET SOCIO-ENVIRONNEMENTALES DE LA ZONE D'ETUDE

2.1- Introduction

Le but de ce chapitre est de faire une analyse descriptive des caractéristiques physiques et socio-environnementales de la zone d'étude. Cette investigation vise d'abord une meilleure connaissance du milieu physique de l'espace d'étude et permettra ainsi de rendre compte des limites géographiques, de la géomorphologie, de l'hydro climatologie et de la géologie. La mise en relief et la compréhension de ces éléments caractéristiques sont importantes pour aborder les aspects relatifs à la gestion du drainage urbain. Ces aspects physiques interviennent dans la l'optimisation et la conception des modèles de simulation de la dynamique pluviométrique d'une part, et la caractérisation des géorisques urbains d'autres part. Ensuite, des analyses sur la gestion des déchets solides et liquides notamment, la situation concernant les quantités de déchets produits et le taux de collecte de ces déchets, seront effectuées.

2.2- Approche méthodologique

2.2.1- Recueil des informations de base

L'étude commence par une synthèse bibliographique. La documentation a ciblé les ouvrages (Mémoires de recherche, études de cas, rapports d'étude, revues et journaux scientifiques, informations tirées de l'Internet, etc.) en rapport avec le thème et la zone d'étude.

La deuxième activité de l'étude a consisté en des observations de terrain pour mieux apprécier le comportement des phénomènes et l'état de l'assainissement dans la zone d'étude. Les spécificités de la zone d'étude ont été mises en évidence et la base méthodologique a été complétée et actualisée. Ensuite, les structures et services dont les activités se rapportent à notre thème de recherche ont été répertoriés, recensés et visités. Les structures comme le Bureau National d'études Techniques et de Développement (BNETD), le service assainissement du Ministère de la Construction et de l'Urbanisme (MCU), les services techniques du District d'Abidjan et de la municipalité de Yopougon etc. ont été alors visités pour collecter les informations sur la gestion des déchets solides et liquides dans la ville d'Abidjan.

Des observations de terrain ont concernés la collecte et l'acquisition d'informations relatives aux caractéristiques des réseaux de drainage des eaux usées et pluviaux existants et aux pratiques de collecte et d'évacuation des déchets solides.

2.2.2- Choix des stations de mesure des données pluviométriques

Plusieurs stations de mesures existent dans l'agglomération d'Abidjan. Ces stations ne sont toutes en même de fournir des informations permettant des investigations pertinentes dans la simulation de la dynamique pluviométrique qui respectent les normes internationales de l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM). De ce fait, un certain nombre de critères ont prévalu dans le choix de la station d'observation :

i°)- disposer d'une information pluviométrique fiable ;

ii°)- tenir compte de la position géographique de la station par rapport à la zone d'étude ;

iii°)- disposer d'une série couvrant la période la plus longue.

Les stations pluviométriques d'Abidjan Cocody, d'Abidjan Port et d'Alépé d'une part et les stations pluviographiques d'Abidjan service hydraulique, d'Abobo et de Yopougon Attié d'autre part, ne répondent pas à ces critères, car disposant de données de courte durée. La station d'Abidjan Aéroport, dont les données sont fournies par la SODEXAM, répond le plus à ces critères. Cette station a donc été choisie dans le cadre de cette étude. Ce choix est d'ailleurs conforté par une étude menée par BCEOM en 1982, qui avait jugé crédibles les relevés de la station Aéroport d'Abidjan ainsi que ceux de la station de Banco. Les mêmes travaux du BCEOM ont indiqué une similitude entre la pluviométrie journalière sur Abidjan Aéroport (située dans la commune de Port-Boüet) et le Banco (situé dans la commune de Yopougon). La station de Banco ne dispose cependant, pas de données récentes. De toutes les stations existantes, seules la station d'observation d'Abidjan Aéroport, exploitée par la SODEXAM, demeure toujours fonctionnelle. Les pluviomètres installés au niveau de cette station météorologique ont été remplacés par des pluviographes en 1951.

Les données récoltées de la station Abidjan Aéroport ont donc servi d'une part, à l'étude des saisons et des grandes variations climatiques et d'autre part, aux essais de simulation de la dynamique pluviométrique dans la région d'Abidjan.

2.2.3- Technique de mesure de la pluviométrie

La station pluviométrique d'Abidjan Aéroport située à l'aéroport International Félix Houphouët Boigny (5°15''N, 3°36''0 et 7 m d'altitude) dans la commune de Port Bouét..Des données climatologiques, en particulier les valeurs mensuelles des précipitations couvrant la période 1936-2000, ont pu être trouvées, ainsi que les comportements temporels des différentes précipitations de la période de 1956 à 200. Ces données ont été indispensables dans l'étude des variations climatiques et des simulations pluviométriques.

2.2.4- Méthode de détermination des quantités de déchets produits à Abidjan

Les quantités d'eaux usées générées par la ville d'Abidjan ont été évaluées par la synthèse des travaux récents traitant de cet aspect. En revanche, l'évaluation des quantités de déchets solides a connu une démarche de traitement statistique. L'évolution de la production des déchets par commune a pu être appréciée ces six dernières années sur la base du ratio moyen de la quantité de déchets par habitant (1,04 kg/hab/jour), en rapport avec l'évolution de la population par commune. En effet, les taux de croissance par commune, évalués pour la période 1988-1998 au regard des recensements de la population à ces dates, reflètent mieux, selon Dongo (2001), l'évolution future des populations des différentes communes de la ville d'Abidjan pour la décennie 2000-2010. Ainsi, avec les données RGPH de 1988 et de 1998 (INS, 2001) les taux de croissance des différentes communes ont été calculés selon la formule : $r = \left(\frac{P_n}{P_m}\right)^{\frac{1}{n-m}} - 1$ (Eq. 2.1) ; et la population aux différents horizons a été estimée par la relation : $P_n = P_m (1 + r)^{(n-m)}$ (Eq. 2.2) ;

où P_n est la population à l'année n, P_m celle de l'année m et r est le taux de croissance de la population entre l'année n et l'année m. Dans ce cas, les indices n et m prennent les valeurs suivantes: n = 1998 et m = 1988 pour le calcul du taux de croissance ; par contre, pour l'estimation de la population aux différents horizons, l'indice n prend la valeur de l'année pour laquelle on estime la population. Les populations par commune de la ville d'Abidjan ces six dernières années, ont pu être estimées par cette relation. En appliquant ainsi la relation de la production de déchets par jour et par habitat (1,04 kg/hab/j) (Sané, 2002) et rapporté à

l'année, on obtient les différentes quantités de déchets générées par les différentes communes à différents horizons.

2.2.5- Méthode de détermination du taux de collecte des déchets produits

Au regard de ces différentes données, il a été possible d'apprécier le taux de collecte dans chacune des 10 communes de la ville d'Abidjan. Cependant, il convient de faire certaines observations, quant aux données à prendre en compte dans l'établissement du taux de collecte des communes et de la ville d'Abidjan :

i°)- les communes du Plateau et d'Adjamé ne seront pas prises en compte dans cette démarche. En effet, ces deux communes sont des lieux de commerce intense et la plupart des déchets collectés, proviennent des marchés. Les déchets produits et collectés dans ces lieux ne sont donc pas étroitement liés à la population qui habite ces quartiers. La production des déchets du marché est la contribution des personnes venues d'ailleurs ;

ii°)- la commune de Port-Bouêt également ne sera pas prise en compte dans cette évaluation. Cette commune a la particularité d'abriter la zone de l'abattoir de la ville d'Abidjan. Les déchets de l'abattoir pèsent pour peu de volume et ne sont d'ailleurs pas produits par les habitants de ladite commune. Or, ces déchets font partie de ceux collectés et transférer à la décharge. Hormis ces deux observations, les déchets des autres communes sont de bons indicateurs et participeront donc à l'évaluation du taux de collecte. Les estimations prennent en compte les quantités de déchets produits par commune par année et rapportées aux quantités de déchets collectées (fournies par le service environnement du District d'Abidjan).

2.3- Résultats, interprétations et discussions

2.3.1- Limites géographique de la zone d'étude

Le secteur d'étude appartient à la ville d'Abidjan, capitale économique de la Côte d'Ivoire, située au Sud du pays. L'agglomération d'Abidjan est comprise entre les latitudes 4°10 et 5°30 Nord et les longitudes 3°50 et 4°10 Ouest. Cette agglomération dont les projection en 2005 prévoyait une population de plus de 4 millions d'habitants (Dongo, 2001), s'étend sur une superficie totale de 57735 ha dont 8981 ha de lagune, soit 16% de la superficie totale et 48754 ha de terre ferme, soit 84% de la superficie totale.

Depuis 1978, la ville d'Abidjan est composée de dix communes différentes en superficie et en mode d'occupation du sol. Abidjan connaît une urbanisation conséquente et rapide que reflètent la transformation des quartiers les plus centraux (Treichville, Koumassi, Plateau) et l'extension des zones périphériques (Yopougon, Abobo, Cocody, Port-Bouët). Cette extension occasionne une grande dispersion de l'occupation du sol par les communes.

La commune de Yopougon est limitée au Nord par la forêt du Banco, au Sud par la lagune Ebrié, à l'Est par la commune d'Attécoubé et à l'Ouest par la commune de Songon. A l'instar des différentes communes de la ville d'Abidjan, la commune de Yopougon abrite de nombreux quartiers précaires aux conditions de vie déplorables.

Les derniers recensements de la population et de l'habitat, respectivement celui de 1988 et celui de 1998, révèlent que ces quartiers d'habitats précaires abritent une part importante de la population de la ville d'Abidjan, même si les données disponibles actuellement ne permettent pas de cerner avec précision ce phénomène d'habitats précaires, généralement lié à la pauvreté (INS, 1998).

L'atelier d'Urbanisme du BNETD tenu en 1990, a permis de trouver une définition à ce que l'on entend par quartiers précaires à Abidjan, et de lever toute confusion entre quartiers spontanés, quartiers précaires et bidonvilles. Selon les conclusions de cet atelier, l'habitat précaire se définit par une absence de statut légal d'occupation du sol et par une absence de plan de lotissement approuvé. Sous ce vocable donc d'habitats précaires, on trouve des tissus urbains fort différents qui vont des bidonvilles (très denses) aux structures à caractère villageois (BNETD, 1992). La figure 6 montre la répartition des quartiers précaires dans la ville d'Abidjan tels que répertoriés lors des enquêtes de terrain réalisés en 2002.

.

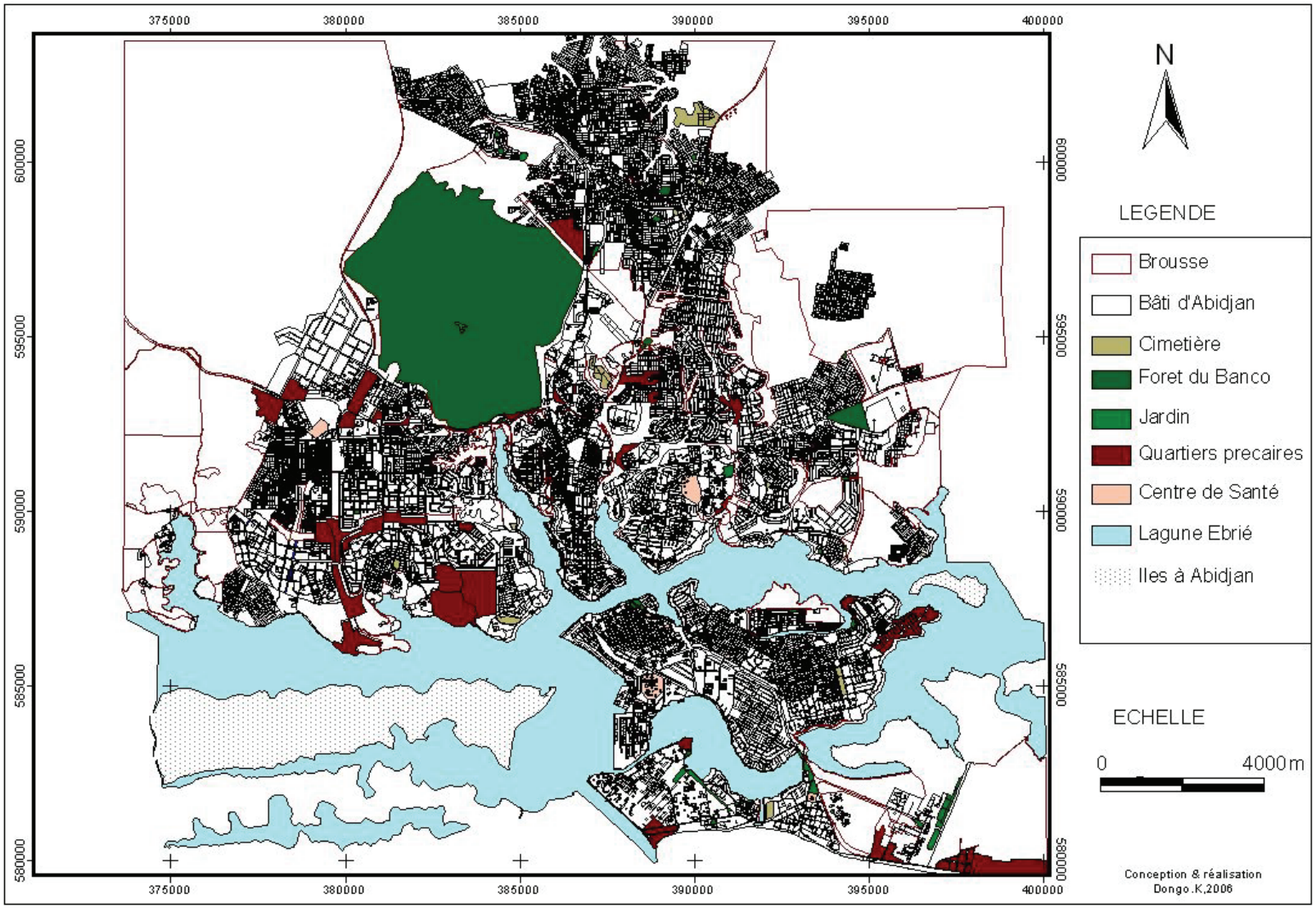


Figure 6 *: Répartition spatiale des quartiers précaires dans la ville d'Abidjan en 2002*

On dénombre soixante neuf (69) quartiers précaires en 1992, qui se repartissent diversement dans toutes les communes de la ville d'Abidjan, à l'exception du Plateau. Dans ces quartiers précaires, la population croit rapidement avec un taux d'accroissement annuel de 8% (INS, 1998). Ces quartiers sont caractérisés par l'absence de voiries et d'assainissement, par une construction en matériaux précaires et par une implantation dans des zones dangereuses et à risques naturels (Zade, 2002). De plus, ils sont très instables si bien qu'il est difficile de connaître exactement le nombre par commune. Certains quartiers ont été détruits, d'autres ont été reconstitués sur d'autres sites. Leur destruction s'est, par ailleurs, accrue après septembre 2002, au fort moment du conflit armé qu'a connu le pays.

D'une manière générale, les quartiers ont très peu ou pas du tout d'équipement d'infrastructures et, de ce fait, ne peuvent bénéficier officiellement des services urbains de base (adduction d'eau potable, fourniture d'électricité, ramassage des ordures ménagères, assainissement des eaux). Cette situation a un impact négatif sur la santé et le bien-être des populations et sur la productivité des ménages.

Certains de ces quartiers précaires situés dans la commune de Yopougon, la plus peuplée de toutes, font l'objet de la présente étude. Ils se localisent le long du plus grand canal d'évacuation des eaux de la commune : le canal UNIWAX. Leurs sites d'implantation sont pour la plupart des zones interdites de construction, en dehors du plan Directeur d'urbanisme de la commune et par conséquent ne sont pas pris en compte dans les programmes d'aménagement urbain. Le canal UNIWAX aux abords duquel se trouvent les quartiers précaires étudiés, est un grand fossé à pentes très abruptes qui assure la collecte et l'évacuation des eaux usées et pluviales de la majeure partie de la commune vers la lagune Ébrié. Ces quartiers sont, d'amont en aval : Doukouré, Yaoséhi, Mami Faitai, Gbinta, Yamoussoukro et Niangon Continu.

La quasi-inexistence d'infrastructures sanitaires de base dans ces quartiers porte de graves préjudices à la qualité de vie des populations. Par ailleurs, les constructions anarchiques et incontrôlées engendrent une très forte promiscuité des habitats, renforçant la précarité des conditions de vie. Les Figure 7 et 8 présentent d'une part, la ville d'Abidjan et d'autre part, les quartiers précaires étudiés dans la commune de Yopougon.

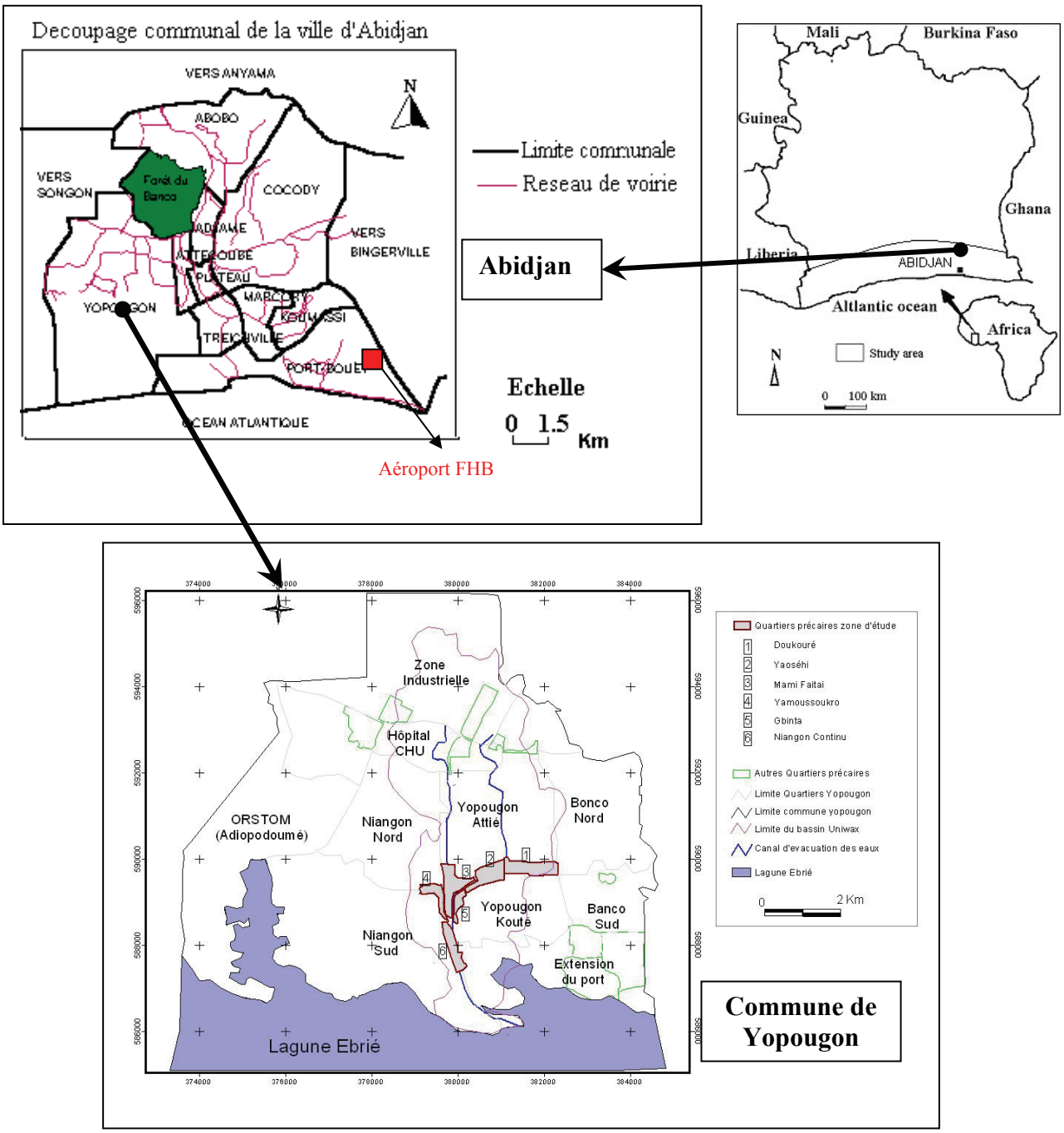


***Figure 7** : Présentation de la zone d'étude*

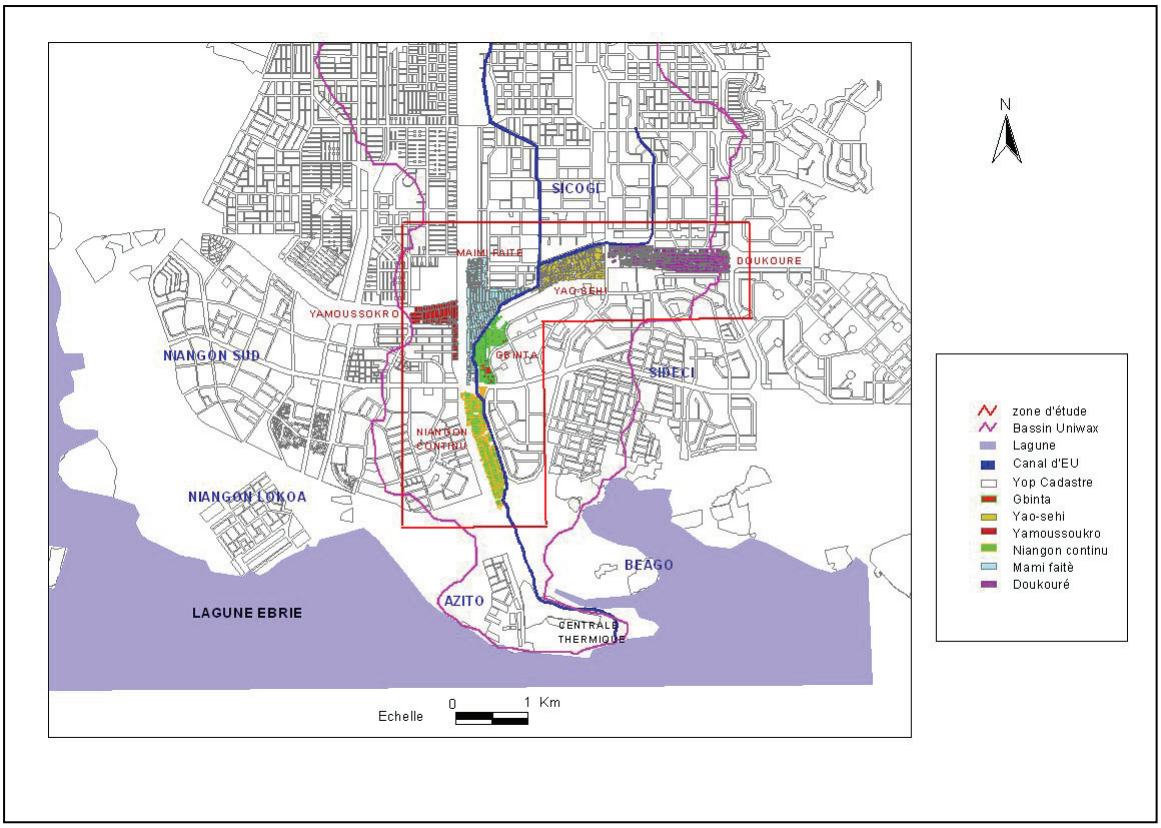


Figure 8 : *Secteur d'étude dans la commune de Yopougon*

2.3.2- Géomorphologie

La région d'Abidjan présente dans son ensemble généralement des reliefs peu contrastés et monotones. On y observe une absence de déclivité motrice remarquable. On peut distinguer trois grands ensembles géomorphologiques individualisés à cet effet (Tastet, 1979 ; Aka, 1991) :

i°)- les hauts plateaux à deux niveaux (40 à 50 m et 100 à 120 m), représentés par les buttes du Continental Terminal au Nord de la lagune Ebrié et entaillés par des vallées profondes ;

ii°)- les plateaux, d'altitude faible variant généralement de 8 à 12 m constituent les affleurements du cordon littoral quaternaire situés au Sud ;

iii°)- à côté de ces deux unités géomorphologiques observables, on peut citer les plaines et lagunes au Sud, qui constituent l'ensemble le plus affaissé. Cet ensemble est constitué par les sables du cordon du Quaternaire dont l'altitude varie entre 2 et 6 m.

Les hauts plateaux du Tertiaire sont entaillés par des vallées profondes issues du Centre nord de la région, à l'exemple des ravins du Banco et du Gbangbo. Ces vallées jouent le rôle de drains de la partie nord de la ville à l'instar des différents talwegs, de sorte que tout écoulement se dirige vers l'ensemble le plus affaissé, c'est-à-dire vers la lagune.

En somme, la région d'Abidjan ne présente pas de déclivité motrice majeure. Si une telle situation ne pose pas d'énormes difficultés, quant à l'aménagement du territoire, elle reste cependant problématique dans la fourniture des ouvrages d'assainissement, notamment d'évacuation des eaux. En effet, des conditions particulières sont à considérer à ce niveau : dotation du réseau d'assainissement et de drainage des eaux de plusieurs stations de pompage et de relevage d'une part et des bassins de rétention d'autre part pour assurer une évacuation efficace des eaux de la ville.

2.3.3- Hydro climatologie de la zone d'étude

Deux mouvements de vent déterminent généralement le régime pluviométrique de l'Afrique de l'Ouest et particulièrement de la Côte d'Ivoire (Biémi, 1992). En effet, ce régime des précipitations est essentiellement lié à l'interaction de deux types de vent : l'harmattan et la mousson. La zone de contact entre les deux masses d'air est appelée Front Intertropical (FIT). C'est le déplacement de cette zone de convergence de l'alizé boréal maritime et de l'alizé austral, qui détermine le régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest, et particulièrement en Côte d'Ivoire. Les effets de l'alizé boréal maritime de l'anticyclone des Açores sont en effet généralement négligeables partout, sauf sur la frange ouest de la Mauritanie et du Sénégal où l'influence de cette masse d'air peut être sensible. La trace au sol du FIT oscille en moyenne entre deux positions extrêmes, respectivement de 4 à 5° N en janvier et de 20 à 25° N dans le mois d'août.

La zone d'étude est soumise au climat équatorial humide à faciès littoral (BCEOM, 1982). Il est caractérisé par un climat de transition (climat Attéen) qui se subdivise en quatre saisons essentielles dans le cycle annuel (Tapsoba, 1995) :

i°)- la grande saison sèche de décembre à avril ;

ii°)- la grande saison des pluies de mai à juillet ;

iii°)- la petite saison sèche d'août à septembre ;

iv °)- la petite saison des pluies d'octobre à novembre.

Du point de vue typologique des précipitations, deux catégories de précipitations sont généralement observées en zone tropicale humide d'Afrique sub-saharienne :

i°)- les tornades ; types de précipitations se produisant lorsque l'épaisseur de la mousson est inférieure à 2000 m. Ces types de précipitations (rares à Abidjan) sont les seules que l'on observe au Nord des isohyètes 1000 mm (Morel, 1996) ;

ii°)- Les précipitations de type moussons; sont des averses à caractère continue qui peuvent durer plusieurs heures. Ces pluies se produisent lorsque l'épaisseur de la mousson excède 2000 m et peuvent présenter des pointes de 50 à 80 mm/h et même plus. Ces types d'averses constituent la plus grande partie des précipitations que l'on observe le plus souvent à Abidjan.

Les ambiguïtés dissipées, quant à la fiabilité et la représentativité des données pluviométriques collectées, une étude détaillée des hauteurs de pluie mensuelle enregistrées à la station d'observation d'Abidjan Aéroport au cours de la période 1936-2000 a permis d'identifier les grandes variations climatiques de la zone d'étude (Figure 9).

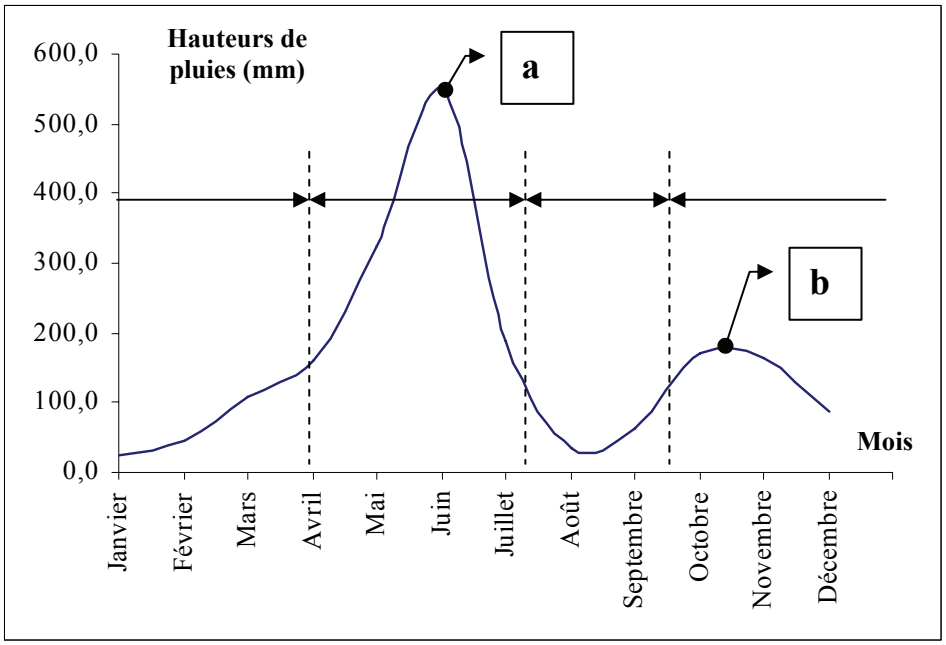


Figure 9 : *Régime des pluies à la station Abidjan Aéroport (moy. mensuelles 1936-2000)*

La variation de la pluviométrie moyenne mensuelle (Figure 9) exprime la dynamique des saisons qui caractérisent la région d'Abidjan et partant le Sud forestier d'une manière générale. On peut distinguer sur cette courbe de variation deux pics. Le premier pic (a) correspond à la grande saison des pluies au cours de laquelle la moyenne pluviométrique mensuelle la plus élevée reste celle du mois de juin avec une hauteur pluviométrique moyenne

de 54,30 mm de pluie pour la période d'observation considérée. On note ensuite une baisse de la pluviométrie correspondant à la petite saison sèche centrée principalement sur le mois d'août. La pluviométrie augmente ensuite et atteint son second pic (b) au mois d'octobre. Cette période correspond à la petite saison des pluies. A partir du mois de décembre, les précipitations deviennent un peu rares jusqu'en avril. Cette période est l'expression de la grande saison sèche au cours de laquelle la moyenne pluviométrique mensuelle la plus basse s'observe au mois de janvier (23,10 mm de pluie). Cette situation est en accord avec les résultats des travaux de Topsoba en 1995.

Concernant l'évolution des températures dans le secteur d'Abidjan, les observations faites sur les relevés de la station météorologique d'Abidjan Aéroport indiquent que ces températures varient de 23,3°C en août à 28,6°C au mois de mars, soit un écart de température de 3,3°C. On peut ainsi se rendre compte que la température varie très peu dans l'ensemble au cours de l'année dans la région d'Abidjan.

L'analyse du diagramme ombrothermique permet d'apprécier l'évolution du phénomène et son parallélisme avec les précipitations observées au cours de l'année (Figure 10).

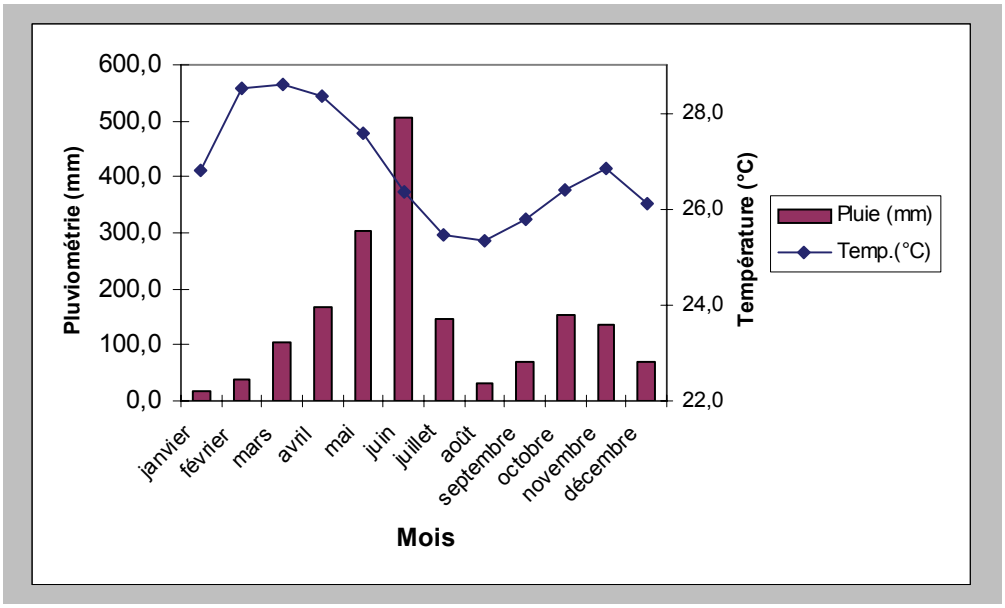


Figure 10 : *Diagramme ombrothermique de la ville d'Abidjan (1971-2001)*

Sur ce graphe (Figure 4), la température augmente dès le mois de janvier pour atteindre son maximum en mars (28,6°C). A partir du mois de mai, elle amorce une baisse jusqu'au mois de juillet. Cette période correspond à la grande saison des pluies. L'adoucissement de l'insolation après l'épisode pluvieuse entraîne ainsi une baisse sensible de la température mensuelle d'environ 3,3°C pendant la période allant de juillet à septembre. Les mois

d'octobre et de novembre vont par la suite connaître une légère augmentation de la température. Une baisse survient à nouveau au mois de décembre. Cette nouvelle perturbation qui correspond à la période du mois de décembre au mois de janvier s'explique par l'effet de l'harmattan qui souffle quelques temps en saison sèche entraînant par la même occasion une baisse de température. Ainsi, les mois les plus chauds sont ceux de février à avril et les mois les plus froids sont ceux de juillet à septembre.

On retient que la zone d'étude est beaucoup arrosée. Cette situation est une condition favorable à la recharge de la nappe d'eau souterraine, source d'alimentation en eau potable des populations, mais surtout au transit des grands débits par ruissellement et à l'infiltration des eaux pluviales dans le réseau d'égout. Elle participe aussi à l'effet d'inondation par débordement de réseau et à l'augmentation du poids des déchets d'ordures générées par la ville (taux d'humidité élevé ; déchets généralement fermentescibles) d'une part et à la formation du lixiviat issu de la décomposition des déchets, véritable source de pollution et de maladie d'autre part.

2.3.4- Réseau hydrographique de la zone d'étude

Le réseau hydrographique de la région d'Abidjan comprend principalement huit cours d'eaux s'écoulant suivant quatre orientations différentes (Adou, 1972). Aucun de ces cours d'eau ne concerne la commune de Yopougon qui abrite la zone d'étude.

Le seul espace hydrographique de la zone est la lagune Ebrié. L'on peut dire qu'à Abidjan, elle représente la plus importante étendue d'eau de surface. Sa configuration est assez complexe avec des plans d'eau plus ou moins fermés, des baies profondes et des rives très découpées. L'écosystème lagunaire est en permanente communication avec les eaux océaniques depuis 1951, date de l'ouverture du canal de Vridi. Depuis lors, la lagune demeure la zone de transit incontournable pour les apports d'eau des fleuves continentaux que sont la Comoé, l'Agnéby et la Mé. Le Fleuve Comoé contribue en moyenne, à hauteur de 80% des apports fluviaux totaux. L'essentiel de cette contribution est déchargé dans la période de août à octobre où le fleuve Comoé observe sa crue annuelle. Le reste des apports (20%) est principalement fournie par les contributions de la Mé et de l'Agnéby qui apportent à eux deux un volume d'eau cinq fois plus faible que celui de la Comoé (Varlet, 1978). Enfin, les dernières contributions sont les apports des petits fleuves côtiers de la région d'Abidjan, situés en zone forestière. Ces fleuves ont un régime hydrologique caractérisé par deux pointes de

crue annuelle d'inégale importance liées aux deux saisons de pluies. Selon Varlet, (1978), la première période, celle des hautes eaux, est plus importante et se situe en juin ; la seconde intervient entre septembre et octobre. Une petite période de basses eaux s'observe entre juillet et août et une autre bien marquée de décembre à mars.

2.3.5- Traits géologiques essentiels

Deux phénomènes caractéristiques dominent le paysage géologique de la Côte d' Ivoire. En effet, l'essentiel du paysage est constitué du Nord au Sud de 97,5% de socle. La région du Sud du pays, à laquelle appartient la zone soumise à cette étude, est quant à elle, occupée par un bassin sédimentaire côtier le long de la côte atlantique et qui constitue en quelque sorte une frontière naturelle du pays. Ce bassin qui s'étend sur une longueur de 400 km et sur une largeur de 40 km, représente 2,5% de la superficie du pays.

La zone d'étude étant située dans le bassin sédimentaire côtier, nous nous intéressons qu'à la présentation de ce paysage géologique.

Le bassin sédimentaire côtier de la Côte d'Ivoire appartient selon Tastet (1979), avec celui traversant toute la région Togo-Benin-Nigéria, à un vaste ensemble sédimentaire : le bassin éburnéo-nigerian. Ce grand ensemble est composé de formations dites post éburnéennes. Il est d'âge Crétacé à Quaternaire et sa paléogéographie se résume en trois épisodes de transgression bien connus (Aghui et Biémi, 1984) :

i) l'Albo-aptien (Crétacé inférieur) ;
ii) le Mastrichien-Eocène inférieur ;
iii) le Miocène inférieur.

Au cours des ces différents épisodes susmentionnés, les sédiments marins sont des argiles, des marnes, des grès, des sables et des calcaires coquilliers, lumachelliques ou zoogènes renfermant des foraminifères, des ammonites et des nautiles caractéristiques.

Entre ces épisodes de sédimentations marines, s'intercalent des phases continentales liées à la régression marine pendant laquelle, l'émersion et l'exposition des reliefs favorisent une intense érosion, des transports et l'accumulation de dépôts continentaux. Ce phénomène débuté depuis le Crétacé se poursuit de nos jours.

Une caractéristique importante du bassin sédimentaire côtier ivoirien, est sa traversée par une grande faille de direction E-W appelé « la faille des lagunes ». Avec un rejet atteignant les 500 mètres et un pendage sud (Aghui et Biemi, 1984), la faille des lagunes est située en dessous des formations sédimentaires et est transversale à la ride médio atlantique. Cet accident tectonique majeur du basin sédimentaire est une faille normale de distension extrêmement importante, liée à l'ouverture de l'atlantique.

La faille des lagunes divise le bassin sédimentaire en deux compartiments distincts : un compartiment nord et un compartiment sud. Au niveau de la ville d'Abidjan, la faille a un rejet de 3500 mètres et est accompagnée de failles satellites qui lui sont parallèles ou méridiennes provoquant parfois par endroit des décrochements.

La lithologie du bassin sédimentaire varie de part et d'autre de la faille des lagunes. Ainsi, les formations sédimentaires, dans la région d'Abidjan, sont constituées d'argiles, d'argiles sableuses, de grès, de conglomérats, de sables glauconieux et de marnes. Le bassin présente en effet une géologie assez simple : sables et vases quaternaires, au Sud de la faille des lagunes et sables argileux avec quelques niveaux d'argiles bariolées du Continental Terminal, au nord.

2.3.6- Drainage urbain dans la zone d'étude

Les informations recueillies à ce niveau, révèlent que les modèles utilisés dans la ville d'Abidjan comme dans la plupart des villes des pays sub-sahariens, en ce qui concerne la simulation de la dynamique pluviométrique, en vue de la gestion du drainage urbain, sont importés des pays développés. Les adaptations aux régions tropicales (comme la zone d'étude) sont moins précises, car ne tiennent pas compte de la variabilité climatique de ces localités (Morel, 1996). La conséquence de cette situation est la manifestations des géorisques urbains (érosion, éboulement, inondation) observés dans la zone d'étude. En effet, depuis 1995, plusieurs communes de la ville d'Abidjan subissent une série d'inondations et des phénomènes d'instabilité de terrain qui ont eu des conséquences socio-économiques très graves (Kouadio, 2001).

Les phénomènes d'érosion suivis d'éboulement de terrain s'observent dans les différentes communes de l'agglomération d'Abidjan et le plus souvent au niveau des quartiers précaires qui se développent généralement sur les espaces à haut risques et "interdits de construction"dans le plan directeur d'aménagement de la ville.

2.3.7- Quantités de déchets générés par la ville d'Abidjan

Les estimations des quantités de déchets solides produites par les différentes communes aux différents horizons couvrant les six dernières années sont consignées dans le Tableau II.

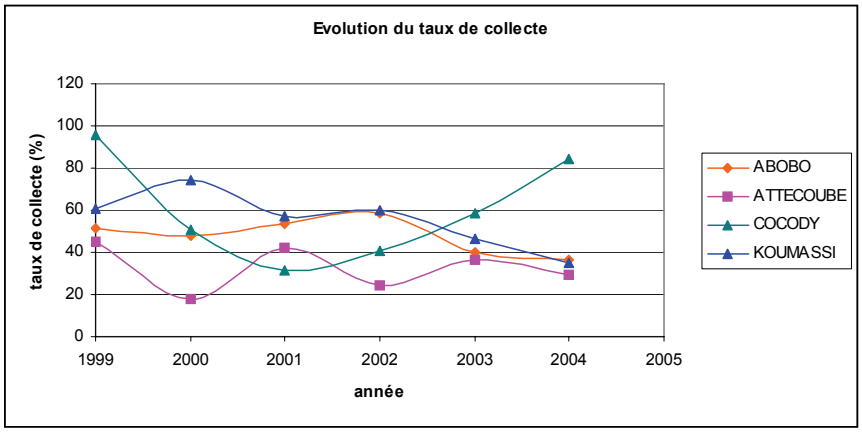
Tableau II : *Quantité de déchets produits les six dernières années (tonnes)*

COMMUNE	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
ABOBO	257248	270110	283616	297797	312686	328321	344737
ADJAME	100070	102672	105341	108080	110890	113773	116731
ATTECOUBE	82611	84924	87302	89746	92259	94842	97498
COCODY	104222	111517	119324	127676	136613	146176	156409
KOUMASSI	125956	130364	134927	139650	144537	149596	154832
MARCORY	68881	70327	71804	73312	74851	76423	78028
PLATEAU	3740	3684	3628	3574	3520	3468	3416
TREICHVILLE	83245	85576	87972	90435	92968	95571	98247
PORT-BOUET	46847	47456	48073	48698	49331	49972	50622
YOPOUGON	282367	300721	320268	341085	363256	386867	412013
TOTAL	1155185	1207351	1262254	1320052	1380912	1445010	1512532

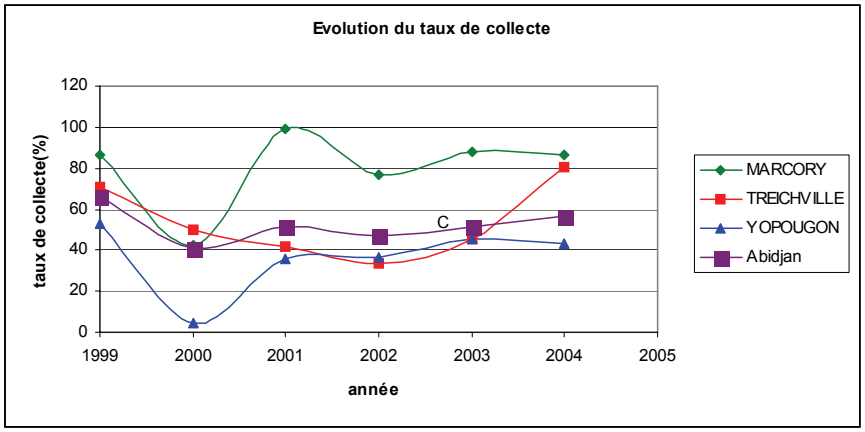
L'analyse de ce tableau montre une augmentation des déchets générés au fil des années dans les différentes communes de la ville d'Abidjan. Cependant, la situation est contraire au niveau de la commune de Plateau où la production des déchets diminue plutôt au fil des années. En effet, nous traitons dans le cadre de ce travail, les déchets générés au niveau des ménagères. Ainsi, la production étant liée au nombre d'habitants, la commune du Plateau voit sa population diminuer au fil des années. Cette situation s'explique par le fait que les habitations de la commune du Plateau sont de plus en plus abandonnées au profit de magasins, de bureaux publics et privés (Dongo, 2001). Parmi les différentes communes, celle de Yopougon enregistre chaque année la plus forte quantité de déchets produits. Cette situation est en rapport avec les données démographiques en ce qui concerne cette commune. La production annuelle de déchets à Yopougon est passée de 1207351 tonnes en 2000 à 1512532 tonnes en 2005, soit une augmentation de production déchets de 305181 tonnes en 5 ans.

2.3.8- Taux de collecte des ordures ménagères de la ville d'Abidjan

Les Figures 11 a et b) mettent en évidence l'évolution du taux de collecte pour la période couvrant les six (06) dernières années.



11 a)



11b)

Figure 11 a et b : *Evolution du taux de collecte des communes les six dernières années*

Il est cependant à noter que c'est pourtant au cours de cette période que, la commune de Koumassi a enregistré son fort taux de collecte des ordures qui s'élève à 74%. Depuis, le taux de collecte de cette commune n'a cessé de s'affaiblir pour atteindre en 2004, une collecte autour de 35%. Seule, la commune de Marcory, depuis la situation difficile de 2000, a vu sa collecte augmenter considérablement en 2001. Malgré sa diminution le reste des années, cette collecte reste toujours supérieure à 70%, valeur pour laquelle le taux de collecte est jugé satisfaisant.

Le phénomène le plus remarquable reste la collecte au niveau de la commune de Yopougon. En effet, après avoir été la commune qui a subi le plus les effets de la crise sociopolitique en 2000 (taux de collecte de 5%), Yopougon éprouve d'énormes difficultés à se relever et à accroître son taux de collecte. Malgré tous les efforts et les tentatives d'amélioration, le taux estimé à 42% est toujours inférieur à la valeur seuil (70%).

Une autre analyse a intéressé le taux moyen de collecte de la ville d'Abidjan aux différents horizons considérés qui composent les six dernières années (Figure 12).

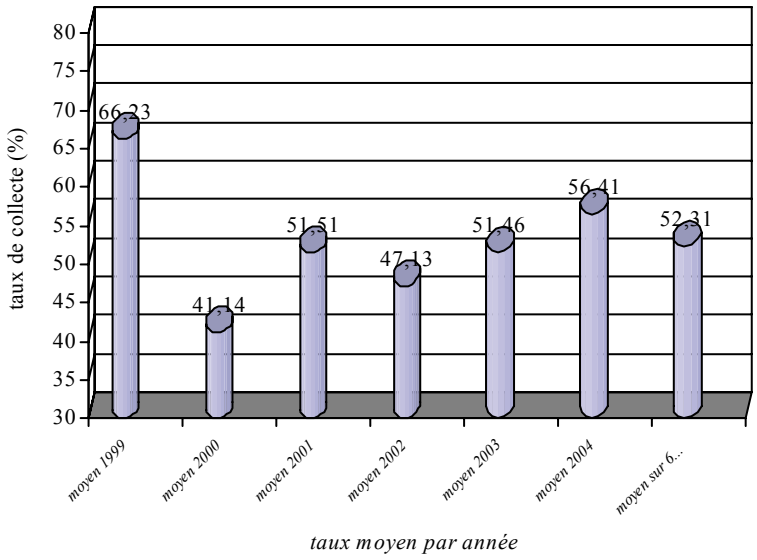


Figure 12 *: Taux moyen de collecte des ordures ménagères de la ville d'Abidjan.*

Il ressort de cette analyse que malgré l'entrée en scène de nouveaux concessionnaires dans l'activité de collecte des ordures à Abidjan, cette collecte reste toujours inférieure à la valeur seuil. En 2004, le taux de collecte de la ville d'Abidjan se situe autour de 56%. Quant à la collecte répartie sur les six dernières années, elle reste aussi inférieure à la valeur seuil (52%).

2.4- Conclusion partielle

L'étude des caractéristiques physiques de la zone d'étude révèle que les contraintes géologiques (formations sableuses et argilo sableuses), et géomorphologiques (l'absence de déclivité motrice notable) favorisent la stagnation des eaux de pluies et les inondations dans la zone d'étude. Les variations du cycle hydrologique (la forte intensité des précipitations

atmosphériques environ 2000 mm/an avec des pluies exceptionnelles, intenses et continues) dénotent l'importance de contraintes hydro climatiques supplémentaires.

Par ailleurs, la gestion du drainage urbain dans la zone d'étude est insuffisante. La conséquence, les phénomènes d'érosion suivis d'éboulement de terrain s'observent le plus souvent au niveau des quartiers précaires, particulièrement au niveau de ceux soumis à l'étude, qui se développent généralement sur les espaces à haut risques et "interdits de construction"dans le plan directeur d'aménagement de la ville.

En somme, la collecte des ordures ménagères n'est pas maîtrisée dans la ville d'Abidjan. Le taux de collecte des ordures reste également faible, il est estimé à 52 %, inférieur donc à 70%, taux à partir duquel une collecte est jugée satisfaisante.

La commune de Yopougon, la plus peuplée de toutes les communes de la ville, produit annuellement la plus grande quantité de déchets de la ville d'Abidjan. En 2005, elle a concentré à elle seule, 50% de la production totale des déchets de la ville d'Abidjan. Cependant, Yopougon enregistre le plus faible taux de collecte au cours de ces 5 dernières années. Elle reste la commune la plus vulnérable aux impacts occasionnés par l'insuffisance dans la collecte des déchets. Dans cette commune, la situation est particulière alarmante au niveau es quartiers précaires ou les systèmes de collecte sont pratiquement inexistants.

DEUXIEME PARTIE :

GESTION ACTUELLE DU DRAINAGE URBAIN/ PERCEPTIONS, COMPORTEMENTS ET PRATIQUES EN MATIERE DE GESTION DES DECHETS URBAINS

Chapitre 3 :	Caractérisation des géorisques urbains (érosion, éboulement, inondation) dans la zone d'étude
Chapitre 4 :	Caractérisation de la gestion des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires : cartographie des facteurs environnementaux
Chapitre 5 :	Perceptions, comportements et pratiques en matière de gestion des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires

CHAPITRE 3: CARACTERISATION DES GEORISQUES URBAINS (EROSION, EBOULEMENT, INONDATION) DANS LES QUARTIERS PRECAIRES

3.1- Introduction

Les géorisques en général et les désastres environnementaux sont engendrés par de nombreuses contraintes physiques et anthropiques qui modifient les caractéristiques du milieu naturel. En zone urbanisée, ces phénomènes prennent le nom de géorisques urbains et concernent essentiellement l'érosion, les instabilités de terrain (éboulements, séismes, etc.) et les inondations. Plusieurs facteurs concourent à la genèse et au déclenchement des géorisques urbains, notamment la structure et la nature des formations géologiques, le mode d'occupation du sol et les activités anthropiques, la nature du relief en présence, la pluviométrie du milieu, etc.

Les investigations qui permettent la connaissance des caractéristiques des géorisques en Afrique, comme dans la plupart des pays du tiers monde, sont rendues difficiles à cause de la pauvreté, de la faiblesse des moyens matériels et économiques et du faible niveau scientifique et technologique. En côte d'Ivoire, c'est à partir des années 90, que les activités de recherche sur les risques naturels ont commencé (Kouadio et al, 2004).

Dans l'agglomération d'Abidjan, l'insuffisance du réseau d'assainissement, la forte pluviométrie (1 800 mm/an), la croissance rapide de la population, l'urbanisation rapide mal maîtrisée et parfois même anarchique perturbant le cycle hydrologique naturel et la nature sédimentaire des formations géologiques sont favorables aux géorisques urbains, particulièrement dans les quartiers précaires. Des phénomènes d'érosion suivis d'éboulement de terrain et d'inondation s'observent dans les différentes communes de l'agglomération d'Abidjan et le plus souvent au niveau de ces quartiers précaires, qui se développent généralement sur les espaces à hauts risques et "interdits de construction" dans le plan directeur d'urbanisme et d'aménagement de la ville.

Dans cette étude, nous tenterons de caractériser les phénomènes d'érosion, d'éboulement et d'inondation dans les six (06) quartiers précaires répertoriés dans la commune de Yopougon.

3.2- Approche méthodologique

3.2.1- Visites de terrain et observations des phénomènes de géorisques urbains dans la zone d'étude

Les activités de l'approche visant la caractérisation des géorisques urbains dans les quartiers précaires étudiés ont commencé par des visites et observations de terrain. Ces activités qui ont pris effet dès le début de l'étude, se sont répétées au cours de la période consacrée à l'étude en tenant compte des différentes saisons. L'opération a consisté à sillonner tous les quartiers précaires pour répertorier les manifestations de l'érosion hydrique suivie de l'éboulement et des inondations dans la zone d'étude. Cette disposition a permis de suivre l'évolution spatio-temporelle des phénomènes observés. Le matériel utilisé pour la circonstance est composé d'un GPS type Gamin e-trex *Venture* pour le positionnement spatial de l'élément caractéristique du phénomène et un ruban métrique destiné à la mesure des distances.
Les couloirs de circulation des eaux de ruissellement (à l'origine de l'érosion hydrique et de l'éboulement), de même que les dépressions où stagnent éventuellement les eaux (occasionnant les inondations), ont retenu une attention particulière avec des suivis réguliers.

3.2.2- Analyse et cartographie des facteurs intervenant dans l'érosion, l'éboulement et l'inondation dans la zone d'étude

Les caractéristiques physiques du milieu conditionnent les écoulements des eaux de surface, leur concentration et stagnation. En se basant sur l'équation universelle de perte de sols de Wischmeier et Smith (1978) et de King et Le Bissonnais (1992) ainsi que des conditions de terrain, ces facteurs intervenant dans l'érosion, l'éboulement et l'inondation des sols ont été caractérisés au moyen de paramètres spécifiques. Ils relèvent chacun des quatre grands domaines suivants : la nature et structure des sols, la topographie du milieu urbain, l'occupation du sol et la pluviométrie de la région.

3.2.2.1 Nature et structure des sols

La stabilité structurale des sols est une propriété fondamentale des sols, particulièrement en ce qui concerne l'hydrodynamique et l'érosion (Boiffin, 1984 ; De Ploey et Poesen, 1985).. Le terme « érodabilité » correspond ici à la stabilité et à la cohésion des matériaux parentaux, c'est-à-dire à leur résistance au cisaillement et à leur plus ou moins grande facilité à être mobilisés par le ruissellement ou par des mouvements de masse.

Bonn (1996) souligne que le coefficient d'érodabilité K d'un sol donné, est obtenu à partir de la granulométrie. Son estimation est donc fonction de l'étude de la granulométrie. L'érodabilité d'un sol mesure sa stabilité et peut être définie comme son aptitude intrinsèque à être détachée et transportée sous l'action des pluies et du ruissellement (Le Bissonnais et *al*, 1993). Ainsi, les valeurs du diamètre moyen pondéral des particules d'un sol sont un indicateur permettant la mesure du niveau de stabilité, de la battance et de l'érosion. Les études menées par Le Bissonnais et Le Souder (1995) sur la mesure de la stabilité structurale des sols ont abouti à une classification de la stabilité, de l'érosion et de la battante des sols en fonction des valeurs du diamètre pondéral (Annexe 1)

Nous avons procédé à des prélèvements de sol suivis d'analyse de laboratoire. Six (06) points de sondage et de prélèvement de sols ont été choisis au moyen d'un GPS au niveau des endroits où la manifestation des géorisques a été observée dans chaque quartier ; notamment le long du canal d'évacuation des eaux. Ces points ont subi un essai de sondage à la tarière manuelle à 06 m de profondeur par rapport au terrain naturel ou au refus. Des prélèvements d'échantillons intacts, à différents niveaux de profondeur, ont été effectués, selon le changement de couleur du sol prélevé et la facilité de pénétration du dispositif de sondage.

Les échantillons prélevés ont ensuite été acheminés au laboratoire pour analyse. L'essai de laboratoire consiste à séparer le matériau à l'aide d'une série normalisée de tamis. Ce fonctionnement donne ainsi des classes de grains de dimensions décroissantes. L'opération de tamisage est manuelle (annexe 2) et effectuée conformément à la norme française AFNOR (NF P 94-056).

3.2.2.2 Topographie du milieu urbain

L'inclinaison des pentes est le principal paramètre permettant de caractériser le facteur topographie. Une carte des pentes de la zone d'étude a été élaborée à partir des courbes de niveau renseignées de la ville d'Abidjan et fournies par le Centre de Cartographie et Télédétection (CCT). Sur le logiciel Arc-view version 3.2, les courbes de niveaux ont été d'abord transcrites en points au moyen d'un script. Ces points ont été complétés par d'autres pris à l'aide d'un GPS, dans chacun des quartiers de la zone d'étude. Ensuite, une carte de Modèle Numérique d'Altitude (MNA) a été réalisée. La carte des pentes est dérivée du MNA élaboré au pas de 5 m. Une classification des pentes basée sur leur susceptibilité à l'érosion (Mayer, 1995) a permis de définir plusieurs classes d'influence distincte.

3.2.2.3 Mode d'occupation du sol et aménagements anthropiques

La carte du mode d'occupation du sol de la zone d'étude a été réalisée à partir de la carte numérique du bâti disponible, de la commune de Yopougon. Sur cette carte, les quartiers précaires ne figurent pas. Leurs positions dans ce fichier numérique, sont simplement occupées par la « végétation ». Le statut illégal de ces quartiers, selon les considérations de l'administration centrale, est à l'origine de leur absence sur cette carte numérique de la commune. Ainsi, des enquêtes de terrain ont été entreprises dans ces quartiers en utilisant la technique de géoréférencement à l'aide d'un GPS.

3.2.2.4 Pluviométrie dans la région

La pluie se présente comme le principal facteur des géorisques urbains. Le paramètre « érosivité » permet de caractériser l'effet de la pluviométrie dans un milieu. L'action de l'eau affecte différents niveaux de la structure des sols depuis les interactions entre les particules d'argiles jusqu'aux mottes de terre Les informations relatives aux données pluviométriques ont été enregistrées par la station Aéroport d'Abidjan. Les intensités de chute instantanées maximales ont été évaluées pour affecter le degré de désagrégation mécanique des sols sous l'impact des gouttes de pluie. (Fournier, 1967). Par ailleurs, les durées des averses a été également évaluées, tenant compte des variations saisonnières dans le secteur d'étude. Cette activité e permis de déterminer la période et de mesurer l'ampleur de l'érosivité conséquente. .

3.2.3- Intégration des données et cartographies des géorisques urbains

Les différents paramètres caractérisant les facteurs de géorisques urbains identifiés, ont été fondus après pondération, pour permettre l'élaboration de la carte de sensibilité potentielle au géorisque urbain. La validation de cette carte a bénéficié des observations des sites sur le terrain. La sensibilité potentielle des sols de la zone d'étude à un géorisque urbain résulte de la combinaison des paramètres de mesure de la stabilité structurale du sol (lithologie, granulométrie) et de la topographie (inclinaison des pentes). Cette sensibilité traduit en fait la susceptibilité des sols à ce géorisque urbain. Les données d'érodabilité, d'indice de pente et d'indice d'érosivité ont été intégrées dans un SIG pour procéder à l'élaboration de cette carte de sensibilité potentielle de la zone d'étude à l'érosion et à l'éboulement

En procédant de la même manière, une carte du risque d'érosion a été réalisée par intégration de la carte de sensibilité potentielle à celle du mode d'occupation de sol et validée après vérification sur le terrain.

Dans les processus d'élaboration des différentes cartes, le critère de pondération utilisé a privilégié le degré d'implication des différents facteurs retenus dans la manifestation du géorisque urbain. Par exemple, les poids de 50%, 30% et 20%, ont été respectivement affectés à la pente, à l'érodabilité et à l'érosivité pour l'établissement de la carte de sensibilité potentielle à l'érosion hydrique. La raison principale de cette considération s'explique par le fait que le paramètre « pente » est le plus prédominant et son influence est essentielle. En effet, la zone d'étude appartient à l'ensemble des hauts plateaux d'altitude monotone avec une forte pluviométrie, mais considérée uniforme sur l'ensemble de la région et une instabilité structurale (érodabilité) forte également répartie presque uniformément, sur l'espace d'étude. De même, le poids 50% a été attribué aussi bien à la sensibilité potentielle qu'à l'occupation du sol pour la réalisation de la carte du risque d'érosion et d'éboulement dans la zone d'étude.

Le risque d'érosion et d'éboulement associe la susceptibilité à la vulnérabilité. Ainsi, la carte du géorisque urbain des quartiers précaires résulte de l'intégration des données de susceptibilité et du mode d'occupation du sol. Vu l'uniformité du MOS dans la zone d'étude d'une part et le fait que les phénomènes d'érosion et d'éboulement sont essentiellement observés le long du canal d'évacuation des eaux pluviales d'autre part, nous avons défini une zone d'insécurité d'un rayon de 20 m aux abords du canal. La combinaison de cette zone ainsi définie, à la carte de sensibilité potentielle permet de ressortir une classification de la vulnérabilité des ménages dans chacun des quartiers étudiés

3.3- Résultats, interprétations et discussions

Au cours des visites et observations de terrains, les phénomènes de géorisques urbains rencontrés dans les quartiers précaires investigués se résument principalement à l'érosion et l'éboulement et se localisent le long du canal d'évacuation des eaux. Les phénomènes d'inondation observés sont, quant à eux, essentiellement occasionnés par des débordements de réseau et n'appellent pas l'implication combinée des quatre facteurs investigués. De ce fait, la caractérisation des géorisques urbains dans la zone d'étude s'est limitée à celle de l'érosion hydrique, suivie de l'éboulement, aux vues des paramètres considérés.

3.3.1- Phénomènes d'érosion et d'éboulement observés dans les quartiers précaires.

Une insuffisance dans la gestion du drainage urbain est constatée dans les quartiers précaires. Les phénomènes préoccupants d'érosion, d'éboulement et d'inondation sont observés dans les quartiers. Ces phénomènes se localisent le long des canaux d'évacuation des eaux qui sont, pour la plupart, non aménagés. Du point de vue de l'érosion hydrique des sols, trois différentes formes d'érosion ont été observés dans ces quartiers précaires :

i°)- une érosion latérale, caractérisée par un détachement prononcé au niveau des versants du canal (Planche 4). Cette situation provoque un élargissement du canal à ces endroits. La largeur du canal mesurée aux différents endroits où se produit l'érosion latérale varie entre 22 et 33 m.

Planche 4: *Erosion latérale entraînant l'élargissement de la largeur du canal dans le quartier Gbinta*

ii°)- une érosion régressive, caractérisée par un détachement des sols préférentiellement d'aval en amont suivant la direction de l'écoulement des eaux dans le canal (Planche 5). Cette forme d'érosion provoque des escarpements et des pentes

très abruptes (>5%). Dans la zone d'étude, l'érosion régressive est surtout marquée au point de rupture entre la partie aménagée du canal et celle non aménagée, où elle occasionne la destruction progressive de l'ouvrage.

Planche 5: *Erosion régressive entraînant la destruction de l'ouvrage de drainage des eaux pluviales dans le quartier Gbinta*

iii°)- une érosion de ravinement ou de profondeur, où le détachement des sols se fait suivant un gradient de profondeur (Planche 6). Dans ces conditions, les formations sous-jacentes sont des sols avec une granulométrie de résistance médiocre à l'érosion hydrique. Les profondeurs mesurées à ces endroits du canal lors des visites de terrains effectuées, varient entre 15 et 17 m.

Planche 6: *Erosion de profondeur entraînant le creusement profond du canal dans le quartier Yaoséhi*

La situation devient encore plus alarmante quant, à certains endroits, l'on assiste à l'action combinée des trois formes d'érosion. Cette situation rencontrée très souvent le long du canal, favorise les phénomènes d'éboulement (Annexe 3) aux dégâts matériels et humains considérables. L'analyse et l'interprétation des données des travaux de laboratoire permettent dans une investigation cartographique, de mieux apprécier dans l'espace, ces phénomènes observés à l'échelle de la zone d'étude.

3.3.2- Sensibilité potentielle à l'érosion et l'éboulement des sols des quartiers précaires

Les risques d'érosion ou de mouvements de terrain sont d'autant plus forts que la cohésion est faible. Les sols de Yopougon appartiennent à l'ensemble « sable argileux des hauts plateaux » (Cougny, 1986). Ces types de sols ont généralement une résistance faible à l'érosion et moyenne à l'inondation (infiltration moyenne). Ils sont entaillés quelques fois par des sols argileux lessivés des dépressions de résistance médiocre à l'érosion. De plus, les multiples activités entreprises depuis, sur ces sols, pourraient modifier leur structuration originale

Les résultats des essais granulométriques consignés dans le Tableau III, confirment que les formations rencontrées dans la zone d'étude sont essentiellement des sables argileux. En effet,

la taille du diamètre pondéral des particules, fournie par l'analyse granulométrique des différents échantillons de sol, est faible et essentiellement comprise entre 0,08 et 1 mm. Dans ces quartiers, plus du quart des constituants des sols sondés représentent des particules de taille inférieure à 0,4 mm. Par ailleurs, plus de la moitié des constituants des sols des zones de Yaoséhi, Mami Faitai-Gbinta et Niangon Continu amont, sont constitués de particules de taille inférieure à 1 mm.

Tableau III : *Résultats granulométriques - Taille des particules du sol des quartiers précaires investigués*

Zone de prélèvement	**Diamètre pondéral des particules des sols**					
	< 0,4 mm	0,4-0,8 mm	0,8-1,3 mm	1,3-2 mm	> 2 mm	< 1 mm
Doukouré	25,90	21,30	2,85	-	-	47
Yaoséhi	27,40	22,10	3,85	-	0,28	53
Mami Faitai-Gbinta	26,07	21,43	3,06	-	0,28	51
Yamoussoukro	28,66	16,43	1,38	-	-	46,2
Niangon C amont	29,18	21,83	2,87	-	0,50	54
Niango C aval	23,60	19,40	2,17	-	-	45,2

Au vue des résultats de l'analyse granulométrique, les sols de la zone d'étude sont de forte érodabilité. Cependant, sur la base des informations contenues dans la classification de Le Bissonnais et Le Souder et de nos résultats de l'analyse granulométrique, deux classes d'érodabilité spécifiques distinctes ont été identifiées dans cette zone : les sols dont le diamètre moyen pondéral des particules, compris entre 0,8 à 0,4 mm, est supérieur à 50% dans l'ensemble des constituants du sol, sont de forte érodabilité ; ceux inférieurs à 50% sont par contre, considérés ayant une moyenne érodabilité. Ainsi, par la technique de pondération, il a été possible d'élaborer la carte d'érodabilité de la zone d'étude (Figure 13).

