

SOMMAIRE

1. SITUATION ACTUELLE DE L'ASSAINISSEMENT	17
1.1. LA SITUATION SANITAIRE	17
1.1.1. LA CONTAMINATION MICROBIENNE	17
1.1.2. LA POLLUTION TOXIQUE	17
1.2. L'OCCUPATION DES SOLS	18
1.2.1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE	18
1.2.2. CARACTÉRISATION DU TISSU URBAIN	19
1.3. LES RÉSEAUX D'EAUX USÉES DOMESTIQUES	19
1.3.1. LE RÉSEAU D'EAUX USÉES DU PLATEAU JOSS	19
1.3.2. LES RÉSEAUX D'EAUX USÉES DES OPÉRATIONS MAETUR-SIC	20
1.4. LES STATIONS D'ÉPURATION EXISTANTES	20
1.5. L'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL	21
1.5.1. LES LATRINES OU FOSSES SÈCHES	21
1.5.2. LES FOSSES SEPTIQUES	22
1.5.3. LES FOSSES ÉTANCHES	22
1.5.4. VIDANGE DES FOSSES SEPTIQUES ET DES FOSSES ETANCHES	22
1.6. L'ASSAINISSEMENT DES ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS	23
1.6.1. LES SECTEURS D'ACTIVITÉ	23
1.6.2. LOCALISATION DES PRINCIPAUX ÉTABLISSEMENTS	23
1.6.3. LES SYSTÈMES D'ASSAINISSEMENT EXISTANT	24
1.7. L'ASSAINISSEMENT DES ÉTABLISSEMENTS HOSPITALIERS	25
1.8. LES REJETS DIRECTS VERS LE MILIEU NATUREL	25
1.9. LE DRAINAGE DES EAUX PLUVIALES	25
1.9.1. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES	25
1.9.2. LE RÉSEAU DE DRAINS	26
1.9.3. DESCRIPTIF DU RESEAU DE DRAINAGE PAR BASSIN VERSANT	27
1.9.4. FONCTIONNEMENT DU RÉSEAU DE DRAINAGE	29
2. HYPOTHESES DE DEVELOPPEMENT URBAIN	30
2.1. ACCROISSEMENT DÉMOGRAPHIQUE	30
2.2. ZONE D'EXTENSION GÉOGRAPHIQUE	30
2.3. LES GRANDS AXES STRUCTURANTS	31
2.4. LES ZONES INDUSTRIELLES	32
2.5. EXTENSION DU RÉSEAU D'ALIMENTATION EN EAU	32
3. MODES D'ASSAINISSEMENT DES EAUX USÉES	34
3.1. OBJECTIFS	34
3.2. OPTIONS D'ASSAINISSEMENT COLLECTIF	35
3.3. L'APTITUDE DES SOLS A L'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL	36
3.3.1. LES CRITÈRES D'APTITUDE DES SOLS	36
3.3.2. LE ZONAGE DES CLASSES D'APTITUDE	37
3.4. CRITERES DE ZONAGE DES MODES D'ASSAINISSEMENT	37
3.4.1. LA STRUCTURATION DE LA VOIRIE	38

ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4

3.4.2.	LES BRANCHEMENTS DOMESTIQUES SUR LE RÉSEAU PUBLIC D'EAU	39
3.4.3.	L'APTITUDE DES SOLS À L'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL	40
3.4.4.	LA DENSITÉ DE POPULATION	41
3.4.5.	LES SYSTÈMES D'ASSAINISSEMENT EXISTANT	42
3.4.6.	LE REVENU DES MÉNAGES	42
3.4.7.	LA TYPOLOGIE DE L'HABITAT	43
3.4.8.	LES ASPECTS FONCIERS	44
3.4.9.	LES HABITUDES CULTURELLES	45
3.5.	PROPOSITIONS DE ZONAGE DES MODES D'ASSAINISSEMENT	45
3.5.1.	DANS LA VILLE EXISTANTE	46
3.5.2.	DANS LES ZONES D'EXTENSION FUTURE	51
3.5.3.	SYNTHÈSE DES MODES D'ASSAINISSEMENT PROPOSÉS	54
4.	IMPACT SUR LE MILIEU RÉCEPTEUR	55
4.1.	QUALITÉ ACTUELLE DU WOURI ET DE SES AFFLUENTS	55
4.1.1.	RÉGIME DES DEBITS	55
4.1.2.	DONNÉES DE QUALITÉ DES EAUX UTILISÉES	55
4.1.3.	ANALYSE DES DONNÉES DE QUALITÉ DES EAUX	56
4.1.4.	CLASSIFICATION DE LA QUALITÉ DES COURS D'EAU	57
4.1.5.	CLASSE DE QUALITÉ ACTUELLE DU WOURI	58
4.2.	USAGE DES RESSOURCES EN EAU À DOUALA	59
4.2.1.	UTILISATION DES EAUX SUPERFICIELLES	59
4.2.2.	UTILISATION DES EAUX SOUTERRAINES	60
4.3.	OBJECTIF DE QUALITÉ POUR LE WOURI ET SES AFFLUENTS	60
4.4.	LA REGLEMENTATION DES REJETS	61
4.4.1.	RÉGLEMENTATION LOCALE	61
4.4.2.	NORMES INTERNATIONALES DE REJET POUR LES EAUX RÉSIDUAIRES URBAINES	62
4.4.3.	NORMES INTERNATIONALES DE REJET POUR LES EAUX RÉSIDUAIRES INDUSTRIELLES	63
4.5.	IMPACT DES REJETS FUTURS SUR LA QUALITÉ DU WOURI	63
4.6.	PREVENTION DES RISQUES	64
4.6.1.	RISQUE DE POLLUTION DES NAPPES A PROXIMITÉ DES LATRINES A FOSSES SÈCHES	64
4.6.2.	SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'EAU	66
4.6.3.	PRÉVENTION	67
5.	EVALUATION DES CHARGES HYDRAULIQUES ET POLLUANTES ...	68
5.1.	POLLUTION DOMESTIQUE	68
5.1.1.	POLLUTION DOMESTIQUE CONCENTRÉE DES RESEAUX	68
5.1.2.	POLLUTION DOMESTIQUE CONCENTRÉE DES REJETS DE MATIERES DE VIDANGE	70
5.1.3.	POLLUTION DOMESTIQUE DIFFUSE	71
5.2.	POLLUTION INDUSTRIELLE	72
5.2.1.	CHARGES HYDRAULIQUES INDUSTRIELLES	72
5.2.2.	CHARGES POLLUANTES INDUSTRIELLES	74
6.	SCHÉMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DES EAUX USÉES	77
6.1.	RÉSEAUX D'ASSAINISSEMENT COLLECTIFS	77
6.1.1.	ZONES PROPOSÉES POUR LA COLLECTE DES EAUX USÉES PAR RESEAU	77
6.1.2.	OPTIONS DE TRANSFERT - EPURATION	84
6.1.3.	BASES D'ESTIMATION DES COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION	88
6.2.	SYSTÈMES D'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL	95
6.2.1.	PANORAMA DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL ET A FAIBLE COUT	95
6.2.2.	TYPES D'INSTALLATIONS PROPOSÉES POUR DOUALA	96
6.2.3.	DIMENSIONNEMENT DES SYSTÈMES D'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL	97

6.2.4.	COÛT DE CONSTRUCTION ET CONTRAINTES D'EXPLOITATION DES SYSTEMES INDIVIDUELS	99
6.2.5.	ESTIMATION DU NOMBRE TOTAL D'INSTALLATIONS REQUISES	100
6.2.6.	REGLEMENTATION DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL	101
6.3.	EPURATION DES EAUX COLLECTEES PAR LES RESEAUX	102
6.3.1.	PRINCIPAUX PROCÉDÉS D'ÉPURATION DES EAUX USÉES	102
6.3.2.	PROPOSITION D'UN PROCÉDÉ D'ÉPURATION DES EAUX USÉES	111
6.4.	GESTION DES MATIÈRES DE VIDANGES	114
6.4.1.	COLLECTE DES MATIERES DE VIDANGE	114
6.4.2.	REJET DES MATIERES DE VIDANGE	114
6.5.	GESTION DES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES	116
6.5.1.	SPÉCIALISATION DES ZONES INDUSTRIELLES	116
6.5.2.	PRÉCONISATIONS TECHNIQUES GÉNÉRALES	118
6.5.3.	MISE EN APPLICATION EFFECTIVE DE LA REGLEMENTATION	122
6.6.	PRÉCONISATIONS POUR LES AUTRES SOURCES DE POLLUTION	123
6.6.1.	LA POLLUTION HOSPITALIÈRE	123
6.6.2.	LA POLLUTION DU SECTEUR INFORMEL	123

7. SCHÉMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DES EAUX PLUVIALES 125

7.1.	RAPPEL DE LA PROBLEMATIQUE	125
7.2.	LES OUVRAGES PROPOSÉS	126
7.2.1.	LES CANAUX DE DRAINAGE PRINCIPAUX	126
7.2.2.	LES OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT ROUTIERS ET PIETONNIERS	127
7.2.3.	LES CANIVEAUX SECONDAIRES	127
7.3.	DIMENSIONNEMENT DES CANAUX DE DRAINAGE PRINCIPAUX	127
7.3.1.	LE MODELE CANOE	127
7.3.2.	PERIODE DE RETOUR ET PLUIE DE PROJET	128
7.3.3.	TEMPS DE CONCENTRATION	128
7.3.4.	COEFFICIENTS DE DRAINAGE	129
7.3.5.	RUGOSITÉ DES CANAUX	129
7.4.	LES PRIORITES D'EQUIPEMENT	129
7.5.	L'EVALUATION DES COUTS	130
7.5.1.	BASES D'ÉVALUATION DES COUTS	130
7.5.2.	COÛTS DE REALISATION	131

oOo

LISTE DES ANNEXES

Annexe	
1	FIGURES HORS TEXTE (VOIR LISTE DPAGE SUIVANTE)
2	REJETS INDUSTRIELS – REGLEMENTATION ET CALCULS
3	COMPARAISON ECONOMIQUE DES OPTIONS DE TRANSFERT
4	CALCUL DES PRIX DE BASE DES OUVRAGES
5	DIMENSIONNEMENT DES DRAINS PLUVIAUX PRINCIPAUX

LISTE DES FIGURES CONTENUES EN ANNEXE 1

Figure	Titre
1	SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT COLLECTIF EXISTANTS
2	PLAN DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT EXISTANT - Centre ville – Plateau Joss
3	EXTENSION GEOGRAPHIQUE DE LA VILLE ET DENSITES D'HABITATION
4	LOCALISATION DES ETABLISSEMENTS INDUSTRIELS
5	APTITUDE DES SOLS A L'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL
6	RESEAU D'EAU POTABLE – situation actuelle
7	ZONAGE DES MODES D'ASSAINISSEMENT
8	CHARGES POLLUANTES domestiques à l'horizon 30 ans
9	ZONES A EQUIPER DE RESEAUX D'EAUX USEES ET PRIORITES
10	SYSTEMES DE TRANSFERT-EPURATION-REJET, option 1
11	SYSTEMES DE TRANSFERT-EPURATION-REJET, option 2
12	SYSTEMES DE TRANSFERT-EPURATION-REJET, option 3
13	SYSTEMES DE TRANSFERT-EPURATION-REJET, option 3 bis
14	SYSTEMES DE TRANSFERT-EPURATION-REJET, option 4
15	ZONES INONDABLES
16	CANAUX PRINCIPAUX DE DRAINAGE ET PRIORITES
17	OSSATURE DE DRAINAGE DU BASSIN TONGO BASSA
18	OSSATURE DE DRAINAGE DU BASSIN DE KAMBO
19	OSSATURE DE DRAINAGE DU BASSIN DE LONGMAYAGI

ABREVIATIONS

CUD	Communauté urbaine de Douala
MAETUR	Mission d'aménagement et d'équipement des terrains urbains et ruraux
SNEC	Société nationale des eaux du Cameroun
CIEH	Comité inter-africain d'études hydrauliques
STEP	Station d'épuration
SDAU	Schéma directeur d'aménagement urbain
IDA	International Development Agency
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
DN	Diamètre nominal
EH	Equivalent habitant
MES	Matières en suspension
N	Azote
P	Phosphore
VAN	Valeur actuelle nette

OBJET DE L'ETUDE

La présente étude intitulée « Etude du schéma directeur d'assainissement de la ville de Douala et maîtrise d'œuvre d'une tranche prioritaire des travaux » s'inscrit dans le cadre du marché n°14/AOIR/CPM/CUD/2003.

Le financement de cette opération est assuré par l'Agence Française de Développement, le Budget d'Investissement Public du Ministère des Affaires Economiques, de la Programmation et de l'Aménagement du Territoire et par la Communauté Urbaine de Douala.

Le groupement de Bureaux d'Etudes SOGREAH/ECTA-BTP a été attributaire de ce marché après Appel d'Offres International et les prestations ont démarré par ordre de service signé le 1^{er} Août 2003.

Les prestations à effectuer comprennent :

La préparation d'un schéma directeur d'assainissement des eaux pluviales et des eaux usées qui comporte six phases :

- phase 1 : recueil des données de base
- phase 2 : analyse de la situation actuelle
- phase 3 : analyse comparative des schémas
- phase 4 : exposé de la solution retenue
- phase 5 : aspects institutionnels
- phase 6 : impact environnemental

La réalisation d'une étude d'une première tranche prioritaire de travaux d'assainissement des eaux pluviales comportant trois étapes :

- L'avant projet sommaire
- L'avant projet détaillé
- Le dossier de consultation des entreprises

oOo

RESUME ET CONCLUSIONS

Situation actuelle

Douala est une ville portuaire qui, depuis une vingtaine d'années, a vu sa population doubler et passer à environ 2 millions d'habitants.

La ville de Douala se situe au fond du golfe de Guinée, au débouché du Wouri dans le large estuaire qui unit ce fleuve à la mer. Malgré la distance d'une vingtaine de kilomètres qui la sépare de la mer ouverte, la ville de Douala est soumise à l'influence des marées. La ville s'étend actuellement sur plus de 200 km² de terres basses et de plateaux et collines à dominante argilo-sableuse et dont l'altitude ne dépasse pas 40 m.

Chaud et humide, le climat de Douala se caractérise par une température à peu près constante autour de 30°C et des précipitations très abondantes particulièrement pendant la saison des pluies de juin à octobre. Le régime des vents se caractérise par une proportion importante de périodes calmes, 52 % du temps, et la prédominance des vents de secteur sud-ouest, et une vitesse maximale observée de 32 m/s soit 115 km/h.

Le réseau hydrographique se compose de deux fleuves importants :

- le Wouri, s'écoulant du nord-est au sud-ouest et qui sépare la ville en deux parties réunies par le pont du Wouri : en rive gauche, le centre urbain (port, centre d'affaires, etc.) et ses larges extensions urbaines en direction du nord et de l'est; en rive droite, la zone de Bonaberi incluant la zone industrielle de Besseke ainsi que les extensions urbaines plus modérées, le long de la route de Bafoussam-Buea ,
- la Dibamba, à l'est, qui constitue la limite d'extension naturelle de la ville avec la crique Docteur au sud.

Le drainage de la ville est assuré principalement par le réseau hydrographique constitué d'un grand nombre de thalwegs et canaux non revêtus aux pentes latérales relativement prononcées, la ville ne comptant que quelques sections de canaux bétonnés dans le centre.

Le ramassage insuffisant des ordures ménagères se traduit par la présence de grandes quantités de déchets solides dans les chenaux de drainage, ce qui occasionne affaiblissement de leur capacité hydraulique.

Embryonnaires, les systèmes de collecte des eaux usées se résument au vieux réseau (centenaire) du centre ville et à celui de la zone industrielle de Bonaberi, qui rejettent directement dans la zone portuaire et le Wouri ainsi qu'à quelques réseaux indépendants créés à l'occasion d'opérations d'urbanisme réalisées par la MAETUR et la SIC (Cité SIC, Cité des Palmiers, Douala-Nord, Cité de Ndogpassi, etc...).

Faute d'entretien et de maintenance, les installations de traitement de ces opérations d'urbanisme ne fonctionnent pas correctement, et beaucoup sont à

l'abandon. Prévu par la loi, le transfert des installations réalisées par MAETUR à la CUD a été refusé par celle-ci, considérant que les conditions d'acceptation (transfert des charges en particulier) n'étaient pas remplies.

Le secteur industriel, très présent à Douala, est peu équipé en installations de traitement des effluents. Les performances des équipements existants sont difficiles à appréhender à défaut de contrôle sanitaire de la part des autorités. L'établissement de la réglementation relative aux effluents industriels est en cours de préparation.

La Société Nationale des Eaux du Cameroun (SNEC) est chargée de la production et de la distribution de l'eau potable en milieu urbain au Cameroun. Elle gère le service de l'eau potable dans 103 centres dont Douala, dans le cadre de quatre conventions de concession conclues en 1968 pour une durée de 40 ans. La société fait actuellement l'objet d'un processus de mise en délégation. En 2002, la SNEC a produit à Douala 78000 m³/j d'eau traitée distribuée ensuite par l'intermédiaire de près de 75000 branchements et de 52 bornes fontaines.

Une grande majorité d'habitants s'alimente en eau à partir de puits dans la nappe. L'eau de ces puits, principalement les puits superficiels, est malheureusement souvent contaminée par la pollution des latrines. Parallèlement, certains industriels ou établissements disposent de forages privés.

Plus généralement, suite à la stagnation économique de ces vingt dernières années, on peut dire que la ville souffre actuellement d'un déficit d'équipements notamment sur le plan de la circulation interne qui se concentre sur quelques grands axes surchargés et dont le réseau de desserte secondaire se trouve peu adapté et souvent en mauvais état.

On peut ajouter à cela que l'organisation et les moyens dont dispose la CUD, en particulier dans les domaines concernés par l'étude (assainissement des eaux pluviales et des eaux usées), nécessitent un renforcement face à l'ampleur des besoins. L'étude de cette réorganisation fera l'objet d'une phase spécifique de la présente étude.

Sur ce constat, les autorités de la ville de Douala abordent aujourd'hui une phase nouvelle de développement et d'aménagement du territoire, dans le cadre de la politique de réduction de la pauvreté adoptée par le Gouvernement.

Les textes législatifs existants ayant trait à la planification urbaine et à la maîtrise de la pollution sont toutefois de création récente et n'ont pas encore pu être assortis de textes d'application. Citons notamment la récente loi n°2004/003 du 21 avril 2004 régissant l'urbanisme et le décret n°2001/165/PM du 8 mai 2001 qui fixe le cadre général de l'assainissement des eaux usées mais dont l'arrêté correspondant devant fixer les normes et les conditions de déversement des eaux usées n'a pas été rédigé à ce jour.

Approche méthodologique du schéma directeur d'assainissement

L'établissement d'un schéma directeur d'assainissement des eaux usées et des eaux pluviales fait partie d'une réflexion globale qui doit prendre en compte, outre la planification urbaine et la planification des systèmes de distribution d'eau, les enjeux sanitaires et environnementaux.

Le souci de l'assainissement urbain répond ainsi à un besoin ressenti de manière plus ou moins diffuse par les habitants de la ville et à des préoccupations globales dont les objectifs principaux sont :

- Une préoccupation de protection de la santé publique : les relations de cause à effet entre la pollution liée au rejet des eaux usées et la santé ne sont pas toujours claires dans l'esprit des gens et elles sont difficiles à établir de manière chiffrée par les techniciens. L'assainissement des eaux ne constitue certes qu'un des aspects de la protection de la santé publique. Il est en effet un élément parmi d'autres tels que l'éducation sanitaire, l'action médicale, la distribution d'eau potable, le ramassage des ordures ménagères. Un assainissement bien approprié trouve ainsi sa justification dans la diminution certaine de la morbidité et de la mortalité, amélioration qu'on ne peut que difficilement traduire en critères économiques.
- Une préoccupation de protection de l'environnement notamment par la protection des milieux récepteurs hydriques souvent utilisés pour d'autres usages et la protection de la faune et de la flore.
- Une préoccupation d'amélioration du confort des populations par la réduction des nuisances.

La démarche d'établissement du plan directeur d'assainissement, qui doit apporter des réponses aux préoccupations ci-dessus, se base essentiellement sur:

- La prise en compte de la situation sanitaire actuelle, succinctement évoquée ci-dessus,
- Les contraintes liées à l'existence et à la gestion des activités industrielles polluantes,
- La structuration urbaine et ses tendances d'évolution à moyen terme,
- Les perspectives d'évolution démographique,
- L'aptitude physique des sols à l'assainissement individuel,
- Le régime pluviométrique de la région,
- La qualité et les usages des milieux récepteurs que sont le Wouri, la Dibamba et la crique Docteur,
- Et enfin les contraintes économiques de la CUD.

L'étude du schéma directeur débouchera donc sur

- Une proposition de mode d'évacuation des eaux pluviales,
- Un zonage des modes d'assainissement des eaux usées: réseau collectif, assainissement individuel par latrines à fosse étanche ou non étanche selon les caractéristiques des sols,
- Le choix des points de rejet des effluents vers le milieu naturel et des procédés d'épuration correspondants,
- Une évaluation des coûts des ouvrages collectifs et individuels,

Comme spécifié aux termes de référence de l'étude, les projections d'équipement ont été effectuées à l'horizon de 15 ans. Toutefois, compte tenu de la durée de vie des ouvrages d'épuration, il a été jugé préférable de prévoir les dimensionnements et les réservations d'emprise des stations d'épuration pour l'horizon de 30 ans.

Les problématiques eaux usées et eaux pluviales seront traitées distinctement dans la mesure où le choix du système séparatif entériné par les autorités est confirmé dans les termes de référence de l'étude, même si les chenaux pluviaux continueront à recevoir des eaux ménagères dans de nombreux quartiers dans l'attente de leur structuration et de leur modernisation à long terme.

Tendances de développement urbain

L'adoption par le Parlement au début de 2004 de la nouvelle loi sur l'urbanisme est venue combler le vide juridique que le SDAU de 1983, non opposable aux tiers, laissait subsister. Cette loi définit quatre documents légaux: le plan directeur d'urbanisme, le plan d'occupation des sols, le plan de secteur et le plan sommaire d'urbanisme. Elle fournit ainsi un cadre légal autorisant un traitement adéquat des problèmes urbains.

Dans l'attente de l'application pratique de la loi, et dans le but de fournir un cadre d'intervention, la CUD a commandité l'étude de "Stratégie de développement, de lutte contre la pauvreté et de protection de l'environnement de la ville de Douala" (Jacques Barbier Consultants, juin 2004, financement Ministère de la ville/IDA).

Cette étude présente clairement les tendances d'évolution et fixe les objectifs suivants:

- La création sur l'ensemble de la ville d'un réseau de voirie structurant permettant de faciliter le transport et la communication,
- Le développement des activités de l'hypercentre à travers l'encadrement des opérations de promotion immobilière (partie du centre ville située grosso modo à l'ouest du boulevard de la république et de la rue Njonjo),
- La réhabilitation des quartiers du centre ancien,
- L'aménagement des pôles périphériques: Bonabéri-Bekoko en zone d'activité économique et grande zone d'habitation, Douala Nord en zone résidentielle, Douala Nord Est et Douala Est à organiser rapidement par un plan d'urbanisme sommaire.
- L'amélioration des conditions de vie dans les quartiers denses non structurés.

Modes d'assainissement des eaux usées

La prise en compte des différents aspects techniques et urbanistiques exposés plus haut a permis de définir les modes d'assainissement proposés.