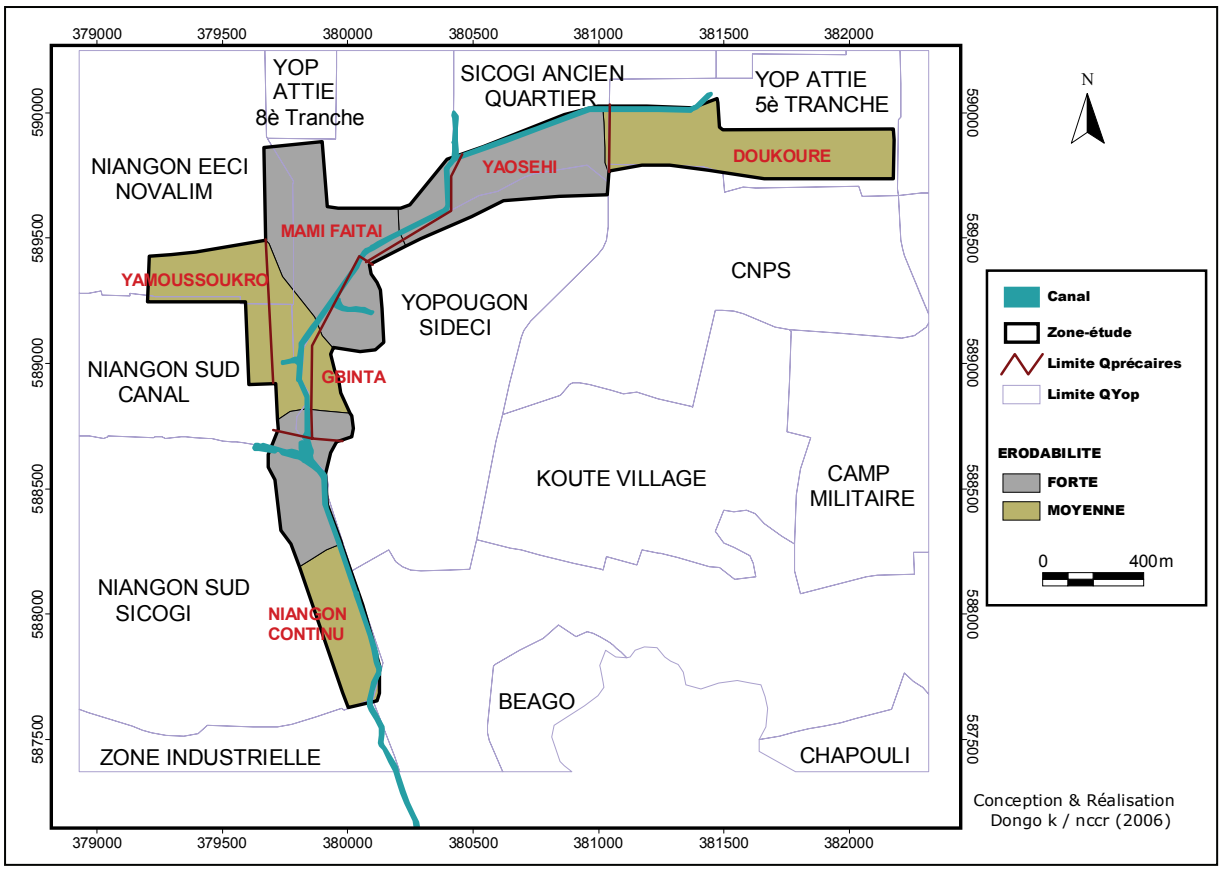


Figure 13 : *Carte d'indice d'érodabilité des sols des quartiers précaires*

L'analyse de cette figure montre que d'un côté, le quartier de Doukouré et de Yamoussoukro d'une part, et la moitié avale du quartier Niangon Continu et le milieu de Gbinta (1/3 de la superficie), de même que le 1/3 aval de Mami faitai d'autre part, sont localisés sur des sols de moyenne érodabilité. De l'autre côté, le quartier de Yaosehi, les 2/3 amont de Mami faitai d'une part et les 1/3 amonts et aval de Gbinta et la moitié amont de Niagon Continu d'autre part, reposent sur des formations à forte érodabilité.

Cette information indique une discontinuité dans la répartition spatiale de la stabilité structurale de la zone investiguée.

L'étude de l'inclinaison des pentes dans la zone a abouti à l'élaboration de la carte de l'indice des pentes. Cette carte est dérivée de celle du Modèle Numérique d'Altitude (MNA), réalisé au pas de 5 m (Figure 14).

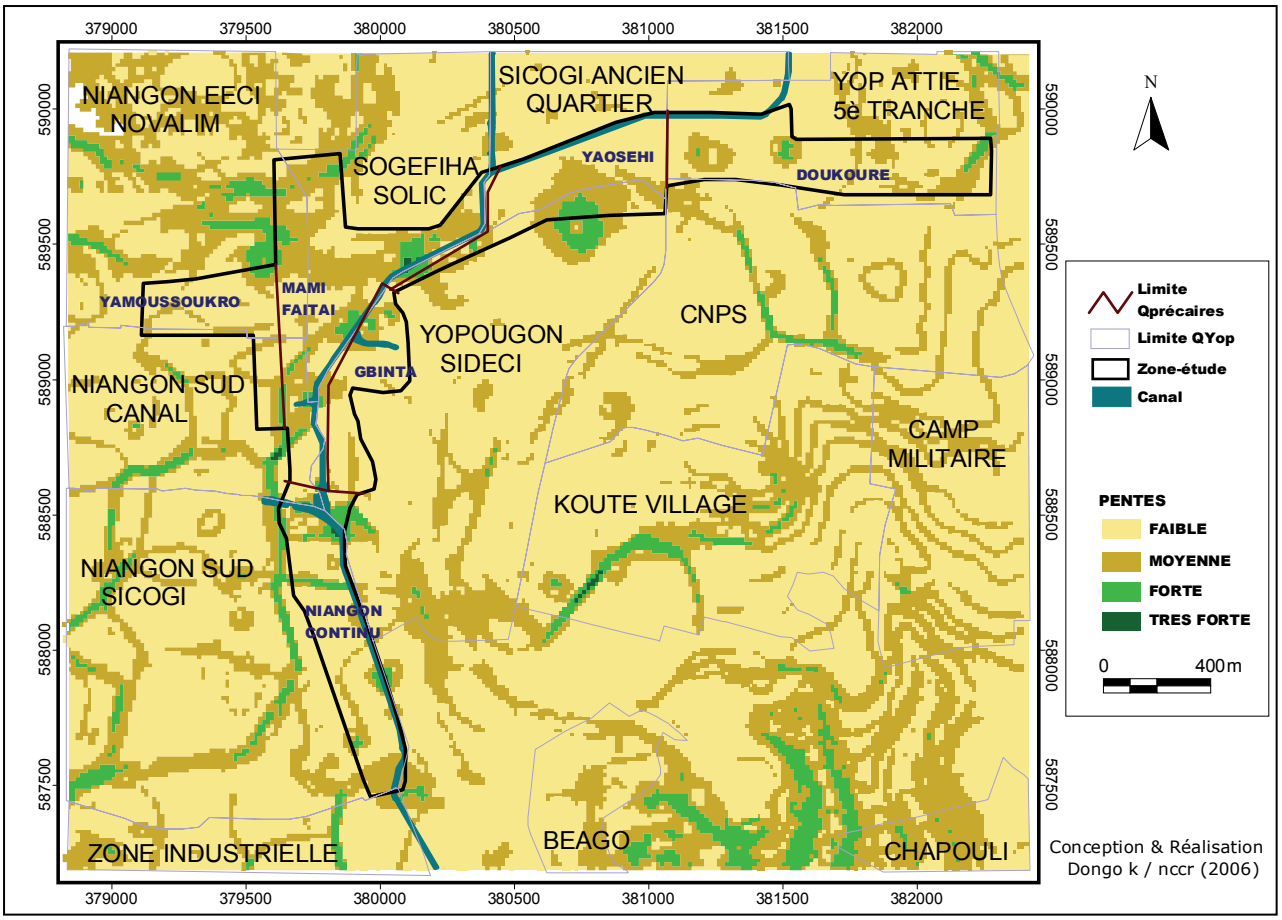


Figure 14 : *Carte d'indice de pentes des sols des quartiers précaires*

L'analyse de cette figure permet de se rendre compte que la zone d'étude est caractérisée par une topographie presque monotone de faible pente ; la majorité du territoire se situe dans une zone de faible pente (<2%). Cependant, la zone est entaillée de quelques pentes fortes (5%<p<15%), ponctuelles et disséminées un peu partout sur l'ensemble du territoire. Ces types de pente correspondent certainement à des dépressions ou des bas-fonds qu'abrite la zone d'étude. Ces résultats sont confirmés, par les visites et observations de terrains effectuées à cet effet.

La pluie est le facteur principal de l'érosion hydrique et de l'éboulement. En effet, l'érosivité de la pluie qui dépend essentiellement de sa hauteur et de son intensité, se présente comme le facteur le plus déterminant dans le déclenchement de l'érosion qui aboutit à l'éboulement, dans les régions tropicales. Cette érosivité se comporte de deux façons : d'une part, l'action des gouttes d'eau causant le battage au sol et d'autre part, la capacité des précipitations à détacher les particules des sols. Ce détachement sera d'autant plus important que l'énergie

cinétique des gouttes de pluie sera élevée. Cette énergie cinétique pour ce qui la concerne, dépend de la taille et de la vitesse de chute des gouttes, qui sont elles-mêmes d'autant plus grandes que la pluie est intense. Les données recueillies à la station Aéroport d'Abidjan montrent que ce paramètre (indice d'érosivité) est très élevé au niveau de cette station. De ce fait, l'indice d'érosivité est considéré élevé et uniforme sur toute l'étendue de la zone d'étude.

La carte de sensibilité potentielle des sols des quartiers précaires à l'érosion et à l'éboulement élaborée (Figure 15), indique plusieurs classes de sensibilités.

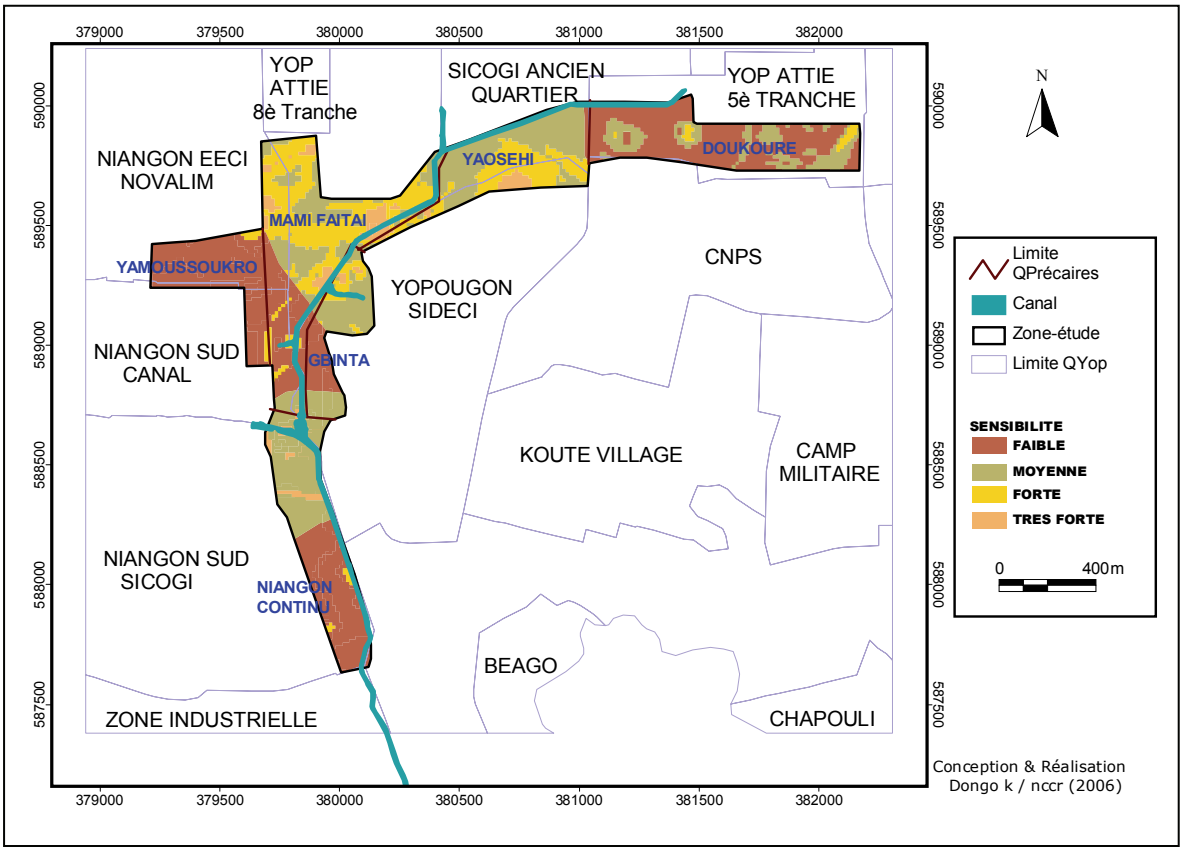


Figure 15 : *Carte de sensibilité potentielle des sols des quartiers précaires à l'érosion et l'éboulement*

Au total, quatre catégories de niveau de sensibilité potentielle ont été définies :

i°)-une catégorie de très forte sensibilité, caractérisée par une forte pente et une forte érodabilité. On trouve cette catégorie de sol disséminée de manière discontinue dans les quartiers de Yaosehi, Mami Faitai, Gbinta et Niangon Continu ;

ii°)- une catégorie de forte sensibilité qui résulte de la présence d'une forte pente et d'une érodabilité moyenne ou d'une pente moyenne et d'une érodabilité forte.

Cette catégorie se localise un peu partout sur l'espace de la zone d'étude avec de forte proportion dans les quartiers de Yaosehi, Mami Faitai et de Gbinta ;

iii°)- une catégorie de moyenne sensibilité caractérisée par une pente faible et d'une érodabilité forte ou par une pente moyenne et une érodabilité moyenne. Ce type de sol se localise un peu partout dans tout l'espace d'étude, excepté le quartier Yamoussoukro ;

iv°)- enfin, une catégorie dite de faible sensibilité résultant de la combinaison d'une faible pente et d'une érodabilité moyenne. Elle est la constituante exclusive du sol du quartier Yamoussoukro. On le retrouve également à Doukouré, Gbinta et Niangon Continu.

Les fortes sensibilités potentielles aux géorisques urbains (érosion et éboulement) se rencontrent ainsi préférentiellement dans les quartiers de Yaoséhi et Mami Faitai, et à un degré moindre dans ceux de Gbinta et Niangon Continu.

3.3.3- Mode d'occupation du sol

Le mode d'occupation du sol est uniforme dans le secteur d'étude. Il s'agit d'occupations très denses et touffues. Les terrains nus sont rares voire inexistants et toute la zone abrite ce type de bâti. Par ailleurs, tous les quartiers, excepté celui de Yamoussoukro, sont traversés par un canal d'évacuation des eaux pluviales non aménagé. Seul le quartier Doukouré est situé dans une zone où le canal est aménagé à cet endroit. Dans le secteur du quartier Yaosehi, le canal est aménagé de moitié et les autres quartiers ne bénéficient d'aucun aménagement du canal, les exposant ainsi à des phénomènes d'érosion et d'éboulement. Les bâtis des ménages et les ruelles (très étroites) se confondent et sont difficiles à distinguer, traduisant une urbanisation non homogène et anarchique. Ce type d'occupation joue un rôle protecteur contre l'effet érosif (suivi de l'éboulement) des eaux pluviales, dans la mesure où, il atténue l'impact des gouttes de pluie sur le sol (battance). Mais, il favorise par contre, la concentration des eaux de ruissellement et augmente ainsi le débit d'eau ruisselée, qui doit être dirigée vers les collecteurs et les canalisations. Pour des averses fortes et continues, comme c'est le cas à Abidjan pendant la saison pluvieuse, la concentration des eaux de ruissellement sur les sol saturés est rapide et peut être source d'érosion, déboulement et d'inondation.

3.3.4- Cartographie du risque d'érosion et d'éboulement des quartiers précaires

La Figure 16 indique une carte de géorisques urbains qui met en évidence la vulnérabilité des ménages dans chacun des quartiers précaires.

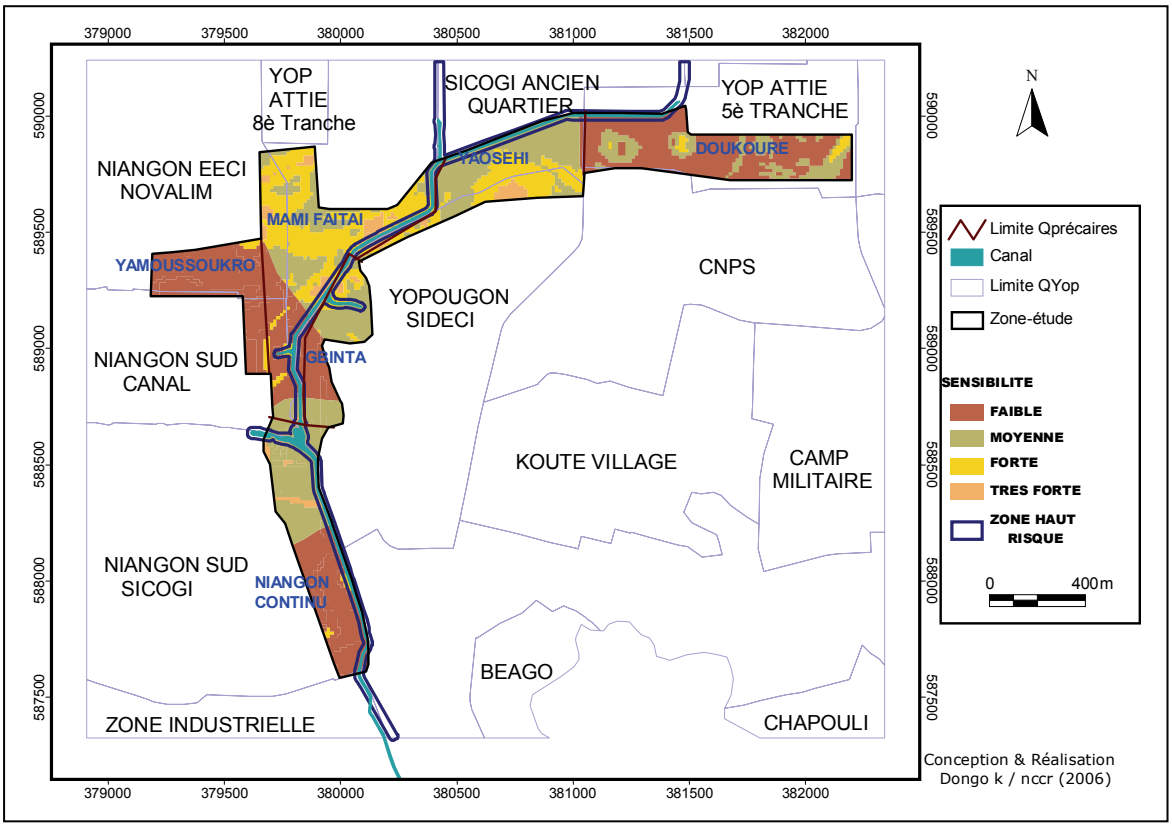


Figure 16 : *Carte du risque d'érosion et d'éboulement des sols des quartiers précaires*

Sur cette représentation, on peut aisément distinguer deux cas de figure :

i°)- tous les ménages situés dans la zone d'insécurité définie le long du canal sont de fait vulnérables par rapport au phénomène d'érosion et d'éboulement, exceptés ceux du quartier Doukouré où le canal est aménagé à ce niveau ;

ii°)- la vulnérabilité des ménages est encore accrue au niveau des ménages qui, situés dans cette zone d'insécurité définie, reposent sur des formations à forte et/ou très forte sensibilité. Il s'agit des parties avales Yaoséhi, amont de Mami Faitai et de Gbinta d'une part, de la partie amont de Niangon Continu et aval de Ginta d'autre part. Un exemple d'éboulement à Yaoséhi est illustré en annexe 3.

Ce travail s'appuie sur les techniques des systèmes d'information géographiques utilisant des données multi sources pour analyser la problématique de géorisques urbains dans les quartiers précaires d'Abidjan. Ces données sont composées d'informations topographiques,

pluviométriques, géographiques, anthropiques appuyées par des investigations de terrain. L'analyse et l'intégration des données pluviométriques se sont faites sur la base de l'uniformité des précipitations dans la ville d'Abidjan, en prenant en compte les informations collectées à la station Aéroport d'Abidjan, située à plus de 30km de la zone d'étude. Cette situation pourrait occasionner des biais dans les résultats obtenus. Mais la similitude observée entre les données, dans cette station et dans celles des anciennes stations de Yopougon conforte les résultats. Cependant, les résultats seraient encore pertinents si des données propres à la zone d'étude existaient, surtout que la région d'Abidjan est soumise ces dernières années à une grande variabilité climatique.

L'une des limites de cette étude réside dans le choix des valeurs dans le processus de pondération. En effet, les poids affectés à chaque facteur ne sont pas standardisés et proviennent des appréciations justifiées de l'auteur. Par ailleurs, les problèmes de géorisques mis en évidence par cette étude, ne sont pas les seuls faits des facteurs identifiés. Les comportements de certains ménages sont de nature à favoriser la déclanchement de ces phénomènes dans la zone d'étude. En effet, la situation se trouve accentuée par des pratiques quotidiennes de rejet des déchets d'ordures et d'eaux usées dans le canal et particulièrement sur les versants. La décomposition de la matière organique et le lexiviat qui en résulte, associé aux eaux usées concourent à la fragilité de la stabilité du sol et en particulier les versants du canal d'évacuation des eaux.

3.4- Conclusion partielle

Les formations rencontrées dans la zone d'étude sont essentiellement des sables argileux, la taille du diamètre pondéral des particules étant faible et essentiellement comprise entre 0,08 et 1 mm. La majorité du territoire se situe dans une zone de faible pente (<2%) entaillée de quelques pentes fortes (5%<p<15%). La combinaison des données indice de pente, d'occupation du sol, d'érodabilité du sol et d'érosivité des pluies dans un SIG, a permis de mettre en évidence des géorisques urbains (érosion éboulement, inondation) dans les quartiers précaires. Ces risques sont observés le long de la partie non aménagée du canal d'évacuation des eaux. Les ménages situés aux abords du canal sont exposés à ces risques et parfois à celui d'inondation par débordement de réseau. Cette situation met bien en évidence, l'insuffisance du drainage urbain dans les quartiers précaires. Si ces résultats orientent des prises de mesures appropriées de la part des décideurs, l'atténuation du phénomène de géorisque urbain bénéficierait d'une maîtrise du facteur déclenchant, notamment la pluie.

CHAPITRE 4: CARACTERISATION DE LA GESTION DES DECHETS SOLIDES ET LIQUIDES DANS LES QUARTIERS PRECAIRES : CARTOGRAPHIE DES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

4.1- Introduction

Parmi les problèmes, que connaît l'agglomération d'Abidjan, l'urbanisation incontrôlée et les facteurs environnementaux et sociaux associés à la mauvaise qualité de vie, se manifestent dans certains quartiers défavorisés de la ville, singulièrement ceux qui font l'objet de cette étude dans la commune de Yopougon.

Il est vrai qu'au cours de ces dernières décennies, la compréhension des risques sanitaires des zones urbaines, dans les pays en développement (Harpharm and Molyneux, 2001 ; Obrist et Eeuwijk, 2003), a connu une évolution notable. Cependant, beaucoup reste à faire dans les milieux précaires, de sorte que l'étude de ces phénomènes reste encore un problème d'actualité. Selon l'OMS, près des 2/3 des populations urbaines des pays en développement n'ont pas accès à un assainissement adéquat et n'ont ni de toilettes avec chasse d'eau, ni de latrines saines, ni même de fosses pouvant être couvertes (WHO, 1997). Chaque année, 4 millions de cas de maladies dans le monde provoquent 3 à 4 millions de décès essentiellement chez les enfants (WORLD BANK, 1993 ; Warner, 1998). À Abidjan, le problème est bien parlant, puisque la probabilité de mourir entre 1 et 5 ans serait, selon Gueu (1993), 15 fois plus élevée dans l'habitat précaire que dans l'habitat de standing.

La présente étude vise à caractériser l'état de l'environnement sanitaire des six (06) quartiers précaires répertoriés dans la commune de Yopougon ainsi que les risques de maladies associées. Elle permettra de mettre en évidence les déficiences en matière de gestion des déchets solides et liquides dans ces quartiers et de révéler les atteintes graves à la qualité de vie des populations concernées.

4.2- Approche méthodologique

Les approches spatiales (Télédétection et Système d'Informations Géographiques) sont adaptées aux investigations qui intègrent plusieurs données de sources diverses ; telles que l'environnement sanitaire qui résulte de diverses composantes (occupation du sol, réseau d'assainissement, collecte des ordures, accès à l'eau potable et aux structures sanitaires…). La qualité de l'environnement sanitaire des quartiers précaires sera caractérisée par des indicateurs de qualité de vie (Weber and Hirsch, 1992), définis à l'échelle intra-urbaine (De

Keersmaeker, 1989). Ces indicateurs sont élaborés à partir de l'association "bâti + voirie + infrastructures d'assainissement + accès à l'eau et maladies associées".
La meilleure connaissance de l'environnement sanitaire urbain passe par la mise en place d'un observatoire des paramètres environnementaux.

L'approche méthodologique combine les techniques spatiales (Télédétection et SIG) et les résultats des enquêtes de terrain réalisées dans les six (06) quartiers précaires étudiés. Dans une première phase, une synthèse des données et documents existants permet de constituer une base de données sur les caractéristiques physiques et environnementales. La deuxième phase porte sur la mise au point d'une méthode pratique et opérationnelle de caractérisation des variables environnementales relatives à la qualité de vie, déterminées grâce aux enquêtes socio-démographiques et environnementales.
Les variables utilisées sont de deux types : l'occupation du sol, obtenue à partir d'une image à très haute résolution spatiale (image QUICKBIRD), et l'accès aux infrastructures de base (eau, rues, centre de santé), mesuré en distance métrique et défini par le réseau de voies d'accès.

4.2.1- Synthèse documentaire et constitution de la base de données physiques des quartiers précaires

La synthèse des travaux réalisés (Gueu, 1993 ; UNICEF, 2001) au niveau des quartiers défavorisés de la commune de Yopougon, respectivement sur les maladies infectieuses transmises par voie hydrique et sur l'intervention en Milieu Urbain Pauvre, au niveau des enfants en circonstances extrêmement difficiles, a permis de faire le profil environnemental et sanitaire des sites d'étude. Les données de population (tailles des ménages, population, taux d'accroissement, etc…) sont issues de la base des données du Recensement Général de la Population et de l'Habitat, réalisé en 1998 par l'Institut National de la Statistique (INS, 2001).
Des vérifications et des mises à jour des informations recueillies ont été effectuées, grâce à des visites de sites et des enquêtes terrains auprès de différents organismes publics et/ou privés (ONG, services techniques municipaux) concernés par ce projet.
Au niveau cartographique, des cartes actualisées de la zone d'étude ont été élaborées pour chaque quartier, en vue de l'actualisation du Mode d'Occupation du Sol (MOS). Ainsi, sur la base de cartes ou croquis existants, fournis par les chefs de quartiers, les ONG, les services techniques municipaux des opérations de numérisation cartographique, à l'aide du logiciel

Arc-view version 3.2, ont été entreprises, afin de permettre l'extraction des unités d'habitation.

Ce travail a rencontré un obstacle dans son exécution. En effet, tous les documents utilisés sont incomplets et ne permettent pas de représenter à une échelle très fine le bâti des quartiers précaires. En outre, sur la carte cadastrale existante à l'échelle de 1/200 000 de la commune de Yopougon, les quartiers précaires sont matérialisés par des bandes où la construction des habitations est interdite. Ces bandes sont généralement situées aux abords de grands fossés aux pentes très fortes, associées au couvert végétal. Pour la mise à jour des documents synthétiques obtenus, d'autres investigations ont été menées, afin de procéder à la correction des cartes de base élaborées. Le travail a consisté en une campagne de collecte de points caractéristiques et la description de la structure spatiale des bâtiments (entre eux et par rapport à la voirie). A l'aide d'un GPS (Global Positionning System) de type GARMIN e-Trex *venture* et un système de mesure constitué de cordes, l'ensemble des rues de chaque quartier a fait l'objet de prospection, afin de corriger et/ou compléter les cartes et croquis de base. Le GPS permet la localisation parfaite, avec une marge d'erreur acceptable, des objets urbains (Cissé et al, 1999). Les logiciels Map-Info et Arc-View ont été utilisés à cet effet.

Cependant, la superposition des données est difficile, à cause de l'imprécision au niveau des cartes et croquis de base. L'intégration des six (06) quartiers précaires dans le fichier du MOS n'est, par conséquent, pas très satisfaisante. Pour toutes ces raisons, le recours à l'imagerie satellitaire à très haute résolution s'impose pour une extraction à très grande échelle (1/5 000) du bâti actualisé des quartiers précaires étudiés. Une image satellitaire QUICKBIRD a donc été acquise pour la cartographie du bâti, support permettant de construire les indicateurs de la qualité de l'environnement. Cette option a permis de faire face à ce deuxième obstacle et d'avoir des supports cartographiques bien détaillés. Les facteurs environnementaux à investiguer se trouvant généralement dans les rues des quartiers étudiés, cette précision du support de base cartographique est nécessaire, en vue de procéder à une bonne matérialisation des éléments géographiques environnementaux.

4.2.2- Apports de l'imagerie QUICKBIRD pour la mise à jour cartographique du tissu urbain

Le satellite QuickBird-2 (Identique à QuickBird-1 perdu après sont lancement en 2000), a été lancé le 18 octobre 2001. Son altitude est de 460 km et son orbite est héliosynchrone avec une inclinaison de 97°2' et une période 93.4 minutes. Sa durée de vie prévue est de 7 ans. Ce satellite QuickBird acquiert des images en noir et blanc à 61 cm de résolution (mode

panchromatique) et des images couleurs (mode multispectral à 4 bandes) à 2,44 m de résolution. La taille d'une image représente une surface au sol de 16,5 km x 16,5 km. Sa capacité d'observation est améliorée par ses possibilités de prises de vue en avant et en arrière, et obliquement à droite et à gauche.
Ses applications principales sont la cartographie, la défense et l'urbanisme.

Les images QUICKBIRD (scène du 24 janvier 2004) utilisées dans le cadre de ce travail sont de bonne qualité radiométrique. Elles sont nettes et présentent une très bonne lisibilité des unités d'habitations ainsi qu'une description fine de la morphologie du tissu urbain. Les images QUICKBIRD comportent une bande panchromatique (0,45-0,90 µm) de résolution 61 cm et 4 bandes multispectrales du visible et du proche infra rouge (0,45-0,52 µm ; 0,52-0,60 µm ; 0,63-0,69 µm et 0,76-0,90 µm) de résolution spatiale 2,44 m. Grâce à cette fourchette spectrale et à la finesse de résolution spatiale, ces images constituent une base de données très riche en information pour la reconnaissance et l'extraction du bâti.
Le traitement des images commence par une correction géométrique à partir de 12 points de calage et de 6 points de contrôle relevés sur le terrain par GPS. La transformation géométrique est réalisée par un polynôme de degré 2, associé à un rééchantillonnage par la méthode du plus proche voisin. L'erreur résiduelle est dans ce cas de l'ordre du pixel.
Les images QUICKBIRD présentent un mode panchromatique plus fin que le mode multi spectral. La combinaison des différentes bandes issues des ces deux modes permet de produire artificiellement une image couleur de résolution approchant celle de la bande panchromatique. La méthode "pansharpened" a été utilisée. Elle consiste à transformer les données multi spectrales de l'espace de couleur Rouge-vert-bleu (RVB) dans un nouvel espace de couleur défini en termes d'intensité, teinte et saturation (ITS). Dans la pratique, le travail revient à remplacer ensuite le néo-canal : intensité par la bande panchromatique et à appliquer la transformation inverse au nouvel ensemble ITS. Les variations fines du panchromatique viennent ainsi contrôler la brillance de l'information couleur.

Les canaux bruts et les néo-canaux, issus de la fusion des bandes panchromatiques et multispectrales, sont utilisés dans l'identification et l'extraction manuelle des différents objets urbains (bâti, voirie). Ces objets constituent le support indispensable pour construire des indicateurs de la qualité de l'environnement. En effet, les variables descriptives de l'environnement dont la présence est susceptible d'avoir un impact négatif certain sur la santé des populations (zones de déversoirs des eaux usées, stagnation des eaux, dépôts sauvages

d'ordures ménagères, eaux stagnantes, etc...) se rencontrent dans les rues des différents quartiers. Leur présence témoigne de l'insuffisance dans la gestion des déchets solides et liquides dans les quartiers. La fine résolution spatiale de l'image QUICKBIRD permet une meilleure estimation des superficies des différents quartiers ainsi que celles occupées par les rues.

L'importance de la répartition des éléments environnementaux dans ces rues permet d'apprécier la qualité de l'environnement. Le niveau d'accessibilité aux infrastructures socio sanitaires de base, notamment les systèmes d'évacuation des déchets, d'approvisionnement en eau potable, les services de santé, etc. a une influence sur la santé des populations.

Quant au bâti, il permet de représenter la structuration des maisons dans les ménages et de faire une analyse sur le mode d'occupation du sol des milieux défavorisés, en relation avec la répartition spatiale des facteurs environnementaux investigués.

4.2.3- Enquêtes socio-démographiques et environnementales

Deux types d'enquêtes ont été réalisés pour déterminer les caractéristiques des facteurs jouant un rôle prépondérant dans la connaissance de l'environnement sanitaire. La première est une enquête géographique et la seconde une enquête ménage.

4.2.3.1 Enquête Géographique

Seule une enquête géographique précise permet de décrire, à un moment donné, la situation effective dans les quartiers (Cissé, 1997). L'enquête géographique, dans le cadre de cette étude, a été réalisée en deux phases : la première phase a été exécutée dans le mois d'octobre 2004 et la seconde phase a eu lieu en février 2005. Cette disposition particulière vise à apprécier l'influence de la variation saisonnière sur l'évolution et le comportement des facteurs environnementaux dans la zone d'étude et permet ainsi de décrire la situation effective dans les quartiers précaires. Les variables environnementales concernées portent d'une part, sur l'accès aux infrastructures de base (réseau d'assainissement des eaux usées et pluviales, réseau de collecte des ordures, installations sanitaires, les latrines communautaires) et d'autre part, sur les sources d'approvisionnement en eau potable (robinet d'eau, revendeurs d'eau, borne fontaine, puits). D'autres fiches renseignent également sur la présence ou non des larves de moustiques dans les eaux stagnantes répertoriées ainsi que sur la salubrité des marchés publics éventuels des quartiers précaires.

En s'appuyant sur les fiches d'inventaire et sur les différentes cartes actualisées du bâti de chaque quartier, réalisées à l'aide des images QUICKBIRD, les différentes artères (rues, ruelles) ont été parcourues de façon exhaustive par six (06) équipes composées de 3

techniciens chacune pour identifier et indexer les objets urbains, afin de leur rattacher les informations spécifiques des fiches d'inventaire. Chaque équipe est suivie par un superviseur qui donne des indications et des orientations et explications éventuelles sur certains problèmes rencontrés sur le terrain, d'une part ; et s'assurer du bon déroulement de l'opération, d'autre part.

L'évaluation des superficies ou des distances des objets géographiques repérés s'est faite à l'aide du GPS et des cordes étalonnées de 20 mètres. L'opération consiste à mesurer les dimensions mathématiques (longueur, largeur, hauteur, rayon ou diamètres etc.) de l'objet géographique répertorié d'une part, et à le positionner au GPS d'autre part (planche 7)

***Planche** 7 : Mesure des dimensions d'un objet géographique répertorié au cours de l'enquête géographique*

Le point GPS renferme les informations des coordonnées géographiques (longitude, latitude, altitude) de l'élément géographique répertorié. Ces informations recueillies permettent le calcul d'autres paramètres de grandeur (superficies, volume etc) ratachés à l'objet géographique et sa représentation spatiale sur les cartes de base. Ainsi, les données de l'enquête géographique ont fait l'objet d'élaboration de différentes cartes thématiques qui expriment la distribution spatiale des éléments investigués, notamment des facteurs de l'environnement sanitaire, grâce aux logiciels Excel et Arc-View. L'analyse a pris en compte

la mise en parallèle des informations recueillies avec les données démographiques de chaque quartier.

La caractérisation de l'environnement sanitaire se fait à l'échelle du quartier. Pour analyser les impacts potentiels du déficit d'assainissement sur les nuisances urbaines et les populations une enquête ménage a été réalisée sur l'ensemble des six (06) quartiers précaires de la zone d'étude.

4.2.3.2 Enquête Ménage

L'enquête ménage a privilégié la technique de sondage basée sur la méthode d'échantillonnage aléatoire simple. Dans cette technique, la taille de l'échantillon (nombre de ménages) dépend des taux à mesurer et de la précision souhaitée, comme l'exprime la formulation du modèle de base suivante (OMS, 1991) :

$$N = P\frac{(1-P)}{(E/1{,}96)^2} \quad \text{(Eq. 6.1)}$$

ou encore

$$N = \frac{PQ}{(E/L)^2} \quad \text{(Eq. 6.2)}$$

Avec :

N : taille minimale de l'échantillon nécessaire ;

P : estimation de la proportion (taux de prévalence) attendue ;

Q : la valeur de (1-P) ;

E : marge d'erreur tolérée (risque statistique %);

L : écart réduit pour le risque statistique admis (1,96 pour le risque 5%).

La validité de l'équation réside dans la dextérité du choix de la valeur de la proportion attendue (prévalence). Du point de vue épidémiologique, la prévalence dans sa forme simpliste se définie comme étant le nombre total de personnes atteintes d'une maladie ou d'une condition de santé particulière, qui vivent dans une population a un moment donné. Quant au taux, il exprime la fréquence à laquelle un évènement se produit dans une population à un moment donné. Nous considérons dans cette étude, le taux de prévalence d'une maladie comme étant la fréquence des réponses se rapportant à la maladie dans l'échantillon enquêté par quartier.

En considérant, par exemple, le paludisme qui est l'une des maladies causées par le déficit d'assainissement, la prévalence de cette maladie est de 30% (PNLP, 2003). En appliquant cette formulation et en tenant compte de la précision et du risque admissible (5%), un échantillon de 197 ménages a été obtenu pour la zone d'étude. Pour plus de représentativité de l'échantillon (contrôle de qualité) et en fonction des moyens, plusieurs corrections et considérations ont été faites ; ce qui a ramené la taille de l'échantillon à 300 ménages. Par ailleurs, cet échantillon s'applique cette fois-ci à chacun des quartiers investigués, soit un total de 1800 ménages, pour l'ensemble des six (06) quartiers.

Des procédures et techniques pratiques ont permis d'une part, de tester la validité et l'opérationnalité du protocole d'enquête et d'autre part, de vérifier l'adéquation du questionnaire à s'appliquer aisément dans les ménages avant d'entreprendre l'enquête proprement dite. Ainsi, une première enquête pilote a consisté à un premier passage dans 110 ménages, dans un des quartiers de la zone d'étude : le quartier Yaoséhi. Ce « test » a permis d'avoir un aperçu de l'environnement du travail et de corriger et/ou peaufiner les premières fiches d'enquête. Une deuxième enquête pilote réalisée dans un village périurbain de la commune (Km17) et sa restitution a eu pour effet la validation du questionnaire final.
Le questionnaire est structuré en trois grandes parties ; A, B et C. La partie A s'intéresse à l'indentification et à l'information de base sur le ménage, notamment les équipements et l'habitat. La partie B traite de l'eau, de l'assainissement et des maladies vécues par le ménage les deux dernières semaines précédant l'enquête. Quant à la partie C, elle ressort les caractéristiques individuelles des membres du ménage.
L'organisation pratique sur le terrain, en ce qui concerne l'exécution de l'enquête, a aussi connu certaines dispositions particulières. En effet, le secteur d'étude est divisée en 03 zones : Zone 1: Yaosehi et Doucouré; Zone 2 : Gbinta et Niangon Continu; Zone 3 : Yamoussoukro et Mamie Faitai. Une quatrième zone a été ajoutée à cette disposition. Elle concerne un quartier loti formel de standing économique appelé *COPRIM*. Un échantillon de 100 ménages a été retenu dans ce quartier, pour procéder à des comparaisons éventuelles, lors des analyses des données. Finalement, l'échantillon a porté sur 1900 ménages au total avec n= 1800 (pour les 6 quartiers précaires) et n=100 (pour le quartier formel *COPRIM*).

Chaque quartier est couvert par deux enquêteurs qui administrent le questionnaire, de préférence au chef de ménage ou tout autre membre majeur du ménage susceptible de répondre valablement aux questions. Les deux enquêteurs de chaque quartier sont aidés dans

leur tâche par trois guides volontaires locaux, choisis dans le quartier dont un qui joue le rôle de pivot. Ces derniers ayant subi des séances de formation facilitent l'entrée dans le ménage de l'enquêteur. Ils interviennent souvent dans l'explication à l'interlocuteur de l'objectif de l'étude. Un superviseur par zone est mandaté pour donner des orientations et explications éventuelles aux problèmes survenus au cours de l'exécution de l'enquête d'une part, et vérifier le bon déroulement de l'opération, selon la méthodologie définie (renforcement du contrôle de qualité) d'autre part. Le superviseur de zone rend compte à un superviseur général de l'enquête qui à son tour apporte les informations au coordinateur Général de l'enquête.
Les questionnaires, déjà administrés, sont récupérés par le superviseur de zone qui, après vérification les transmet au superviseur général. Ce dernier à son tour les remet aux techniciens de saisi, formés à cet effet, après vérification avec le coordonnateur général. La Figure 17 ci-dessous présente la structuration de l'équipe qui a participé à l'enquête ménage réalisée du 20 au 27 octobre 2003.

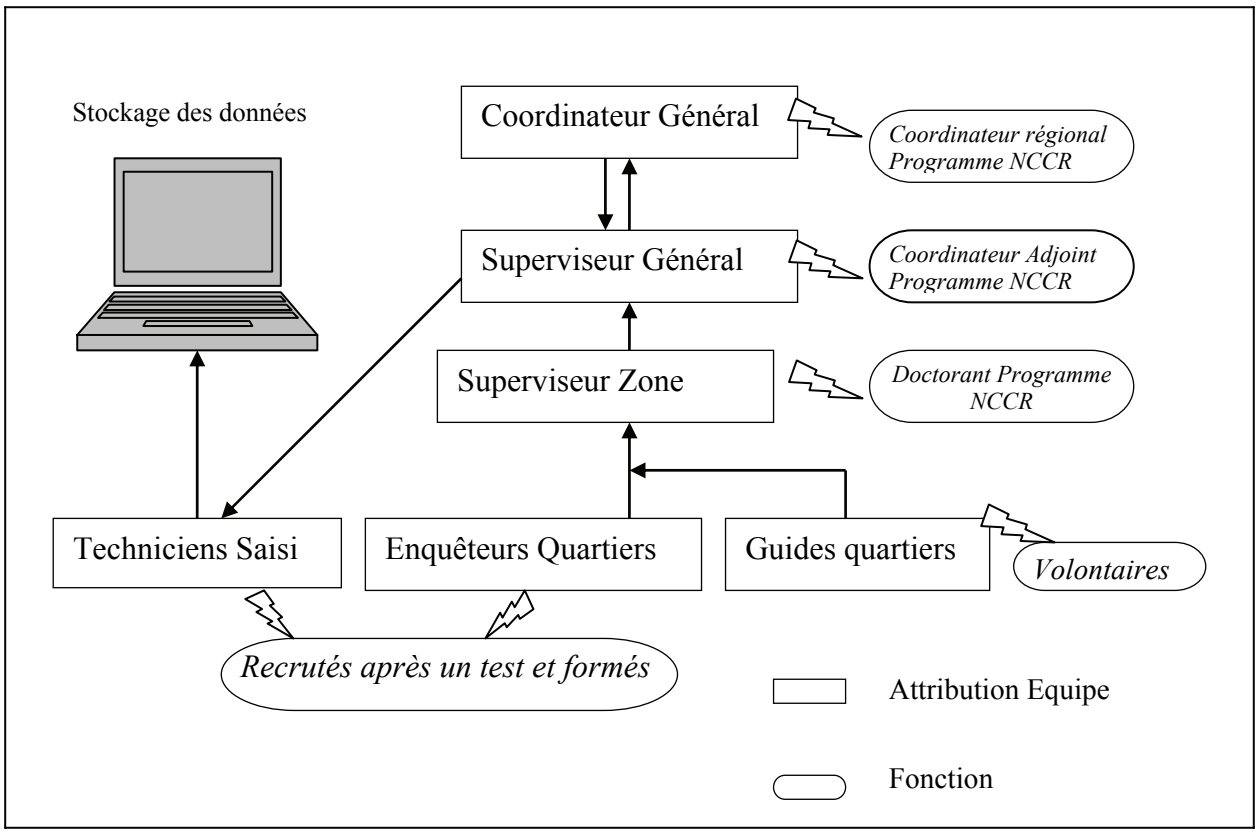


Figure 17 : *Structuration de l'équipe pour l'enquête ménage d'octobre 2003*

Sur la base des réponses de l'enquête ménage, des cartes du taux de prévalence de deux maladies majeures (paludisme, diarrhée) ont été également élaborées par pondération. A ce

niveau, la pondération s'est faite par corrélation du nombre de réponses se rapportant à la maladie considérée dans un quartier donné.

4.2.4- Intégration des données et cartographie de l'environnement sanitaire

Les images satellitaires QUICKBIRD (très haute résolution spatiale) sont couplées aux données exogènes relatives à l'environnement sanitaire, pour décrire la réalité physique des différents quartiers (occupation du sol, connectivité des espaces bâtis, accessibilité aux services de santé). Les objets urbains identifiés sont utilisés pour la caractérisation de l'environnement sanitaire et de la qualité de vie des populations.

La carte du bâti constitue le support indispensable à la spatialisation des indicateurs environnementaux. Les facteurs d'accès aux infrastructures sanitaires de base (installation sanitaires, réseau d'assainissement des eaux pluviales et usées, infrastructures de collecte des ordures) et aux sources d'approvisionnement en eau potable (utilisation de robinet d'eau, de revendeur d'eau, puits) sont combinés par pondération pour établir les cartes des facteurs de risques environnementaux, en rapport avec le mode d'occupation du sol. Ces cartes sont validées à partir d'observations sur le terrain. La pondération concernant les facteurs de risque s'est basée essentiellement sur la grandeur de la superficie occupée par l'élément géographique.

4.3- Résultats, interprétations et discussions

4.3.1- Mode d'occupation du sol

Sur la carte du MOS (1/200 000), les abords du canal sont des terrains attribués au couvert végétal. Il n'est établi aucun découpage pour la construction d'habitat. Les six quartiers précaires investigués sont par conséquent absents du plan Directeur d'Urbanisme. L'interprétation visuelle des bandes panchromatiques et multi spectrales et des compositions colorées des images QUICKBIRD a permis de relever les différents patrons des habitats de ces six quartiers précaires. La Figure 18 présente une composition colorée des bandes 1,3 et 2 qui montre l'occupation spatiale des six (06) quartiers précaires étudiés aux abords du canal d'évacuation des eaux usées et pluviales ; le canal UNIWAX.

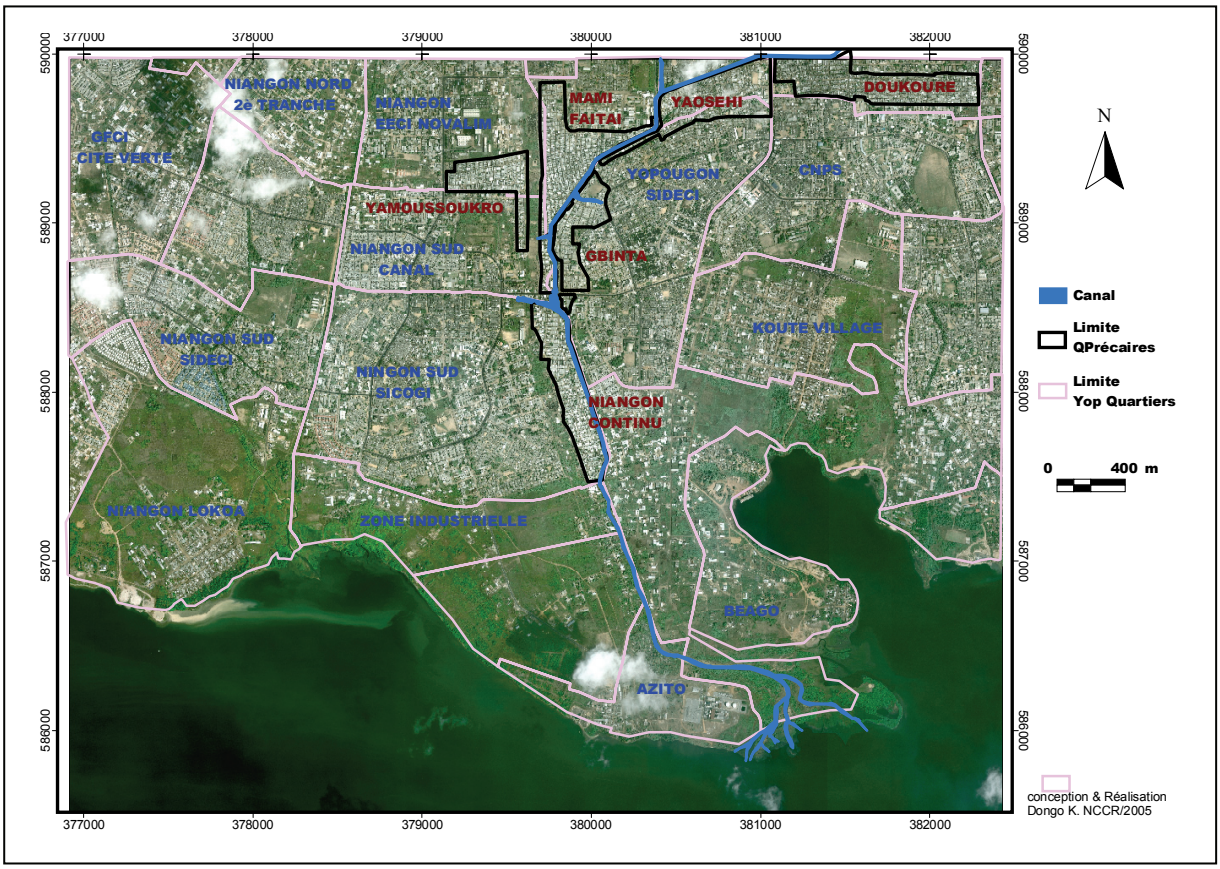


Figure 18 : *Mode d'Occupation du Sol (MOS) de la zone d'étude*

Sur cette image, la finesse spatiale des images QUICKBIRD a facilité la reconnaissance des unités d'habitation et la description sémantique des ménages, renforcée par les enquêtes de terrain.

Parmi les 06 quartiers étudiés, 5 présentent une façade avec plus de 50%, sauf le quartier Doukouré (25%), coïncidant avec le bord du canal. Il s'agit des quartiers Doukouré, Yaoséhi, Mami Faitai, Gbinta et Niangon Continu. Seul, le quartier Yamousoukro se trouve isolé du canal. Si le canal est entièrement aménagé au niveau du quartier Doukouré, il l'est partiellement à Yaoséhi. Partant de cette partie non aménagée du canal au niveau de Yaoséhi jusqu'à la lagune Ebrié, en passant par Mami Faitai, Gbinta et Niangon Continu, aucun aménagement n'est réalisé sur tout le long de cette portion du canal. Cette situation pose de graves préjudices aux populations comme le souligne l'analyse des géorisques urbains (érosion, inondation, éboulement) dans ces quartiers. D'importants phénomènes d'érosion, d'éboulement et d'inondation sont observés le long du canal, surtout dans les secteurs non aménagés.

Les mesures de terrain effectuées sur le canal montrent que sa profondeur à l'état actuel varie, de 15 à 25 m, sur une largeur variant de 10 à 15 m, avec des pentes très abruptes pouvant aller jusqu'à 45-60%, ce qui constitue un véritable fossé au cœur de la commune. Les informations recueillies sur le terrain renseignent que de nombreuses pertes en vie humaines ont été plusieurs fois enregistrées dans les quartiers de Yaoséhi, Gbinta et Niangon Continu, à la suite d'inondations et d'éboulements de terrain. Ces phénomènes se déroulent surtout pendant la saison pluvieuse et particulièrement dans le mois de juin, le plus pluvieux à Abidjan (Dongo, 2001 ; Diomandé, 2005).

La tranche d'âge des victimes se situe entre 5 et 10 ans et les populations de ces quartiers précaires, de même que d'autres quartiers similaires de la ville d'Abidjan, sont chaque année dans un état de désarroi à l'approche des saisons pluvieuses.

Les observations de terrains ont aussi révélé que l'une des bordures (environ 40%) des quartiers Mami Faitai, Yamoussoukro et Niangon Continu fait limite avec une bande de portion occupée par les lignes électriques de haute tension. Certaines habitations de ces quartiers susmentionnés sont installées en dessous de ces installations électriques quoi que déconseillé. Ces espaces sont d'ailleurs très fréquentés où les petits commerces exercent au quotidien leurs activités avec tout ce que cela peut entraîner comme risques liés aux émissions électriques par ces types d'installations. Certains espaces constituent des lieux privilégiés de terrains de jeux.

Du point de vue des caractéristiques individuelles des quartiers précaires, la finesse de l'image satellitaire QUICKBIRD a permis d'évaluer avec une bonne précision certains patrons (paterns) de ces différents quartiers étudiés. Il s'agit de la superficie totale occupée par chaque quartier, de celle occupée par les habitations, la proportion de l'occupation des habitations, de la proportion des voiries et espaces libres (connectivité) et de la structuration des habitations. Le Tableau IV en donne un récapitulatif.

***Tableau IV**: Patrons des quartiers précaires étudiés*

Quartiers	Superficie (m²)	Occupation habitations (m²)	Taux occupation habitation (%)	Connectivité %	Structure des habitations
Doukouré	226340	156309	69.1	30.9	*Anarchique et touffu*
Yaoséhi	197609	136416	69.0	31.0	*Anarchique et touffu*
Mami Faitai	237744	157101	66.1	33.92	*Anarchique et touffu*
Yamous-soukro	115556	83657	72.4	27.6	*Anarchique moins touffu*
Ginta	125613	85486	68.1	31.9	*Anarchique et touffu*
Niangon Continu	179363	127736	71.2	28.8	*Anarchique moins touffu*
COPRIM	151323	96779	64.0	36.0	*Tracé régulier, aéré*

L'analyse du tableau fait remarquer dans les quartiers précaires que l'occupation du sol a privilégié la construction des maisons d'habitation à l'aménagement de l'espace urbain. L'occupation du sol représente dans ces quartiers en moyenne 70% de la superficie totale du quartier précaire, alors que cette occupation affiche une proportion de 64% dans le quartier formel. Le niveau de connectivité reste par conséquent faible au niveau des milieux défavorisés (30% en moyenne contre 36% pour le quartier formel), surtout que cette connectivité définie dans ces quartiers prend en compte l'espace réservé aux terrains vagues. On peut donc considérer que la connectivité est inférieure à 30% dans ces quartiers précaires. En outre, cette connectivité demeure encore très relative, vu la structure des habitations. En effet, alors que le quartier formel (*COPRIM*) possède un tracé régulier des habitations avec des voies bien aérées et asphaltées , les maisons des quartiers précaires présentent une image très touffue et anarchique avec des rues très étroites ne permettant pas une bonne aération.

Par ailleurs, il n'existe plus de possibilité d'extension de ces quartiers et pourtant, ils enregistrent le plus fort taux de croissance de la population estimé à 3,8% (INS, 1998). Cette forte augmentation de la population dans ces conditions implique nécessairement deux phénomènes majeurs : i°)- une augmentation du nombre d'habitants au km2 (la densité de la population) et ii°)- une intense modification du mode d'occupation du sol. En effet, face au nombre important d'habitants, la majorité des ménages entreprennent des modifications dans leurs occupations. Les habitations deviennent très réduites et certaines rues sont parfois occupées. Cette situation augmente la promiscuité déjà manifeste et diminue les voies de connexion et d'accessibilité au quartier. L'intégration des résultats issus de ce travail et des estimations faites par l'INS en 2000 sur la base du recensement général de la population et de l'Habitat (RGPH) réalisé en 1998, permet de mieux apprécier les différents paramètres de l'occupation du sol dans ces quartiers précaires. Les informations concernant la population dans chaque quartier, le nombre de ménages, la densité de la population ainsi que la densité des ménages ont été utilisées pour caractériser l'occupation de l'espace urbain des quartiers précaires investiguées. Ces informations sont rapportées dans le Tableau V ci-dessous.

Tableau V : *Caractéristiques d'occupation de l'espace des quartiers étudiés*

Quartiers	Population (habts) (en 2000)	Nombre de ménages	Densité usuelle (hbts/m2)	Densité ménage (ménages rapporté à la surface des habitations (men/m2)
Doukouré	8386	2522	0.04	0.016
Yaoséhi	5466	1806	0.03	0.013
Mami Faitai	13314	3845	0.06	0.024
Yamous-soukro	4022	1382	0.03	0.017
Ginta	5852	1547	0.05	0.018
Niangon continu	3609	1082	0.02	0.008
COPRIM	805	135	0.01	0.001

On constate avec l'analyse de ce tableau que les quartiers précaires ont une forte densité de population. Cette densité est en moyenne supérieure à 0,037 hab/m^2, alors que dans le quartier formel *COPRIM* elle affiche une valeur de 0,01hab/m2. La situation est pratiquement identique lorsqu'on s'intéresse au nombre de ménages rapporté à la surface occupée par les

habitations : en moyenne supérieur à 0,016 ménage/m2 au niveau des quartiers précaires, pour une valeur de 0,001ménage/m2 dans le quartier formel *COPRIM*. Les valeurs les plus significatives, concernant les deux paramètres mesurés, sont observées dans les quartiers de Mami Faitai, Gbinta et Doukouré qui affichent respectivement les couples (0.06 ; 0.024), (0.05 ; 0.018) et (0.04 ; 0.016) (habitants/m2 ; ménages/m2).

Toutes ces caractéristiques que présentent les quartiers précaires étudiés, du point de vue du mode d'occupation du sol, évaluées à l'aide de l'image QUICKBIRD et des enquêtes de terrains, permettent difficilement le fonctionnement des systèmes d'assainissement. L'aménagement de l'espace observé n'obéit à aucune norme de planification et d'urbanisme. Des difficultés d'accès se posent pour le ramassage des ordures ménagères. L'étroitesse des voiries associée à l'occupation anarchique du sol par les habitations, récuse toute possibilité d'installation d'ouvrages de drainage et d'évacuation des eaux. En outre, de tels endroits sont les lieux privilégiés des personnes de mauvaises réputations. Plusieurs actes criminels sont très souvent enregistrés dans ces quartiers précaires. Ils constituent une base de violences aveugles, de prise de la drogue et de l'alcool à forte dose ainsi que des lieux de fréquentation des enfants de la rue. Selon les études des Nations unies (UN-HABITAT, 2002), les quartiers précaires abritent des jeunes sans emploi s'adonnant à des pratiques de vol et plusieurs actes illicites et criminels.

Il est ainsi intéressant de pousser l'analyse plus loin et de mieux apprécier l'environnement sanitaire de tels milieux précaires. Cette appréciation est une analyse spatiale au sein de chaque quartier. Avec tous ces travaux déjà effectués jusqu'ici, il devient maintenant aisé d'isoler la structure exacte du bâti dans les détails, à partir de l'image QUICKBIRD sur laquelle sont effectuées plusieurs requêtes pour ressortir le comportement des facteurs environnementaux qui caractérisent l'environnement sanitaire de ces quartiers défavorisés.

4.3.2- Environnement sanitaire des quartiers précaires

L'intégration des informations issues des enquêtes de terrain et rapportées aux habitats a permis de caractériser l'environnement sanitaire des quartiers précaires étudiés. Il ressort des analyses que l'environnement est malsain. Cela est lié à un déficit de gestion de l'environnement dont la conséquence est incontestablement une atteinte néfaste sur la qualité de vie des populations. Selon l'OMS, près de la moitié des citadins d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine est atteinte d'une ou plusieurs maladies associées à un approvisionnement en eau et un assainissement inadéquat (WHO,1999).

4.3.2.1 Prolifération des déversoirs d'eaux usées

Les Figures 19 et 20 mettent en relief le niveau de vulnérabilité des quartiers étudiés en matière de risques sanitaires, liés à l'occupation des rues par les déversoirs remplis d'eaux usées au cours des deux saisons (humide et sèche) de l'année. Les déversoirs d'eaux usées abondent les rues et témoignent d'une insuffisance dans la gestion des eaux usées domestiques dans ces quartiers.

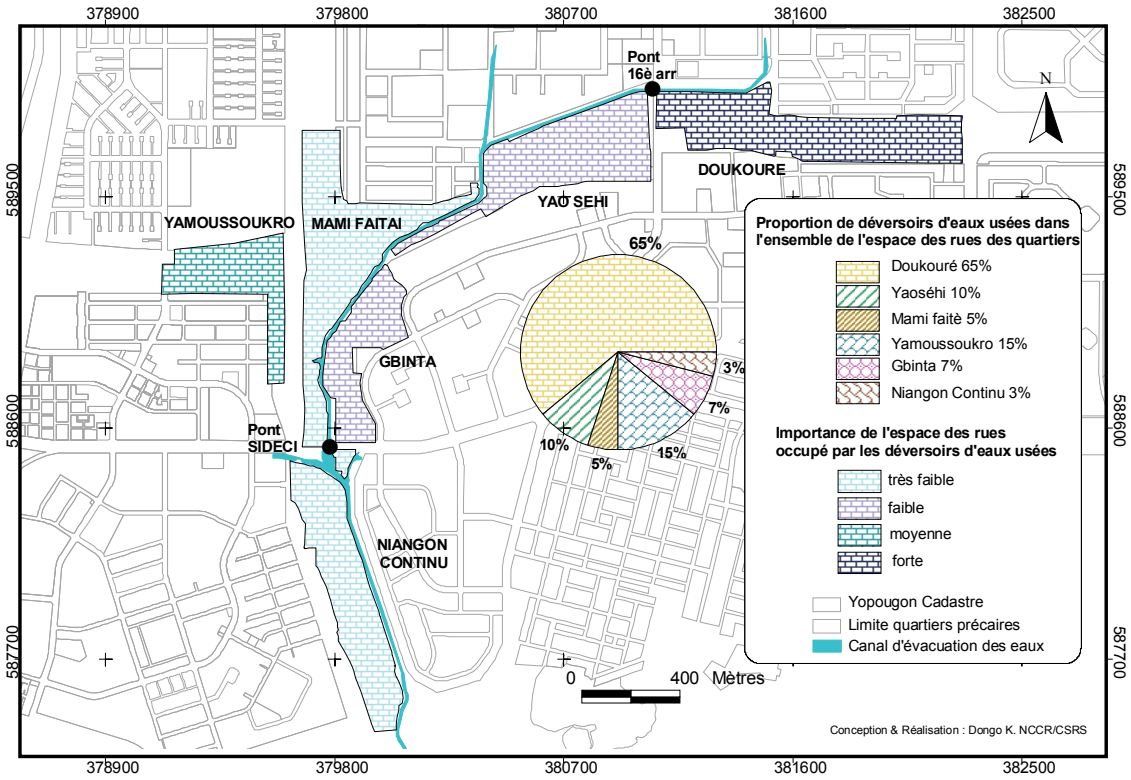


Figure 19 : *Occupation des rues par les déversoirs d'eaux usées dans les quartiers précaires en saison de pluie*

Dans ces milieux défavorisés, aucun système d'évacuation des eaux usées n'est construit, le système d'égouttage étant très onéreux pour ces populations. Dans ces conditions, deux possibilités s'offrent aux populations riveraines : i°) l'évacuation des eaux dans les rues, et ii°) l'utilisation des fosses (STRAUSS et al. 2000). Très peu de ménages optent pour la deuxième option. La taille des ménages est en moyenne de 4 à 5 habitants par ménage. Le coût et la maintenance des fosses constituent un problème pour ces populations en majorité, en dessous du seuil de pauvreté. De plus, la promiscuité des habitations constitue un frein pour un assainissement adéquat. Tout cela conduit les ménages à opter pour la première option, c'est-à-dire à recourir aux rues et terrains vagues comme mode d'évacuation des eaux usées. Le déficit d'assainissement dans les quartiers précaires, amène donc les ménages à

déverser leurs eaux usées dans ces endroits aménagées ou non, appelées déversoirs d'eaux usées que l'on trouve dans les rues et ruelles des quartiers.

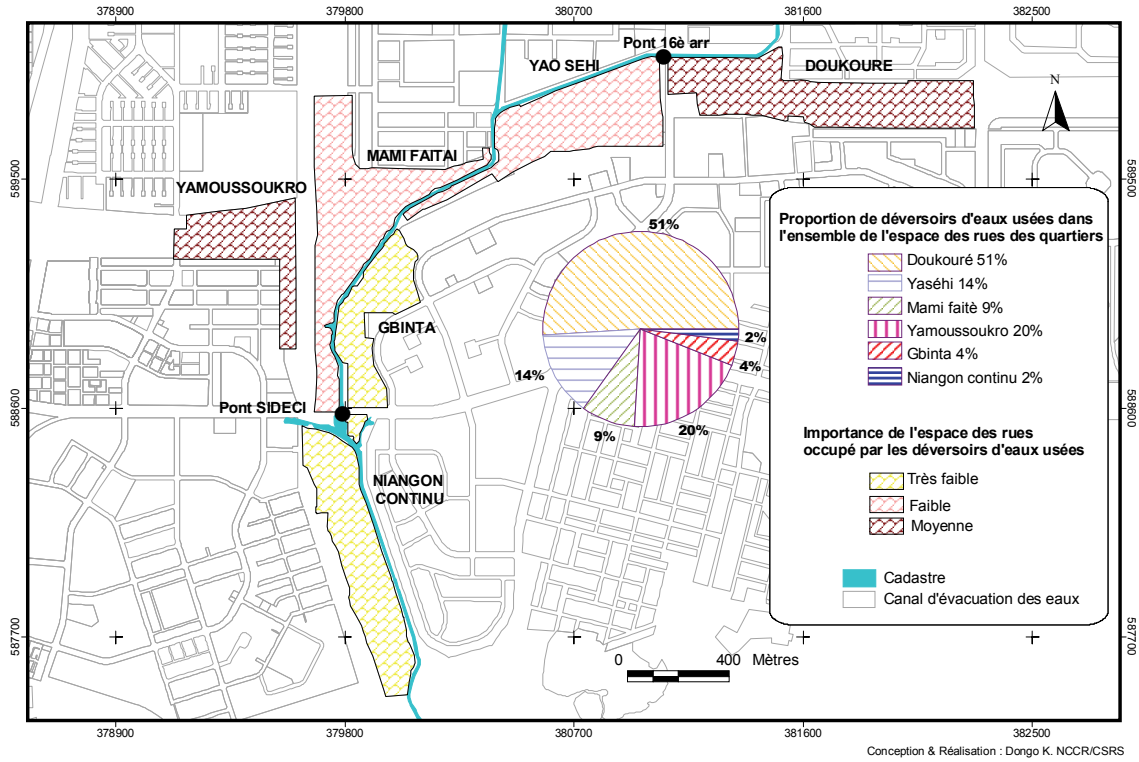


Figure 20 : *Occupation des rues par les déversoirs d'eaux usées dans les quartiers précaires en saison sèche*

Les superficies occupées par les déversoirs d'eaux usées sont rapportées aux superficies des quartiers et pondérées pour déterminer des classes distinctes. Les Figures 19 et 20 indiquent que la répartition spatiale des déversoirs d'eaux usées dans les quartiers précaires est soumise à l'influence saisonnière. D'une manière générale, on rencontre une forte concentration de déversoirs d'eaux usées dans les quartiers précaires pendant les saisons pluvieuses. De tous ces quartiers défavorisés faisant l'objet de cette étude, les rues de Doukouré concentrent la majeure partie de ces déversoirs d'eaux usées, au cours des différentes périodes de l'année (65% en saison pluvieuses et 51% en période sèche). En revanche, les quartiers Niangon Continu, Gbinta et Mami Faitai, les mieux pourvus en fosses traditionnelles d'évacuation des eaux sont faiblement vulnérables en matière de contamination due au nombre important de déversoirs d'eaux usées dans leurs rues respectives, pour les deux saisons considérées. Ils enregistrent respectivement les proportions de 3%, 7% et 5% pour la période humide contre 2%, 4% et 9% pour la période sèche.

La prolifération des déversoirs d'eaux usées constitue de graves menaces pour la santé des populations. Ces déversoirs sont favorables au développement des mouches, des rats, des insectes, des cafards et d'autres arthropodes, vecteurs des maladies de toutes sortes. Le développement de ces vecteurs nuisibles à la santé se trouve d'autant plus accentué que la structure généralement anarchique et insalubre des quartiers s'y prête.

4.3.2.2 Stagnation des eaux dans les quartiers

L'insuffisance du réseau de drainage s'exprime par la stagnation des eaux sales dans les différents quartiers précaires. Ces eaux sont contenues dans des dépressions circulaires rectangulaires des rues ou autres, contrairement aux déversoirs d'eaux usées qui sont en canaux aménagés ou non. La Planche 8 montre un exemple de déversoir des eaux usées non aménagé, répertorié dans le quartier Doukouré.

Planche 8 : *Déversoir d'eaux usées non aménagé dans le quartier Doukouré*

Cependant, il arrive souvent que les déversoirs d'eaux usées communiquent avec les eaux stagnantes. Le déficit de drainage des quartiers est un facteur de maladies, notamment les syndromes pseudo palustres (SPP) et diarrhéiques (SD). En effet, les eaux de mauvaise qualité, l'assainissement précaire (gestion des excréta, drainage des eaux) et la mauvaise hygiène contribuent, pour une grande partie, à la détérioration de la santé des populations (Ersey et al, 1991). Aussi, dans cette étude, la campagne d'identification de la présence des larves de moustique dans les eaux stagnantes répertoriées par l'enquête géographique, a-t-il permis de mieux apprécier le risque d'infection palustre dans ces quartiers au cours de deux

saisons considérées. Les Figures 21 et 22 montrent la répartition spatiale des gîtes larvaires de moustiques tout genre confondu (anophèle, culex, Aèdes) dans les quartiers précaires au cours des deux saisons (humide et sèche).

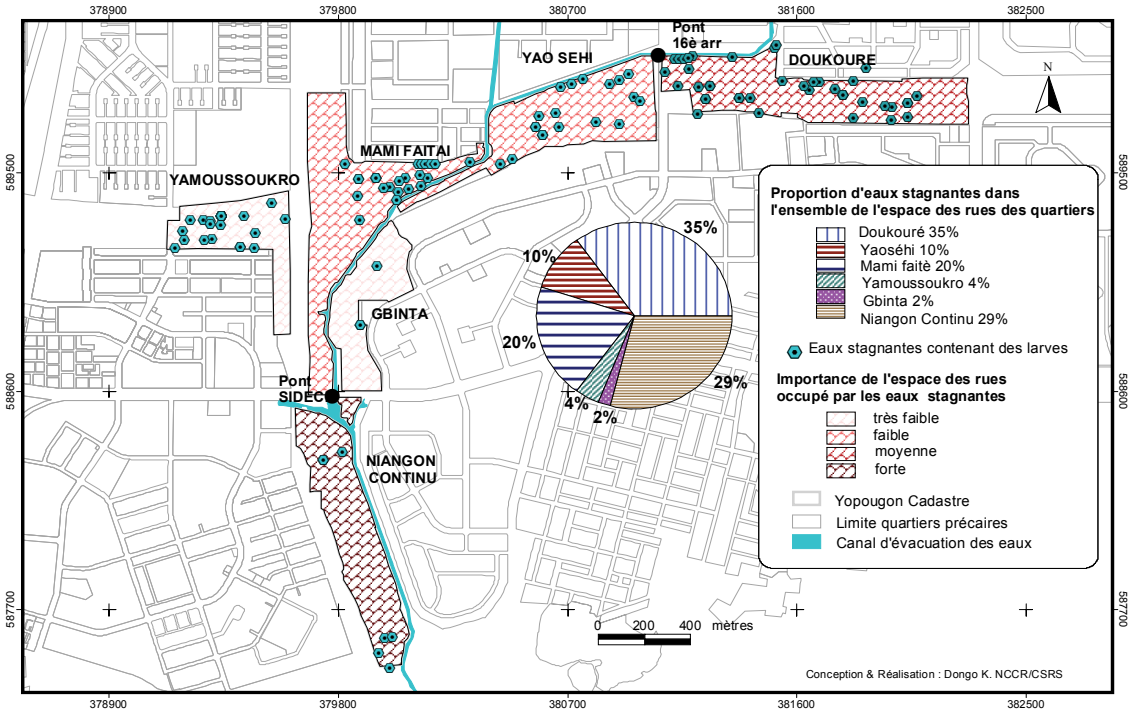


***Figure 21** : Occupation des rues par les eaux stagnantes dans les quartiers précaires en période pluvieuse*

L'occupation des rues par les eaux stagnantes varie d'un quartier à un autre. Les quartiers Doukouré, Niangon Continu et Mami Faitai sont les moins drainés, puisqu'ils enregistrent les plus fortes concentrations de superficies d'eaux stagnantes pendant la période pluvieuse, respectivement dans les proportions de 35%, 29% et 20%. A l'opposé, les quartiers Gbinta et Yamoussoukro, avec respectivement les proportions de 2% et 4%, apparaissent les plus drainés. Il est important de souligner ici qu'il s'agit d'un drainage naturel lié à la position géomorphologique des sites, puisque aucun quartier ne dispose de système de drainage moderne adéquat.

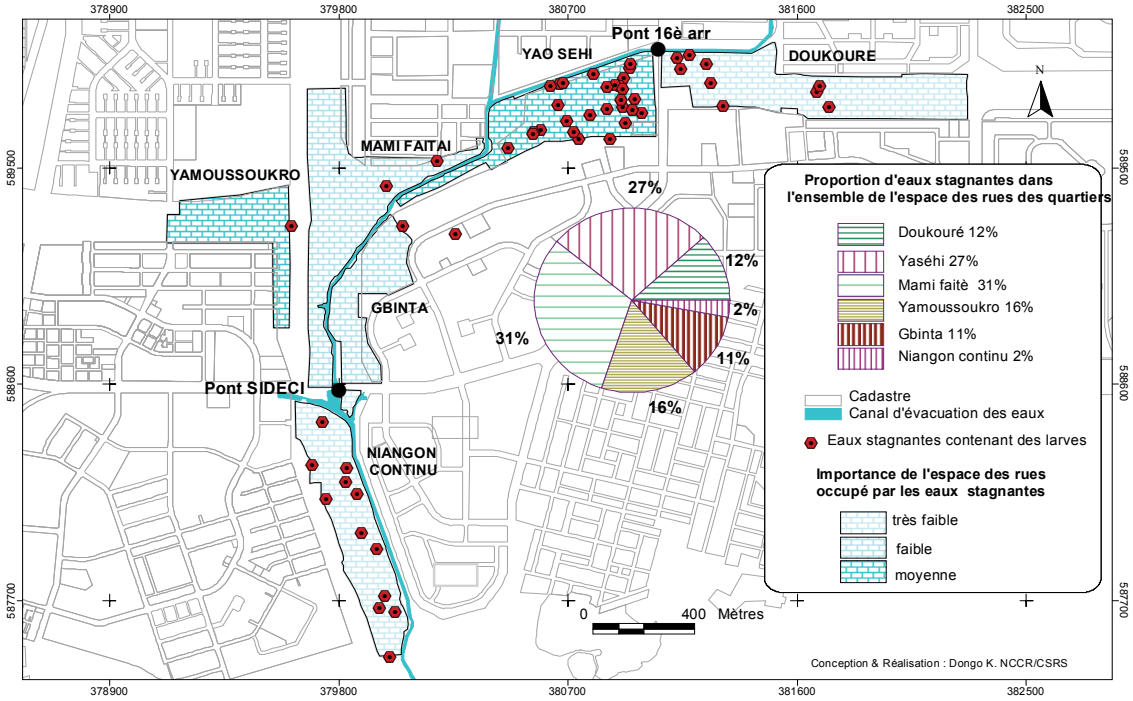


Figure 22 : *Occupation des rues par les eaux stagnantes dans les quartiers précaires en période sèche*

L'analyse de la présence des parasites, notamment des larves de moustiques, révèle que la plupart des eaux stagnantes dans les rues des quartiers précaires sont de véritables gîtes potentiels de larves de moustiques (anophèle, culex, Aèdes). Un simple dénombrement statistique permet d'indiquer dans le Tableau VI, le nombre de gîtes larvaires effectifs observés dans chaque quartier, lors de la campagne d'identification.

Tableau VI *: Nombre de gîtes larvaires observés dans les quartiers précaires de Yopougon*

Nombre de Gîtes larvaires	Doukouré	Yaoséhi	Mami faitè.	Yamous-soukro	Gbinta	Niangon	Total
Période humide	34	17	21	17	2	6	97
Période sèche	9	36	2	1	1	12	61

On remarque dans ce tableau que le quartier Niangon Continu qui regorge le plus fort taux d'occupation de surface d'eaux stagnantes en période pluvieuse (35%) ne présente que 6 gîtes

larvaires. En revanche, le nombre de gîtes larvaires observé dans ce quartier pendant la période sèche, où l'occupation des rues par les eaux stagnantes ne représente que 2%, a doublé (12 gîtes observés). Il en est de même pour le quartier Yamoussoukro, où l'on a observé qu'un seul gîte larvaire en période sèche, alors que ce quartier concentre le plus fort taux d'occupation de ses rues par les eaux stagnantes au cours de cette période.

De toute évidence, les eaux stagnantes dans les quartiers précaires sont beaucoup plus abondantes en saison pluvieuse. Les quartiers enregistrent, par conséquent, leurs plus fortes concentrations au cours de cette période. Cependant, l'analyse montre que le développement larvaire, tout genre confondu (Aèdes Culex, Anophèle), semble, quant à lui, ne pas être influencé par la variation saisonnière. Au total 97 unités d'eaux stagnantes observées, pendant la saison pluvieuse, contiennent des larves, contre 61 unités larvaires pour la saison sèche. L'écart constaté entre ces deux saisons peut être simplement lié au nombre réduit d'unités d'eaux stagnantes en période sèche.

La mauvaise qualité de l'eau stagnante en période sèche (beaucoup plus chargée, température parfois très élevée, etc.), laisse entrevoir des interrogations, quant aux conditions de développement des larves. Certaines larves ont été observées dans des eaux contenues dans les déchets de civilisation, d'autres dans des petits caniveaux et rigoles à eaux très sales et autres dispositions contenant de l'eau. Dans la majeure partie des cas, les larves ont surtout été observées dans les pneus de voiture, hors d'usage souvent disposés au point de vente d'eau.

Ces résultats indiquent clairement que la présence de gîtes larvaires n'est pas seulement liée à la présence d'eaux stagnantes dans le milieu, mais est aussi influencée par d'autres facteurs climatiques et environnementaux. Les travaux de Mouchet (1999), sur les vecteurs et facteurs environnementaux du Paludisme, sont parvenus à des résultats similaires. Parmi ces facteurs, l'ensoleillement (permanent, mi-permanent, non ensoleillé), la profondeur, l'extension et la qualité des eaux stagnantes (trouble, claire, etc…) agiraient sur la présence des larves dans les eaux stagnantes des milieux tropicaux précaires.

La présence des eaux stagnantes, résultat d'un milieu mal drainé, est un véritable problème de santé publique. La plupart de ces eaux stagnantes sont des gîtes de larves de moustiques responsables de maladies des pays tropicaux (paludisme, fièvre jaune etc.). La situation reste particulièrement alarmante dans les milieux défavorisés. L'épidémie de fièvre jaune qui s'est abattue sur Abidjan, en septembre 2002 (WHO, 2005) a particulièrement fait des victimes dans les quartiers précaires de la ville, singulièrement ceux de Yopougon.

4.3.2.3 Dépôts sauvages d'ordures ménagères

La décomposition des ordures ménagères non collectées est nuisible à la santé. C'est pourquoi une bonne gestion des déchets solides urbains devrait éviter toute prolifération des dépôts sauvages dans les rues et terrains vagues des quartiers. Les quartiers précaires investigués souffrent de cette prolifération, signe d'une gestion insuffisante dans ces milieux. Les Figures 23 et 24 mettent en évidence cette information en montrant la distribution spatiale des dépôts sauvages dans les six (06) quartiers étudiés au cours des deux périodes d'observation.

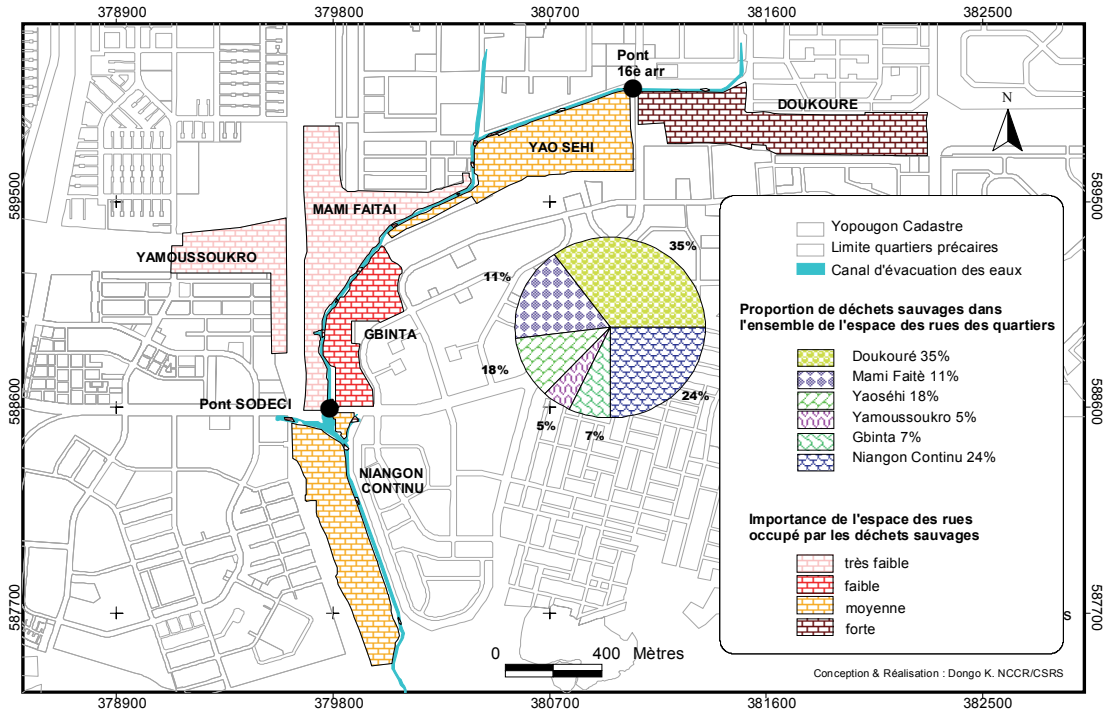


***Figure 23**: Distribution spatiale des dépôts sauvages dans les quartiers précaires en période humide*

Les quartiers Doukouré, Niangon Continu et Yaoséhi sont ceux dont les rues et ruelles comportent le plus de dépôts sauvages. Ils enregistrent respectivement les proportions de 36%, 24% et 18%, au cours de la saison pluvieuse et 24%, 35% et 28%, au cours de la période sèche. Dans ces quartiers, la proximité géographique du canal détermine souvent l'attitude et le comportement des ménages dans la gestion des ordures ménagères. Les ménages situés proches du canal perçoivent le canal comme un décharge d'ordures et les déchets sont déversés dans le canal d'évacuation, dans les rigoles et dans les zones non bâties à proximité. Les ordures jetées sont transportées par les eaux pluviales. Cela explique la présence d'une part importante de déchets dans le canal surtout en saison pluvieuse.

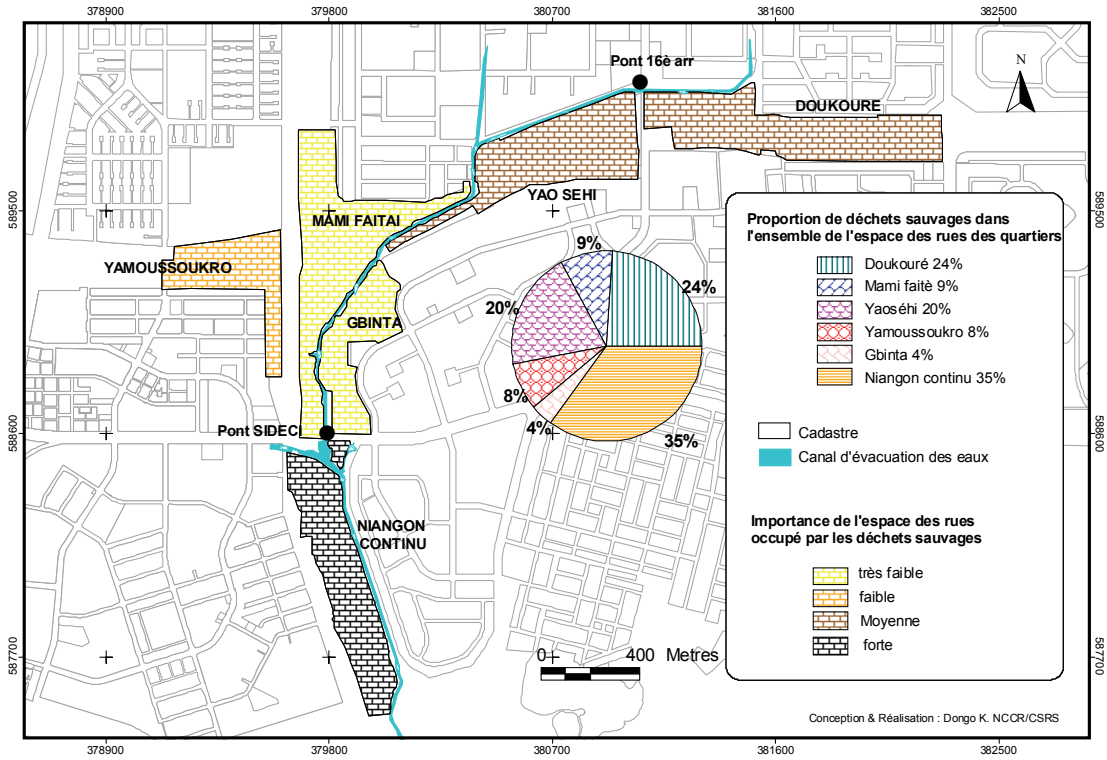


Figure 24 : *Distribution spatiale des dépôts sauvages dans les quartiers précaires en période sèche*

L'analyse de ces deux Figures révèle que la production de dépôts sauvages dans les rues des quartiers précaires, d'une manière générale est identique pour les deux saisons considérées. Contrairement aux déversoirs d'eaux usées et aux eaux stagnantes, on observe de fortes concentrations dans chaque période de l'année. Cependant, d'une saison à une autre, les superficies des dépôts sauvages dans les rues varient d'un quartier à un autre. Plusieurs raisons justifient une telle situation et permettent difficilement de tirer des conclusions suffisantes appropriées aux phénomènes observés dans ces quartiers précaires. En effet, la variation des superficies de dépôts sauvages est fortement influencée par la régularité de ramassage des collecteurs d'une part, et l'accessibilité du quartier d'autre part. Aussi, les moyens financiers comptent-ils pour beaucoup dans le ramassage des ordures, puisque la collecte dans ces quartiers précaires est généralement opérée de porte à porte par des jeunes, moyennant une rémunération en fonction du volume de la poubelle (Sané , 2002). Les ménages qui ne peuvent pas satisfaire à cette exigence sont obligés de déverser les déchets dans les rues, dans les ruelles et les terrains vagues, parfois même devant les cours.

Une autre raison qui explique cette situation réside en l'usage du canal d'évacuation des eaux pour l'enlèvement des ordures ménagères. On constate d'ailleurs, comme le montre les deux Figures, une forte quantité de déchets dans ce canal. Cette dernière raison donne quelques pistes de conclusions, vue que la concentration de dépôts est moins importante au cours de la période sèche. Le caractère esthétique (l'impact visuel repoussant) agit sur le comportement des populations à déverser les ordures dans le canal en période sèche. Au cours de cette période les quantités d'eaux s'écoulant dans le canal n'étant pas importantes, les déchets persistent et ne sont pas transportés. Cette situation décourage les populations à évacuer les ordures dans le canal au cours de cette période. Or, pendant la saison pluvieuse où l'on observe les fortes concentrations d'ordures dans le canal, la concentration au niveau des rues des quartiers reste toujours préoccupante. Cet état de fait permet ainsi d'avancer l'idée de production de dépôts sauvages plus importante en saison pluvieuse.
Les rues des quartiers de Gbinta et de Yamoussoukro d'une part et celles de Mami Faitai d'autre part, souffrent moins de l'encombrement par les dépôts sauvages. Les proportions respectives de 7%, 6%, et 11% pour la période humide et de 4% 8% et 9% pour la période sèche ont été observées dans ces quartiers.

Certains ménages jettent les ordures dans les eaux de ruissellement qui rendent les rues impraticables. D'autres jettent les ordures dans des sacs et dans les rues. Plusieurs raisons expliquent cette situation insalubre, notamment le manque de sensibilisation au problème d'hygiène (Komenan, 1995 ; Kopieu, 1996), l'éloignement des points de collecte des déchets. Des raisons économiques pourraient aussi expliquer cette déplorable situation. En effet, les dépenses pour les ordures varient de 30 à 225 FCFA par semaine pour ceux qui utilisent la solution des pré-collecteurs ; un coût difficilement supportable pour la plupart des ménages.
Le quartier Doukouré qui est le plus difficilement accessible est le plus touché. Ce quartier se caractérise par des rues très étroites, toujours gorgées d'eaux, et difficilement accessibles par les brouettes artisanales des agents pré-collecteurs. En revanche, le quartier Yamoussoukro possède des rues un peu plus larges, facilement accessibles même par les tracteurs motorisés.

D'une manière générale, les superficies des rues occupées par les facteurs environnementaux sont assez importantes. Ce qui porte de graves préjudices en matière d'atteinte à la santé des populations. Le tableau VII ci-dessous récapitule les différentes occupations des rues par les facteurs environnementaux pour les deux saisons considérées

Tableau VII : *Occupations des facteurs environnementaux dans les rues des quartiers précaires au cours des deux saisons (S1=Saison humide, S2=Saison sèche)*

		Doukouré	Yaoséhi	Mami F.	Yamouss	Gbinta	Niang. C
Dépôts sauvages (m²)	S1	1452	713,4	421,63	184,63	274,92	964,85
	S2	1880,65	1514,54	689,05	594,39	342,94	2715,32
Déversoirs Eaux usées (m²)	S1	2449,79	391,41	197,152	457,90	266,046	107,510
	S2	880,65	236,19	152,67	335,26	71,77	41,93
Eaux Stagnantes (m²)	S1	2062,81	587,20	1177,670	216,165	96,90	1704,04
	S2	56,1	128,75	143,612	71,32	51,96	1,98
Nombre Rigoles	S1	55	26	24	05	09	19
	S2	32	07	16	02	05	06

L'importance de la présence des différents facteurs environnementaux dans les quartiers précaires dénote un déficit en matière d'assainissement de sorte que la situation sanitaire dans les quartiers précaires étudiés est beaucoup préoccupante. La recrudescence des épidémies de choléras de ces dernières années, évoquées par l'INHP (1998) dans les quartiers précaires de la ville d'Abidjan, continue et est bien manifeste dans les quartiers étudiés. Au cours des enquêtes de terrains, plusieurs cas de choléras et de décès ont été observés. Par ailleurs, le taux de mortalité dans ces quartiers défavorisés serait élevé et l'étude de Gueu (1993) précise qu'Abidjan, la probabilité de mourir entre 1 et 5 ans serait 15 fois plus élevée dans l'habitat précaire que dans l'habitat de standing. L'accès à des infrastructures socio-sanitaires courants de base et la qualité des recours aux soins allégeraient cette situation déplorable vécue dans ces quartiers précaires.

4.3.2.4 Infrastructures socio-sanitaires de base

La Figure 25 met en relief la distribution spatiale des structures sanitaires et des sources d'approvisionnement en eau potable dans ces quartiers pauvres. La majorité des ménages s'approvisionnent auprès des revendeurs d'eau installés anarchiquement et dans des conditions très souvent insalubres (Collignon, 1999). La prestation se fait également dans des conditions totalement précaires à des coûts variant de 20 à 100 F CFA en fonction du volume du récipient de prise d'eau. Aucune précaution d'hygiène n'est entretenue dans la prise d'eau, son transport et dans sa conservation avant la consommation, augmentant les risques de contamination de l'eau dans ces quartiers.

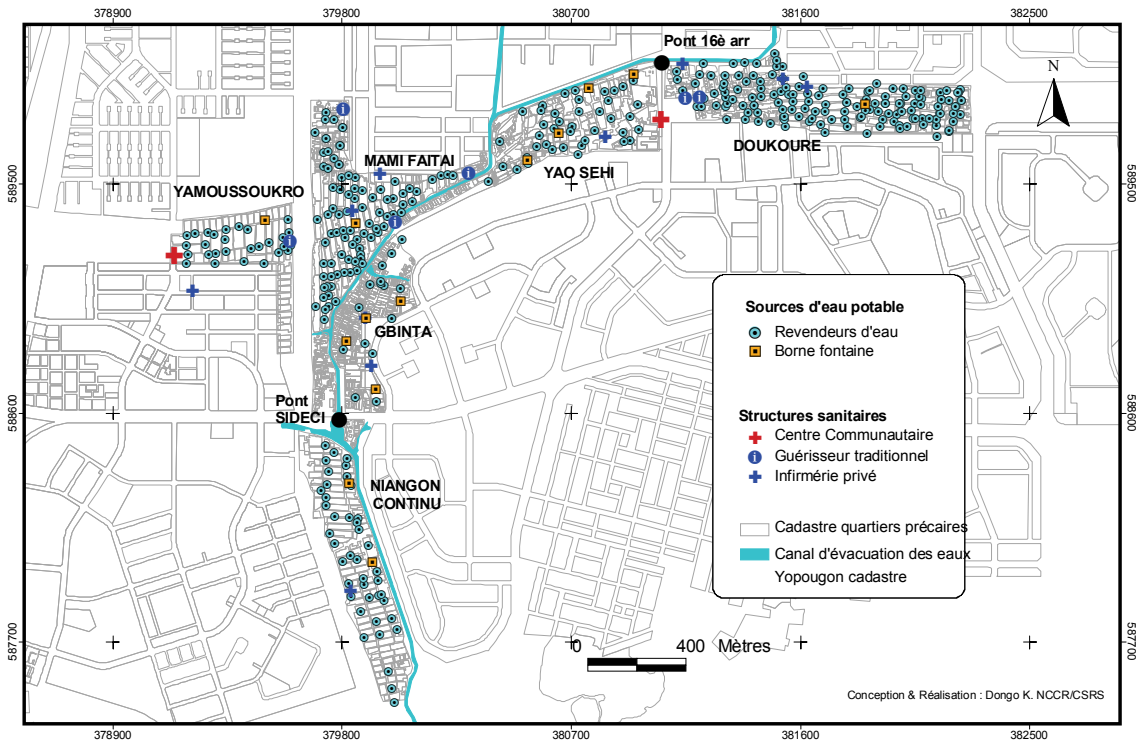


Figure 25 : *Répartition spatiale des structures sanitaires et des sources d'eaux potables dans les quartiers précaires*

Particulièrement, l'épidémie de cholera qui a sévi dans les mois de juin et juillet 2002, à Abidjan et dans quelques grandes villes de l'intérieur du pays, a causé plus de dégâts dans les quartiers précaires, singulièrement à Doukouré et Yahoséhi (WHO, 2005). Mondialement, on estime à 4 milliards de cas de diarrhées par an qui provoquent 2,2 millions de décès et 400 millions de personnes sont infectées par les vers intestinaux (Murray and Lopez, 1996; WHO, 2000 a et b). Les enfants de moins de 5 ans des milieux pauvres des pays en développement sont les plus touchés par ce fléau (Cissé et al., 1998 ; Bertlett, 2003).

Pour les soins en cas de maladie, deux centres communautaires, comme l'indique la Figure 25, existent : un entre à Yaoséhi et Doukouré et l'autre à Yamoussokro. Malheureusement, ces centres ne sont pas fréquentés par bon nombre de ménages du fait de la situation financière largement en dessous du coût des consultations. Ainsi, malgré leurs prescriptions douteuses, le recours aux guérisseurs traditionnels est généralement pratiqué par les populations des quartiers précaires. Quelques services d'infirmeries donnent des prestations dans ces quartiers défavorisés. Ceux-ci constituent le deuxième niveau de recours aux soins.

Ces infirmeries privées ont des conditions de prestations très souvent insalubres, avec des matériels de travail vétustes et parfois elles sont dotées de personnel non qualifié.
L'absence de sources d'approvisionnement salubre en eau potable, le difficile accès à des centres communautaires de santé publique, le quasi recours aux guérisseurs traditionnels pour les soins en cas de maladie, renforcent la précarité de la situation sanitaire des populations défavorisées vivant dans ces quartiers précaires.

La dernière analyse de cet aspect du travail vise à apprécier le taux de prévalence des maladies, certainement les plus rencontrées et qui sont les premières cause de consultations dans les quartiers précaires étudiés. Il s'agit notamment du paludisme et des maladies diarrhéiques.

4.3.2.5 Prévalence des maladies récurrentes

Le taux de prévalence du paludisme et des maladies diarrhéiques est représenté par la Figure 26. Cette représentation est une intégration par pondération de certaines réponses issues de l'enquête ménage.

Le genre Anophèle du moustique est responsable de l'infection palustre, première endémie mondiale et première cause de mortalité infantile (PNLP, 2003). Quant aux maladies diarrhéiques, elles sont causées par plusieurs parasites dont les salmonelles (les plus fréquemment rencontrés) et se localisent dans les milieux insalubres, dépourvus de système d'assainissement moderne adéquat, associé à un manque d'hygiène du milieu.
La prévalence palustre est estimée à 40% dans la population ivoirienne, selon les rapports du Programme Nationale de Lutte centre la Paludisme de 2001 à 2003, PNLP (2003). Ce taux d'infection palustre chez les enfants de moins de cinq ans représente 42,67% des causes de consultations et 62,44% des causes d'hospitalisations au niveau national, toujours selon ces rapports de PNLP.

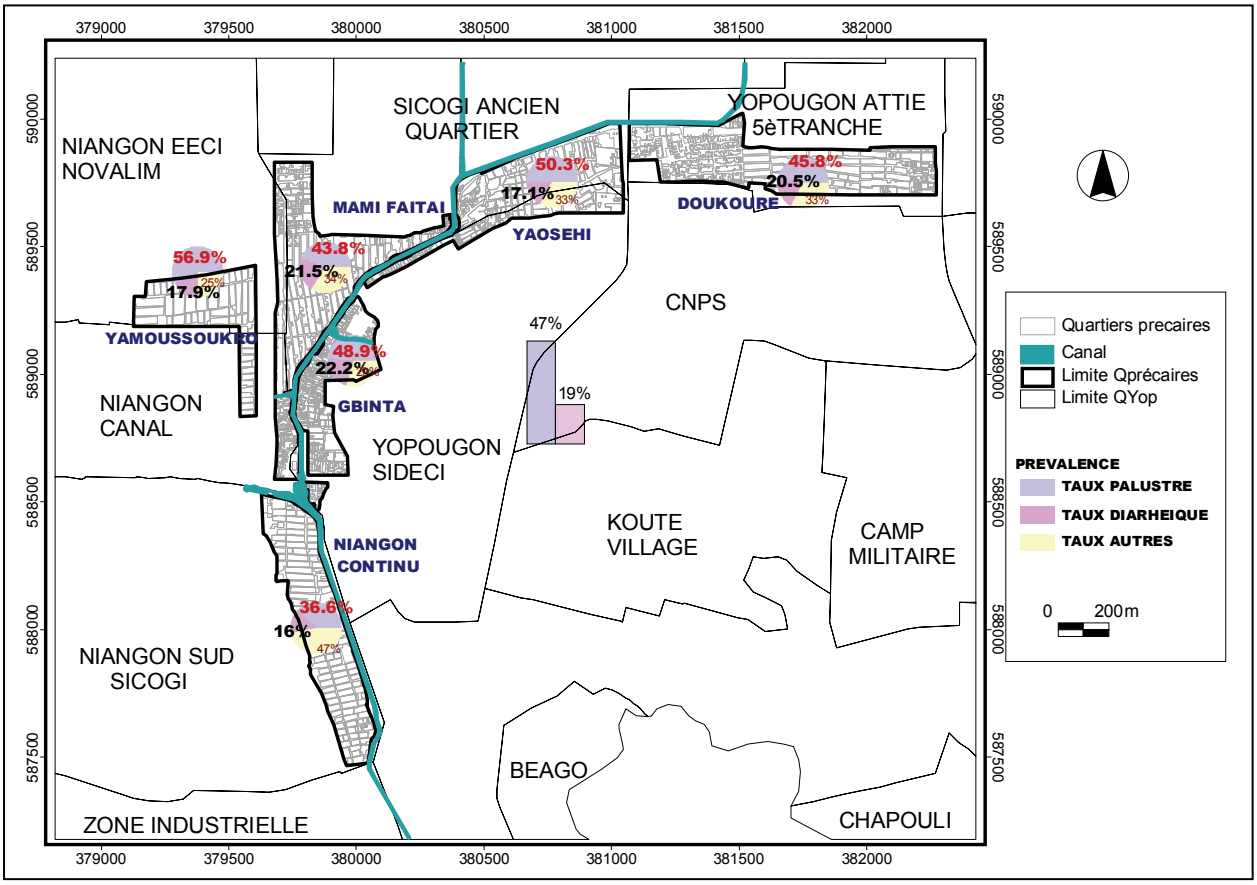


Figure 26 : *Répartition spatiale du taux de prévalence palustre et diarrhéique dans les quartiers précaires*

Le taux de prévalence palustre général, évalué dans le cadre de cette étude, sur la base des réponses de l'enquête ménage est de l'ordre de 47% dans les quartiers précaires étudiés. Ce taux dépasse donc légèrement celui estimé de la population ivoirienne. Il est même pratiquement le double du taux fourni par certains travaux antérieurs réalisés dans la commune de Yopougon qui abrite ces quartiers précaires étudiés. Par exemple, une étude récente, réalisée par Dagnan et al. (2002) sur la prévalence du paludisme dans la commune de Yopougon, a révélé une prévalence de 23,3%. Ainsi, le taux de prévalence évalué dans la cadre de ce travail, montre que la prévalence palustre au niveau des quartiers précaires de Yopougon est plus élevé que celui de la commune. Les quartiers précaires sont donc plus exposés à l'infection palustre dans la commune de Yopougon. Le taux de prévalence est inégalement réparti dans ces quartiers. Les plus forts taux sont rencontrés dans les quartiers Yamoussokro et Yaoséhi avec des proportions supérieures à 50%. Le plus faible taux est de 36,6% et se rencontre dans le quartier Niangon Continu.

Pour ce qui concerne la diarrhée, dans un degré moindre, les maladies diarrhéiques observées dans cette étude se positionnent comme des causes de consultations récurrentes dans les quartiers précaires et affichent des prévalences de l'ordre de 19% en moyenne. La prolifération des dépôts sauvages et déversoirs d'eaux usées dans les rues et ruelles ainsi que le recours à des revendeurs d'eau pour la source d'alimentation en eau potable, observés dans ces quartiers, augmenteraient les sources de contamination aux maladies diarrhéiques. Ici aussi, le taux de prévalence diarrhéique est inégalement réparti dans les quartiers précaires. Ceux de Doukouré, Mami Faitai et Gbinta ont les plus forts taux (>20%), le plus faible taux (16%) étant observé à Niangon Continu. Cette situation est en phase avec la recrudescence des épidémies de choléra observée ces dernières années dans les différents quartiers précaires d'Abidjan (INHP, 1998). Par ailleurs, elle n'est pas spécifique à la zone d'étude. En effet, elle présente un taux annuel mondial de décès estimé à 3,3 millions, principalement dans les pays en voie de développement. Ce taux particulièrement élevé dans les milieux pauvres est lié aux conditions d'hygiène, à la malnutrition et aux moyens sanitaires limités (Farthing, 2000). Les zones défavorisées sont en général très vulnérables aux maladies à support hydrique. Selon les études de Nash (1993) et de Olshansky et al., (1997), ces maladies tuent chaque année des millions de personnes, empêchent des millions d'autres de vivre en bonne santé et sapent les efforts faits en matière de développement.

4.3.3- Niveaux d'insalubrité et de nuisance des quartiers précaires

Une analyse intégrée a permis de classer les quartiers précaires selon leur niveau d'insalubrité et d'atteinte à la qualité de la vie en matière d'infection palustre et diarrhéique. L'investigation a associé la présence et la distribution saisonnière des facteurs caractérisant l'environnement sanitaire et la prévalence des maladies récurrentes (paludisme et diarrhée) observées dans chacun des quartiers. Le Tableau VIII présentent la situation selon les différentes saisons humide et sèche.

Tableau VIII : *Niveau d'insalubrité et prévalence palustre et diarrhéique des quartiers précaires au cours des deux saisons (S1=Saison humide, S2=Saison sèche)*

		Doukouré	Yaoséhi	Mami F.	Yamouss	Gbinta	Niang. C
Déversoirs Eaux usées (%)	S1	65	10	5	15	7	3
	S2	51	14	9	20	4	2
Eaux Stagnantes (%)	S1	35	10	20	4	2	29
	S2	12	27	31	16	11	2
Dépôts sauvages (%)	S1	25	18	11	5	7	24
	S2	24	20	9	8	4	35
Niveau d'insalubrité (%)	S1	**41,7**	**12,7**	**12**	8	5,3	**18,7**
	S2	**29**	**20,3**	**13,3**	14 ,7	6 ,3	**13**
Prévalence palustre (%)		46	**50**	44	**59**	**49**	37
Prévalence diarrhéique (%)		21	17	22	18	22	16

L'analyse du tableau ci-dessus montre que, en considérant l'ensemble des facteurs environnementaux investiguées, le quartier Doukouré est le plus insalubre pour les deux saisons considérées. Le niveau d'insalubrité le plus élevé s'observe dans ce quartier dans les proportions de 42% en saison humide et 29% en saison sèche. Suivent ensuite, les quartiers Yaoséhi, Niangon Continu et Mami Faitai qui ont un niveau d'insalubrité de même ordre dans les proportions respectives de 13%, 19% et 12% en saison humide et 20%, 13% et 13% en saison sèche. Cependant on observe un niveau d'insalubrité non négligeable dans le quartier de Yamoussoukro en période sèche (15%).

Pour ce qui est des atteintes à la qualité de la vie, deux cas de figures se présentent en ce qui concerne la prévalence palustre. D'un coté, les atteintes sont beaucoup marquées dans les quartiers de Yamoussoukro (59%), Yaosehi (50%), et Gbinta (49%). De l'autre, les atteintes sont à un degré moindre que précédemment dans les quartiers de Doukouré (46%), Mami Faitai (44%) et Niangon Continu (37%). Les prévalences diarrhéiques quant à elles, sont pratiquement du même ordre dans las quartiers précaires même si celles de Niangon Continu (16%) et de Yaoséhi (17%) sont légèrement plus faibles.

Au vu de ces informations intégrées, les interventions notamment, en matière de collecte des ordures ménagères, d'évacuation des eaux usées et de drainage des eaux doivent concerner en

priorité le quartier de Doukouré en premier lieu et ceux de Yaoséhi, Niangon Continu et Mami faitai en second lieu. Cependant, les actions de lutte contre les affections palustres et diarrhéiques (par exemple : fourniture de moustiquaire imprégnée, de médicaments anti-diarrhéiques etc.) dans les quartiers précaires doivent être entreprises sans accorder une prioritaire particulière à un quartier quelconque. Ces interventions doivent prendre en compte tous les quartiers précaires avec le même échiquier d'exécution.

4.4- Conclusion partielle

L'intégration dans un SIG, d'informations multi-sources provenant d'une image satellitaire QUICKBIRD à haute résolution spatiale (0,6m au sol), de données exogènes et des résultats d'enquêtes socio-démographiques a permis de caractériser l'environnement sanitaire de 6 quartiers précaires étudiés, situés le long d'un canal d'évacuation des eaux, dans la commune de Yopougon. La finesse spatiale des images QUICKBIRD a facilité la reconnaissance des unités d'habitation, la bonne limitation des contours des quartiers précaires et la description sémantique des ménages.

L'analyse des différents facteurs environnementaux investigués révèle de nombreuses insuffisances dans le système de gestion des déchets solides et liquides dans ces quartiers. Ces insuffisances sont caractérisées par l'envahissement, avec des proportions importantes, des rues et ruelles ainsi que des terrains vagues des quartiers, par des dépôts sauvages, les déversoirs d'eaux usées et les eaux stagnantes abritant des gîtes larvaires de moustiques. Par ailleurs l'étude révèle aussi une absence de sources d'approvisionnement salubre en eau potable, un difficile accès à des centres communautaires de santé publique, et un recours préférentiel aux guérisseurs traditionnels pour les soins en cas de maladie. Cette situation renforce la précarité de la vie dans ces quartiers défavorisés. L'action combinée de ces facteurs expose les populations à des risques notamment les syndromes pseudo palustres (SPP) et diarrhéiques (SD). Le quartier de Doukouré est celui qui présente le plus de problèmes en matière d'environnement sanitaire. Les interventions prioritaires d'amélioration de la qualité de l'environnement sanitaire des quartiers précaires doivent concerner le quartier Doukouré en premier lieu avant ceux de Yaoséhi, Niangon Continu et Mami Faitai.

CHAPITRE 5: PERCEPTIONS, COMPORTEMENTS ET PRATIQUES EN MATIERE DE GESTION DES DECHETS SOLIDES ET LIQUIDES DANS LES QUARTIERS PRECAIRES

5.1- Introduction

Le déficit d'assainissement dans les quartiers précaires soumis à investigation dans la commune de Yopougon, a été mis en exergue (chapitre 4) à travers une cartographie appropriée de l'environnement sanitaire des ces milieux défavorisés. Face à ce déficit d'assainissement constaté, notamment l'absence de services appropriés à l'assainissement de leurs déchets solides et liquides, d'infrastructures les protégeant des géorisques urbains, les populations des zones précaires développent des perceptions et adoptent des pratiques et des comportements, en matière de gestion de leurs déchets urbains. Certains comportements et pratiques sont sans doute à risque et par conséquent préjudiciables à la santé et au bien-être de ces populations. A cela s'ajoutent leur perception et leur niveau de connaissance des déchets et des risques sanitaires associés.

En vue de préparer des stratégies idoines visant à répondre à leurs besoins en matière d'assainissement et à leur capacité d'appropriation et avant de préparer de nouvelles campagnes éventuelles de sensibilisation, il est indispensable de bien connaître les pratiques et les attentes et de s'informer sur les appréciations des populations concernées sur ce qui existe déjà comme gestion de leur environnement. Tel est le but du présent chapitre. L'étude permettra de cerner les éléments objectifs et subjectifs qui caractérisent les perceptions, les comportements et les pratiques en matière de gestion des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires.

5.2- Approche méthodologique

5.2.1- Planification et organisation de l'approche

Pour mener à bien ce module de travail de recherche, la démarche utilisée recommande des dispositions socio-anthropologiques particulières. A cet effet, l'organisation et le déroulement des activités a commencé par des considérations préliminaires avant d'entreprendre les travaux de terrains. Le Tableau IX et X ci-dessous récapitule l'organisation et le déroulement des activités menées dans le cadre de ce travail.

Tableau IX : *Organisation et hiérarchisation des travaux préliminaires*

Activités	**Mission de l'activité**
Activités Préliminaires	
Activité 1 Première visite des quartiers	1. Visite de terrain de tous les chercheurs impliqués dans le programme NCCR- NS pour établir les contacts avec les populations ; notamment les notables des quartiers précaires ainsi que les autorités municipales ayant à charge de la gestion urbaine. Ces derniers sont informés des activités que l'équipe NCCR souhaite mener dans les quartiers, les objectifs visés et les résultats attendus de cette étude.
Activité 2 Organisation d'atelier de lancement des activités du Programme NCCR	2. Organisation d'un atelier de lancement des activités par l'équipe NCCR et les autorités Municipales de Yopougon. Les populations des quartiers précaires ont été invitées par les organisateurs et le programme NCCR- NS et ses activités à mener dans cette frange de population de la commune de Yopougon ont été officiellement présentés. Au cours de cet atelier, les populations ont défini avec les chercheurs (modérateurs) leurs problèmes, qu'ils ont classés par priorité. Parmi ces problèmes ceux du déficit d'assainissement liquide et solide occupent une place de premier rang.
Activité 3 Deuxième visite des quartiers	3. Après l'atelier, et avant que les activités de recherches ne démarrent effectivement dans chaque spécialité, l'équipe de recherche NCCR-NS a entrepris une visite de tous les quartiers précaires à investiguer ; afin de leur témoigner respect et considération. C'était également l'occasion opportune pour les notables des quartiers de donner leur traditionnelle autorisation et bénédiction pour le déroulement des activités de recherche dans leurs localités.

Tableau X : *Organisation et hiérarchisation des travaux de terrain*

Activités	**Mission de l'activité**
Activités de terrain proprement dites	
Activité 4 Missions d'Observations Dans les quartiers	4. L'essentiel des observations réside dans la collecte du maximum d'informations pertinentes et diversifiées (Cissé et al., 1999) relatives au thème d'étude. Plusieurs missions ont été conduites à différentes saisons de chaque année, au titre de la période 2002-2005. Elles ont consisté à observer les réalités topographiques, les facteurs environnementaux, les comportements et pratiques des populations en matière d'assainissement, etc. Certaines missions ont eu lieu sous des pluies battantes pour apprécier certains effets des précipitations ; notamment l'érosion, les inondations, les éboulements, etc. et les réactions des populations face à ces effets.
Activité 5 Entretiens semi-structurés et» focus group »	5. Dans les entretiens, la relation entre le chercheur et la personne interrogée est une relation utilitaire qui vise à une investigation précise (Daigl, 2002). Les entretiens semi structurés, et des groupes focaux ciblés ont été conduits auprès des personnes ressources, notamment les populations, les acteurs institutionnels, l'administration municipale et les organisations se rattachant à notre sujet de recherche. Des informations qualitatives ont été recueillies sur les réalités dans ces quartiers, en ce qui concerne les perceptions et connaissances des populations et des différents acteurs, au regard des conditions socio-sanitaires et la diversité d'ensemble des populations de ces milieux défavorisés.

Tableau X *(suite) : Organisation et hiérarchisation des travaux de terrain (suite)*

Activités	**Mission de l'activité**
Activités de terrain proprement dites (suite)	
Activité 6 Enquête ménage transversale	6. Cette enquête transversale a eu lieu en octobre 2003. Elle a consisté à évaluer les comportements et pratiques des populations des quartiers précaires, en matière de gestion des déchets solides et liquides d'une part et leurs perceptions et connaissance de la gestion des déchets en vigueur dans leurs quartiers respectifs d'autre part. L'enquête s'est déroulée en deux phases : les détails sur la première phase ont été largement décrits dans le chapitre 4. Quant à la deuxième phase qui a suivi immédiatement la première, elle a été consacrée essentiellement à l'évaluation des perceptions et connaissances des populations de la gestion des déchets dans leurs milieux. Cette deuxième phase, associée à la première, donne une nouvelle structuration de l'enquête ménage qui sera exposée dans le paragraphe 5.2.2.

5.2.2- Structuration de l'enquête ménage

De la combinaison des deux phases de l'enquête ménage, ressort une structuration du contenu de l'enquête composée de trois parties essentielles :

Première partie : *Caractéristiques socio-démographiques du quartier, du ménage et de l'enquêté*. Dans cette partie, nous cherchons des informations d'abord sur la structuration générale de la population. Les variables concernées sont le sexe, l'âge, le statut matrimonial, socio-professionnel, le niveau d'instruction, l'habitat d'origine et le temps de séjour dans le quartier.

Dans un second temps, nous mesurons les caractéristiques principales de l'indigence dans ces quartiers ; notamment l'accessibilité au logement (type de construction, statut de l'occupation, mode et commodité de logement…), la possession de bien d'équipement ; etc.

Enfin, nous cherchons des renseignements sur l'accès aux infrastructures socio-sanitaires de base, en l'occurrence les sources d'accès à l'eau potable, les types d'installations sanitaires, (latrines, douches …) et aux infrastructures de drainage des eaux pluviales, d'évacuation des eaux usées et d'enlèvement des ordures ménagères.

Deuxième partie : *Comportement et pratiques actuels des populations et niveaux de satisfaction, en matière d'assainissement et d'enlèvement des ordures ménagères*. Ici, les questions adressées aux populations visent au diagnostic des comportements et pratiques actuels, en vigueur en termes d'assainissement et d'enlèvement des déchets d'ordures ménagères. On cherche, à ce niveau d'investigation, à établir des liens éventuels avec les perceptions des populations évaluées majoritairement au cours des entretiens semi-structurés et *« focus group »* et leur connaissance des systèmes existants. Ainsi, des liens seront établis avec les caractéristiques socio-démographiques évaluées précédemment pour mieux comprendre ces comportements.
Une question particulière, dans cette partie, s'adresse à la volonté des populations de contribuer à l'amélioration de la situation d'assainissement ainsi qu'à la détermination du coût éventuel supportable par les populations dans le cas de l'affirmative.

Troisième partie : *Evaluations des attentes à la qualité de la vie.* Cette préoccupation intéresse les questions relatives à la connaissance et aux perceptions des maladies investiguées au niveau des différents entretiens et *« focus group »* et approfondies au niveau du questionnaire dans l'enquête ménage. Les informations recherchées, dans l'enquête ménage, mesurent dans un premier temps les atteintes, en termes de maladies vécues par les populations des quartiers investigués les quinze (15) derniers jours précédant l'enquête. On s'intéresse également à la durée de cette maladie et les recours aux soins.
Aussi, une catégorisation est-elle faite selon les tranches d'âge des malades pour ce qui concerne les maladies les plus fréquentes, évoquées aux cours des entretiens ; le paludisme et la diarrhée. Cette démarche vise à apprécier la prévalence de l'atteinte en maladie au niveau des couches les plus vulnérables, notamment les enfants. Néanmoins, certaines autres maladies de longue durée ont été aussi investiguées (Annexe 4).

5.2.3- Méthode de collecte, de traitement et d'analyse des données

5.2.3.1 Méthode d'analyse et de traitement des données des entretiens et « focus group »

Les entretiens et les « focus group » ont été réalisés suivant des guides d'entretien et de « *focus »* élaborés à cet effet (Annexe 5). Chaque groupe cible selon sa position a fait l'objet d'un guide spécifique. Le matériel utilisé est composé des guides d'entretien ou de « focus group » et d'un appareil enregistreur.

Dans un premier temps, les entrevues individuelles semi-dirigées d'une durée moyenne d'une (1) heure ont été réalisées auprès des acteurs institutionnels, de l'administration municipale et des représentants d'associations ou d'ONG.

Dans un deuxième temps, les groupes de discussions ont concerné les représentations des couches sociales dans chacun des quartiers précaires ; notamment la chefferie, l'association des femmes et l'association des jeunes. Chacune de ces différentes discussions de groupes a duré en moyenne deux (2) heures et a concerné 04 à 06 participants.

L'utilisation des différentes techniques de collecte de données (entrevues et groupes de discussions), accompagnée de guides d'entretien, a permis d'atteindre une saturation dans la diversité des opinions (perception et connaissance) recueillies tout en réalisant une triangulation des opinions autour des principaux thèmes.

Les entrevues et « focus group » ont été transcrits et traités à l'aide d'un logiciel d'analyse qualitative, MAXQDA. Toutes les perceptions et connaissances ont alors été classées, selon une structure de codage qui reprend les principaux thèmes issus des analyses des entretiens et des discussions de groupes. Deux principes ont guidé le choix des thèmes à analyser : d'une part, l'importance que le thème abordé revêt dans le discours du répondant et, d'autre part, le nombre de répondants qui en ont fait un élément de discussion. Un questionnaire a été élaboré sur la base des perceptions jugées pertinentes et administré à un échantillon de la population évalué sur la base de sondage statistique aléatoire. 100 ménages ont été investigués dans chaque quartier précaire, soit 600 ménages pour l'ensemble des 06 quartiers et 100 ménages pour le quarter formel COPRIM. Les résultats de cette enquête ont été soumis à une analyse factorielle. Les variables concernées sont les suivantes :

i°)- niveau de satisfaction de l'évacuation des eaux (SATEVAEU) ;

ii°)- connaissance des canaux d'évacuation des d'EU et d'EP (CCANEU, CCANEP) ;

iii°)- avis sur la suffisance des canaux EU et EP (CNEPSUF, CNEUSUF) ;

iv°)- avis sur les attributs du canal qui traverse les quartiers (ROLCANEP) ;

v°)- niveau de satisfaction de la collecte des ordures ménagères (SATFORD) ;

vi°)- avis sur la contribution du ménage pour la collection des ordures ménagères (PAYORD),

vii°)- connaissance du phénomène d'érosion (CEROSI) ;

viii°)- se sentir concerné par les phénomènes de géorisques urbains (ERCONCER) ;

ix°)- volonté de contribuer pour l'amélioration de l'assainissement dans son quartier (CONTRIB).

L'application de la méthode factorielle a connu une règle de discrétisation particulière associée à une pondération supervisée, pour tenir compte de la diversité des modalités que renferme chaque variable. Ainsi :

i°)- toute variable de modalités « fermées » (la personne interogée ne peut donner qu'une seule réponse), dans ce cas la modalité exprimant le risque majeur prend le poids 10 tandis que celle n'exprimant pas de risque prend le poids 1 ;

ii°)- toute variable disposant de plusieurs modalités « ouvertes » (le répondant peut s'exprimer par un ou plusieurs modalités proposées), la première règle est appliquée dans le cas d'un seul choix. Lorsque le répondant opère deux choix ou plus, on retient le poids le plus élevé exprimant le risque majeur.

5.2.3.2 Méthode d'analyse et de traitement des données d'enquête ménage

Le dépouillement traditionnel des enquêtes, tel que le pratique encore la plupart des chercheurs, met en œuvre des techniques simples éprouvées et faciles à interpréter. Parmi ces techniques, nous pouvons citer les tris à plat (calcul de pourcentage d'individus pour chaque modalité d'une variable nominale ou qualitative), Tableaux croisés (c'est-à-dire des tris croisés par rapport à des sous échantillons d'une variable nominale), calcul des moyennes des variables numériques et quantitatives, qui peuvent elles aussi être vanillées selon les catégories d'une variable nominale (Morel, 2003).

Les méthodes statistiques plus élaborées viennent parfois compléter ces premiers résultats. Il s'agit par exemple des régressions linéaires, l'analyse de la variance ou de la covariance, etc.

Dans le cadre de notre étude, nous procédons à l'analyse des données à deux niveaux d'investigation ; l'analyse descriptive élémentaire et l'analyse factorielle.

L'analyse descriptive vise à suggérer des hypothèses d'association entre les variables étudiées. Dans ces conditions, cette analyse descriptive élémentaire permettra de déterminer les facteurs de segmentation de la demande, c'est-à-dire les facteurs déterminants les choix et les préférences dans les comportements et pratiques des populations des quartiers précaires, en matière de gestion des déchets solides et liquides. Les opérations de tris à plat d'élaboration d'histogramme de calculs statistiques élémentaires (moyenne, écart-type et valeur extrême) et de croissement de tableaux seront appliquées à notre base de données issue des réponses des enquêtés dans les ménages. Un retour aux données de base pour une nouvelle saisie sera entrepris, en vue de permettre le bon déroulement du deuxième niveau d'analyse. A cet effet, les logiciels EPI-info Version 2003, Excel de l'office 2003 et SPSS version 11.0 ont été utilisés pour cette opération. Les données sont d'abord saisies au moyen du logiciel EP-Iinfo version 2004, avant d'être transférées sur Excel où ont été effectuées les dernières corrections. Ensuite, elles sont transférées dans le logiciel SPSS pour satisfaire aux différentes requêtes.

L'analyse factorielle, quant à elle, a bénéficié de l'utilisation du logiciel XLSTAT version 2006. Le nombre élevé de variables et la nécessité de les analyser rapidement ne permet pas de fournir des résultats approfondis. Par ailleurs, les observations, dans le cadre de cette étude, étant décrites par le nombre élevé de variables, l'analyse factorielle est la plus adaptée dans ce cas d'espèce. Dans cette méthode, les variables quantitatives sont transformées en tranche et recodées en variables qualitatives ordinales (classes). On obtient ainsi un ensemble de variables qualitatives qu'on soumet à l'analyse factorielle. L'idée fondamentale de cette méthode est d'éliminer la redondance des données originales en essayant de résumer les variables à l'aide d'un nombre plus faible de variables (les facteurs) qui sont une combinaison de variables originales ; c'est une méthode inductive classique utilisée comme outil exploratoire, pour mettre à jour les régularités empiriques fondamentales d'un ensemble de données.

D'une manière générale, le phénomène se présente identique à la situation que nous observons, si le nombre d'individus de la case (i, j) était le produit du nombre d'individus de la ligne i par le nombre d'individus de la colonne j, le tout divisé par le nombre d'individus de la table. C'est en fait le nombre d'individus théorique du Khi².

L'analyse factorielle permet donc d'extraire, à partir de nombreuses donnés, les plus marquantes. A l'aide des représentations graphiques, elle visualise des groupements, des oppositions, des tendances impossibles à discerner directement sur une table de données.

L'application de la méthode factorielle à certaines variables a permis leur représentation dans un plan factoriel. La méthode d'extraction des données, appliquée aux variables, est celle du Maximum de Vraisemblance, combinée à une rotation de type Virmax. Le test de Khi², quant à lui, a servi de test d'ajustement des variables investiguées. Toute analyse de résultats issus d'une investigation factorielle est toujours précédée de l'interprétation des valeurs des paramètres du test d'ajustement fournies par cette analyse, en vue de juger de la fiabilité et de la pertinence des résultats obtenus par la méthode. Dans notre cas, ces valeurs sont indiquées dans le Tableau XI ci-desous :

***Tableau XI**: Test d'ajustement de l'analyse factorielle*

Khi² (Valeur observée	328,410
Khi² (Valeur critique)	73,311
DDL	55
p-value	< 0,0001
alpha	0,05

L'analyse du test d'ajustement révèle que l'hypothèse (H) qui stipule que plusieurs facteurs sont nécessaires pour décrire les données est satisfaisante à 99%, puisque la p-value est inférieure au niveau de signification alpha= 0,05. Dans ces conditions, le risque d'erreur est inférieur à 0,01%.

5.3- Résultats, interprétation et discussions

5.3.1- Perceptions et connaissances des acteurs institutionnels en matière de gestion des déchets dans les quartiers précaires

Les acteurs institutionnels sont tous unanimes à l'égard du statut des quartiers précaires dans la ville d'Abidjan et singulièrement, dans la commune de Yopougon. Il s'agit en effet d'occupations illégales dans des zones interdites de constructions par la loi foncière. Les populations, par manque de moyen, s'y installent de façon provisoire ou définitive, alors que

l'administration ne reconnaît pas ces types d'occupations. *« De toute les façons, les quartiers précaires ne sont pas reconnus dans le plan directeur d'urbanisme… nous ne reconnaissons pas ces occupations et elles sont appelées à disparaître »* (Entretien réalisé avec le Sous-directeur de l'assainissement du MCL : avril, 2003).

Du pont de vue de la genèse des quartiers précaires, dans la ville d'Abidjan, on note deux types d'occupations :

i°)- la première occupation , ce qui constitue d'ailleurs la grande majorité des cas, les populations s'installent dans des zones interdites de construction et d'occupations ; soit sur les versants ou sous les lignes de hautes tensions (zones à hauts risques) ;

ii°)- la deuxième occupation concerne des constructions anarchiques sur des terrains patrimoines de l'Etat.

Dans les deux cas de figure précités, les mairies délivrent des permis d'occupation provisoires et quand leur masse devient importante, il est difficile de procéder à un déguerpissement, parce qu'il faudrait à ce moment identifier au préalable un site de recasement.

Cette perception que les acteurs institutionnels ont des quartiers précaires justifie, de toute évidence, leurs comportements en matière de gestion de l'assainissement dans ces milieux. Le déficit d'assainissement constaté dans ces quartiers est ainsi lié, en partie, au fait de ne pas les considérer dans les programmes d'assainissement et d'aménagement de la commune. Ces quartiers sont simplement absents dans les différentes prestations de ces acteurs, de sorte qu'ils ne disposent pas d'indicateurs permettant d'y caractériser la situation d'assainissement. *« Comme je le disais, nous n'avons pas d'indicateurs dans ces domaines et nous n'en savons pas plus »* (Entretien réalisé avec le Directeur de l'Environnement du District d'Abidjan: avril, 2003)

En fait, les quartiers précaires sont simplement ignorés par l'administration centrale « ... *et je puis vous dire, la réglementation en matière de gestion des déchets liquides ne prend pas en compte les quartiers précaires puisque, du point de vue du plan Directeur d'Urbanisation, ces quartiers précaires ne sont pas reconnus »* (Entretien réalisé avec le Sous-directeur de l'assainissement du MCU : avril, 2003).

Cependant, l'insuffisance de l'assainissement et les risques sanitaires associés dans les quartiers précaires sont bien connus de ces acteurs. Ils ne sont d'ailleurs pas satisfaits des systèmes pratiqués dans ces quartiers pour l'évacuation des déchets. Ces systèmes sont

qualifiés de précaires, à l'image du statut des quartiers et se résument par des latrines, des trous forés, des eaux usées ménagères déversées dans les rues ou dans les cours habités et autres. Quant aux ordures ménagères, elles occupent également les rues, les caniveaux, les terrains vagues, etc. ; ou alors ramassées, de façon irrégulière, par des collecteurs privés appelés précollecteurs.

En outre, les acteurs institutionnels, dans leur majorité, déplorent vivement l'échec, par manque de suivi adéquat, des initiatives d'intéressement (investissements spontanés) entreprises dans ces quartiers pauvres, avec la collaboration des municipalités, par certains organismes tels l'UNICEF, la Banque Mondiale et certaines ONG, pour l'amélioration des conditions de vie de ces populations.

Des propositions, pour l'amélioration des conditions d'assainissement des quartiers précaires, ont été faites par les acteurs institutionnels. Il s'agit principalement de la restructuration des quartiers précaires, la réalisation d'ouvrages adaptés en prenant en compte les comportements des usagers, la collaboration des différents acteurs et des bénéficiaires dans les prises de décisions et l'exécution des travaux. Avant tout, deux préoccupations primordiales doivent être préalablement satisfaites pour avoir des résultats meilleurs, notamment le problème de la volonté politique et les interférences dans le domaine de gestion de l'assainissement. Les charges doivent être parfaitement bien définies entre acteurs institutionnels qui doivent travailler en parfaite collaboration.

On peut ainsi retenir que la perception des acteurs institutionnels du statut précaire des quartiers investigués explique leur absence dans les programmes, en matière d'assainissement, puisqu'ils ne figurent pas dans le plan directeur d'urbanisme. La conséquence, c'est que les quartiers précaires ne sont pourvus d'aucune infrastructure sanitaire de base. Cette situation explique en partie l'insuffisance dans la collecte et l'évacuation des déchets solides et liquides déjà mise en évidence dans le chapitre précédent.

5.3.2- Connaissances et perception des populations et des acteurs privés en matière de gestion des déchets dans les quartiers précaires

Le constat est identique, en ce qui concerne les différentes couches sociales des populations des quartiers précaires, notamment : la cellule dirigeante (chefferie), l'association des femmes et l'association des jeunes. Tous paraissent être informés des systèmes actuels de gestion de l'assainissement dans leur quartiers et les perçoivent inappropriés et insuffisants, à l'égard des acteurs institutionnels. Ces populations ne sont, par conséquent, pas satisfaites de la gestion

actuelle des déchets dans la mesure où elles estiment qu'elle est source de plusieurs nuisances, principalement les maladies telles le paludisme, les maladies diarrhéiques et autres maladies dermiques. La même perception est partagée par les acteurs privés, en l'occurrence les ONG (ASSAPSU, Solidarité 2000, SOS enfants en danger, etc…) et les associations des précollecteurs exerçant dans ces quartiers.

Du point de vue organisationnel, les quartiers précaires investigués sont apparemment bien structurés au niveau de la classe dirigeante. En effet, chaque groupe ethnique qui habite le quartier s'est doté d'un chef (supérieur hiérarchique). L'ensemble des chefs se réunit pour désigner un des leurs qui devient ainsi le chef central du quartier. Avec cette configuration, les problèmes se règlent d'abord au niveau des chefs ethniques avant d'atteindre le chef central, si une solution n'est pas trouvée au premier niveau de règlement. La classe dirigeante des quartiers précaires est également informée de la genèse et du statut de leurs quartiers respectifs à l'égard des acteurs de l'administration centrale. Cependant, elle refuse tout de même, le statut illégal attribué à leurs occupations par l'administration centrale, puisqu'elle estime finalement que leurs habitats sont reconnus par la municipalités à qui les populations de ces quartiers précaires payent des impôts (droit de titre foncier). *« Nous ne comprenons pas pourquoi on nous menace très souvent de déguerpissement, on dit qu'ils vont casser nos maison. Nous avons un titre foncier qui est délivré par la mairie »* (Propos d'un notable lors du *focus* réalisé avec la chefferie du quartier Yaosehi : mai, 2003).

Pour ce qui concerne les précollecteurs privés exerçant dans les quartiers précaires, leurs différents avec la municipalité n'ont pas les mêmes origines que ceux de la chefferie des quartiers. L'association des précollecteurs dénonce le fait de ne pas être associée aux prises de décisions, dans le cadre des projets de ramassage des ordures souvent initiés par les entreprises concessionnaires, en collaboration avec la municipalité. En effet, dans ces projets de ramassage des ordures, l'entreprise « LASSIRE » a fourni des coffres à ordures qu'elle a disposé dans des endroits accessibles aux camions de ramassage. Les précollecteurs sont ainsi invités à remplir ces coffres de déchets collectés au niveau des ménages et surtout ceux des quartiers précaires inaccessibles aux camions de ramassage.

Dans cette activité, la rémunération est le véritable élément de crise. Alors que la société LASSIRE propose une rémunération de 7000 FCFA par tonne d'ordures qu'elle donne à la mairie, celle-ci ne verse que le 10ème, c'est-à-dire 700 FCFA la tonne aux précollecteurs. *« Pourquoi, la société paye 7000 FCFA la tonne d'ordures et la mairie ne nous donne seulement que le 10ème qui fait 700 FCFA…. Et encore hier, on nous a annoncé qu'il aura des*

coffres qui seront désormais à 200 FCFA la tonne sur les marchés publics » (Focus réalisé avec les représentants des précollecteurs de Doukouré : mai, 2003).

Les précollecteurs dénoncent le manque de collaboration de la part de la municipalité à l'origine du dysfonctionnement de l'activité de précollecte dans la commune de Yopougon et singulièrement dans les quartiers précaires : *« C'est eux qui élaborent toujours les plans de ramassage dans leurs bureaux sans nous associer, nous les acteurs journaliers de terrain, c'est le problème ! »* (Focus réalisé avec les représentants des précollecteurs de Doukouré : mai, 2003).

En réalité, la rémunération que les précollecteurs perçoivent est loin de pouvoir subvenir à leurs besoins quotidiens. Leur dépense journalière se situe entre 2000 FCFA et 3000 FCFA. Ainsi, pour combler le déficit en termes de revenu, les précollecteurs se sentent obligés de miser sur la taxation de la poubelle de la ménagère. Quand on sait la situation de pauvreté des quartiers précaires, on comprend pourquoi la précollecte serait insuffisante dans ces milieux précaires, puisque les précollecteurs se sentent contraints d'offrir leur prestation dans les quartiers à revenus moyens, pour espérer combler ce déficit. Pourtant, il est évident que si la rémunération proposée par la société concessionnaire était celle effectivement versée aux précollecteurs, l'activité serait meilleure dans les quartiers précaires et les ménages ne devront pas dans ces conditions payer de l'argent pour le ramassage des ordures. Par ailleurs, le matériel de travail des précollecteurs est vétuste et artisanal. La municipalité qui en dispose de moderne leur fait la proposition moyennant une somme qu'ils estiment élevée par rapport à leur pouvoir d'achat.

Certains quartiers précaires, comme Yaosehi et Doukouré, ont pu bénéficier de l'appui d'un projet UNICEF, pour la mise en place d'un service de précollecte pour le ramassage des ordures ménagères. Cependant, le mode de payement qui fixe le prix de la poubelle en fonction de son volume n'est pas du goût des usagers. Aussi, par manque de suivi et de sensibilisation conséquente, certains ménages ne se sentent-ils pas concernés par le projet. Par conséquent, les précollecteurs ne peuvent recevoir des revenus intéressants. De plus, la gestion du comité de gestion du quartier est décriée par les populations. Certains membres du comité de gestion reconnaissent d'ailleurs leur manquement. *« Il faut être sincère, la faute incombe à l'organisation que nous avions mise en place ; ça n'a pas été bien géré et puis, sincèrement, il y a eu des gens malhonnêtes qui étaient impliqués dedans et qui nous ont causé beaucoup de problèmes »* (Propos d'un membre du comité lors de l'entretien réalisé avec le comité de gestion du quartier Yaoséhi: mai, 2003). Les jeunes volontaires recrutés,

pour exercer le travail de précollecte, n'ayant pas reçu la rémunération promise ont disparu en emportant avec eux le matériel de précollecte.
Toutes ces raisons ont contribué au dysfonctionnement de cette initiative, pourtant gérée par les populations elles-mêmes. En somme, l'activité de précollecte dans les quartiers précaires mérite une refonte totale et appelle à une solution concertée émanant des différents acteurs et des bénéficiaires.