La remise en état ou la construction de réseaux d'assainissement séparatifs pour les eaux usées sont proposées dans les zones se caractérisant par:

- la présence du réseau d'eau potable, ou à défaut sa proximité permettant d'envisager son extension à terme
- une structure urbaine déjà marquée ou programmée à court terme avec un réseau de voirie bien défini dans une configuration permanente,
- des sols peu favorables à l'assainissement individuel,
- un niveau économique suffisant permettant d'envisager le recouvrement des coûts du service.

Dans les autres secteurs des systèmes d'assainissement individuels seront préconisés.

A défaut de meilleure solution les eaux ménagères des zones équipées de latrines seront rejetées au réseau de drainage ce qui est tolérable compte tenu du degré de contamination moindre de ce type d'eau usée.

Le milieu récepteur

Le milieu récepteur des eaux usées de la ville de Douala est constitué par le Wouri et ses affluents: la crique Docteur et la Dibamba

L'influence de la marée, dont le niveau dans le port de Douala varie entre les cotes -1,4 m et + 1,4 m (cotes exprimées en système terrestre dont le zéro correspond au niveau moyen de la mer), se fait sentir à l'amont de la ville tant dans le Wouri que la Dibamba et bien sur dans la crique Docteur.

En particulier, la prise d'eau de Japoma située sur la Dibamba à la cote 1 m est soumise à l'influence de la marée en période d'étiage de la rivière et l'écoulement peut donc s'inverser. Il conviendra donc d'éviter le rejet d'effluents, même épurés, dans cette rivière, et ce même à l'aval de la prise d'eau.

La crique Docteur borde la ville sur sa frange Sud où sera construit notamment l'aménagement de Sawa Beach. Il convient donc également de protéger la crique Docteur en y évitant le rejet d'eaux usées. On pourra accepter le rejet d'eaux usées à l'aval de la crique à sa confluence avec le Wouri.

Le Wouri est actuellement sensiblement pollué par les rejets urbains à sa traversée de Douala, toutefois, son débit important et l'évasement du lit à l'aval de la ville constituent deux facteurs favorisant une bonne dilution des effluents et le Wouri retrouve une bonne qualité (de l'ordre de 3 mg/l de DBO5) quelques kilomètres à l'aval de la ville. Les rejets y sont donc tolérables. Il conviendrait toutefois d'effectuer le rejet des effluents dans les zones où la vitesse d'écoulement est significative pour favoriser la dilution. On évitera donc les rejets dans les zones à faible vitesse d'écoulement soit les mangroves à

l'amont du pont ainsi qu'en en rive droite au sud de Bonabéri à l'aval immédiat du pont.

Le schéma d'assainissement proposé à long terme permettra ainsi une amélioration graduelle de la qualité du Wouri.

Réseaux d'assainissement collectif

Plusieurs réseaux hydrauliquement distincts correspondants aux sous-ensembles urbains sont donc proposés dans les zones suivantes:

- priorité 1: équipement du centre de Douala comprenant l'hyper-centre (zone actuellement équipée d'un réseau existant), et de la zone du projet immobilier de Sawa Beach,
- priorité 2: le centre ville, le quartier de Nylon et le quartier Dibom II
- priorité 2 ou 3, selon développement urbain de la zone: le pôle urbain périphérique de Ndogpassi,
- priorité 3 : le pôle urbain périphérique de Bonabéri-Sodiko
- priorité 4: le pôle urbain périphérique de Douala Nord, la cité SIC et la cité des palmiers.

Le linéaire total de l'ensemble de ces réseaux est de l'ordre de 720 km. Le nombre d'habitants dans les zones proposées pour être équipées d'un réseau collectif s'élève à un million à l'horizon 30 ans.

Le schéma de transfert et d'épuration des effluents

Le schéma proposé comporte trois stations d'épuration auxquelles seront raccordés les différents réseaux de collecte:

- Une station d'épuration à créer à l'opposé de Youpwé en rive gauche de la crique Docteur:
 - elle recevra les effluents du réseau du centre ville (zones de priorité 1 et 2 ci-dessus),
 - et également les effluents du réseau de Ndogpassi (priorité 2 ou 3 ci-dessus) qui y seront transférés par pompage afin d'éviter leur rejet dans la Dibamba ou dans la crique Docteur;
 - Elle rejettera ses effluents épurés dans le chenal d'écoulement central à l'aval de la crique Docteur environ 2 km à l'amont de la confluence avec le Wouri.
- Une station d'épuration à créer à Bonabéri au Nord de Sodiko en rive droite du Wouri:
 - elle recevra les effluents du réseau de Sodiko (priorité 3 ci-dessus).
 - les effluents devraient être transférés vers l'aval et rejetés au niveau du pont du Wouri dans une zone de vitesse suffisante pour en assurer une bonne dilution.
- Une station d'épuration à créer à l'aval au voisinage de l'exutoire du Tongo Bassa dans le Wouri :
 - elle recevra les effluents des réseaux de Doula Nord, de la cité SIC et de la cité des Palmiers (priorité 4 ci-dessus),

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

- les effluents épurés seront transférés vers l'aval où ils pourront être rejetés au niveau du pont du Wouri toujours pour assurer une bonne dilution.

Le procédé d'épuration recommandé est celui par boues activées. Les procédés par lagunage naturel qui sont intéressants en raison de leur simplicité technologique sont malheureusement peu adaptés car ils nécessitent d'énormes surfaces.

Les coûts de construction des systèmes d'assainissement sont estimés comme suit, en millions de FCFA (valeur 2005):

Composante	coût de construction en millions FCFA
Réseaux de collecte y compris stations de relevage	69 500
Branchements particuliers au réseau d'égouts	45 000
Canalisation et stations de pompage de transfert des effluents	4 100
Stations dépuracion de la Crique Docteur, Douala Nord et Bonabéri	62 000
Total arrondi	181 000

La population prévue à l'horizon 30 ans dans les zones proposées pour être équipées de réseaux collectifs est de l'ordre de 1000 000 habitants, le coût total de construction des systèmes d'assainissement collectif à long terme revient donc à 181000 FCFA par habitant desservi.

Assainissement individuel

Dans les secteurs ne devant pas recevoir de réseaux collectifs des systèmes d'assainissement individuels sont préconisés:

- latrines à fosse sèche dans les zones où le sol présente des caractéristiques favorables,
- latrines à fosse étanche dans les zones peu favorables, avec deux configurations possibles:
 - latrine à fosse unique avec mise en place d'un service de vidange à la disposition des usagers,
 - ou bien latrine à deux fosses au fonctionnement alterné permettant la stabilisation des matières dans l'une des fosses pendant que l'autre est en service.
- fosses septiques toutes eaux suivies d'un système d'infiltration, dans les zones où le sol présente des caractéristiques favorables, pour l'habitat diffus équipé d'un branchement au réseau d'eau.

Dans les zones très denses aux faibles capacité d'infiltration et dont l'accès est difficile aux véhicules de vidange, il sera préconisé l'installation de stations

sanitaires (constituées de cabines de WC et pouvant à terme être équipées de douches et lavoirs) en bordure de quartier.

Le nombre indicatif d'habitants concernés par chaque mode d'assainissement est évalué dans le tableau ci-après:

Population par type d'assainissement	Horizon à 15 ans	Horizon à 30 ans
Fosse sèche	1 400 000	1 900 000
Fosse étanche à fosse unique à vidanger, ou alternativement fosse étanche double à fonctionnement alterné sans vidange	1 150 000	1 600 000
Fosse septique suivie d'un dispositif d'infiltration	850 000	1 500 000
Stations sanitaires	45 000 (90 stations)	90 000 (180 stations)

Collecte et rejet des matières de vidange

La collecte des matières de vidange issues des fosses septiques et étanches devra être assurée, comme c'est le cas aujourd'hui, par une flotte de camions dont la plupart sont exploités par le secteur privé.

Plusieurs zones de décharge et traitement des matières de vidange devront être aménagées en périphérie de la ville de façon à permettre un accès à distance raisonnable des zones desservies pour les entreprises de vidange.

Il est préconisé la création de trois sites:

- Un site à l'aval de la crique Docteur à l'opposé de Youpwé: il pourra être intégré à la future station d'épuration du même nom et viendra en remplacement du site du Bois des Singes qui devra être démantelé car il se situe dans l'emprise du projet d'aménagement urbain de Sawa Beach,
- Un site à Douala Nord: il pourra être construit sur le site de la future station d'épuration de Douala Nord au débouché du Tongo Bassa dans le Wouri. Alternativement il pourrait être construit près de la décharge de Lendi Kotto. S'il devait être situé dans le bassin versant de la Dibamba, il y aurait lieu de mettre en œuvre des systèmes de protection très efficaces pour éviter la pollution de la prise d'eau.
- Un site à Douala Ouest en rive droite du Wouri: il pourra être intégré au site de la décharge de Minkwélé.

A court terme et à titre transitoire, il est recommandé de prévoir une remise en état du site du bois des singes afin d'assurer une exploitation satisfaisante dans l'attente de la construction de l'installation définitive à l'aval de la crique Docteur mentionnée ci-dessus.

L'activité de vidange devra être réglementée et taxée:

- interdiction stricte des décharges sauvages (après mise en service des sites autorisés)
- tarification des décharges (comme c'est le cas actuellement au Bois des Singes mais avec un tarif quasi symbolique de 500 FCFA par camion) dans les sites autorisés afin d'en financer la construction et l'exploitation.

Gestion de la pollution d'origine industrielle

Le cadre réglementaire des rejets industriels est toujours à l'étude. Dans l'attente de cette réglementation, les propositions du présent schéma directeur sont basées sur :

- la réglementation française pour les effluents industriels rejetés dans un réseau public aboutissant à une station d'épuration : soit à titre indicatif une DBO5 limitée à 800 mg/litre.
- Les recommandations de la Banque Mondiale concernant les effluents industriels qui préconisent un seuil de 50 mg/l de DBO5 pour les rejets dans le milieu naturel.

Les zones industrielles actuelles de la ville sont situées l'une au cœur de Douala, la zone de M'Bassa, et l'autre au bord du Wouri sur sa rive droite, à Bonabéri. La ville compte également une zone industrielle spontanée le long de l'axe routier à Bonabéri ainsi qu'un ensemble d'établissements répartis de manière diffuse dans le tissu urbain.

Les études d'urbanisme prévoient le développement de deux zones nouvelles en périphérie de la ville: l'une à l'est de part et d'autre de le long de l'axe lourd en rive droite de la Dibamba, l'autre à l'ouest de Bonabéri.

Les effluents industriels doivent être traités avant rejet. Ce rejet peut s'effectuer soit dans le milieu naturel (en général le réseau hydrographique) soit dans un réseau collectif aboutissant à une station d'épuration municipale. Ce dernier cas n'est acceptable que si la qualité des effluents est compatible avec le bon fonctionnement du processus d'épuration biologique.

Compte tenu de la localisation des ces 4 zones industrielles et des objectifs envisagés pour les milieux récepteurs voisins, il est fortement recommandé de les spécialiser selon la nature de leurs effluents :

- La zone existante et le centre industriel de M'Bassa : située en plein cœur du tissu urbain, ils devraient être progressivement dédiés à des activités peu polluantes. Une partie de ces effluents pourra être raccordée au réseau de collecte du centre ville s'ils sont compatibles avec le procédé d'épuration qui sera retenu, l'autre partie pouvant être rejetée dans les différents thalwegs qui sillonnent la zone avec un pré-traitement approprié.
- La zone existante de Bonabéri: située en bordure du Wouri dans une zone où le courant est suffisant pour assurer une bonne dilution des effluents, cette zone déjà saturée devrait recevoir préférentiellement des établissements dont les effluents ne peuvent pas être rejetés dans une station d'épuration biologique. Ces effluents devront subir un pré-traitement approprié à chaque cas avant leur rejet dans le Wouri.

- La zone future de Douala-Est située en bordure de la Dibamba: cette zone située à seulement 6 km à l'aval de la prise d'eau de la ville présente un risque sérieux de pollution de la prise d'eau lors de la remontée des eaux en période d'étiage sous l'influence de la marée. Il est donc fortement recommandé d'interdire l'installation d'industries à risque dans la zone de Douala-Est et de la spécialiser dans les activités de service peu polluantes. Les effluents devront être dirigés vers le réseau de collecte qui équipera le pôle de développement de Douala-est. Des réservoirs de stockage devraient être imposés aux établissements industriels afin de parer au risque de remontée de polluants toxiques au niveau de la prise d'eau potable en cas de forte marée se produisant en période d'étiage.
- La zone future de Douala-ouest est située en bordure d'un petit affluent de la rive droite du Wouri qui est un milieu sensible en raison notamment de faibles vitesses d'écoulement. Cette zone devrait être dédiée à des activités peu polluantes et dont les effluents pourraient être selon le cas rejetés dans le réseau et traités à la future station d'épuration, ou bien rejeté dans le réseau hydrographique mais avec un traitement plus poussé. Des activités à risque pourraient être tolérées dans cette zone dans la mesure où le milieu récepteur constitué par le petit affluent du Wouri n'est pas utilisé comme ressource en eau urbaine.

En résumé, les industries à risque devraient être installées préférentiellement dans la zone de Bonaberi en bordure du Wouri ou à défaut à Douala-Ouest. Leur installation est à proscrire à Douala Est, zone située en bordure de la Dibamba utilisée comme ressource d'eau potable, et à décourager à M'Bassa en raison de la localisation au cœur de la ville.

Dans tous les cas, une politique de réglementation et contrôle de la pollution industrielle devra être mise en œuvre, avec obligation pour les établissements pollueurs de mettre en œuvre des unités de pré-traitement des effluents.

Schéma d'assainissement des eaux pluviales

La problématique principale de l'assainissement pluvial à Douala est celle des inondations localisées occasionnées par les débordements des drains pluviaux.

La tranche prioritaire de réhabilitation de 40 km de canaux pluviaux principaux permettra d'éviter la formation de ces poches d'inondation, les tronçons à réhabiliter ayant été choisis à cet effet et dimensionnés pour une période d'insuffisance de 10 ans.

On peut noter également des problèmes localisés d'érosion par les eaux pluviales, notamment au débouché des réseaux pluviaux équipant certains quartiers de la ville dans la mesure où ces réseaux isolés rejettent les eaux pluviales dans le milieu récepteur sans toujours les canaliser vers un point de rejet approprié.

D'autre part, la configuration topographique de la ville permet de bénéficier de pentes d'écoulement suffisantes pour assurer un transfert des eaux avec des sections d'écoulement de dimension raisonnable. Le recours à des bassins d'orage ne s'impose donc pas dans le cas de Douala.

Les ouvrages proposés pour assurer l'assainissement pluvial de Douala avec une période décennale se résument donc à un réseau de canaux principaux à écoulement libre collectant les eaux des caniveaux secondaires et tertiaires équipant la voirie.

Plusieurs profils ont été adoptés pour le recalibrage des canaux de drainage :

- Canal rectangulaire en béton armé dans les parties amont qui se caractérisent par une forte pente et l'étroitesse du site disponible
- Canal trapézoïdal avec talus latéral en perré maçonné et fond en béton ou en terre selon la pente d'écoulement
- Canal trapézoïdal en terre dans les parties aval où les vitesses d'écoulement sont limitées compte tenu des pentes plus faibles.

A capacité de débit égale, les canaux trapézoïdaux en perré maçonné sont plus économiques que les canaux rectangulaires en béton.

Outre les franchissements routiers aux passages de rues principales, des passerelles pour piéton seront aménagées à intervalle régulier pour permettre la circulation des habitants.

Les écoulements de certains canaux sont influencés à l'aval par la variation du niveau d'eau dans le Wouri en raison de l'influence des marées. Les canaux ont été dimensionnés pour évacuer le débit d'une pluie décennale par haute mer normale, soit un niveau de l'eau à l'altitude terrestre de 1,18 m.

Les priorités proposées pour l'équipement en drainage pluvial sont les suivantes:

- Tranche prioritaire de 42 km de canaux (plus 10 km de reprofilage des parties aval jusqu'à l'exutoire dans le milieu naturel)
- Priorité 2: poursuite de la réhabilitation et du recalibrage des drains des bassins du Tongo Bassa (50 km) et de Longmayagui (19 km), situés dans la zone urbanisée
- Priorité 3: calibrage des drains du bassin de Kambo (34 km)
- Priorité 4: calibrage des drains des bassins de la périphérie Est de la ville, affluents de la Dibamba (une centaine de km).

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Les coûts de construction sont estimés comme suit, en millions de FCFA (valeur 2005):

	coût de construction des canaux principaux	coût indicatif de construction des canaux secondaires	coûts de recasement et mesures d'accompagnement	coût total
	Millions FCFA	Millions FCFA	Millions FCFA	Millions FCFA
Tranche prioritaire	25 000	100 000 (*)	5 000	130 000
Priorité 2: Tongo Bassa	31 400	135 000 (**)	6 000	172 400
Priorité 2: Longmayagui	10 800	72 000	2 100	84 900
Priorité 3: Kambo	19 500	120 000	1 900	141 400
Priorité 4: bassins de la Dibamba (periphérie Est)	55 300	393 000	2 700	451 000
Total	142 000	820 000	17 700	979 700

Le coût total d'aménagement de la ville en assainissement pluvial s'établit donc à long terme à près de 1000 milliards de FCFA, y compris la tranche prioritaire, soit pour une population de 6 millions d'habitants, un ratio de 170000 FCFA /habitant.

Priorités et programmation des actions

Compte tenu des enjeux environnementaux exposés ci-dessus et des contraintes financières qui pèseront nécessairement sur la réalisation des ouvrages, un programme réaliste d'équipement est proposé, comme suit, à l'horizon 15 ans.

Pour les systèmes d'assainissement des eaux usées:

- Construction / réhabilitation du réseau de collecteurs d'eaux usées de l'hyper-centre et de la zone du projet immobilier Sawa Beach
- Construction d'une première tranche de la station d'épuration de la crique Docteur permettant de raccorder une population de 150 000 habitants ainsi que certains établissements industriels de la zone de M'Bassa,
- Remise en état du site de décharge du Bois des Singes,
- Construction de trois installations de traitement des matières de vidange à l'aval de la crique Docteur, à Douala Nord et Douala-Ouest (rive droite du Wouri) et mise en œuvre progressive d'une tarification significative,
- Préparation et application de la réglementation des activités de vidange,

- Construction de 90 stations sanitaires (blocs d'une douzaine de WC publics) dans les quartiers denses défavorisés et peu aptes à l'assainissement individuel, soit un rythme de mise en service de une tous les deux mois sur 15 ans.
- Mise en œuvre d'une réglementation technique des ouvrages d'assainissement individuels.

Pour les eaux pluviales:

- construction des 40 km de canaux principaux de la tranche prioritaire, assortie de 8 km de reprofilage des exutoires aval.
- mise en œuvre d'un programme d'extension/réhabilitation des caniveaux secondaires et tertiaires associés

Actions d'accompagnement

- mise en vigueur de la réglementation et du contrôle de la pollution industrielle,
- extension de la desserte en eau potable, en priorité dans les quartiers défavorisés où les puits sont très pollués par les latrines à proximité.

A plus long terme, les actions devront être poursuivies avec l'extension du réseau de collecte du centre ville et des pôles périphériques.

Conclusions et recommandations particulières

A la lumière des résultats de l'étude, il est recommandé de poursuivre la politique d'assainissement de la ville de Douala en gardant à l'esprit les principes et idées directrices suivantes:

Assainissement des eaux usées

- Maximiser le recours à l'assainissement individuel partout où cela est possible, même si les sols sont peu favorables, dans la mesure où la mise en œuvre de systèmes collectifs est longue et onéreuse,
- Préparer une réglementation à l'intention des propriétaires d'installations d'assainissement individuel, au moins dans un premier temps sous la forme d'un zonage indicatif, de plans types, de recommandations de construction et d'usage, et mettre en place les dispositifs de contrôle de conformité,
- Focaliser à court terme la construction des réseaux collectifs sur l'hypercentre et la zone du projet Sawa Beach, avec une première tranche de la station d'épuration de la crique Docteur, rejetant les effluents épurés à l'aval de la crique.

Gestion de l'espace urbain

- Réserver les emprises pour les ouvrages futurs: stations d'épuration et de pompage
- Maîtriser la construction le long des canaux et drains pluviaux afin de préserver.

Gestion des matières de vidange

- Remettre en état le site du Bois des Singes dans l'attente de la construction d'une installation de traitement à la future station de la crique Docteur,

- Construire rapidement trois installations de décharge et traitement des matières de vidange, respectivement à l'aval de la crique Docteur, à Douala Nord et à Douala Ouest (rive droite du Wouri) afin d'offrir aux entreprises de vidange des sites officiels à distance raisonnable.
- Préparer une augmentation significative du tarif des décharges de matières de vidange dans ces sites autorisés afin de pouvoir en assurer une maintenance satisfaisante.

Gestion environnementale du milieu récepteur

- protéger le bassin versant de la Dibamba, utilisée comme ressource en eau pour la ville, et notamment:
 - ne pas y autoriser l'implantation d'unités industrielles émettant des polluants toxiques,
 - y interdire les décharges sauvages de matière de vidange.
- protéger la qualité de la crique Docteur, riveraine du projet de Sawa Beach.
- compte tenu de son débit important, accepter les rejets d'effluents dans le Wouri tout en imposant progressivement le pré-traitement aux entreprises industrielles et en envisageant à long terme l'épuration des eaux usées des futurs réseaux devant aboutir au Wouri.

Gestion de la pollution industrielle

- faire aboutir la réglementation des rejets d'effluents industriels, tant dans le milieu récepteur que dans les réseaux collectifs aboutissant ou devant aboutir à terme à des stations d'épuration.
- Spécialiser les zones industrielles en fonction des risques sur le milieu récepteur.

INTRODUCTION

Le présent rapport correspondant aux phases 3 et 4, respectivement intitulées "analyse comparative des schémas" et "exposé de la solution retenue", de la préparation du schéma directeur d'assainissement des eaux usées et pluviales.

Le premier chapitre rappelle le contexte et la situation actuelle de l'assainissement dans la ville de Douala.

Le deuxième chapitre présente les hypothèses de développement urbain prises en compte dans la formulation du schéma d'assainissement.

Le troisième chapitre présente les considérations techniques qui aboutissent à la proposition de zonage des modes d'assainissement: réseau collectif, assainissement collectif et ses différentes formules.

Le quatrième chapitre présente les alternatives et les choix proposés pour les points de rejet dans le milieu récepteur et les niveaux d'épuration des effluents.

Le cinquième chapitre donne une évaluation des charges polluantes à prendre en compte dans la définition préliminaire des ouvrages d'épuration.

Le sixième chapitre synthétise l'ensemble des considérations ci-dessus et passe en revue les différentes options d'assainissement des eaux usées, tant pour la collecte, le rejet que l'épuration et recommande un schéma à long terme.

Enfin, le septième et dernier chapitre présente le schéma d'assainissement des eaux pluviales.

oOo

1.

SITUATION ACTUELLE DE L'ASSAINISSEMENT

1.1. LA SITUATION SANITAIRE

1.1.1. LA CONTAMINATION MICROBIENNE

La pollution microbienne découle de la présence dans l'eau de bactéries, de virus et de parasites issus le plus souvent des déjections humaines ou animales. Le milieu devient propice à la propagation de maladies hydriques telles que la schistosomiase, la typhoïde, la diarrhée et autres maladies gastro-intestinales. Ces maladies, en plus du paludisme bien connu, constituent les principales causes de morbidité et de mortalité infantile dans la ville de Douala. Le tableau ci-après présente la prévalence de certaines maladies hydriques par type de quartier de Douala.