Concernant l'association des femmes, hormis le quartier Yaoséhi, aucune organisation fonctionnelle des femmes n'existe dans les cinq autres quartiers. *« Il n'y a pas d'organisation à proprement dite, …c'est maintenant qu'on va essayer de commencer »* (Focus réalisé avec les représentantes des femmes de Niangon Continu : Avril, 2003). Les différentes représentations des femmes, ayant participé aux entretiens, ont été pour la plupart des désignations des chefs des quartiers. L'organisation constatée au niveau de l'association des femmes du quartier Yaoséhi, est liée à la réalisation en 1998, d'un projet UNICEF, relatif à l'amélioration des conditions d'assainissement en milieux pauvres. Ce projet avait mis cette association en place pour exécuter les activités de sensibilisation des femmes du quartier à l'utilisation des eaux des bornes fontaines installées dans le cadre du projet. De plus, les femmes n'ont généralement pas connaissance pour la majorité, de la genèse et du statut des quartiers qu'elles habitent vis-à-vis de l'administration. Elles les qualifient de « *quartiers pour les gens pauvres ».* Cette perception de pauvreté, attribuée aux habitants des quartiers précaires, est un indicateur qui pourrait expliquer, en quelques manières et en quelques façons, certaines pratiques à risque des femmes en matière de gestion des déchets. Selon elles, en effet, il apparaît maladroit de parler des problèmes de déchets à des pauvres qui éprouvent des difficultés pour trouver le pain quotidien.
Pour ce qui est de l'association des jeunes, les quartiers Mami Faitai , Yaosehi et Yamoussoukro disposent de structures organisées. De manière générale, les associations ou représentations des jeunes dénoncent leur non participation aux prises de décisions qui restent l'affaire de la classe dirigeante. Un conflit de génération, associé à une crise de confiance, paralyse la bonne collaboration entre les jeunes et la chefferie.

Les associations ou les représentants des jeunes pour la plupart, perçoivent le canal comme un ouvrage de drainage des eaux pluviales. A contrario, les autres couches sociales (chefferie, associations de femmes) ont une double perception par rapport à ce canal. D'un côté, elles y voient des avantages qui se résument en l'évacuation des eaux usées et pluviales et des

ordures ménagères ; de l'autre, le canal est source de maladies, en ce sens que les déchets qui y sont déversés ne sont souvent pas transportés, faute de fort débit d'écoulement de l'eau et sont source d'odeurs nauséabondes, de production de mouches et autres insectes nuisibles. Pour ces désagréments, ces populations souhaitent que le canal soit aménagé et couvert sur toute sa longueur. La perception du canal, comme lieu d'évacuation des déchets solides, dénote un manque de sensibilisation des populations et leur implication active dans la gestion des ordures ménagères. Cette préoccupation a été évoquée par certaines études, réalisées sur la gestion des déchets à Dar Es Salam, en Tanzanie (Salha et Mansoor, 2005).

En résumé, les déchets dans les quartiers précaires souffrent de perceptions préjudiciables à une gestion appropriée et salubre, augmentant les risques sanitaires dans ces milieux. Par ailleurs, le manque de volonté militant en faveur de la prise en compte de ces quartiers dans les programmes d'assainissement, l'interférence et le manque de collaboration des acteurs institutionnels, les crises de collaboration entre la municipalité et les populations d'une part et les acteurs privés (précollecteurs) d'autre part, sont les principaux maux de cette gestion. Une gestion effective et efficace des déchets urbains ne peut être ainsi envisagée de façon sectorielle, mais elle requiert des arrangements de partenariats participatifs (Francos et Bituro, 1999). Quelques initiatives, pour améliorer cette gestion, ont été mises en œuvre, grâce à certains organismes et ONG. Malheureusement, bien que basées sur la participation communautaire, l'insuffisance dans le suivi et la sensibilisation de la part des initiateurs et l'absence de gestion sérieuse et efficace des comités locaux ont contribué à l'échec de ces initiatives pourtant prometteuses. La gestion reste toujours à l'état précaire, renferme de nombreuses crises et ne satisfait guère les différents acteurs et une franche importante da la population.

L'analyse factorielle effectuée a permis de construire le graphe de la Figure 27. Le plan factoriel F1F2 fournit un résultat largement satisfaisant. Il révèle près de 75% (74,37%) de l'information totale et, à lui seul, l'axe factoriel F1 en fournit plus de la moitié (43,18%).

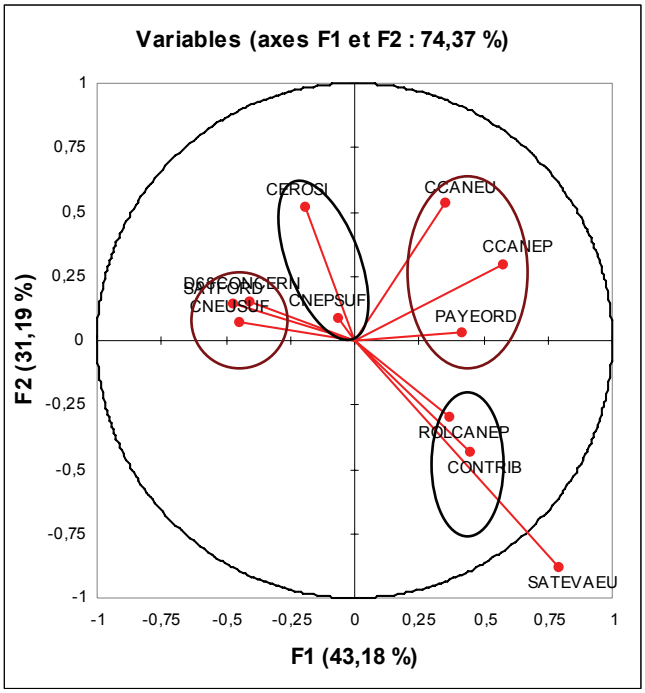


***Figure 27**: Plan factoriel F1F2 des perceptions et connaissances*

L'examen des contributions des différentes variables, au premier axe factoriel F1, montre que cet axe oppose :

i°)- d'une part, à gauche de l'axe (F1<0), les ménages qui perçoivent que les canaux d'évacuation des eaux usées (43%) et des eaux pluviales (10%) ne suffisent pas pour l'évacuation des eaux dans leurs quartiers. Ces ménages se sentent concernés (36%) par les phénomènes d'érosion (géorisques urbains) et ne sont pas satisfaits (44%) des systèmes d'enlèvement des ordures ménagères actuellement pratiqués dans leurs quartiers ;

ii°) -d'autre part, à droite de l'axe (F1>0), les ménages qui ayant une mauvaise connaissance de l'existence des canaux d'eaux usées (44%) et d'eaux pluviales (63%) dans leurs quartiers, ne peuvent se prononcer sur le niveau de suffisance de ces infrastructures d'assainissement. En outre, ils perçoivent anormal (45%) qu'un ménage paye pour l'évacuation des ordures ménagères.

Le second axe factoriel F2 est principalement celui qui confirme l'information fournie par l'axe F1 à hauteur de 31,19%. L'axe factoriel F2 oppose :

i°)- d'un côté, en haut du plan (F2>0), les ménages ayant une mauvaise connaissance des canaux EU et EP (dans les proportions respectives de 59% et 40%) et également des géorisques urbains, notamment de l'érosion (48%), affirment ne pas se sentir concerner par ces phénomènes (41%) ;

ii°)- de l'autre coté, en bas du plan factoriel (F2<0), les ménages qui sont bien informés des phénomènes d'érosions et connaissant le rôle des canaux d'évacuation des eaux (20%). Ces ménages sont d'ailleurs prêts à contribuer (32%) pour l'amélioration de l'assainissement dans leurs quartiers.

L'information pertinente qui ressort de cette analyse est celle qui indique que les perceptions à risques des populations des quartiers précaires, en matières de gestion des déchets dans leurs milieux, sont assujetties à une méconnaissance des infrastructures et des systèmes d'assainissement. Il apparaît ainsi clairement, que l'ignorance est ainsi une condition sine qua non des perceptions à risque, en matière de gestion des déchets dans les milieux précaires.

En vue d'avoir une information plus précise et confirmer les précédents résultats, nous avons utilisé la fonction de rotation Virmax de SLSTAT pour opérer à une seconde analyse des variables. Tanguay et Durand (1998), indiquent qu'une solution virmax (orthogonale) est toujours préférable, parce qu'une telle solution indique que chaque facteur apporte une solution unique non partagée par un autre facteur. La Figure 28 montre le résultat graphique de l'analyse factorielle après rotation Virmax.

L'analyse des valeurs propres des facteurs obtenus par rotation Virmax montre que cette rotation a changé la façon dont chaque facteur représente une part de la variance. La rotation virmax rend ainsi l'interprétation plus aisée en maximisant la variance du carré des coordonnées des variables par colonne.

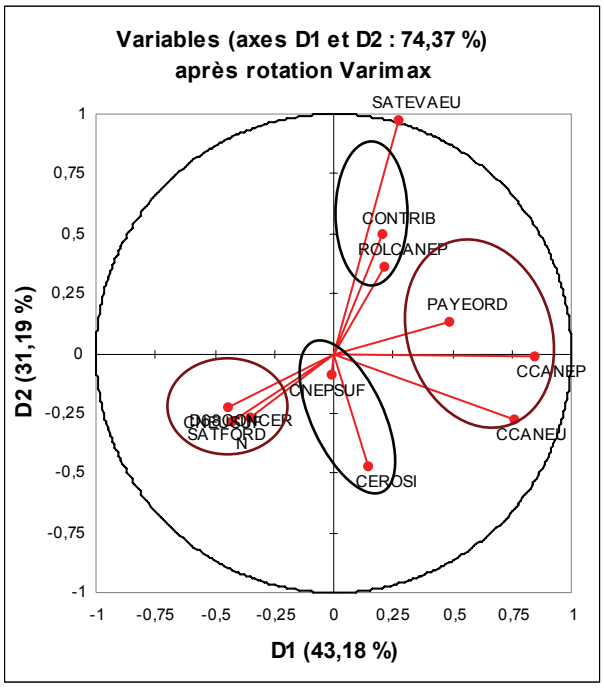


Figure 28: *Plan factoriel D1D2 après rotation Virmax des perceptions et connaissances*

Le graphe issu de la rotation Virmax indique une excellente répartition des variables dans le plan factoriel. En outre, cette rotation confirme bien les résultats obtenus par le premier niveau d'analyse. En essayant de corréler cette information avec les résultats obtenus dans le quartier formel (COPRIM), on se rend bien compte que plus de 80% des enquêtés dans ce quartier, ont une bonne connaissance des infrastructures et des systèmes d'assainissement et ont des perceptions ne relatant aucun risque, en matière de gestion des déchets. Cette situation confirme une fois de plus les conclusions de cette analyse. Ces présents résultats donnent une explication sur l'origine et l'ampleur des pratiques à risques des populations des quartiers précaires, en matière de gestion des déchets ; ce qui n'a pas pu être élucidé par l'analyse des données des interviews et *« focus group »*.

Une autre investigation, dans ce volet du travail, a consisté à évaluer la contribution supportable par les populations dans la franche de ceux qui ont trouvé normal la participation des populations pour l'enlèvement des ordures ménagères. Vu la diversité et surtout la disparité des propositions de coût supportable, nous avons défini des tranches de coût en procédant à une classification dans le spectre des propositions (Figure 29).

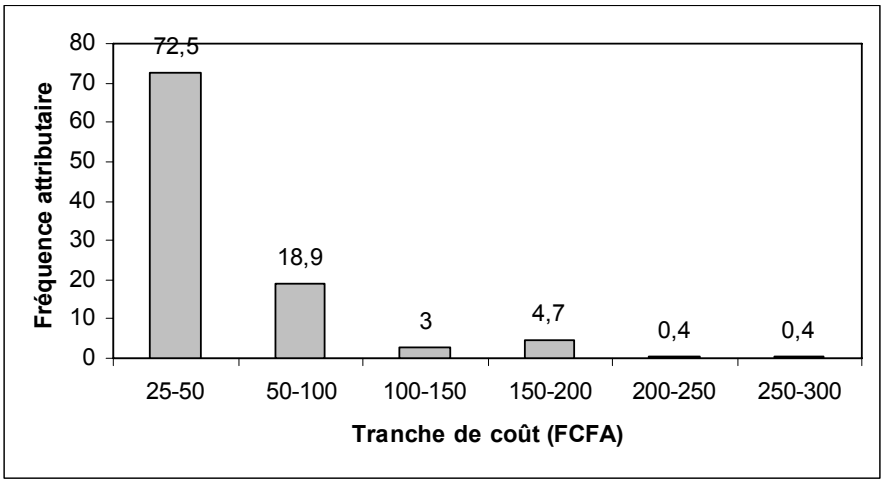


Figure 29**:** *Importance des tranches de coût journalier supportables par les ménages pour l'enlèvement des ordures dans les quartiers précaires de Yopougon*

L'analyse du graphe montre que le coût journalier supportable par les ménages le plus intéressant se situe dans la tranche 25-50 FCFA/jour. Cette tranche réunit à elle seule 72,5% des propositions des enquêtés en ce qui concerne le coût pour l'enlèvement des ordures ménagères. Cette information pertinente, couplée à celle fournie par l'analyse factorielle, est une donnée essentielle dans la mise en place de schéma acceptable de collecte et d'évacuation des déchets ménagers, dans les quartiers précaires, incluant la participation et la contribution des populations.

5.3.3- Analyse des comportements et pratiques des populations en matière de gestion des déchets dans les quartiers précaires

5.3.3.1 Caractéristiques socio-démographiques des quartiers précaires

Du point de vue structuration générale des populations des quartiers précaires, les résultats de l'enquête menée renseigne que le peuplement de ces lieux s'est fait par une migration principalement en provenance des zones viabilisées de la ville d'Abidjan. Plus de 60% des ménages affirment être des ressortissants des quartiers lotis d'Abidjan. A l'origine d'un tel mouvement massif, des zones loties formelles vers les zones précaires, on trouve la pauvreté qui ne cesse de sévir dans la capitale économique ivoirienne. En 2003, une proportion relativement significative de ces migrants (46,1%) a observé un temps de séjour supérieur à 24 mois (2 ans) dans ces quartiers. La situation de crise sociopolitique, que connaît le pays depuis octobre 1999, serait un indicateur pour expliquer cet état de fait.

La population des quartiers précaires est jeune (79,2%) à l'image de la ville d'Abidjan (INS, 2001). Malheureusement, cette population jeune, de tendance légèrement féminine (53%), est pauvre, puisque seulement 10,6% de la population sont des salariés et 58% n'exercent aucune activité. Cette situation, de conjoncture économique alarmante, explique l'insuffisance d'accès à l'éducation de ces quartiers où l'on rencontre plus de 40% de chômeurs qui n'ont aucun niveau d'instruction et 25% qui n'ont que le niveau primaire.

En s'intéressant aux caractéristiques principales de l'indigence des quartiers précaires, l'on s'aperçoit que l'accès au logement ne concerne principalement que les habitats de cours communes (84%). Seulement 12% occupent des habitats individuels. Par ailleurs, les habitations, pour la majorité des cas, sont construites de ciment pour les murs (72%) et de tôles pour les toits (98,7%), même si la qualité de ces matériaux de construction reste à apprécier, car, généralement faits de récupérations. Dans ces quartiers, le statut de l'occupation est dominé par la location comme l'indique le Tableau XII ci-dessous.

Tableau XII : *Statut de l'occupation de l'habitat dans les quartiers précaires*

Statut d'occupation	Suffrage exprimé	Fréquence attributaire (%)
Propriétaire	267	14,8
Hébergé gratuit	50	2,8
Locataire	1484	82,4

Le coût de la location varie en fonction du propriétaire, du nombre de pièces de la maison et de l'année de signature du contrat (les locations récentes sont plus chères). La Figure 30 ci-dessous montre la variation du coût de locations et du coût de l'électricité en fonction des tranches de coût définies.

Cette Figure 30 renseigne que le coût de location dans les quartiers précaires se situe préférentiellement dans la tranche de 5000 FCFA -10000 FCFA. On peut déjà imaginer les difficultés qui pourraient se poser dans le règlement du loyer mensuel, quand on sait que la majorité de la population est inactive. De plus, les commodités de logement sont précaires, car l'étroitesse des pièces des ménages associée à une taille de ménage de 06 personnes par ménage, constitue un véritable problème de promiscuité préoccupante.

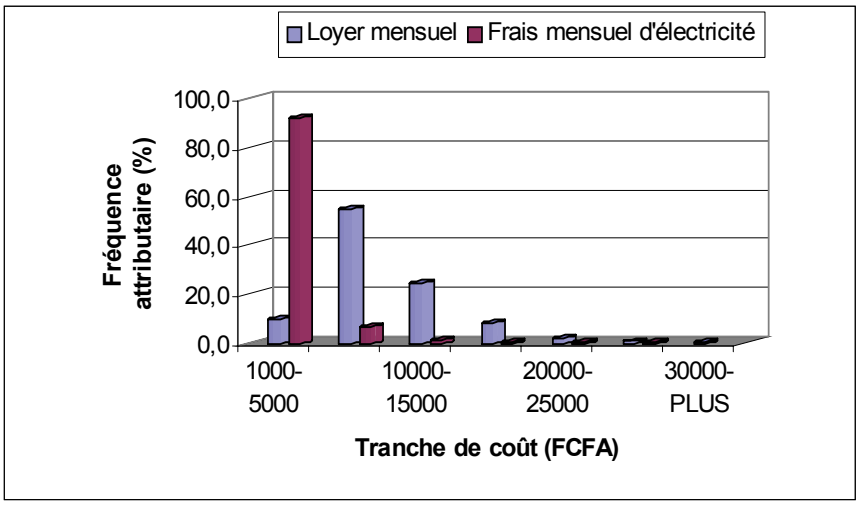


Figure 30 : *Dépenses mensuelles (loyer et électricité) dans les quartiers précaires*

Les frais de consommation mensuels d'électricité qui se négocient principalement dans la tranche de coût de 1000-5000 FCFA/mois viennent s'ajouter au coût du loyer mensuel et augmentent ainsi les dépenses mensuelles des ménages. Ces dépenses sont également rehaussées par les frais de déplacement. Les ménages ne disposant pas de moyens de déplacements personnels sont obligés d'utiliser les services des transports publics. Or, suite à l'augmentation du prix de pétrole ces récentes années au niveau international, le prix du carburant ne cesse de grimper en Côte d'Ivoire, occasionnant une flambée des prix de transport. En Côte d'Ivoire, le prix du carburant a subi une double augmentation pour la seule année de 2005. Tous ces faits augmentent la vulnérabilité des populations des quartiers précaires, les rendant de plus en plus pauvres. Dans ces conditions, l'on peut comprendre aisément que toute action participative pour la collecte des déchets aurait du mal à fonctionner, si les coûts de contribution ne sont pas étudiés en fonction des réalités sociales.

Concernant l'accès aux infrastructures socio-sanitaires de base, les quartiers précaires en souffrent énormément. En effet, la non prise en compte de ces quartiers dans le plan d'urbanisme a eu pour conséquence leur absence dans les programmes d'assainissement et d'aménagement du territoire. L'approvisionnement en eau potable est assuré par des particuliers appelés revendeurs dont les services sont utilisés par 81,1% des ménages. Les projets initiés dans ce domaine par certains organismes, en vue de l'amélioration du secteur par la mise en place de bornes fontaines, ont presque tous échoués. Beaucoup de bornes fontaines sont aujourd'hui hors d'usage ; et l'enquête révèle que seulement 7,2% des ménages utilisent leur service. Hormis la mauvaise gestion de ces bornes fontaines, le sabotage souvent

orchestré par les revendeurs qui ne vivent que de cette activité peut aussi expliquer le fait que plusieurs bornes fontaines soient hors usage dans ces quartiers.

Les installations sanitaires sont presque inexistantes, à l'instar de la plupart des milieux défavorisés des pays en développement. On y trouve que des latrines traditionnelles sous forme de trous forés pour les besoins de toilettes. Plusieurs douches sont mal aménagées et les ménages, très souvent, partagent les différentes installations sanitaires insalubres : 61,2% des ménages utilisent les douches en partage et 58,5% en font de même pour les latrines.
Quant au drainage et à l'évacuation des eaux ainsi que l'enlèvement des ordures ménagères, aucune infrastructure adéquate n'existe à ce niveau et les ménages utilisent les rues, les fosses ou autres ouvrages non appropriés (rejet des ordures dans le canal d'eau pluvial).

5.3.3.2 Comportements et pratiques des populations en matière de gestion des eaux usées

L'étude des pratiques des populations des quartiers précaires, en matière d'assainissement et d'enlèvement des ordures ménagères, révèle des comportements à risque. Pris ensemble, l'information, en ce qui concerne l'évacuation des différents types d'eaux usées ménagères, est indiquée dans le graphe ci-dessous (Figure 31).

S'il est vrai que les fosses sont utilisées majoritairement pour l'évacuation des eaux de douche et de toilette, à plus de 90%, comme l'indique la figure 31, il n'en demeure pas moins qu'une proportion non négligeable, de l'ordre de 20% de ces types d'eaux, est déversée dans le canal. En revanche, la rue et, dans un degré moindre, le canal sont les lieux privilégiés pour l'évacuation des eaux de vaisselle et de lessive dans des proportions respectives de 60% et 30% environ. L'utilisation des fosses pour l'évacuation des eaux usées ménagères n'épargne pas le ménage du quartier précaire de tout risque sanitaire. En effet, le mode de vidange de ces fosses, une fois remplies est déterminant dans l'exposition à un risque. En vidant leurs fosses soi-même et/ou en utilisant des vidangeurs informels (23%), les ménages augmentent ainsi le risque de contamination non seulement au niveau du ménage, mais aussi au niveau du quartier, puisque dans la plupart des cas, les produits de vidanges sont directement rejetés dans la rue.

Il faut également noter que les nappes phréatiques sont également contaminées par ces pratiques. En effet, les selles des latrines contaminent finalement les eaux de des nappes phréatiques qui interviennent dans plusieurs activités humaines (maraîchages, etc.)

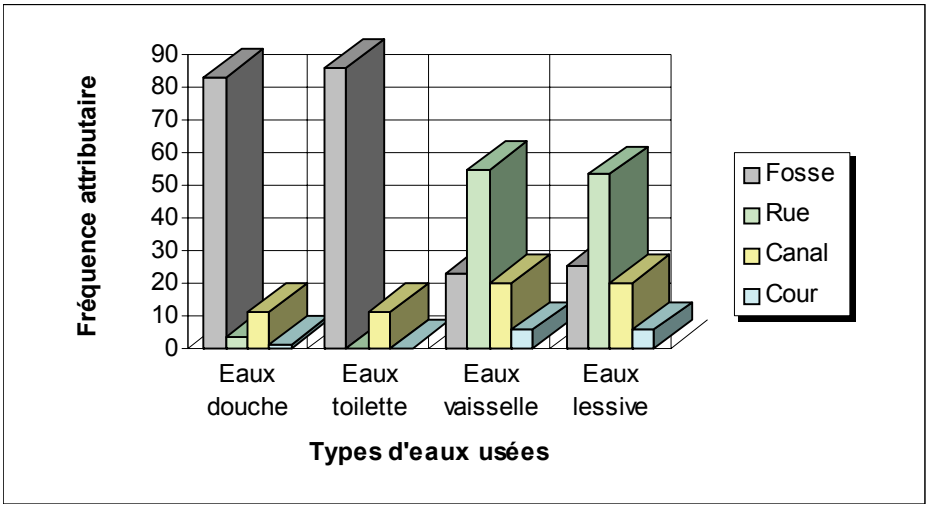


Figure 31: *Pratiques d'évacuation des eaux usées ménagères dans les quartiers précaires de Yopougon*

Dans les détails, les risques sont atténués dans les attitudes par rapport à l'eau de boisson. Même si la plupart des ménages (91%) conserve de l'eau de boisson, le matériel de conservation est généralement couvert (92%) et le temps de conservation est d'un niveau acceptable, puisqu'il est de l'ordre de 24 heures (une journée ; 64%). Dans ces conditions, les pratiques en elles-mêmes, au niveau des ménages, ne posent aucun problème de risque majeur. Cependant, la situation d'exposition à un risque sanitaire proviendrait des pratiques d'évacuation des eaux usées ménagères comme l'indique le Tableau XIII ci-dessous.

L'analyse du tableau XIII montre que l'exposition à un risque est relativement élevée dans les quartiers Gbinta, Yaoséhi et Niangon Continu, pour ce qui est de l'évacuation des eaux de douche et de toilette. Les ménages de ces quartiers utilisent les services du canal d'eau pluvial dans des proportions respectives de 24, 20, et 14% pour l'évacuation des eaux de douches et 25, 18 et 14% pour les eaux de toilettes (excréta). A l'opposée, les quartiers Doukouré et Yamoussoukro, dont le contact avec le canal est de moindre importance, n'utilisent pas par conséquent le service de ce dernier pour ces évacuations. La proximité du canal des ménages favorise et détermine ainsi le comportement des populations des quartiers précaires, en matière d'évacuation des eaux de douche et de toilette.

***Tableau XIII** : Pratiques d'évacuation des eaux usées ménagères des quartiers précaires (fréquence exprimé %)*

		Doukouré	Yaoséhi	Gbinta	Niangon continu	Mami Faitai	Yamous-soukro	COPRIM
Eaux Douche	Rue	5,8	4,4	1,4	3,7	2	3,7	4,2
	Fosse	93,2	73,3	68,4	80,5	86,6	94,9	95,8
	Canal	-	**20**	**23,9**	**13,7**	9,1	1	0
	Cour	1,4	1,3	1	1	2	0,7	1
Eaux Toilette	Fosse	99	80	70,1	81,1	85,5	98	100
	Canal	1,1	**15,1**	**24,6**	**13,6**	9,8	1,4	3,1
Eaux Vaisselle	Rue	**71,4**	**51,3**	**27**	**57,2**	**62,6**	**57,3**	2
	Fosse	17,3	12,3	36,6	16,1	18,6	37,7	96,9
	Canal	9,3	**33,3**	**35,8**	17,4	**19**	5,8	2
	Cour	5	3,7	0,7	13	5,2	6,4	2
Eaux lessive	Rue	**72,8**	**51,1**	**27,2**	**55,9**	**59,6**	**52**	4,1
	Fosse	17,9	12,7	36,4	21,7	18,9	45,3	97,9
	Canal	7,3	**34,3**	**35,4**	17,1	**19,2**	6,1	1
	Cour	5,3	3	1,4	13	5,9	5,7	2,1

Les pratiques à risques les plus spectaculaires s'observent au niveau de l'évacuation des eaux de vaisselle et de lessive. A ce niveau, le canal et les rues des quartiers sont utilisés à cette fin, augmentant ainsi l'exposition à des risques de contamination. Excepté le quartier Gbinta, les proportions d'utilisation des services de la rue dépassent largement la moyenne. Les quartiers Gbinta et Yamoussoukro sont les plus pourvus de fosses septiques. De plus, Gbinta a une très grande partie de sa bordure en contact avec le canal. Cette situation explique les pratiques observées dans ces deux quartiers. En effet, à Gbinta, les eaux de lessive et de vaisselle sont évacuées dans le canal respectivement dans les proportions de 35% et 36% et la fosse est sollicitée dans des proportions respectives de 36% et 37%, pour ces deux types de pratiques. A Yamoussoukro, c'est la rue qui est privilégée respectivement à 52% et 57% et la fosse à 46% et 38%, pour l'évacuation des eaux de lessive et de vaisselle.

On peut remarquer que l'utilisation du canal, pour l'évacuation des différentes types d'eaux usées, n'est pas grande au niveau du quartier Doukouré et Yamoussoukro. Le quartier

Doukouré ne fait pas frontière au canal sur une grande distance. Quant à Yamoussoukro, ce quartier fait frontière au canal par l'intermédiaire d'un bras du canal de moindre importance. Cette information confirme que les pratiques des ménages, en matière d'évacuation des eaux usées ménagères, sont déterminées par deux principaux facteurs : l'absence d'infrastructures sanitaires de base d'une part ; et la proximité du canal qui traverse les quartiers précaires, d'autre part.

5.3.3.3 Importance de l'exposition au risque sanitaire liée aux pratiques d'évacuation des eaux usées dans les quartiers précaires

L'exposition à un risque, en matière d'évacuation des déchets ménagers, est déterminée par deux principaux facteurs : d'abord le type de déchet et ensuite le lieu de rejet, c'est-à-dire le milieu récepteur. Comme nous venons de le voir, les pratiques de rejet des eaux de lessive, des eaux de vaisselle et des ordures ménagères apparaissent les plus compromettantes, quant à l'exposition à un risque sanitaire. Ainsi, nous avons cherché à quantifier ces différents rejets, relatifs à ces pratiques, afin d'évaluer l'importance du risque encouru.

Concernant les eaux usées, des études antérieures (Stéphane et Salomon, 2001) ont montré que la consommation spécifique d'eau, dans les milieux évolutifs et précaires, est de 53l/hbt/j. Par ailleurs, la part de chaque usage est consignée dans le Figure 32 ci-dessous.

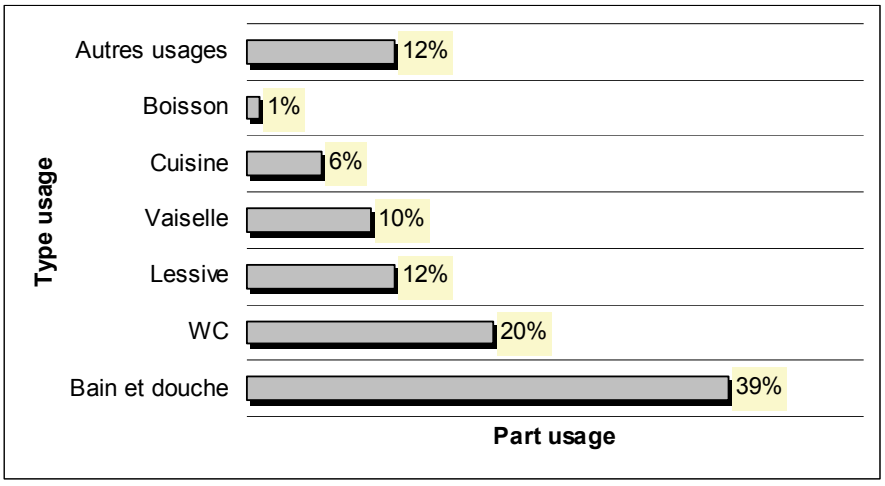


Figure 32 : *Consommation d'eau des ménages : part de chaque usage (Stéphane et Salomon, 2001).*

En considérant le taux de rejet usuel (80%), les informations relatives à la taille et au nombre des ménages des quartiers investigués, à la proportion des ménages s'adonnant à ces pratiques dans les différents milieux à risque considérés d'une part, et celles indiquées dans le graphe

ci-dessus d'autre part, il a été possible d'estimer les quantités d'eaux usées de lessive et de vaisselle, rejetées dans les milieux à risque de contamination : la cour, la rue et le canal. Les Figures 33 et 34 ci-dessous mettent en évidence les résultats de cette investigation.

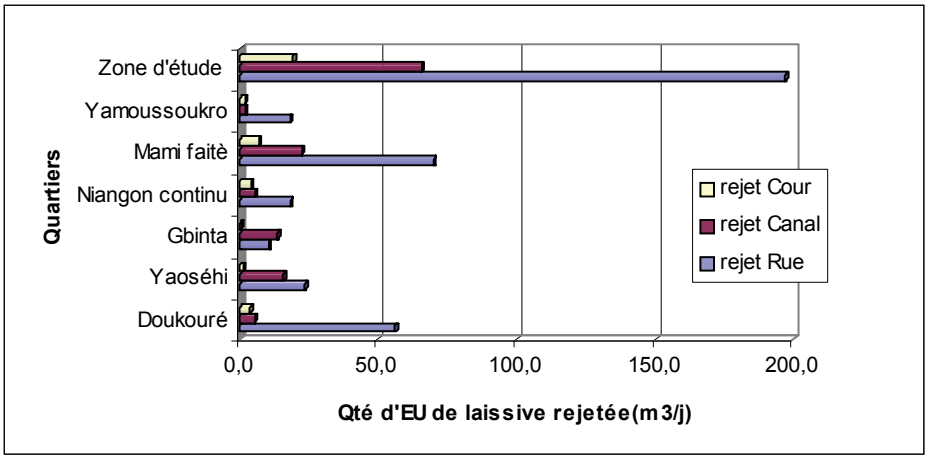


Figure 33 : *Quantité d'eaux usées de lessive rejetée dans les différents milieux à risque*

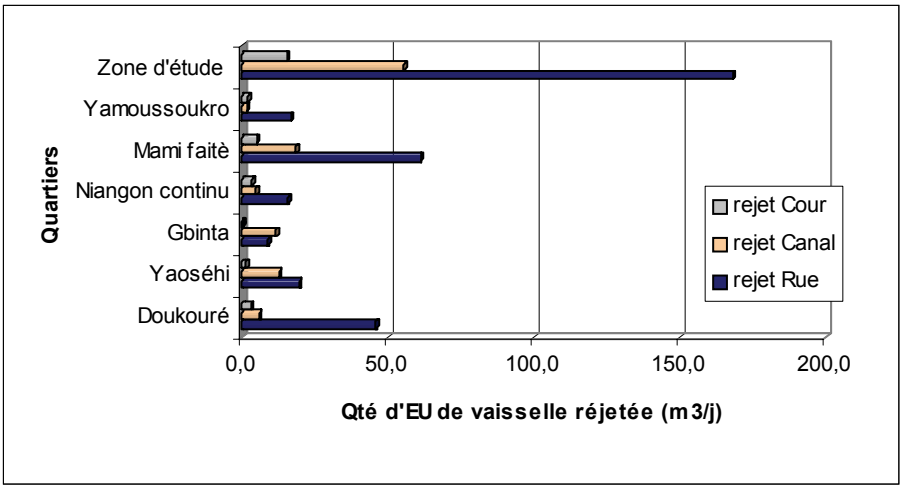


Figure 34 : *Quantité d'eaux usées de vaisselle rejetée dans les différents milieux à risque*

La vulnérabilité des populations ici, en plus de l'exposition au risque, se mesure par les comportements de contact à la source contaminante, notamment le déchet. Des deux types d'eaux usées, les eaux de vaisselle apparaissent les plus problématiques dans la mesure où, en plus de contenir des détergents à l'égard des eaux de lessive, elles renferment de la matière organique fournie par les débris alimentaires. Ces types d'eaux sont favorables à la production et au développement d'organismes et micro-organismes vecteurs de maladies. Vu les comportements des populations, le lieu de rejet ne constitue pas en fait un facteur de

discrétisation dans le risque de contamination au niveau des quartiers précaires. En effet, on trouve surtout les enfants partout ; dans les cours, les rues, et même dans le canal où certains vont souvent faire leurs besoins. Même si les enfants ne peuvent accéder au canal pendant les périodes de pluies, d'autres personnes, notamment les jeunes fouilleurs du canal (nous verrons plus tard au paragraphe 5.3.4), sont toujours exposés au risque dans ce milieu. Finalement, l'exposition aux risques dans ces conditions se mesure par la quantité de déchets rejetée dans les différents milieux.

Les rues des 6 quartiers précaires concentrent en moyenne 365 m^3 d'eaux usées par jour, rejetées par les populations à travers les pratiques de lessive et de vaisselle, dans les proportions respectives de 197 m^3/j et 168 m^3/j. Cette situation est particulièrement préoccupante en période pluvieuse, où la saturation du sol empêche toute possibilité d'infiltration, augmentant ainsi le risque d'exposition. Des études réalisées, dans des quartiers précaires de Bangladesh, ont montré que le taux de décès dû au manque d'évacuation adéquat des eaux usées domestiques y est plus élevé qu'en milieu rural (Albert, 1997).

Le risque de contamination par les pratiques de rejet des eaux usées dans les cours n'est pas élevé et est moins préoccupant ; les quantités d'eaux usées, rejetées étant très faibles : 35 m^3 d'eaux usées de lessive et de vaisselle par jour.

Pour ce qui concerne les rejets d'eaux usées de lessive et de vaisselle dans les rues, le risque de contamination serait plus élevé dans les quartiers de Doukouré et Mami Faitai qui concentrent respectivement, dans leurs rues, les plus fortes quantités (56 m^3/j et 46 m^3/j) d'eaux de lessive et (70 m^3/j et 62 m^3/j) de vaisselle. Les autres quartiers présentent presque le même moindre risque, excepté Gbinta où l'exposition se trouve à une échelle encore plus basse.

Le canal dans le secteur des quartiers précaires étudiés reçoit en moyenne 123 m^3 d'eaux usées de lessive et de vaisselle par jour, dans des proportions respectives de 66 m^3/j et 56 m^3/j. Ces apports constituent une source additionnelle des eaux usées transportées par le canal depuis l'amont ; le mélange des eaux, loin d'être une dilution, augmente au contraire la concentration des substances dans ce milieu.

Les contributions à l'augmentation de la quantité d'eaux usées dans le canal, et donc probablement au risque de contamination, diffèrent selon les quartiers. Les importants apports sont enregistrés au niveau des quartiers Mami Faitai, Yaoséhi et Gbinta, avec respectivement 23 m^3/j, 15 m^3/j et 14 m^3/j pour la lessive et 19 m^3/j, 13 m^3/j et 12 m^3/j pour la vaisselle. Les apports de Doukouré et Niangon Continu sont très faibles et ceux de Yamoussoukro négligeables. Les raisons évoquées plus haut, notamment le faible contact des quartiers

Doukouré et Yamoussoukro avec le canal, expliquent en partie cette situation observée. Cependant, au niveau du quartier Niangon Continu, même si les apports de ce quartier sont faibles, le risque s'y trouve élevé puisqu'il se situe en aval et reçoit par conséquent en transit, tous les autres apports venant de l'amont du bassin.

5.3.3.4 Comportements et pratiques des populations en matière de gestion des ordures ménagères.

Concernant les pratiques en matières d'enlèvement des ordures ménagères, les ménages stockent les déchets d'ordures, généralement dans des poubelles (79,2%). L'exposition au risque sanitaire augmente dans cette pratique dans la mesure où 64% des poubelles ne sont pas couvertes et 43% d'entre elles sont directement conservées dans les cours. Toutefois, le risque est atténué par la fréquence d'enlèvement. Par semaine, 60% des ménages évacuent trois fois ou plus leurs déchets d'ordures. En revanche, le mode d'enlèvement des ordures, après stockage, augmente le risque au niveau du quartier comme l'indique la Figure 35 ci-dessous.

Cette Figure 35 montre que les quartiers Yaoséhi, Gbinta, Niangon Continu et Mami Faitai privilégient l'utilisation du canal pour l'évacuation des ordures ménagères. Quant aux quartiers Doukouré et Yamoussoukro, les pratiques s'identifient plutôt majoritairement à l'utilisation respectivement de la précollecte et du rejet dans le coffre à ordures.

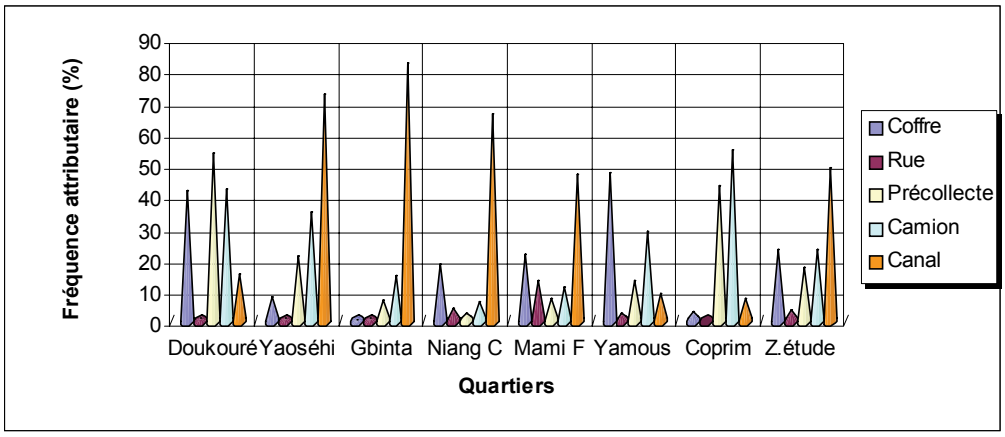


Figure 35: *Pratiques d'évacuation des ordures ménagères dans les quartiers précaires de Yopougon*

Ce résultat confirme les déterminants des pratiques des ménages des quartiers précaires investigués, déjà évoqués au niveau de l'évacuation des eaux usées. Dans l'ensemble, on note une forte proportion d'utilisation du canal pour l'évacuation des ordures ménagères dans les

quartiers précaires (50%). Les pratiques les plus significatives s'observent à Gbinta (82,1%), Yaoséhi (72,2%) et Niangon Continu (66%).

On peut aisément s'apercevoir, avec cette Figure, que les quartiers qui utilisent le service des précollecte (Doukouré), des camions (Yamoussoukro) et l'association précollecte/ camions (COPRIM, quartier formel) ont un recours relativement négligeable à la rue et au canal pour l'évacuation des ordures ménagères. Cette situation s'explique par le fait que ces quartiers appartiennent à des structures plus ou moins organisées (54,2%) offertes soit par la Municipalité, soit par des associations des précollecteurs privés. Malheureusement, cette initiative a du mal à s'appliquer dans les autres quartiers, à cause de la proximité du canal et surtout de la perception des ménages du rôle de ce canal (Cf 5.3.3.1). Dès lors, on peut comprendre le comportement de cette femme de la Planche 9 qui ne se gène pas à évacuer ses ordures ménagères dans le canal d'évacuation des eaux.

Planche 9 : *Une femme rejetant des ordures ménagères directement dans le canal d'évacuation des eaux*

Les dépenses effectuées par les ménages des quartiers précaires, pour l'enlèvement des ordures ménagères, ont retenu une attention particulière de cette étude. Ces dépenses mensuelles évoquées par les ménages sont si disperses, si bien que nous avons jugé utile de procéder à l'établissement de tranche de coût de dépenses mensuelles, afin de voir les plus représentatives par quartier (Figure 36).

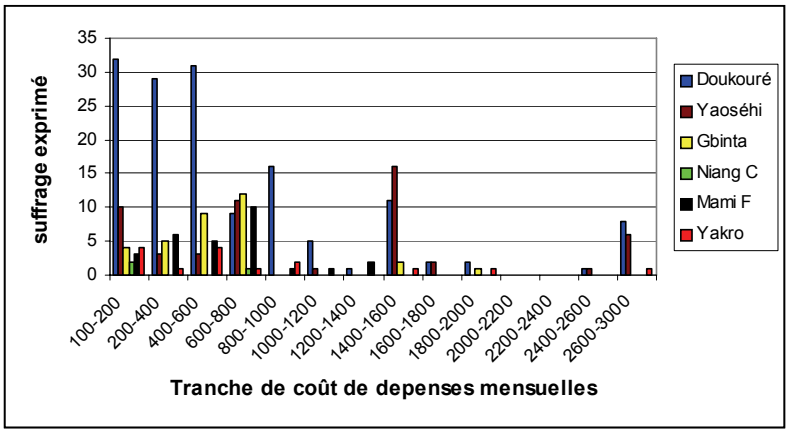


Figure 36 : *Coûts pratiqués (FCFA) pour l'enlèvement des ordures ménagères dans les quartiers précaires de Yopougon*

L'investigation dans ce sens révèle que ces dépenses sont beaucoup variables d'une structure à une autre, d'un ménage à un autre et d'une poubelle à une autre. Le moins qu'on puisse dire à l'analyse de la visualisation graphique ci-dessus, c'est que les tranches les plus intéressantes sont celles d'un « équi-montant » de 200 FCFA/mois, allant de 100 FCFA à 1000 FCFA/mois. Le quartier Doukouré est celui qui a plus de répondants dans ces catégories de tranche. Les autres quartiers précaires s'inscrivent aussi préférentiellement dans ces mêmes catégories, mais avec moins de répondants. En essayant de corréler cette information à celle relative aux pratiques d'évacuation des ordures ménagères (Figure 34), on se rend bien compte que ces deux informations sont bien en phase. En effet, Doukouré qui privilégie la précollecte, paie beaucoup pour ce service ; tandis que les autres quartiers (Yaoséhi, Gbinta, Niangon Continu et Mani Faitai), qui utilisent majoritairement les services du canal, font moins recours au service de la précollecte. Cette situation confirme, une fois de plus, l'information selon laquelle la proximité du canal détermine l'attitude des ménages. Par ailleurs, les difficultés et la diversité des modes de paiement ainsi que la grande incertitude dans l'évocation du coût mensuel par les ménages ne permettent pas de tirer des conclusions pertinentes pour l'estimation des dépenses effectives, relatives à l'évacuation des déchets d'ordures dans les quartiers précaires. Cette situation révèle une participation et une contribution partielle des populations dans la collecte des ordures ménagères. Le manque de sensibilisation et d'implication active des ménagères comme acteurs dans la planification du service de collecte est la principale raison qui explique le refus des ménages de contribuer effectivement et de payer pour ce service de collecte des déchets d'ordures. Les ménages devraient être informés des décisions relatives aux activités de collecte : les types de collecte, les arrangements de collecte et les sommes engrangées. Ils doivent être impliqués dans ce

qu'ils peuvent faire pour améliorer la situation. Malheureusement, ce n'est pas le cas dans la commune de Yopougon et singulière dans les quartiers précaires.

Le phénomène n'est pas d'ailleurs le cas typique de Yopougon, mais il est caractéristique des pays en voie de développement, où les ménages n'ont souvent pas la chance de participer à la conception et la planification des activités de collecte qui pourraient assurer une motivation de leur part (Addo-yobo et Mansoor, 2003). Dans les pays développés, cette réalité est bien en vigueur depuis longtemps. Les populations (bénéficiaires) sont impliqués dans les différents processus de planification et réalisation des activités.

5.3.3.5 Importance de l'exposition au risque sanitaire liée aux pratiques d'enlèvement des ordures ménagères dans les quartiers précaires

La vulnérabilité des ménages, au risque de contamination lié au canal, est rehaussée par la présence de déchets d'ordures. Sur la base des informations relatives à la taille et au nombre de ménages par quartier, à la proportion des déchets rejetées dans le canal par quartier et à la production journalière de déchets par habitant des quartiers précaires (0,41kg/hts/jour), il a été possible d'estimer la quantité journalière de déchets reçue par le canal dans le secteur de chaque quartier précaire (Quantité journalière rejetée par un quartier dans le canal = Taille de ménage du quartier x Nombre de ménages du quartier x 0,41kg/hts/jour x proportion de rejet dans le canal du quartier fournie par l'enquête ménage). L'estimation révèle que plus de 12 tonnes en moyenne de déchets d'ordures sont rejetés par jour dans le canal dans le secteur des quartiers étudiés (Figure 37). Cette quantité importante de déchets d'ordures que reçoit le canal d'évacuation des eaux représente 42% de la production totale estimée des déchets de ces 06 quartiers précaires étudiés.

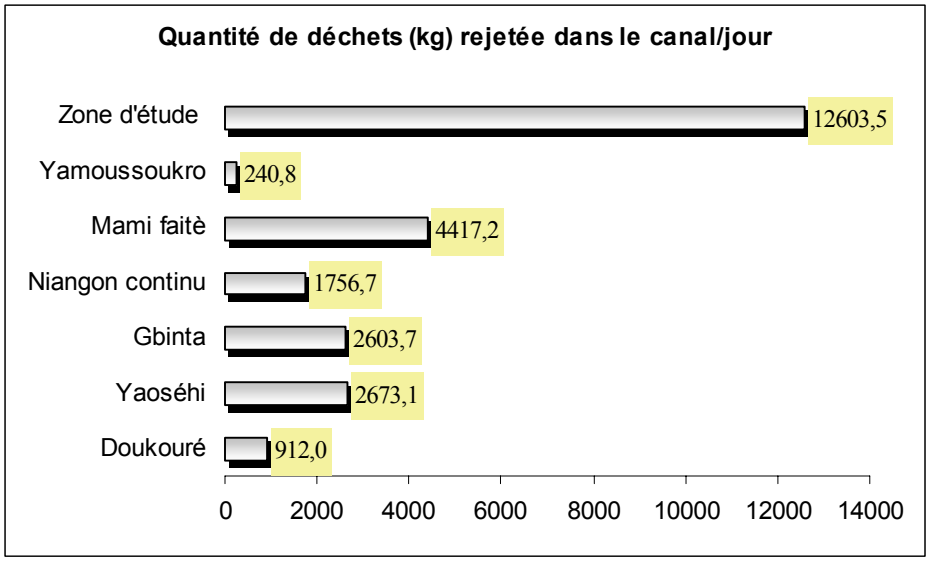


Figure 37 : *Quantité de déchets d'ordures rejetée dans le canal*

L'importance des quantités d'ordures rejetées dans le canal et la grande proportion de matières organiques biodégradables (66,43%), contenues dans les déchets d'ordures (Sané, 2002), associées aux importantes quantités d'eaux usées du canal, augmentent le risque de contamination de ce milieu. En effet, les déchets solides, avec une forte concentration de matière organique sont un milieu favorable au développement des bactéries et d'insectes source de nourriture de la vermine (Jeffrey et al, 1997). La matière organique, en se décomposant, attire les prédateurs. Ceux-ci transportent des bactéries qui prospèrent en milieu chaud et humide. Elle favorise également le paludisme, la fièvre virale, etc. (Anonymous, 1994). Ainsi, les déchets d'ordures ont besoin d'être gérés de façon efficiente pour minimiser les risques sur l'environnement et sur la santé des riverains (Salha et Mensoor, 2005).

Normalement, le canal dans le secteur des quartiers précaires se présente comme un milieu de transit des eaux et des déchets d'ordures. Cependant, la constance de la présence des ces éléments, même si leur quantité peut diminuer en certaines périodes de l'année, présente un risque potentiel de contamination. Selon Gabriel et al (2004), la majorité des quartiers précaires de Nairobi au Kenya, évacue le plus souvent, les déchets dans les canaux de drainage des eaux. Dans ces milieux marginalisés, le taux d'infection reste très élevé avec des risques épidémiques constants. Une situation comparable à la zone investiguée où l'on observe chaque année, une recrudescence d'épidémies singulièrement aigue au cours des saisons pluvieuses.

Les grandes contributions de la présence des déchets dans le canal sont le fait des quartiers Mami Faitai (4,4 tonnes/jour), Yaoséhi et Gbinta (2,6 tonnes/jour) et Niangon Continu (1,7 tonnes/jour). Les mêmes raisons évoquées plus haut expliquent ici également les faibles contributions des quartiers Doukouré (0,9 tonnes/jour) et Yamoussoukro (0,2 tonnes/jour). Par ailleurs, le quartier Niangon Continu, qui reçoit tous ces apports venant de l'amont, présente, par conséquent, un risque d'exposition très élevé.

5.3.4- Autres pratiques ou activités à risques liées à la présence du canal

Les comportements à risque ne concernent pas seulement les pratiques des ménages dans les quartiers précaires. En effet, certaines activités liées à la présence du canal non aménagé et pratiquées généralement par des jeunes des quartiers précaires, sont également à haut risque. Ces jeunes s'adonnent à longueur de journée à des pratiques de fouille du lit du canal à la recherche de « biens précieux ». Les éléments recherchés dans cette activité intéressent

essentiellement les objets en or, en argent, en aluminium et en fer avec une rentabilité de l'activité variant en fonction des saisons. Les meilleurs moments se situant bien évidemment en saison de pluie où le débit d'écoulement dans le canal augmente considérablement permettant de charrier toutes sortes de déchets dans lesquels l'on retrouve les objets recherchés par les jeunes fouilleurs. L'activité de fouille se faisant à mains nues et souvent à pieds nus, sans aucune précaution est ainsi préjudiciable à l'état de santé des jeunes fouilleurs. Cette activité de fouille est apparemment bien organisée suivant un circuit bien précis d'écoulement des produits comme l'indique la Figure 38 ci-dessus.

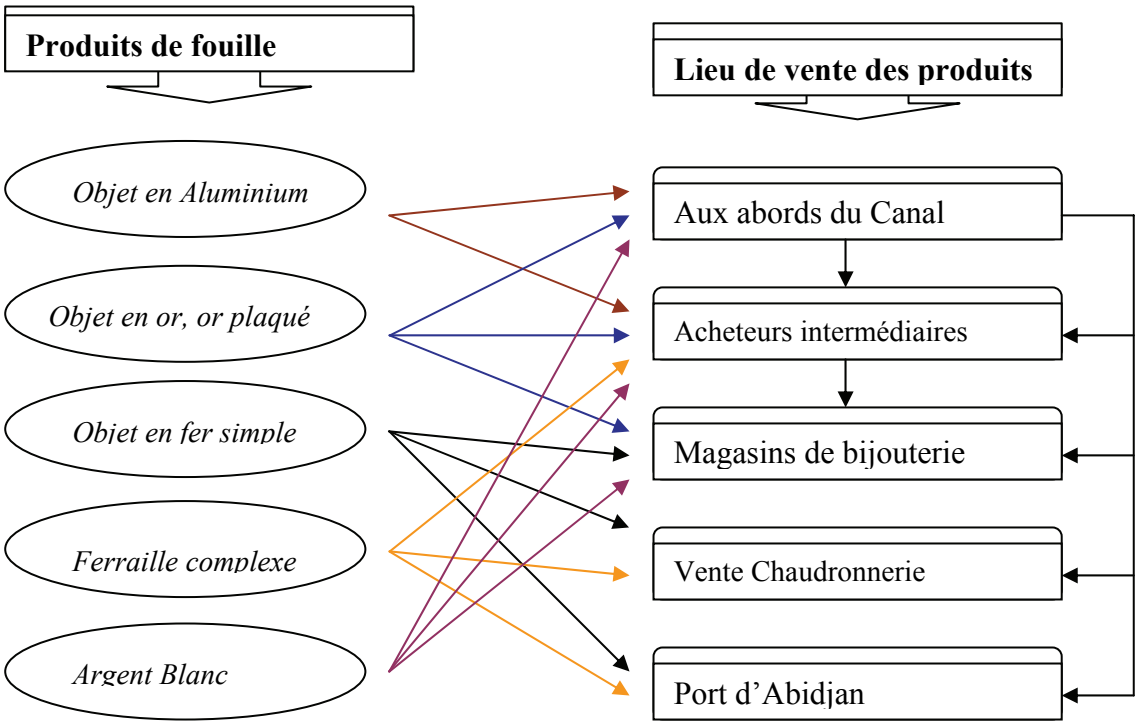


Figure 38: *Circuit d'écoulement des produits de l'activité de fouille du canal*

L'entretien que nous avons organisé avec certains fouilleurs du canal révèle que ces derniers ne perçoivent pas les risques sanitaires liés à leur activité. *« Moi je crois en Dieu, y a des gens qui disent que l'eau du canal là, y a maladie dedans...ça fait 13 ans que je suis dans le canal, je suis jamais tombé malade à cause du canal ; si tu es tombé malade en tout cas ce n'est pas le canal qui a fait ça »* (Entretien réalisé avec un fouilleur da canal : Diabaté ali, 27ans; juin 2005).

La recette journalière de l'activité de la fouille, évaluée au cours de l'entretien, varie entre 4000 FCFA/jour d'activité pour des courageux ou durant les périodes de faible débit de l'eau

du canal, à 12000 FCFA et quelquefois 18000 FCFA par jour d'activité pour les plus courageux et durant les saisons pluvieuses.

Au terme de cette analyse, on peut retenir que les comportements et pratiques des populations des quartiers précaires investigués sont des pratiques à risque. Concernant les eaux usées ménagères et les excréta, les pratiques à risques sont préférentiellement observées au niveau de l'évacuation des eaux de vaisselle et des eaux de lessive. Les rues de ces quartiers sont principalement sollicitées pour l'évacuation de ces types d'eaux, à raison de 365 m^3/j constituant ainsi d'importantes sources de risques sanitaires. Egalement des comportements à risques, largement au-dessus de la moyenne sont observés au niveau de la gestion des excréta. Il s'agit du partage des latrines et des douches par plusieurs ménages et l'utilisation des latrines traditionnelles insalubres.

En ce qui concerne la gestion des déchets d'ordures, les pratiques à risque les plus marquantes s'observent au niveau de l'évacuation des ordures, préalablement stockées ou non, dans des poubelles. Pour la majorité des ménages, ces ordures sont directement rejetées dans le canal d'évacuation des eaux pluviales et quelquefois, à un degré moindre, dans les rues et terrains vagues des quartiers. De telles pratiques sont sources de maladies (Jeffrey et al, 1997). En recevant plus de 12 tonnes/jour de déchets d'ordures, représentant 42% de la production totale des déchets du secteur des quartiers précaires étudiés, et 122 m^3/jour d'eaux usées de lessive et de vaisselle pour le compte de ce secteur, l'exposition au risque de contamination apparaît alarmante dans ce milieu. Cette situation préoccupante n'est que le reflet des perceptions à risques qu'ont les populations elles-mêmes, engendrées par plusieurs facteurs. En effet, l'irrégularité et la nature payante de certains services de précollecte exerçants dans certains quartiers, la quasi-inexistence d'infrastructures sanitaires de base (absence ou éloignement des coffres à ordures, manque d'ouvrages d'évacuation et de drainage des eaux usées) associé à la proximité d'un grand canal de drainage des eaux pluviales ont contribué au développement des perceptions à risques des ménages des quartiers précaires.

Par ailleurs, cette étude montre que la méconnaissance des systèmes de gestions déchets est un facteur déterminant dans les perceptions des populations des quartiers précaires.

De telles perceptions se traduisent en acte dans les comportements et pratiques. Dès lors, l'on comprend aisément l'utilisation du canal de drainage des eaux pluviales et/ou des rues pour l'évacuation des ordures ménagères et/ou des eaux usées ménagères. La situation, telle que présentée et décrite, aurait certainement des conséquences néfastes sur la santé des populations. Aussi, avons-nous cherché à comprendre les atteintes à la qualité de vie dans ces milieux défavorisés.

5.3.5- Atteintes à la qualité de la vie des populations des quartiers précaires

Parmi les atteintes à la qualité de vie évoquées par les populations au cours des différentes entrevues et *« focus group »,* le paludisme et les maladies diarrhéiques occupent une place de premier choix. Dans l'enquête ménage, nous avons cherché à vérifier cette information en investiguant les maladies vécues par les populations les quinzes jours (deux semaines) précédent l'enquête. Les résultats de cette investigation sont consignés dans le Tableau XIV ci-dessous.

Tableau XIV : *Principales atteintes à la qualité de vie dans les quartiers précaires*

Atteintes	Suffrage exprimés	Fréquence (%) = taux de prévalence
Répondus maladies	860	48,1
Malades du paludisme	415	47,1
Malades diarrhéiques	169	19,2
Malades d'asthme	198	11,1
Malade de Rhumatisme	459	25,7
Atteintes selon les tranches d'âges		
Enfants		53,6
Adultes		54,2

L'analyse du Tableau XIV montre que les atteintes à la qualité de vie des populations dans les quartiers précaires sont très préoccupantes. Sur une période d'observation de deux semaines (15 jours), le taux de prévalence en maladies affiche la valeur de 48%. Dans cette atteinte, le paludisme à lui seul fournit une prévalence de 47%, parmi les présumés malades, selon les réponses des enquêtés. L'investigation révèle par ailleurs que, contrairement aux évocations au cours des entretiens, le rhumatisme occupe la seconde place d'atteinte avec un taux de prévalence estimé à 25%. Néanmoins, les maladies diarrhéiques affichent un taux de prévalence non négligeable de 19% et restent ainsi la troisième atteinte à la qualité de vie dans ces milieux. En outre, les atteintes concernent, à taux de prévalence équivalent, aussi bien les adultes (54,2%) que les enfants qui constituent les couches les plus vulnérables (53,6%).

5.4- Conclusion partielle

Cette étude a mis en évidence des perceptions à risque en matière de gestion des déchets solides et liquides dans les 06 quartiers précaires étudiés. L'absence d'infrastructures sanitaires de base soutenue par un manque de volonté politique, la proximité du grand canal de drainage des eaux et la méconnaissance des systèmes d'assainissement et d'évacuation des déchets par les populations en sont les principales causes.

Les comportements des populations en matière de gestion des déchets reflètent leurs perceptions. En conséquence, les rues des quartiers sont principalement sollicitées pour l'évacuation des eaux usées ($365m^3/j$) et les ménages, pour la plupart, utilisent en commun les douches et/ou latrines insalubres.

Les ordures ménagères collectées dans ces quartiers sont, pour la majorité des cas, déversées directement dans le canal d'évacuation des eaux et ou dans les rues et terrains vagues. Le canal, dans le secteur des quartiers précaires, reçoit en moyenne plus de 12 tonnes par jour de déchets collectés dans ces quartiers. Cette quantité, représentant 42% de la production totale de ces localités. Cette situation augmente le risque de contamination dans ces milieux. Par ailleurs, l'étude révèle de nombreuses atteintes à la qualité de la vie dans ces quartiers. Une prévalence en maladie de 48% y a été observée ; le paludisme étant la principale atteinte au regard de son taux de prévalence, 47%. D'autres atteintes ont aussi été observées, notamment le rhumatisme (25%) et les malades diarrhéiques (19%).

TROISIEME PARTIE :

RECHERCHE DE SOLUTIONS D'ATTENUATION DES SYNDROMES RELATIFS A L'ASSAINISSEMENT DANS LES QUARTIIERS PRECAIRES

Chapitre 6 :	Modélisation de la pluie: optimisation et conception de modèles de simulation pluviométrique pour la région d'Abidjan
Chapitre 7 :	Caractérisation Modélisation hydraulique des quartiers précaires en situation d'inondation par débordement de réseau
Chapitre 8 :	Perceptions, Recherche participative de solutions intégrées pour la gestion des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires

CHAPITRE 6: MODELISATION DE LA PLUIE : OPTIMISATION ET CONCEPTION DE MODELES DE SIMULATION PLUVIOMETRIQUE POUR LA REGION D'ABIDJAN

6.1- Introduction

L'insuffisance de la gestion du drainage dans les quartiers précaires a été mise en évidence (Chapitre 4) à travers l'analyse des géorisques urbains (érosion, éboulement et inondation). En effet, depuis 1995, plusieurs communes d'Abidjan subissent une série d'inondations et des phénomènes d'instabilité des terrains qui ont eu des conséquences socio-économiques très graves (Kouadio, 2001). Les quartiers précaires installés le plus souvent dans des dépressions, lieux privilégiés des écoulements des eaux de pluies en sont les véritables victimes.

En 1998, une inondation accompagnée d'un glissement de terrain et provoquée par une pluie intense et continue a causé des pertes en vies humaines (7 morts) et de nombreux blessés dans les quartiers précaires des communes d'Abobo (5 morts) et de Yopougon (2 morts). C'est pour cette raison que dans la recherche de solutions novatrices pour atténuer cette situation préoccupante, il est nécessaire et bien indiqué de privilégier la maîtrise du facteur déclenchant des géorisques urbains, notamment la pluie. A cet effet, l'on est amené à accorder une importance particulière aux pluies extrêmes dans la prévision des risques hydrologiques (Adrieu et al. 1996 ; Taouzi et Laborde, 2004 ; Ambjerb-Nielsen, 2005). Cela passe nécessairement par la mise au point de modèles fiables pouvant simuler de façon efficace le comportement du phénomène pluvieux. Toutefois, le succès de toute action dans ce domaine repose sur une bonne connaissance du régime hydrologique (Javelle et al, 2000) et dépend de la disponibilité d'informations suffisantes qui permettent l'application conséquente des méthodes statistiques et probabilistes. En effet, le problème de la transformation de la pluie en débit d'écoulement est l'une des difficultés majeures qui se posent aux hydrologistes, aux urbanistes et aux techniciens d'assainissement des centres urbains (Afouda, 1980).

Le but de ce chapitre est de procéder à l'optimisation des modèles de pluie qui servent au calcul du drainage urbain en zone tropicale humide subsaharienne, et particulièrement en Côte d'Ivoire. Cette optimisation permettra d'améliorer le drainage des eaux pluviales, en vue d'atténuer les risques d'érosion, d'éboulement et d'inondation en milieu urbain, singulièrement dans les quartiers précaires de la zone d'étude : la commune de Yopougon.

6.2- Approche méthodologique

6.2.1- Cadre conceptuel de la simulation pluviométrique

En milieu urbain, les modèles hydrologiques existants s'intéressent essentiellement au ruissellement superficiel (Desbordes, 1984). Certains auteurs pensent qu'il faut revoir la base physique de ces modèles. Leurs formulations ne prennent en effet, en compte, qu'une partie des processus qui interviennent dans le cycle de l'eau. Cette attitude se justifie par le fait que toute l'eau infiltrée sur un bassin versant urbain donné n'est alors pas prise en compte dans le système de drainage (Zech et al., 1993). Ainsi simplifié, le phénomène de transformation de la pluie en débit est appréhendé par deux mécanismes majeurs qui se succèdent dans le temps:

i°)- un mécanisme dit de production qui évalue la part de la pluie brute qui conditionne le ruissellement ;

ii°)- un mécanisme dit de transfert de la pluie nette et qui comporte des phénomènes de ruissellement et des phénomènes d'écoulement en réseau (naturel ou artificiel).

Ces simplifications ne sont cependant applicables que si l'urbanisation est le caractère dominant du bassin ; ce qui n'est pas souvent le cas des pays en voie de développement où l'on rencontre très souvent des bassins périurbains et encore moins pour les zones précaires urbaines.

De nombreux modèles, partiellement déterministes, probabiliste, stochastiques, mécaniques et empiriques ont été développés pour la maîtrise du ruissellement urbain (Bouvier et Desbordes, 1990 ; Boyd et al, 1993 ; Desbordes, 1994 ; Bouvier, 1994 ; Bouvier et al, 1995 ; Bouvier, 1996). Cependant, le modèle classique de drainage des eaux urbaines, longtemps adopté par les pays en voie de développement, et particulièrement la Côte d'Ivoire, pour faire face aux problèmes d'assainissement pluvial, est le modèle dit « hygiéniste » d'assainissement pluvial. Ce modèle, qui fait partie des modèles de ruissellement globaux, est basé exclusivement sur l'évacuation rapide des eaux par le biais d'un réseau de conduites ou de caniveaux (Morel, 1996). Le principe de base de cette approche consiste à prédéterminer les débits de fréquence rare à l'exutoire des bassins versants, à des fins de dimensionnement des ouvrages d'évacuation des eaux pluviales. L'approche comporte deux aspects majeurs :

i°)- le choix des pluies qui provoquent un débit de fréquence donné ;

ii°)- la connaissance des mécanismes de transformation de la pluie en débit.

Or, par manque de vérifications et de synthèses, ces deux aspects restent assez mal maîtrisés dans ces pays en développement, particulièrement en zone tropicale humide subsaharienne (Moneron et al. 1998). Par ailleurs, en Afrique subsaharienne, et singulièrement en Côte d'Ivoire, ce concept hygiéniste d'assainissement pluvial, qui est le plus utilisé dans le drainage urbain, se heurte à un certain nombre de contraintes :

i°)- l'estimation des paramètres du modèle de pluie de Montana n'est pas satisfaisant (Puech et Gonni en 1983) et sous-estime les intensités de pluie ;

ii°)- le modèle de débit de Caquot utilisé dans le dimensionnement des ouvrages de drainage urbain, intègre ces paramètres du modèle de Montana ;

iii°)- l'adaptation des paramètres de ces modèles aux régimes tropicaux, notamment les travaux de Sighomnou et Desbordes (1988), s'est basée sur l'analyse d'un nombre limité de données sur des superficies restreintes pendant de courtes durées d'observation.