Tableau n° 1 - PREVALENCE DE CERTAINES MALADIES HYDRIQUES PAR TYPE DE QUARTIER (EN %)

Type de quartier	Paludisme	Typhoïde	Diarrhée
Haut standing	4,0	8,9	0,2
Moyen standing	13,7	8,7	2,4
Habitat spontané	17,1	5,2	3,4
Péri-urbain loti	14,0	2,6	3,1
Péri-urbain non loti	17,5	3,0	3,9

Source : adapté de INS/CAVIE 2002

1.1.2. LA POLLUTION TOXIQUE

La pollution toxique provient du secteur industriel et informel, (métaux lourds : Fe, Zn, Cd, etc.) mais également du secteur agricole par le biais des pesticides. A Douala, de nombreuses unités artisanales de récupération des métaux, de tannerie sont implantées le long des drains. Les substances rejetées représentent un danger potentiel pour l'eau, les sédiments ou les organismes aquatiques. Elles ont des effets immédiats ou latents, mais aussi sur l'homme par la consommation de poissons et des produits de maraîchage. D'après l'étude d'impact sur l'environnement du dragage du port, la pollution par les métaux lourds reste globalement encore en dessous des seuils recommandés par les normes AFNOR au niveau de l'estuaire du Wouri, ce qui n'est pas forcément le cas au niveau des cours d'eau dans la ville. La pollution toxique est ainsi particulièrement localisée en certains points. Une analyse conduite par la délégation provinciale de la santé relève

par exemple que les poissons des lacs Ngongué à Maképé sont contaminés : ces poissons ont quasiment disparu et sont interdits de consommation.

1.2. L'OCCUPATION DES SOLS

1.2.1. PRESENTATION GENERALE

La ville de Douala, tributaire du site naturel sur lequel elle a été bâtie, s'étale sur plus de 18 000 hectares de part et d'autre des rives du Wouri, avec un espace urbain plus étendu en rive gauche.

Sa densité se situe autour de 110 habitants par hectare, ce qui constitue une valeur assez élevée pour une agglomération africaine.

A l'exception du front urbain nord (Bonamoussadi), l'urbanisation s'est développée le long des axes principaux :

- à l'Est le long de l'axe menant à Yaoundé ;
- à l'Ouest le long de l'axe de Bonabéri ;
- au Nord le long de l'axe de Yabassi.

Au cours des dernières décennies, le cadre urbain a connu d'importantes transformations, la structure et la fonction des quartiers évoluant rapidement et les espaces périurbains connaissant une croissance incontrôlée. Ainsi, les transformations suivantes ont été observées :

- le centre urbain principal (centre des affaires le long du boulevard de la Liberté et centre administratif sur le plateau de Bonanjo) a perdu de son dynamisme ;
- les quartiers situés à la périphérie du centre traditionnel ont connu un développement anarchique ;
- les quartiers extérieurs (situés au delà de la rocade des 5 km), ont recueilli les besoins ne pouvant pas être organisés dans la zone structurée de la ville : implantations industrielles, quartiers résidentiels aisés, marchés spontanés et habitat des pauvres dans des zones dépourvues de toute viabilisation ;
- à la périphérie, de grands espaces sont aujourd'hui en début d'urbanisation incontrôlée.

Pour le moment, la ville ne dispose pas de document directeur d'aménagement actualisé. En effet, le seul document « prospectif » disponible est le SDAU élaboré en 1983, dont les perspectives s'arrêtaient en 2000 et dont une grande partie des préconisations ne s'est pas réalisée. Un bilan global du service de l'assainissement de la CUD, réalisé en 2002 pour la période allant de 1983 à 2002, évalue le taux de réalisation du SDAU de 1983 à 20% pour les eaux usées et moins de 5% pour les eaux pluviales.

1.2.2. CARACTERISATION DU TISSU URBAIN

La ville de Douala possède un tissu urbain très varié et une multitude de types de parcellaires. Les enquêtes préalables ont permis de les regrouper en 6 grandes familles, présentées dans le tableau ci-après :

Tableau n° 2 - CARACTERISATION DU TISSU URBAIN

Type de parcellaire	Superficie estimée (en ha)
Parcellaire de haut standing	1400
Parcellaire de moyen standing	550
Parcellaire de bas standing	900
Grande trame foncière	170
Espace foncier non tramé (habitat dense et diffus)	4400
Espace foncier populaire ancien et sommairement restructuré	2400

Ces différents types de parcellaires ne disposent pas tous d'un cadre légal. Par ailleurs, la présence d'équipements et d'infrastructures ainsi que, le cas échéant, l'état de ces derniers est très variable selon les parcellaires considérés.

Dans les zones d'espace foncier non tramé, ou zones « d'habitat spontané » les conditions sont les plus précaires : on y rencontre de très fortes densités, des problèmes d'accès, l'absence de desserte en eau potable et d'enlèvement des ordures et des conditions d'assainissement individuel déplorables.

1.3. LES RESEAUX D'EAUX USEES DOMESTIQUES

La ville de Douala comporte un certain nombre de réseaux permettant la collecte d'eaux usées domestiques. Toutefois, ces réseaux n'assurent la collecte que de 2 % de la population, ils restent localisés et sont bien souvent dégradés. Il s'agit de l'ancien réseau du Plateau de Joss ainsi que des réseaux situés dans les opérations MAETUR-SIC.

Une figure en annexe 1 montre la localisation de ces systèmes.

1.3.1. LE RESEAU D'EAUX USEES DU PLATEAU JOSS

Datant de plus de 100 ans, ce réseau totalisait à l'origine 5 km de canalisations en amiante-ciment de diamètre 200 mm et possédait un exutoire unique dans le Wouri. A la suite de nombreux dysfonctionnements, il a subi une profonde restructuration avec l'ajout de nouvelles canalisations en béton de diamètres allant de 600 à 800 mm. Il comporte ainsi

aujourd'hui de nombreuses ramifications et plusieurs exutoires dont 2 dans le Wouri et 3 dans la Besseké.

Ce réseau présente de nombreuses défaillances. En effet, il est sujet à des problèmes d'étanchéité entraînant à la fois une mauvaise collecte des effluents mais aussi des problèmes de dilution excessive par les eaux de ruissellement par l'absence de tampons.

Par ailleurs, des problèmes d'obstruction sont à déplorer compte tenu des faibles vitesses d'écoulement, de l'encombrement par des déchets solides introduits au droit de tampons détériorés et du manque d'entretien (mise en œuvre d'opérations d'hydrocurage).

Etant donné l'état d'obsolescence de ce réseau, les opérations de réhabilitation seraient plus coûteuses que son renouvellement, on envisagera donc son quasi- remplacement par la suite. Toutefois une réhabilitation pourrait suffire par endroit.

1.3.2. LES RESEAUX D'EAUX USEES DES OPERATIONS MAETUR-SIC

Des systèmes de collecte des eaux usées ont généralement été mis en place lors d'opérations immobilières des promoteurs MAETUR et SIC, c'est le cas pour la Cité SIC de Ndogbati, la Cité des Palmiers ainsi qu'à Douala Nord.

Ces réseaux manquent souvent d'entretien. Ils sont ainsi soumis à des problèmes de dépôts, de fuites et de détérioration des ouvrages (tampons, regards...). On constate aussi la présence de branchements non conformes.

Néanmoins, certains réseaux présentent un fonctionnement correct (Cité des Palmiers, Kotto) ou acceptable (Cité SIC Ndogbati, Bonamoussadi à Douala Nord). Concernant ces derniers, des opérations de réhabilitation seraient envisageables.

A l'aval de nombre de réseaux, les stations d'épuration sont souvent hors service (Bonamoussadi, Cité des Palmiers) ou inexistantes (Cité SIC Ndogbati, Logpom à Douala Nord).

1.4. LES STATIONS D'EPURATION EXISTANTES

Les stations d'épuration de la ville de Douala sont essentiellement localisées dans les unités industrielles, dans les opérations MAETUR-SIC et à proximité des établissements à caractère collectif tels que les universités, les hôtels et les hôpitaux.

Les procédés d'épuration mis en œuvre sont :

- Décanteurs simples ou à chicanes ;
- Décanteurs-digesteurs ;
- Lits bactériens ;
- Lits filtrants ;
- Boues activées ;
- Traitements physico-chimiques (sulfate d'alumine, chaux éteinte...).

Dans les zones industrielles gérées par la MAGZI, il avait été programmé à l'origine l'installation par les industriels de stations d'épuration chargées de traiter les effluents produits, néanmoins ces projets n'ont pas été suivis par la suite.

Sur la base des investigations menées sur le terrain, il a été observé que de manière générale les stations d'épuration manquaient d'entretien. Selon leur état de fonctionnement, on peut globalement les regrouper en 3 grandes catégories :

- Stations hors service (Bonamoussadi, Cité de Palmiers);
- Stations connaissant des dysfonctionnements et/ou des insuffisances (Hôtel Sawa, Industries : CICAM, CEP, UNALOR, CCC, PILCAM et SODEPA);
- Stations en bon état de fonctionnement (Kotto, Université de Douala, Hôpital Laquintinie, Hôpital général).

Aucune de ces stations d'épuration n'est équipée de filière spécifique de traitement des boues. Celles-ci sont vidangées régulièrement par une société spécialisée et acheminées vers le Bois des Singes. Il est à noter que ce site est équipé de lits filtrants entièrement colmatés et que ce système est actuellement sous dimensionné et inadapté.

1.5. L'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL

L'assainissement individuel constitue le mode d'assainissement le plus répandu actuellement à Douala. Les installations les plus utilisées sont les latrines, les fosses septiques puis les fosses étanches.

Tableau n° 3 - REPARTITION DES MODES D'ASSAINISSEMENT A DOUALA

Type d'installation	Pourcentage estimé actuel
Fosse septique	25%
Latrine à fosse étanche à vidanger	Moins de 1%
Latrines a fosse sèche	Supérieur à 55 %
Branchement au réseau	4%
Rejet direct au milieu naturel	15%

1.5.1. LES LATRINES OU FOSSES SECHES

L'utilisation de latrines se rencontre notamment dans les quartiers pauvres à l'habitat spontané et précaire.

Ce dispositif très sommaire est composé d'une fosse recouverte d'une dalle ou planche perforée et est doté d'une superstructure plus ou moins élaborée. Il recueille principalement les eaux vannes, les eaux ménagères étant déversées dans les cours et drains environnants.

La généralisation de ce dispositif entraîne, en plus des désagréments, des problèmes d'insalubrité publique. En effet, bien souvent dans ces quartiers coexistent sur les parcelles puits d'alimentation en eau potable et latrines. Ainsi, ces dernières peuvent contaminer la nappe et exposer les populations à des maladies d'origine hydrique. Ces problématiques

deviennent cruciales en saison pluvieuse, lorsque la nappe est affleurante et qu'on assiste à un mélange des eaux des puits, des fosses et de ruissellement.

1.5.2. LES FOSSES SEPTIQUES

Ce système d'épuration est utilisé dans les quartiers planifiés tels que les résidences de moyen et haut standing. Les modèles de fosses septiques sont variés mais comportent en général 2 ou 3 compartiments et un puisard. Il est à noter que les dispositifs existants polluent bien souvent la nappe phréatique. Ceci à cause de problèmes d'étanchéité au droit des cuves mais aussi parce qu'un système d'épuration complémentaire serait à mettre en place pour assurer un niveau d'épuration satisfaisant.

Le plus souvent seules les fonctions de dégraissage et incubation sont assurées dans les premier et deuxième compartiment. Le lit bactérien percolateur du troisième compartiment est souvent absent.

Afin d'optimiser ce dispositif, la CUD fournit dorénavant un modèle type de fosse septique aux demandeurs de permis de construire. Cependant, l'application de ce modèle reste imparfaite compte tenu des problèmes suivants :

- d'une part, de la difficulté de la mise en œuvre dans les zones où la nappe est subaffleurante et du coût relativement élevé du dispositif ;
- d'autre part, de la construction de bâtiments sans permis de construire et de l'absence d'un organisme de suivi et de contrôle.

1.5.3. LES FOSSES ETANCHES

Ces dispositifs constituent une variante de la latrine mais avec une fosse constituée de parois étanches et stabilisées.

Il existe sur le marché local des fosses préfabriquées en plastique. Toutefois les capacités commercialisées semblent insuffisantes (200 à 500 litres).

Compte tenu de l'étanchéité du système ce dernier convient à tous les sites, même ceux où la nappe est affleurante. Toutefois, le site ne doit pas être inondable et doit être accessible aux véhicules de vidange.

1.5.4. VIDANGE DES FOSSES SEPTIQUES ET DES FOSSES ETANCHES

Les fosses septiques constituent un système d'épuration autonome notamment lorsqu'elles sont bien entretenues, nécessitant toutefois une vidange des boues environ tous les 2 ans, et lorsqu'elles sont suivies d'un dispositif d'infiltration.

Les fosses étanches nécessitent des vidanges régulières et n'assurent pas un rôle d'épuration.

Les latrines à fosse sèche constituent également un système d'épuration par la stabilisation des matières qui se produit dans la fosse et dans le sous-sol environnant. Sauf colmatage, elles ne nécessitent pas de vidange.

Les boues de vidange des fosses sont collectées par une vingtaine de sociétés commerciales qui les acheminent au Bois des Singes. Ce site n'avait fait l'objet d'aucun

aménagement particulier jusqu'en 2001, où un dispositif provisoire de lits filtrants fut mis en place. Le SDAU de 1983 prévoyait la construction d'une station spécifique de traitement des boues. Actuellement rien n'a été réalisé et le déversement ainsi que le traitement de ces boues deviennent une problématique majeure.

Ce site étant unique dans l'agglomération, des décharges sauvages sont couramment pratiquées en raison des grandes distances de transport.

1.6. L'ASSAINISSEMENT DES ETABLISSEMENTS INDUSTRIELS

L'agglomération de Douala possède une forte vocation industrielle. Selon les données fournies par le Ministère du développement industriel et commercial (MINDIC) elle réalise à elle seule 75 % de la production industrielle nationale.

1.6.1. LES SECTEURS D'ACTIVITE

Les branches industrielles sont assez diversifiées et évoluent de façon sensible. On peut cependant les regrouper en 4 secteurs principaux :

- Les industries agro-alimentaires (brasseries, transformation du café et cacao, industries sucrières, élevage et transformation, huilerie de palme...);
- Les industries chimiques (traitement des hydrocarbures, plastiques et huiles, fabrication de batteries et piles, fabrication de savons, lessives et cosmétiques, fabrication de teintures et peintures, production de latex, fabrication de verre...);
- Les industries métallurgiques (fabrication de matériaux de construction, métallurgie de base, construction de matériels de transport, construction de matériels électriques);
- Les industries diverses et le secteur informel (activités manufacturières : cimenteries, fabrication de cigarettes et tabac, savonneries artisanales, fabrication de chaussures et de sacs..., activités de prestation de services : mécanique automobile, réparation d'appareils d'électroménager...).

1.6.2. LOCALISATION DES PRINCIPAUX ETABLISSEMENTS

A côté d'importants établissements, sont implantés des ateliers de taille plus modeste dans les zones industrielles. Ces derniers ne seront pas étudiés individuellement mais ils seront intégrés dans les calculs par l'intermédiaire d'un ratio relatif à la surface des zones industrielles.

La présente étude concerne donc les principales industries et établissements, constituant des « gros usagers » vis à vis de la consommation d'eau (alimentation par la S.N.E.C. ou par forages privés) et donc à même de rejeter des quantités importantes d'effluents.

Dans l'agglomération de Douala, l'activité industrielle est présente en majeure partie dans des zones industrielles, cependant on note aussi un certain nombre d'implantations isolées constituant un secteur diffus. Il convient aussi de relever que Douala possède des points francs industriels depuis l'Ordonnance signée le 29 Janvier 1990.

La figure 4 en annexe 1 donne la localisation des principales industries.

1.6.2.1. LES ETABLISSEMENT SITUES DANS DES CENTRES INDUSTRIELS

On distingue 4 centres industriels principaux :

- Le centre industriel de Bassa prolongé à l'Est par la zone industrielle MAGZI, qui couvre une superficie de 350 ha et constitue la plus grande zone industrielle du pays ;
- La zone de Bonabéri, deuxième zone industrielle organisée de la ville, qui est équipée par la MAGZI et couvre environ 160 ha ;
- La zone industrielle spontanée située le long de l'axe routier vers l'Ouest à Bonabéri, couvrant une superficie d'environ 60 ha ;
- La zone portuaire, d'une superficie d'environ 200 ha.
- La zone industrielle en développement accéléré sur l'axe routier sud-est vers Yaoundé.

1.6.2.2. LES ETABLISSEMENTS ISOLEES

A côté de ces centres industriels, on relève un certain nombre d'industries isolées. Différents critères peuvent conditionner la localisation de ces industries : conditions d'accès, proximité d'un site pour le rejet de leurs effluents, critères économiques...

Par ailleurs, bien que certaines entreprises s'implantent dans des zones périphériques, la croissance urbaine forte et désordonnée finit rapidement par placer ces entreprises au milieu de quartiers d'habitat dense.

Le tableau présentant les principaux établissements isolés est fourni en Annexe 2.

1.6.3. LES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT EXISTANT

Dans les zones gérées par la MAGZI, les contrats liant la mission d'aménagement et l'occupant prévoyaient une répartition des responsabilités en matière d'entretien entre les deux parties et notamment :

- Concernant le drainage des eaux pluviales : la mission se devait d'aménager un réseau général de collecte et l'occupant était tenu de réaliser un réseau spécial de collecte et d'évacuation jusqu'au réseau général ;
- Concernant les eaux résiduaires : la mission devait réaliser et entretenir un réseau primaire et l'occupant était tenu d'épurer ses effluents avant leur rejet vers ce réseau primaire.

Malgré les clauses qui avaient été définies dans les contrats et de manière générale pour les établissements visités, il a été constaté que les eaux résiduaires sont évacuées par l'intermédiaire du réseau de drainage des eaux pluviales. Ce réseau est constitué de canaux en béton à ciel ouvert.

C'est notamment le cas dans les zones industrielles MAGZI de Bassa et Bonabéri, où en outre aucun traitement n'est mis en œuvre avant rejet vers le milieu naturel.

Par ailleurs, dans la zone de Bassa ces caniveaux à ciel ouvert traversent des zones d'habitation, exposant les populations à d'importantes nuisances.

Plus rarement, certaines industries procèdent à la séparation des eaux résiduaires et des eaux pluviales, c'est notamment le cas de l'établissement Guinness.

Globalement, compte tenu des limites de la législation en matière d'assainissement et de l'absence de contrôle des agents de l'administration, les industriels ne sont pas incités à se préoccuper de leurs rejets.

1.7. L'ASSAINISSEMENT DES ETABLISSEMENTS HOSPITALIERS

La ville de Douala est dotée d'une grande quantité d'établissements de petite et moyenne taille tels que des dispensaires et centres de santé situés de manière diffuse.

A côté de ces établissements, il existe des structures de plus grande capacité telles que les hôpitaux de district (New Bell, Deido, Bonabéri...) et 2 hôpitaux nationaux (Hôpital général et Laquintinie).

Seuls les hôpitaux nationaux sont actuellement équipés de systèmes d'assainissement et de traitement.

1.8. LES REJETS DIRECTS VERS LE MILIEU NATUREL

Dans certains quartiers à habitat spontané situés dans des zones de bas-fonds et de marécages, on constate des rejets d'eaux usées et de matières fécales directement dans les ruisseaux ou marigots. L'insalubrité découlant de ces pratiques est d'autant plus importante lorsque ces zones sont inondées, pendant la saison des pluies.

Une autre pratique observée concerne le rejet d'importantes quantités d'eaux ménagères dans les cours, rigoles, cours d'eau... de certains quartiers il devient ainsi courant que des filets ou flaques d'eaux usées persistent sur les voies publiques. Ce phénomène prend d'autant plus d'ampleur que des établissements générant des flux pouvant être quantitativement et qualitativement encore plus néfastes (immeubles, sociétés de lavage, hôtels, restaurants, centres de santé...) pratiquent également le rejet direct.

1.9. LE DRAINAGE DES EAUX PLUVIALES

1.9.1. CONSIDERATIONS GENERALES

La ville de Douala est caractérisée par une forte pluviosité et un relief plat. Le réseau hydrographique de la région étudiée peut être regroupé en 9 bassins versants principaux qui sont du Nord au Sud : le Tongo Bassa, le Mbanya, le Mbopi, la Besseké, le Bobongo, le Mgoua, le Longmayagui et le Kambo sur la rive gauche du Wouri et l'Epolo sur la rive droite.

De manière générale, on retrouve pour les bassins versants de la ville une première zone en amont, où les pentes sont plus marquées et le lit mineur bien individualisé et une deuxième zone en aval, aux pentes beaucoup plus faibles constituant une zone d'épandage des crues dans un lit majeur plus vaste et marécageux. C'est essentiellement

dans cette partie que s'installent les habitations spontanées sujettes à des inondations régulières en période de pluies.

Le réseau hydrographique est en relation étroite avec les eaux souterraines, on observe ainsi des écoulements permanents dans les ouvrages d'assainissement pluvial, même en l'absence de précipitations, sans compter aussi les débits d'eaux usées déversées improprement au réseau pluvial.

Par ailleurs, les écoulements sont influencés par la marée.

1.9.2. LE RESEAU DE DRAINS

En plus des drains naturels, les ouvrages assurant le drainage de la ville de Douala sont de 3 types : canaux bétonnés, caniveaux et buses et ouvrages de franchissement. Par la suite, on s'intéressera plus particulièrement au réseau de drains primaires et secondaires puis aux ouvrages de franchissement.

De manière générale les drains primaires et secondaires (ruisseaux et marigots) peuvent être divisés en 3 groupes :

1.9.2.1. DRAINS SECONDAIRES AMONT

Généralement, ces drains, recueillant des débits relativement faibles, sont caractérisés par une pente assez forte et des dimensions réduites (largeur : 1-2m, hauteur : 0,5 m). Ils traversent des zones d'habitat très denses et peuvent être localement encombrés par des habitations. Les débordements sont peu importants et de courte durée.

1.9.2.2. DRAINS SECONDAIRES ET PRIMAIRES DES PARTIES CENTRALES DES BASSINS VERSANTS

Ces drains collectent l'eau des drains précédents, ils recueillent donc des débits plus élevés et leurs dimensions sont variables (largeur : 2-5 m, hauteur : 0,5-1 m). Ils traversent des zones d'habitat dense, néanmoins l'emprise existante est plus large que pour les drains secondaires amont. Le rejet de déchets dans les marigots entraîne leur obstruction, provoquant d'importantes inondations et empêchant l'écoulement libre dans les drains en amont.

1.9.2.3. DRAINS PRIMAIRES AVAL

Les drains situés à l'aval présentent de faibles pentes. Etant donné les inondations se produisant dans les zones centrales, on assiste à un certain laminage des crues réduisant les débits de pointe en aval. Il est à noter qu'en améliorant le drainage amont ces débits seront considérablement augmentés et qu'il faudra prévoir un aménagement en conséquence des drains situés en aval.

Ceci est d'autant plus vrai que les habitations se sont développées dans ces zones et qu'elles se situent à moins de 0,5 m au dessus du terrain naturel.

1.9.2.4. AUTRE RESEAU DE DRAINAGE

On peut signaler qu'il existe un réseau de drainage tertiaire dans certaines zones. Il s'agit de caniveaux et de buses situés le long des voiries bitumées et dont le rôle est de collecter les eaux pluviales et de les acheminer dans les drains secondaires amont.

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Les caniveaux sont en béton armé pour les récents et en maçonnerie pour les plus anciens. L'absence de dallettes (dépôts d'objets solides) et/ou leur détérioration (notamment pour la deuxième catégorie) a entraîné leur obstruction.

Les buses se trouvent sur les opérations MAETUR et sur une partie des plateaux de Joss et Akwa, elles sont en béton armé de diamètre allant de 600 à 800 mm. De manière générale ces buses sont obstruées.

1.9.2.5. LES OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT

Il s'agit d'ouvrages permettant au réseau routier de franchir les drains et de caniveaux permettant le franchissement des voiries par l'assainissement superficiel. Par la suite on s'intéressera plus précisément à la première catégorie.

La majorité de ces ouvrages sont des dalots, dont un grand nombre sont dégradés et plus particulièrement les zones de transitions entre les drains et les dalots. Quelques dalots ont des sections qui diffèrent entre l'amont et l'aval, il s'agit en général d'anciens ouvrages qui ont été prolongés.

On trouve aussi des ponts, dont les dimensions varient entre 6,5 et 55 m et des ouvrages constitués de buses en béton ou métalliques de diamètres variant de 600 à 4000 mm.

De nombreux ouvrages présentent des sections insuffisantes.

1.9.3. DESCRIPTIF DU RESEAU DE DRAINAGE PAR BASSIN VERSANT

Le tableau présenté ci-après synthétise les caractéristiques du réseau de drainage par bassin versant.

Tableau n° 4 - DESCRIPTIF DU RESEAU DE DRAINAGE PAR BASSIN VERSANT

Bassin versant	Observations générales	Observations sur les drains	Observations sur les ouvrages	Exutoire
Tongo Bassa	<ul style="list-style-type: none"> - Pentes : 0,1 à 0,7 % - Influence de la marée - Encombrement par débris et végétation - Présence de zones marécageuses 	<ul style="list-style-type: none"> - Déviations imposées au drain naturel provoquant des inondations (par exemple au carrefour BP de la Cité SIC) 	<ul style="list-style-type: none"> - Types d'ouvrages : 6 dalots, 3 ponts et 5 ouvrages avec buses - Un certain nombre d'ouvrages fonctionnent correctement - Présence d'un ouvrage systématiquement mis en charge 	Wouri (en amont du port)
Mbanya	<ul style="list-style-type: none"> - Pente moyenne : 0,3 % - Influence de la marée - Présence de zones marécageuses 	<ul style="list-style-type: none"> - Réseau primaire très long - Réseau secondaire court - Présence d'habitations dans le drain 	<ul style="list-style-type: none"> - Types d'ouvrages : 2 dalots, 3 ponts et 1 ouvrage avec buses - Un certain nombre d'ouvrages fonctionnent correctement - Présence d'un ouvrage régulièrement mis en charge 	Wouri (en amont du port)
Mbopi	<ul style="list-style-type: none"> - Pentes : 0,3 à 0,8 	<ul style="list-style-type: none"> - Drains sous- 	<ul style="list-style-type: none"> - Types d'ouvrages : 13 dalots, 1 	Wouri

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

	<p>%</p> <ul style="list-style-type: none"> - Influence de la marée - Encombrement par débris et végétation localement 	<p>dimensionnés</p> <ul style="list-style-type: none"> - Présence d'habitations dans le drain 	<p>ponts et 3 ouvrages avec buses</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mise en charge du conduit souterrain sous le Port de Pêche et la zone portuaire située en aval débouchant dans le Wouri - Un certain nombre d'ouvrages fonctionnent correctement - Présence d'un ouvrage systématiquement mis en charge 	(port)
Besséké	<ul style="list-style-type: none"> - Pentes : 0,25 à 0,5 % - Influence de la marée 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de canaux bétonnés sur la quasi totalité des drains Besséké et Bessoussoukou - Etat de fonctionnement satisfaisant des drains primaires et secondaires - Manque d'entretien des réseaux secondaires et tertiaires 	<ul style="list-style-type: none"> - Types d'ouvrages : 13 dalots, 1 ouvrage avec buses - Etat de fonctionnement satisfaisant dans l'ensemble - Dysfonctionnement du système de grille situé au niveau de la Direction des douanes (en cas de son obstruction par les déchets, la grille fait obstacle à l'écoulement) 	Wouri (port)
Bobongo	<ul style="list-style-type: none"> - Bassin versant complexe - Pentes faibles < 0,2 % - Réduction des sections débitrices des drains et des ouvrages de franchissement de l'amont vers l'aval - Encombrement par débris et végétation 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'habitations dans le drain 	<ul style="list-style-type: none"> - Types d'ouvrages : 11 dalots, 1 ouvrage ovoïdal - Nombreux ouvrages sous-dimensionnés 	Crique Docteur
Mgoua	<ul style="list-style-type: none"> - Pentes : 0,2 à 2 % - Encombrement par débris et végétation - Influence de la marée 	<ul style="list-style-type: none"> - Drains sous-dimensionnés localement - Présence d'habitations dans le drain 	<ul style="list-style-type: none"> - Types d'ouvrages : 22 dalots, 2 ponts et 12 ouvrages avec buses - La plupart des ouvrages sont partiellement obstrués 	Crique Docteur
Longmayagui	<ul style="list-style-type: none"> - Pente moyenne : 0,3 % - Présence d'un lotissement MAETUR, pour lequel la densification de la population est à envisager à court terme - Encombrement par débris 		<ul style="list-style-type: none"> - Types d'ouvrages : 2 dalots, dont un a été construit récemment après la crue d'août 2000. - D'autres ouvrages ont été conçus par les riverains en dehors des règles de l'art 	Crique Docteur

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

	- Influence de la marée			
Kambo	- Bassin versant en cours d'urbanisation - Présence de zones marécageuses - Influence de la marée		- Types d'ouvrages : 5 ouvrages avec buses en béton ou métalliques	Dibamba
Epolo + Autres BV situés en rive droite du Wouri	- Le réseau hydrographique de la partie ouest de la ville est limité. - Pentes très faibles $\approx 0,1\%$ - Encombrement végétation - Influence de la marée	- Présence d'habitations dans le drain	- Types d'ouvrages sur l'Epolo : 4 dalots et 2 ouvrages avec buses	Wouri

1.9.4. FONCTIONNEMENT DU RESEAU DE DRAINAGE

Les difficultés de circulation des eaux proviennent essentiellement des faibles pentes à l'aval mais peuvent provenir aussi du rétrécissement des drains, du sous dimensionnement et de l'obstruction des ouvrages de franchissement.

Ces facteurs se traduisent par des inondations récurrentes dans certaines zones. La figure 16 en annexe 1 montre la localisation de ces zones.

La tranche prioritaire de réhabilitation des canaux principaux de drainage a été définie afin de résorber ces inondations avec une période de retour décennale.



2.

HYPOTHESES DE DEVELOPPEMENT URBAIN

2.1. ACCROISSEMENT DEMOGRAPHIQUE

L'établissement des projections démographiques était l'un des objets de la phase 2 de l'étude. Les principales conclusions sont rappelées ci-dessous.

Alors que pour de nombreuses villes africaines on peut noter une diminution du dynamisme interne, il est vraisemblable que Douala, de par son statut de capitale économique du pays, continuera à exercer une forte attraction au sein d'un vaste bassin de main d'œuvre.

A partir du dernier recensement datant de 1987, des hypothèses ont été établies afin d'estimer la population actuelle de la ville de Douala. Par ailleurs, en tenant compte des facteurs influençant la croissance démographique, deux hypothèses d'accroissement démographique, l'une basse, l'autre haute ont été étudiées. On a ainsi considéré un taux d'accroissement de plus de 5% pour la période de 1987 à aujourd'hui, puis des taux de 3 à 4% pour la période allant d'aujourd'hui à l'horizon 15 ans.

En se basant sur une hypothèse moyenne intermédiaire, on peut raisonnablement estimer la population de Douala à :

- environ 3 500 000 d'habitants à l'horizon 15 ans, ce qui correspondrait à un accroissement de population à cet horizon à environ 1,4 millions d'habitants.
- Entre 5 et 7 millions d'habitants à l'horizon 30 ans (voir rapport de phase 2). Les projections du schéma directeur se baseront sur une moyenne de 6 millions.

2.2. ZONE D'EXTENSION GEOGRAPHIQUE

L'accroissement de population évalué pour l'horizon 15 ans sera absorbé par un double mécanisme :

- ouverture de nouveaux secteurs à l'habitat ;
- densification des quartiers existants.

En l'absence de schéma actualisé en matière d'aménagement urbain, une estimation basée sur les résultats des investigations et des concertations propose le chiffre de 7500 ha urbanisés supplémentaires à l'horizon 15 ans.

Concernant la répartition de ces nouveaux secteurs d'habitat, nous retiendrons les hypothèses suivantes :

- Développement le plus important à l'Est de la ville, le long de l'axe lourd (4000 ha) ;

- Création de nouveaux quartiers au Nord, aux abords de l'ancienne route d'Edéa (1700 ha) ;
- Urbanisation à l'Ouest de la ville, à Bonabéri (1200 ha) ;
- Concrétisation du projet « Sawa Beach » (600 ha).

Ces nouveaux quartiers présenteront de faibles densités, avec environ 45 habitant en moyenne par hectare.

La figure 3 en annexe 1 présente une estimation des densités de population par sous-bassin versants à l'horizon 15 ans.

2.3. LES GRANDS AXES STRUCTURANTS

Le SDAU de 1983 préconisait un système ambitieux de rocade et de radiales. Cependant, à ce jour presque rien n'a été mis en place comme prévu alors que la population a presque triplé et l'existence d'une ossature de grandes infrastructures fait défaut.

En attendant l'élaboration d'un nouveau plan directeur, des propositions destinées à réhabiliter et structurer le réseau principal de voirie à court et moyen terme ont été effectuées par le Cabinet « Jacques Barbier Consultant ».

On retiendra l'hypothèse que ces travaux auront été achevés à l'horizon 15 ans, permettant ainsi aux zones d'activité et d'habitat de retrouver des conditions d'accessibilité minimale.

Ces travaux permettront la création des infrastructures suivantes :

- Rocades prévues par le SDAU de 1983 mais avec des caractéristiques réduites, sous forme de voies urbaines prioritaires (Aéroport – Nkolminta – Réunification – Pont sur le Wouri, axe lourd - Madagascar – Ndokoti – Deido, rocade du KM 12 Yassa – Nyalla étrangers ;
- Axe principal urbain entre les ponts sur le Wouri et la Dibamba, permettant de relier de façon directe les principales zones d'activité et les grands quartiers de la ville ;
- Tronçons de rocade permettant de rattacher efficacement les quartiers Nord à cet axe central ;
- Rocade interne reliant efficacement entre eux les quartiers Nord entre Logbessou et Maképé/Bonamoussadi ;
- Axe amélioré et renforcé à l'Ouest entre le pont sur le Wouri et Bekoko ;
- Réseau secondaire de desserte interne des différents quartiers.

2.4. LES ZONES INDUSTRIELLES

Les zones industrielles actuelles de la ville de Douala sont assez anciennes, en partie saturées et faiblement accessibles. Leur mise en place date de deux décennies environ et de nouvelles zones d'activité sont aujourd'hui nécessaires pour le développement futur des activités.

Compte tenu du développement de l'agglomération et en se basant sur des critères de disponibilité et d'accessibilité, 2 localisations semblent envisageables pour la création de futures zones industrielles :

- l'une à l'Est de Douala, le long de l'axe lourd entre l'axe Yassa-Nyalla et la Dibamba ;
- l'autre à l'Ouest de Bonabéri au niveau du carrefour de Bekoko.

A terme, les industries diffuses pourraient être délocalisées et rejoindre ces zones industrielles structurées afin d'une part de réduire les nuisances dues à la proximité immédiate d'habitations et d'autre part afin de disposer d'équipements spécifiques mis à disposition par un organisme d'aménagement et de gestion.

Toutefois, cette mesure ne concerne pas certains établissements pour lesquels une délocalisation n'est pas envisageable, il s'agit par exemple de la gare centrale.

2.5. EXTENSION DU RESEAU D'ALIMENTATION EN EAU

L'approvisionnement en eau potable des usagers domestiques ainsi que des autres utilisateurs (industries, commerces, établissements publics...) est principalement assuré par l'intermédiaire d'un réseau d'eau potable géré par la SNEC. Parallèlement, certains industriels ou établissements disposent de forages privés et une partie de la population est alimentée par des puits.

En 2002, un volume de 77 795 m³/j d'eau traitée était comptabilisé en entrée de réseau et distribué par un l'intermédiaire d'environ 74715 branchements, dont 57600 pour des particuliers et 52 bornes fontaines desservaient la population.

Le branchement particulier est actuellement utilisé pour la desserte des zones de moyen et haut standing et de manière plus ponctuelle dans les zones d'habitat économique. Toutefois, dans ces zones, une faible partie de la population a recours à des bornes fontaines, la pratique la plus courante consistant à l'achat d'eau auprès d'un particulier disposant d'un branchement. Ainsi, on note une progression du nombre de branchements et une disparition progressive des bornes-fontaines.

Actuellement la SNEC ne dispose pas d'une planification récente de l'extension de son réseau de Douala.

L'établissement du présent schéma directeur d'assainissement sera donc basé sur des hypothèses. La desserte en eau potable s'effectuera notamment avec un accroissement important du nombre de branchements privés et un accroissement plus limité du nombre de bornes fontaines. Toutefois ces dernières doivent exister en quantités suffisantes afin d'assurer l'alimentation des populations ne disposant pas de branchements privés et ceci

dans de bonnes conditions (réduction des trajets et délais d'attente pour l'approvisionnement).

Les calculs de demande en eau réalisés ont permis d'estimer pour l'horizon 15 ans le nombre de branchements à plus de 140 000 et le nombre de bornes fontaine à environ 160.

Dans les quartiers où existent de nombreuses latrines et où la nappe est sub-affleurante, il sera essentiel d'abandonner progressivement l'usage de puits comme source d'eau potable, et donc de développer le réseau d'eau.

3.

MODES D'ASSAINISSEMENT DES EAUX USEES

L'assainissement des eaux usées revêt deux grands modes: assainissement collectif au moyen d'un réseau de collecte assorti d'une station d'épuration et assainissement individuel.

Le choix entre ces deux grands modes dépend de divers paramètres qui sont discutés ci-après.

3.1. OBJECTIFS

L'objectif principal pour l'assainissement des eaux usées à Douala peut se résumer à :

- L'amélioration du niveau sanitaire pour toute la population, donc proposition de solutions aussi bien pour l'existant que pour le projeté,
- L'amélioration de la qualité du milieu récepteur, donc prise en compte du traitement des effluents.

Nous trouvons actuellement à Douala les insuffisances et besoins suivants, en terme d'assainissement:

- Les quartiers d'habitat collectif moderne sont normalement dotés d'un réseau collectif mais souvent mal entretenu avec une station d'épuration non opérationnelle et/ou surchargée.
- Les quartiers commerciaux et administratifs du centre ville, n'ont pas d'assainissement organisé ou de réseau collectif opérationnels.
- Les quartiers modernes de haut standing sont dotés de fosses septiques mais pas toujours exécutées selon les règles de l'art.
- Les quartiers de moyen standing sont dotés d'un assainissement très hétérogène, parfois collectif, parfois individuel (dans certains cas, malgré l'existence d'un réseau collectif). Les problèmes sont, dans le cas du réseau collectif, l'absence d'entretien, dans le cas d'un assainissement individuel, l'insuffisance d'espace pour l'infiltration sur les petits terrains.
- Dans les quartiers populaires denses, non structurés, l'assainissement se limite à des latrines sommaires et l'entretien de n'importe quel système d'assainissement est difficile, voire impossible, à cause des difficultés d'accès.

Le choix du mode d'assainissement doit être fait en prenant en compte tous les critères économiques, environnementaux, techniques et sociaux, sachant que ces considérations peuvent souvent se ramener à une question simple : dans un quartier de caractéristiques données, quelle est l'option la plus économique, techniquement faisable et financièrement viable, acceptable par les usagers.

3.2. OPTIONS D'ASSAINISSEMENT COLLECTIF

L'assainissement par réseau collectif peut prendre deux formes: réseau unitaire ou réseaux séparatifs.

Le système séparatif, envisagé dans le cadre d'un système d'assainissement collectif, consiste à établir deux réseaux différents, l'un permettant de drainer les eaux pluviales et l'autre permettant de collecter les eaux usées.

Dans le cadre de la mise en œuvre de systèmes d'assainissement individuel, le drainage des eaux pluviales dans des ouvrages spécifiques s'impose alors automatiquement.

Des études préalables relatives aux problématiques d'assainissement de la ville de Douala ont mis en évidence les disparités existant entre les solutions pouvant être adoptées pour le drainage des eaux pluviales et l'assainissement des eaux usées. Ainsi pour la quasi-totalité des aménagements réalisés des réseaux séparatifs ont été mis en oeuvre. En intégrant les nouvelles contraintes, le choix du système séparatif se confirme pour les raisons suivantes :

- La vitesse d'autocurage, conditionnant l'entraînement des matériaux en suspension, est plus facile à assurer ;
- Le système séparatif permet une progressivité dans les investissements en différant certains gros investissements liés à l'importance des débits d'eau pluviale ;
- Pour les eaux pluviales il est judicieux de multiplier le nombre de points de rejets alors que pour les eaux usées la pollution est d'autant mieux contrôlée que le nombre de points de rejet est limité, les réseaux séparatifs permettent de respecter ces critères ;
- Les eaux usées sont plus faciles à traiter que dans le cas d'effluents unitaires, où elles subissent un phénomène de dilution par les eaux pluviales ;
- Les effluents unitaires doivent pour des raisons de salubrité être transités dans des systèmes enterrés, ce qui se traduit par des surcoûts importants pour des canalisations en gros diamètre impliquant des travaux coûteux ;
- Avec les réseaux séparatifs, il est possible d'avoir recours à des bassins d'orage en vue d'écarter les débits de pointe d'eaux pluviales ;
- Les réseaux unitaires nécessitent la mise en place de déversoirs d'orage afin de protéger la station d'épuration de surcharges hydrauliques (débit de référence envoyé vers la station d'épuration et excédent de débit rejeté vers le milieu naturel). Ces ouvrages sont coûteux pour leur construction et leur entretien ;
- Dans le cadre de cette étude il est envisagé de créer des bassins permettant de stocker les effluents traités pendant les périodes de marée montante et de les rejeter pendant les heures de jusant. Pour un réseau unitaire, les bassins de stockage en aval de la station d'épuration seraient de dimension 3 à 4 fois supérieure que dans le cas d'un réseau séparatif où seuls parviennent les eaux usées ou effluents de temps sec.

Suite à ces analyses, la mise en œuvre de systèmes d'assainissement séparatif sera préconisée pour la ville de Douala.

3.3. L'APTITUDE DES SOLS A L'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL

Les formations de sub-surface rencontrées dans la zone de Douala proviennent de l'altération des formations géologiques régionales, il s'agit de :

- Sols alluviaux hydromorphes ;
- Sols ferrallitiques à dominante argileuse ;
- Sols ferrallitiques à dominante sableuse ;
- Sols ferrallitiques à soubassement gréseux.

Par ailleurs, il faut signaler la présence dans certaines zones, et notamment au sud de la ville, de sols constitués par des remblais rapportés.

3.3.1. LES CRITERES D'APTITUDE DES SOLS

Quatre critères principaux peuvent permettre d'appréhender le degré d'aptitude des sols à l'assainissement autonome, il s'agit de :

- La topographie ;
- La profondeur du substratum rocheux ou imperméable ;
- La profondeur de la nappe ;
- La perméabilité des terrains de sub-surface.

Face à ces critères, les facteurs favorables à la mise en place de systèmes d'assainissement autonome sont respectivement : une faible pente, un substratum et une nappe profonds et des terrains perméables.

Des campagnes d'investigation (relevés piézométriques, sondages, prélèvement d'échantillons...), des essais d'infiltration en laboratoire ainsi que l'analyse de documents existants (coupes d'ouvrages, cartes topographiques, géologiques et pédologiques...) ont permis de définir ces critères pour l'agglomération de Douala.

Sur la base des critères définis précédemment et de leur combinaison, 5 classes et 14 sous-classes ont été définies, cette classification est donnée dans le tableau suivant :

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Tableau n° 5 - CLASSIFICATION DE L'APTITUDE DES SOLS A L'ASSAINISSEMENT AUTONOME

Aptitude des sols à l'assainissement autonome			Critères géologiques, hydrogéologiques, topographiques													
Classe	Sous-classe	Aptitude	Niveau d'eau (m/sol)				Profondeur du substratum (m/sol)			Perméabilité (cm/heure)			Pente topographique (%)			
			>5m	5-2m	2-1m	<1m	>2m	2-1m	<1m	>3	3-1	<1	<4	4-8	8-15	>15
1		Bonne	X				X			X			X	X		
2	2a	Apte	X				X			X					X	
	2b			X			X				X			X		
3	3a	Moyenne		X			X				X				X	
	3b			X				X			X				X	
	3c				X			X								
	3d			X								X				
	3e			X												
	3f		X				X					X			X	
4	4a	Peu favorable		X				X			X					X
	4b				X							X				
5	5a	Inapte										X				X
	5b					X		X								
	5c					X					X					

La subdivision en sous-classes est donnée à titre d'information mais n'établit pas un ordre particulier au sein de la classe d'aptitude.

3.3.2. LE ZONAGE DES CLASSES D'APTITUDE

L'analyse et la combinaison des différents critères hydrogéomorphologiques ont permis d'établir une carte d'aptitude des sols à l'assainissement individuel sur l'agglomération avec une subdivision en classes et sous-classes comme défini précédemment. Cette carte fait l'objet d'une figure en annexe 1.

3.4. CRITERES DE ZONAGE DES MODES D'ASSAINISSEMENT

L'aptitude des sols à l'assainissement individuel est un élément essentiel dans le choix de la mise en œuvre de systèmes individuels ou collectifs. Cependant, d'autres facteurs interviennent tels que la densité de population, la proximité d'un réseau d'assainissement collectif, la structure urbaine, le type d'habitat et la présence du réseau d'eau potable.

Par ailleurs, dans le cas où l'alternative d'assainissement individuel est retenue le type d'installation à mettre en place sera lui aussi conditionné par l'aptitude des sols. En effet, selon les caractéristiques de ce dernier, on pourra envisager des systèmes infiltrants ou étanches.

Ces solutions doivent aborder en particulier les points essentiels suivants :

- Définir les zones qui seront desservies par un réseau d'assainissement collectif, et celles qui seront pourvues de systèmes d'assainissement individuel.
- Préciser, pour l'assainissement collectif, les conditions de traitement et de rejet.
- Parmi les zones d'assainissement individuel, déterminer celles pour lesquelles l'infiltration dans le sol pourra être préconisée, et à l'opposé celles où elle devra être proscrite.

La détermination des modes d'assainissement dans chaque secteur doit donc s'effectuer à travers l'analyse de plusieurs paramètres. Ces derniers sont définis ci-dessous.

3.4.1. LA STRUCTURATION DE LA VOIRIE

3.4.1.1. PRINCIPES D'UTILISATION DU PARAMETRE

La structure de la voirie est un élément essentiel en ce sens qu'elle conditionne l'installation d'un réseau d'égouts. Il est en effet risqué voire impossible de mettre en place et d'assurer la pérennité de collecteurs sous des voiries provisoires ou non revêtues. De plus une zone déjà équipée et organisée en termes de voiries a peu de chances de faire l'objet d'une restructuration : on peut considérer que son urbanisation a déjà atteint un certain aboutissement. Ceci est indispensable dans l'optique de la mise en place de réseaux.

La structuration des voiries est également nécessaire si l'on veut préconiser l'installation de fosses septiques et de fosses étanches. En effet ces fosses doivent être vidées régulièrement grâce à des camions de vidange qui doivent pouvoir circuler sans encombre. Cependant les exigences structurales de l'assainissement individuel sont moindres par rapport à l'assainissement collectif.

On voit ici l'importance de la structuration de la voirie : un quartier non structuré est a priori condamné à être équipé d'installations sanitaires sommaires.