Dans cette étude les données d'une longue série d'observations pluviométriques sont intégrées dans une démarche statistique et stochastique à différents niveaux. D'abord, la variabilité climatique dans la région a été appréciée au moyen de l'étude de l'indice de Nicholson, d'une part ; et du test de rupture de Pettit, d'autre part. Ensuite, les paramètres du modèle de Montana, actuellement utilisés dans la simulation pluviométrique ainsi que ceux du modèle de Talbot utilisés dans un degré moindre, ont été optimisés pour la région d'Abidjan. Enfin, un modèle de pluie dit « imbriqué », qui prend en compte la variabilité climatique dans la région et qui simule au mieux le comportement pluviométrique à Abidjan, en particulier ; et en région subsaharienne, en général a été conçu.

6.2.2- Techniques d'étude de la variabilité climatique dans la région d'Abidjan

6.2.2.1 Variabilité pluviométrique par la méthode de Nicholson

Pour mettre en évidence les grandes variations climatiques survenues dans la zone d'étude depuis 1936, le recours à l'étude de l'indice de Nicholson se justifie par le fait qu'elle joue un rôle important dans la détermination des variations saisonnières.

Les écarts pluviométriques ont été ainsi calés à partir de la formulation de Nicholson d'expression :

$$X_{ij} = \frac{R_{ij} - R_{im}}{\sigma} \qquad \textbf{(Eq. 4.1)}$$

Avec :

X_{ij} : *moyennes des quantités annuelles normalisées des précipitations*

R_{ij} : *la hauteur de pluie totale pour une saison i et une année j*

R_{im}: *la moyenne annuelle de pluie pendant la saison i durant la durée de l'enregistrement qui est de 65 ans pour notre cas,*

σ: *l'écart type de la pluviométrie annuelle.*

Il est important de souligner ici que les données utilisées par le test, concernent les hauteurs moyennes mensuelles et couvrent la période de 1936 à 2000. Cette période d'observation de 65 ans répond largement aux exigences des directives de l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) qui recommande que pour des estimations de nature statistique dans le domaine de l'étude de la pluviométrie, l'on considère des données couvrant une période d'au moins trente (30) ans, pour juger de la représentativité du phénomène et la fiabilité des résultats.

6.2.2.2 Variabilité pluviométrique à partir du test de Pettit

L'utilisation du test de Pettit, dans l'étude de la variabilité climatique, a pour but d'identifier d'éventuelles ruptures dans les séries chronologiques des précipitations, au cours de la Période d'observation. En effet, selon Paturel et al. (1995), une rupture est définie par un « changement de la loi de probabilité dont les réalisations successives définissent les séries

chronologiques étudiées ». Dans ces conditions, la rupture met en évidence une modification du comportement moyen de la pluviométrie dans la région.

Le test de Pettit est non paramétrique et dans cette approche, l'absence de rupture dans la série (X_i) de taille N constitue l'hypothèse nulle. Ainsi, pour tout instant t compris entre 1 et N, les séries chronologiques (X_i)i=1 à t et t+1 à N, appartiennent à la même population. La variable à tester ici est le maximum de la valeur absolue de la variable $U_{t,N}$ définie par :

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^{t} \sum_{j=t+1}^{N} Dij \qquad \text{(Eq. 4.2)}$$

où $U_{t,N}$ =variable de rupture du test , $Dij = \text{sgn}(X_i - X_j)$ avec sgn(x)=1 si x>0 ; sgn=0 si x=0 ; sgn=-1si x<0

Au cas où l'hypothèse nulle est rejetée, une estimation de la date de rupture est donnée par l'instant t définissant le maximum en valeur absolue de la variable Ut,n.

6.2.3- Analyse du drainage urbain à Abidjan : processus d'optimisation des modèles de simulation pluviométrique pou la région d'Abidjan

La pluie est comme un phénomène très aléatoire et non reproductible. Son aspect et sa forme varient dans le temps et dans l'espace. Elle intéresse l'hydrologue, l'aménageur ou le gestionnaire d'un système d'assainissement à travers ses conséquences, à savoir le ruissellement induit (Morel, 1996). Les méthodes de transformation de la pluie en débit de ruissellement sont fondées sur l'utilisation des modèles de pluie appelés pluie de projet. Ces modèles de pluie répondent en général à un certain nombre de critères (Morel, 1996):

i°)- ils doivent reproduire statistiquement les mêmes effets en tout point du bassin versant où l'on désire estimer le débit des eaux ruisselées ;

ii°)- ils doivent également intégrer un certain nombre d'hypothèses sécuritaires vis-à-vis du dimensionnement des ouvrages d'assainissement.

A cet effet, le dimensionnement des ouvrages de drainage urbain exige l'étude des intensités maximales de la pluie sur des intervalles de temps allant de 5 minutes à quelques heures (Réméniéras, 1986).

Dans le cas de cette étude, il a été procédé à un dépouillement des diagrammes de réponses pluviométriques de la station d'observation pluviométrique d'Abidjan Aéroport. Ainsi, pour chacune des quarante trois années, couvrant la période de 1958 à 2000, l'intensité maximale a été retenue et soumise à différents niveaux d'analyse statistique.

Le processus d'optimisation consiste en une série de traitements statistiques des données pluviométriques recueillies à la station d'Abidjan Aéroport, jugée représentative pour la région d'Abidjan. En effet, lorsque les données pluviométriques sont insuffisantes pour estimer les quantiles, on a souvent recourt à des informations régionales (Mic et al, 2002) pour faire l'opération. C'est pourquoi, vu l'inexistence des données concernant la zone d'étude (la commune de Yopougon), l'on a opté pour les données de la station d'Abidjan Aéroport. La série de traitements statistiques commence d'abord par le dépouillement des diagrammes pluviométriques couvrant toute la période d'observation. Ensuite, il s'agira de la détermination des lois de distribution des variables pluviométriques et l'ajustement mathématique de ces variables.

6.2.3.1 Dépouillement et traitement statistique des données d'observation pluviométriques

Il existe plusieurs méthodes de dépouillement qui peuvent être manuelles ou automatiques, complètes ou partielles. Les dépouillements partiels les plus fréquents se font à pas de temps fixe, avec sélection des événements exceptionnels. Dans la présente étude, les pluies les plus fortes, enregistrées à la station d'observation pluviométrique d'Abidjan Aéroport, ont été étudiées pour les durées allant de 10 minutes à 4 heures. La période 1958-2000 a été retenue par manque de données requises pour les autres années d'observation. Aussi, le manque de matériel nécessaire au dépouillement automatique nous a-t-il contraint à adopter le dépouillement manuel. Cette opération a été appliquée aux 165 diagrammes disponibles que comporte chacune de ces 43 années d'observation. Dans la pratique, les pas de temps sont à 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 et 240 minutes.

L'opération de dépouillement des données pluviométriques consiste à rechercher les hauteurs maximales extrêmes de pluie (Garrido, 2002), à partir des diagrammes (pluviographes) pour les différents pas de temps, sur chacun des graphes de l'année considérée. De toutes les valeurs des hauteurs obtenues, on retient la plus grande valeur (statistique de rang). Ainsi, pour chacun des graphes de l'année considérée, les hauteurs de pluie enregistrées au pas de temps considéré ont été recherchées et classées par ordre de grandeur décroissant. L'objectif final est de retenir l'intensité maximale représentative de l'événement pluvieux exprimé par le diagramme pour chacun des pas de temps. Cette opération est répétée pour les pas de temps

définis et pour chaque année de la période d'observation. A la fin de l'opération, pour l'année considérée, un Tableau contenant les hauteurs de pluie les plus élevées pour les différents pas de temps a pu être constitué. Les données (hauteur de pluie : H) obtenues sont ensuite converties en intensité de pluie selon la formule :

$$i = \frac{H}{t} \qquad \text{(Eq. 4.3)}$$ et consignées dans un Tableau.

Avec i : l'intensité maximale, H : la hauteur de pluie ; t : le temps de pluie

On obtient ainsi une pluie fictive constituée de ces différentes hauteurs pour l'année considérée. En effet, l'idée maîtresse est que les dégâts ou risques potentiels causés par une pluie ne peuvent survenir que lors des intensités maximales qui engendrent d'importantes crues. Le dépouillement des données est une opération délicate qui a besoin de la dextérité de l'opérateur pour avoir des données fiables. Aussi un contrôle de qualité a-t-il consisté en une exécution par deux opérateurs différents. Les points de divergence après comparaison sont revus et corrigés. L'échantillon ainsi élaboré été transcrit sur un support informatique et intégré dans une base de données avant d'être soumis à une analyse statistique.

6.2.3.2 Identification de la distribution statistique des variables pluviométriques

Le deuxième niveau de traitement des données pluviométriques consiste en la détermination de la loi de distribution statistique des variables. Il existe plusieurs lois de distribution qui permettent de réaliser les traitements statistiques. En hydrologie de surface, les lois les plus utilisées sont celles de Gauss, de Galton de Gumbel, de Fréchet et de Pearson III.

Pour des raisons de similitudes, notamment entre la loi de Gauss et celle de Galton et entre la loi de Gumbel et celle de Fréchet, nous nous sommes intéressés dans cette étude aux lois de Galton, de Gumbel et de Pearson III.

Par ailleurs, la loi normale ou loi de Gauss est utilisée pour l'étude des modules annuels et les débits moyens annuels. La loi log-normale sert pour le calcul de la lame d'eau écoulée, le débit de pointe et surtout les intensités extrêmes. De même, celle de Gumbel intervient pour l'estimation des valeurs extrêmes. Quant à la loi de Pearson III, elle est utilisée pour les phénomènes bornés vers le bas et dissymétriques.

Les données constituant notre base de données sont soumises ainsi à ces différentes lois de distribution statistique les plus utilisées en hydrologie urbaine.

L'étape suivante du processus consiste à opérer un meilleur choix parmi les différentes lois utilisées. Le critère de sélection vise en l'application d'un test de discrétisation et d'ajustement statistique à ces différentes lois. Pour chacune des lois considérées (Gumbel,

Gibralt Gauss et Pearson III), les paramètres caractéristiques de ces lois ont été estimés par divers traitements statistiques appliqués aux variables pluviométriques de la base de données issue des travaux de dépouillement. Les valeurs des différents paramètres obtenus ont ensuite subi une analyse multicritère par application des tests d'ajustement statistique de Kolmogorov-Smirnov et de Cramer-Von Mises jugés "plus puissants". Ces deux tests ont été donc appliqués aux quantiles obtenus par les différentes lois de distributions utilisées, afin de distinguer celle (s) qui simule(nt) au mieux la distribution des variables, c'est-à-dire la population mère dont l'échantillon est a priori représentatif.

Les tests fréquemment utilisés sont ceux de Pearson (χ^2) et d'Anderson (w^2). Ces tests largement décrits dans les ouvrages accessibles aux hydrogéologues présentent l'avantage d'être pratiques, mais jugés moins puissants. Les tests de Kolmogorov et de Cramer par contre, sont plus fastidieux et par conséquent moins employés, mais jugés puissants dans la détermination des lois qui décrivent de façon étroite la distribution des variables statistiques. Ces deux tests ont été choisis dans le cadre de cette étude.

Le test de Kolmogorov est un test d'adéquation entre une loi et l'échantillon source. Il tient compte de l'ensemble des quantiles. Ce test est plus naturel que celui du χ^2 lorsque la loi est étendue à une fonction de répartition continue.

Soit X une variable aléatoire réelle dont la loi a une fonction de répartition continue F et X_1, X_2 …, X_n, n réalisations indépendantes. On cherche à tester l'hypothèse H0 selon laquelle ces *«n»* réalisations suivent la même loi que X. Le test consiste à mesurer l'écart entre la fonction de répartition exacte et la fonction de répartition empirique et à le comparer à une valeur « admissible ». Cet écart est appelé « distance de Kolmogorov-Smirnov » et noté « d ». Cette distance statistique « d » est tabulée dans un tableau disponible en fonction de la taille de l'échantillon.

Le Tableau XV isolé de la table de Kolmogorov donne pour un échantillon de 43 éléments que constitue le notre, le seuil d'acceptation de l'hypothèse H_0 en fonction de la marge d'erreur.

Tableau XV:*Table de Kolmogorov pour un échantillon N= 43*

Marge d'erreur	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
Seuil d'acceptation	0,15974	0,18257	0,20283	0,22679	0,24332

Le test de Cramer-Von Mises a également pour but de distinguer si la loi qui matérialise au mieux la population mère dont l'échantillon est a priori représentatif. Il a les mêmes applications que le test de Kolmogorov.

A la différence du test de Kolmogorov-Smirnov qui considère uniquement le maximum des écarts, le test de Cramer traite la somme de tous les écarts. Le test de Kolmogorov est donc beaucoup plus sensible à l'existence de points aberrants dans un échantillon que celui de Cramer-Von Mises et est par conséquent considéré plus puissant. En revanche, ce test de Cramer Von Mises est plus fiable que ceux de Pearson (χ^2) et d'Anderson (w^2) couramment utilisés, à cause de leur simplicité. Nous avons donc appliqué ces deux tests, en vue de faire des comparaisons et opérer un meilleur choix. Notre échantillon étant de taille N=43 ; on établit les relations suivantes extraites de la tables de Cramer Von Mises qui détermine le seuil d'acceptabilité de l'échantillon de taille comprise entre l'intervalle fermé à 20 et ouvert à 50 en fonction de la marge d'erreur admissible (Tableau XVI et XVII).

Tableau XVI : *Table de Cramer-Von Mises ; seuil d'acceptabilité pour un échantillon de taille comprise entre 20 et 50 éléments*

n	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,5
20	0,72948	0,57352	0,45788	0,34621	0,28387	0,24150	0,20990	0,11979
50	0,73784	0,57775	0,49996	0,34686	0,28398	0,24134	0,20960	0,11924

Tableau XVII: *Table de Cramer-Von Mises ; seuil d'acceptabilité pour un échantillon de taille comprise entre 20 et 50 éléments (suite)*

n	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,75	0,99
20	0,07117	0,6312	0,05462	0,04589	0,03742	0,03120	0,02561
50	0,07052	0,60258	0,0543	0,04636	0,03690	0,03068	0,02512

Sur la base de ces informations, les intensités de pluie ont donc été estimées à partir des quantiles issues des différentes lois de distribution retenues pour les différentes durées et périodes de retour de référence. L'analyse statistique conduira à élaborer un résumé des valeurs maximales des intensités de pluie afférentes à une longue période. Ces résultats sont synthétisés par :

i°)- des familles de courbes donnant les intensités maximales des averses en fonction de leurs durées et leurs fréquences ;

ii°)- ou par des formules qui sont l'adéquation mathématique de ces familles de courbes.

Plusieurs modèles sont utilisés dont celles de Montana, Talbot, Keiffer et Chu pour la simulation pluviométrique. Dans le cadre de ce travail, le modèle de Montana sera testé et optimisé, car il est employé dans la formule de Caquot, formule la plus utilisée dans le dimensionnement des ouvrages de drainage des eaux pluviales des centres urbains ivoiriens. En outre, le modèle de Talbot, utilisé dans un degré moindre dans la simulation pluviométrique de certaines régions subsahariennes retiendra également notre attention, en vue d'une comparaison.

Les intensités de pluie estimées à partir des lois de distribution retenues (Gumbel pour les pas de temps de 10 à 30mn et Galton pour les pas de temps de 45 à 240 mn) ont permis la construction de deux familles de courbes, grâce au tableur Excel. Ces deux types de représentation graphique, appelés courbes IDF, expriment pour l'une la représentation des intensités en fonction de la durée de l'averse et pour l'autre la représentation des intensités en fonction de la période de retour

6.2.3.3 Ajustements mathématiques des variables et détermination des paramètres de calibration des modèles

Les constantes d'ajustement de la formule mathématique de Montana seront calées à partir des séries de pluies mesurées. Ce calage doit permettre d'appréhender ces pluies à travers des formules analytiques d'expression générale :

$$\mathrm{I}_m = \alpha(\mathrm{T}) \times t^{\beta(\mathrm{T})} \qquad \text{(Eq. 4.4)}$$

En passant aux propriétés de la fonction logarithmique, cette formulation peut être décomposée de la façon suivante :

$$\begin{cases} 1n(\mathrm{I}) = \ln(\alpha) + \beta \ln(t) \\ A = \ln(\alpha) \\ X = \ln(t) \\ Y = \ln(\mathrm{I}) \end{cases} \qquad \text{(Eq. 4.5)} \qquad \text{On obtient : } Y = A + bX \qquad \text{(Eq. 4.6)}$$

Une régression linéaire sur la série permet de calculer les coefficients $\alpha(T)$ et $\beta(T)$ et par conséquent, de déterminer l'intensité maximale de la pluie de projet, suite à une série d'observations nécessaires et suffisantes des pluies de la zone d'étude.

Si l'optimisation des paramètres du modèle de Montana a pu se faire grâce au logiciel Excel, ce n'est pas le cas pour le modèle de Talbot. En effet, le changement de variable opéré et la valeur de la constante considérée a permis d'obtenir la formulation de Talbot qui se présente sous la forme d'une fonction hyperbolique. Les paramètres d'un tel modèle ne sont pas facilement estimés par ce logiciel Excel. Aussi, un programme de traitement des modèles non linéaires a-t-il été élaboré à partir d'un outil de programmation « *RConsole* » et qui a permis d'estimer les valeurs des paramètres de Talbot pour la région d'Abidjan.
Enfin, la figure en Annexe 6 décrit les différentes étapes du processus de la modélisation de ce travail.

6.3- Résultats, interprétations et discussions

6.3.1- Analyse des variations climatiques dans la région d'Abidjan

Les estimations faites par l'application de la méthode de l'indice de Nicholson montrent que les différentes fluctuations climatiques enregistrées au cours de la période d'observations présentent trois grandes périodes distinctes (Figure 39) :

i°)- une période normale: 1966-1982, avec une hauteur moyenne annuelle de 1924 mm ;
ii°)- une période humide:1949-1965, avec une hauteur moyenne annuelle de 2291 mm ;
iii°)- deux périodes sèches : 1936-1948 et 1983-2000, avec une hauteur moyenne annuelle respectivement de 1837 mm et 1572 mm.

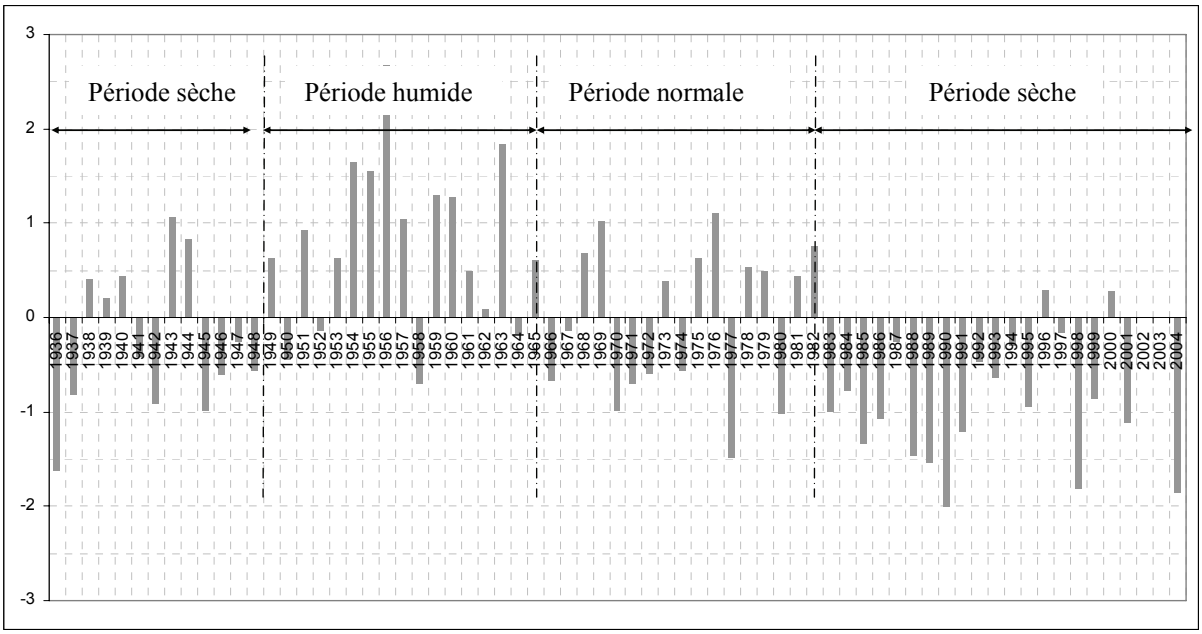


Figure 39: *Variation de l'indice de Nicholson à la Station d'Abidjan Aéroport (1936-2000)*

Dans la période 1966 à 1982 considérée comme année normale, la fluctuation tend à s'équilibrer de part et d'autre de l'axe. Le phénomène se manifeste non seulement à travers les graphes de la variation des indices de Nicholson, mais également par le fait qu'environ 53% des totaux pluviométriques soient supérieurs à la moyenne qui est de 1910 mm. Il faut souligner que cette période normale a cependant connu quelques petites périodes sèches dont la plus accentuée se situe entre 1968 et 1973. Depuis l'année 1983 qui marque le début de la deuxième période sèche, une diminution généralisée des précipitations se fait sentir jusqu'à nos jours. En effet, l'on observe que plus de 89% des totaux pluviométriques restent inférieurs à la moyenne. Ceci confirme bien ainsi l'existence de la période sèche. C'est effectivement dans un degré moindre, le même phénomène qui a été observé au cours de la période de 1936 -1948 où plus de la moitié (69%) des totaux pluviométriques est inférieure à la moyenne. On note également sur ce graphe qu'à la fin de la deuxième période sèche, il semble se dresser une hausse progressive des précipitations dans la région d'Abidjan, notamment, à partir de l'année 1998. Mais, il est trop tôt pour se prononcer, il faut attendre encore quelques années pour voir l'évolution réelle du phénomène.

En essayant d'établir une corrélation entre les différentes périodes que montre ce graphe et les grandes sècheresses d'Afrique de l'Ouest, on constate aisément que celles de 1947-1953, 1968-1973 et de 1982-1984, qui ont été soulignés par Biémi (1992), sont observées sur le graphe. L'étude montre ainsi que la station Aéroport d'Abidjan s'intègre bien dans les

grandes fluctuations du climat ouest africain et confirme la fiabilité des données recueillies à cette station, évoquée par l'étude de la BCEOM en 1982. Les périodes sèches sont toujours suivies dans la région d'Abidjan par des périodes de précipitations atmosphériques intenses et continues où les pluies dépassent le plus souvent 2000 mm. Ces pluies ont causé, ces dernières décennies, des pertes en vies humaines et de nombreux dégâts matériels (Kouadio, 2001).

Au cours de ces 65 dernières années, l'année 1956, appartenant à la période humide de 1949 à 1965, est la plus arrosée. Elle a enregistré une hauteur de pluie de 3129 mm. De 1936 à 1956, on observe une augmentation de la pluviométrie annuelle avant d'atteindre son pic en 1956. La hauteur moyenne annuelle des précipitations sur cette période est de 2037 mm. Cette hauteur représente en moyenne 53% de la hauteur d'eau recueillie en cette année 1956.

En revanche, avec 1060 mm de hauteur de pluie, l'année 1990 a été l'année la moins arrosée de la période d'observation. La période 1956 à 2000 a enregistré une baisse de la pluviométrie, avec une hauteur moyenne des précipitations de 1851 mm, représentant 41% de la moyenne des précipitations enregistrée en 1956.

Par ailleurs, l'évolution chronologique du phénomène pluvieux à Abidjan est semblable à celle d'un phénomène cyclique alternant les périodes sèche, normale et humide. Ce « pseudo cycle » observe une périodicité d'environ 17 ans (Figure 40). En outre, le coefficient directeur négatif de la droite de tendance montre une baisse généralisée de la pluviométrie au cours de la période d'observation dans la région d'Abidjan.

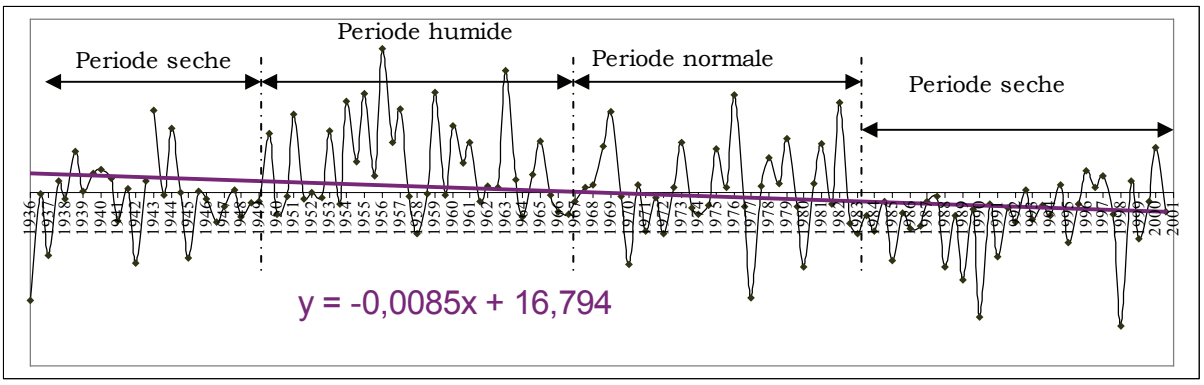


Figure 40 *: Chronologie des fluctuations pluviométriques à la Station d'Abidjan Aéroport (1936-2000) et droite de tendance*

Le recours au test de Pettit pour l'analyse des fluctuations pluviométriques permet d'élaborer la courbe de la variable U du test de Pettit en fonction du temps. On obtient une courbe en cloche comme l'indique la Figure 41 avec un palier plus ou mois étalé.

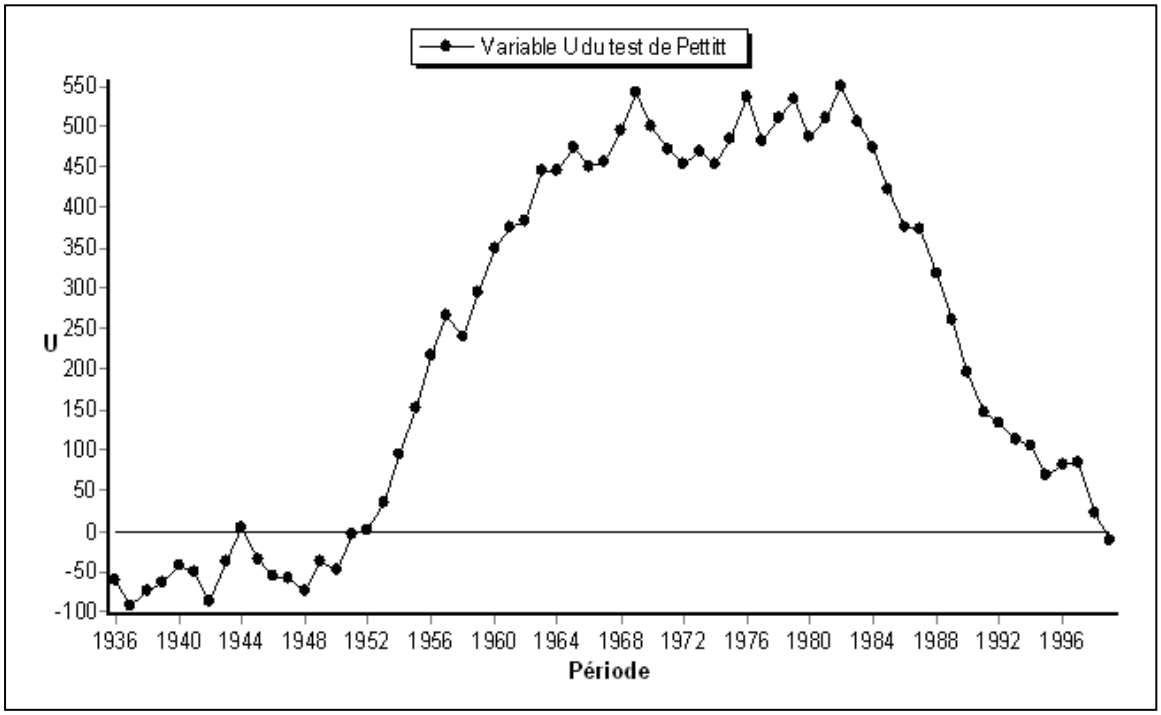


Figure 41 *: Courbe de la variable U du test de Pettit pour la région d'Abidjan*

Le résultat du test de corrélation sur le rang montre que l'hypothèse nulle de ce test, « la série chronologique est aléatoire », a été rejetée au seuil de confiance de 95%. En effet, au regard du test de corrélation sur le rang, la série chronologique présente un caractère non aléatoire au seuil de confiance de 95% ; soit un seuil d'erreur de 5%.

L'analyse du résultat fourni par l'application du test, de Pettit sur la série chronologique observée montre que l'hypothèse nulle de ce test « absence de rupture», a été rejetée au seuil de confiance de 99%. En effet, le test de Pettit a identifié une rupture au seuil de confiance de 99% (soit un seuil d'erreur de 1%) en 1982. Cette rupture décelée correspond à une baisse importante des précipitations à partir des années 1982. D'ailleurs, la forme en cloche de la courbe traduit cette tendance à la baisse des précipitations. La rupture s'est ainsi opérée dans le sens de la diminution des précipitations, au cours de la période d'observation confirmant cette réalité de tendance à la baisse, déjà observée par l'analyse de l'indice de Nicholson. Cette sécheresse a débuté, en général en Afrique de l'Ouest, depuis la fin de la décennie 60 et le début de la décennie 70. Le test de Pettit ne détecte qu'une seule rupture dans une série chronologique et il privilégie dans cette série celle de l'année 1982. Par ailleurs, selon la probabilité de dépassement de la valeur critique du test de Pettit ($3{,}5.10^{-3} < 1\%$), la rupture détectée est très significative. La région d'Abidjan a donc été touchée tardivement par la sécheresse que connaît l'Afrique de l'Ouest depuis plus de trois décennies.

6.3.1.1 Evolution de la variation pluviométrique décennale dans la région d'Abidjan

L'analyse des variations de Nicholson et du test de Pettit ont fourni des informations beaucoup plus globales sur la fluctuation saisonnière dans la région d'Abidjan. Aussi, une analyse plus en détail a-t-elle concerné l'appréciation de l'évolution climatique pour chacun des décennies que compte la période d'observation, suivant le principe de l'Organisation Mondiale de la Météorologie OMM (1983). Il s'agit dans cette approche, de considérer des tranches de dix années. Dans notre cas, ce travail a permis la construction du graphe (Figure 42). Les tranches décennales concernées sont: 1941-1950, 1951-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 et 1991-2000.

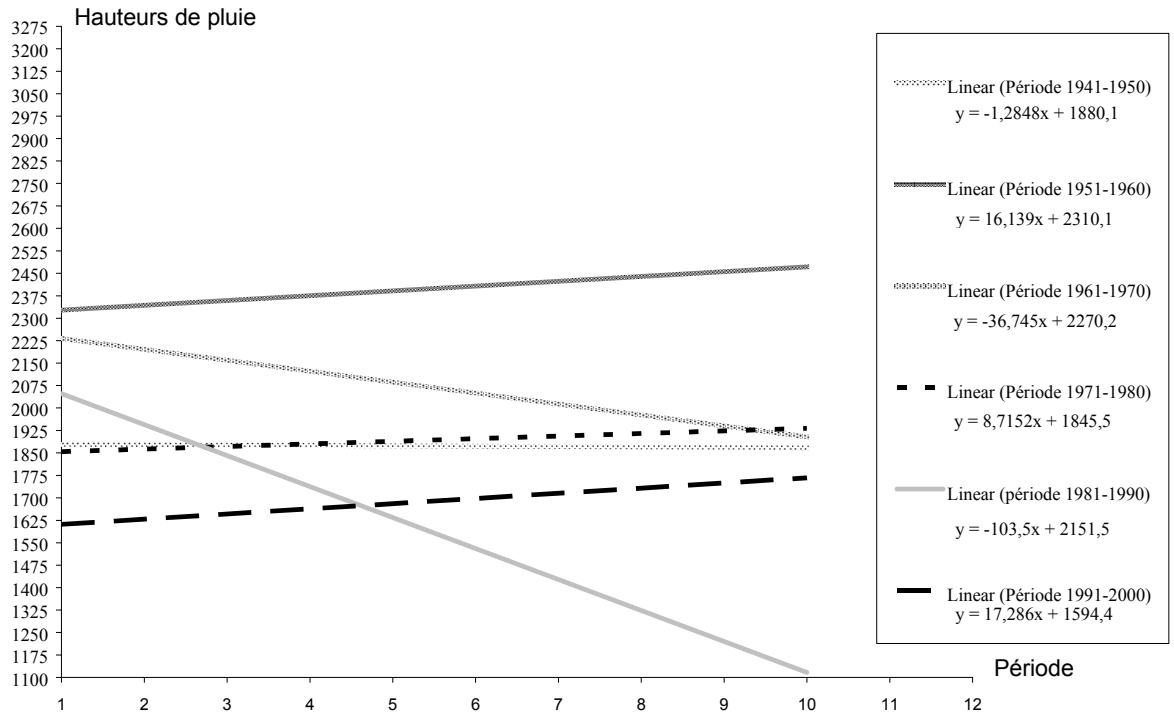


***Figure 42**: Dynamique de la pluviométrie intra-décennale à la station d'Abidjan au cours de la période 1936 à 2000*

L'analyse de ces graphes permet de ressortir trois types de tendances majeures:

i°)- une hausse de la pluviométrie pour les décennies : 1951-1960 et 1991-2000;

ii°)- une légère hausse de la pluviométrie pour la décennie 1971-1980;

iii°)- une légère baisse de la pluviométrie pour la période : 1941-1950 et

iv°)- une baisse sensible de la pluviométrie pour les périodes 1961-1970 et 1981-1990.

L'alternance entre « augmentation et diminution » décanale de la pluviométrie indique naturellement une perturbation du climat côtier au cours de ces 65 dernières années. La pente de la tendance pour la dernière décennie la plus proche (1990-2000) accuse une remontée. Cette situation de remontée de la pente peut être considérée comme un retour vers la normalité. Cependant, en regardant la décennie qui précède (1981-1990), on peut aisément attribuer cette situation à la forte baisse de la pluviométrie survenue lors de cette précédente décennie. En effet, le déficit étant énorme au cours de cette précédente décennie, toute augmentation, même faible de la pluviométrie, est ressentie.

L'analyse de la différence entre la moyenne pluviométrique annuelle des décennies et la hauteur moyenne annuelle observée à la station d'Abidjan (1910 mm) permet encore de mieux apprécier le phénomène (Figure 43).

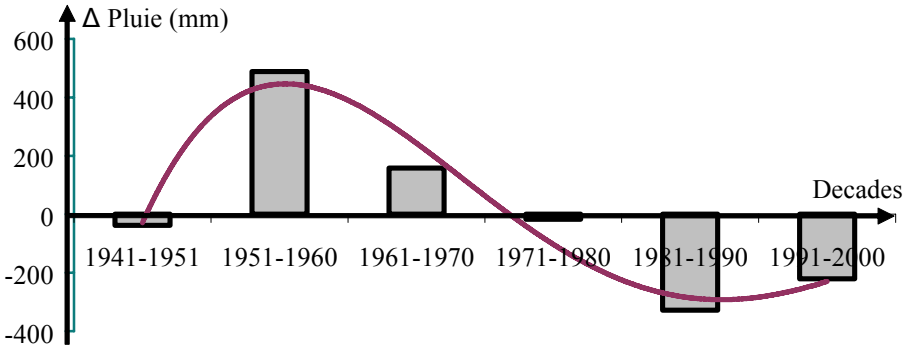


Figure 43 : *Variabilité climatique décennale à la station d'Abidjan (1936-2000)*

En établissant une corrélation entre les différentes pluviométries moyennes décennales et la moyenne interannuelle (1910 mm), nous pouvons constater que trois tendances se dégagent :

i°)- un accroissement de la pluviométrie de 1941 à 1960 ;
ii°)- une baisse de la pluviométrie de 1960 à 1990 ;
iii°)- une amorce d'accroissement à partir de 1990.

Cette variation de la pluie témoigne, d'une part, de l'irrégularité de la dynamique du phénomène pluvieux dans l'agglomération d'Abidjan de 1941 à 2000 ; et d'autre part, confirme que la décennie 1981-1990 est très déficitaire.

D'une manière générale les analyses révèlent une modification du régime pluviométrique dans la région d'Abidjan. Cette modification est manifestement ressentie par une baisse systématique de la pluviométrie qui a commencé depuis les années 60.

La variabilité climatique dans la région d'Abidjan est mise en évidence par les résultats de l'indice pluviométrique de Nicholson et le test de Pettit. Aussi, les différentes compilations statistiques ont-ils confirmé l'importance des fluctuations climatiques dans cette région. Même si la variabilité climatique est caractérisée d'une manière globale par une diminution générale de la pluviométrie depuis 1941, il est difficile de ressortir une unique conclusion pour caractériser le phénomène. Des études récentes ont montré (Biot et al, 2005) qu'il n'existe pas de solution unique valide pour apprécier la fluctuation pluviométrique dans la région d'Abidjan. Par exemple, les moyennes pluviométriques décennales des décennies 1941-1951 et 1971-1980 sont presque les mêmes, mais ces moyennes sont largement inférieures à celles des décennies 1951-1960 et 1981-1990.

Néanmoins, la diminution des précipitations serait, selon Yao (1996), due à l'effet de serre et à la déforestation observée au niveau d'Abidjan. Aussi, malgré cette baisse générale de la pluviométrie, des pluies exceptionnelles de grande amplitude surviennent-elles chaque année et sont-elles source d'énormes dégâts matériels et de nombreuses pertes en vies humaines.

6.3.2- Optimisation des modèles de pluie pour la région d'Abidjan

Le dépouillement des diagrammes (pluviographes) de la station d'Abidjan a permis d'isoler les hauteurs maximales de pluie. Les intensités records observées pour différentes durées montrent qu'une grande pluie intense et continue qui s'est abattue sur la région d'Abidjan le 14 juin 1961 ne s'est jamais reproduite jusqu'à nos jours (Tableau XVIII).

Au cours de la période d'observation 1958-2000, la plus grande pluviométrie est observée dans le dernier trimestre de l'année sèche de 1973, confirmant ainsi le caractère intense des périodes de précipitation qui suivent les périodes sèches dans la région d'Abidjan. Aussi, le Tableau XVIII montre-t-il que les pluies extrêmes observées à la station d'Abidjan Aéroport se situent dans les périodes de grande et/ou de petite saison pluvieuses, caractéristiques du climat du Sud côtier ivoirien.

Tableau XVIII : *Intensités observées à la station d'Abidjan (1958-2000)*

Durée (minute)	*Intensité (mm/h)*	*Date*
10	336	22 juin 1971
15	316	16 octobre 1973
30	202	16 octobre 1973
45	136	21 mai 1969
60	104	14 juin 1961
90	86	14 juin 1961
120	78	14 juin 1961
180	61	14 juin 1961
240	47	14 juin 1961

Le dépouillement des données pluviométriques a également permis d'élaborer une base de données de l'échantillon qui a été soumis aux différentes étapes de l'analyse statistique. Chaque pas de temps (durée) considérée, comporte 43 éléments dont les caractéristiques statistiques sont consignées dans le Tableau XIX suivant :

Tableau XIX: Caractéristiques de l'échantillon issu du dépouillement

Durée en minute	**10**	**15**	**30**	**45**	**60**	**90**	**120**	**180**	**240**
Intensité minimale (iM_{min})	96,0	72,0	48,0	44,0	42,0	30,0	24,2	16,1	12,1
Moyenne (i)	163,2	138,4	100,7	82,2	70,0	53,7	44,3	32,5	26,0
Médiane	153,6	126,0	96,2	78,7	69,1	53,7	45,0	31,9	25,1
Mode	156,0	120,0	100,0	65,3	75,0	38,0	29,5	32,3	16,0
Ecart type (σ)	57,1	53,5	29,1	19,4	17,2	14,6	12,7	10,1	8,4
Coef. de variation (CV_x)	0,35	0,39	0,29	0,24	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32
Intensité maximale (iM_{max})	336,0	376,4	202,0	136,0	104,0	86,67	78,00	61,00	47,13

L'analyse de ce Tableau XIX permet de se rendre compte que la moyenne des intensités extrêmes de pluie oscille entre 26 mm/s et 163,2 mm/s pour des intensités variant entre 12,1 et 376,4 mm/s. Le coefficient de variation, pour ce qui le concerne, évolue entre 24% et 39%. Cette variation est inférieure à celle d'une dispersion moyenne ($CV_x \sim 0,50$). Dès lors, nous pouvons affirmer que le résultat du travail de dépouillement est satisfaisant. En effet, le coefficient de variation est un indicateur de contrôle de qualité. Il renseigne sur le degré de

dispersion des variables et donc de la fiabilité de l'opération de dépouillement. En général, plus il est élevé, plus la variabilité augmente et plus la fiabilité diminue.

6.3.2.1 Loi de distribution statistique des variables pluviométriques de la région d'Abidjan

Les résultats concernant chacune des durées de l'observation de référence (pas de temps considérés) sont consignés dans les Tableaux de l'Annexe 7. Ces résultats montrent que toutes les distances K_n de Kolmogorov-Smirnov sont inférieures à la valeur seuil qui est de 0,15974 à 20% d'erreurs près, excepté l'approximation de Galton (0,1724) pour l'estimation des pluies de 15 mn. Le test d'adéquation non paramétrique de Kolmogorov permet ainsi de retenir que les trois lois (Gumbel, Gibralt Gauss et Pearson III) ajustent au mieux les séries horaires pluviométriques de 10 minutes à 240 minutes. Cependant, il convient dans une analyse plus fine, de faire les précisions suivantes :

i°))- pour les averses de courtes durées allant de 10 à 15 minutes, seule la loi de Gumbel affiche le meilleur résultat comparativement à celles de Galton et de Pearson III ;

ii°)- la loi Pearson III réalise le meilleur ajustement sur la plage horaire de 45 minutes ;

iii°)- la loi de Galton permet une estimation convenable pour les averses de durées égales à 30 minutes et supérieures à 60 minutes.

Le test de Cramer-Von Mises, quant à lui, indique une performance de la loi de Galton pour l'estimation du comportement des averses dont la durée est comprise entre 45 et 240 minutes. Pour des séries horaires de 10 à 30 minutes, il privilégie plutôt la loi de Gumbel pour simuler la distribution des variables pluviométriques de la région d'Abidjan.

Ainsi, une analyse combinatoire des informations qui précèdent permet d'opérer les choix optionnels suivants :

i°)- les quantiles des séries pluviométriques horaires de 10 à 30 minutes ont été calculés à l'aide de la loi de distribution de Gumbel ;

ii°)- la loi de Galton a été retenue pour l'estimation des quantiles séries pluviométriques horaires supérieures ou égales à 45 minutes.

Le Tableau XX ci-dessous présente les résultats issus de cette investigation.

L'analyse de ce tableau révèle que les intensités obtenues varient inversement à la durée des précipitations pour les différentes périodes de retour considérées. Les intensités de pluie les plus fortes sont généralement de courtes durées (10 mn), tandis que les plus faibles intensités sont enregistrées avec des pluies de longue durée (240 mn). En revanche, la variation des intensités obéit linéairement à l'évolution de la période de retour. A la plus faible intensité correspondent la plus faible période de retour et à la plus forte intensité la plus grande période de retour.

***Tableau XX** : Intensité de la pluie estimée en fonction de la période de retour et de la durée de l'averse pour la région d'Abidjan (1958-2000)*

	Intensité de la pluie en mm/h						
Période de rétour	**2 ans**	**5 ans**	**10 ans**	**25 ans**	**50 ans**	**100 ans**	**Loi retenue**
Durée (mm)							
10	153	204	237	279	311	342	
15	129	176	208	247	277	306	**Gumbel**
30	95	121	138	160	176	191	
45	78	104	120	138	151	163	
60	67	89	102	118	128	139	
90	51	68	78	90	98	106	**Galton**
120	42	56	64	74	81	88	
180	31	41	47	54	59	64	
240	24	33	38	43	47	51	

6.3.2.2 Calibration et optimisation des modèles de Montana et de Talbot pour la région d'Abidjan

Les informations contenues dans le Tableau XX ont permis de construire deux types de courbes (courbes IDF). Ces courbes traduisent pour l'une l'évolution de l'intensité de pluie en fonction de la durée de l'averse et pour l'autre l'intensité de pluie en fonction de la période de retour (Figure 44 et 45)

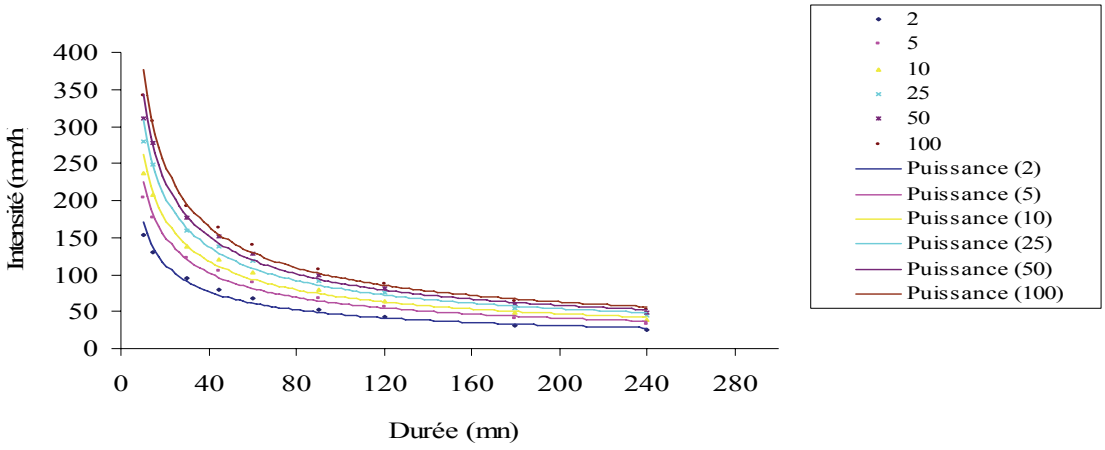


Figure 44 : *Evolution de l'intensité en fonction de la durée de l'averse à Abidjan*

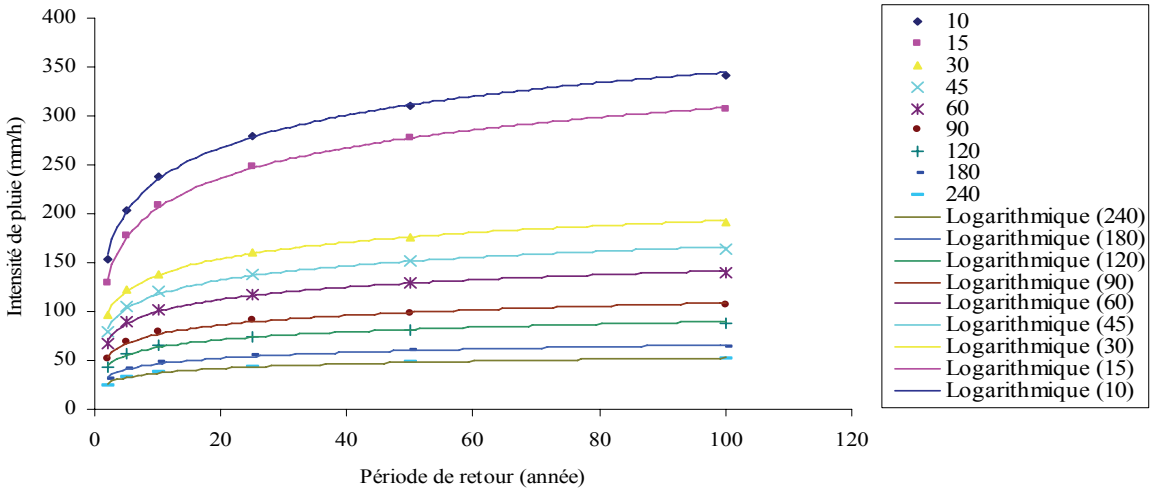


Figure 45 : *Evolution de l'intensité en fonction de la période de retour à Abidjan*

L'analyse de la première famille de courbe amène à faire les observations suivantes :

i°)- pour une fréquence d'apparition, donc un temps de retour donné, l'intensité d'une pluie est d'autant plus forte que sa durée est courte (Figure 44). Dans ces conditions, les pluies de courtes durées sont successibles de générer des crues importantes à même de produire des dégâts de grande envergure. Cette situation serait encore amplifiée sur le bassin sédimentaire côtier de la ville d'Abidjan où la

nappe phréatique de faible profondeur, associée à la nature sablo-argileux du sol favorise l'établissement de l'hydrogramme de crue. En effet, la profondeur de la nappe dans certaines zones de la ville d'Abidjan est très faible. Elle varie de 1 à 5 m au niveau du sud (zone de Port-bouët) et de 5 -15 m au niveau du centre (Zone Marcory, Koumassi) et de l'ouest (Zone Yopougon). Cette situation contribue à une saturation rapide de nappe favorisant ainsi l'hydrogramme de crue pendant les périodes pluvieuses.

ii°)- la seconde observation qui se dégage pour cette première famille de courbes IDF est que l'adaptation mathématique de cette famille peut se ramener à des formules de fonctions « puissance ». Ce comportement autorise l'utilisation des formules mathématiques usuelles suivantes énumérées par Réméniéras (1986):

$$i_M = \frac{\alpha(\mathrm{T})}{\beta(T)+t} \quad \text{ou encore} \quad i_M = \alpha(\mathrm{T})((t-\beta(T))^{-n} \qquad \text{(Eq. 4.7)}$$

où α (T), β (T) « n » sont des constantes et i_M, l'intensité maximale de pluie.
Par des processus de changement de variables, ces deux formules se résument finalement en une seule équation de la forme:

$$i_M = \alpha(\mathrm{T})(t+n)^{-b(T)} \qquad \text{(Eq. 4.8)}$$

Ainsi, lorsque la constante *b* prend la valeur 0, l'équation (5) prend la formulation de Montana, et celle de Talbot, lorsque cette constante b prend la valeur 1, comme indiqué ci-dessus :

$$b=-1 \Rightarrow i_M = \frac{\alpha}{n+t} \Leftrightarrow \quad \text{(Eq. 4.9)} \quad \text{Formulation de Talbot}$$

$$n=0 \Rightarrow i_M = \alpha t^{-\beta} \quad \Leftrightarrow \quad \text{(Eq. 4.10)} \quad \text{Formulation de Montana}$$

L'ajustement de la distribution aux courbes construites permet de déterminer et d'optimiser les valeurs des paramètres $\alpha(T)$ et $\beta(T)$ de Montana et de Talbot pour la région d'Abidjan. Ces paramètres sont consignés dans les Tableaux XXI et XXII

Tableau XXI: *Paramètres $\alpha(T)$ et $\beta(T)$ du modèle de Montana optimisés pour la région d'Abidjan*

Période de retour	$\alpha(T)$	$\beta(T)$
50 ans	1334	0,59
25 ans	1181	0,58
10 ans	981	0,57
5 ans	835	0,57
2ans	628	0,57

Tableau XXII: *Paramètres $\alpha(T)$ et $\beta(T)$ du modèle de Talbot optimisés pour la région d'Abidjan*

Période de retour	$\alpha(T)$	$\beta(T)$
50 ans	6064	30
25 ans	7915	29
10 ans	8871	27
5 ans	10043	26
2ans	10826	25

6.3.2.3 Conception de nouveau modèle de pluie pour la région d'Abidjan

L'adaptation mathématique de la deuxième famille de courbes (Figure 45) se réfère à des fonctions népériennes de la forme :

$$i_M = a\ln(T) + b \qquad \text{(Eq. 4. 11)}$$

L'analyse de ces courbes obtenues avec les fonctions népériennes amène aux conclusions suivantes :

i°)- plus la période de retour est grande, plus les hauteurs de pluie sont élevées ;

ii°)- les constantes « a » varient entre 6,73 pour les pluies de 240 minutes et 47,691 pour les pluies de 10 minutes ;

iii°)- les constantes « b » oscillent entre 21,62 pour les averses de 240 minutes et 124,94 pour les averses de 10 minutes.

Les courbes de tendance relatives aux fonctions logarithmiques y ont été appliquées pour permettre l'estimation automatique des coefficients d'ajustement mathématique « *a* » et « *b* » de cette formulation. Ces paramètres obtenus sont consignés dans le Tableau XXIII ci-dessous

Tableau XXIII : *Paramètres « a » et « b » de la formulation népérienne optimisés pour la région d'Abidjan*

Durée (minute)	Constante a	Constante b
10	47.691	124.94
15	44.758	102.43
30	24.306	81.152
45	21.263	68.3
60	18.107	58.158
90	13.904	44.646
120	11.4	36.837
180	8.42	27.02
240	6.73	21.62

Une étude comparée des formulations des trois modèles (Montana, Talbot et la formule népérienne) permet de se rendre compte que le modèle népérien intègre la période de retour « T » de façon explicite dans son expression, tandis que ceux de Montana et de Talbot utilisent plutôt la durée de l'averse « t ». Cette remarque pertinente nous a conduit à la recherche d'un modèle imbriqué capable d'intégrer aussi bien la période de retour que la durée de l'averse dans son expression. Pour cela, nous avons privilégié l'imbrication des modèles de Montana et celui du népérien pour la simple raison qu'ils sont deux des modèles linéaires. Le modèle de Talbot est non linéaire et son imbrication avec un modèle linéaire n'est pas pertinente.

Dans la pratique, l'opération nous a emmené à exprimer, toujours au moyen du tableur Excel, les constantes « a » et « b » (les mêmes que $\alpha(T)$ et $\beta(T)$) de la formule népérienne en fonction de la durée de l'averse « t ». Cette approche conduit à l'obtention des relations suivantes:

$$\text{On pose : } \begin{cases} a = \kappa t^{\varpi} \\ b = \varphi t^{\upsilon} \end{cases} \quad \text{(Eq. 4.12)}$$

et on en déduit que : $$i_M = \kappa t_c^{\ \omega} \ln(T) + \varphi t_c^{\ \upsilon} \quad \text{(Eq. 4.13)}$$

Avec, i_M en mm/h, t en minutes, T en années, c, φ, κ et υ sont des constantes du modèle.

Les paramètres « a » et « b » du modèle népérien ont été représentés graphiquement en fonction de la durée de l'averse. Nous y avons ajouté les courbes relatives aux fonctions puissances, afin de permettre le calcul automatique des coefficients d'ajustement mathématique « κ , ϖ , φ, et υ », grâce à l'équation des courbes de tendance du tableur Excel

Les valeurs des paramètres κ, β, λ et υ, de ce nouveau modèle sont consignées dans le Tableau XXIV ci-dessous.

Tableau XXIV : *Paramètres du nouveau modèle (imbriqué) conçu pour la région d'Abidjan*

	[10-15]	**]15-30]**	**]30-45]**	**]45-60]**	**]60-90]**	**]90-120]**	**]120-180]**	**]180-240]**
κ	68,388	486	74,642	178,21	260,7	310,45	405,73	484,92
ω	-0,1585	-0,889	-0,3299	-0,5585	-0,6514	-0,6902	-0,7461	-0,7805
φ	386,05	254,4	344,67	573,03	839,69	903,3	1430,7	1510,8
υ	-0,4899	-0,3359	-0,4252	-0,5588	-0,6521	-0,6683	-0,7644	-0,7749

6.3.2.4 Utilisation du modèle de pluie de Montana pour la région d'Abidjan

Les travaux réalisés dans le domaine de la modélisation pluviométrique utilisent plusieurs modèles dont les modèles ponctuels d'événements isolés (courbes IDF) et la pluie de projet double triangle (Morel, 1996).

Les courbes IDF traduisent l'évolution de l'intensité maximale I_{max} de la pluie brute en fonction de la durée t et de la période de retour T (choix d'un risque acceptable) ou de la fréquence de retour F = 1/T. La formulation de Montana s'inscrit dans ce principe de base pour simuler le comportement de la pluie par la relation:

$$i_M = \alpha(\mathrm{T})(t+n)^{-b(T)} \quad \text{(Eq. 4.14)}$$

Ainsi, pour une zone donnée l'équation de Montana est bonne pour des paramètres α(T) et β(T) évalués dans des conditions statistiques satisfaisantes. La variabilité du phénomène pluviométrique que nous venons de montrer pour la région d'Abidjan exige des données statistiques recueillies sur de longues séries d'observation pour une meilleure évaluation de ces paramètres. Dans les projets d'assainissement de l'agglomération d'Abidjan, les paramètres utilisés sont ceux définis par la direction de l'eau du Ministère des Travaux Publics et des Transports en 1986. Ces valeurs, comme pour la plupart des études d'adaptation des modèles aux régions tropicales africaines (Lemoine et Michel, 1972 ; Puech et Gonni, 1983 ; Layahe et Puech, 1985 ; Sighomnou, 1986 ; D'Amoto, 1998), ont été obtenues sur des simulations de courtes durées et avec l'application d'un coefficient correcteur. Il est clair qu'une telle évaluation qui ne prend pas en compte la variabilité climatique de la région ne peut donner des résultats satisfaisants. Il était donc important, comme nous l'avons fait dans ce travail, de procéder à une optimisation de ces modèles.

- **Limites théoriques de la validité du modèle de Montana et son application**

Le principal avantage de la formulation de Montana est qu'elle peut être aisément représentée sur forme graphique. Ceci représente un grand intérêt pour les techniciens de l'assainissement urbain dans l'estimation de l'intensité de la pluie. Cependant, les paramètres a(T) et b(T) dépendent fortement de la qualité de l'enregistrement de la variable « pluie », de la grandeur de l'échantillon des données récoltées, de la nature géographique de leurs enregistrements et de la spécificité climatique des localités de collecte des données. Les applications d'une telle relation à d'autres zones peuvent conduire ainsi à des conclusions fausses (OMM, 1983).

Le second avantage est que la formulation de Montana intervient dans le modèle de prévision de débit de Caquot qui sert au dimensionnement des ouvrages de drainage de plusieurs régions d'Afrique subsaharienne. L'expression littérale de ce modèle est la suivante :

$$Q_{\max}(t) = \frac{10^3}{6} \times \frac{C_r}{(\delta + \lambda)} \times \alpha(\mathrm{T}) t^{\beta(\mathrm{T})} \times \mathrm{A}^{1-\varepsilon} \qquad \text{(Eq. 4.15)}$$

avec $Q_{\max}(t)$ (le débit max à l'exutoire du bassin) ;

A (la surface), C_r (le coefficient de ruissellement) ;

$\delta + \lambda$ (l'effet de stockage et d'écrêtement).

$\alpha(T)$ et $\beta(T)$ les paramètres de Montana

Dans cette formulation de Caquot, on remarque que les paramètres $\alpha(T)$ et $\beta(T)$ sont les variables essentielles ; les autres étant fonction de conditions géographiques du bassin à drainer. D'où l'intérêt de disposer de ces paramètres dans des conditions suffisamment fiables et représentatifs du milieu pour une meilleure utilisation du modèle de Caquot. Dans ce travail, les données utilisées pour l'optimisation de ces paramètres, sont des valeurs caractéristiques et largement représentatives du secteur d'étude. Par ailleurs, le modèle de Caquot étant le plus utilisé dans le dimensionnement des ouvrages de drainage en zone tropicale humide et singulièrement à Abidjan, les résultats de cette étude permettront d'assurer un drainage optimum et atténuer les géorisques urbains à Abidjan et dans les quartiers précaires étudiés. Ils serviront également au calculs du drainage urbain des les zones subsahariennes humides.

Les avantages du modèle de Caquot, qui intègre le modèle de Montana ont déjà été discutés ailleurs (Remenieras, 1970 ; Lemoine et Cruette, 1974 ; Cruette, 1975 ; Debordes, 1975 ; Ikonga, 1976 ; Afouda, 1978). La discussion porte donc sur la pertinence des résultats au regard de la méthodologie employée et des données utilisées.

Une comparaison entre les valeurs des paramètres $\alpha(T)$ et $\beta(T)$ obtenues dans le cadre de ce travail et celles utilisées habituellement pour le calcul de drainage urbain (Tableau XXV), révèle une grande différence.

***Tableau XXV**: Comparaison des paramètres a(T) et b(T)*

	Paramètres utilisés habituellement à Abidjan		**Paramètres optimisés pour la région d'Abidjan**	
Période de retour	a(T)	b(T)	a(T)	b(T)
50 ans	-	-	1334	-0,59
25 ans	-	-	1181	-0,58
10 ans	**460**	**-0,37**	**982**	**-0,57**
5 ans	**418**	**-0,37**	**835**	**-0,57**
2ans	**365**	**-0,37**	**628**	**-0,57**
1 ans	310	-0,37	-	-

Les valeurs fournies par ce travail sont largement supérieures à celles de l'adaptation en vigueur. Ces valeurs sont pratiquement le double au niveau du paramètre $\alpha(T)$ et supérieur à

raison de (-0,20) pour ce qui concerne le paramètre $\beta(T)$. Vu les conditions de l'adaptation en vigueur (non représentatives), les résultats obtenus dans cette étude sont très satisfaisants.

6.3.2.5 Comparaison des différents modèles

La recherche d'une meilleure appréciation de la dynamique pluviométrique dans la région d'Abidjan a conduit à élaborer un nouveau modèle de pluie. Cette nouvelle formulation (eq.13) simule au mieux le comportement de la pluie dans la région d'Abidjan. En effet, elle a été conçue à partir de l'intégration de deux paramètres importants du phénomène pluvieux : la durée (t) de l'averse et la fréquence de non dépassement (T). De plus, ce modèle a la meilleure corrélation comparée à celui de Montana (Tableau XXVI)

***Tableau XXVI** : Comparaison des coefficients de corrélation obtenus par l'optimisation des paramètres des différents modèles*

	Coefficient de corrélation R^2					
	T=2 ans	T=5 ans	T=10 ans	T=25 ans	T=50 ans	T=100 ans
Montana						
$I_{max}(T,t)=a(T)t^{b(T)}$	0,9842	0,9855	0,9866	0,9882	0,9893	0,9903
(Modèle népérien						
$i_M = a\ln(T) + b$	0,99993	0,9999	0,9999	0,9999	1	0,9999
Modèle imbriqué						
$i_M = \kappa t_c^{\ \omega}\ln(T) + \varphi t_c^{\ \upsilon}$	0,99986	0,99999	0,99997	0,99999	1,00000	0,99998

Le Tableau XXVI indique effectivement que deux modèles (népérien et imbriqué) donnent les mêmes corrélations pour les différentes périodes de retour. Ce résultat montre que la méthode imbriquée et le modèle népérien ajustent les intensités maximales de pluie de la ville d'Abidjan avec le même degré de satisfaction. Si le modèle imbriqué peut se substituer convenablement au modèle népérien, du point de vue du degré de satisfaction, il présente la meilleure formulation en ce sens qu'il intègre aussi bien la période de retour et la durée de l'averse ; ce qui n'est pas le cas pour la formulation népérienne qui intègre exclusivement la période de retour (T). Le modèle imbriqué a ainsi l'avantage d'une utilisation complète et facile. En effet, l'on estime facilement l'intensité de pluie pour des périodes de retour et de durée de l'averse donnée.

Enfin, il faut faire remarquer que cette étude ne s'est pas seulement contentée d'une simple calibration des modèles qui consiste à intégrer les données de la zone d'étude à des modèles déjà définis et à en juger le comportement. Mais, l'étude a plutôt gravi étape par étape tout le processus de la conception des modèles de sorte à apprécier le comportement des variables à chaque niveau du processus.

6.4- Conclusion partielle

L'étude s'est articulée autour de deux grands axes principaux, d'abord l'analyse de la variabilité climatique dans la région d'Abidjan avant de procéder à l'optimisation et à la conception de modèles de pluies.

L'étude de l'indice de Nicholson et du test de Pettit, couplée à d'autres appréciations statistiques a montré que la variation climatique dans la région d'Abidjan, au cours de ces six dernières décennies, est caractérisée par : trois grandes périodes (sèche, normale et humide) pratiquement d'égale amplitude, une tendance d'évolution cyclique du phénomène pluvieux et une tendance à la baisse de la pluviométrie.

La modélisation pluviométrique utilisée, basée sur une approche stochastique et statistique a permis de montrer que dans l'agglomération d'Abidjan, les lois de Gumbel et de Galton ajustent au mieux les intensités maximales de pluie, respectivement pour les plages horaires de 10 à 30 minutes et 45 à 240 minutes. Les paramètres des modèles d'ajustement mathématique de Montana et de Talbot ont été optimisés et un nouveau modèle de pluie qui simule au mieux les précipitations à Abidjan a été conçu.

Ces résultats appliqués à la zone d'étude contribueront à l'amélioration du drainage urbain à Abidjan ; ce qui permettra d'atténuer les géorisques urbains observées dans les quartiers précaires.

CHAPITRE 7: MODELISATION HYDRAULIQUE DES QUARTIERS PRECAIRES EN SITUATION D'INONDATION PAR DEBORDEMENT DE RESEAU

7.1- Introduction

Face aux limites des modèles classiques, l'on assiste à de nombreux phénomènes d'inondation par ruissellement pluvial dans les quartiers précaires, principalement engendrés par des débordements de réseau. Ce problème n'est pas spécifique à la zone d'étude. Il suscite d'ailleurs de plus en plus de nombreuses réflexions et actions à différents niveaux (scientifique, technique et législatifs), en vue d'apporter quelques solutions à cette situation.
Lors des décennies précédentes, l'opinion publique a été, largement sensibilisée aux risques encourus par certaines agglomérations, face à des évènements hydrologiques susceptibles d'engendrer des inondations par débordement de réseaux (Deutsch, 1997 ; de Marsily, 1997, Picheral *et al.*, 1997 ; Mesny, 1997 ; Martin *et al*., 2005 ; Renouf *et al.* 2005). Les effets d'un envahissement par l'eau sont, en effet, particulièrement ressentis en milieu urbain (Paquier, 2003). Dans ces milieux, la concentration des biens et des personnes y est importante et la violence des évènements y est accentuée, du fait des modifications des processus hydrologiques et des conditions d'écoulement induites par l'urbanisation du milieu. La situation est particulièrement complexe dans les milieux urbains défavorisés ou l'urbanisation est faite de façon anarchique et incontrôlée. En effet, dans les pays en voie de développement, en particulier ceux se situant sous les tropiques (Bouvier, 1990 ; Maksimovic et al,1993 ; Morel, 1993 ; 1997), le risque d'inondation est accru du fait des pluies particulièrement violentes ; mais aussi, du fait des conséquences d'une urbanisation mal maîtrisée (défaut de conception des infrastructures, implantations des quartiers dans les zones à risques), comme c'est le cas dans presque tous les quartiers précaires de la ville d'Abidjan.

Le but du présent chapitre qui s'inscrit dans ce cadre est de mettre au point un modèle de prévention, permettant une meilleure gestion de l'inondation par débordement de réseau dans les milieux défavorisés de la ville d'Abidjan, singulièrement dans les quartiers précaires étudiés dans la commune de Yopougon.

7.2- Approche méthodologique

7.2.1- Diagnostic des modèles traitant les débordements

Les méthodes actuelles, destinées à caractériser le risque d'inondation en milieu urbain, restent encore assez rudimentaires (Chocat, 1978 ; 1987 ; Ruperd et Aladès, 1996). Plusieurs auteurs ont développé des approches sur ces types d'inondations qui couvrent dans la plupart des cas des proportions importantes de surfaces (Chastan et *al.,* 1994 ; Dumay et BCEOM, 1994 ; Hervouet et *al.*, 1994 ; Gilard et Gendreau, 1998 ; Zobrist et *al.,* 1998 ; Brombach et Weiss, 2005). Cependant, la quasi totalité des modèles se contente de traiter les débordements de façon très simplifiée, si la nécessité s'avérait (Creutin et al, 1997).

Dans cette approche, la simplification, de loin la plus fréquente aujourd'hui, consiste à stocker temporairement le volume débordé dans un réservoir fictif attaché au point de débordement et dont la relation hauteur-volume stocké aura été précisée (bassins de rétention). Le réservoir fictif peut parfois se déverser dans un autre réservoir fictif aval lorsque la hauteur d'eau du débordement est supérieure à une côte donnée (Koji et Yuji, 1993). Selon Chocat (1997 a et b), dans la majorité des modèles, le volume stocké soit réintègre simplement le réseau au point de débordement, lorsque les conditions piézométriques locales l'autorisent, soit est définitivement perdu, ce qui contribue à minimiser les débits à l'aval.

Une autre approche de simplification consiste, selon Desbordes (1995), à supposer que les flux s'écoulant sont drainés par un réseau de drain parallèle aux collecteurs souterrains. Ceci interdit, dans ces conditions, de représenter les directions réellement empruntées par le flux de débordement.

De toutes les approches de modélisation dans le domaine des débordements, la plus intéressante demeure sans doute celle du devenir des débordements proposé par Kinoshita et al, en 1996. C'est un modèle combinatoire bidimensionnel à surface libre. Il intègre à la fois le modèle d'inondabilité à un modèle classique d'écoulement en réseau. Mais, ce modèle conduit à des pas de temps de calcul importants.

En somme, la modélisation généralement simpliste des débordements rend, de ce fait selon Hingray (1999), la quasi-totalité des modèles d'écoulement en réseau fortement inadaptée pour les modélisations des situations de crises induisant l'inondation des quartiers urbains. La situation parait loin de s'améliorer dans la mesure où les concepteurs des logiciels qui intègrent ces modèles d'écoulement semblent être de plus en plus préoccupés à l'amélioration des modules de qualité et de transports solides (Ahlaman et al 2005 ; Gorgieu et al 2005,

German, 2005). En effet, ces modules constituent (surtout dans les pays développés) une demande croissante, en vue de la gestion de l'entretien du réseau et du respect des normes de qualité de rejets, de plus en plus sévères, imposées par des directives environnementales nationales ou internationales. En plus de ces contraintes, l'insuffisance des infrastructures, en matière de réseau dans les pays en voie de développement, est de nature à agrandir le fossé des réflexions sur les questions de l'inondation par débordement de réseau. Dans ces pays, la question d'inondation est encore loin d'être évoquée, lorsqu'il s'agit des milieux défavorisés. Et pourtant, ce sont des zones potentielles à risque d'inondation où vivent un nombre important de population à faible revenu comme les quartiers soumis à notre étude.

7.2.2- Contraintes pour l'élaboration d'un modèle d'inondation en milieu urbain

Les inondations en milieux urbains sont caractérisées par plusieurs éléments difficiles à cerner dans leurs intégralités. Les auteurs, qui explorent le chemin de la mise au point de modèles d'inondation en milieu urbain, se heurtent à plusieurs contraintes. Ces difficultés sont imposées par la nature même du milieu, les phénomènes à modéliser, les ressources matérielles et humaines disponibles à mobiliser et les objectifs spécifiques assignés au modèle.

L'une des difficultés majeures réside d'abord dans la diversité des phénomènes à décrire. La modélisation nécessite la description de multiples phénomènes. Ceux-ci opèrent à des échelles d'espaces et de temps différents ; alors que certains d'entre eux sont du domaine de l'hydrologie de surface, d'autre par contre s'intègrent bien dans l'hydraulique à surface libre ou en charge.

En général, la topographie dans un tissu urbain est beaucoup contrasté et le milieu en lui même est hétérogène, composé de plusieurs éléments (obstacles à l'écoulement, éléments drainants, des singularités) avec différents comportements hydrauliques. Ainsi, l'irrégularité du tissu urbain rend difficile les travaux de modélisation des inondations dans le milieu urbain, situation encore plus complexe, lorsqu'il convient d'investiguer les milieux précaires caractérisés généralement par une occupation anarchique.

7.2.3- Méthodologie de détermination des facteurs indispensables

Aux vues des nombreuses difficultés rencontrées, tant dans la complexité et la diversité des éléments du milieu urbain que dans les phénomènes qui s'y déroulent, et devant l'incapacité de prendre en compte tous ces facteurs dans la modélisation de l'inondation, une approche de simplification scientifiquement justifiée s'impose. Le processus de simplification n'est pas chose aisée. En effet, il convient de déterminer quels types de simplifications sont envisageables et quelles sont les pertes de précisions d'informations associées dans la représentation des inondations. C'est pourquoi, une telle approche, pour être fiable, doit nécessairement s'inscrire dans un cadre particulier défini lui-aussi par différentes contraintes.
Dans le cadre de cette étude, nous explorons la méthode de simplification proposée par Hingray en 1999. Trois principaux indicateurs ont été identifiés et permettent de modéliser le comportement de tout objet urbain représentatif. Il s'agit de :

i°)- la pénétrabilité ; elle correspond à la capacité d'un objet urbain représentatif à laisser entrer où à laisser sortir de l'eau. Elle dépend de la surface et de la densité des ouvertures dans la façade considérée, capable de laisser rentrer l'eau. Cette caractéristique géométrique du milieu est en fait une propriété relative à une direction d'écoulement donnée et dépend de la hauteur. La façade, quant à elle, correspond à toute section verticale au sens de la coupe d'un objet urbain représentatif donné ;

ii°)- la transmissivité ; qui correspond pour un objet urbain représentatif donné, à sa capacité à être traversé par les écoulements. Elle dépend de l'ouverture des différentes façades internes et externes le composant, mais aussi de leur organisation relative. Il suffit en fait d'un seul obstacle imperméable ou totalement impénétrable traversant l'objet urbain représentatif, pour que ce dernier ne puisse pas transmettre d'eau dans la direction perpendiculaire correspondante. La transmissivité ainsi décrite s'identifie à une propriété globale de l'objet urbain représentatif. Elle est relative à une direction donnée et dépend aussi de la hauteur ;

iii°)- la stockabilité ; qu'il soit transmetteur ou non un objet urbain représentatif, qui possède au moins une façade externe pénétrable, emmagasinera, souvent de façon temporaire, lors de l'inondation des voies ou des quartiers adjacents, une quantité d'eau de l'espace disponible en son sein, c'est-à-dire fonction de la densité du bâti qui le compose. Cette capacité de stockage interne de l'eau, qui est une propriété du coeur de l'objet urbain représentatif, varie aussi en fonction de la hauteur.

La modélisation du comportement d'un objet urbain représentatif peut, a priori, se faire à l'aide de la propriété de stockabilité et de l'une ou l'autre des deux propriétés de transmissivité et de pénétrabilité, en vue de représenter le comportement hydraulique de tout obstacle ou zone d'obstacle composant le milieu urbain.

Dans le cas de notre investigation, nous expérimentons l'analyse des propriétés de transmisivité (perméabilité) et de stockabilié des quartiers précaires soumis à notre étude en vue d'y analyser le risque d'inondation. En effet, les phénomènes d'inondations, qui sont observés dans les quartiers précaires étudiés, sont principalement dus d'abord, au débordement du réseau auquel s'ajoute ensuite l'effet de stockage de l'eau lié au degré d'infiltration du milieu. La perméabilité horizontale du milieu, c'est-à-dire sa capacité à laisser traverser l'eau est a priori corrélée au degré d'urbanisation du quartier étudié et donc à la densité d'habitations présentes sur le quartier et à la structure des zones bâties.

L'analyse de la perméabilité sera faite par l'évaluation de la proportion d'espaces vides dans chacun des quartiers, favorables au phénomène d'inondation en se basant sur les coefficients d'occupation du sol de différents éléments urbains dans ces quartiers.

La stockabilité, quant à elle, sera appréciée par une approche intégrant la loi de Darcy et permettra d'évaluer l'infiltration spécifique de chaque quartier influençant le stockage des crues, lors des inondations en situation de débordement de réseau.

7.2.4- Méthodologie de calcul des coefficients d'occupation du sol

Le travail ici consiste à déterminer dans un premier temps les paramètres à prendre en compte, en vue de procéder à l'évaluation de leurs proportions dans un échantillon donné. Il se base sur les principes de simplification énoncés précédemment.

7.2.4.1 Choix des paramètres de l'occupation du sol à déterminer

Les coefficients d'occupation du sol à déterminer sont relatifs à certaines catégories d'objets urbains importants vis-à-vis d'un caractère particulier du quartier. Le choix des paramètres de catégorisation dépend principalement de la possibilité d'identification des paramètres en question et de l'application que l'on veut faire des résultats (Bouvier et Thébé, 1988). Dans le cas précis de notre étude, le travail vise pour chacun des six (06) quartiers précaires, à se faire une idée de la perméabilité totale du quartier, à l'aide des différents éléments constituant le paysage urbain du quartier étudié. Ceci oriente fortement le choix des catégories d'objets à considérer qui doivent avoir un rôle structurant majeur vis-à-vis des écoulements. Une simple dichotomie réalisée entre les obstacles aux écoulements et les chemins accessibles à ces

derniers serait suffisante. Cependant, d'autres caractéristiques du bassin peuvent être aussi utiles, dès que l'on s'intéresse à l'ensemble des mécanismes qui régissent la transformation de la pluie en écoulement (Hingray, 1999). Il s'agit par exemple, des mécanismes de production (transformation de la pluie brute en pluie nette) et des mécanismes de stockage. Ici, dans cette partie, nous nous intéressons à l'aspect production, pour ce faire nous avons répertorié 5 paramètres de catégorisations suivantes : voiries de toutes sortes (rues, ruelles) ; terrains nus ; toitures ; habitations ; végétation.

Dans certaines études sur la détermination des coefficients de production des bassins versants, les auteurs prennent en compte des informations supplémentaires pour la définition des différentes catégories. Dans le cas de son étude sur les zones cloisonnées de Ouagadougou, en 1999, Hingray a considéré en plus des précédentes, d'autres catégories telles que les cours de concessions avec les distinctions de caractère fermé, semi-fermé et ouvert.

Les résultats attendus dans le cadre de notre étude ne justifient pas une telle précision. Par ailleurs, le support documentaire utilisé ne se prête pas à ce niveau de précision. En effet, le document utilisé dans cette investigation est soit une photographie aérienne, soit un plan de photo tiré d'une photographie aérienne, soit une image de télédétection. Outre les imprécisions attribuées aux plans de photo, l'utilisation des images de télédétection est considérée comme incapable de restituer les contours des éléments ; ce qui rend ainsi difficile l'identification.

Cependant, avec l'avènement d'images satellitaires de télédétection, fournies par de nouveaux capteurs à haute résolution spatiale telles les images IKonos, Quickbird, etc., cette considération pourrait être repensée. Aussi, expérimentons-nous dans ce travail, une image satellitaire Quikbird à haute résolution au sol (0.6 m au sol), acquise le 24 janvier 2004, en pleine saison sèche, dépourvue de toute couverture nuageuse. Il est vrai que l'utilisation de l'image Quickbird n'échappera pas aux problèmes usuels relatifs à l'identification des catégories d'occupation du sol qui sont entre autres, la taille des éléments à identifier, la qualité des documents cartographiques et la nature des éléments. Le handicap que l'on pourrait avoir sur cette image serait plutôt grandement lié à la date à laquelle l'image a été prise, surtout au niveau de l'identification de la végétation herbacée qui disparaîtrait en période de saison sèche. La ville d'Abidjan étant presque arrosée toute l'année, les effets de sécheresse sur la végétation ne sont presque pas perceptibles (Figure 46).

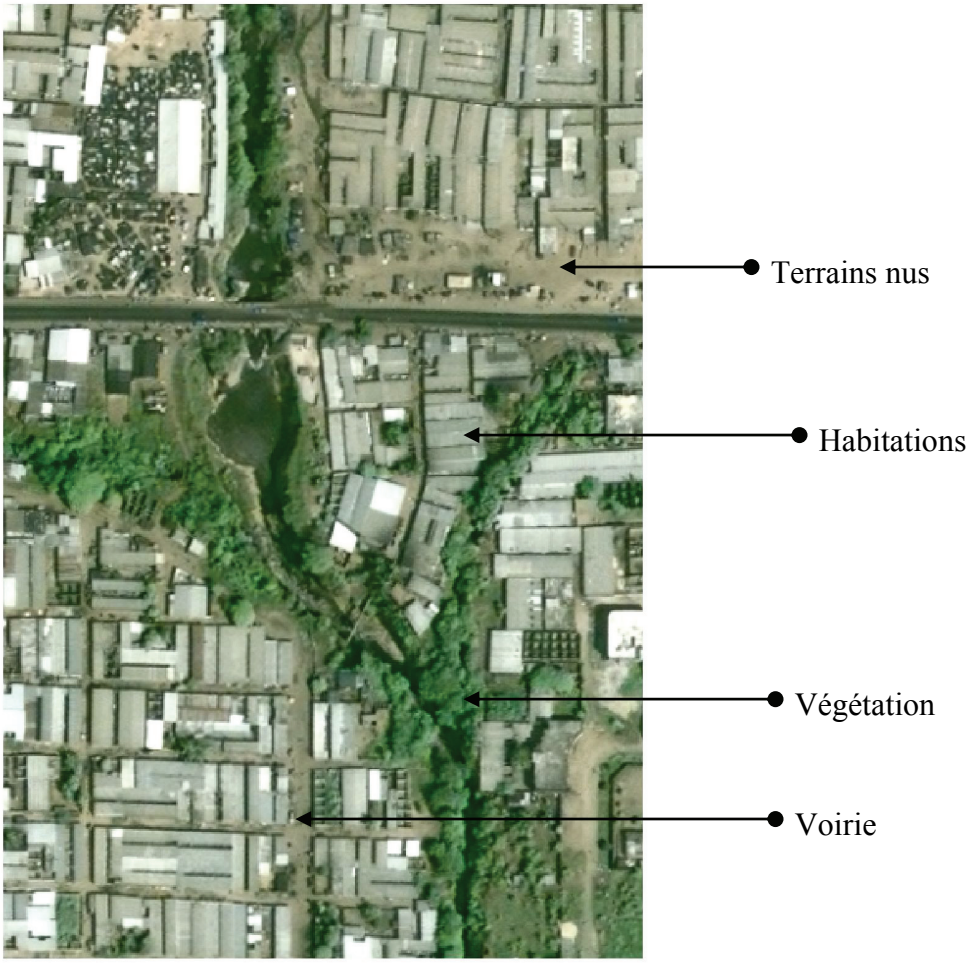


Figure 46 *: Un aperçu de la qualité de l'image Quickbird*

On constate que cette image, bien que prise pendant la période sèche, met bien en exergue toute la qualité de la végétation ainsi que les autres éléments constitutifs du milieu urbain défavorisé.

7.2.4.2 Méthode de dépouillement des coefficients : sondage statistique

Plusieurs méthodes de dépouillement permettent de déterminer les coefficients d'occupation du sol. Certaines méthodes s'intéressent à la mesure exhaustive des surfaces correspondant aux caractères recherchés. Dans ce cas, le travail peut se faire soit de façon automatique soit de façon manuelle. Le travail manuel est relativement fastidieux et les approches automatiques semblent ne pas encore être au point.

D'autres approches s'intéressent à des investigations de mesure statistique des surfaces correspondant aux caractères recherchés. Ces méthodes sont jugées beaucoup plus intéressantes que les précédentes pour les raisons suivantes :

i°)- la mise en oeuvre est plus rapide et plus simple ;
ii°)- il est possible simplement de mesurer des objets dont les formes géométriques sont complexes ;
iii°)- le matériel requis pour un tel travail est peu coûteux.

Aux vues de toutes ces différentes raisons, nous avons choisi une méthode de sondage statistique qui consiste à définir un échantillon représentatif applicable à chaque quartier étudié à partir duquel les proportions des éléments investigués seront estimées. Le principe du sondage statistique est énoncé comme suit :

« Soit une population de taille No composée d'un certain nombre de catégories d'individus. Il est possible de connaître avec une précision donnée, dans quelles proportions sont représentés les individus. Pour cela, il suffit d'extraire au hasard un échantillon d'individus suffisamment grand de taille N<No et de décompter les individus appartenant à chacune des classes composant la population totale. Les proportions entre classes trouvées pour cet échantillon seront en fonction de la taille de l'échantillon plus ou moins représentative des proportions de la population ».

Des calculs de probabilité simples permettent de déterminer la taille de l'échantillon minimum nécessaire pour que l'estimation de la proportion de tel type d'individus soit à un pourcentage donné près, avec un risque d'erreur fixé.

Une telle approche est bien investiguée, en utilisant la relation de l'inégalité de Bienaymé Tchebychev qui est, en fait, une exploitation concrète de la variance et de l'écart type d'une variable aléatoire donnée. En effet, étant donné un réel strictement positif r, le pourcentage de la population négligée, en éliminant tous les individus dont le caractère X (variable aléatoire) a une valeur extérieure à l'intervalle $[\overline{X} - r; \overline{X} + r]$, est inférieure à $\frac{\delta^2}{r^2}$,

δ étant l'écart type de la variable aléatoire X ; ce qui se traduit par la relation :

$$\sum_{r<|x_i-\overline{X}|} fi < \frac{\delta^2}{r^2} \qquad \text{(Eq. 5.1)}$$

Autrement dit, soit r>0 un réel et X une variable aléatoire définie sur un espace probabilisé (Ω, A, Π), on suppose que X est r-intégrale, ce qui signifie que $E(|X|^r)$ est fini, on a alors la relation suivante :

$$P(|X| \geq t) \leq \frac{E(|X|^r)}{t^r} \quad \text{(Eq. 5.2)}$$

Dans cette relation, lorsque r prend la valeur 1, on a la relation de Markov et lorsque r prend la valeur 2, on a la relation de l'inégalité de Bienaymé Tchebychev de la forme :

$$P(|X| \geq t) \leq \frac{E(|X|^2)}{t^2} \quad \text{(Eq. 5.3)}$$

En se référant ainsi à l'inégalité de Bienaymé Tchebychev, on peut, avec un échantillon de 1000 points, avoir une estimation à 5% près des coefficients des différentes catégories avec une probabilité de se tromper inférieure à 0,1. En effet, cette inégalité se base sur le principe qu'étant donné toute variable aléatoire X d'espérance mathématique $\overline{X}$ et de variance δ, alors pour une précision ε donnée, l'on a la relation suivante (Ruegg, 1989) :

$$prob(|X - \overline{X}| < \varepsilon) \geq 1 - \frac{\delta^2}{\varepsilon^2} \quad \text{(Eq. 5.4)}$$

Dans ces conditions, si nous désignons par p_i la valeur du coefficient d'occupation du sol pour la catégorie i, alors la probabilité pour que le nombre de points X_i, correspondant à la caractéristique i et identifié entre les η points de l'échantillon, soit égal à κ, est donnée par la relation binomiale suivante et ses variantes (Ruegg, 1989) :

$$prob(X_i = k) = C_n^k p_i (1 - p_i)^{n-k} \quad \text{(Eq. 5.5)}$$

Désignons maintenant par $\hat{p}_i$, l'évaluation expérimentale du coefficient d'occupation du sol pour la caractéristique i, obtenu par l'identification des η points. On a de nouveau une variable aléatoire et nous pouvons écrire :

$$E(X_i) = \eta \times p_i \quad \text{(Eq. 5.6)} \quad \text{et}$$

$$\mathrm{var}(X_i) = \eta \times p_i(1 - p_i)$$

Posons :

$$\hat{p}_i = \frac{X_i}{\eta} \qquad \text{(Eq. 5.8)}$$

une variable aléatoire affectée au caractéristique i, alors on peur écrire :

$$E(\hat{p}_i) = E\left(\frac{X_i}{\eta}\right) = \frac{1}{\eta} E(X_i) = p_i \qquad \text{(Eq. 5.9)}$$

Aussi, a-t-on :

$$\mathrm{var}(\hat{p}_i) = \mathrm{var}\left(\frac{X_i}{\eta}\right) = \frac{1}{\eta^2}\mathrm{var}(X_i) = p_i\left(\frac{1 - p_i}{\eta}\right) \qquad \text{(Eq. 5.10)}$$

Appliquons à nouveau l'inégalité de Bienaymé Tchebychev à la variable aléatoire $\hat{p}_i$.On obtient :

$$prob\left(\left|\hat{p}_i - p_i\right| < \varepsilon\right) \geq 1 - p_i\left(1 - p_i \Big/ \eta\varepsilon^2\right) \qquad \text{(Eq. 5.11)}$$

Ainsi, cette inégalité permet de déterminer le nombre de points nécessaires à identifier pour obtenir une évaluation du coefficient d'occupation du sol d'une caractéristique i donnée, avec une précision fixée et un risque d'erreur inférieur à :

$$p_i \frac{(1 - p_i)}{\eta\varepsilon^2} \cdot \qquad \text{(Eq. 5.12)}$$

La relation, (Eq. 12), montre que le nombre de points à identifier dépend de trois facteurs :

i°)- la précision avec laquelle on veut déterminer la proportion d'une catégorie i ;
ii°)- le risque d'erreur admis ;
iii°)- et surtout la proportion de la catégorie choisie.

Ainsi, lorsque l'on choisi d'identifier par exemple 1000 points, la précision obtenue lors de la détermination du coefficient d'occupation du sol d'une catégorie i donnée, le risque d'erreur étant fixé à 10%, est fonction de son pourcentage de représentation pi.

Dans la pratique, en se référant aux remarques énoncées plus haut, nous avons décidé de travailler en élaborant des grilles de points que nous avons superposées sur chaque document cartographique du quartier issu de l'image satellitaire Quickbird. Sur les grilles, les points sont évidemment répartis de façon aléatoire. Les grilles, établies à l'aide d'une fonction de tirage aléatoire disponible sur tous les tableurs, ont été photocopiées sur des supports transparents et placés sur le document cartographique de référence.
Dans la méthodologie d'analyse des résultats du sondage statistique, certaines dispositions particulières ont été prises et méritent d'être évoquées :

i°)- une campagne de terrain (vérité-terrain) a été entreprise dans chacun des quartiers faisant l'objet de cette étude. Elle a consisté à parcourir tous les quartiers pour apprécier et appréhender la répartition spatiale des éléments ou catégories retenues pour le sondage statistique. Cette visite de terrain a permis de faire des comparaisons et de déceler certaines similitudes et différences entre les objets étudiés au niveau des quartiers.
On notera par exemple, à un premier niveau d'observation, que les quartiers Niangon Continu et Mami Faitai, en plus d'être traversés par le grand canal d'évacuation des eaux, sont bornés chacun par une partie de terrain nu supportant les lignes de haute tension électriques de la commune. Ceci aurait pour conséquence d'augmenter la proportion de l'occupation du sol par les terrains nus dans ce quartier, si jamais le sondage statistique aléatoire concernait cette portion spécifique. Aussi, le quartier Gbinta, le plus petit par sa superficie, abrite-t-il un terrain de football. Cette situation pourrait également avoir les mêmes conséquences que précédemment si les mêmes conditions de sondage aléatoires étaient remplies ;

ii°)- une enquête transversale a été couplée à cette investigation. Elle a permis d'évaluer pour chaque quartier, la nature des matériaux de construction du toit et du mur des habitations. Ces informations seront intégrées dans l'analyse globale des résultats ;

iii°)- enfin, vu le type d'habitat étudié (informel précaire), toutes les investigations entreprises dans ces différents quartiers ont été également conduites dans un quartier formel loti (témoin de référence), afin de pouvoir effectuer des comparaisons éventuelles.

7.2.5- Méthodologie de calcul des caractéristiques hydrodynamiques du sol

Certaines propriétés hydrodynamiques jouent un rôle important du point de vue stockabilité dans le processus d'inondation. En effet, lors des crises d'inondation, la capacité du milieu à laisser infiltrer l'eau dans ses couches de sol influe sur le degré du risque. Aussi, avons-nous cherché à connaître pour chaque quartier précaire étudié, l'infiltration spécifique, en vue d'évaluer son impact sur les inondations.

L'infiltration au niveau des couches du sol, peut se définir comme une perméabilité verticale. Ce paramètre est souvent mesuré par la loi de Darcy d'expression :

$$\frac{Q}{S} = \frac{k}{\lambda} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta X} \qquad \text{(Eq. 5.13)}$$

Avec :

Q le débit ; S la section de l'éprouvette qui pour une éprouvette cylindrique est ΔR^2 (R : rayon de l'éprouvette) ; κ la perméabilité ; Δ la viscosité dynamique du fluide ; $\Delta P / \Delta X$ le gradient de pression.

La perméabilité k est donc donnée par la relation:

$$\kappa = \frac{Q}{S} \cdot \frac{\Delta X}{\Delta P} \lambda \qquad \text{(Eq. 5.14)}$$

En intégrant cette relation dans une équation aux dimensions, on se rend compte que l'expression de la perméabilité prend la dimension m² comme le montre la relation suivante :

$$\frac{m^3.s^{-1}}{m^2} \cdot \frac{m}{Pa} \cdot Pa.s = m^2 \qquad \text{(Eq. 5.15)}$$

Lorsque les unités suivantes sont utilisées : Q en cm.s-1, S en cm2, $\Delta P / \Delta X$ en atm.cm-1 et λ en poises, la perméabilité κ s'exprime également en Darcy.

Ainsi, **1 Darcy = 0,97. 10^{-12} m^2**

Le darcy est couramment utilisé par les hydrogéologues et par les pétroliers et le m2 est plutôt utilisé par les physiciens des matériaux.

La perméabilité peut être considérée comme significative de la surface utilisable pour l'écoulement, elle dépend de la géométrie du réseau poreux.

La loi de Darcy, et donc la perméabilité verticale, est définie pour des conditions d'écoulement laminaire dans un milieu homogène, isotrope et continu ; le fluide n'interagissant pas avec le milieu.

On définit la conductivité hydraulique K, ou coefficient de perméabilité, comme suit :

$$K = \frac{k}{\lambda} \qquad \text{(Eq. 5.16)}$$

avec λ la viscosité dynamique ; K s'exprime en $m.s^{-1}$.

Ainsi, si la perméabilité k est une caractéristique du matériau, fortement contrôlée par la porosité, la conductivité hydraulique K, en revanche, est caractéristique des conditions d'écoulement dans un matériau donné et pour un fluide donné. La conductivité hydraulique K prend en compte, dans une certaine mesure, les interactions physiques entre le fluide et la roche.

Pour toutes ces remarques et aux vues du problème qui nous préoccupe, nous nous intéressons plutôt à la conductivité hydraulique K.

L'expérience de Darcy consiste à mesurer un débit et un gradient de charge qui permettent de calculer une perméabilité, grâce à la formule précédente. Cette expérience a été développée au départ pour des sables ou des matériaux peu cohérents.

La perméabilité de la couche superficielle au niveau des différents quartiers, est celle qui est prise en compte dans cette étude. Cette couche superficielle se présente comme une zone d'échange entre le domaine réactif que constituent cette couche et l'atmosphère. L'estimation de la conductivité hydraulique verticale d'un point d'échantillonnage, réalisé dans un quartier, sera corrélée à la proportion occupée par les voiries et les terrains nus dans chacun des quartiers étudiés.

La perméabilité spécifique qui sera ainsi définie, détermine, pour un quartier donné le degré d'infiltration de l'eau en situation de crise d'inondation. Elle est fonction de la nature des formations superficielles sur lesquelles reposent les différents quartiers faisant l'objet de cette étude.

7.2.5.1 Détermination de la perméabilité verticale du sol : Infiltromètre à double anneau

Plusieurs approches ont été développées pour la mesure de la perméabilité. Dans le cas de cette étude, nous privilégions l'estimation de cette conductivité hydraulique par la méthode d'infiltrabilité à double anneau pour les raisons suivantes :

i°)- la méthode a le mérite d'être conduite in situ dans les conditions physiques naturelles ;

ii°)- le dispositif humain et matériel est peu coûteux et beaucoup facile à réaliser ;

iii°)- cette méthode a déjà été réalisée, avec beaucoup de succès, sur des sols non saturés par différents auteurs tels que Touma (1984, 1987), Boivin et Touma (1988).

Par ailleurs, les tests de validité que ces auteurs ont réalisés, par rapport aux méthodes théoriques, ont montré une parfaite concordance des résultats pour le même milieu (bassin sédimentaire).

La méthode d'infiltrabilité à double anneau est basée sur la détermination de la vitesse verticale d'un flux d'eau, à travers un sol, à partir de la loi de Darcy. Le dispositif (de type MUNTZ) utilisé est constitué d'un cylindre central d'environ 25cm de hauteur que l'on enfonce dans un sol de 10 cm environ et sur lequel on pose une vase de Mariotte qui maintient le niveau de l'eau constant à une certaine hauteur au-dessus de la surface du sol (Figure 47).

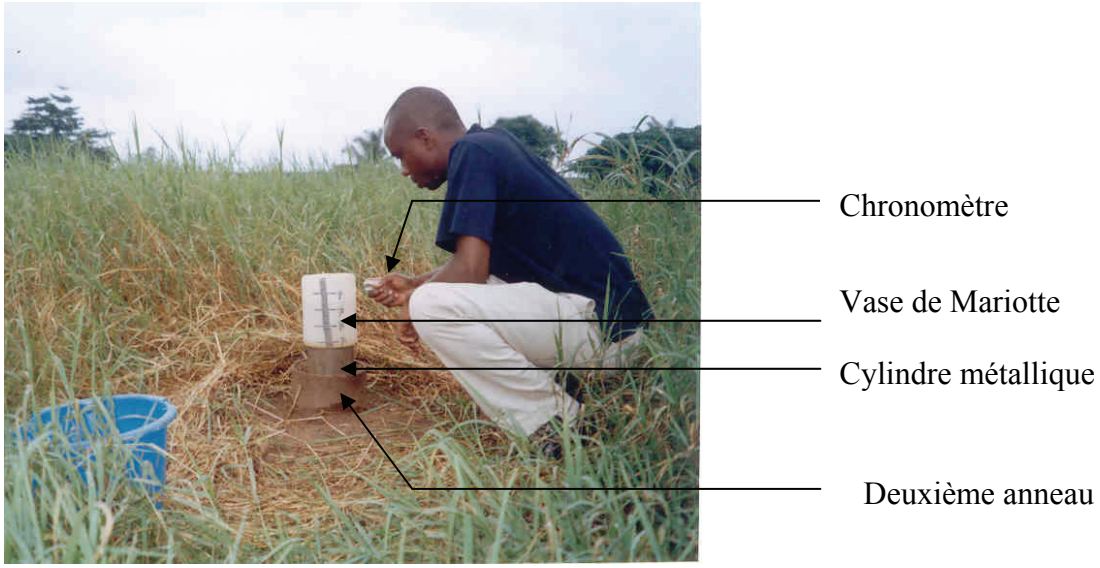


***Figure 47** : Mesure de la perméabilité à l'aide de l'infiltromètre à double anneaux*

Après la stabilisation de la vitesse, on mesure le volume d'eau V infiltré en fonction du temps t. Le débit Q étant connu, l'infiltration se faisant suivant la surface S égale à la section du cylindre et le gradient hydraulique étant égale à 1, le débit s'exprime, Colombani et al. (1972), Hachicha et al**.** (1996), par la relation :

$$Q = \frac{V}{t} \qquad \text{(Eq. 5.17)}$$

En appliquant la loi de Darcy, on a :

$$K = \frac{V}{S \times t} \qquad \text{(Eq. 5.18)}$$

avec : K (perméabilité hydraulique) V (volume infiltré), S (section du cylindre), t (temps d'infiltration)

Par ailleurs, des dispositions pratiques sont prises pour éviter que des filets liquides divergent au- dessous du cylindre central. Pour cela, on enfonce de 2 à 3 cm dans le sol un deuxième anneau plus grand, autour du premier et on humidifie constamment l'espace entre les deux anneaux. La détermination des perméabilités spécifiques des quartiers étudiés a été faite suivant une méthodologie intégrant un système de triangulation. Elle consiste à opérer trois essais dans chaque quartier et en retenir la résultante. Ces informations issues de l'analyse de la perméabilité verticale des couches superficielles abritant les différents quartiers précaires ont été corrélées aux surfaces occupées par les rues et terrains nus. Ces surfaces ont été estimées par la méthode de sondage statistique au moyen des techniques cartographiques et de télédétection utilisant le logiciel arc-view version 3.2 et l'image Quickbird à haute résolution.

7.3- Résultats, interprétations et discussions

7.3.1- Coefficients d'occupation du sol des quartiers étudiés

Pour chacun des quartiers investigué, deux cartes représentant les deux zones de sondage ont été élaborées à l'échelle 1/ 1 200ème. Les résultats obtenus par zone de même que les résultats moyens par quartier renseignent sur les coefficients d'occupation du sol des quartiers (Tableau XXVII)

Tableau XXVII *Coefficients d'occupation du sol pour les différents quartiers investigués*

Quartier	Doukouré			Yaoséhi			Mami Faitai		
Elément urbain	Zone1 %	Zone2 %	Moyen %	Zone1 %	Zone2 %	Moyen %	Zone1 %	Zone2 %	Moyen %
Toitures	37,1	40,2	38,6	34,5	33,7	34,1	26,3	34,6	30,5
Végétation	1,5	1,1	1,3	2,5	2,9	2,7	4,5	4,1	4,3
Habitations	38,0	40,7	39,4	35,6	34,2	34,9	28,2	35,2	31,7
Voiries	18,8	18,0	18,4	24,6	29,1	26,9	30,3	20,7	25,5
Terrains nus	4,6	0,0	2,3	2,7	0,2	1,5	10,6	5,2	7,9
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Quartier	Yamoussoukro			Gbinta			Niangon Continu		
Elément urbain	Zone1 %	Zone2 %	Moyen %	Zone1 %	Zone2 %	Moyen %	Zone1 %	Zone2 %	Moyen %
Toitures	36.1	40,7	38,4	31,1	32,7	31,9	31,2	28,3	29,7
Végétation	0.8	0,2	0,5	4,9	46	4,8	7,6	7,4	7,5
Habitations	38.2	41,1	39,7	32,5	33,4	33,0	31,7	28,9	30,3
Voiries	21.0	17,20	19,1	26,0	28,7	27,3	20,5	22,3	21,4
Terrains nus	3.8	0,7	2,3	5,5	0,6	3,0	9,0	13,2	11,1
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Quartier		*COPRIM* (formel)	
Elément urbain	Zone1 %	Zone2 %	Moyen %
Toitures	33,3	34,3	33,8
Végétation	5,3	5,2	5,3
Habitations	34,0	35,4	34,7
Voiries	22,4	21,0	21,1
Terrains nus	5,5	4,1	4,5
Total	100	100	100

7.3.1.1 Variabilité des coefficients au sein d'un même quartier

En s'intéressant d'abord au quartier formel témoin de référence (*COPRIM*), on peut aisément se rendre compte que les coefficients d'occupation du sol des éléments urbains sondés sont très voisins pour les deux zones concernées par l'opération de sondage statistique. Le rapport de voisinage est de l'ordre de 1. On conclut donc qu'il n'y a pas de différence notable entre les deux zones sondées du quartier, ce qui traduit une homogénéité de l'urbanisation du quartier d'une part, et de l'équilibre de ce dernier qui est atteint d'autre part. En effet, le quartier COPRIM est issu d'une opération immobilière et toute la parcelle acquise pour cette opération a été mise en œuvre. La totalité du terrain étant occupé, il n'y a plus d'espace pour le chantier. La proportion des terrains nus observée dans ce quartier correspond en fait principalement à deux terrains ; l'un destiné aux pratiques sportives et l'autre à l'espace publique pour ce quartier.

L'analyse intra quartier des milieux précaires étudiés montre que les deux zones sondées pour chacun des quartiers sont nettement moins proches entre elles comparées aux précédentes du témoin de référence. La situation est traduite dans le rapport de voisinage des deux zones sondées de chacun des quartiers : Doukoué (1-1,3) ; Yaoséhi (1–7) ; Mami Faitai (1-1,3) ; Yamoussoukro (1-2,7) ; Gbinta (1-1,3) ; Niangon Continu (1–4,6) ; *COPRIM* (1).

On constate dans ces statistiques que le rapport de voisinage de certains éléments sondés est supérieur à 1, traduisant une hétérogénéité entre les zones, en ce qui concerne ces éléments. La situation peut être attribuée à deux phénomènes majeurs :

i°)- la première explication , a contrario au quartier loti, les quartiers précaires sont pour la plupart construits sans aucun plan de lotissement et d'urbanisme. Ce sont des occupations anarchiques privées de toute ligne directrice de construction. Bien que ces quartiers aient atteint leur équilibre (l'occupation, excepté les terrains nus, affiche une proportion supérieure ou égale à 90 %), l'urbanisation n'a pas été faite selon un plan directeur. La campagne de terrain nous a permis de nous rendre compte de cette réalité caractéristique de ces zones précaires ;

ii°)- la deuxième raison qui pourrait expliquer cette situation réside dans la pratique des opérations de sondage statistique. En effet, autant il est aisé de distinguer parfaitement les contours des éléments urbains du quartier loti et formel (*COPRIM*), autant cette distinction s'est avérée quelques fois peu délicate pour les quartiers précaires. Le tracé régulier et précis du quartier formel ne pourrait laisser aucune ambiguïté dans l'appréciation de l'élément urbain ; ce qui a pour effet de minimiser les erreurs de précision dans la détermination des contours des éléments investigués ; cela n'est pas le cas au niveau des quartiers précaires où il faut réserver beaucoup de temps et d'énergie dans la détermination de la nature de l'élément sondé.

Dans les détails, on remarquera que les différences des rapports de voisinage les plus pertinentes s'observent dans les quartiers de Yaoséhi (1-7), Gbinta (1-4,6) (Yamoussokro (1-2,7). Ces grandes disparités sont engendrées par la proportion qu'occupent les terrains nus. Les principales raisons qui peuvent expliquer ces phénomènes particuliers constatés dans ces trois quartiers sont les suivants :

i°)- au niveau du quartier Yaoséhi, le sondage a visé une zone de terrain nu temporaire ou s'effectuent des travaux d'artisanat (Menuiserie). Depuis l'année 2005, cette zone est occupée par un grand magasin de vente d'articles divers. C'est en fait la seule parcelle nue dans ce quartier ;

ii)- pour ce qui est du quartier Yamoussoukro, un espace de terrain loti et non encore mis en valeur, situé entre ce quartier et un autre quartier loti formel (Niangon) et qui est pris en compte par le sondage pourrait expliquer cette variation ;

iii)- enfin, concernant le quartier Gbinta, la différence trouve son explication dans la sondage d'un terrain de football.

L'hétérogénéité dans le degré d'urbanisation des quartiers précaires s'observe bien dans le rapport de voisinage. En effet, alors que le quartier formel loti donne un rapport de voisinage de la variabilité intra quartier égal à 1, les quartiers précaires offrent des rapports supérieurs à 1, synonymes de cette hétérogénéité dans l'urbanisation de ces quartiers précaires.

7.3.1.2 Variabilité des coefficients entre les différents quartiers

Un second niveau d'analyse, des proportions des coefficients d'occupation du sol, concerne la variabilité inter quartier. Cette investigation révèle, qu'excepté les quartiers Doukouré et Yamoussoukro, on note une faible variabilité du coefficient d'occupation du sol entre les différents quartiers relative aux voiries. Les coefficients pour cette catégorie sont supérieurs à 20% et la variabilité inter quartier se situe dans l'intervalle 1 à 5%. La situation, dans les quartiers Doukouré et Yamoussoukro, où l'on observe les plus faibles taux d'occupation du sol par les voiries respectivement de 18,4% et 19,1%, est due à l'étroitesse des rues et autres voiries dans ces quartiers. Les maisons sont très touffues surtout à Doukouré et à un degré moindre à Yamoussoukro, si bien que l'étroitesse des voiries rend délicate leur indentification sur l'image satellitaire. En effet, la résolution spatiale de l'image étant de 0,6 m au sol, il est évident que toute voirie, dont la taille est inférieure à cette valeur, est de ce fait difficilement repérée par le sondage statistique.

Hormis, ces quartiers (Doukouré et Yamoussoukro), l'occupation du sol, par les voiries dans les autres quartiers précaires, est en moyenne de l'ordre de 23%, très proche de celle du quartier loti (22%). Ces résultats concordent bien avec ceux des bassins anciens étudiés à Niamey, Bamako, Dakar et Abidjan, pour ce qui concerne l'occupation des voiries dans les quartiers précaires (Bouvier et Thébé, 1988, Bouvier 1990). De même, ces coefficients sont semblables à ceux déterminés récemment par les travaux de Hingray (1999), sur des bassins étudiés au Burkina Faso.

En revanche, le coefficient d'occupation de la surface du bassin par la voirie, obtenu dans le quartier formel (22%) est inférieur à ceux déterminés par ces différents travaux évoqués plus haut. La nature et la dynamique de l'évolution du quartier formel et loti *COPRIM* peuvent expliquer en partie cette différence constatée. En effet, des travaux de modifications des maisons ont été entrepris par de nombreux occupants dans le quartier, dans le sens d'un agrandissement de leurs maisons, après la livraison de l'opérateur immobilier. Cette activité a consisté nécessairement à récupérer quelques portions d'espace réservées aux voiries.

Au niveau des toitures, et des habitations, il n'y a pas de différences sensibles et les éléments urbains sont étroitement liés et occupent les proportions les plus importantes des surfaces

totales de chacun des bassins étudiés. Cela montre que dans ces quartiers précaires, c'est la construction du bâti qui a été privilégiée au détriment de l'aménagement de l'espace urbain. Ce manque de priorité pour l'aménagement de l'environnement et du cadre de vie dans ces quartiers est mis en exergue par deux éléments : d'abord, l'écart important qui existe entre ces deux éléments urbains (toitures et habitations) pris ensemble et les voiries, ensuite la proportion faible qu'occupe la végétation dans chacun de ces quartiers. Cette proportion de surface occupée par la végétation qui est supérieure à 5% dans le quartier formel et loti, est nettement inférieure à cette valeur dans les quartiers précaires, excepté le quartier Niangon Continu. La valeur élevée du coefficient d'occupation du sol par la végétation dans le quartier Niangon Continu doit son explication au fait que la parcelle qui abrite l'électricité de haute tension a participé au sondage statistique.

La priorité accordée au bâti, au détriment de l'aménagement de l'environnement et du cadre de vie, est également mise en évidence par le type de matériaux de construction du bâti dans certains quartiers. En effet, l'enquête transversale couplée à ce sondage statistique révèle que certaines maisons sont construites à l'aide de matériaux de récupération (Tableau XXVIII).

L'analyse de ce tableau montre que les résultats les plus significatifs s'observent dans le quartier Doukouré où près de 40% des murs des maisons sont construits en bois et presque 2% des toits sont faits en plastique. Dans un degré moindre, le quartier Yaoséhi présente 16% des murs des maisons construits en terre. Pour le reste des quartiers, les maisons sont construites de ciment pour les murs et de tôle pour les toits, même si les normes de dosage des matériaux de construction restent à vérifier.

Ces résultats montrent que certaines maisons dans les quartiers précaires sont faites de matériaux de récupération confirmant ainsi les conclusions des études menées par l'UNICEF en 2001 (UNICEF, 2001)

Tableau XXVIII : *Matériaux de construction du toit et du mur des maisons des quartiers précaires*

Quartier	Matériaux de construction du mur de la maison (%)		Matériaux de construction du toit de la maison (%)	
Doukouré	*Ciment*	59,2	*Tôle*	97,7
	Terre	0,7	*Plastique*	1,6
	Bois	39,8	*Paille*	0,7
Yaoséhi	*Ciment*	83,4	*Tôle*	99,3
	Terre	16,3	*Plastique*	0,7
	Bois	0,3	*Paille*	0,0
Mami Faitai	*Ciment*	99,0	*Tôle*	99,0
	Terre	0,0	*Plastique*	0,6
	Bois	1,0	*Paille*	0,0

Quartier	Matériaux de construction du mur de la maison (%)		Matériaux de construction du toit de la maison (%)	
Yamoussokro	*Ciment*	98,7	*Tôle*	97,39
	Terre	0,3	*Plastique*	0,33
	Bois	1,0	*Paille*	0,00
Gbinta	*Ciment*	91,9	*Tôle*	99,3
	Terre	0,0	*Plastique*	0,3
	Bois	0,0	*Paille*	0,3
Niangon Continu	*Ciment*	99,0	*Tôle*	98,0
	Terre	0,3	*Plastique*	0,7
	Bois	0,7	*Paille*	1,3

7.3.1.3 Variabilité des éléments urbains drainants

La dernière analyse, en ce qui concerne les coefficients d'occupation du sol par les éléments urbains et sans doute la plus intéressante aux vues du problème qui nous préoccupe, est celle relative à la proportion de l'espace urbain occupé par les éléments drainant. Ces éléments, qui regroupent toutes les catégories permettant le transit des écoulements à travers le tissu urbain, sont composés des voiries et des terrains nus. Pris ensemble, ces deux éléments constituent

une proportion allant de 21 à 35% des surfaces totales des bassins. On remarquera également que la proportion (26,2%) occupée par ces deux éléments pris ensemble dans le quartier formel (témoin de référence) se situe dans cet intervalle (Tableau XXIX)

Tableau XXIX *Proportion de l'espace occupée par les éléments drainants dans les quartiers*

Quartier	Coefficient d'occupation (%)	Quartier	Coefficient d'occupation (%)	
Doukouré	21	Yamoussoukro	31,4	*COPRIM*
Yaoséhi	28,4	Gbinta	30,3	26,2 %
Mami Faitai	35,4	Niangon C	32,5	

A ce niveau d'investigation, les résultats révèlent une forte vulnérabilité à l'inondation des quartiers Mami Faitai, Niangon Continu, Yamousssoukro et Gbinta. Ces quartiers affichent une proportion d'espace occupée par les éléments drainant respectivement de 35,4% ; 32,5% ; 31,4% et 30,3%. Le quartier Yaosehi est faiblement vulnérable à l'inondation par débordement de réseau (28%) et Doukouré reste le moins vulnérable à ce phénomène.

Pour ces éléments drainants, des résultats semblables avaient été trouvés au cours des travaux de Hingray (1999) sur un habitat spontané de Ouagadougou. En revanche, la proportion de ces éléments, en ce qui concerne le quartier formel (26,2%), est de loin inférieur à celle occupée par les habitats lotis de Ouagadougou : 37% pour l'un, anciennement loti et 40% pour l'autre, nouvellement loti.
La faible valeur observée au niveau du quartier loti *COPRIM* peut s'expliquer par l'action de modification des habitations entreprise par plusieurs occupants de ce quartier. De même, on remarquera une fois encore que la plus faible valeur d'occupation du sol dans les quartiers précaires, concernant ces éléments drainant, se rencontre dans le quartier Doukouré où le bâti a été privilégié par rapport à l'aménagement du cadre de vie avec l'usage de matériaux de récupération.

Dans ce travail, les cartes isolées de l'image Quick-bird pour servir au sondage statistique, ont été confectionnées à l'échelle 1/1200ème. Une telle échelle donne nécessairement des résultats satisfaisants, surtout pour les zones à urbanisation complexe et incontrôlée comme les quartiers précaires. Ce résultat est en désaccord avec les conclusions de certains auteurs : (Bouvier, 1990 ; Moyenga et al, 1996 ; Desbordes, 1994 ; Hingray, 1995 ; Desbordes, 1995 ;

1997 ; Hingray, 1996 ; 1999). Ces auteurs déconseillent l'utilisation de l'image satellitaire pour l'opération du sondage statistique, parce que ne pouvant donner des résultats pertinents. La forte résolution de l'image utilisée a permis d'écarter cette inquiétude dans cette étude. En outre, le couplage de cette approche à une enquête transversale, appuyée de visites de terrains, a conforté la fiabilité de la méthode et des résultats obtenus dans le cadre de ce travail.

Cependant, les résultats de cette étude se présentent comme une première composante du risque d'inondation (fonction de production) et il serait intéressant, dans une autre analyse, de s'intéresser à la capacité du milieu urbain à retenir l'eau de ruissellement, de façon à participer au degré de stagnation de l'eau et donc à augmenter le risque. L'étude de certaines caractéristiques hydrodynamiques spécifiques des quartiers précaires investigués permettent de répondre à cette préoccupation.

7.3.2- Propriétés hydrodynamiques spécifiques des quartiers étudiés

Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes intéressés à un seul paramètre hydrodynamique de la couche superficielle, notamment la perméabilité. Les mesures *in situ,* concernant ce paramètre, ont été effectuées à l'aide de l'infiltromètre à double anneau. Le Tableau XXX restitue les résultats obtenus au niveau de chacun des quartiers. Il faut rappeler que ces résultats sont la résultante de trois essais équidistants (triangulation) opérés dans chacun des quartiers suivant la loi de Darcy.

Tableau XXX: *Perméabilité hydraulique spécifique des différents quartiers étudiés*

Quartier	Doukouré	Yaoséhi	Mami Faitai	Yamoussoukro	Gbinta	Niangon Continu
$\mathcal{V}_1$ (l)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
$\mathcal{V}_2$ (l)	3,5	2,4	2,2	1,6	0,7	1,7
Δv (l)	3,2	2,1	1,9	1,3	0,3	1,4
S (m²)	$1{,}33.10^{-2}$					
Durée t (s)	1365	1267	1852	1876	2833	1792
$K = \frac{\Delta v}{S \times t}$ (m.s-^{2})	**$1{,}76.\ 10^{-4}$**	**$1{,}24.10^{-4}$**	**$7{,}71.10^{-5}$**	**$5{,}21.\ 10^{-5}$**	**$7{,}96.\ 10^{-6}$**	**$6{,}03.\ 10^{-5}$**

L'analyse de ce tableau indique que les valeurs de perméabilité évoluent de $7{,}96.\ 10^{-6}$ à $1{,}24.\ 10^{-4}$ m.s^{-2}. La plus forte valeur de perméabilité est observée dans le quartier Yaoséhi ($1{,}24.10^{-}$

^{4} m.s^{-2}), tandis que la plus faible valeur est trouvée dans le quartier Gbinta (7,96.10-^{6}m. m.s^{-2}). En corrélant ces résultats aux conclusions des travaux de Castany (1998), on se rend bien compte que les formations des couches superficielles des quartiers étudiés se trouvent dans la gamme des terrains sablo-argileux (10^{-5} à 10^{-9} m.s^{-2}) et sableux (10^{-2} à 10^{-4} m.s^{-2}). Ainsi, les résultats de cette étude indiquent deux types de formations rencontrées dans les couches superficielles des quartiers précaires investigués : les formations sableuses pour les quartiers Doukouré et Yaoséhi et les formations sablo-argileuses pour les autres quartiers. Ces informations sont confirmées par les observations de terrains.

Une autre corrélation réalisée, avec des études anciennes effectuées en 1962 par Vileaubreuil, permet la description lithologique des formations investiguées et de faire une classification. Selon cet auteur, la lithologie des formations du bassin sédimentaire côtier ivoirien renferme des couches allant des sables latéritiques aux sables grossiers (Tableau XXXI).

Tableau XXXI : *Variation verticale de la perméabilité*

Lithologie	Perméabilité (m.s^{-1})
Sables latéritiques	2.10^{-5}
Sables argileux	10^{-5}
Argiles bariolées	5.10^{-6}
Argiles sableuses	9.10^{-9}
Sables grossiers	5.10^{-4}

Sources (Villeaubreuil, 1962)

Ainsi, les formations des couches superficielles des quartiers Doukouré et Yaoséhi sont des sables grossiers, celles des quartiers Mami Faitai, Yamoussoukro et Niangon Continu sont dominées par des sables plutôt latéritiques. Enfin, les argiles bariolées prédominent dans les formations des couches du quartier Gbinta. Le récapitulatif de ces informations faisant ressortir le degré de perméabilité associé aux formations rencontrées est indiqué dans le Tableau XXXII ci-dessous. Ces informations ont également été vérifiées par les observations de terrain.

***Tableau XXXII**: Nature des formations des couches superficielles des quartiers étudiés*

Quartier	Perméabilité	Nature de la formation	Degré de perméabilité (infiltration de l'eau)
Doukouré	**1,76. 10^{-4}**	Sables grossiers	Bonne
Yaoséhi	**1,24.10^{-4}**	Sables grossiers	Bonne
Mami Faitai	**7,71.10^{-5}**	Sables argileux latéritiques	Moyen
Yamoussokro	**5,21. 10^{-5}**	Sables argileux latéritiques	Moyen
Gbinta	**7,96. 10^{-6}**	Argiles bariolés	Faible
Niangon Continu	**6,03. 10^{-5}**	Sables argileux latéritiques	Moyen

7.3.3- Analyse combinatoire du sondage statistique et de la perméabilité verticale des couches superficielles dans les quartiers étudiés.

Dans cette partie nous procédons à une analyse intégrée, associant aussi bien les résultats du sondage statistique que ceux de l'étude de la perméabilité des couches superficielles des quartiers. Les résultats du sondage statistique mettent en évidence la composante horizontale du risque d'inondation, tandis que ceux de l'étude de la perméabilité renseignent sur la composante verticale de ce risque d'inondation par débordement de réseau pour les milieux urbains des quartiers précaires et spontanés.

Cette analyse intègre les proportions des coefficients d'occupation du sol (terrains nus et voiries), et la capacité des couches de sol à se laisser traverser verticalement par l'eau d'inondation. L'analyse cherchera d'abord à évaluer la vulnérabilité intrinsèque de chaque quartier par rapport à l'inondation avant de procéder à des comparaisons inter quartiers.

Le quartier Doukouré : Ce quartier a le plus faible taux d'occupation du sol par les éléments drainants (21%) que sont les voiries et les terrains nus. Les couches superficielles de ce quartier sont des formations sableuses ayant une bonne infiltration verticale de l'eau (sables grossiers). Même si Doukouré abrite des habitations dont près de 40% des murs sont faits à partir des matériaux de récupération notamment du bois, ce quartier est moins vulnérable au risque d'inondations par débordement de réseau.

Le quartier Yaoséhi : Avec près de 30% de sa surface favorable au transit horizontal de l'eau, ce quartier est caractérisé par une bonne perméabilité verticale de l'eau, aux vues des formations de ses couches superficielles (sables grossiers), Yaoséhi se situe au même niveau de vulnérabilité que le quartier Doukouré, mais à un degré moindre, puisque seulement 16% des maisons de ce quartier sont construites en terre ; ce qui les rend moins problématiques que les maisons en bois, comme c'est le cas à Doukouré.

Le quartier Mami Faitai : Il a le plus fort taux d'occupation de sol par les éléments drainants (35,4%). Mami Faitai repose sur des formations ayant une perméabilité moyenne (sables argileux latéritiques). Ce quartier apparaît ainsi vulnérable en situation d'inondation. Cette réalité est d'autant plus vraie que plusieurs cas d'inondations ont été observés dans ce quartier ces dernières années, particulièrement pendant les mois de juin les plus pluvieux de la région, avec des pluies intenses et continues.

Le quartier Yamoussokro : C'est le deuxième quartier après celui de Doukouré à avoir une faible proportion en matière d'occupation du sol par les éléments susceptibles de laisser transiter les écoulements en situation d'inondation (21,4%). Il repose sur des formations ayant un degré d'infiltration moyen. De plus Yamoussoukro est le quartier situé beaucoup plus en hauteur et aucune de ses maisons n'est construite à l'aide de matériaux de récupération. Yamoussoukro apparaît ainsi comme le quartier le plus en sécurité par rapport au risque d'inondation.

Le quartier Gbinta (encore appelé Sideci annexe): la superficie réservée aux éléments drainants reste importante (30,3%). Elle reçoit le cumul des apports des quatre autres quartiers (Doukouré, Yaoséhi, Mami Faitai, Yamoussoukro) ainsi que ceux de certains quartiers lotis formels situés sur le même grand bassin. C'est le deuxième quartier où nous avons observé des cas d'inondation en juin de l'année 2004 (Planche 10).

Le quartier Niangon Continu : ce quartier vient après Mami Faitai pour une proportion importante de la surface de son bassin réservée aux éléments drainants (32,5%). Reposant sur des formations ayant une faible infiltration (argiles bariolées), Niangon Continu a une situation sans doute la plus vulnérable en situation d'inondation. En effet, en plus de cette situation qui le conforte dans cette position, ce quartier est situé, du point de vue topographique, le moins en hauteur et se trouve en aval et donc presque à l'exutoire du grand

bassin contenant tous les autres quartiers. Dans ces conditions, il reçoit tous les apports d'eau venant de ces quartiers et d'une grande partie des quartiers lotis de la commune appartenant à ce grand bassin. Niangon Continu constitue le troisième quartier où nous avons observés des inondations dans le mois de juin, 2004 (Planche 11).

Planche 10 *: Inondation à Gbinta des voiries a atteignant les maisons (16 juin 2004)*

Planche 11 *: Inondation des voiries à Niangon Continu (16 juin 2004)*

Cette analyse combinatoire permet d'établir une classification supervisée des quartiers qui ont fait l'objet de cette étude, selon leur vulnérabilité en situation d'inondation par débordement de réseau. Le Tableau XXXIII en fait la synthèse de cette classification.

Tableau XXXIII : *Niveau de vulnérabilité des quartiers précaires à l'inondation par débordement de réseau*

Quartier	Perméabilité horizontale	Perméabilité verticale	Vulnérabilité à l'inondation
Doukouré	Faible	Bonne	Faible
Yaoséhi	moyen	Bonne	Faible
Mami Faitai	Fort	Moyen	Fort
Yamoussokro	faible	Moyen	Faible
Gbinta	fort	Faible	Très Fort
Niangon Continu	fort	Moyen	Fort

On remarque que le risque est très élevé dans le quartier Gbinta, élevé dans les quartiers Yamoussokro et Niangon Continu. Par contre, il est faible dans les quartiers Doukouré et Yaoséhi. Ces résultats sont bien en conformité avec les observations de terrains. En effet, les inondations observées en juin 2004 ont été rencontrées dans les quartiers de Gbinta et de Niangon continu.

7.4- Conclusion partielle

Une des caractéristiques essentielles des sols urbains demeure leur variabilité (Emeriault et al, 2004). L'existence d'hétérogénéité à de nombreuses échelles caractérisant les sols urbains, l'infiltration et la circulation des eaux peuvent y être profondément perturbées. Ce phénomène influe sur le risque d'inondation en ce sens qu'il gouverne la capacité des couches superficielles sur lesquelles reposent les différents milieux urbains à favoriser les écoulements et la stagnation de l'eau.

L'étude du sondage statistique a permis de déterminer pour chaque tissu urbain des quartiers précaires, les proportions occupées par les différents éléments urbains mesurables et identifiables sur l'image Quickbird à haute résolution spatiale. Elle a permis de mettre en évidence l'espace horizontale utilisable par les écoulements et de classer les quartiers selon leur degré de sensibilité à l'inondation par débordement de réseau.
Les quartiers de Doukouré et Yaoséhi qui présentent une bonne perméabilité horizontale sont plus sensibles à l'inondation. Ceux de Mami Faitai, Yamoussoukro et Niangon Continu, avec une moyenne perméabilité horizontale sont par contre, moyennement sensibles à l'inondation.

Seul le quartier Gbinta est moins sensible à l'inondation puisqu'il présente une faible perméabilité horizontale.

L'analyse de la perméabilité hydraulique a mis en évidence des formations essentiellement sableuses ($10^{-2} \leq k \leq 10^{-4}$ m.s^{-2}) et sablo-argileuses ($10^{-5} \leq k \leq 10^{-9}$ m.s^{-2}). Les formations sableuses ont été identifiées dans les quartiers de Doukouré ($k=1,76.10^{-4}$ m.s^{-2}) et Yaoséhi ($1,24.10^{-4}$ m.s^{-2}). Les quartiers Mami Faitai ($k=7,71.10^{-5}$ m.s^{-2}), Yamoussoukro ($k=5,21.10^{-5}$ m.s^{-2}) et Niangon Continu ($k=6,03.10^{-5}$ m.s^{-2}), reposent sur des couches de sables latéritiques. Seul le quartier Gbinta ($k=7,96.10^{-6}$ m.s^{-2}) se trouve sur des argiles bariolées. En considérant l'échelle lithologique des formations rencontrées, il a été possible de classer les quartiers selon un gradient de perméabilité permettant de juger de leur capacité à stocker l'eau et d'être susceptible ainsi de favoriser l'inondation. Dans l'ordre croissant de susceptibilité à favoriser l'inondation, le quartier Gbinta occupe la première place, suivi des quartiers Niangon Continu, Yamoussoukro et Mami Faitai. Les quartiers Yaoséhi et Doukouré occupent la dernière place.

L'intégration des informations, issues du sondage statistique d'une part, et de la mesure de la perméabilité spécifique des couches superficielles d'autre part, des quartiers étudiés, a permis d'effectuer une analyse combinatoire et multicritères qui a abouti à une classification supervisée de la vulnérabilité à l'inondation dans la zone d'étude. Deux cas de figure se dégagent : d'un côté les quartiers de Doukouré, Yaoséhi et Yamoussoukro affichent une faible vulnérabilité et de l'autre côté les quartiers de Niangon Continu, Gbinta et Mami Faitai affichent une forte vulnérabilité, en cas de situation de crise d'inondation.

Ces résultats orientent les choix pour les prises de mesures de prévention adaptées, en situation de crises d'inondation, dans ces 06 quartiers précaires de la commune de Yopougon.

CHAPITRE 8: RECHERCHE PARTICIPATIVE DE SOLUTIONS INTEGREES POUR LA GESTION DES DECHETS SOLIDES ET LIQUIDES DANS LES QUARTIERS PRECAIRES

8.1- Introduction

La situation de la gestion des déchets solides et liquides a largement été investiguée et présentée dans le chapitre 4, à travers l'analyse de l'environnement sanitaire dans les six (06) quartiers précaires étudiés. Aussi, les perceptions comportements et pratiques en matière de gestion des déchets solides et liquides ont-ills été évalués dans le chapitres 5 par une approche combinant des entretiens semi-structurés des « *focus* group » et des enquêtes ménages.

Ces deux investigations ont permis de mettre en évidence l'insuffisance dans la gestion des déchets solides et liquides d'une part, et les perceptions, comportements et pratiques développés en matière de gestion des déchets dans ces milieux précaires d'autre part. Les risques sanitaires liés à l'insuffisance d'assainissement sont ainsi aggravés par les comportements à risques.

Le but du présent chapitre et de trouver des solutions novatrices permettant d'atténuer les syndromes relatifs à l'insuffisance de gestion des déchets dans ces quartiers précaires, en vue de contribuer à l'amélioration des conditions de vie des populations riveraines. L'étude se base sur une démarche socio-antropologique qui implique tous les acteurs de la filière « gestion des déchets solides et liquides » et les populations dans la recherche d'un compromis adapté à la situation : approche participative intégrée.

L'analyse considérera les résultats d'un atelier participatif intégré organisé à cet effet, en prenant en compte les résultats relatifs aux perceptions, comportements et pratiques et à l'état de la gestion des déchets solides et liquides déjà investigués dans les quartiers précaires.

8.2- Approche méthodologique

8.2.1- Cadre théorique de la méthode participative de recherche de solutions intégrées : la méthode MARP

La gestion intégrée de l'environnement urbain n'est pas encore un terme très répandu parmi les ONG ou les universitaires qui s'intéressent à la participation communautaire. Cependant, le sujet s'est développé ces dernières années avec la multiplication des projets d'environnement urbain dont la pérennisation ne peut passer que par la responsabilisation et la participation active d'une partie de la population bénéficiaire. Dans le passé, les projets

d'amélioration ou de développement des quartiers défavorisés des villes du tiers monde étaient souvent initiés ou gérés, sans une réelle implication des habitants concernés. Ainsi, une fois le projet mis en route et les ONG parties, il arrivait souvent que l'expérience périclite, faute d'avoir mis en place une organisation susceptible d'en assurer la pérennité.

A cette conception d'un développement par " touche ", pas toujours en prise avec les besoins et les aspirations profondes des populations défavorisées des villes du Sud, s'oppose depuis quelques années une vision dite " durable " des expériences d'amélioration des conditions de vie. Cette vision a pour principal souci d'assurer, sur le long terme, une réelle participation des populations à la prise en charge de leurs problèmes d'environnement. Le retrait croissant de l'Etat de la gestion des services urbains, en abandonnant davantage à leur sort les populations les plus pauvres, a renforcé cette nécessité. C'est dans ce contexte que s'inscrit le présent volet de cette recherche en visant à définir des stratégies et solutions adaptées à une gestion efficiente des déchets dans les milieux défavorisés de la commune de Yopougon.

Les échecs qui ont été enregistrés dans les projets de développement, au cours des dernières décennies récentes, ont favorisé la naissance de nouvelles méthodes dites participatives, rapides et interactives. Les principales raisons qui expliquent ces échecs se résument au fait que les projets étaient conçus, menés puis évalués par les experts du développement, sans réelle consultation des populations concernées, d'où leurs inadéquations avec certaines réalités culturelles, sociales, économiques, environnementales, etc. Ces inadéquations ont entraîné la mise au point de méthodes permettant de mieux associer les populations et l'ensemble des acteurs (protagonistes) aux projets. Parmi ces méthodes, on peut compter le Rapid Rural Appraisal (RRA) ou Participatory Rural Appraisal (PRA), connu sous l'acronyme français MARP : Méthode Accéléré ou Active de Recherche Participative. C'est un procédé systématique et progressif d'apprentissage et d'appréhension rapides des conditions de vie des populations. Elle fait appel à de petites équipes multidisciplinaires, voire transdisciplinaires, pour faciliter une compréhension juste des milieux (quartiers précaires dans notre cas) en s'efforçant de recueillir les connaissances des populations et en les combinant avec l'expertise scientifique. Cette méthode a été appliquée au cours d'un atelier de recherche participative de solutions intégrées, en matière de gestion des déchets solides et liquides, dans les quartiers précaires soumis à investigation.

La gestion intégrée de l'environnement urbain recouvre de nombreux sens, selon les acteurs de l'environnement urbain. C'est pourquoi, une recherche sur ce thème implique tout d'abord, une réflexion sur ses possibles significations.

Le terme de " gestion " constitue déjà une première interrogation. Il s'agit d'un terme global qui désigne, en fait, une situation quasi idéale, correspondant à la dernière phase d'un processus qui commence d'abord par la " participation " des acteurs populaires, sous une forme qui va de la plus simple à la plus poussée. Sur une échelle de responsabilité, on pourrait ainsi faire figurer différentes formes d'implication des populations dans la gestion de leur environnement urbain.

Pour parvenir au " stade ultime " de la participation qu'est la gestion, on se doute bien qu'un certain nombre d'ingrédients doivent être présents dès la conception d'un projet et que ceux-ci doivent perdurer et/ou évoluer pour permettre la durabilité environnementale, mais également économique de l'expérience, une fois les appuis (ONG, subventions, bailleurs...) terminés.

Le terme " intégré " constitue, quant à lui, la deuxième interrogation. Aussi polysémique que " gestion ", il peut notamment s'appliquer à une gestion territoriale ou à une gestion sectorielle. Dans le premier cas de figure, la gestion intégrée est assimilée à une gestion globale, intégrale. De l'autre, elle renvoie davantage à l'idée de partage des intérêts et des responsabilités entre les différents acteurs concernés par un problème particulier.

Ces deux conceptions ne sont pas en fait exclusives, dans la mesure où la première peut englober, d'une certaine manière, la seconde. Ainsi, dans le cadre de cette étude, nous avons décidé de travailler sur la seconde dimension de la gestion intégrée, vu que nous nous intéressons à un aspect de la dimension environnementale ; l'aspect ***déchets***.

Le développement participatif, en milieu urbain, est une pédagogie de mobilisation sociale qui a connu, ces dernières années, des avancées importantes, grâce à une large diffusion des méthodes participatives et des outils de planification concertée des actions de développement. Il donne lieu à de nouveaux discours et pratiques sur l'efficience et la durabilité des politiques urbaines, mais aussi à de nouvelles approches qui privilégient la coopération, le partenariat, la solidarité agissante entre les différents acteurs du développement urbain. Le nouvel état d'esprit part d'une dynamique critique des politiques dirigistes et rompt avec le style de direction autocratique et se répand sur le fort mouvement social de Porté Allègre, récemment prolongé au travers d'un glissement métaphorique à Davos, revendiquant de nouveaux types de rapports entre la société civile, les collectivités locales et les gouvernements dans la construction et la mise en œuvre des politiques sociales urbaines (Abers, 1998).

Ainsi donc, les méthodes participatives et de planification concertée, notamment la MARP, s'offrent comme des outils d'une nouvelle pédagogie de gestion urbaine susceptible d'instaurer et/ou d'asseoir la gouvernance locale qui permettra de produire une ville au fonctionnement conforme à ce que l'on attend d'un ensemble macro-économique national structuré. La ville ne devrait plus se définir seulement par rapport à sa fonction de production, mais comme une structure de gouvernance qui, de manière concertée, gère, anime, impulse, active, coordonne les transactions économiques, sociales, politiques dont elle est le siège (El Housseynou, 2001).