3.4.1.2. INFLUENCE DE LA STRUCTURATION DE LA VOIRIE SUR LE ZONAGE DE DOUALA

Les zones présentant une voirie correctement structurée et entretenue sont rares à Douala.

On peut classer la zone urbaine en 4 catégories au regard du seul critère « qualité de la trame routière » :

- Les secteurs constitués d'un réseau routier très structuré et correctement entretenu, d'ores et déjà apte à recevoir un réseau d'assainissement si nécessaire. Il s'agit exclusivement du centre ville (Plateau Joss, Bonanjo, Akwa I, Bali, Bonapriso...).
- Les zones déjà structurées mais nécessitant de légères améliorations d'organisation ou d'entretien pour pouvoir accueillir un réseau de manière pérenne. Ces zones peuvent dès à présent et sans problème être pourvues de fosses septiques. Sont concernés : les quartiers péricentraux (New Bell, Akwa II, Deido,...), le lotissement de Douala Nord (Koto, Bangue, Bonamoussadi, Logpom,...), le secteur Nord de Bonabéri (Sodiko, Bonamatoumbe), et quelques lotissements isolés (Cité SIC, Cité des Palmiers, zones MAETUR,...).
- Les zones nécessitant une restructuration trop profonde de la trame routière pour pouvoir y installer un réseau, mais pouvant être équipées de fosses septiques individuelles en cas d'amélioration notable des conditions de desserte. Ces zones sont

constituées de la majeure partie du reste de la ville, exceptées les zones mentionnées dans la catégorie ci-après.

- Les secteurs dont la structuration routière est inexistante (ni organisation ni revêtement) et ne pouvant accueillir à court terme ni réseau ni fosses septiques individuelles. Une restructuration totale est nécessaire pour pouvoir y installer des systèmes d'assainissement autres que sommaires. Il s'agit des secteurs de Bonabéri Sud (Grand Hangar Mabanda et alentours), de l'est immédiat de l'aéroport (Nylon, Brazzaville, Oyak...) et du sud est de la ville (Bobongo, Ndogpassi, Boko...)

Il convient également de tenir compte des projets de structuration tels que ceux de Sawa Beach ou de MAETUR à Ndogpassi, pour lesquels une trame routière et donc un réseau d'assainissement collectif seront bien sûr envisagés.

Cette classification des quartiers en fonction de la structuration routière est primordiale pour le zonage des modes d'assainissement.

3.4.2. LES BRANCHEMENTS DOMESTIQUES SUR LE RESEAU PUBLIC D'EAU

3.4.2.1. PRINCIPES D'UTILISATION DU PARAMETRE

Cette variable est intéressante pour deux raisons :

- Parce qu'elle conditionne le bon fonctionnement d'une fosse septique ou le branchement à un réseau d'eaux usées.
- En tant qu'indicateur de niveau de vie et de revenus de ménages.

La présence d'un branchement au réseau d'eau potable se reflètera de manière importante dans la quantité d'eau consommée et donc rejetée. Elle influera ainsi fortement sur le choix d'assainissement retenu.

Le tableau suivant synthétise les modes d'assainissement viables techniquement et financièrement, en fonction du seul critère « type d'alimentation en eau potable ».

Tableau n° 6 - ASSAINISSEMENT VIABLE EN FONCTION DU TYPE D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

Type d'alimentation en eau potable	Mode général d'assainissement viable a priori
Apports extérieurs collectifs (puits, forage, borne fontaine, point d'eau communal,...) ou puits individuels	Latrines simples améliorées à fosse sèche ou étanche.
Branchement réseau très proche, dans cour ou jardin	Latrine améliorée ou fosse septique suivie d'un dispositif d'infiltration
Branchement réseau intérieur	Toilettes standards avec fosse septique ou raccordement au tout à l'égout

3.4.2.2. INFLUENCE DU TYPE D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE SUR LE ZONAGE DE DOUALA

En 2002, 587 000 personnes étaient desservies par le réseau SNEC à Douala, soit un taux de raccordement de 30% environ.

Par ailleurs on constate que le taux de croissance de la population est plus fort que celui des branchements réalisés ; la population non desservie en eau potable va augmenter d'ici

à 2019. Il est donc irréaliste de croire à un raccordement de toute la population à un réseau d'assainissement ou à des fosses septiques. L'amélioration de la situation sanitaire par le moyen de l'assainissement à faible coût (latrines améliorées) restera valable même à long terme dans les quartiers non raccordés au réseau SNEC.

L'étendue actuelle du réseau d'adduction d'eau potable est présentée sur la figure 6 en annexe 1. Une partie importante de la ville est géographiquement couverte par ce réseau ; cependant on peut distinguer les catégories suivantes :

- Les zones raccordées de manière très dense et suffisante, où l'on trouve une majorité de branchements particuliers. Il s'agit du losange central (du plateau Joss à la gare ferroviaire et du pont du Wouri à l'aéroport), de Deido Ouest et du lotissement de Douala Nord. A noter que les zones industrielles de Bassa et de Bonabéri, ainsi que le camp militaire de Nyalla, sont également très bien couverts par le réseau SNEC.
- Les zones raccordées de manière plus disparate, présentant des branchements particuliers mais aussi de nombreux points collectifs. On trouve dans cette catégorie la majeure partie de la ville, notamment les quartiers Nord de Bonabéri (Sodiko et Bonamatoumbe), Deido Ouest, Ndogpassi, Maképé, Logpom, et de manière plus générale les quartiers situés le long des axes routiers principaux, exception faite de l'axe lourd.
- Les secteurs très mal voire non desservis par le réseau d'eau potable. Sont concernés entre autres certains quartiers de Bonabéri Sud, Maképé II, Logbessou, l'ensemble des zones situées le long de l'axe lourd, ainsi que tous les secteurs d'urbanisation spontanée situés aux extrémités Ouest (Bonabéri) et Est (Dibamba) de la ville.

Il convient de rappeler que l'absence de Schéma directeur d'alimentation en eau potable à Douala est un inconvénient majeur pour le zonage des modes d'assainissement. Le critère « raccordement au réseau SNEC » ne peut en effet être considéré que dans sa configuration actuelle, ou au mieux en fonction de prévisions succinctes.

3.4.3. L'APTITUDE DES SOLS A L'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL

3.4.3.1. PRINCIPES D'UTILISATION DU PARAMETRE

Il s'agit de l'étude des données hydrogéomorphologiques de la zone concernée.

Ces aspects sont étudiés en détail dans le paragraphe précédent. Ils ont pour principal objectif de circonscrire :

- Les zones favorables à l'assainissement individuel avec infiltration,
- Celles où des systèmes étanches seront nécessaires en cas d'assainissement individuel.

L'aptitude des sols oriente aussi les choix en matière de réseaux d'assainissement collectif, et ce pour 2 raisons :

- Une zone favorable à l'assainissement individuel aura tendance, lorsque cela est possible, à ne pas être équipée d'un réseau.
- Les paramètres physiques, particulièrement la profondeur de la nappe phréatique, influencent fortement la faisabilité et le coût d'un réseau.

3.4.3.2. INFLUENCE DE L'APTITUDE DES SOLS SUR LE ZONAGE DE DOUALA

En comparaison des paramètres évoqués précédemment, l'aptitude des sols ne joue pas à Douala un rôle prépondérant dans la définition des zones pourvues de réseaux collectifs.

Elle permet essentiellement, au sein des secteurs pour lesquels l'assainissement individuel a été décidé, de différencier les zones où l'infiltration dans le sol sera possible et, a contrario, celles où l'étanchéité des puits ou fosses sera nécessaire.

3.4.4. LA DENSITE DE POPULATION

3.4.4.1. PRINCIPES D'UTILISATION DU PARAMETRE

Ce paramètre conditionne également de manière très importante les modes d'assainissement choisis.

On admet ainsi couramment qu'au-dessus de 300 habitants à l'hectare, l'assainissement individuel est une solution techniquement et sanitairelement prohibitive et qu'entre 250 et 300 habitants à l'hectare, sa mise en oeuvre est extrêmement délicate.

Pour les faibles densités de population, l'assainissement individuel reste ainsi nettement préférable en termes de coûts. A titre indicatif, des études au Cameroun ont récemment démontré les chiffres suivants pour des quartiers de haut et moyen standing (pour lesquels les 2 solutions fosses septique et réseau sont réalisables):

- Pour une très faible densité de population (40 hab/ha environ, soit 4 ménages/ha), le réseau collectif revient par ménage 10 fois plus cher que l'assainissement individuel.
- Pour une densité moyenne de population (120 hab/ha environ, soit 16 ménages/ha), le réseau collectif revient par ménage 4 fois plus cher que l'assainissement individuel.

La densité de population est par ailleurs souvent liée au critère « raccordement à l'eau potable ». Selon les valeurs habituellement admises par les normes O.M.S., on s'accorde pour fixer à 250 hab/ha le chiffre plancher de population raccordée au réseau d'alimentation en eau, justifiant l'installation d'un réseau d'égouts.

3.4.4.2. INFLUENCE DE LA DENSITE DE POPULATION SUR LE ZONAGE DE DOUALA

De multiples zones de Douala présenteront à l'horizon 15 ans une densité supérieure à 250 voire 300 habitants à l'hectare (voir carte des densités en annexe 1). Ceci est le cas en particulier dans les secteurs d'urbanisation incontrôlée tels que Nylon, où il est prévu que la densité dépasse les 400 habitants à l'hectare.

Or, au regard des différents paramètres évoqués précédemment, bon nombre de ces zones ne pourront pas être équipées de réseaux collectifs. L'installation de systèmes d'assainissement individuel viables ne pourra donc s'effectuer qu'au prix d'une restructuration minimale ayant entre autres pour objectif de diminuer la densité de population.

D'autres quartiers tels que New Bell ou la Cité des Palmiers, bien que présentant également une prévision de densité très importante, sont moins problématiques en ce sens qu'il n'est pas exclu d'y installer des réseaux collectifs.

3.4.5. LES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT EXISTANT

3.4.5.1. PRINCIPES D'UTILISATION DU PARAMETRE

Les systèmes d'assainissement existant sont également à prendre en compte pour le zonage. La présence sur le terrain de fosses septiques, de réseaux collectifs ou encore de stations de traitement va fortement influencer le choix.

L'état de fonctionnement de ces installations entre bien sur en jeu dans l'évaluation des coûts en ce sens qu'une réhabilitation complète peut parfois coûter plus cher que la mise en place d'installations nouvelles.

3.4.5.2. INFLUENCE DE LA PRESENCE D'OUVRAGES EXISTANT SUR LE ZONAGE DE DOUALA

Il a été vu dans le paragraphe « Situation actuelle de l'assainissement » que le réseau du plateau Joss est hors d'état de fonctionnement et que son remplacement total serait préférable. La présence actuelle d'un réseau n'est donc pas ici un avantage.

En revanche les réseaux de la Cité Sic, de la Cité des Palmiers et de Douala Nord sont pour la plupart aptes à être réhabilités. Le choix d'un réseau collectif dans ces quartiers est donc très probable.

Presque toutes les stations de pompage et de traitement d'effluents domestiques sont quant à elles hors service et dans un état tel que leur réhabilitation n'est plus possible (seules les stations de Kotto fonctionnent actuellement de manière correcte). On s'orientera donc si nécessaire vers des ouvrages nouveaux.

3.4.6. LE REVENU DES MENAGES

3.4.6.1. PRINCIPES D'UTILISATION DU PARAMETRE

Cette variable est liée au type d'habitat, ce dernier reflétant bien les moyens financiers de ses habitants. Une attention doit être accordée au fait que les solutions proposées ne dépassent pas les moyens de l'utilisateur.

3.4.6.2. INFLUENCE DES PROBLEMES FONCIERS SUR LE ZONAGE DE DOUALA

Il suffit ici de constater qu'aucun système d'assainissement ne peut fonctionner si l'on ne prend pas en compte les moyens économiques, aussi bien du particulier que de la communauté. Ceci est vrai en particulier pour les réseaux d'assainissement collectif, pour lesquels le coût cumulé de la collecte et du traitement sera particulièrement important pour les abonnés.

Seuls le centre ville et des quartiers de standing moyen tels que le lotissement de Douala Nord, la Cité Sic ou la Cité des Palmiers abritent actuellement des ménages suffisamment aisés pour pouvoir participer aux coûts de fonctionnement d'un système de collecte et de traitement des eaux usées.

3.4.7. LA TYPOLOGIE DE L'HABITAT

3.4.7.1. PRINCIPES D'UTILISATION DU PARAMETRE

La typologie de l'habitat de chaque secteur est aussi une donnée déterminante pour le choix d'un type d'assainissement. Ce paramètre constitue en quelque sorte une synthèse des différents critères mentionnés ci-dessus, car il est étroitement lié à chacun d'entre eux.

3.4.7.2. INFLUENCE DE LA TYPOLOGIE DE L'HABITAT SUR LE ZONAGE DE DOUALA

Dans le rapport de phase 1 – « Recueil des données de base », nous avons défini pour Douala 6 types d'habitat.

Le tableau suivant rappelle la description de ces tissus urbains et fournit leurs principales caractéristiques dans l'optique de la définition des modes d'assainissement.

Tableau n° 7 - TYPOLOGIE DE L'HABITAT A DOUALA

Type de Parcellaire	Caractéristiques de l'habitat	Localisation
Le type P1 : le parcellaire de standing	<ul style="list-style-type: none"> - Existence légale - Organisé en trames assainies pour habitat de standing - Existence des VRD dont éclairage public - Aires de jeux places publiques - Haut niveau d'aménagement 	Les quartiers de la 1 ^{ère} couronne : Bonanjo, Bali, Bonapriso, Akwa, Deido, Bonamoussadi, Maképé, Logpom, Koto, Cité SIC de Bassa, Cité SIC des Palmiers
Le type P2 : le parcellaire de moyen standing	<ul style="list-style-type: none"> - Existence légale - Organisé en trames assainies - Existence des VRD dont éclairage public 	Lotissements de recasement Certains lotissements approuvés des coutumiers Certains lotissements de la MAETUR
Le type P3 : Le parcellaire moyen	<ul style="list-style-type: none"> - Existence légale - Organisé en trame - Existence éclairage public 	Certaines zones de recasement communales ou de l'Etat Exemple : Bangué, Nkolmbong.
Le type P4 : La grande trame foncière	<ul style="list-style-type: none"> - Existence légale - Organisé en grandes trames foncières - Possibilité aménagement en parcellaires de détail - Parcellaire à usage polyvalent 	Uniquement à Douala Est : Grande Trame Foncière de MBANGA-JAPOMA
Le type P5 : l'espace foncier non tramé (habitat dense et diffus urbain et villageois)	<ul style="list-style-type: none"> - Existence souvent illégale - Absence de VRD faits dans les normes - Absence d'éclairage public - Absence de servitude 	Une grande partie de Bonabéri Sud Bépanda-Nord Douala-Nord-Est Ndogpassi Dakar Oyack, Youpwe, Bobongo, Maképé II Yoyong, Maképé I
Le type P6 : Habitat populaire ancien tramé sommairement ou restructuré	<ul style="list-style-type: none"> - Existence légale de fait - Organisé en trame sommaire 	New-Bell (Dia II), Ndokoti, Nylon, Akwa-Nord, Bépanda, Ndoghem, Bassa, Bonabéri-Ouest

- Type P1 et P2

Avec des difficultés spécifiques mais techniquement solubles ces quartiers sont propices à un assainissement collectif ou, dans certains cas, semi-collectif.

- Types P3 et P4

Ce sont des quartiers majoritairement récents de recasement, en voie de densification, où des mesures s'imposent pour éviter qu'ils ne se transforment en habitat de type P5 et P6.

- Types P5 et P6

De manière évidente ces quartiers ne sont pas favorables à l'assainissement collectif par tout à l'égout. De plus pour bon nombre d'entre eux l'assainissement individuel semble difficilement réalisable. Il conviendra donc de prendre des mesures particulières afin de satisfaire au mieux les besoins de cette population.

3.4.8. LES ASPECTS FONCIERS

3.4.8.1. PRINCIPES D'UTILISATION DU PARAMETRE

L'idée générale est que l'absence de titre de propriété ou une incertitude sur la légitimité de la propriété foncière constitue des freins à un investissement important en matière d'assainissement.

3.4.8.2. INFLUENCE DES PROBLEMES FONCIERS SUR LE ZONAGE DE DOUALA

Il semble que la situation générale des locataires à Douala ne soit guère enviable, tout propriétaire pouvant décider librement de leur expulsion. De plus, ni le propriétaire, ni le locataire ne désirent améliorer les conditions sanitaires des logements locatifs, car l'investissement réalisé demanderait pour être amorti une augmentation substantielle des loyers incompatible avec les revenus généralement faibles des locataires.

De plus, les locataires sont peu intéressés par une amélioration onéreuse (pour eux) du confort de la parcelle où ils vivent, à la fois parce qu'ils ont conscience de la précarité du contrat qui les lie à leur propriétaire et parce qu'ils essaient d'épargner pour pouvoir accéder à leur tour à la propriété.

Pour les logements nouveaux, l'obtention d'un permis de construire est en principe obligatoire et implique l'inclusion d'une fosse septique dans les plans de logement.

Cette obligation devrait donc assurer la généralisation des fosses septiques à Douala. Malheureusement, les services sanitaires de la Communauté Urbaine n'ont pas les moyens de vérifier la conformité des travaux avec les plans et le respect des normes en matière de fosse septique est très aléatoire.

3.4.9. LES HABITUDES CULTURELLES

3.4.9.1. PRINCIPES D'UTILISATION DU PARAMETRE

Les habitudes culturelles sont à prendre en compte principalement dans le cadre de la mise en œuvre de systèmes d'assainissement individuel.

Plusieurs aspects culturels sont à considérer, concernant par exemple l'hygiène générale, le nettoyage anal, les contraintes des latrines publiques ou la nécessité d'avoir des latrines séparées pour hommes et femmes. Ces aspects sont souvent liés aux habitudes traditionnelles ou aux directives religieuses.

3.4.9.2. INFLUENCE DES HABITUDES CULTURELLES SUR LE ZONAGE DE DOUALA

Nous pouvons noter dans la population essentiellement chrétienne à Douala des groupements importants de musulmans.

Les solutions à proposer doivent donc respecter les habitudes et impératives des deux religions, notamment en ce qui concerne le caractère privé ou public des latrines.

L'amélioration des conditions sanitaires et l'adoption des installations proposées passent par une bonne information des élus et du public. Des animateurs spécialement formés dans ce but peuvent être recrutés pour cela. Un matériel éducatif adapté leur sera précieux pour assurer une bonne communication avec le public. Il comprendra :

- aide visuelle (panneaux en couleur) illustrant les différents thèmes d'information (relation environnement - santé, pratiques d'hygiène, schéma des installations proposées, avantages attendus) ;
- matériel audio-visuel (diapositives) sur les mêmes thèmes, pouvant être obtenus auprès de l'UNICEF, du PNUD et de l'OMS ;
- brochures explicatives illustrées et destinées à être distribuées aux responsables et au public.

Une campagne d'information doit être lancée dans les écoles pour apprendre aux enfants (qui sont souvent les plus réceptifs à l'information) l'importance de l'hygiène et la gravité du péril fécal. Un autre groupe ciblé est constitué les femmes au foyer, pour lesquelles l'information peut être diffusée par radio et télévision.

3.5. PROPOSITIONS DE ZONAGE DES MODES D'ASSAINISSEMENT

L'étude des différents paramètres abordés précédemment permet de dégager plusieurs problématiques d'assainissement pour l'ensemble de la zone urbaine de Douala. Des solutions, exposées ci-dessous, sont envisagées pour résoudre chaque problématique.

Seules les options concernant la collecte sont évoquées ; les variantes mettant en jeu notamment le relevage et le traitement au sein de chaque zone seront abordées plus en détail dans les paragraphes suivants.

Pour chaque problématique évoquée, les différentes possibilités sont discutées et comparées en vue de proposer une solution.

La confrontation de ces différentes options aboutit ainsi à un zonage des modes d'assainissement précis, viable, ambitieux certes mais réalisable. Ce zonage est présenté sur la figure 7 en annexe 1.

3.5.1. DANS LA VILLE EXISTANTE

3.5.1.1. PROBLEMATIQUE A – HYPER CENTRE

A. Localisation

On entend par hyper centre le quartier du plateau Joss, situé à l'ouest du boulevard de la Besseke. Il comprend donc le secteur actuellement pourvu d'un réseau d'assainissement ainsi que la zone immédiatement au Sud.

B. Options envisageables

Pour ce type d'occupation des sols, on est conduit à envisager un assainissement collectif de par la qualité de la structuration urbaine, la présence du réseau d'eau et l'existence de gros consommateurs. Il faudra donc équiper le quartier d'un réseau d'assainissement et/ou réhabiliter le réseau existant, le cas échéant, puis raccorder l'ensemble à une station d'épuration.

C. Discussion et conclusions

Comme mentionné plus haut, pour ce type d'habitat de standing élevé, structuré, au taux d'occupation élevé et intégralement relié au réseau d'eau potable, l'assainissement par réseau collectif est le seul envisageable à moyen terme. La mise en place d'un réseau d'assainissement pérenne est ainsi une étape logique et indispensable à l'urbanisation progressive et structurée de tout centre ville.

L'hyper centre de Douala est partiellement doté d'un réseau d'égouts ancien et en mauvais état sur le plateau Joss. Sa réhabilitation n'étant plus envisageable compte tenu de son état de détérioration avancée, il est nécessaire de le remplacer.

Les parties du centre ville n'ayant toujours pas de réseau collectif sont également à équiper. Ces zones peuvent être divisées de la façon suivante :

- Une partie suffisamment bien agencée et pouvant être équipée d'un réseau dès à présent moyennant des structurations limitées (l'hyper centre, Akwa I, Bonantone, Deido, Bonapriso).
- Une partie devant quoiqu'il arrive être pourvue d'un réseau à moyen terme, mais dont l'équipement nécessite une restructuration préalable importante, notamment en ce qui concerne le réseau routier.

La priorité concerne donc actuellement le remplacement du réseau du plateau Joss, les objectifs à court terme étant la modernisation de cet hyper centre et le développement de ses activités administratives et commerciales.

3.5.1.2. PROBLEMATIQUE A - CENTRE VILLE

A. Localisation

On entend par centre ville le losange central s'étendant d'Ouest en Est du plateau Joss à la gare ferroviaire, et du Nord au Sud du pont du Wouri à l'aéroport. Cette zone comprend donc l'hyper centre ainsi que les zones péricentrales.

B. Options envisageables

Pour ce type d'habitat, on ne peut envisager qu'un assainissement collectif de par la qualité de la structuration et la densité de population. Il faudra donc équiper le quartier d'un réseau d'assainissement ou réhabiliter le réseau existant, le cas échéant, puis raccorder le tout à une station d'épuration.

Certaines zones du centre ville telles que New Bell nécessiteront pour ce faire une importante restructuration. Mais le réseau collectif y est la seule option viable à long terme.

C. Discussion et conclusions

Comme nous l'avons déjà dit, pour ce type d'habitat aisé, structuré, au taux d'occupation élevé et intégralement relié au réseau d'eau potable, l'assainissement par réseau collectif est le seul envisageable à moyen terme. La mise en place d'un réseau d'assainissement pérenne est ainsi une étape logique et indispensable à l'urbanisation progressive et structurée de tout centre ville.

Le centre ville de Douala est partiellement doté d'un réseau d'égouts ancien et en mauvais état au niveau du plateau Joss. Sa réhabilitation n'étant plus envisageable compte tenu de son état de détérioration avancée, il est nécessaire de le remplacer.