La littérature indique que plusieurs définitions ont été données à la MARP. On remarque cependant, que toutes ces définitions s'accordent sur le fait que la MARP est un ensemble de processus d'apprentissage qui vise à la connaissance du milieu. *C'est une méthode où l'expert cherche à connaître et non à enseigner. C'est les bénéficiaires, eux qui fournissent les informations à travers leur savoir et leur vision (savoir local) et l'équipe pluridisciplinaire analyse les informations sous plusieurs angles (triangulation) afin d'en sortir le maximum d'objectivité. Il s'agit donc d'une liaison (combinaison) de deux savoirs, en vue de tirer le meilleur résultat de la recherche effectuée*.

L'atelier participatif intégré a été organisé en août 2005. Cet atelier qui s'inscrit dans le cadre de la démarche participative vise donc à définir de façon concertée, des solutions et stratégies adéquates pour une meilleure gestion intégrée des déchets dans les quartiers précaires de la commune de Yopougon. Les résultats attendus sont les suivants :

i°)- les problèmes relatifs à la gestion de l'eau potable, des eaux usées et des déchets solides dans les quartiers précaires sont réexaminés et clairement définis par les populations et l'ensemble des acteurs ;

ii°)- des solutions et stratégies adéquates sont proposées par les participants pour palier aux problèmes identifiés relatifs à la gestion des eaux et des déchets dans les quartiers.

Les solutions sont priorisées et les acteurs concernés dans la mise en œuvre des éventuelles actions ont été aussi identifiés.

8.2.2- Choix des participants à l'atelier participatif intégré (API)

Dans une approche participative, le choix des différents animateurs du processus reste très indispensable. Aussi des dispositions socio-anthropologiques particulières ont-elles été prises (cf 5 2.1). Ces préalables sont nécessaires pour une implication effective de tous les acteurs de la filière (Institutions, ONG, Structures sanitaires, etc.) et des populations bénéficiaires dans toutes les phases de la recherche. Des collaborations informelles et formelles ont donc été établies dès le départ. Toutes les structures impliquées directement ou indirectement dans la gestion de l'assainissement et des déchets solides et liquides, ont été approchées pour établir ces collaborations. Par ailleurs, dans le cadre de l'évaluation des perceptions et comportements en matière de gestion des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires, ces acteurs (personnes ressources) d'une part, et les populations des quartiers étudiés d'autre part, ont déjà fait l'objet d'entretiens semi structurés sur les questions de gestion des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires.

La majorité des participants à l'atelier est composée donc de ces différents acteurs ayant déjà participé aux différents entretiens et avec qui des collaborations ont été établies. A cet échantillon de participants, s'ajoutent des chercheurs en gestion environnementale et en socio-antropologie d'une part, et des animatrices communautaires d'autre part. Le tableau XXXIV suivant présente la composition de l'échantillon ayant pris part à l'atelier participatif.

***Tableau XXXIV** : Structuration de l'échantillon ayant participé à l'atelier participatif intégré*

Acteurs institutionnels	ONG et structures privées	Populations (Bénéficiaires)	Chercheurs
-Directeur de la planification ME	-Directeur du CREPA	-1 Représentants des jeunes	
-S/Directeur assainissement MCL	-2 animateurs communautaires CREPA	-1 Représentant du chef de quartier	-3 chercheurs en Environnement
-Direct. Département Environnement du BNETD	1 Représentant de Horizon 2000	2 Représentantes des femmes	-2 chercheurs en socio-antropologie
-Chef de mission assainissement du BNETD	-3 Représentants précollecteurs	Au total : 24 personnes pour les 06 quartiers précaires	
-Directeur Environnement du District d'Abidjan	- 2 Représentants ASAPSU		
-Chef de service technique de la mairie de Yopougon	Une personne ressource en gestion des déchets urbains.		

8.2.3- Déroulement des activités de l'atelier participatif intégré (API)

La recherche d'une solution intégrée adaptée à la gestion d'un assainissement adéquat dans les quartiers précaires, en vue de réduire les risques sanitaires, a conduit à l'organisation d'un API suivant la méthode de la MARP. Cet atelier a ainsi réuni aussi bien les acteurs institutionnels que les représentants des populations et acteurs privés.

La première activité de cet atelier a consisté en la définition, ensemble (acteurs institutionnels populations et acteurs privés) des problèmes vécus par les populations dans la gestion quotidienne de l'eau potable, des eaux usées et excréta et des ordures ménagères. Ces problèmes identifiés ont été par la suite hiérarchisés.

La seconde activité s'est bien évidement intéressé à la recherche des solutions à chacun des problèmes identifiés précédemment. Une disposition a été prise pour éviter que les propositions de solutions des populations (solution endogènes) ne soient influencées par la présence des acteurs institutionnels. En effet, du fait de leur statut précaire, et des menaces constantes de déguerpissement, les populations des quartiers précaires n'oseraient pas donner des avis devant les représentants de l'administration centrale ou des autorités municipales.

Deux groupes de travail ont été donc constitués ; le groupe des techniciens et celui des populations. Ces deux groupes ont travaillé dans des endroits différents. La présence des chercheurs sociologues et environnementalistes d'une part, et des animateurs communautaires d'autres part, pour diriger les débats a beaucoup facilité le bon déroulement des activités dans le groupe des populations (Annexe 8).

La dernière activité de l'atelier a consisté tout naturellement à la restitution des travaux de groupe en plénière. Cette restitution s'est déroulée en deux phases : la première phase s'est consacrée à la synthèse et à la hiérarchisation des travaux des deux groupes ; la seconde phase s'est plutôt intéressée à l'identification des acteurs susceptibles d'exécuter des actions émanant des différentes propositions de solutions. Enfin, les travaux de l'atelier se sont achevés par une séance d'évaluation qui a consisté en en une série de notation des différentes phases par les participants.

8.2.4- Méthode d'analyse et de traitement des données de l'atelier participatif (API)

Pour favoriser la production et l'analyse de l'information, la MARP dispose « d'un sac à outils » de collecte et d'analyse de l'information que l'on choisit en fonction de la situation. En effet, l'un des avantages de la méthode est qu'elle est beaucoup flexible. Dans le cadre de ce travail, nous avons « pêché » dans ce sac à outils, deux outils majeurs pour l'analyse des données :

i) l'outil « arbre des problèmes et arbre des solutions » pour l'identification des problèmes et solutions. « L'arbre à problèmes » est construit en vue de rechercher des cohérences entre les problèmes vécus essentiels, d'identifier les causes et d'en inventorier les effets escomptés. Il permet de replacer les différents éléments exprimés dans des rapports de causalité. Ainsi, l'ensemble des participants de l'atelier, notamment les acteurs institutionnels, les chercheurs en sciences de l'environnement, des socio-antropologues de la santé, des animateurs et animatrices communautaires des ONG, les associations des précollecteurs, les représentants des populations des différents quartiers précaires (trois personnes par quartier), les représentants des services techniques de la Municipalité ont été invités pendant toute une journée à examiner et à identifier les problèmes relatifs à l'approvisionnement en eau potable et à la gestion des eaux usées et des ordures ménagères dans les quartiers précaires.

« L'arbre à solutions » est une formulation positive du problème principal, énoncé dans l'arbre des problèmes. Les causes du problème sont alors exprimés en tant qu'actions permettant de résoudre les causes identifiées ; tandis que les effets, sont alors exprimés en tant que résultats des différentes actions retenues. A ce niveau, la constitution des deux groupes de travail : techniciens d'une part et les représentants des populations des quartiers précaires et des animateurs communautaires d'autre part, a permis de travailler dans un environnement propice sans influence quelconque. De plus, les travaux se sont déroulés dans un cadre informel. Le groupe des techniciens a ainsi réfléchi à des solutions beaucoup plus techniques ; tandis que le second groupe a réfléchi à des solutions endogènes. Les sociologues aidées par les animateurs communautaires ont dirigé les travaux du groupe des populations. Les Planches (Annexe 8) montrent quelques images illustrant le déroulement des travaux de l'atelier.

ii) l'outil « la matrice de préférence » pour les opérations d'hiérarchisation. Cette hiérarchisation conduit à l'élaboration d'un tableau sur lequel on reporte les problèmes ou solutions identifiés dans la première colonne. Ces mêmes éléments sont reportés dans la première ligne du tableau. L'opération consiste à croiser chaque élément de la colonne avec chacun des éléments de la première ligne et opérer un choix de préférence. Cet outil joue un rôle central pour problématiser l'information, insérer les différents groupes socioprofessionnels et animer la négociation pour hiérarchiser les priorités. C'est un outil et en tant que tel, il représente un support de réflexion. Il ne faut donc pas s'enfermer dans cet outil.

La matrice de préférence a donc été utilisée d'abord dans les opérations de hiérarchisation des problèmes d'eaux et d'assainissement, identifiés par l'ensemble des participants de l'atelier et ensuite, au niveau des travaux en groupe pour la recherche de solutions. L'outil est aussi intervenu dans la synthèse des travaux de l'atelier. Cette synthèse s'est faite en plénière par intégration des solutions techniques et endogènes. L'outil a également été utilisé dans la hiérarchisation de la synthèse et de l'identification des différents acteurs de mise en œuvre des actions.

8.3- Résultats, interprétations et discussions

8.3.1- Solutions de l'Atelier Participatif Intégré (API) pour une meilleure gestion des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires

8.3.1.1 Approvisionnement en eau potable dans les quartiers précaires

Les solutions proposées par l'atelier pour un meilleur approvisionnement en eau potable, recommandent d'accroître le nombre de bornes fontaines et d'instaurer un système de gestion adapté de l'eau à même de satisfaire l'ensemble des populations du quartier. La mise en place de ce système devra impliquer les populations bénéficiaires, la Municipalité, le District ainsi que l'administration centrale pour permettre son bon fonctionnement. Cette action passe par l'élaboration (Populations et Municipalité) d'un système compétitif de vente d'eau et la sensibilisation des ménages à l'utilisation de l'eau de la borne fontaine. Une telle initiative permettra de faire face aux crises de confiance observées entre les populations et le comité de gestion de certains quartiers dans la gestion financière des ressources du quartier. Par ailleurs, la sensibilisation devra utiliser une stratégie de Communication pour le Changement des Comportements (CCC) au niveau des populations.

En vue de respecter un minimum de règles d'hygiène et minimiser les risques de contamination, la sensibilisation insistera également sur certaines consignes précises, notamment l'utilisation des récipients fermés pour la prise d'eau et éviter les récipients remplis d'eau au pied de la borne fontaine.

Pour les quartiers dont la structuration s'y prêtent, les résolutions de l'atelier recommandent, dans une collaboration tripartite (Municipalité, District, Administration centrale), de faire des extensions de réseaux d'adduction d'eau potable (EP) et de subventionner les abonnements inhérents à cette extension.

8.3.1.2 Gestion des déchets solides dans les quartiers précaires

Les solutions pour une meilleure gestion des déchets solides dans les quartiers précaires, envisagent, comment précédemment, une action combinée et une implication effective des différents acteurs de la filière à plusieurs niveaux.

Certaines catégories de recommandations s'adressent exclusivement à des actions que devraient entreprendre les populations des quartiers. Il s'agit de la sensibilisation des ménages pour l'utilisation de poubelles fermées, le déguerpissement des petits commerces (vendeuses) installés sur les voies avec l'appuie de l'autorité municipale , l'identification des voies

praticables pour l'activité de précollecte et la mise en place d'une stratégie CCC, notamment pour les riverains de caniveaux. Ces recommandations visent trois objectifs essentiels : le stockage hygiénique des déchets pour éviter des risques de contamination, le désencombrement des voies pour faciliter l'accessibilité aux précollecteurs et le changement des mauvais comportements relatifs aux rejets des déchets dans les canaux d'évacuation des eaux.

D'autres recommandations intéressent les actions à entreprendre par la Municipalité et/ou le District dans les quartiers précaires. Ces actions visent principalement à dissiper les crises d'interférence entre le District d'Abidjan et la Municipalité en matière d'intervention dans le domaine, à favoriser l'accès des véhicules de précollecte (moderne et artisanale) et à la non utilisation du canal de drainage des eaux pluviales pour l'évacuation des déchets solides. Elles se résument ainsi à : dégager des voies pour faciliter l'accès des véhicules de précollecte, mettre en application la nouvelle stratégie de gestion des déchets avec des outils d'évaluation, améliorer les relations entre les mairies et le District, mettre en place des poubelles publiques à des endroits bien appropriés, supprimer les points de chutes aux abords du canal et accroître le nombre de coffres de collecte des déchets solides ménagers.

La dernière catégorie de recommandations concerne des actions conjointes (Populations, Municipalité et/ou District) à entreprendre. Ces actions sont complémentaires et vont dans le même sens que les précédentes. Elles se situent à trois niveaux essentiels : mettre en place des comités de salubrité et les équiper en matériel de collecte d'ordures, redéfinir un circuit de précollecte (passer plusieurs fois dans le quartier dans la journée) et aménager les abords du canal pour décourager les ménages à y déverser les ordures. Par ailleurs, l'implication de l'administration centrale dans cette gestion des déchets solides devrait se limiter à la restructuration des quartiers précaires avec des voies carrossables.

8.3.1.3 Gestion des déchets liquides dans les quartiers précaires

Les propositions de solutions pour une meilleure gestion des déchets liquides dans les quartiers précaires, concernent essentiellement l'évacuation des eaux usées et des excrétas. A ce niveau, une seule proposition appel à l'action conjointe de trois acteurs différents (populations, mairie/ou District et administration centrale) : faire des canalisations d'eaux usées débouchant sur le collecteur principal. Cette solution répond au souci d'évacuation des eaux usées ménagères et d'éviter l'épandage dans les rues et les cours des quartiers.

Une des catégories de solutions qui associent les populations bénéficiaires et les collectivités (Municipalité et District) vise essentiellement la fourniture d'installations sanitaires de base,

adaptées et appropriées au contexte des quartiers précaires. Dans cette optique, ces acteurs devront procéder à la ssensibilisation des propriétaires de cours pour la construction de latrines et lavoirs pour que chaque locataire l'utilise. Ils devront aussi oeuvrer pour la construction, au besoin, des latrines publiques adaptées, suivie d'une sensibilisation pour leur gestion d'une part, et faire prendre en compte les latrines lors de la construction des nouvelles maisons d'autre part. Par ailleurs, ils mettront en place une stratégie CCC pour s'assurer la participation des populations.

Une deuxième catégorie de solutions implique l'administration centrale et la Municipalité et/ou le District dans des investigations conjointes pour l'amélioration de la situation d'évacuation des eaux usées. Elles concernent essentiellement la fourniture d'infrastructures d'assainissement. A cet effet, les actions sont orientées dans la réduction du coût des ouvrages, la mise en place de technologie adaptée d'assainissement (VIP, latrine avec déviation d'urine, réseau à faible diamètre), l'aménagement du canal principal et l'utilisation des canaux de drainage.

Les propositions dont les actions à entreprendre peuvent être menées par un seul acteur ciblé sont d'ordre financier et hygiénique et concernent la réduction des coûts de vidange, la mise en place d'un comité de femmes pour la sensibilisation et le nettoyage périodique du quartier (populations), la vidange des puits perdus mal entretenus et si possible leur reconstruction selon les normes modernes (Municipalité et/District).

8.3.1.4 Aspects institutionnels des solutions intégrées en matière de gestion des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires

Les résolutions de l'atelier participatif intégré portent aussi sur des actions qui devront être menées au niveau institutionnel, pour l'atténuation des syndromes relatifs à l'insuffisance de gestion des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires. A ce niveau également, des actions conjointes devront être entreprises. L'une des catégories d'actions conjointes fait appel à l'implication des populations et des collectivités (District et/ou Municipalité) et recommande de: renforcer ou/et clarifier l'autorité des pouvoirs locaux et susciter des formes alternatives de représentation des populations, notamment à travers les comités de gestion des quartiers (CGQ). Dans cette rubrique, les propositions qui en découlent indiquent que:

i°)- la mairie délivre des procurations aux autorités des quartiers ;

ii°)- la mairie participe aux séances de sensibilisation dans les quartiers ;

iii°)- la chefferie désigne un comité de gestion qui doit être investi et encadré par la mairie ;

iv°)- le chef soit à l'écoute de sa population et associe ces notables aux décisions prises, mais surtout qu'il soit de bonne moralité ;

v°)- les comités de gestion soient formels (avoir un statut et règlement intérieur).

Les recommandations vont également dans le sens de mettre en œuvre une stratégie de Communication pour la Changement de Comportement (CCC) pour s'assurer la participation des concernés à la gestion des déchets.

Pour ce qui concernent l'implication conjointe de l'administration centrale et des collectivités, les recommandations demandent à ces deux acteurs de mettre en place un cadre juridique de la gestion des déchets solides et liquides incluant les quartiers précaires, de prendre des textes réglementaires (Arrêté municipal) et des mesures coercitives. Ils devront également procéder à l'élaboration des instructions techniques et à la restructuration des quartiers précaires. Enfin, l'établissement d'une politique nationale de l'assainissement et de la gestion des déchets qui prend en compte les quartiers précaires, devra assurer la coordination des différentes actions proposées. Le Tableau Annexe 9 récapitule les résolutions de l'atelier participatif intégré.

8.3.2- Implication des acteurs et durabilité des interventions en matière de gestion des eaux et des déchets dans les quartiers précaires

L'élaboration de solutions durables impose de plus en plus l'évaluation de la motivation des populations bénéficiaires et leur volonté effective à s'approprier le système d'assainissement liquide et solide. Un système basé sur la demande des populations est durable, entendu que cette demande correspond bien à la volonté de ces populations de se l'approprier et de veiller à son bon fonctionnement. L'analyse du niveau d'implication de chacun des différents acteurs dans les interventions (solutions) qui ont été identifiées de façon concertée permet de juger de la durabilité de la gestion qui en découlera. La Figure 48 met en évidence le niveau d'intervention des acteurs dans chaque type de gestion.

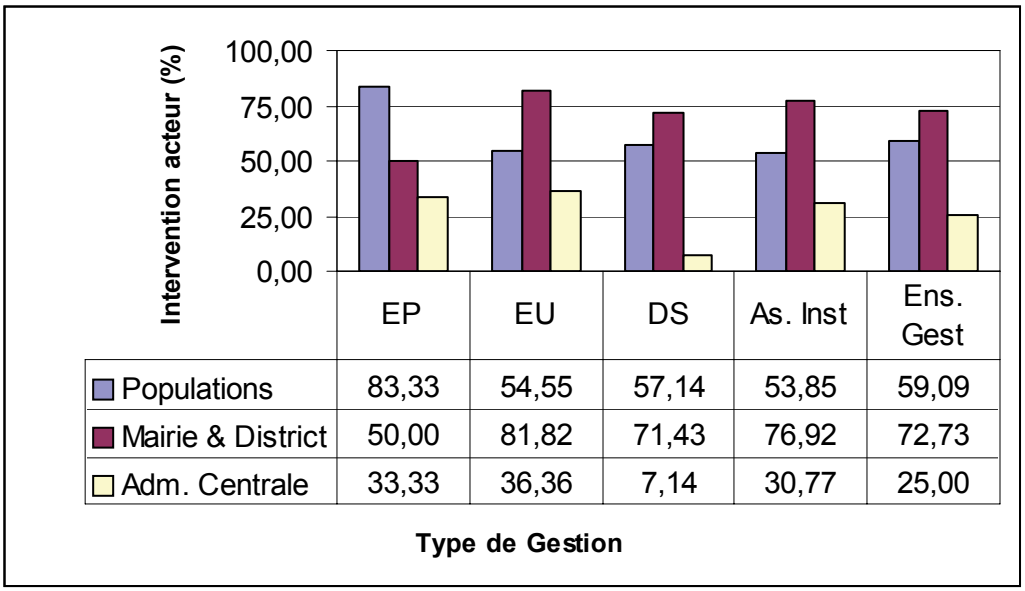


Figure 48 : *Niveau d'intervention des acteurs en matière de gestion des eaux potable et des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires de Yopougon.*

On note une bonne implication importante des populations bénéficiaires dans les interventions identifiées au cours de l'atelier participatif. Prise ensemble, leur implication dépasse la moyenne et se situe autour de 60% derrière les autorités communales (73%). Le système propose la plus faible gestion à l'administration centrale (25%).

La plus forte implication des populations se situe au niveau des interventions concernant la gestion des eaux potables. Les actions proposées prévoient une intervention de l'ordre de 83%. Cette implication des populations reste aussi forte dans les autres types de gestion puisqu'elle se situe au delà de 50%. On enregistre 55% pour les eaux usées et 57% pour les déchets solides.

Le fait le plus remarquable de cette analyse provient des solutions qui concernent l'aspect institutionnel de la gestion. En effet, les populations des quartiers précaires veulent aussi s'impliquer et aider la mise en œuvre des questions institutionnelles en matière de gestion eaux potables, des déchets solides et des eaux usées dans leurs quartiers. Cette situation est pertinente dans la mesure où les aspects institutionnels se présentent comme l'organe de régulation qui devra veiller au bon fonctionnement et à la bonne exécution des interventions et au sui des opérations. À ce niveau, les populations entendent s'impliquer également à plus de 53%.

L'implication des populations ne peut à elle seule, assurer une gestion efficace et durable ; celle des collectivités locales notamment la Mairie et le District occupe une place tout aussi essentielle. Dans les propositions identifiées par l'atelier participatif, cette implication se situe dans l'ensemble, au delà de 72% en moyenne. L'implication de la Marie et du District est beaucoup plus attendue au niveau de la gestion des eaux usées où elle est évaluée à plus de 81%. La faible implication est enregistrée au niveau de la gestion des eaux potables dans les quartiers ; mais elle atteint néanmoins la moyenne (50%). On remarque que tout comme les populations, les collectivités locales sont beaucoup sollicitées dans la mise en œuvre des actions en matière de gestion des eaux potables et des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires.

Le troisième acteur identifié par les recommandations de l'atelier participatif est l'administration centrale en l'occurrence, les ministères de tutelle. A ce niveau leur implication reste la plus faible et se situe en moyenne autour de 25%. Cependant, l'implication de l'administration centrale bien que faible, est indispensable dans la mise en œuvre des interventions pour une gestion durable de l'eau et des déchets dans les quartiers précaires. En effet, leurs interventions concernent le plus souvent des décisions juridiques, des planifications administratives et la réalisation de grands ouvrages. Prenons par exemple la gestion des déchets solides où l'atelier participatif a identifié une implication de l'administration centrale de 7%. Cette implication nécessite une seule intervention et concerne la restructuration des quartiers précaires avec des voies carrossables ; une intervention qui devra se faire avec l'appui de la Marie et du District. Lorsque cette activité n'est pas faite, toutes les autres interventions en la matière qui ont été attribuées par l'atelier participatif aux populations, à la Marie et au District pourraient connaître un échec dans l'atteinte des objectifs lié à l'inaccessibilité des quartiers.
En somme, les recommandations de l'atelier participatif sont liées les unes aux autres et chaque acteur est invité à jouer pleinement son rôle afin d'asseoir une gestion durable des eaux potables, des eaux usées et des déchets solides dans les quartiers précaires d'Abidjan.

Une autre réflexion sur les recommandations de l'atelier participatif a consisté à établir une corrélation entre ces recommandations et les propositions des différents acteurs relatives à l'amélioration du système de gestion des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires, récoltées au cours des entretiens et de l'enquête ménage. Il ressort de cette mise en parallèle que la majorité de ces propositions ont été prises en compte par l'atelier participatif.

Cette situation renforce l'effectivité et l'équité en ce qui concerne les recommandations identifiées par l'atelier participatif. La grande implication des populations bénéficiaires dans les interventions en encourageante pour la mise en place de solutions durables en matière de gestion des eaux et des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires.

8.3.3- Modèle systémique d'aide à décision pour l'atténuation des risques (MSADAR) dans les quartiers précaires

Les informations issues de la modélisation hydrologique et hydraulique, des investigations socio-anthropologiques ainsi que celles de l'atelier participatif intégré (API) ont subi une intégration combinatoire supervisée dans un système d'atténuation des risques, permettant d'élaborer un outil d'aide à décision. La conception de ce modèle systémique d'aide à décision pour l'atténuation des risques (MSADAR), s'est basée sur l'utilisation de l'outil « arbre des problèmes » de la méthode MARP pour élaborer les différents compartiments du système : géorisques urbains ; eau potable ; eaux usées et excréta et ordures ménagères. Les résultats de ce travail sont représentés par les différents graphes (Annexe 10). Le MSADAR est constitué ainsi de quatre paramètres qui représentent les deux sous-systèmes du modèle (Figure 49):

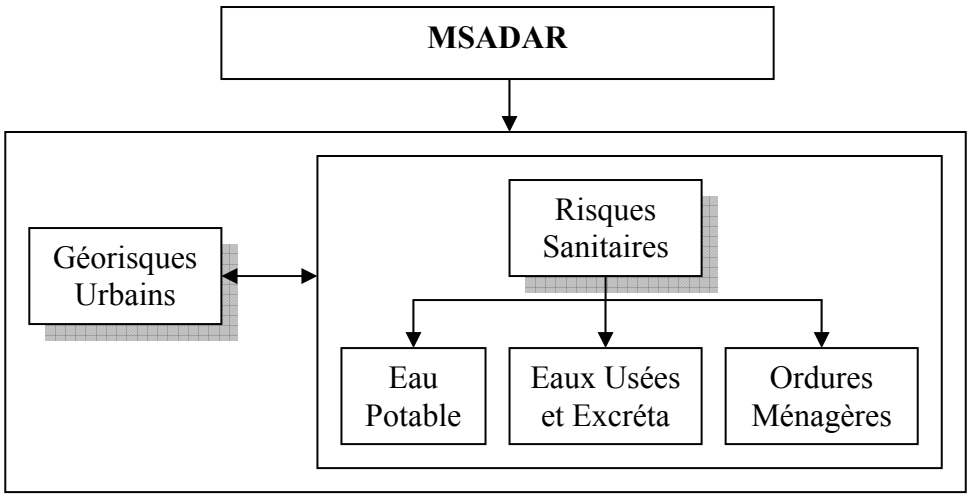


Figure 49 : *Schéma conceptuel du modèle systémique d'aide à décision pour L'atténuation des risques (MSADAR) dans les quartiers précaires.*

Ainsi conçu, le modèle se présente comme un miroir, un guide relatant les principaux problèmes de chaque facteur du système suivant un arbre hiérarchisé à différents niveaux.

Chaque problème est agrégé à un numéro de code qui le lie à une solution spécifique ainsi qu'aux acteurs d'exécution d'éventuelles actions d'atténuation des syndromes, contenus dans la table de synthèse des travaux de l'atelier participatif intégré (API). Dans ce système, la l'atténuation des risques obéit à la logique de nutrition de la plante (la substance nutritive part des poils absorbants et remonte au tronc).

8.4- Conclusion partielle

Cette étude permet des proposer des solutions novatrices pour l'atténuation des syndromes relatifs à l'insuffisance dans la gestion des déchets solides et liquides constatée dans les quartiers précaires, à travers l'organisation d'un atelier participatif intégré utilisant le principe de la méthode MARP. Ces solutions qui sont le fruit d'un compromis entre les différents acteurs de la filière gestion des déchets et les bénéficiaires (populations), sont des recommandations sous forme d'actions à entreprendre et les acteurs d'exécution ont été identifiés et ciblés. La forte implication des populations bénéficiaires dans tous les compartiments de interventions témoigne de leur motivation et de leur volonté effective à s'approprier le système d'assainissement liquide et solide. Cela renforce l'effectivité et l'équité dans les recommandations élaborées en matière de gestion des eaux et des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires. Cependant, ces solutions durables ne peuvent effectivement être mises en œuvre si et seulement si chaque acteur joue le rôle qui est le sien car les différentes interventions du système sont liées les unes aux autres.

Par ailleurs, l'intégration de ces résultats à ceux identifiés pour une meilleure gestion du drainage urbain dans les quartiers, a permis de mettre en place un modèle systémique d'aide à décision pour l'atténuation des syndromes dans les quartier précaires investigués. Cet outil d'aide à décision sera mis à la disposition des autorités et pourra servir dans des environnements similaires de la ville d'Abidjan et d'ailleurs.

Conclusion générale et Perspectives

CONCLUSION GENERALE

Ce travail, réalisé dans le cadre du programme NCCR-NS financé par le fonds national suisse (FNS) et la Direction de développement et de la Coopération (DDC), apporte sa modeste contribution à la recherche de solutions pour l'atténuation des « syndromes du changement global » dans les milieux défavorisés des pays en développement, singulièrement dans les quartiers précaires de la commune de Yopougon à Abidjan, Côte d'Ivoire. Le partenariat Nord-Sud dont a bénéficié cette investigation impliquant plusieurs institutions dont l'Université de Cocody, le CSRS, l'ITS et l'EAWAG-SANDEC, a été un important atout pour sa réalisation dans un environnement propice.

Méthodologie utilisée

La méthodologie développée dans ce travail repose sur une « approche système » des risques et de la gestion combinant une démarche multidisciplinaire et transdisciplinaire. Elle s'appuie sur un concept qui intègre deux principales composantes (drainage des eaux, collecte et évacuation des déchets solides et liquides) dont la mauvaise gestion affecte la santé et le bien-être des populations pauvres vivant dans les quartiers défavorisés.

Cartographie-SIG , Télédétection

La première approche intègre la Cartographie, les SIG et la Télédétection. L'analyse spatiale a pour objet d'une part, l'espace physique et d'autre part, l'espace social.

La combinaison d'informations topographiques, pluviométriques, géographiques, anthropiques appuyées par des investigations de terrain est une approche de géographie physique. Elle permet la mise en évidence de la vulnérabilité des quartiers précaires au risque d'érosion, d'éboulement et d'inondation à travers une cartographie appropriée.

Les enquêtes réalisées, selon un plan d'échantillonnage élaboré en fonction de la structure territoriale des quartiers, constituent une approche de géographie sociale. La combinaison des techniques spatiales (télédétection et SIG) et des résultats des enquêtes de terrain (enquêtes géographique et ménage) permet une mise en évidence de la distribution spatiale des facteurs environnementaux caractérisant l'environnement sanitaire des quartiers étudiés.

Les difficultés rencontrées dans cette investigation résident principalement dans l'acquisition des informations numériques (carte topographique, du MOS, données pluviométriques etc.) et la collecte des données de terrain. Les informations numériques actualisées et propres à la zone d'étude sont souvent difficilement disponibles. Certaines données de mesures sont le plus souvent « appréciées » faute de ne pouvoir accéder à tous les contours de certains éléments géographiques. Les estimations dans ces conditions, sont liées à l'intuition et à la dextérité de l'enquêteur et les grandeurs évaluées peuvent contenir des imperfections. De plus, lors des enquêtes, certaines réponses de certains enquêtés sont imprécises et ou incomplètes occasionnant des difficultés d'analyse. Beaucoup de temps a été consentis pour faire face à certaines contraintes. D'autres ont été minimisées par des dispositions de contrôle de qualité.

Modélisation

La deuxième approche de l'étude s'est intéressée à la modélisation pluviométrique et hydraulique. La modélisation pluviométrique permet une meilleure appréciation et simulation du comportement du phénomène physique : la pluie, facteur déclenchant et à l'origine de la genèse des géorisques urbains dans les quartiers précaires. Cette modélisation, basée sur les données de terrain propres à la région d'Abidjan, permet une bonne optimisation et conception de modèles utilisés dans les calculs du drainage urbain.

Hormis les limites usuelles inhérentes à toute modélisation hydrologique classique, quelques difficultés d'utilisation de cet outil sont apparues dans ce travail. Elles se résument au manque de données pluviométriques du bassin versant de la zone d'étude d'une part, et de données *in-situ* du couple pluie-débit, permettant d'aborder le volet modélisation des débits d'eaux ruisselées d'autre part. Ces deux difficultés ont été contournées en considérant que les données de pluie fournies par la station Aéroport d'Abidjan sont représentatives pour tout l'espace de la ville.

La modélisation hydraulique de l'inondation par débordement de réseau permet d'identifier et classer les quartiers précaires, selon leur degré de vulnérabilité en situation d'inondation par débordement de réseau, en vue de la prise de mesures prévisionnelles adéquates. Elle permet ainsi de faire face à une des limites de la modélisation pluviométrique. Elle intègre les dimensions verticale et horizontale de la perméabilité du milieu.

La modélisation hydraulique de l'inondation par débordement de réseau a également rencontré certaines contraintes, notamment l'impossibilité d'identifier de façon exhaustive

dans le sondage statistique, tous les éléments urbains des ces milieux précaires à urbanisation anarchique et incontrôlée. Mais, cette méthodologie de sondage statistique utilisant l'image Quickbird est l'une des toutes premières expérimentations dans ce domaine urbain et les résultats sont encourageants.

Socio-anthropologie.

L'approche intègre l'évaluation des perceptions des acteurs et les pratiques des populations en matière de gestion des déchets solides et liquides d'une part, et la définition de solutions technico-endogènes à travers un atelier participatif réunissant tous les acteurs et les populations bénéficiaires d'autre part. Cette démarche permet de cerner les éléments objectifs et subjectifs de la gestion en vigueur et d'orienter les choix technologiques, au regard des solutions intégrées identifiées. L'atelier utilise les techniques de la MARP, l'une des méthodes participatives d'élaboration des solutions durables.

L'organisation de l'atelier a quelque peu souffert de la passivité de certains participants dans les débuts des activités de l'atelier. Cette situation a amené le modérateur et les sociologues à fournir beaucoup d'efforts pour leur permettre d'être plus actifs afin de recueillir leurs avis.

Insuffisances du drainage urbain dans les quartiers précaires d'Abidjan

L'étude a mis en relief d'importants géorisques urbains dans le secteur des quartiers précaires étudié qui témoignent de l'insuffisance du drainage dans la commune de Yopougon. Les quartiers précaires sont soumis à de risques élevées d'érosion, d'éboulement et d'inondation. Les ménages situés aux abords du canal d'évacuation des eaux sont exposés à un fort risque d'érosion et d'éboulement et parfois d'inondation par débordement de réseau. La nature du sol : présence de sables argileux ; la topographie du milieu : présence de pentes à la fois faibles (<2%) et fortes (5%<p<15%) ; l'occupation anarchique du sol par l'habitat, et la forte pluviométrie favorisent la manifestation des géorisques urbains dans ces quartiers précaires dépourvus de système d'assainissement.

Les solutions d'atténuation de ces fléaux ont privilégié la recherche de modèles appropriés permettant une meilleure simulation de la dynamique du principal facteur déclenchant, en l'occurrence la pluie.

Une grande variabilité climatique dans la région d'Abidjan a d'abord été mise en évidence à travers l'appréciation de l'indice de Nicholson et du test de Pettit. Cette variabilité climatique, au cours de ces six dernières décennies, s'est caractérisée par une alternance de trois grandes

périodes (sèche, normale et humide) pratiquement d'égale amplitude. Le phénomène pluvieux suit une évolution cyclique de périodicité d'environ 16 ans dans la région d'Abidjan avec une tendance à la baisse de la pluviométrie au cours des années. Ensuite, les paramètres des modèles d'ajustement mathématique de la pluie de Montana et de Talbot ont été optimisés pour la région d'Abidjan. Il ressort que dans l'agglomération d'Abidjan, le comportement de la pluviométrie obéit à deux lois statistiques pour des plages horaires distinctes. Il s'agit des lois de Gumbel et de Galton qui ajustent au mieux les intensités maximales de pluie, respectivement pour les plages horaires de 10 à 30 minutes et 45 à 240 minutes. L'intégration des données pluviométriques actualisées a permis d'optimiser les paramètres des modèles de Montana et Talbot les plus utilisés dans le drainage urbain pour différentes périodes de retour (2 ans, 5 ans, 10 ans, 25 ans et 50 ans). L'étude a révélé que l'adaptation du modèle de Montana, en vigueur dans la région d'Abidjan, n'est pas satisfaisante. Par ailleurs, un nouveau modèle imbriqué, qui simule au mieux le comportement des averses à Abidjan, a été conçu et ses paramètres ont été optimisés. La discussion montre que ce modèle est pertinent, puisqu'il imbrique deux formulations déjà jugées satisfaisantes. Les modèles optimisés et conçus rendent compte de la réalité physique de la zone d'étude. A ce titre, ces modèles pourront mieux servir aux calculs du drainage urbain à Abidjan et ailleurs dans des environnements climatiques similaires singulièrement, dans la construction d'un ouvrage de drainage des eaux dans le canal qui traverse les quartiers précaires investigués.

Une autre investigation sur le facteur déclenchant a permis de mettre en évidence à travers une classification supervisée, la vulnérabilité à l'inondation par débordement de réseau des différents quartiers précaires. On distingue d'un côté, les quartiers de Doukouré et Yaoséhi avec une faible vulnérabilité au risque d'inondation et de l'autre coté, ceux de Mami Fatai, Yamoussoukro et Niangon Continu avec une forte vulnérabilité ; le quartier Gbinta étant le plus exposé. Cette situation est gouvernée par deux facteurs : la perméabilité hydraulique spécifique (perméabilité verticale) des quartiers précaires et leurs transmissivité (perméabilité horizontale). Les quartiers de Doukouré ($k=1,76.10^{-4}$ $m.s^{-2}$) et Yaoséhi ($1,24.10^{-4}$ $m.s^{-2}$) sont caractérisés par formations sableuses et présentent une bonne perméabilité horizontale. Ces conditions entraînent une faible vulnérabilité au risque d'inondation. Ceux de Mami Faitai ($k=7,71.10^{-5}$ $m.s^{-2}$), Yamoussoukro ($k=5,21.10^{-5}$ $m.s^{-2}$) et Niangon Continu ($k=6,03.10^{-5}$ $m.s^{-2}$), reposent sur des couches de sables latéritiques avec une moyenne perméabilité horizontale. Leurs situations sont favorables à une forte vulnérabilité au risque d'inondation. Seul le quartier Gbinta ($k=7,96.10^{-6}$ $m.s^{-2}$) se trouve sur des argiles bariolées et présente une faible

perméabilité horizontale. Ces caractéristiques font du quartier Gbinta, le quartier le plus exposé au risque d'inondation par débordement de réseau. Dans ces conditions, il devra être prioritairement prise en compte en situation d'inondation avant les quartiers de Mami Faitai, Yamoussoukro et Niangon Continu.

Insuffisances de gestion déchets solides et liquides dans les quartiers précaires d'Abidjan

L'analyse des différents facteurs de l'environnement sanitaire a révélé de nombreuses insuffisances dans le système de gestion de l'assainissement des quartiers précaires. La majorité des déchets solides et liquides produits ne sont pas collectés et envahissent les rues, les terrains vagues et les devantures des concessions. Cette situation expose les populations à des risques de maladies de toutes sortes. L'étude révèle de nombreuses atteintes à la qualité de la vie dans ces quartiers précaires. Une prévalence en maladie de 48% y a été observée. Le paludisme est la principale atteinte au regard de son taux de prévalence (47%). Ce taux est plus élevé que celui de l'ensemble de la commune de Yopougon (23%). Le taux de prévalence palustre est inégalement réparti dans les quartiers précaires. Les plus forts taux sont rencontrés dans les quartiers Yamoussokro et Yaoséhi avec des proportions supérieures à 50%. Le plus faible taux est de 36,6% et se rencontre dans le quartier Niangon Continu. D'autres atteintes ont aussi été observées, notamment, le rhumatisme (25%) et les maladies diarrhéiques (19%). A ce niveau, le taux de prévalence diarrhéique est aussi inégalement réparti. Les quartiers de Doukouré, Mami Faitai et Gbinta ont les plus forts taux (>20%) alors que le plus faible taux (16%) est observé à Niangon Continu.

La finesse spatiale de l'image Quickbirb a permis de mettre à jour la carte du mode d'occupation du sol de la commune de Yopougon, incluant désormais les quartiers précaires. Ce qui a permis de procéder à une meilleure élaboration des différentes cartes thématiques mettant en évidence la caractérisation de l'environnement sanitaire des quartiers précaires.

Une analyse intégrée montre que le quartier de Doukouré est celui qui présente le plus de problèmes en matière d'environnement sanitaire. Les interventions prioritaires d'amélioration de la qualité de l'environnement sanitaire des quartiers précaires doivent concerner donc le quartier Doukouré en premier lieu avant ceux de Yaoséhi, Niangon Continu et Mami Faitai.

L'étude des perceptions, comportements et pratiques a mis en évidence des perceptions à risque des populations en matière de gestion des eaux usées et des ordures ménagères dans 6 quartiers précaires de la commune de Yopougon. L'absence d'infrastructures sanitaires de base soutenue par un manque de volonté politique, la proximité du grand canal de drainage des eaux et la méconnaissance des systèmes d'assainissement et d'évacuation des déchets par les populations en sont les principales causes.

Ces perceptions se traduisent dans les pratiques des populations. Les rues des quartiers sont principalement sollicitées pour l'évacuation des eaux usées. Les rues des 6 quartiers précaires concentrent en moyenne 365 m^3 d'eaux usées par jour, rejetées par les populations à travers les pratiques de lessive et de vaisselle, dans les proportions respectives de 197 m^3/j et 168 m^3/j. Le canal dans le secteur des quartiers précaires étudiés reçoit en moyenne 123 m^3 d'eaux usées de lessive et de vaisselle par jour, dans des proportions respectives de 66 m^3/j et 56 m^3/j. Ces apports constituent une source additionnelle des eaux usées transportées par le canal depuis l'amont ; le mélange des eaux, loin d'être une dilution, augmente au contraire la concentration des substances dans ce milieu. En outre, l'étude a révélé que les ménages pour la plupart, utilisent en commun les douches et/ou latrines insalubres augmentant ainsi les menaces de risques sanitaires.

Les ordures ménagères collectées dans ces quartiers sont, pour la majorité des cas, déversées directement dans le canal d'évacuation des eaux et ou dans les rues et terrains vagues. Dans l'ensemble, on note une forte proportion d'utilisation du canal pour l'évacuation des ordures ménagères dans les quartiers précaires (50%). Les pratiques les plus significatives s'observent à Gbinta (82,1%), Yaoséhi (72,2%) et Niangon Continu (66%).

Le canal, dans le secteur des quartiers précaires, reçoit en moyenne plus de 12 tonnes par jour de déchets collectés dans ces quartiers. Cette quantité qui représentant 42% de la production totale de ces localités, augmente le risque de contamination dans ces milieux défavorisés.

L'organisation de l'atelier participatif intégré (API) a permis d'identifier de façon concertée des solutions d'atténuation des risques sanitaires liés à l'approvisionnement insalubre en eau potable, à la mauvaise évacuation des eaux usées et au mauvais enlèvement des ordures ménagères dans les quartiers précaires. Ces solutions se présentent sous formes d'actions à mener et les acteurs d'exécution ont été identifiés et ciblés.

Ces recommandations de l'atelier participatif qui sont le fruit d'un compromis entre les différents acteurs de la filière, sont liées les unes aux autres et chaque acteur est invité à jouer pleinement son rôle afin d'asseoir une gestion durable des eaux potables, des eaux usées et

des déchets solides dans les quartiers précaires d'Abidjan. La forte implication des populations bénéficiaires (60%) dans tous les compartiments de interventions témoigne de leur motivation et de leur volonté effective à s'approprier le système d'assainissement liquide et solide. Une telle implication renforce l'effectivité et l'équité dans les recommandations élaborées en matière de gestion des eaux et des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires.

Par ailleurs, l'intégration et la synthèse des résultats de l'étude, a abouti à l'élaboration d'un Modèle Systémique d'Aide à Décision pour l'Atténuation des Risques (MSADAR) dans les quartier précaires investigués. Ce modèle se présente comme un outil d'aide à décision pour une gestion durable des eaux et des déchets dans les milieux défavorisés. Cet outil regroupe en son sein des propositions de solutions structurées en deux composantes : les solutions relatives à l'atténuation des géorisques urbains et celles relatives à l'atténuation des risques sanitaires. Il sera mis à la disposition des autorités et pourra servir dans des environnements similaires de la ville d'Abidjan et d'ailleurs.

PERSPECTIVES

La méthodologie développée dans le cadre de ce travail a permis de mettre en évidence les déficiences dans la gestion du drainage urbain et des déchets solides et liquides dans les quartiers précaires de Yopougon. Des pistes d'atténuation des syndromes liées à ces déficiences ont été révélées pour aider à contenir les dangers lies à la mauvaise gestion du drainage des eaux et des déchets solides et liquides dans les quartiers défavorisés à Abidjan (Côte d'Ivoire).

Parmi les interrogations pertinentes qui pourraient se dégager à la suite de cette étude, on peut citer celle-ci : Quels sont les axes de recherche à explorer ultérieurement ?

Modélisation pluviométrique

Une étude pourrait être envisagée en vue de tester l'applicabilité du modèle pluviométrique de Montana optimisé d'une part et du modèle imbriqué conçu d'autre part, dans un contexte de variabilité climatique. Ce travail consistera à appliquer ces modèles sur différents bassins versants urbains instrumentés et permettant la mesure in-situ du couple pluie-débit. Plusieurs tests devront par la suite être appliqués par intégration des données d'événements pluviométriques extrêmes, suivie da la mesure des réponses subséquentes.

Par ailleurs, dans un souci de régionalisation, cette étude pourrait être réalisée en considérant différentes régions d'Abidjan d'une part, et en collaboration avec d'autres chercheurs des

villes côtiers de la sous régions où le modèle de Montana est encore utilisé dans les calculs du drainage urbain d'autre part.

Risques sanitaires dans les milieux défavorisés

Certains aspects méritent d'être investigués pour soutenir ce travail à s'inscrire pleinement dans les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD), en matière d'eau et d'assainissement.

Il s'agit d'envisager une étude qui, se basant sur les acquis du présent travail, favorise le renforcement et le couplage de l'approche participative intégrée à l'approche de Partenariat Public-Privé (PPP). Cette étude cherchera à développer une approche de gestion intégrée et durable des systèmes de collecte et de traitement des déchets, impliquant une participation citoyenne, un partenariat public-privé et une équité à l'échelle des quartiers dévalorisés de la ville d'Abidjan. Cette combinaison sera pertinente pour l'amélioration du système sanitaire en général des quartiers précaires pauvres et cherchera à satisfaire les objectifs suivants : (i)- analyser la nature des déchets solides et liquides, leurs flux en rapport avec le système de leur gestion dans les quartiers précaires de la ville d'Abidjan ; (ii)- examiner les impacts sanitaires et environnementaux de ce mode de gestion notamment, l'étude du lien effectif entre la situation d'assainissement et l'état sanitaire des populations. Cette investigation sera utile pour la définition des stratégies de lutte efficace qui serviront de références dans des milieux similaires ; (iii)- impulser une gestion efficiente et durable des déchets des quartiers défavorisés à travers le renforcement du partenariat public- privé, la recherche des légitimités à l'échelle locale et de l'équité des actions et des politiques publiques qui pourra servir d'école dans les environnements similaires.

Références bibliographiques

Abers R. (1998) – La participation populaire à Porte Allègre au Brésil. In Annales de la Recherche Urbaine n° 80-81, décembre 98, pp. 43-53.

Addo-Yobo F. N., Mensoor A. (2003) – Households: passive users or active managers Inter-Domain Policy Routing Protocol; vol 25 n° 4 pp 374-389

Adou A. (1972) – Etude hydrogéologique du Continental Terminal de la région d'Abidjan. SODEMI, rapport n° 288, 43 p.

Afouda A. A., (1978) – A unified approach to watershed modelling. Nordic hydrology, volume 9, 161p.

Afouda, A. A.,(1980) – théorie de modèles de transformation pluie-débit en milieu semi urbain, Cahiers ORSTOM, série hydrologie, volume XII, n° 2, 90p.

Aghui N. et Biémi J. (1984) – Bassin Sédimentaire de Côte d'Ivoire : Géologie et hydrogéologie des nappes de la région d'Abidjan et risques de contamination. Annales de l'Université d'Abidjan, pp 313 – 348.

Ahlaman S., Sieker H., Svensson G. (2005) – A modelling tool for simulation of sources and fluxes in wastewater system: Focus on storwater sources control. , Proc. 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen, Denmark 10icud_131_474.

Aka K . (1991) – Sédimentation quaternaire sur la marge de Côte d'Ivoire : Essai de modélisation. Thèse de Doctorat d'état es Sciences Naturelles Université de Cocody, 233p

Albert M. W (1997) – Toward a Strategic Sanitation Approach, Improving the Sustainability of Urban Sanitation in Developing Countries. UNDP-Word Bank, Water and Sanitation Program 38p

Ambjerg-Nielsen K.: (2005) – Significant climate change of extremes rainfall. , Proc. 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen, Denmark 10icud_154_513.

Andrieu, H., Balades, J.D., Livet M. (1996) – Apport pluvieux en milieu Urbain- Synthèse des travaux réalisés. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées- Ministère de l'Equipement et des transports, et du Tourisme- Pôle Environnement et Génie Urbain, 24 p

Anonymous (1994) – Cover story-plague, October 2-8. Sunday, 1994 vol 21, n° 40 pp 33-37

Atkinson, S., Songsore, J., Werna, E. (1996) – Urban Health Research in Developing Countries. Implications for Policy. Wallingford: Cab International.

Bartlett S. (2003) – Water, sanitation and urban children: the need to go beyond «improved» provision. Environment and Urbanization 15.2, pp. 57-70

Bartlett S. (2003) – Water, sanitation and urban children: the need to go beyond «improved» provision. Environment and Urbanization 15.2, 57-70

BCEOM, (1982). – Bassin de régulation et réseau d'assainissement de la riviera. *Rapport d'étude 66p.*

Biémi J. (1992) – Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahariens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest: Hydrostructurale, Hydrodynamique, Hydrochimie et Isotopie des aquifères discontinus de sillons et aires granitiques de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire). ***Thèse de Doctorat d'Etat ès-Sciences Naturelles, Université d'Abidjan, 479 p.***

Biot S., Brou Y., T., Oswald J., Diedou A., (2005) – Facteurs de la variabilité pluviométrique en Côte d'Ivoire et les relations avec certaines modifications environnementales ; SECHERESSE, volume 16, Numéro 1, pp 5-13

Boiffin J. (1984) – La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèse de docteur-ingenieur. INA-PG, 320p.

Bouvier C. (1990a) – Assainissement pluvial urbain en Afrique de l'Ouest. Modélisation du Ruissellement. Thèse, Université Montpellier II, LHM, ORSTOM, Laboratoire d'hydrologie, 310p + annexes

Bouvier C. (1994) – Mercedes : un modèle hydrologique d'analyse et de prévision des crues en milieu hétérogène. Crues et inondations- 23èmes Journées de l'hydraulique- Congrès de la société hydrotechnique de France, Nîmes, Vol1, pp. 257-260

Bouvier C. (1996) – Un modèle maillé de la relation pluie-débit basé sur la composition spatiale d'hydrogrammes unitaires ORSTOM, Laboratoire d'hydrologie, 11p

Bouvier C., Hingray, B., (1995) – Une méthode hydro-géographique pour la caractérisation du risque pluvial en milieu urbain. ORSTOM, Laboratoire d'hydrologie, 9p

Bouvier C., Desbordes, M. (1990b) – Un modèle de Ruissellement pour les villes d'Afrique de l'Ouest. Hydro. Cont., vol.5, N° 2 pp. 77-86

Bouvier C., Thébé, B. (1988) – Urbanisation et occupation du sol en Afrique de l'Ouest. CIEH, Ouagadougou, 54 p+ graphes

Bovin P., et Touma J. (1988) –Mesure de l'infiltrabilité d'un sol par la méthode du double anneau, 2, résultats numériques, Ca. ORSTOM, sér.Pédol., vol XXIV, n°1, pp 27-37.

Boyd, M.J, Bufill, M.C, Knee, RM, (1993) – Pervious and impervious runoff in urban catchments. Hydrological Science journal, N°6, Vol. 38 pp463-478

Boyd, M.J, Bufill, M.C, Knee, R., M. (1994) – Predicting pervious and impervious storm runoff from urban drainage basin. Hydrological Science journal, N°4, Vol. 39 pp. 321-332

Boyd, M.J, Rigby. T., VanDrie R., (1996) – A comprehensive flood model for natural and urban catchments. 7th International Conference on Urban Storm Drainage, Hannover, Germany, pp 329-334

Brombach H., Weiss G., (2005) – A new overflow measurement device. , Proc. 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen, Denmark 10icud_133_607.

Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement (BNETD) (1992) – Quartiers précaires d'habitats à Abidjan. Atelier d'Urbanisme d'Abidjan,ex DCGTx, pp 3-87

Castany G., (1998) –Hydrogéologie : principes et méthodes. Paris : Dunod. 236 p.

Chastan B., Gilard, O., Givone, E., Givone, P., Oberlin, G., (1994) – Le modèle Inondabilité, présent et avenir. Crues et inondations- 23èmes Journées de l'hydraulique-Congrès de la société hydrotechnique de France, Nîmes, Volume 1, pp. 741-744

Chocat B. (1978) – Un modèle de simulation des écoulements dans les réseaux d'assainissement pluvial Thèse, INSA, Lyon, 304p

Chocat B. (1987) – Modélisation du fonctionnement des réseaux d'assainissement maillés. INSA, Lyon, 21p

Chocat B (1997a) – Encyclopédie de l'Hydrologie Urbaine. EURYDICE 92, 1124p

Chocat B. (1997b) – Aménagement Urbain et Hydrologie. La Houille Blanche, N°7, pp.12-19

Cissé, G. (1997) – Impact sanitaire de l'utilisation d'eaux polluées en agriculture urbaine. Cas du maraîchage à Ouagadougou (Burkina Faso), Thèse de Doctorat, Département de Génie Rural, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne 267p

Cissé G., Mayestre L-Y., Odermatt P., Tanner M. (1998) – Spatial distribution of diarrhoea and risk factors among children under five in Ouagadougou (Burkina faso), 1st World congress of Health and Urban Environment, Madrid, Spain, july 6-10, 1998; p 340

Cissé, G, Odermatt, P. Tanner, M., Maystre, L-Y. (1999) – Utilisation d'un GPS et d'un logiciel de SIG pour évaluer les variations saisonnières des superficies exploitées des sites de maraîchage dans le tissu urbain de Ougadougou. Séchéresse n°2, Vol.10, juin 1999 : 123-128

Collignon, B. (1999) – Analyse du service de l'eau potable et de l'assainissement pour les populations pauvres dans les villes de Côte d'Ivoire, *HYDROCONSEIL*, p 35.

Collignon B. et Vézina, (2000) – Les opérateurs indépendants des services de l'approvisionnement en eau potable et de l'assainissement en milieu urbain africain, Programme pour l'eau et l'assainissement. pp 3-24.

Colombani J., Lambat J. P. et Thiebaux J. (1972) – Mesure de la perméabilité des sols en place. Un nouvel appareil pour la méthode Müntz. Une extension de la méthode Porchet aux sols hétérogènes. Cah ORSTOM, série Hydrol, IX, pp 15-39.

Creutin, J.D., Andrieu, H., Desbordes, M., (1997) – Rapport « hydrologie en milieu urbain »-Reflexion prospective sur les besoins en recherche sur le thème de l'Hydrologie à petite échelles et notamment en zones urbaines. T.T.H.E., 60p

Crompton D.W.T. et Savioli L. (1993) - Parasitoses intestinales et urbanisation. *Bulletin OMS,* n°71, pp143-149.

Cruette J., (1975) – modèles de crues en zone urbaine en Afrique occidentale. Symposium sur l'hydrologie des crues, Nairobi.

Dagnan N. S., Kone A., B. ; Tiembre I., Ekra K.D., Benié V., J., Ndoutabe M., Tagliante-Saracino J. (2002) – Etude de la prévalence du paludisme dans la commue de Yopougon Abidjan- Côte d'Ivoire. Med. d'Afrique Noire Novembre 2002, 49 (11) pp 507-510

Daigl M. (2002): Evaluation des facteurs de risque pour le paludisme et la diarrhée dans les quartiers Yaoséhi, Niangon Sud SICOGI et le village d'Azito- Commune de Yopougon, Abidjan, Côte d'Ivoire ; travail de diplôme en sciences de l'Environnement ; Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich (ETH), 109p

D'Amato, N., (1998) – Climatologie des événements pluvieux en zone sahélienne analysée à partir des données pluviographiques de l'expérience EPSAT-NIGER. Thèse, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 175p

De Marsily , G., (1997) – Commentaires inspirés de la lecture de la tribune libre de J. Ganoulis : Sur la modélisation des phénomènes hydrologiques. Rev. Sci. Eau, 1, pp. 19-21

De Ploey J., Poesen, (1985) – Aggregate stability runoff generation and interril erosion. In: Geomorphology and Soils. Rchards K.S., Arnett R. R., Ellis S. (Ed.). Allen et Unwin. pp 99-120

De Keersmaecker M.L. (1989) – Potentialités de la télédétection satellitaire pour l'étude de la structure interne des villes. Application au cas de Bruxelles. Thèse de doctorat, Université Catholique Louvain-La-Neuve, 479 p.

Debordes M. (1975) – Une étude générale de l'assainissement pluvial urbain. La Houille blanche, nrJ 1, pp. 37-43.

Desbordes M, (1984) – Modélisation en hydrologie urbaine. Recherches et applications. Université de Montpellier II Laboratoires d'hydrologie mathématique STU, 183p

Desbordes M. (1994) – Principales causes d'aggravation du risque d'inondation par ruissellement pluvial en milieu urbanisé. Crues et inondations- 23èmes Journées de l'hydraulique- Congrès de la société hydrotechnique de France, Nîmes, Volume 1, pp. 487-492

Desbordes, M. (1995) – Etude de la faisabilité d'un modèle simplifié de simulation d'inondation pluviale urbaine. Euroflood 2. The management of consequence of climatic change UMII, 20 p

Desbordes, M. (1997) – La Gestion Urbaine du Risque d'Inondation. La Houille Blanche, N°7 pp. 20-24

Deutsch, J.C., (1997) – La Gestion des risque. La Houille Blanche, N°4 pp. 325-328

Diomandé M., (2005) – Modélisation en hydrologie urbaine : Utilisation des modèles pluie-débit dans le drainage des eaux pluviales de la ville d'Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire), DEA des Sciences de la Terre, URF STRM, Université de Cocody, 70 p, sans annexes.

Djaman J.A., Yapi A., Dje M.K, Diarra J.N., Guédé-Guina F. (2002) – Sensibilité in vitro à la chloroquine de Plasmodium falciparum à Abidjan. Médecine d'Afrique Noire, 48, pp. 371-374.

Dongo K., (2001): – Etude de l'Evolution du Système d'Assainissement "Eaux usées" de la ville d'Abidjan, DEA Sciences de la Terre, Option Hydrogéologie, Université de Cocody_Abidjan 81p

Dongo K., Diomandé M., Cissé G., Tanner M, Biémi J, (2005): – Optimizing Montana's model to permit urban drainage in humid tropical environment : the case of Abidjan Côte d'Ivoire. , Proc. 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen, Denmark 10icud_134_848.

Dumay, H., BECEOM, (1994) – Clypseau. Outil d'identification de la prévention du risque d'inondation par interprétation cartographique. Crues et inondations 23èmes Journées de l'hydraulique- Congrès de la société hydrotechnique de France, Nîmes, Volume 1, pp. 735-740

El Housseynou L.Y (2001) – Réinventer un nouvel urbanisme pour une bonne gouvernance locale à partir des outils de participation et de planification stratégique concertée, Forum International sur la Pauvreté Urbaine (FIP). Centre des Nations Unies pour les Etablissements Humains (CNUEH) ; Marrakech du 16 au 19 octobre 2001 version définitive, 19p

Emeriault F., Breysse D., Kastner R., Denis A (2004). –Geotechnical survey and mechanical parameters in urban soils: modelling soil variability and inferring representative values using the extension of Lyon subway line D as a case study. Rev. can. geotech. 41(5): 773-786

Ersey.S.A., Potash J.B., Robert L., Shiff C (1991) – Effect of improved wayer supply and sanitation on ascariasis diarrhoea, and trachoma. Bulletin of the World Health Organization 69,609-621

Eskenazi, E., (1976) – Contribution à l'étude de la fonction de transfert Pluie Nette-Débit Resultant des bassins hydrologiques. Thèse, Université de Liége, 241p

Farthing M.J.G. (2000) – Diarrhoea: a significant worldwide problem. Int. J. antimicrobial agent N° 14, pp. 65-69.

Fourier B. (1967) – Les facteurs d'érosion du sol par l'eau, les recherches sur la conservation du sol en Afrique et à Madagascar. Sols africains vol XII n°1 Janv- avril, pp 1-57

Francos H., Bituro M. (1999) – Innovative Way for Solid Waste Management in Dar-Es-Salaam: toward Stakeholder partnerships; *Habitat International* vol.23 n° 3 pp 351-361

Gabriel G., Joshua A., A.,M., Olivia J., Beatricia K; (2004) – Health status of people of slums in Nairobi, Kenya; Environmental Research vol 96 pp 219-227

Garrido M., (2002) – Modélisation des évènements rares et estimations des quantiles extrêmes, Méthode de sélection de modèles pour les queues de distribution, Thèse de doctorat, Université Grenoble1, 231p.

German J., Vikström M., Svensson G., Gustafsson L.G., (2005) – Integrate stormwater strategies to reduce impact on receiving waters. , Proc. 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen, Denmark 10icud_145_565

Gilard, O., Gendreau, N., (1998). – Inondabilité : une méthode de prévention raisonnable du risque d'inondation pour une gestion mieux intégrée des bassins versants. Rev. SCI ; Eau, 3, pp. 429-444

Gogien F., Manic G., Zug M.,: (2005) – An operational modelling tool for sewer networks management. , Proc. 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen, Denmark 10icud_132_596.

Gueu D.G. (1993) – Épidémiologie des maladies infectieuses transmises par voie hydrique à Abidjan. Thèse de Doctorat en pharmacie, Université d'Abidjan, 211 p.

Hachicha M., Bouksila F., Zayani K. et Mhiri A. (1996) – Etude comparative de la perméabilité mesurée par les méthodes de Reynolds, Porchet et Müntz dans le cas de sols argileux affectés par la salinité. Revue Sécheresse n°3, vol 7, pp 209-215.

Hadoy J. Mitlin D and sattrethwaite D. (2001) – Environmental problems in an urbanizing world - Finding solutions for cities in Africa, Asia and Latin America. London, Earthscan Publications, 2001. 448 p.

Harpham, T. (1996) – Urban Health Research in Developing Countries. Reflections on the Last Decade. In Urban Health Research in Developing Countries. Implications for Policy, ed. S. Atkinson, J. Songsore, E. Werna. Wallingford: Cab International, pp. 1-9.

Harpham, T., Molyneux, C. (2001) –Urban health in developing countries: a review. Progress in Development Studies *1:113-137*

Harpham, T., Tanner, M. (1995) – Urban Health in Developing Countries. Progress and Prospects. London: Earthscan, 228p

Haeringer . P. (1977) - Occupation de l'espace urbain et péri-urbain. Atlas de la Côte d'Ivoire, Abidjan pp 5-19

Hervouet, J.M., Moulin, C., (1994) : Modèles mathématiques bidimensionnels aux écoulements finis pour l'analyse des crues des inondations. Crues et inondations- 23èmes Journées de l'hydraulique- Congrès de la société hydrotechnique de France, Nîmes, Volume 1, pp. 251-255

Hingray, B (1995) – Modélisation spatialisé et hydrologie urbaine dans les pays en voie de développement : Application aux bassin expérimentaux de Ouagadougou. Mémoire de DEA, ORSTOM-Université de Montpellier II, 89 p

Hingray, B (1996) –Inondation et tissu urbain/ Rapport de campagne 1996. ORSTOM, Laboratoire d'hydrologie, 27p + annexes.

Hingray B., (1999) – Comportement et modélisation Hydraulique des zones bâties en situation d'inondation: le cas des zones cloisonnées d'habitat individuel de Ouagadougou, Thèse, ORSTOM-Université de Montpellier II, 316p + annexes

Hypko E.R. (2001) – Caractérisation physico-chimique et microbiologique de la pollution de la lagune Ebrié et évaluation du risque sanitaire. Doctorat d'état en médecine, Faculté de Médecine d'Abidjan 253p

Ikounga M., (1976) – Les modèles d'écoulement en hydrologie urbaine. Mémoire de DEA, Université Pierre et Marie Curie, Paris, pp1-53

INS (1998) – Premiers résultats définitifs du Recensement Général de la population et de l'Habitat, RGPH 98, Document technique p. 32

INS (2000) – Recensement Général de la population et de l'habitat, (RGPH98). Document de synthèse. 96p

INS (2001) – Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH) 1998. Données socio-démographiques et économiques des localités, résultats définitifs par localités, région des lagunes, vol.III, tome 1, 43 p.

INHP : Institut National d'Hygiène Publique (1998) – Stratégie de lutte contre les maladies diarrhéiques. Rapport d'étude, Abidjan, pp12-16

Javelle P., Galéal G. & Grésillon J.M., (2000) – The flow-duration-frequency approach: former and new developments. Journal of water sciences, 13 (3), pp305-323.

Jeffrey S., Douglas S., John, S. (1997) – Improving garbage collection in Latine America's slums: some lessons from Machala, Ecuador , Ressources, Conservation and recycling

JICA, MLU-CI (2000) – Agence Japonaise de Coopération Internationale : Etude de faisabilité sur l'assainissement de la partie Ouest d'Abidjan en République de Côte d'Ivoire. Rapport final, 159 p.

King D., Le Bissonnais Y., (1992) – Rôle des sols et des pratiques culturales dans l'infiltration et l'écoulement des eaux. Exemple du ruissellement et de l'érosion sur les plateaux limoneux du nord de l'Europe. C. R. Acad. Agric. Fr., 78, n°6, pp 91-105

Kinoshita, S., Sato, S. Terayama H., (1996): - Flood Simulation by Two-dimensional tank model. 7th International Conference on Urban Storm Drainage, Hannover, Germany, pp.959-964

Koji, S., Yuji, Y., (1993) – A flood simulation system to improve existing storm drainage systems. 6th International Conference on Urban Storm Drainage, sept 93, Niagra Falls, Ontario, Canada, pp.288-293

Komenan W., (1995) – Analyse de la situation concernant l'approvisionnement en eau potable et la précollecte des ordures ménagères. Amélioration de l'Environnement des zones périurbaines de Yaoséhi et Doukouré à Yopougon. PNUD-Banque Mondiale pp 6-27

Kopieu G. (1996) – Déchets solides en milieu urbain d'Afrique de l'ouest et centrale. Vers une gestion durable. Série séminaires PDM-VIII pp 53-58

Kouadio B.H. (2001) – Insécurité et géorisque en Afrique de l'Ouest: Apport de la télédétection et des SIG à l'étude des phénomènes de risques dans la région sémi-montagneuse de Man (Ouest de la Côte d'Ivoire) Thèse de Doctorat 3è cycle, Université d'Abidjan, 167p

Kouadio K. (2000) – Contribution à l'étude de la spéciation de quelques métaux dans les sédiments d'une lagune tropicale (lagune Ebrié) : cas de la baie de Yopougon, Mémoire de DEA, Université Abobo-Adjamé 82 p.

Kouadio H. B., Kouamé F. K., Bonn F., Saley B. M., Ndri E. B., (2004) – Étude par télédétection et SIG de la vulnérabilité à l'érosion hydrique des sols en milieu urbain: cas de la commune de Cocody-Abidjan (sud de la Côte d'Ivoire) Document soumis à publication. 18p

Kouamé K. J. (2003) Apport d'un SIG à la réalisation de la carte de la vulnérabilité de la nappe du continental terminal au niveau de l'agglomération d'Abidjan. Mémoire de DEA des Sciences de la terre. Université de Cocody. 73p.

Kouassi A. E. (2005) – Caractérisation physico-chimique du lixiviat de la décharge d'Akouédo (Cote d'Ivoire) et des eaux souterraines dans ses environs. Mémoire de DEA Sciences de la terre. Université de Cocody Abidjan. 65p.

Kouassi A., Guiral D. et Dosso M. (1995). –Variations saisonnières de la contamination microbienne de la zone urbaine d'une lagune tropicale estuarienne. Revue Hydrobiol. Trop. N° 23, P. 181-194.