Les parties du centre ville n'ayant toujours pas de réseau collectif sont également à équiper. Ces zones peuvent être divisées de la façon suivante :

- Une partie suffisamment bien agencée et pouvant être équipée d'un réseau dès à présent moyennant des structurations limitées (l'hyper centre, Akwa I, Bonantone, Deido, Bonapriso).
- Une partie devant quoiqu'il arrive être pourvue d'un réseau à moyen terme, mais dont l'équipement nécessite une restructuration préalable importante, notamment en ce qui concerne le réseau routier.

La priorité concerne donc actuellement le remplacement du réseau du plateau Joss, les objectifs à court terme étant la modernisation de cet hyper centre et le développement de ses activités administratives et commerciales.

3.5.1.3. PROBLEMATIQUE B - LES QUARTIERS RECENTS D'HABITAT COLLECTIF.

A. Localisation

Cette problématique concerne des lotissements assez bien structurés et récents, composés essentiellement d'immeubles d'habitat collectif, tels que les lotissements de Douala Nord, Logpom, la Cité SIC ou encore la Cité des Palmiers.

B. Options envisageables

Nous proposons ici comme première option la réhabilitation ou la mise en place de réseaux collectifs d'assainissement reliés à une station d'épuration unique.

La deuxième option sera l'assainissement semi collectif, c'est à dire l'installation par bloc d'habitations de mini réseaux débouchant sur une unité d'assainissement de type fosse septique.

C. Discussion et conclusions

Actuellement, les deux solutions proposées sont en fonctionnement plus ou moins efficace, parfois de façon simultanée dans certains quartiers. Ces secteurs regroupent des lotissements municipaux habités par la classe moyenne de la population. Les résidents de ce type de quartier ont, en général, un revenu qui leur permet de supporter le prix d'un branchement SNEC et d'une fosse septique. Le coût d'un raccordement au réseau d'égouts est en revanche plus délicat à supporter ; c'est l'une des raisons pour lesquelles les réseaux actuels sont très mal entretenus.

Du point de vue technique, la solution assainissement semi collectif est assez contestable dans ce type de quartiers. En effet le taux de raccordement au réseau SNEC y étant généralement assez élevé, les volumes d'eau rejetés sont assez importants, jusqu'à 80 l/hab./j. Le recours à la fosse septique collective peut donc s'avérer inapproprié, surtout dans les secteurs où la mauvaise aptitude des sols à l'assainissement individuel contraindrait à mettre en place des équipements étanches et donc rapidement pleins.

De plus il a été signalé durant les phases précédentes que la majorité des réseaux existants dans ces quartiers est réhabilitable. Cette donnée est un avantage indéniable pour la solution collective. Une fois dotés de réseaux collectifs viables, ces quartiers constitueraient par ailleurs d'excellents points d'ancrage pour le développement de l'assainissement collectif des zones qui leur sont adjacentes. Signalons pour terminer que la réhabilitation des réseaux impliquerait une réfection de la chaussée, cette dernière étant plus que nécessaire dans certains quartiers.

La solution des réseaux d'assainissement est donc préférable dans les quartiers récents d'habitat collectif. Les cités existantes (SIC, Palmiers, Douala Nord, etc...) ont déjà leurs propres réseaux ; il sera dans tous les cas nécessaire de les réhabiliter, le curage n'étant a priori pas suffisant compte tenu du mauvais entretien dont ces réseaux ont fait l'objet au cours des dernières années. Le coût du branchement sera un paramètre essentiel à étudier de près lors de la mise en place de ces réseaux, de façon à ce que chaque ménage puisse supporter sa prise en charge.

Par ailleurs il faut noter que ces secteurs ne sont pas considérés comme les plus problématiques actuellement à Douala. Notre recommandation est donc de ne pas programmer de grandes interventions dans ces quartiers modernes en priorité.

3.5.1.4. PROBLEMATIQUE C – LES QUARTIERS DENSES STRUCTURES

A. Localisation

Ces quartiers sont très peu nombreux à Douala. Citons par exemple la partie Nord de Bonabéri (Sodiko et alentours), Nylon, Dibom II, Logbessou I, et une partie de Maképi II.

B. Options envisageables

La structuration correcte de ces quartiers autorise la considération des deux options principales que sont l'assainissement individuel et collectif.

La première option pour ces quartiers denses et structurés est de garder le système existant, c'est-à-dire l'assainissement individuel.

La deuxième option est de raccorder ces quartiers sur un réseau collectif et de traiter à terme les eaux usées dans une station d'épuration.

C. Discussion et conclusions

Ces secteurs sont à l'heure actuelle peu ou pas desservis par le réseau d'eau potable. Il n'est donc techniquement pas toujours envisageable dans les conditions présentes de les doter de réseaux d'assainissement.

En revanche ces quartiers sont suffisamment structurés en termes de voiries pour pouvoir être équipés sans problème de systèmes d'assainissement individuels de type fosse septique. Le type de fosse est déterminé en fonction des résultats de l'aptitude des sols.

Le quartier de Sodiko (Bonabéri) est relié de manière satisfaisante au réseau SNEC. Pour les mêmes raisons que précédemment, il est techniquement préférable de mettre en place un réseau. De plus cette option permettrait à l'ensemble du secteur de Bonabéri de se développer de manière plus rapide, plus contrôlée, et de trouver en ce quartier Nord un vecteur d'urbanisation essentiel.

D'autre part le quartier Nylon, proche du centre est en structuration active. Le quartier Dibom II est également très structuré. Ces deux quartiers sont desservis par le réseau d'eau.

En conclusion, les quartiers de Sodiko (Bonabéri) ainsi que Nylon et Dibom II sont donc proposés pour être équipés à terme du tout à l'égout ; les autres quartiers denses structurés de la ville seront pourvus de systèmes d'assainissement individuels.

3.5.1.5. PROBLEMATIQUE D – LES QUARTIERS DENSES NON STRUCTURES

A. Localisation

Cette problématique concerne l'ensemble des quartiers restant de la ville existante.

B. Options envisageables

La première option pour les quartiers denses non structurés consiste, après le constat que la plupart des maisons y sont en situation irrégulière, en une restructuration complète et en la mise en place d'un réseau d'assainissement suivant le nouveau réseau de voirie.

La deuxième option est toujours tributaire d'une restructuration, mais progressive, partielle et à long terme. Le type d'assainissement proposé qui suivra cette refonte progressive est l'assainissement évolutif qui commencera avec des solutions individuelles de base à faible coût et qui sera développé vers des solutions plus sophistiquées, au fur et à mesure de la restructuration des quartiers.

C. Discussion et conclusions

Ces quartiers sont non seulement les plus denses de la ville mais aussi ceux dont l'urbanisation a été la moins bien maîtrisée. En général, les îlots ne sont accessibles qu'à pied, la voirie étant inexistante et le parcellaire non planifié. C'est donc ici, dans ces quartiers non structurés, que l'on trouve les plus graves problèmes sanitaires. L'assainissement tel que défini normalement y est inexistant. Une amélioration immédiate des conditions de salubrité de ces quartiers est indispensable.

La circulation des camions de vidange (pour le cas où l'on préconiserait des fosses étanches ou septiques) y est souvent impossible d'une part, et d'autre part, la densité d'occupation des parcelles est telle et la disposition des logements si complexe que la place nécessaire pour l'installation de fosses septiques fait cruellement défaut. Et l'on ne mentionnera pas l'espace éventuellement nécessaire pour créer des surfaces infiltrantes en sortie de fosses septiques.

L'alimentation en eau est très sommaire voire absente. Mais le problème de fond n'est pas un problème d'assainissement, c'est un problème d'urbanisme. Nous avons proposé deux options nécessitant toutes les deux une restructuration, d'une façon ou d'une autre, des quartiers. Aucune intervention valable en matière d'assainissement ne peut être effectuée dans ces quartiers sans ouvrir et assurer des routes d'accès permettant la circulation, aussi bien des véhicules d'entretien que des fluides (eaux potables, eaux usées et eaux pluviales).

La première option prévoit une restructuration volontariste des quartiers permettant la mise en place d'un réseau collectif classique. Si ce n'est dans le cadre d'une politique sociale, une telle opération nous semble difficilement envisageable. Le coût d'investissement pour équiper les quartiers spontanés de Douala d'un système collectif d'assainissement serait de manière évidente prohibitif, compte tenu de tous les frais de restructuration complète et de relogement des habitants.

La deuxième option, que nous recommandons, propose une approche simultanée des problèmes majeurs qui nous intéressent dans ces quartiers : les eaux usées, les eaux pluviales et les ordures ménagères. L'aménagement des drains en constitue le point de départ.

Les drains qui traversent les quartiers ont en effet besoin d'un curage et d'un élargissement comme indiqué dans le chapitre concernant le Schéma Directeur d'assainissement des eaux pluviales. Le curage du drain et l'aménagement d'un canal sont accompagnés par l'aménagement de voies sur berges. Ces voies auront plusieurs fonctions :

- Faire office de voies structurées pénétrantes dans ces quartiers très denses.
- Permettre l'accès au canal pour des engins d'entretien.
- Eviter la construction d'habitations trop près du drain.
- Implanter éventuellement dans l'enceinte de la voie des canalisations d'eau potable et d'égout, immédiatement ou dans un stade futur.

Nous proposons de plus d'utiliser ces voies pour créer des stations sanitaires, dont le mode de gestion publique ou semi privée sera à préciser. Ces stations seront situées à une distance de moins de 100 m des voies sur berge et pourront avec l'arrivée du réseau d'eau potable être équipées de lavabos et de douches.

Elles se limiteront, dans un premier temps, aux zones où l'aptitude des sols à l'assainissement individuel est mauvaise et seront précédées par une enquête auprès des riverains pour avoir leur approbation.

Des aires seront également réservées pour la mise en place et la manœuvre de bennes à ordures ménagères. Les voies sur berge permettront ainsi l'accès aux véhicules de vidange des stations sanitaires et de collecte des ordures ménagères.

Bien sûr, dans les quartiers où la densité le permet, les latrines individuelles seront préférées aux stations sanitaires.

Ceci constituera un premier pas vers une restructuration progressive des quartiers spontanés, en libérant la zone inapte à la construction et en apportant un niveau minimum d'équipement sanitaire.

La restructuration pourra ensuite continuer à partir des voies sur berges, avec la création de voies perpendiculaires pénétrantes dans les quartiers. Ces pénétrantes serviront également de support au drainage des eaux pluviales et à la mise en place des canalisations d'eau potable.

Ce scénario doit être considéré comme la seule solution viable à long terme.

3.5.2. DANS LES ZONES D'EXTENSION FUTURE

3.5.2.1. PROBLEMATIQUE E – FUTURS LOTISSEMENTS MUNICIPAUX D'HABITAT INDIVIDUEL OU COLLECTIF

A. Localisation

Le seul projet de ce type identifié à l'heure actuelle est le projet MAETUR de Ndogpassi. Il sera certainement, suivi de multiples autres aménagements similaires.

B. Options envisageables

Nous proposons, comme première option, l'assainissement collectif de ces quartiers et le renvoi de toutes les eaux collectées vers une station d'épuration centralisée à créer.

La deuxième option est une variante de la précédente, toujours avec un assainissement collectif, mais connecté à une petite unité d'épuration affectée à chaque secteur d'aménagement.

C. Discussion et conclusions

Ce cas correspond à la problématique B précédemment discutée, avec la seule différence que les terrains seront vierges ou encore faiblement occupés.

La seule solution logique est un système d'assainissement collectif, qui se justifie même pour l'habitat individuel si celui-ci est suffisamment dense. En effet les quartiers nouveaux, structurés et reliés au réseau SNEC, doivent constituer de véritables centres d'impulsion pour l'urbanisation à long terme de Douala ; dans cette optique l'installation d'un réseau collectif pour chacun d'entre eux est primordiale.

Les deux options proposées diffèrent uniquement par le choix d'une seule grande station d'épuration ou de plusieurs stations plus petites ; ce choix est discuté précisément plus loin.

3.5.2.2. PROBLEMATIQUE F – QUARTIERS NOUVEAUX DE HAUT STANDING.

A. Localisation

Les quartiers de haut standing dits « résidentiels » ne sont pour l'instant pas très nombreux à Douala, mais il est probable qu'ils soient amenés à se développer dans les nombreuses zones d'extension de la ville. Par ailleurs le projet Sawa Beach sera en toute vraisemblance constitué majoritairement d'immeubles de haut standing.

B. Options envisageables

La première option pour ces quartiers modernes et peu denses est l'assainissement individuel de type fosse septique.

La deuxième option est de raccorder ces quartiers sur un réseau collectif et de traiter les eaux usées dans une station d'épuration.

C. Discussion et conclusions

Dans les quartiers résidentiels de haut standing, la consommation d'eau sera suffisamment élevée pour que les deux options (fosse septique individuelle et réseau collectif) soient techniquement faisables. En effet le raccordement de ces quartiers au réseau d'eau potable ne fait aucun doute.

La densité d'habitat y sera peu élevée, environ 30 à 40 hab/ha ou environ 4 ménages/ha. Elle sera donc trop faible pour que le réseau collectif soit une solution économique. Notre proposition est donc de continuer avec l'utilisation des fosses septiques dans les secteurs résidentiels de haut standing avec, bien entendu, un contrôle de la conformité de la construction et une meilleure organisation de la vidange.

Afin d'optimiser les conditions d'infiltration dans le sol, nous recommandons que les futurs quartiers de ce type soient implantés de préférence dans les secteurs où nous avons identifié une bonne aptitude du sol pour l'assainissement individuel.

En revanche le problème se pose de manière tout à fait différente pour le secteur de Sawa Beach, au sein duquel devraient se développer non pas des résidences particulières mais des immeubles collectifs de haut standing. De manière évidente nous préconiserons ici le raccordement à un réseau collectif, le seul problème se posant étant celui de la station d'épuration locale ou globale. Cet aspect est évoqué plus bas dans le présent rapport.

3.5.2.3. PROBLEMATIQUE G – EXTENSION ET DENSIFICATION DES SECTEURS PERIPHERIQUES SEMI-RURAUX.

A. Localisation

Cette problématique concerne tous les secteurs d'extension à dominante rurale de la ville, conformément aux hypothèses d'extension géographique décrits précédemment. Il s'agit donc en particulier des secteurs situés le long des grands axes de déplacement au Nord Ouest, au Nord Est et au Sud Est de la zone urbaine.

B. Options envisageables

Une première option est de recommander l'installation et l'utilisation des fosses septiques dans ces secteurs.

La deuxième option va plus loin et préconise l'assainissement évolutif dans le cadre d'une urbanisation structurée à long terme.

C. Discussion et conclusions

Il nous semble indispensable d'entamer dès à présent des actions préventives contre l'urbanisme spontané et les conditions sanitaires difficiles qui s'ensuivent. Il est en effet très probable que le besoin en logements à faible coût persiste encore longtemps.

Le principal objectif sera donc d'éviter de retrouver les conditions rencontrées actuellement pour les quartiers de la problématique D. Pour ce faire, l'aménagement progressif des berges des drains au fur et à mesure de l'urbanisation peut être une première solution.

Nous préconisons, lorsque cela sera possible (présence du réseau d'eau potable notamment), l'équipement de ces secteurs de fosses septiques regroupant une dizaine de maisons. Cette option laissera la liberté à ces quartiers de se développer au fur et à mesure. Le système d'assainissement pourra évoluer parallèlement.

En cas de trop faible densité de population ou d'absence de raccordement au réseau SNEC, des systèmes d'assainissement individuel tels que des latrines améliorées devront être mis en place.

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

3.5.3. SYNTHÈSE DES MODES D'ASSAINISSEMENT PROPOSÉS

Le tableau ci-dessous résume les propositions de zonage résultant des considérations ci-dessus. Les limites des quartiers sont représentées sur les figures 7 et 8 de l'annexe 1.

Tableau n° 8 - SYNTHÈSE DES QUARTIERS EN ASSAINISSEMENT COLLECTIF

Quartier	Population à l'horizon 30 ans	Caractéristiques
Hyper centre	38400	Structuré, haut standing, équipé du réseau d'eau potable, équipé d'un réseau d'égouts ancien à réhabiliter
Centre	200000	Structuré, haut standing, équipé du réseau d'eau potable, pas de réseau d'égouts actuellement
New Bell	190000	Structuré, haut standing, équipé du réseau d'eau potable, pas de réseau d'égouts actuellement
Sawa Beach	60000	Futur quartier structuré de haut standing avec réseau d'eau et réseau d'égouts
Nylon	80000	En cours d'amélioration, équipé du réseau d'eau potable, pas de réseau d'égouts actuellement
Dibom II	38000	Structuré, moyen standing, devrait être équipé à terme du réseau d'eau potable, pas de réseau d'égouts actuellement
Ndogpassi	50000	Structuré, haut standing, équipé du réseau d'eau potable, pas de réseau d'égouts actuellement
Cité des Palmiers	27000	Structuré, moyen standing, équipé du réseau d'eau potable, réseau d'égouts existant à réhabiliter
Cite SIC	6900	Structuré, moyen standing, équipé du réseau d'eau potable, réseau d'égouts existant à réhabiliter
Makepe – Douala Nord	213000	Structuré, moyen à haut standing, équipé du réseau d'eau potable, réseau d'égouts existant à réhabiliter
Bonaberi	43000	Structuré, moyen standing, équipé du réseau d'eau potable, pas de réseau d'égouts actuellement
Total	946300	

La population devant être équipée d'un réseau d'égouts collectif s'élèverait donc à un million d'habitants soit 17% de la population totale de 6 millions d'habitants prévus à l'horizon de 30 ans.

Les 5 millions restants seront donc équipés de systèmes individuels comme cela sera décrit au chapitre 6: fosses septiques et dispositif d'infiltration pour les ménages équipés d'un branchement au réseau d'eau potable, latrines à fosse sèche ou à fosse étanches selon la nature des sols pour les ménages non raccordés au réseau d'eau.

4. IMPACT SUR LE MILIEU RECEPTEUR

Le milieu récepteur des eaux usées de Douala est principalement constitué par le Wouri dans lequel les eaux usées finissent par aboutir soit par l'intermédiaire du réseau du centre soit par l'intermédiaire du système de drainage pluvial.

4.1. QUALITE ACTUELLE DU WOURI ET DE SES AFFLUENTS

4.1.1. REGIME DES DEBITS

Le fleuve Wouri représente l'exutoire final de toutes les eaux de Douala. Deux autres rivières bordent le périmètre urbain, le Mungo en rive droite du Wouri et la Dibamba en rive gauche ; ces deux rivières drainent les eaux usées et pluviales de la zone urbaine et confluent en aval de la ville.

Le tableau suivant présente les ordres de grandeur des principales caractéristiques de ces trois cours d'eau :

Tableau n° 9 - CARACTERISTIQUES HYDROGRAPHIQUES DU WOURI ET DE SES AFFLUENTS

Rivière	Bassin versant (km ²)	Module annuel (m ³ /s)	Débit mensuel étiage (février, m ³ /s)	Etiage Décennal (m ³ /s)	Débit mensuel crue (septembre, m ³ /s)	Crue Décennale (m ³ /s)	Apports annuels (m ³ x 10 ⁹)
Wouri	≅ 12 500	310	120	83	1 100	-	10
Mungo	≅ 4 000	150	60	32	400	1 000	5
Dibamba	≅ 3 000	70	-	6.5	-	-	2

4.1.2. DONNEES DE QUALITE DES EAUX UTILISEES

Les informations et données qui suivent sont issues des études d'environnement préalables aux travaux de recalibrage et de dragage du Wouri et de son chenal, réalisées par SOGREAH en 1998 pour le compte de l'Autorité Portuaire de Douala.

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Tableau n° 10 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DU WOURI

Paramètre	Valeur et/ou observation
pH	6,3 à 7,2 - Augmentation vers l'aval
Température	30°C environ
Salinité	De 2‰ au niveau de Douala jusqu'à 26‰ à 30km en aval du pont du Wouri
DBO ₅	De 20 à 25 mg/l
DCO	De 50 à 70 mg/l
DCO/DBO ₅	De 2,6 à 3,9
Turbidité	200 à 350 mg/l - Variations saisonnières
Coliformes	De 25 000 à 400 000 coliformes pour 100 ml Moyenne de 200 000 coliformes pour 100 ml
Composés azotés	Importante - composés azotés présents essentiellement sous forme ammoniacale, témoignant de la faible capacité oxydante du milieu
Composés phosphorés	Importante
Métaux lourds	Valeurs inférieures aux seuils établis pour une classe d'eau d' «excellente qualité» à l'exception du cuivre (1 à 2 mg/l) dont la présence est liée aux rejets de certaines industries

4.1.3. ANALYSE DES DONNEES DE QUALITE DES EAUX

Le pH de l'eau mesuré en de nombreux points est stable, variant faiblement autour de la neutralité (6,3 à 7,2), en s'élevant progressivement vers l'aval, lorsque l'influence maritime se renforce.

Comme dans tout système estuarien, la salinité est beaucoup plus variable. Devant l'embouchure du Wouri, elle est stable et de l'ordre de 25 g/l. Dans l'estuaire elle varie selon l'importance de la marée et les conditions de débit de la rivière. En saison sèche la salinité au niveau de Douala varie de 0 à 10 g/l, tandis qu'en période de pluies le front de salinité s'arrête plus ou moins à la hauteur de la pointe Olga. L'influence saline est donc nulle au niveau de Douala et de la Crique Docteur pendant la plus grande partie de l'année.

La turbidité des eaux varie de façon saisonnière, entre 200 et 350 mg/l. La transparence des eaux est toujours faible, de l'ordre de 50-60 cm.

L'ensemble des points mesurés présente les signes d'une pollution organique forte : concentrations de phosphate et d'ammonium importantes, valeurs élevées de DCO et DBO₅. Ces éléments traduisent l'importance des rejets d'effluents urbains non traités dans la rivière. Les échantillons les plus pollués sont ceux situés au voisinage immédiat des rejets les plus importants : au niveau du pont du Wouri ou sont canalisés tous les rejets du nord de Douala, la darse de pêche qui reçoit l'exutoire de Mbopi, la sortie de la darse à bois qui est sous l'influence directe de l'exutoire de la Besséké.

Les données relatives à la DCO sont élevées et supérieures aux valeurs habituellement observées dans les fleuves. Le rapport DCO/DBO₅ devrait normalement se placer entre 1,4 et 1,8 alors que dans le Wouri on observe des valeurs comprises entre 2,63 et 3,85. Ceci semble indiquer la forte contribution de matière organique d'origine végétale à cette valeur

de DCO, qui se dégrade plus lentement que la matière organique issue des effluents urbains et n'influe pas significativement sur la valeur de DBO₅.

Les composés azotés présents dans les eaux de l'estuaire sont presque tous sous forme ammoniacale. Ceci indique que ces eaux ont de faibles capacités oxydantes au regard des substances organiques et des formes réduites de l'azote. En effet, la présence des nitrites n'est observée qu'occasionnellement et en très faible quantité.

Les hautes concentrations en azote ammoniacal observées confirment donc cette absence d'activité oxydante le long de l'estuaire, qui résulte probablement essentiellement du fait que l'oxygène dissous est consommé par la dégradation de l'importante quantité de matière organique présente. Les composés azotés semblent aussi sous-utilisés dans le fleuve probablement en raison de la turbidité permanente de l'eau qui limite fortement l'activité chlorophyllienne et donc le développement des algues planctoniques, premières consommatrices d'azote. Cette hypothèse semble confirmée par les teneurs élevées en phosphate.

Recevant la quasi-totalité des eaux usées de l'agglomération de Douala, les eaux du Wouri sont globalement polluées. La partie amont, située à proximité du pont du Wouri est la plus polluée, avec un nombre de coliformes fécaux par ml d'eau de 300 000 à 400 000. La darse de pêche est aussi très polluée, ce qui est logique puisque l'un des principaux collecteurs d'eaux pluviales et usées se déverse dans cette darse (exutoire du Mbopi).