LA Voie nº 1751, (1997). – Abidjan sous la menace des pluies diluviennes. Article de presse http://www.africaonline.co.ci/AfricaOnline/infos/lavoie/1751POL4.HTM

Layahe, J.P., Puech, C., (1985) – Quelques références sur le ruissellement urbain en Afrique. CIEH, Ouagadougou, 17 p + annexes

Le Bissonnais Y, Singer M. J., Bradford J., (1993) – Assessment of soil erodibility: the relationship between soil properties, erosion processes and susceptibility to erosion. In: Farm land erosion and temperate plains environment and hills. Wicherek (Ed.) Elsevier, pp 87-96

Le Bissonnais Y, Le Souder C (1995) – Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la battance et à l'érosion. Etude et Gestion des sols volume 2 n°1 pp 43-56

Lemoine L., Cruette J., (1974) – Adaptation de la formule de Caquot aux régimes des régions intertropicales. Société hydrotechnique de France, XIIIème journée de l'hydraulique, Paris.

Lemoine, L., Michel, C. (1972) – Essai d'adaptation à l'Afrique Tropicale des méthodes classiques de calcul de débit des ouvrages d'assainissement urbain. Publication de CIEH, série hydrologie, 35p

Lombry T., (2000). – Météorologie élémentaire, Météorologie tropicale http://www.astrosurf.com/lombry/meteo-temperature.htm

Mairie d'Abidjan : Direction de l'Environnement (1995) – Rapports annuels sur les collectes des ordures. Ville d'Abidjan, 19 p

Mairie d'Abidjan : Direction de l'Environnement (1998) – Rapports annuels sur les collectes des ordures. Ville d'Abidjan, pp 3-21

Maksimovic, C., Todorovic, Z., (1993) – Urban drainage in the humid tropics. Hydrology of Warm Humid Region (Proceedings of the Yokohama Symposium) IAHS Publ., N° 216, pp. 337-401

Martin C., Ruperd Y., Jouanier M., Leget M. (2005) – Experience on best management practise for urban drainage: An assessment of their performance and perception, Proc. 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen, Denmark 10icud_114_557.

Mayer L., (1995) – Hillslopes : Introduction to Quantitative Geomorphology, New York, pp 227-252.

Maystre, L. Y. (1994) – Déchets urbains. Nature et caractérisation. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires Romandes, 119 pages.

Mesny, B. (1997) – Crise et Gestion de crise- Application à l'eau. La Houille Blanche, N° 8 pp. 11-16

Mic, R., Galéa G. & Javelle P., (2002) – Floods regional modelling of the Cris watershed : classical regional and reference models approach, Journal of water sciences 15 (3) : pp 677-700.

Ministère de l'environnement et du tourisme : Plan National d'Action pour l'Environnement (PNAE - CI) (1994) – Livre blanc de l'environnement de Côte d'Ivoire, Tome 1. Abidjan, 179 p

Ministère des travaux publics et des transports de Côte d'Ivoire. Direction de l'eau, (1986) : Instructions techniques relatives aux réseaux d'assainissement. Version 1, 173p

Moneron C., Tassin B., (1998) – Terrain 1, Approche globale

Morel A L'Huissier, A., (1993) – projet d'amélioration des conditions de vie urbaine à Ougadougou- Volet drainage/eaux pluviales- Rapport de Consultant. CIEH, Ouagadougou, 80p

Morel A L'Huissier, A., (1996) – L'assainissement des eaux pluviales en milieu urbain tropical subsaharien. Programme d'Alimentation en Eau et d'Assainissement, PNUD-Banque Mondiale GREA-AO, 167 p

Morel A L'Huissier, A., (1997) – L'eau, la ville et l'urbanisme : Ouagadougou. Academie de l'eau, 35p

Morel A L'Huissier, A. (2003) – Gestion domestique des eaux usées et des excréta : étude des pratiques et comportements, des fonctions de demande, de leur mesure en situation contingente et de leur opérationnalisation ; rapport final février 2003 ; Programme gestion durable des déchets et de l'assainissement urbain, pS-Eau, 75p

Mouchet J. (1999) – Vectors and environmental factors in malaria Transfus Clin Biol 6: 35-43

Moyenga H., Belem, A. (1996) – Description géographique et topographique d'un quartier fréquemment inondé à Ouagadougou : Rapport de fin d'étude - ETSCHER/ORSTOM vol : 1+2, 2*25p

Murray C. J. L., Lopez A. D. (eds) (1996) – The Global Burden of Disease, vol II, Global Health statistics: A compendium of incidence, prevalence and mortality estimates for over 200 conditions, Harvard School of Public Health on behalf of the World Health Organization and the World Bank, Cambridge, MA pp 13-31

Nash L. (1993) – Water quality and health. In : Gleick, P., ed. Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources. New York, Oxford University Press, pp. 25-39.

Obrist, B., Euwijk, P. van. eds. (2003).– Afflictions of City Life. Accounts from Africa and Asia. Anthropology & Medicine (Special Issue) pp10-3.

Olshansky S., Carnes B., Rogers R., and Smith L. (1997) – Infectious diseases - New and ancient threats to world health. Population Bulletin 52(2), pp. 2-43.

OMM, (1983) – Guides des pratiques hydrologiques Volume II Analyse, prévision et autres applications, 293p.

OMS (1991) – Manuel d'épidémiologie pour la gestion de la santé au niveau du district, Ed. Jouve, Genève, 187p

OMS et UNICEF (2000) – Comité OMS d'experts du paludisme. Séries de rapports techniques, 892, p. 85

Paquier, A., Tanguy, J.M., Haider, S. & Zhang B., (2003) – Estimation of the flood levels for a flash flood in urban area: comparison of two hydrodynamic models on the 1988's Nîmes flood. Journal of water sciences, 16 (1): pp 79 – 102.

Paturel J-E., Servat E., Kouamé B., Boyer J-F., Lubes H., Masson J-M., (1995) – La sécheresse en Afrique de l'ouest non sahélienne (Côte d'Ivoire, Togo, Bénin). Sécheresse, volume 6, n°1, P. 95-102.

Pichat P. (1995) – La gestion des déchets. Population, Études sociologiques de l'habitat. Évreux, Dominos Flammarion 124 p.

Picheral, I., Deutsch, J.C., Hubert, G., Torterotot, JP., (1997) – Evaluation des dommages dues aux inondations pluviales urbaines, Projet Euroflood 2 CERGRENE, Paris, 67p + annexes

PNLP, (2003) – Programme Nationale de lutte contre le paludisme (PNLP). Rapports annuel d'activité2001, 2002, 2003. Document technique 27p

Programme de l'Eau et de l'Assainissement, Institut de la Banque Mondiale (1999) – Rapport provisoire sur l'analyse du service de l'eau potable et de l'assainissement pour les populations pauvres dans les villes de la Côte d'Ivoire, PNUD, Banque Mondiale. pp 32-62

Puech, C. et Gonni C., 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.

Réménérias G. (1976) – Hydrologie de l'ingénieur, Ed.Eyrolles*, Paris, 456p.*

Réménérias G., (1986) – Hydrologie de l'ingénieur, Ed.Eyrolles*, Paris 456p.*

Renouf E., Paquier A., Mignot E. (2005) – - Assessment of the exchanges between sewage network and surface water during flooding of town of Oulis. , Proc. 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen, Denmark 10icud_120_587.

Riccardi, G., (1997) – The mathematical modelling of flood propagation for the delineation of flood risk zones. Proc., Rabat symposiums&, April 1997, Sustainability of water resources under Increasing Uncertainty, IAHS Pul., N° 240, pp 355-364

Rizzoli, J.L., (1997) – Prise en compte du risque d'inondation dans l'aménagement de la region de l'Ile-de-France. La Houille Blanche, N° 8 pp. 77-79

Ruegg. A:, (1989) – Probabilités et statistique - Méthodes mathématiques pour l'ingénieur. Troisième édition, Presses romandes, 153p

Ruperd Y., B aladès, J.D, (1996) – Knowledge improvement of urban strorm runoff. 7th International Conference on Urban Storm Drainage, Hannover, Germany, pp 312-316

Salha M. K., Mansoor A. (2005) – Solid waste collection by the private sector : Households' perspective-Findings a study in Dar es Salaam city, Tanzania; Habitat International Article in press; 12p

Sané, Y. (1999) –Une ville face à ses déchets: une problématique géographique de la pollution à Abidjan -Côte d'Ivoire, thèse de doctorat, Université Laval, Québec, 290 p.

Sané Y (2002) – La gestion des déchets à Abidjan : un problème récurrent et apparemment sans solution ; African Journal of Environmental Assessment and Management volume 4 n°1 pp 13-22

Sighomnou, D, (1986) – Assainissement pluvial en zone urbaine en Afrique Tropicale-Adaptation du modèle fr Caquot. Thèse, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier pp6-107,

Sighomnou, D. et Desbordes, M., (1988) – Recherche d'un modèle de pluie de projet adapté aux précipitations de la zone tropicale africaine ; Cas d'Adiopodoumé – Abidjan (Côte d'Ivoire); in, Hydrologie Continentale, n°2, pp 131-139.

SOGREAH (1996) – Ingénierie. Etude de la gestion et de la protection de la nappe assurant l'alimentation en eau potable d'Abidjan ; Etude sur modèle mathématique ; Rapports de phase 1 et 2, République de Côte d'Ivoire, Ministère des Infrastructures Economiques, Direction et Contrôle des Grands Travaux (DCGTX), 51p

Stéphane B, Salomon T. (2001) : La maison des mégawatts : le guide malin de l'énergie chez soi, éd Terre Vivante, 1ère édition, 154p

Strauss M., Heinss U., Montangero A. (2000) – On-site sanitation : When the pits are full. Planninig for resource protection in feacal sludge management. Proceedings, Int. Conference, Bad Elster, 20-24 Nov. 1998. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 105: Water, Sanitation & Health - Resolving Conflicts between Drinking-Water Demands and Pressures form Society's Wastes (I. Chorus, U. Ringelband, G. Schlag and O. Schmoll, eds.). IWA Publishing House and WHO Water Series. ISBN No. 3-932816-34-X.

Tanguay, Isabelle, et Durand Claire (1998) – Modèle d'analyse factorielle confirmatoire des facteurs reliés aux aspirations scolaires et professionnelles des jeunes Néo-Québécois, actes de la *66e Congrès de l'Acfas, 11-15 mai 1998, Université Laval, Québec.* http://www.acfas.ca/congres/congres66/C1545.htm *(consulté le 02-09-2005)*

Tastet, J.P. (1979) – Environnements sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du Golf de Guinée (Côte d'Ivoire, Togo, Bénin), Thèse, Université de Bordeaux I, 2vol ; 212p

Topsoba, A. S (1995) – Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région de Dabou (Sud de la Côte d'Ivoire) : Hydrochimie, isotopie et indice de vieillissement des eaux souterraine. Thèse de doctorat, 3ème cycle, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 200p

Torterotot, J.P., (1993) – Le coût des dommages dus aux inondations : estimation et analyse des incertitudes. Thèse, Ecole normale des ponts et Chaussées, pp 23-89

Touazi, M. & Laborde J.P., (2004) – Modélisation pluie-débit à l'échelle annuelle en Algérie du nord. Revue des Sciences de l'Eau, 17 (4) : pp 503-516.

Touma, J., (1987) –Test: Modèle pour tester la représentativité des caractéristiques hydrodynamiques d'un sol non saturé déterminées in situ. Document Orstom Dakar 25p.

Touma J. (1984) – Etude critique de la caractérisation hydrodynamique des sols non saturé : rôle de l'air, influence de l'écoulement multidimensionnel de l'eau. Thèse de Doctorat ès Sciences Physiques, Université de Grenoble, 224 p.

UNICEF (2001) – Enfants en Circonstances Extrêmement difficile/Intervention en Milieu Urbain Pauvre (ECED/IMUP) pp-1-17

UN-HABITAT (2002).- Urban Management Programme Phase 3 Report, UMP 30. May 2002, 71 p,

Varlet F. (1978) – Le régime de la Lagune Ebrié (Côte d'ivoire). Traits physiques essentiels, trav. et Document de l'ORSTOM, n°83, deux volumes, 164 p+70 p.

Villeaubreuil G. (1962).-Hydrologie en Côte d'Ivoire. Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières; Editions techniques, (20) : 43p

Warner D. (1998) – Drinking water supply and environmental sanitation for health. Presented at the International Conference of Water and Sustainable Development. Paris, 10 p.

Weber C. and Hirsch J. (1992). –Some urban measurements from SPOT data: urban life quality indices, International Journal of Remote Sensing, vol. 13, n°17, pp. 3251-3261.

WHO World Health Organization (1997) – Health and environment in sustainable development: Five years after the earth summit. Geneva, 245 p.

WHO (1999) – Health: Creating healthy cities in the 21st Century. In: Satterthwaite, D., ed. The Earthscan Reader in Sustainable Cities. London, Earthscan Publications, 1999. pp. 137-172.

WHO 1999– Health creating healthy cities in the 21st Century. In: Satterthwaite, D., ed. The Earthscan Reader in Sustainable Cities. London, Earthscan Publications,p.137-172.

WHO (2000a) – Global water supply and Sanitation Assessment World Health Organization, Geneva, pp 2-9

WHO (2000b) – The World Health report 2006health System: Improving Performance. World Health Organization, Geneva pp 17

WHO (2005). – Communicable diseases surveillance & response (CSR) Diseases outbreak report; Yellow fever in Côte d'Ivoire- update.

Wischmeier, W. H. et Smith, D. D. (1978) Predicting rainfall erosion losses: "a guide to conservation planning" United States Department of Agriculture, Handbook 537, 58 p.

WORLD BANK (1993) – World development report 1993. Environmental priorities for development sanitation and clean water. Washington DC, pp 44-50,98-113

WORLD BANK (1993) –Water resources management: A World Bank policy paper. Washington, 140 p.

Yao B (1996) –Evolution de la pluviométrie et de la déforestation dans le Sud-Ouest et le centre de la Côte d'Ivoire. Note de travaux n°8. Document ORTOM Avril 1996, 67p

Zade S. G. P (2002) – Etude de la qualité chimique et bactériologique des eaux de puits des quartiers précaires de la ville d'Abidjan. Incidence sur la santé publique. Mémoire de DEA Université de Cocody 94p

Zech Y., Sillen X., Djeufa S., Pahaut T., "(1993) Rainfall-runoff modelling of partly urbanised watersheds. Comparison between a distributed model using GIS and other models", Proceedings Sixth International Conference on Urban Storm Drainage, Niagara Falls, 12-17 September, pp. 1452-1457

Zobrist, C., Cencic, N., Demortier, G., (1998) : - Etude méthodologique de l'impact des déversements en temps de pluie- application à la rivière Orne. Novatech 98, 3ème Conférence Internationale, mai, 1998, Lyon, France, Vol. 2, pp. 109-116

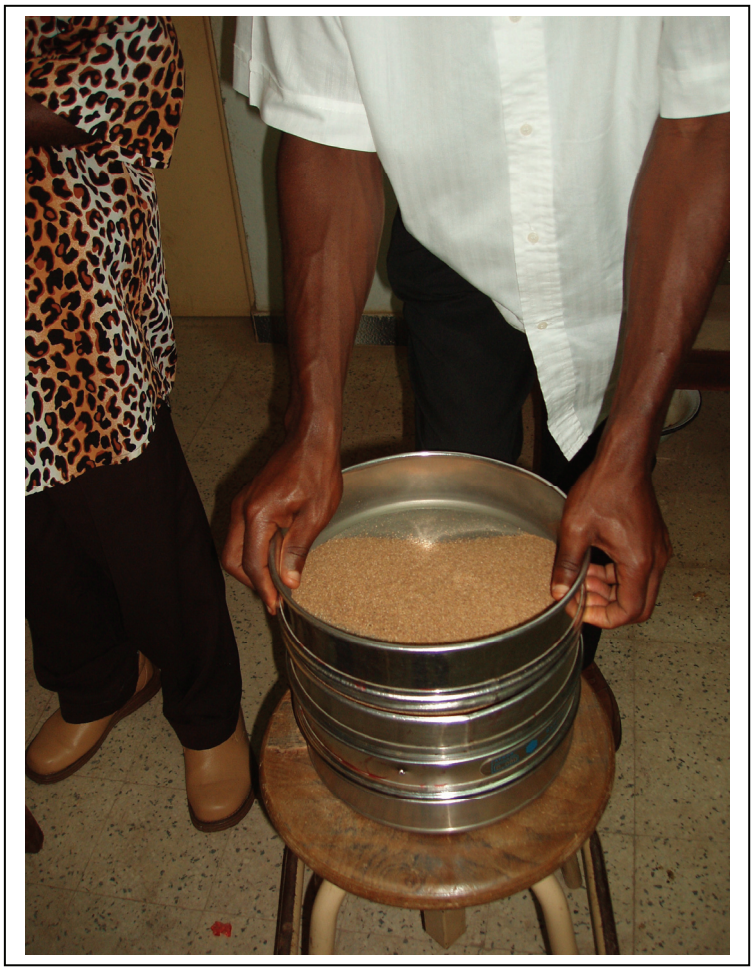
Zoro E.G. (2001) – Apports de l'information géographique dans l'élaboration d'un indicateur de développement urbain: Abidjan et l'île de Montréal. Thèse de Doctorat, Université de Sherbrooke, 123 p

Annexes

Annexe1 : Classes de stabilité, battance et érosion en fonction des valeurs du diamètre pondéral des particules des sols (Le Bissonnais et Le Souder, 1995)

Diamètre moyen pondéral	Stabilité	Battance	Ruissellement et érosion diffuse
< 0,4 mm	Très instable	systématique	Risque important et permanent en toute conditions topographiques
0,4-0,8 mm	Instable	Très fréquente	Risque fréquent en toute situation
0,8-1,3 mm	Moyennement instable	Fréquente	Risque variable en fonction des paramètres climatiques et topographiques
1,3-2 mm	stable	Occasionnelle	Risque limité
>2 mm	Très stable	Très rare	Risque très faible

Annexe 2 : Essai granulométrique : opération de tamisage manuel



Annexe 3 : planche : phenomene d'eboulement a yaoehi

Des habitations menacées d'éboulement dans le quartier Yaoséhi

ANNEXE 4.1 :ENQUETE MENAGE ----- OCTOBRE 2003

QUESTIONNAIRE A

IDENTIFICATIONS ET INFORMATIONS DE BASE

IDENTIFICATION	***Reporter les Codes***
A1°) Code de l'Enquêteur(trice) |__|__|	1|__|__|
A2°) Date |__|__| |__|__| |__|__|	2|__|__|__|__|__|__|__|
A3°) Quartier/village: N0 |__|__|	3|__|__|.
A4°) Numéro du questionnaire : |__|__|__|__|__|	4|__|__|__|__|__|
♦♦**Le guide présente l'enquêteur et l'objet de l'étude (Message 1)** ♦♦**Procédez à la sélection du ménage!!**	
A5°) Numéro du ménage : |__|__|__|__|__|	5|__|__|__|__|__|
A6°) Nom du chef de ménage…….	6……

Le guide présente encore l'enquêteur et l'objet de l'étude. (Message 1) **L'enquêteur se présente, précise les objectifs de l'enquête et rassure l'interlocuteur (Message 2)**	***Reporter les Codes***
A7°) Début entretien _/__/__/ h _/__/__/ mn	7|__|__|__|__|__|
A8°) Nom interlocuteur…….	8……..
A9°) Sexe de l'interlocuteur *1. masculin* *2. féminin*	9|__|
A10°) Lien de parenté avec le chef du ménage …….	10|__|…….
A11°) Indications pour reconnaître votre maison (N0 Du lot, autres, etc…) …….. …… ……	11…….. ……
A12°) Lieu d'habitation antérieur du ménage……	12|__|
1. Quartier viabilisé (Abj) *3. Quartier viabilisé (Hors Abj)* *2 Quartier précaire (Abj)* *4. Quartier précaire (Hors Abj)* *5 Village (en CI)* *6. Village (Hors CI)* *7. Autre(s)* **A12a°)** Si Autre, préciser……	12a……..
HABITAT	
A13°) Depuis quant habitez-vous le quartier/village (mois) ? |__|__|__|	13|__|__|
A14°) Type d'habitat du ménage *1. Individuel* *2. Cour commune* *3. Immeuble* (observation)	14|__|
A15°) Combien y a-t-il de pièces (chambres et salons) de la maison : |__|__|	15|__|__|
A16°) Matériaux de construction du mur de la maison (Observation) *1. En ciment* *3. En bois* *2. En terre* *4. Tôle* *5. Autre* **A16°a)**. Si Autre préciser…….	16|__| 16a……..
A17°) Matériaux de construction du toit de la maison (Observation) *1. En tôle* *2. En plastique* *3. En Paille* *4. Tuile* *5. Dalle béton* *6 Autres* **A17a°)** Si Autre préciser ……..	17 |__| 17a…….. 18 |__| 18a……..
A18°) Statut d'occupation du chef de ménage : *1. Propriétaire* *2. Hébergé gratuit* *3 . Locataire* *4. Autre* **A18a°)** Si Autre préciser……..	19|__|__|__|__|__|__|
A19°) Si locataire, combien payez-vous par mois ?…….	

Reporter les Codes

EQUIPEMENTS

A20°) Votre ménage dispose-t-il des moyens de déplacements suivants ?

20a	Voitures	*1. Oui*	*2. Non*	**20a1**	Si *Oui* Nombre	|__|__||__|
20b	Mobylette*s*	*1. Oui*	*2. Non*	**20b1**	Si *Oui* Nombre	|__|__||__|
20c	Bicyclette	*1. Oui*	*2. Non*	**20c1**	Si *Oui* Nombre	|__|__||__|
20d	Autre(s)	*1. Oui*	*2. Non*	**20d1**	Si *Oui* Nombre	|__|__||__|

A20e°) Si Autre, préciser…….

20
a|__| a1|__|__||__|
b|__| b1|__|__||__|
c|__| c1|__|__||__|
d|__| d1|__|__||__|

21e…….

A21°) Votre ménage dispose-t-il des équipements électr0ménagers suivants :

21a Télévisions *1. Oui* *2. Non* **21a1** Si *Oui* Nombre |__|__||__|

21b Radios *1. Oui* *2. Non* **21b1** Si *Oui* Nombre |__|__||__|

21c Réfrigérateurs *1. Oui* *2. Non* **21c1** Si *Oui* Nombre |__|__||__|

21d **Ventilateur** ***1. Oui*** ***2. Non*** 21d1 **Si *Oui* Nombre** |__|__||__|

21e **Autres appareils électriques** ***1. Oui*** ***2. Non*** 21e1 **Si *Oui* Nombre** |__|__||__

A22f°) Si Autres, appareils, préciser …….

21
a|__| a1|__|__||__|
b|__| b1|__|__||__|
c|__| c1|__|__||__|
d|__| d1|__|__||__|
e|__| e1|__|__||__|

21a……

A22°) Ces appareils sont-ils branchés sur des prises ?

22a	Télévisions	*1. Oui*	*2. Non*
22b	Radios	*1. Oui*	*2. Non*
22c	Réfrigérateurs	*1. Oui*	*2. Non*
22d	**Ventilateur**	***1. Oui***	***2. Non***
22e	**Autres appareils électriques**	***1. Oui***	***2. Non***

A22f°) **si Autres appareils, préciser** ……..

22
a|__|
b|__|
c|__|
d|__|
e|__|

22f……

A23°) Combien payez-vous le courant par mois ? |__|__||__||__||__|

24|__|__||__||__||__|

A24°) Quelles sources d'éclairage votre ménage utilise-t-il ?

24a . Electricité *1. Oui* *2. Non* **24b.** Lampe *1. Oui* *2. Non*
24c. Bougie *1. Oui* *2. Non* **24d**. Torche *1. Oui* *2. Non*
24e. Autre *1. Oui* *2. Non*

A24f°) Si Autres préciser …….

24
a|__|
b|__| d|__|
c|__| e|__|
25f……..

A24a°) Si Electricité :

24a1. Avez-vous un compteur ? *1 oui* *2 Non*
24a2. Combien avez-vous d'ampoules? |__||__|
24a3. Combien avez-vous de prises ? |__||__|

24
a|__|
b|__||__|
c|__||__|

A25°) . Quelle(s) source(s) de combustible(s) votre ménage utilise-t-il pour la cuisine ?

***25*a**. Courant *1. Oui* *2. Non* ***25* b**. Charbon de bois. *1. Oui* *2. Non*
25c. Gaz. *1. Oui* *2. Non* **25d**. Bois de chauffe *1. Oui* *2. Non*
25e. Autre(s) *1. Oui* *2. Non*

25
a|__|
b|__| d|__|
c|__| e|__|

A26°a) .Si Autre préciser……..

26a……

A1 Code Enquêteur :……
A2 Date……..
A3 N° Quartier :……
A4 N° Questionnaire……
A5 N° Ménage :……..…
A6 Chef men.

ENQUETE MENAGE ----- OCTOBRE 2003

QUESTIONNAIRE B

EAUX / ASSAINISSEMENT / LAGUNE

Reporter les Codes

L'enquêteur annonce son passage à des questions sur l'eau.

EAUX

B1°) Quelles sont les sources d'eau de boisson du ménage ? 1

1a. Robinet dans le logement *1.Oui 2. Non* **1b**. Robinet dans la cour *1.Oui 2. Non* a|__| b|__| c|__| d|__|
1c . Borne Fontaine *1.Oui 2. Non* **1d.** Revendeur d'eau *1.Oui 2. Non* e|__| f|__| g|__| h|__|
1e. puits dans la cour *1.Oui 2. Non* **1f**. Puits en dehors de la cours *1.Oui 2. Non*
1g. eau de pluie *1.Oui 2. Non* **1h,** autres *1.Oui 2. Non*

B1i°) Si Autre préciser…….. 1a …….

B2°) Conservez-vous l'eau de boisson dans le ménage? *1.Oui 2. Non* **(Si non aller B7)** **2**|__|

B3°) Si oui, dans quel type de récipient conservez-vous cette eau ? 3

3a.. Bassine *1.Oui 2. Non* **3b**. Bidon *1.Oui 2. Non* a|__| b|__| c|__|
3c. Fût *1.Oui 2. Non* **3d.** Barrique *1.Oui 2. Non* d|__| e|__| f|__| |
3e. Canari *1.Oui 2. Non* **3f.** Autre *1.Oui 2. Non* 3a……..

B3g°) Si Autre préciser……..

B4°) Quel est la matière du récipient de conservation ? 4

4a. En ciment *1.Oui 2. Non* **4b**. En plastique *1.Oui 2. Non* a|__| b|__| c|__|
4c. En métal *1.Oui 2. Non* **4d**. En aluminium *1.Oui 2. Non* d|__| e|__| f|__|
4e. En terre *1.Oui 2. Non* **4f**. Autre *1.Oui 2. Non* 4a……..

B4g°) Si Autre préciser…….. **5**|__|

B5°) Votre matériel de conservation est-il couvert ? *1. Oui 2. Non*

6|__|

B6°) Pendant combien de temps conservez-vous l'eau de boisson ?

1 Une demie journée *2. Une journée entière* 6a……..
3 Deux jours *4. Trois jours et plus* *5. Autre*

B6a°) Si Autre préciser…….. 7

B7°) Utilisez-vous d'autres sources d'eau pour les usages suivants ? a|__| a1……
b|__| b1……..
7a Lessive *1.Oui 2. Non* **7a1** Si oui quelle source ?…..... c|__| c1……..
7b Vaisselle *1.Oui 2. Non* **7b1** Si oui, quelle source ?…..…….. d|__| d1……..
7c toilettes 1.*Oui 2. Non* **7c1** Si oui quelle source ? ……
7d Douches *1.Oui 2. Non* **7d1** Si oui quelle source ? …….

EAUX USEES ET EXCRETA

8|__|

B8°) Le ménage dispose-t-il de latrine ? *1. Oui 2. Non* 9
(aller à B12) a|__| b|__| c|__|
d|__|
B9°) Où est située cette latrine ? 9e……

9a Dans la maison *1.Oui 2. Non* *9b Dans la cour* *1.Oui 2. Non*
9c Hors de la cours *1.Oui 2. Non* *9d* Autre *1.Oui 2. Non*

B9e°) Si Autre, préciser…….

10

B10°) Si oui, quel est le type de la latrine ?(Observation) a|__| b|__| c|__| d|__|
e|__| f|__| g|__||

10a. Latrine Traditionnelle *1.Oui 2. Non* 10b Latrine ventilée simple *1.Oui 2. Non*
10c Latrine ventilée à double fosse *1.Oui 2. Non* 10d WC moderne *1.Oui 2. Non* 10h……..
10e Latrine sur pilotis *1.Oui 2. Non* 10f Latrine publique *1.Oui 2. Non*
10g Autre *1.Oui 2. Non*

B10h°) Si Autre préciser……. 11|__|

B11°) Partagez-vous cette latrine avec d'autres ménages ?
1. Oui 2. Non
(si oui, **aller à B13***)*

	Reporter les Codes
B12°) Si *Non* où faites-vous vos besoins ? 12a. Canal *1.Oui 2. Non* 12b. Nature *1.Oui 2. Non* 12c . Autre *1.Oui 2. Non* **B12d°)** Si Autre, préciser……	12 a|__| b|__| c|__| 12d……
B13°) Où les enfants font-ils leurs besoins ? **13a,.** Latrines *1. Oui 2. Non* **13b**. WC moderne *1. Oui 2. Non* **13c**. Dépotoir *1. Oui 2. Non* **13 d**. La rue *1. Oui 2. Non* **13e**./ Au bord du canal *1. Oui 2. Non* **13 f.** Autre *1. Oui 2. Non* **B13g°)** Si Autre, préciser…….	13 a|__| b|__| c|__| d|__| e|__| f|__| 13g ……..
B14°) Le ménage dispose-t-il d'une douche aménagée ? 1. Oui 2. Non **(Si non Aller à B17)**	14|__|
B15°) Si oui, où est située cette douche ? *1. Dans la maison 2. Dans la cour* *3. Hors de la cours 4 . Autre* **B15a°)** Si Autre, préciser……	15|__| ……. ……..
B16°) Si Oui, Partagez-vous cette douche avec d'autres ménages ? *1. Oui 2. Non*	16|__|
B17°) Si non, où vous vous lavez-vous ? **17a**. Plein air dans la cour *1. Oui 2. Non* **17b.** Plein air hors de la cour *1. Oui 2. Non* **17c** . Autre *1. Oui 2. Non* **B17d°)** Si Autre préciser…….	17 a|__| b|__| c|__| 17d……
B18°) Où les enfants se lavent-ils ? **18a .** Cour *1. Oui 2. Non* **18b**. Hors cour *1. Oui 2. Non* **18c**. Douche *1. Oui 2. Non* **18d**. Autre *1. Oui 2. Non* **B18e°)** Si Autre préciser……..	18 a|__| b|__| c|__| d|__| 18e…. ……..
B19°) Où sont évacuées les eaux de douche hors de la maison ? **19a**. Ddans la rue *1. Oui 2. Non* **19b**. Dans la cour *1. Oui 2. Non* **19c.** Fosse septique/Puits perdu *1. Oui 2. Non* **19d**. Autre(s) *1. Oui 2. Non* **B19e°)** Si Autre préciser ……	19 a|__| b|__| c|__| d|__| 19a……..
B20°). Où sont évacuées les eaux des toilettes hors de la maison ? **20a**. Fosse septique/Puits perdu *1. Oui 2. Non* **20b**. Dans le canal *1. Oui 2. Non* **20c**. *Autre(s)* *1. Oui 2. Non* **B20d°)**. Si Autre, préciser……	20 a|__| b|__| c|__| 20d……..……
B21°). Où sont évacuées les eaux de vaisselles hors de la maison ? **21a.** fosse septique/Puits perdu *1. Oui 2. Non* **21b**. La rue *1. Oui 2. Non* **21c.** Le canal *1. Oui 2. Non* **21d.** La cour 1. Oui 2. Non **21e.** Autre(s) *1. Oui 2. Non* **B21f°)**. Si Autre, préciser…….……..	21 a|__| b|__| c|__| d|__| e|__| 21f…..……
B22°). Comment sont évacuées les eaux de lessive hors de la maison ? **22a.** fosse septique/Puits perdu *1. Oui 2. Non* **22b**. La rue *1. Oui 2. Non* **22c.** Le canal *1. Oui 2. Non* **22d.** La cour 1. Oui 2. Non **22e.** Autre(s) *1. Oui 2. Non* **B22f°)**. Si Autre, préciser…….……..	22 a|__| b|__| c|__| d|__| e|__| 22f…..……
B23°) Si fosse septique **(B19 à B22)** comment les videz-vous ces fosses lorsqu'elles sont pleines ? **23a.** Camions vidangeurs *1. Oui 2. Non* **23b.** Vidanger soi-même1. *1Oui 2. Non* **23c**.. Vidangeurs informels *1. Oui 2. Non* **23d**. Autres *1. Oui 2 .Non* **B23a°)** Si Autre, préciser…….	23 a|__| b|__| c|__| d|__| 23a……..

EAUX PLUVIALES | ***Reporter les Codes***

B24°) L'eau de pluie stagne-t-elle dans votre cour ? — 24|__|
1. Oui 2. Non **(Si Non, aller à B 27)**

B25°) Si oui, pendant combien de temps l'eau stagne-t-elle dans votre cours ? — **25……**
……..

B26°) Comment ces eaux sont-elles évacuées hors de la cour ? — 26
26a . Ne font rien *1. Oui 2 .Non* **26b** . Balayage *1. Oui 2 .Non* — a|__| b|__| c|__| d|__| 26e……..
26 c. Utilisation de seau *1. Oui 2 .Non* **26d**.. Autre *1. Oui 2 .Non*
B26e°) Si Autre, préciser……

B27°) Avez-vous été victime de cas d'inondation ? — 27|__|
1. Oui 2. Non

DECHETS SOLIDES

B28°) .Dans quoi stockez-vous vos ordures avant leur évacuation ? — 28
28a. Poubelle *1. Oui 2. Non* **28c**. Sachet à ordures *1. Oui 2. Non* — a|__| b|__| c|__| d|__| 28e……..
28d. Pas de matériel stockage *1.Oui 2. Non* **28d**. Autre(s) *1. Oui 2. Non*
B28e°) Si Autre, préciser .....

B29°) Dans quel endroit stockez-vous ces ordures ? — 29|__|
1. Dans la cour 2. Hors de la cour

B30°) Votre matériel de stockage d'ordures est-il couvert ? — 30|__|
1. oui 2 . non

B31°) Comment vous débarrassez-vous de vos ordures de la maison ? — a|__| b|__| c|__| d|__| e|__| f|__| 31g……
31a. Dans un coffre à ordures *1. Oui 2. Non*
31b Quelqu'un vient chercher *1. Oui 2. Non*
31c. Un camion vient chercher *1. Oui 2. Non*
31d Le canal eau pluvial *1. Oui 2. Non*
31c. Dans la rue *1. Oui 2. Non* **31d** Brûler *1. Oui 2. Non*
31e Dans la lagune *1. Oui 2. Non* **31f** Autre(s) *1. Oui 2. Non*
B31g°) Si Autre, préciser……

B32°) Si **(31a, 31b, 31c),** êtes-vous servis par une structure organisée ? — 32|__|
1. Oui 2. Non **(si, Non aller à B34)**

B33°) Si oui quelle structure ? — 33|__|
1. Mairie 2. Association de jeunes
3. Opérateur privé 4. Autre — 33a……
B33a°) Si Autre, préciser.....

B34°) Par semaine, combien de fois en moyenne évacuez-vous vos ordures ? — 34|__|
1. Une fois 2. Deux fois
3. Ne sait pas 4. Autre(s) — 34a……
B34a°). Si Autre, préciser)……

B35°) Payez-vous de l'argent pour évacuer vos ordures ? — 35|__|
1. oui 2 . non **(Si Non, aller à B38*)***

B36°) Si Oui, combien en moyenne payez-vous par mois ? — 24|__|__||__||__||__|
|__|__||__||__||__|
B36a°) Si Autre, Préciser …….. — *36*……..

B37°) A qui payez-vous ? — 37
37a. Precollecteur *1. Oui 2. Non* **37b**. Comité du quartier *1. Oui 2. Non* — a|__| b|__| c|__| d|__| d|__| 37e……..
37b. Mairie *1. Oui 2. Non* **37c.** Société de ramassage *1. Oui 2. Non*
37d . Autre *1. Oui 2. Non*
B37e°) Si Autre préciser……..

MALADIES

Reporter les Codes

B51°) Des membres du ménages sont-ils tombés malade ces 15 derniers jours ? 51|__|
1. Oui 2. Non

B52°) Si *Oui, de quelles maladies s'agit-il ?* 52

52a Paludisme *1. Oui* *2. Non* a|__|
52b Diarrhée *1. Oui* *2. Non* b|__|
52c Autres *1. Oui* *2. Non* c|__|
B52d) Si Autre, préciser……

B53°) Quel est le nombre de malades selon les tranches d'âge suivantes : 53a|__|
53a Adultes |__||__| **53b** Enfants |__||__| 53b|__|

B54°) Y a-t-il des membres du ménages qui souffrent de maladies de longue durée ? 54

54a Asthme *1. Oui* *2. Non* a|__|
54b Rhumatisme/ Douleur rénale *1. Oui* *2. Non* b|__|
54c Cancer *1. Oui* *2. Non* c|__|
54d Tuberculose *1. Oui* *2. Non* d|__|
54e Trouble de mémoire/ folies *1. Oui* *2. Non* e|__|
54f Autres *1. Oui* *2. Non* f|__|
B54g) Si Autre, préciser…… 54g…….

♦♦L'enquêteur demande à l'interlocuteur (dans le cas où il n'est pas le chef de ménage) si le chef de ménage et son (sa) conjoint (e) peut être disponible pour un deuxième passage d'ici la semaine prochaine concernant des questions plus approfondies sur la santé, les dépenses de la maison et la situation économique du ménage.

B57°) Le chef de ménage est-il disponible ? 57|__|
1. Oui *2. Non*

B58°) Le ou la conjoint (e) est-il (elle) disponible ? 58|__|
1. Oui *2. Non*

B59°) ***Si*** *Oui,* quel est le meilleur moment pour une rencontre avec le chef de ménage (jour et heure)? 59……
……
……..
…… 60……
……. ……

B60°) ***Si*** *Oui,* quel est le meilleur moment pour une rencontre avec le ou la conjoint (e) (jour et heure) ? 61 ……
……
……..
…… 62|__|__||__||__|
……. 63|__|__|

B61°) Observation :…….
……
……

(PASSEZ AU QUESTIONNAIRE C)

B62°) Fin entretien _/__/__/ h _/__/__/mn

B63°) Durée entretien _/__/__/mn

C1 Nombre de personnes dans le ménage |__||__|	51|__||__|

A1 Code
Enquêteur :……
A2
Date……
.

ENQUETE MENAGE ----- OCTOBRE 2003

QUESTIONNAIRE C

CARACTERISTIQUES INDIVIDUELLES

C2 **No**	C3. Nom et Prénoms	C4. Age (années)	C5. Sexe *1. Masculin* *2. Féminin*	C6.Lien de parenté avec le chef de ménage *1 Epouse* *2 Enfant* *3 Neveu / nièce* *4 Cousin / cousine* *5 Mère / Père* *6 Frère/soeur* *7 Oncle / Tante* *9 Autre (à préciser*	C7.Niveau d'Instruction *1 Aucun* *2 Primaire* *3 Secondaire* *4 Supérieur* *5 Autre (à préciser)* *6 Ne Sait Pas*	C8. Situation matrimoniale *1.Marié* *2.Célibataire* *3.Divorcé(e)* *4..Veuf (ve)*	C9.Nationalité *1. Ivoirien* *2. Burkinabé* *3 . Malien* *4 . Libérien* *5. Nigérien* *6 . Guinéen* *7. Togolais* *8. Béninois* *9. Autres (à préciser)*	C10. Ethnie *(Ecrire l'ethnie des adultes et pas des enfants)*	C11. Religion *1. Chrétien* *2. Musulman* *3. Animiste* *4. Sans religion* *5. Autres (à préciser)*	C12. Situation professionnelle *1. Salarié* *2. Chômeur* *3. Activité propre* *4. Ménagère* *5. Elève / étudiant* *6 . Retraité* *7. Autres (à préciser)*

N°	Prénoms	C14. Activités en rapport avec la lagune au niveau de Yopougon ? *1.Oui* *2.Non* *3.Ne Sait Pas*	C15. Activités en rapport avec la lagune ailleurs? *1.Oui* *2.Non* *3. Ne Sait Pas*	C16. Si oui préciser les activités *1. Pêche* *2. Baignade* *3. Promenade.* *6. Autres (à préciser)*	C17. Fréquence de l'activité *1Tous les jours* *2.une fois par semaine* *3. une fois par mois*	C18. Contact avec l'eau de lagune pendant l'activité *1. Oui* *2. Non*	C19. Pieds nus pendant l'activité? *1. Oui* *2. Non*	C20. Le membre du ménage est – il tombé malade ces 15 derniers jours. *1. Oui* *2. Non*	C21. Si oui, préciser les maladies ou l'affection *1. Palu* *2. Diarrhée* *3.Tuberculose* *4. Autres (à préciser)*	C22. Combien de jours approximatifs cette maladie a-t-elle duré (jusqu'à la reprise des activité) ?	C23. Comment s'est-il fait soigner ? (recours aux soins) *1.. Automédication* *2. Pharmacopée* *3. Clinique privée* *4. Centre de santé ou CHU* 5. Autre (à préciser)

*** Revenir à B62 (fin d'entretien)**

Annexe 5 : **Guide d'entretien et de focus group**

Enquêtes interviews et groupes focaux

Objectifs des entretiens et « *focus group* »

« Analyser les perceptions des différents acteurs (en matière de production et de gestion des déchets liquides et solides dans les quartiers précaires de la zone d'étude »

Cibles visées

Au niveau des différents quartiers

- La chefferie du quartier, le chef et deux notables
- Les représentantes des femmes dans chaque quartier
- Les responsables des structures sanitaires existantes dans les quartiers
- Les représentants d'ONG, et associations existantes dans chaque quartier
- Les précollecteurs desservant les quartiers
-

Au niveau des autres acteurs

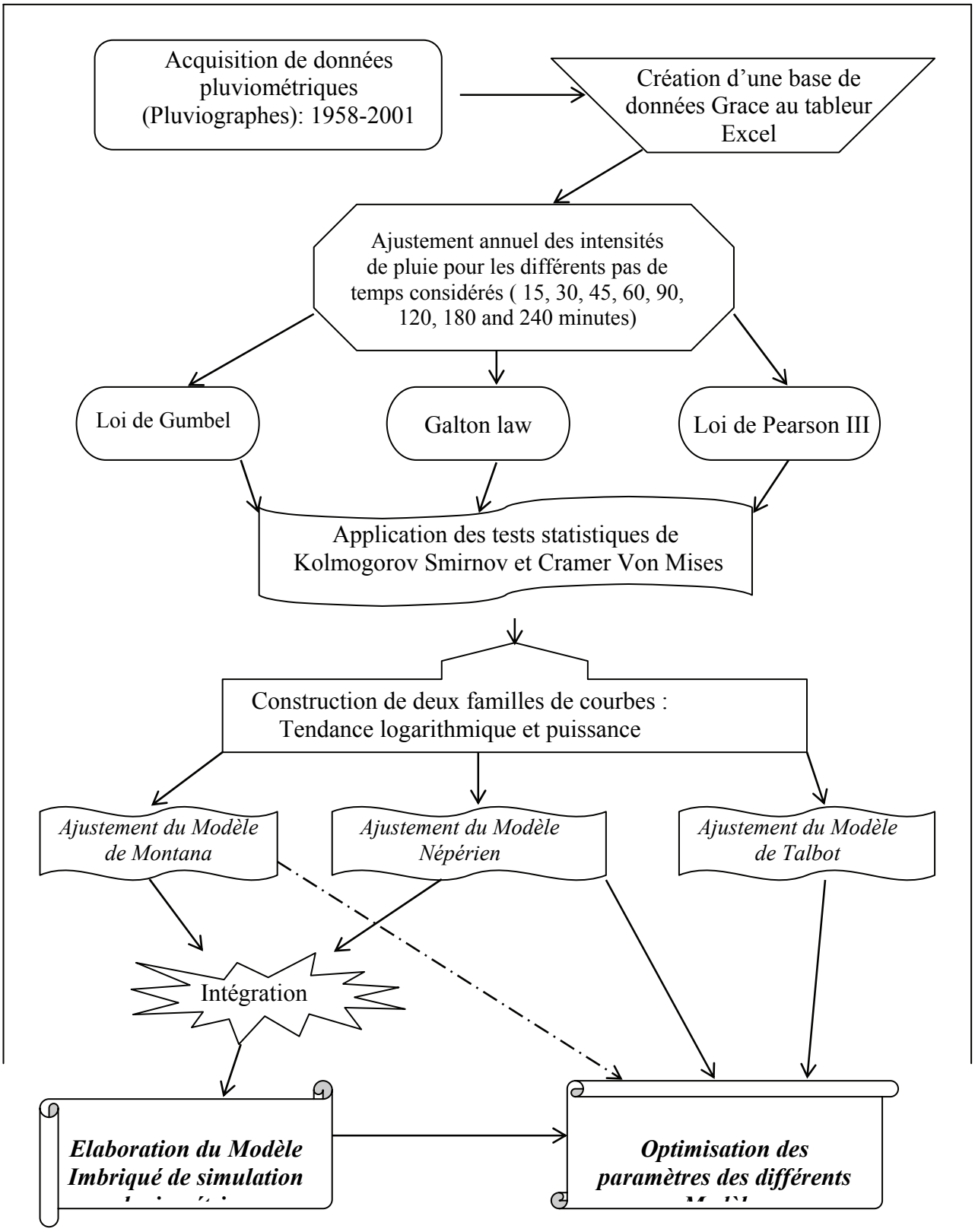
- Le Ministère de la Construction et de l'Urbanisme
- District d'Abidjan
- Le BNETD
- La Municipalité de Yopougon

Questions	Groupes concernés				
	Ministère, Mairie, District, BNETD	**Chef et notables**	**Responsabl Femmes**	**Struct. sanitaires**	**ONG & Associations**
- Genèse et statut des quartiers précaires ;	*X*	**X**			
- La politique de l'organisation municipale, les dispositions administratives et réglementaires en matière de gestion des déchets municipaux incluant les quartiers précaires ;	**X**				
- La connaissance sur les systèmes actuels de gestion des déchets liquides et solides dans les quartiers précaires, l'équipement utilisé pour leur fonctionnement ;	**X**	**X**	**X**		**X**
- Le degré de satisfaction de ces systèmes ;	**X**	**X**	**X**		**X**
- Les problèmes rencontrés avec ces systèmes ;	**X**	**X**	*X*		**X**
- Les stratégies adoptées pour y faire face et les résultats obtenus ;	X	**X**	**X**		**X**
- La connaissance d'autres systèmes de gestion des déchets solides et liquides ;	*X*	*X*	*X*	**X**	*X*
- Le fonctionnement de ces derniers ;	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
- Bénéfice éventuel de l'appui d'un projet pour la gestion des déchets dans ces quartiers ;	**X**	**X**			
- L'année et la source de financement ;	**X**	**X**			
- Le niveau de collaboration avec l'initiateur du projet	**X**	**X**			
- Comment s'est effectué le monitoring du projet ?	X	X			
- Leurs priorités en matière de gestion des déchets, infrastructures de base ;	*X*	*X*	**X**		**X**
- La connaissance des conséquences d 'une mauvaise gestion des déchets dans ces quartiers;	**X**	**X**	**X**		**X**
- Les propositions pour améliorer le système de gestion actuel et la politique d'intervention future en matière de gestion des déchets liquides et solides ;	**X**	**X**	**X**		**X**

- L'attente des autres acteurs de la filière ;	**X**	**X**	**X**		**X**
- Que faire pour soutenir leurs actions ?	**X**	**X**	*X*		*X*
Questions	**Groupes concernés**				
	Ministère Mairie, District, BNETD	**Chef et notables**	**Responsab. Femmes**	**Structures sanitaires**	**ONG & Associations**
- Niveau d'organisation		X	**X**		X
- Avantage et inconvénients liées à la présence du canal ;		X	X		
- Année d'implantation et domaine d'activité ;					X
- Politique d'intervention de la structure en matière de santé ;				X	X
- Maladies récurrentes fréquemment rencontrées observées et leurs causes ;				X	
- Méthodes curatives et préventives préconisées pour faire face aux maladies et le degré de satisfaction ;				**X**	
- les problèmes rencontrés en matière de santé ;				**X**	
- Les stratégies adoptées pour les résoudre et les résultats obtenus ;				*X*	
- Les priorités de la structure et la politique d'intervention future en matière de santé ;				**X**	
- impact de la gestion des déchets solides et liquides sur la santé des populations ;				**X**	

ANNEXE 6

Schema conceptuel du processus d'optimisation et d'élaboration des modèles



ANNEXE 7

Résultats de l'application des tests d'adéquation non paramétrique de Cramar-von Mises et de Kolmogorov pour les pas de temps considères

Analyse statistique (durée 10 minutes)

loi	**Gumbel**	**Galton**	**Pearson 3**
Paramètre	s= 44,482 x= 137,55	M= 5,0375 s= 0,3395	a= 0,0502 γ = 8,1861
Kn de Kolmogorov	**0,0967**	**0,1157**	**0,1010**
CVMn de Cramar-Von Mises	**0,164**	**0,224**	**0,174**

Analyse statistique (durée 15 minutes)

loi	**Gumbel**	**Galton**	**Pearson 3**
Paramètre	S= 41,7 x= 114,3	M= 4,8606 s= 0,3733	a= 0,0483 γ = 6,6874
Kn de Kolmogorov	**0,1581**	**0,1724**	**0,1593**
CVMn de Cramar-Von Mises	**0,336**	**0,404**	**0,337**

Analyse statistique (durée 30 minutes)

loi	**Gumbel**	**Galton**	**Pearson 3**
Paramètre	S= 22,7 x= 87,6	M= 4,5716 s= 0,2831	a= 0,1191 γ = 11,983
Kn de Kolmogorov	**0,0997**	**0,0906**	**0,0971**
CVMn de Cramar-Von Mises	**0,158**	**0,196**	**0,172**

Analyse statistique (durée 45 minutes)

loi	**Gumbel**	**Galton**	**Pearson 3**
Paramètre	S= 15,1 x= 73,4	M= 4,3814 s= 0,2333	a= 0,2176 γ = 17,881
Kn de Kolmogorov	**0,1014**	**0,0850**	**0,0785**
CVMn de Cramar-Von Mises	**0,145**	**0,121**	**0,124**

Analyse statistique (durée 60 minutes)

Loi de distibution	**Gumbel**	**Galton**	**Pearson 3**
Paramètre	S= 13,4 x= 62,2	M= 4,2185 s= 0,2423	a= 0,2364 γ = 16,537
Kn de Kolmogorov	**0,1225**	**0,0962**	**0,1006**
CVMn de Cramar-Von Mises	**0,224**	**0,151**	**0,171**

Analyse statistique (durée 90 minutes)

loi	**Gumbel**	**Galton**	**Pearson 3**
Paramètre	S= 11,4 x= 47,2	M= 3,9481 s= 0,2664	a= 0,2531 γ = 13,592
Kn de Kolmogorov	**0,1265**	**0,0987**	**0,11**
CVMn de Cramar-Von Mises	**0,263**	**0,168**	**0,209**

Analyse statistique (durée 120 minutes)

loi	**Gumbel**	**Galton**	**Pearson 3**
Paramètre	S= 9,9 x= 38,6	M= 3,7519 s= 0,2807	a= 0,2754 γ = 12,202
Kn de Kolmogorov	**0,1344**	**0,1016**	**0,12**
CVMn de Cramar-Von Mises	**0,226**	**0,149**	**0,184**

Analyse statistique (durée 180 minutes)

loi	**Gumbel**	**Galton**	**Pearson 3**
Paramètre	S= 7,9 x= 28,0	M= 3,4354 s= 0,304	a= 0,3176 γ =10,325
Kn de Kolmogorov	**0,0772**	**0,0548**	**0,07**
CVMn de Cramar-Von Mises	**0,130**	**0,101**	**0,117**

Analyse statistique (durée 240 minutes)

loi	**Gumbel**	**Galton**	**Pearson 3**
Paramètre	S= 6,5 x= 22,2	M=3,2091 s= 0,3135	a=0,3724 γ =9,6851
Kn de Kolmogorov	**0,1055**	**0,0803**	**0,0960**
CVMn de Cramar-Von Mises	**0,144**	**0,108**	**0,127**

Annexe 8

Atelier participatif intégré (API) : Les travaux de groupe

Planche 1 : Travaux de groupe : séance de recherches de solutions endogènes

Planche 2 : Travaux de groupe : seance de recherches de solutions techniques

Planche 3 : Travaux en plénière : séance de restitution et de synthèse des résolutions

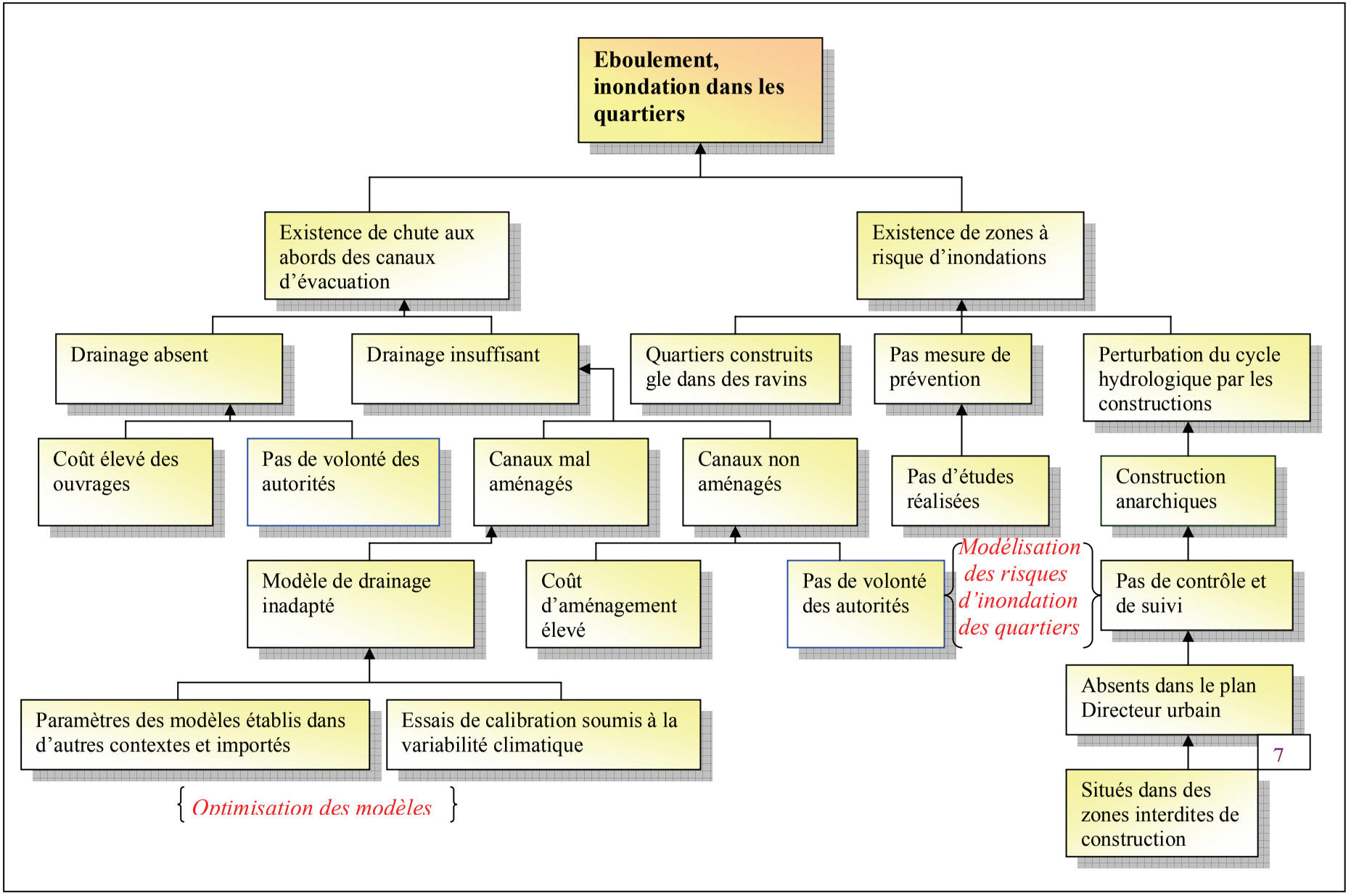
Annexe 9 : *Synthèse des résolutions de l'atelier (API)*

EAUX POTABLES			
1. Accroître le nombre de bornes fontaines et mettre en place un système de gestion adapté	**XX**	**XX**	**XX**
2. Elaborer un système compétitif de vente d'eau et sensibiliser les ménages à l'utilisation de l'eau de borne fontaine	**XX** **XX**	**XX**	
3. Mettre en place une stratégie de CCC	**XX**		
4. Utiliser des récipients fermés pour la prise d'eau	**XX**		
5. Ne pas laisser les récipients remplis d'eau au niveau de la borne fontaine		**XX**	**XX**
6. Faire si possible des extensions de réseaux d'EP et subventionner les abonnements			
ASPECTS INSTITUTIONNELS			
1. Renforcer ou et clarifier l'autorité des pouvoirs locaux et susciter des formes alternatives de représentation des populations (CDQ)	**XX**	**XX** **XX**	
1.1 Que la mairie délivre des procurations aux autorités des quartiers	**XX**	**XX**	
1.2 Que la mairie participe aux séances de sensibilisation dans les quartiers	**XX**	**XX**	
1.3 Que la chefferie désigne un comité de gestion qui doit être investi et encadré par la mairie			
1.4 Que le chef soit à l'écoute de sa population et associe ces notables aux décisions prises mais surtout qu'il soit de bonne moralité.	**XX** **XX**	**XX**	
1.5 Que les comités de gestion soient formels (avoir un statut et règlement intérieur)			
2. Mettre en œuvre une stratégie de CCC pour s'assurer la participation des concernés à la gestion des déchets	**XX** **XX**	**XX** **XX**	
3. Prendre des mesures coercitives		**XX**	**XX**
4. Mise en application du cadre juridique		**XX**	**XX**
5. prise des textes réglementaires (arrêté municipal)		**XX**	**XX**
6. Elaboration des instructions techniques			
7. Restructuration des quartiers			
7.1 Ouverture de voies			
7.2 lotissement			
7.3 Installer des infrastructures de base			
8. Établissement d'une politique nationale d'assainissement			**XX**

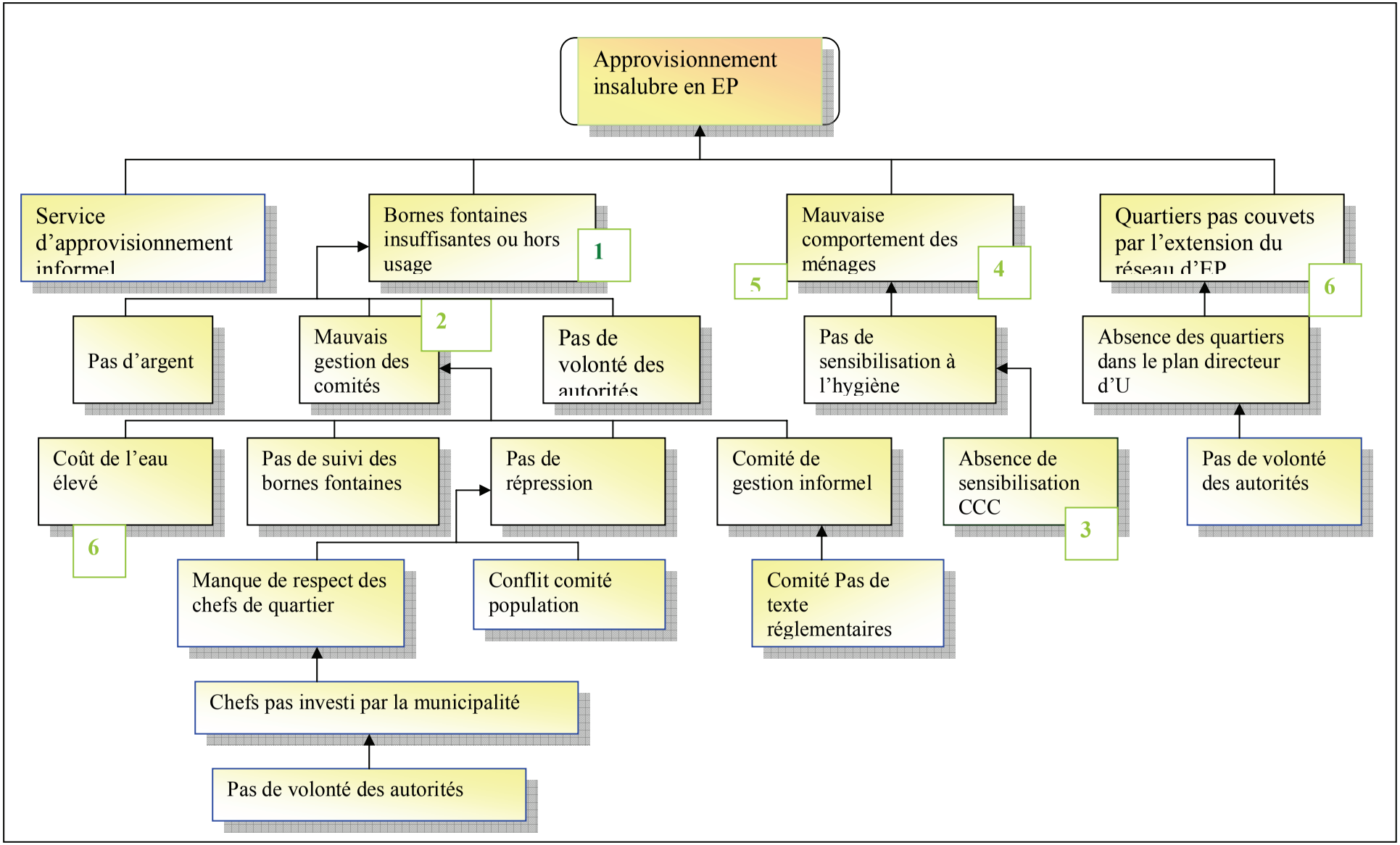
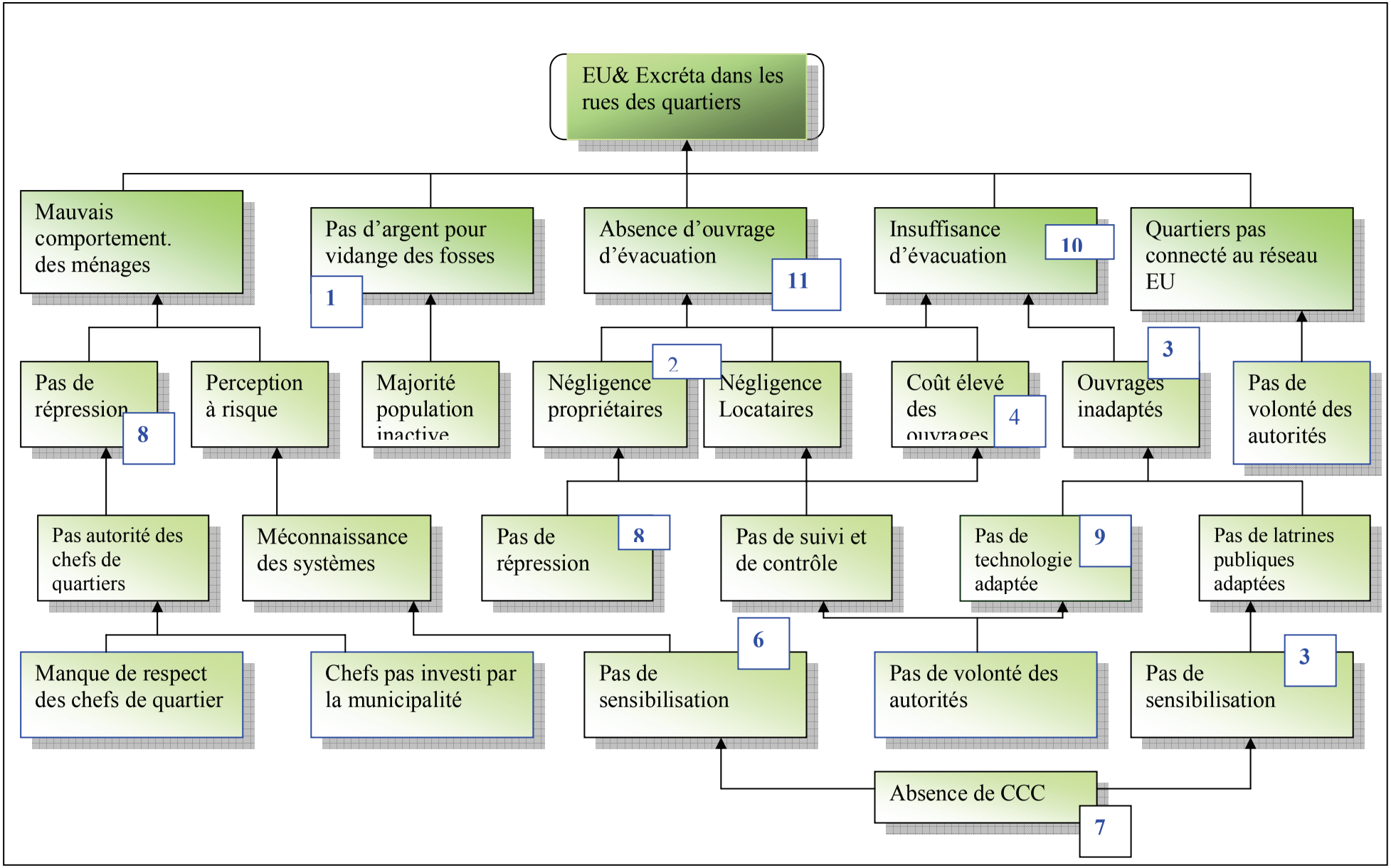
Annexe 9. : *Synthèse des résolutions de l'atelier (API) Suite*

ECHETS SOLIDES			
1. Dégager des voies pour faciliter l'accès des véhicules de précollecte	**XX**	**XX**	
2. Mettre en place des comités de salubrité et les équiper en matériel de collecte d'ordures	**XX**	**XX**	
3. Sensibiliser les ménages pour l'utilisation de poubelles fermées	**XX**		
4. Que les autorités du quartier déplacent les vendeuses des voies avec l'appui de la mairie	**XX**		
5. Aménager les abords du canal principal pour décourager les ménages à y déverser les ordures	**XX**	**XX**	
6. Mettre en application la nouvelle stratégie de gestion des déchets avec des outils d'évaluation		**XX**	
7. Améliorer les relations entre les mairies et le district		**XX**	
8. Identifier les voies praticables	**XX**		
9. Redéfinir un circuit de précollecte : passer plusieurs fois dans le quartier dans la journée	**XX**	**XX**	
10. Mettre en place des poubelles publiques à des endroits bien appropriés		**XX**	
11. Mettre en place une stratégie CCC notamment pour les riverains de caniveaux	**XX**		
12. Accroître le nombre de coffres		**XX**	
13. Restructurer les quartiers avec des voies carrossables		**XX**	**XX**
14. Supprimer les points de chutes aux abords du canal		**XX**	
EAUX USEES			
1. Réduire les coûts de vidange	**XX**		
2. Vider les puits perdus mal entretenus et si possible les reconstruire selon les normes		**XX**	
3. Sensibiliser les propriétaires de cours pour la construction de latrines et lavoirs pour que chaque locataire l'utilise. Construire au besoin des latrines publiques adaptées suivi d'une sensibilisation pour la gestion.	**XX**	**XX**	
4. Réduire le coût des ouvrages		**XX**	**XX**
5. Faire prendre en compte les latrines lors de la construction des maisons	**XX**	**XX**	
6. Mettre en place un comité de femmes pour la sensibilisation et le nettoyage périodique du quartier	**XX**		
7. Mettre en place une stratégie CCC pour s'assurer la participation des populations	**XX**	**XX**	
8. Que la mairie autorise les autorités des quartiers à agir ou même sanctionner les fautifs		**XX**	
9. Mise en place de technologie adaptée d'assainissement (VIP, latrine avec déviation d'urine, réseau à faible diamètre)		**XX**	**XX**
10. Aménager le canal principal et utiliser des canaux de drainage		**XX**	**XX**
11. Faire des canalisations d'eaux usées débouchant sur le collecteur principal	**XX**	**XX**	**XX**

Annexe 10– *Organigrammes (1)*



Annexe 10– *Organigrammes (2)*



Annexe 10– *Organigrammes (3)*