Tableau n° 11 - POLLUTION BACTERIOLOGIQUE DU WOURI ET DE SES AFFLUENTS

Secteur	Coliformes fécaux (n°/ml d'eau)
Secteur Pont du Wouri	300 000 à 400 000
Chenal vers Mianjou	0
Darse de pêche	400 000
Darse à bois	30 000
Estuaire moyen	25 000 à 150 000

Les teneurs en métaux lourds observées dans les échantillons sont situées en dessous des seuils établis pour une classe d'eau d'excellente qualité. Le cuivre est le seul métal à présenter en quelques points le long du chenal d'accès aval (près du débouché en mer de l'estuaire) une teneur de 1 à 2 mg/l, valeurs supérieures à celle qui résulte de la présence naturelle de cuivre dans les eaux de surface (de l'ordre de 0,05 mg/l), et qui s'observe dans pratiquement tout l'estuaire. On peut donc supposer que ces concentrations plus élevées ont une origine industrielle, les sels de cuivre étant utilisés dans de multiples branches d'activités (textile, tannerie, photographie, céramique, insecticide, traitement de surfaces,...). Les échantillons les plus pollués organiquement ne présentant pas de teneurs élevées en cuivre, on peut supposer que les sels sont émis sous forme de sels insolubles qui, capturés dans les vases sont ensuite relâchés progressivement dans l'eau, en raison d'un environnement physico-chimique plus propice à leur dissolution.

4.1.4. CLASSIFICATION DE LA QUALITE DES COURS D'EAU

Afin de donner un élément de comparaison avec les caractéristiques du Wouri et de ses affluents, le tableau ci-dessous présente à titre de référence les classes de qualité, avec les paramètres principaux, utilisées en France pour évaluer la qualité des cours d'eau et déterminer les usages possibles.

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Tableau n° 12 - CLASSES DE QUALITE DES COURS D'EAU

Classe	Usages possibles	O2 dissous mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	MES mg/l	Coliformes nombre pour 100 ml
1A	Excellente qualité, tous usages possibles	>7	< 3	< 20	< 30	< 50
1B	Bonne qualité: tous usages possibles, production d'eau potable après traitement simple.	5 à 7	3 à 5	20 à 25	< 30	50 à 5000
2	Qualité passable: suffisante pour l'irrigation, les usages industriels, la production d'eau potable après traitement poussé.	3 à 5	5 à 10	25 à 40	< 30	5000 à 50000
3	Qualité médiocre: juste apte à l'irrigation, au refroidissement et à la navigation. La vie piscicole peut subsister, mais de manière aléatoire en période de faible débit ou de forte température par exemple.	< 3	10 à 25	40 à 80	30 à 70	
Hors classe	Eaux inaptes à la plupart des usages et qui peuvent constituer une menace pour la santé publique.		> 25	> 80	> 70	

Dans la pratique, on juge donc la qualité de l'eau en fonction de l'usage envisagé : eau potable, eau industrielle, loisirs, irrigation, aquaculture, etc. Chaque classe regroupe et précise les valeurs limites de plusieurs paramètres physico-chimiques et bactériologiques. La classe d'un cours d'eau doit s'apprécier en fonction du paramètre le plus défavorable.

Cette grille simplifie le constat de l'état qualitatif et facilite la définition des objectifs de qualité à atteindre en mettant en exergue les paramètres à améliorer dans le cadre d'une politique de protection de l'environnement.

4.1.5. CLASSE DE QUALITE ACTUELLE DU WOURI

Les paramètres définissant la qualité des cours d'eau (présentés dans la classification ci-dessus) sont les suivants pour le Wouri au niveau de Douala:

- O₂ dissous : inconnu
- DBO5 : 20 à 25 mg/l
- DCO : 50 à 70 mg/l
- Turbidité : 200 à 350 mg/l
- Coliformes : de 25 000 à 400 000 pour 100ml.

La règle classant les cours d'eau en fonction du paramètre le plus défavorable aboutit à la conclusion que le Wouri est à l'heure actuelle de qualité « Hors classe », les coliformes étant par endroits supérieurs à la limite tolérée. Cependant les autres paramètres, notamment la DBO5 et la DCO, tendent à placer le Wouri (à sa traversée de Douala) dans la « Classe 3 ».

Signalons toutefois que la qualité du Wouri est nettement meilleure au niveau de son entrée dans l'estuaire. Les prélèvements effectués affichent les résultats suivants au Sud du Cap Cameroun :

- DBO5 : 10 mg/l
- DCO : 30 mg/l
- Coliformes : de 25 000 à 100 000 pour 100ml.

Ces chiffres montrent que le Wouri retrouve assez rapidement en aval de Douala une "classe 2" de qualité.

4.2. USAGE DES RESSOURCES EN EAU A DOUALA

L'usage actuel et envisagé des ressources en eaux effectuée dans la zone urbaine de Douala conditionne directement la détermination des objectifs de qualité des effluents rejetés au milieu naturel.

4.2.1. UTILISATION DES EAUX SUPERFICIELLES

4.2.1.1. ALIMENTATION EN EAU POTABLE

Actuellement la majeure partie de l'eau potable alimentant Douala provient de la prise d'eau dans la Dibamba. Cette eau est prélevée et traitée au niveau du bras de la Dibamba situé à l'Est de la zone urbaine, sur le site de Japoma. Elle est ensuite acheminée vers la ville grâce à une conduite d'alimentation de diamètre 800mm. L'ossature du réseau d'adduction d'eau potable de Douala est présenté dans la figure 6 en annexe 1.

Cette prise d'eau présente l'inconvénient d'être située trop en aval du cours de la Dibamba, elle est donc sujette en période d'étiage à des remontées d'eaux saumâtres lors des fortes marées.

La Dibamba constitue donc un milieu à protéger en priorité, tant dans la partie située à l'amont de la prise que dans la partie aval en raison des risques de remontées de polluants lors des périodes d'inversion de l'écoulement.

4.2.1.2. USAGES QUOTIDIENS

L'utilisation quotidienne des eaux superficielles pour l'hygiène corporelle, la lessive, le lavage des aliments ou la vaisselle n'est pas courante à Douala. Ceci est dû à deux facteurs principaux :

- La pollution importante et surtout l'aspect peu engageant (couleur marron) des drains et cours d'eau;
- La présence de nombreux puits et sources d'eau souterraine, qui sont eux utilisés quotidiennement pour extraire l'eau servant aux tâches ménagères.

Cependant ces drains et cours d'eau peuvent être utilisés occasionnellement ou dans certains quartiers ne possédant pas un nombre suffisant d'accès à l'eau potable. De plus on observe fréquemment des enfants s'amusant avec l'eau des drains, ignorant les risques que ces eaux présentent pour leur santé.

L'eau des drains est aussi utilisée par les laveurs de voiture qui sont donc constamment en contact avec une eau polluée, et pour l'arrosage des zones maraîchères qui peut contaminer des légumes que l'on retrouve ensuite sur les différents marchés de la ville.

Ce type d'usage ne doit donc pas être laissé pour compte et la qualité des cours d'eau doit être améliorée en conséquence.

4.2.1.3. ACTIVITES DE BAINNADE ET TOILETTE

La baignade dans les cours d'eau est peu répandue mais parfois pratiquée. Cette activité reste très marginale. Elle ne sera pas prise en compte dans la détermination des objectifs de qualité des cours d'eau, car elle conduirait probablement (en raison des critères de qualité très stricts requis) une contrainte économique très lourde et hors de proportion avec les autres enjeux environnementaux.

4.2.1.4. LA PECHE

Si la pêche industrielle intéresse essentiellement l'embouchure des estuaires du Cameroun, avec l'activité des chalutiers et des crevettiers, leur partie médiane et amont est le terrain privilégié de la pêche traditionnelle. La zone de pêche dans le Wouri s'étend de l'estuaire aux criques et méandres qui entaillent la mangrove.

4.2.2. UTILISATION DES EAUX SOUTERRAINES

La station de pompage et de traitement de Japoma a été construite dans les années 1950 pour pallier l'insuffisance des apports issus de différents forages répartis sur le site urbain de Douala. Cependant ces forages sont à l'heure actuelle toujours en activité et représentent une proportion importante de l'alimentation en eau potable de Douala.

L'utilisation de l'eau souterraine se fait également par l'intermédiaire de puits traditionnels particuliers ou collectifs et de quelques sources de taille très réduite. Celle-ci est très répandue, surtout dans les quartiers populaires mal desservis par le réseau d'eau potable.

Ce sont ces eaux souterraines qui sont utilisées pour tous les usages quotidiens tels que la lessive, la vaisselle, le lavage des aliments ou l'hygiène corporelle. Elles servent également souvent d'eau de boisson. Leur préservation est donc tout à fait primordiale.

Or la multitude de puits, ainsi que l'exiguïté de certaines habitations dans les quartiers denses comme à Bonamoussadi, favorisent de plus la pollution des puits par les installations sanitaires qui leur sont adjacentes. Ces installations sont dans la plupart des cas dans un état tel que la pollution de la nappe est inéluctable.

4.3. OBJECTIF DE QUALITE POUR LE WOURI ET SES AFFLUENTS

Aussi bien les eaux superficielles que les eaux de la nappe phréatique sont exploitées d'une façon ou d'une autre à Douala. L'amélioration de la qualité actuelle de l'eau en aval de la zone urbaine est donc indispensable.

Les chiffres issus des études sur le Wouri démontrent que la qualité de ce fleuve est médiocre y compris en amont du centre ville. Nous avons ainsi vu que le Wouri est de qualité type « classe 3 » à la traversée de Douala.

Cependant les chiffres utilisés sont issus d'échantillons prélevés au niveau du pont du Wouri et en aval. Ils sont donc soumis à l'influence des rejets urbains de toute la partie Nord de Douala, notamment des bassins versants très peuplés du Mbanya et du Tongo Bassa. Cette influence n'est pas quantifiable mais on peut la supposer très importante. A titre de comparaison, la teneur naturelle en DBO5 des fleuves d'Afrique Equatoriale tels que le Wouri est de l'ordre de 2 mg/l : on mesure bien ici l'importance de la pollution urbaine déversée en amont du pont du Wouri.

La qualité du Wouri est donc théoriquement améliorable de façon très significative, pourvu que les effluents urbains (y compris ceux du Nord de Douala) soient traités de manière suffisante. Dans la pratique, il semble néanmoins difficile d'envisager des objectifs de qualité nettement supérieurs à ceux présentés par le fleuve en amont des principales sources de pollution localisées au centre de la ville.

En ce sens le passage du Wouri en Classe 2, y compris en aval de la ville, apparaît comme un objectif raisonnable autorisant, sous conditions, les utilisations des ressources en eau décrites ci-dessus.

A terme les quantités suivantes devront donc être observées en aval de Douala :

- O₂ dissous : 5 mg/l minimum
- DBO5 : 10 mg/l maximum
- DCO : 40 mg/l maximum
- MES : 30 mg/l maximum
- Coliformes : 50 000 pour 100ml maximum

Bien entendu des cours d'eau tels que la Dibamba, dont l'eau est pompée puis traitée pour être rendue potable, devront présenter une qualité supérieure à celle du Wouri. Une attention toute particulière devra être portée à l'influence du marnage sur la qualité de l'eau au niveau de Japoma.

L'obtention des critères de qualité définis ci-dessus est l'un des principaux objectifs du présent schéma directeur d'assainissement. Le recalibrage des drains ainsi que la mise en place de réseaux et d'ouvrages d'épuration sont deux éléments essentiels à la réussite du projet.

4.4. LA REGLEMENTATION DES REJETS

4.4.1. REGLEMENTATION LOCALE

La principale loi en matière d'environnement au Cameroun est la « loi n°96/12 du 5 août 1996 ». Cette loi cadre définit les grands principes de protection et de gestion de l'environnement.

Les autres lois en matière d'environnement sont les suivantes :

- Loi n°94/01 du 20 janvier 1974 relative au régime des forêts, de la faune et de la pêche ;
- Loi n°98/005 du 4 avril 1998 relative au régime de l'eau ;

- Loi n°74/2 du 6 juillet 1974 portant définition des réglementations relatives au territoire public, amendée et remplacée par la loi n°77/2 du 10 janvier 1977 ;
- Loi n°85/009 du 4 juillet 1985 relative aux expropriations pour cause d'Utilité Publique et relative aux procédures de compensation et son Décret d'application n°87/1872 du 16 décembre 1987.

La loi n°98/015 du 14 juillet 1998 s'intéresse plus particulièrement au cadre général d'exploitation et de protection des ressources en eau. Cette loi a été complétée en 2001 par 6 décrets.

L'un d'eux, le décret n°2001/165/PM du 8 mai 2001, fixe le cadre général de l'assainissement des eaux usées et prévoit notamment l'élaboration d'un arrêté fixant les normes et conditions de déversement des eaux usées (article 16). Cependant cet arrêté n'a à ce jour toujours pas été rédigé.

Il n'existe donc pour le moment aucune norme nationale réglementant le rejet des eaux usées. De même, il n'existe aucun standard ou objectif de qualité pour les eaux de rivière.

Dans la pratique, les standards internationaux, notamment Français et Européens, sont utilisés.

4.4.2. NORMES INTERNATIONALES DE REJET POUR LES EAUX RESIDUAIRES URBAINES

A titre de référence, il est possible de considérer les normes européennes réglementant la qualité minimale d'un rejet d'effluent urbain de type domestique dans le milieu naturel.

La directive européenne 91/271/CEE établit les normes de rejet suivantes :

Tableau n° 13 - NORMES DE REJET D'UN EFFLUENT URBAIN (UNION EUROPEENNE)

Paramètres	Concentration (2)	% minimal de réduction (1)
DBO5 (à 20 °C, sans nitrification)	25 mg/l	70-90%
DCO	125 mg/l	75
MES	35 mg/l	90
Azote total	15 mg/l si 10 000<EH<100000	70-80
	10 mg/l si EH > 100 000	
Phosphore total	2 mg/l si 10 000<EH<100000	80
	1 mg/l si EH > 100 000	

(1) Réduction par rapport aux valeurs d'entrée

(2) EH représente le nombre équivalent habitants

Cette norme tient compte à la fois des impératifs de protection de l'environnement et du niveau technologique des procédés d'épuration mis en œuvre.

La législation française est plus rigoureuse en la matière : la norme de rejet d'un effluent urbain est déterminée en fonction des procédés d'épuration mis en œuvre. Six niveaux sont définis.

4.4.3. NORMES INTERNATIONALES DE REJET POUR LES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES

Concernant les eaux résiduaires industrielles, on peut citer les références suivantes :

- Recommandations générales de qualité des effluents industriels émises par la Banque Mondiale précisées dans le document intitulé « *Environmental guidelines for industrial projects – Pollution prevention and abatement handbook* », fixant des objectifs à respecter concernant différents paramètres selon le type d'industrie concerné,
- Réglementation française concernant les conditions de raccordement d'effluents industriels au réseau d'assainissement urbain et en particulier les articles 34 et 35 de l'arrêté du 2 février 1998, visant le raccordement des installations classées à une STEP collective. Ce règlement, figurant en annexe 2, recommande un niveau de DBO5 de 800 mg/litre.

4.5. IMPACT DES REJETS FUTURS SUR LA QUALITE DU WOURI

A l'horizon 30 ans la ville devrait atteindre 6 millions d'habitants.

Les considérations du chapitre 3 sur les modes d'assainissement permettent de quantifier grossièrement les enjeux à long terme:

- 1 million d'habitants raccordés à une station d'épuration, produisant une charge globale de 65 tonnes/jour (voir chapitre 5)
- 5 millions d'habitants équipés de systèmes d'assainissement individuel, répartis grosso modo en:
 - 1 millions équipés de fosses septiques,
 - 1 millions en latrines à fosse sèches,
 - 3 millions en latrines à fosse étanche (à fosse unique à vidanger et double à fonctionnement alterné)
- pollution industrielle raccordée à une station d'épuration, 17 tonnes/jour (voir chapitre 5)

La pollution rejetée au Wouri par les stations d'épuration peut faire l'objet d'une quantification sommaire basée sur le paramètre de la DBO5, comme suit:

- charge aboutissant à terme à une station d'épuration: $65 + 17 = 82$ tonnes/jour
- abattement moyen des systèmes d'épuration : environ 85%
- charge rejetée : $82 (1 - 85\%) = 12$ tonnes/jour

La charge polluante traitée dans les systèmes d'assainissement individuels sera largement abattue dans ces systèmes. A titre d'ordre de grandeur, on peut considérer que

- la pollution des fosses septiques et des fosses étanches (à fosse unique) sera abattue dans un premier temps dans les fosses elles-mêmes, puis dans les sites de décharge des matières de vidange. La pollution résultante aboutissant au milieu naturel sera globalement négligeable si les sites de décharge sont bien conçus et le secteur efficacement réglementé.
- La pollution des latrines à fosses sèches et des latrines à fosse étanche double au fonctionnement alterné sera largement abattue également dans ces fosses.

La pollution ménagère des populations non raccordées à l'égout aboutira au réseau de drainage. On peut estimer que sur les 60 grammes de DBO5, environ 10 grammes se retrouvent dans les eaux ménagères (hors eaux vannes).

L'impact des systèmes d'assainissement individuels peut donc se quantifier comme suit:

- pollution des eaux ménagères rejetées au réseau hydrographique: 4 millions d'habitants à 10 gr/jour de DBO5, soit 40 tonnes/jour. Si on estime une auto-épuration de l'ordre de 10% pendant le trajet dans le réseau de drainage, ce sont donc 36 tonnes/jour de DBO5 qui aboutissent au milieu naturel
- pollution industrielle aboutissant au milieu naturel : 65% de 70000 m3/jour soit 45000 M3/jour, avec une qualité moyenne de 50 mg/litre de DBO5 en appliquant a terme une réglementation efficace, soit environ 2 tonnes/jour.

La DBO5 globale rejetée au milieu s'élèverait donc à long terme à:

- effluents domestiques et industriels épurés : 12 tonnes/jour
- rejets d'eau ménagère: 36 tonnes/jour
- rejets industriels prétraités: 2 tonnes/jour
- total: 50 tonnes/jour

Si l'on suppose, pour fixer les idées que cette pollution aboutit au Wouri, dont le débit moyen annuel est de 300 m3/seconde et l'étiage de 120 M3/seconde, la concentration additionnelle apportée par la ville en DBO5 serait de 2 mg/litre en moyenne et 5 mg/litres en étiage.

En supposant une DBO5 de l'ordre de 3 mg/litre dans le Wouri à l'amont de la ville, donc dans des conditions naturelles, la qualité résultante serait donc de l'ordre de 7 à 8 mg/litres, ce qui correspond bien à l'objectif recherché de qualité de classe 2.

Les considérations ci-dessus sont des ordres de grandeur destinés à fixer les idées. Toutefois, elles viennent confirmer la pertinence des objectifs proposés pour le schéma directeur, et présentés plus loin, à savoir:

- Raccordement à terme de 1 million d'habitants (sur les 6 millions prévus à l'horizon 30 ans) sur une station d'épuration
- Raccordement de 35% des effluents industriels sur les stations d'épuration urbaines,
- Mise en place d'une politique stricte de contrôle des effluents industriels rejetés au milieu naturel,
- Possibilité de tolérer le rejet au réseau de drainage des eaux ménagères des habitants non raccordés au réseau d'égouts et utilisant des latrines.

4.6. PREVENTION DES RISQUES

4.6.1. RISQUE DE POLLUTION DES NAPPES A PROXIMITE DES LATRINES A FOSSES SECHES

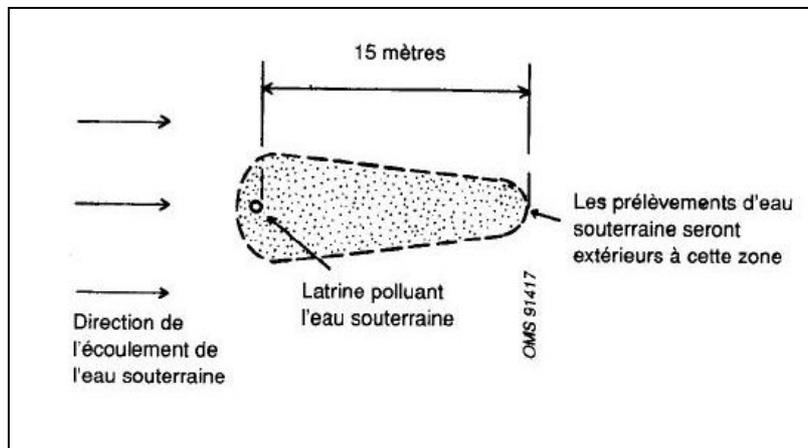
Les effluents issus des fosses peuvent contenir des agents pathogènes et des substances chimiques susceptibles de contaminer l'eau de la nappe en fonction de la perméabilité des terrains et de la profondeur de cette dernière. Par suite de leur taille relativement importante, les protozoaires et les helminthes disparaissent rapidement grâce à l'action filtrante du sol, mais les bactéries et les virus persistent plus longtemps. Parmi les substances chimiques qui apparaissent en général dans les eaux usées d'origines domestiques, seuls les nitrates représentent une menace sérieuse pour la santé, avec notamment un risque de « méthémoglobinémie » pour les nourrissons consommant de l'eau contaminée.

De manière générale, on préconisera donc dans les zones où sont construites des latrines à fosse sèche l'installation de bornes fontaines et l'abandon des puits pour l'alimentation en eau potable des populations afin de s'affranchir des risques.

Lorsque l'installation de bornes fontaines ne sera techniquement ou économiquement pas possible et que les populations devront continuer à s'alimenter à partir de puits ou de forages, un certain nombre de recommandations devront être respectées afin de limiter la pollution des points d'eau par les latrines.

Une première préconisation consistera à construire la latrine à une distance de plus de 15 mètres environ du point d'eau, en considérant que la zone d'appel du point d'eau ne sera pas contaminée par la pollution potentiellement générée par la latrine (voir Figure ci dessous).

Zone de pollution d'une latrine à fosse sèche

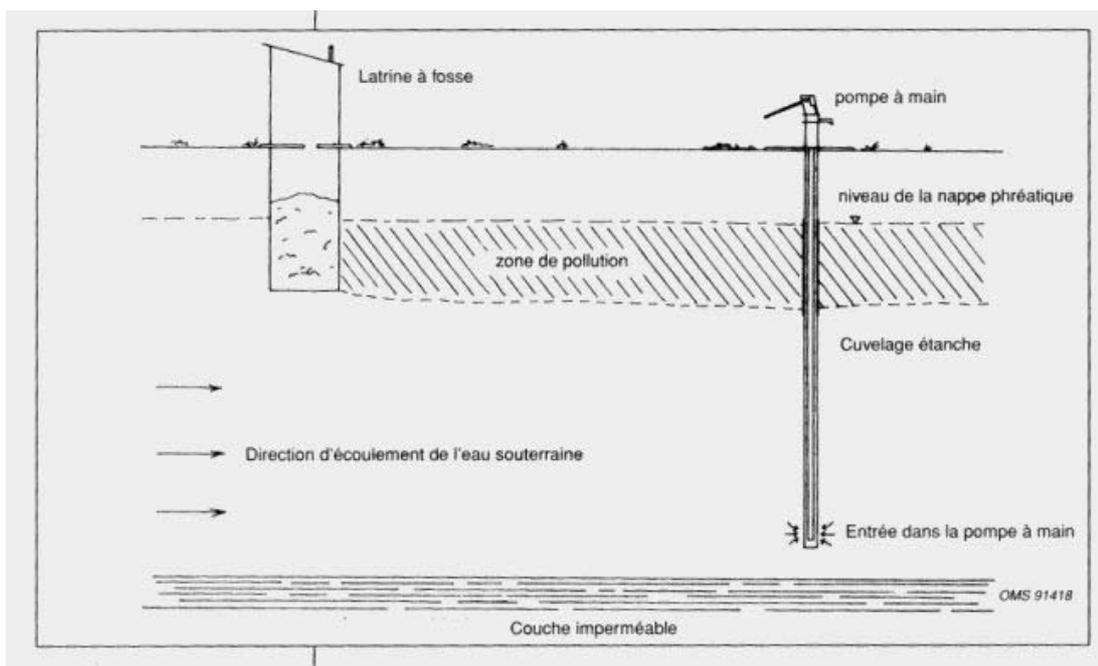


Source : Franceys R., Pickford J. & Reed R., 1995, Guide de l'assainissement individuel, Organisation mondiale de la santé

En général, une épaisseur de deux mètres de sol sableux ou limoneux insaturé sous une fosse permet de limiter la pollution de la nappe.

Si l'on ne peut pas installer la latrine à une distance suffisante du point d'eau et dans le cas où les volumes prélevés sont limités (pompe à main ou seau), le prélèvement d'eau à un niveau inférieur de la couche aquifère permettra de limiter les risques de contamination (voir Figure ci après).

Protection d'une pompe à main contre la pollution d'une latrine à fosse



Source : Franceys R., Pickford J. & Reed R., 1995,
Guide de l'assainissement individuel, Organisation mondiale de la santé

Compte tenu de ces réflexions, une campagne de sensibilisation des populations quant à la problématique de pollution des ressources en eau souterraine devra être envisagée afin de limiter les problèmes liés à la consommation d'eau polluée.

4.6.2. SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'EAU

Pour suivre le fonctionnement de ses installations d'épuration et s'assurer du respect des niveaux de rejet, il est recommandé d'établir un programme de surveillance.

Un tel programme comprendrait essentiellement des prélèvements et analyses du rejet avec un calendrier déterminé en fonction de l'importance du rejet, mais aussi certaines analyses des paramètres témoins réparties dans le milieu récepteur.

Nous proposons le système d'autocontrôle, c'est-à-dire que le pollueur lui-même effectue (et paie) les analyses qui seront ensuite envoyées à l'organisme d'état chargé de ce suivi (en l'occurrence la Direction de l'Eau et d'Assainissement du Ministère des Mines, de l'Eau et de l'Energie). Cet organisme devra toutefois effectuer une ou deux campagnes d'analyses par an pour vérifier les résultats communiqués par le pollueur.

4.6.3. PREVENTION

Un programme de prévention devra également être mis en place afin d'informer la population sur les installations d'assainissement ainsi que sur la protection des milieux récepteurs. Le comportement des habitants, du essentiellement au manque d'informations fournies, est en effet en grande partie responsable de la pollution des nappes et cours d'eau. Une campagne d'information s'avère donc indispensable pour réduire en particulier la pollution physique.

Les caniveaux ou les canaux à ciel ouvert sont par exemple fréquemment utilisés par les riverains comme lieu de rejet pour des déchets de diverses natures, ce qui contribue à accroître l'obstruction des canaux qui reçoivent déjà les sédiments naturels.

C'est pourquoi, il est proposé de définir et réaliser une campagne de sensibilisation des usagers du système d'assainissement afin de lutter contre les rejets sauvages dans les ouvrages à ciel ouvert. Cette campagne pourrait être menée au moyen des médias et également par affichage sur la voie publique.

Par ailleurs il sera également nécessaire d'informer les résidents sur l'utilisation possible des cours d'eau et de la nappe, notamment sur les restrictions concernant les puits d'eau potable qui sont souvent pollués et à l'origine de nombreuses maladies.

L'interdiction de la baignade et des usages quotidiens dans les différents drains et cours d'eau trop pollués semble de plus indispensable.

5. EVALUATION DES CHARGES HYDRAULIQUES ET POLLUANTES

Les charges hydrauliques sont les débits d'effluents qui devront être collectés par les réseaux, traités puis rejetés au milieu récepteur. La connaissance des charges hydrauliques est donc nécessaire pour dimensionner les réseaux de collecte des eaux.

Les charges polluantes représentent les quantités de pollution émises qui devront être traitées puis rejetées au milieu récepteur. L'évaluation des charges polluantes est donc nécessaire, conjointement à celle des charges hydrauliques, pour déterminer la filière de traitement adaptée ainsi que pour dimensionner les installations d'épuration.

L'évaluation des charges polluantes et hydrauliques a été effectuée à l'horizon 30 ans car leur niveau influe directement sur le dimensionnement des ouvrages d'épuration, dont la durée de vie peut atteindre 40 ans.

5.1. POLLUTION DOMESTIQUE

La pollution domestique issue de systèmes d'assainissement collectifs ou individuels peut prendre la forme d'un rejet concentré ponctuel ou d'un rejet diffus.

5.1.1. POLLUTION DOMESTIQUE CONCENTREE DES RESEAUX

5.1.1.1. DEFINITION DE LA POLLUTION DOMESTIQUE CONCENTREE DES RESEAUX

Les rejets ponctuels, concentrant le débit et la pollution en un point donné, sont le résultat d'un réseau collectif classique. Nous pouvons donc regrouper dans cette catégorie les zones assainies collectivement, avec ou sans installation d'épuration :

- Centre ville,
- Bonabéri Nord,;
- Les lotissements municipaux de Douala Nord, Cité SIC, Cité des Palmiers,;
- Les projets de Ndogpassi et de Sawa Beach.

La pollution engendrée par les ménages est bien évidemment la pollution concentrée la plus importante en termes de quantités. Rentrent aussi dans ce groupe les institutions où travaillent et vivent un grand nombre d'individus, à savoir les hôpitaux, les universités et écoles, les casernes et les administrations, situées pour la plupart en centre ville.

Toutes ces sources de pollution sont facilement repérables car localisées au niveau de l'exutoire des émissaires. Elles peuvent donc être exprimés en termes de quantité et qualité, et n'affectent que les cours d'eau qui sont généralement le milieu récepteur privilégié des réseaux. Le problème est que, une fois la pollution concentrée, il est dans presque tous les cas obligatoire de traiter les rejets.

5.1.1.2. ESTIMATION DE LA POLLUTION DOMESTIQUE CONCENTREE DES RESEAUX

Une estimation de la pollution domestique concentrée arrivant au Wouri (avec ses affluents) a été menée en considérant l'ensemble des zones reliées à un réseau collectif. La pollution a été chiffrée en termes de débits et de flux polluants.

A. Hypothèses de travail

Les charges hydrauliques et polluantes domestiques ont été calculées sur la base des hypothèses de travail ci-dessous.

- Population à l'horizon 30 ans

La répartition de la population à l'horizon 30 ans a été calculée à partir des estimations faites pour la population à l'horizon 15 ans. Pour ce faire les hypothèses suivantes ont été adoptées, pour la période 15 ans-30 ans :

- Faible densification du centre ville et des secteurs spontanés déjà extrêmement denses.
- Densification raisonnable des autres zones actuellement habitées.
- Création de nouveaux secteurs d'habitat correctement urbanisés et donc moyennement denses.

Les calculs ont été effectués en gardant en ligne de mire le chiffre de 6 millions d'habitants à l'horizon 30 ans.

- Débits

Les charges hydrauliques des zones raccordées au réseau découlent directement des chiffres de population obtenus :

- La consommation d'eau globale a été calculée au sein de chaque zone assainie collectivement.
- Un taux de retour à l'égout de 85%, correspondant au rapport entre les volumes d'eau rejetée et consommée, a ensuite été appliqué.
- Une estimation du volume d'eaux parasites du réseau d'assainissement a également été ajoutée. Les eaux parasites ont été évaluées en fonction de la profondeur de la nappe et ont, pour la plupart des cas, été fixées à 50% du débit total parvenant à l'exutoire du réseau.

Les commerces, administrations et écoles ont été inclus dans le calcul des débits domestiques rejetés.

- Charges polluantes

Les ratios de flux polluant par habitant considérés dans les calculs sont les suivants :

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Tableau n° 14 - RATIOS DE FLUX POLLUANTS DOMESTIQUES CONSIDERES

Paramètre	DBO5 (g/hab/jour)	DCO (g/hab/jour)	MES (g/hab/jour)	N (g/hab/jour)	P (g/hab/jour)	Coliformes (nb/hab/jour)
Ratio considéré	60	110	65	12	3	1.10 ⁺⁹

Ces valeurs sont comparables avec les ratios recommandés usuellement. A titre d'exemple et dans le cas de la DBO5, on considère en France un taux de 54 à 60 g DBO5/hab/j, aux USA 60 g DBO5/hab/j. Ce ratio dépend du métabolisme de l'organisme humain et varie donc peu d'un pays à l'autre.

B. Résultats

Le tableau ci-dessous présente les résultats des calculs pour la population, les débits et les charges polluantes à l'horizon 30 ans. Le nom et la limite exacte des secteurs assainis collectivement correspondent à la définition établie précédemment, telle que présentée sur la figure 8 de l'annexe 1 montrant les charges polluantes domestiques.

Tableau n° 15 - CHARGES HYDRAULIQUES ET POLLUANTES DOMESTIQUES DES RESEAUX (HORIZON 30 ANS)

	Centre	Hyper centre	Sawa Beach	New Bell	Nylon	Dibom II
Pop (nb hab)	200 000	38400	60 000	190 000	80 000	38 000
Débit (m ³ /j)	33 000	6300	1300	19 000	6500	4500
DBO5 (kg/jour)	16 600	2800	4900	11 800	5000	2400
	Ndog-passi	Cité des Palmiers	Douala Nord	Cité SIC	Bonabéri	
Pop (nb hab)	50 000	27 000	213000	6 900	43 000	
Débit (m ³ /j)	7 000	2 400	37 000	800	6 700	
DBO5 (kg/jour)	3 150	1 700	13 400	400	2 700	

Ces résultats sont présentés graphiquement sur la figure en annexe 1. Ils seront utilisés pour dimensionner les équipements de traitement des eaux à mettre en place.

5.1.2. POLLUTION DOMESTIQUE CONCENTREE DES REJETS DE MATIERES DE VIDANGE

En parallèle des charges de pollution collectées par les réseaux d'assainissement, il convient de prendre en considération celles produites par les dispositifs d'assainissement individuel à vidanger.

En effet, si pour les latrines à fosse sèche (et notamment avec un système de double fosse alternante) le problème de vidange des boues ne se pose pas (le compostage ayant lieu sur place et les boues exemptes d'organismes pathogènes pouvant être utilisées directement en amendement sur les parcelles agricoles les plus proches), les fosses

étanches et de manière moins fréquente les fosses septiques requièrent des opérations de vidange périodiques.

Il existe très peu de données disponibles sur les matières de vidange, toutefois on peut tabler sur les qualités moyennes suivantes résultant d'un examen de la littérature sur ce sujet.

Tableau n° 16 - QUALITE INDICATIVE DES MATIERES DE VIDANGE

Paramètre	DBO5	DCO	MES	NTK	Pt
Teneur en mg/l	15000	30000	30000	3000	500

En se basant sur les hypothèses présentées plus loin dans ce rapport, il a été possible de dénombrer les fosses étanches et septiques requises aux horizons 15 et 30 ans et ainsi d'évaluer la production de matières de vidange et la pollution correspondante. Le tableau ci-après donne les résultats ainsi obtenus :

Tableau n° 17 - EVALUATION DES CHARGES HYDRAULIQUES ET POLLUANTES DES MATIERES DE VIDANGE

Horizon	Volume (m3/j)	Charge polluante (kg/j)				
		DBO5	DCO	MES	NTK	Pt
15 ans	1045	15 700	31 400	31 400	3 140	520
30 ans	1730	26 000	52 000	52 000	5 200	870

5.1.3. POLLUTION DOMESTIQUE DIFFUSE

La pollution diffuse provient des zones non équipées de réseau collectif d'eaux usées. Contrairement à la pollution ponctuelle qui touche uniquement les cours d'eau, la pollution diffuse concerne aussi bien la nappe que les rivières et les lacs.

Les sources de pollution domestique diffuse sont les systèmes d'assainissement à infiltration, à savoir principalement les latrines sèches, les fosses septiques et les fosses étanches débordantes ou non étanches. La pratique des installations sanitaires rejetant directement dans le réseau d'eaux pluviales, rentre aussi dans cette catégorie. Par ailleurs le déversement incontrôlé des matières de vidange des fosses septiques dans des lieux inadaptés tels que le Bois des Singes contribue également à la pollution diffuse dans l'agglomération de Douala.

D'autres sources de pollution également nuisibles à la qualité de l'environnement sont liées à la décharge sauvage dans des lieux non aménagés des ordures ménagères. Ces décharges polluent les eaux de surface d'une part, par l'intermédiaire des eaux de percolation mais aussi par l'entraînement, par les pluies d'une partie de ces déchets solides qui viennent s'accumuler le long des ouvrages de franchissement et dans les collecteurs souterrains de la ville.

Le terme "pollution diffuse" ne caractérise pas uniquement le point de rejet qui est, en effet, diffusé et multiplié sur une grande surface. La quantité et la nature de la pollution sont également difficiles à déterminer, tout comme l'impact sur la nappe et le rôle épurateur du sol.

Compte tenu de l'état général des installations sanitaires à infiltration à Douala, particulièrement dans les quartiers très denses, la pollution diffuse pourra être réduite de manière très importante par un changement des habitudes de la population, moyennant bien sur mise à disposition par la collectivités des facilités nécessaires: notamment collecte des ordures, sites de décharge des matières de vidange.

5.2. POLLUTION INDUSTRIELLE

5.2.1. CHARGES HYDRAULIQUES INDUSTRIELLES

5.2.1.1. BASES DE CALCULS

Les données de consommation d'eau, comprenant à la fois la part soutirée sur le réseau mais aussi celle provenant d'éventuels forages privés, ont permis de calculer un ratio de rejet d'effluent journalier par superficie de zone industrielle.

En effectuant ces calculs en situation actuelle sur la zone industrielle de Bassa, et en intégrant la part des ateliers présents sur le site, on obtient un ratio d'environ **35 m³/j/ha**.

Ce chiffre a été retenu pour évaluer les consommations d'eau des centres industriels pour lesquels on ne disposait que rarement de valeurs de consommation d'eau (voir Annexe 2).

Concernant les industries isolées, les valeurs de consommation d'eau fournies par les industriels ont été utilisées et lorsqu'elles n'étaient pas disponibles elles ont été estimées en fonction du type d'industrie et de l'expérience de SOGREAH dans des conditions comparables (voir Annexe 2).

Les quantités d'effluents ont été estimées en supposant qu'en moyenne 35% de la consommation d'eau des industries était dirigés vers le réseau d'égout urbain. Une exception a été faite pour la zone portuaire avec un taux de 10%.

5.2.1.2. HORIZONS 15 ET 30 ANS

Pour déterminer les charges hydrauliques rejetées par les industries aux horizons 15 et 30 ans, les consommations ont été évaluées à l'année 2004 puis extrapolés en considérant une augmentation ont été utilisés et il a été considéré un taux de croissance économique de 3 %.

Le tableau ci-après récapitule les résultats obtenus pour les horizons à 15 et 30 ans :

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Tableau n° 18 - EVALUATION DES CHARGES HYDRAULIQUES INDUSTRIELLES

Horizon		CHARGES HYDRAULIQUES (m3/j)			
		15 ans		30 ans	
ZONES INDUSTRIELLES	Bassa	12250	Total : 42891	12250	Total : 66823
	Bonabéri	5600		5600	
	Portuaire	6000		6000	
	Spontanée Bonabéri	2100		2100	
	Douala Ouest	5122		11936	
	Douala Est	11819		28936	
SECTEUR DIFFUS		2145		3342	
Total		45036		70165	

Etant donné l'incertitude sur les facteurs tels que la croissance économique mais aussi les types de procédé qui seront effectivement utilisés par les industries sur la quantification des charges hydrauliques, les chiffres présentés précédemment doivent être considérés comme un ordre de grandeur sommaire des charges aux horizons 15 et 30 ans, permettant toutefois de dresser un dimensionnement global des installations appropriées.

Comme précisé au cours du paragraphe concernant les hypothèses de développement urbain, il a été considéré pour établir les calculs précédents que la majorité des industriels situés de façon diffuse dans la ville seraient à moyen terme relocalisés dans des zones industrielles. Le secteur diffus se limiterait alors à quelques établissements (tels que la Gare Centrale par exemple) pour lesquels, compte tenu de leur activité, une délocalisation ne serait pas envisageable ou judicieuse.

Le tableau ci-après donne les hypothèses de répartition des zones industrielles aux différents horizons étudiés. Ces hypothèses ont été formulées à partir des calculs des charges hydrauliques, en utilisant le ratio de 35 m3/j/ha défini précédemment.

Tableau n° 19 - HYPOTHESES DE DEVELOPPEMENT DES ZONES INDUSTRIELLES

Zone industrielle		Superficie (ha) aux différents horizons		
		actuel	15 ans	30 ans
Actuelle	Bassa (centre et zone)	350	350	350
	Bonabéri	160	160	160
	Portuaire	200	200	200
	Spontanée Bonabéri	60	60	60
Future	Douala Ouest	-	130	330
	Douala Est	-	300	800
Total		770	1200	1900

5.2.2. CHARGES POLLUANTES INDUSTRIELLES

5.2.2.1. CARACTERISATION ET GESTION DES POLLUTIONS INDUSTRIELLES

Afin de caractériser les rejets industriels, il est nécessaire de faire des analyses régulières sur les effluents des différents établissements. Dans le cadre de cette étude, nous ne disposons pas d'analyses récentes permettant de faire un diagnostic détaillé de ces pollutions.

Toutefois, en partant de l'hypothèse que les établissements vont mettre en œuvre un prétraitement, nous allons estimer les charges polluantes en considérant le devenir de ces effluents : rejet soit vers une station d'épuration, soit au milieu naturel.

5.2.2.1.1. REJET AU RESEAU URBAIN ET TRAITEMENT A LA STATION D'EPURATION

Dans le cadre de la création de stations d'épuration, parallèlement au traitement des effluents domestiques, le traitement de certains effluents industriels peut être envisagé. Toutefois, les eaux résiduaires industrielles acceptées sur la station d'épuration ne devront pas perturber le fonctionnement des filières en place et devront donc respecter certaines concentrations ou apports journaliers pouvant entraîner la mise en place de prétraitements.

De même les incidences du raccordement sur la qualité des boues, et, s'il y a lieu, leur valorisation, doivent être en particulier étudiées au regard de la présence éventuelle de micropolluants minéraux ou organiques dans les effluents.

Dans le cadre de cette étude, on propose de raccorder les industries agroalimentaires, qui représentent une part importante de la pollution générée par les industriels sur l'agglomération mais dont la pollution présente un caractère biodégradable.

5.2.2.1.2. PRE-TRAITEMENT AVANT REJET AU MILIEU RECEPTEUR

Pour un certain nombre d'industries (chimiques, métallurgiques...) produisant des eaux résiduaires de composition pouvant être difficilement compatible avec les contraintes fixées par l'exploitant et inhérentes au type de filière en place, la mise en place d'un traitement adapté directement par l'industriel ainsi que le rejet d'effluents dans ce milieu récepteur semble être en général la solution la mieux adaptée.

Certains industriels autres que ceux appartenant au secteur agroalimentaire pourraient à terme être autorisés à se connecter sur la station d'épuration. Cependant, ces raccordements ne seront pas envisagés au stade de cette étude car ils nécessitent des études détaillées au cas par cas sortant du cadre du schéma directeur.

5.2.2.2. EVALUATION DES CHARGES POLLUANTES

5.2.2.2.1. REJET AU RESEAU URBAIN ET TRAITEMENT A LA STATION D'EPURATION

Ne disposant pas de normes locales régissant le raccordement des industriels à un réseau public aboutissant à une station d'épuration, on propose d'utiliser pour la suite la réglementation française en vigueur et en particulier les articles 34 et 35 de l'arrêté du 2 février 1998, visant le raccordement des installations classées à une station d'épuration collective. Ces articles sont fournis en annexe 2.

Les valeurs des paramètres prises en compte sont les suivantes:

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Tableau n° 20 - QUALITE DES REJETS INDUSTRIELS REJETES AU RESEAU ABOUTISSANT A UNE STEP

Paramètre	Teneur en milligrammes par litre
DBO5	800
DCO	2000
MES	600
N	150
P	50

Ainsi, en prenant comme base de travail le fait que les industries raccordées (industries agroalimentaires) respectent les seuils fournis par l'arrêté cité précédemment et en utilisant les calculs de charges hydrauliques, les charges polluantes en DBO₅, DCO et MES, N_{total} et P_{total} ont été évaluées. Le tableau ci-après récapitule ces résultats et le détail des calculs est donné en annexe 2.

Tableau n° 21 - EVALUATION DES CHARGES POLLUANTES REJETEES VERS UNE STATION D'EPURATION

Centre industriel ou établissement	Charges polluantes (kg/j)									
	DBO5		DCO		MES		Ntotal		Ptotal	
	15 ans	30 ans	15 ans	30 ans	15 ans	30 ans	15 ans	30 ans	15 ans	30 ans
Douala Ouest-Nord	1086	1542	2716	3856	815	1157	204	289	68	96
Douala Ouest-Sud	348	1799	870	4498	261	1349	65	337	22	112
SODEPA	34	53	84	132	25	40	6	10	2	3
ZI Bonabéri	1568	1568	3920	3920	1176	1176	294	294	98	98
ZI Spontanée Bonabéri Ouest	588	588	1470	1470	441	441	110	110	37	37
Douala Est	3310	8102	8274	20256	2482	6077	621	1519	207	506
Bassa-Nord	1143	1143	2858	2858	857	857	214	214	71	71
Bassa-Sud	2287	2287	5718	5718	1715	1715	429	429	143	143
Gare Centrale de Douala CAMRAIL	166	258	414	646	124	194	31	48	10	16
ZI Portuaire	480	480	1200	1200	360	360	90	90	30	30
Total	11010	17822	27524	44554	8257	13366	2064	3342	688	1114

En ce qui concerne les autres polluants (métaux lourds, hydrocarbures, pesticides...) les valeurs limites fixées par l'arrêté du 2 février 1998 sont les mêmes que pour un rejet vers le milieu naturel.

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

5.2.2.2.2. *PRE-TRAITEMENT AVANT REJET AU MILIEU RECEPTEUR:*

De même que précédemment, il n'existe pas de normes nationales de rejet vers le milieu naturel, le raisonnement suivi consiste à considérer que les industriels vont mettre en œuvre un traitement adapté de leurs effluents permettant d'atteindre les recommandations de la Banque Mondiale. Ces dernières fixent des objectifs à respecter concernant différents paramètres selon le type d'industrie concerné.

Le tableau ci-après donne ces recommandations pour les principaux paramètres et pour un certain nombre d'activités. Un tableau plus complet est donné en annexe 2.

Tableau n° 22 - QUALITE RECOMMANDEE DES REJETS INDUSTRIELS AU MILIEU NATUREL (BANQUE MONDIALE)

Type d'industrie	DBO5 mg/l	DCO mg/l	MES mg/l	N mg/l	P mg/l
Pharmaceutique	30	150	10	10	2
Agroalimentaire, (boissons, viande, produits laitiers)	30	150	10	10	5
Textile	50	250	10	/	/
Verrerie, aluminium		150	50		
Fer et acier		250	50		

A partir des charges hydrauliques calculées, on a considéré que les effluents provenant des industries présentaient des concentrations en DBO₅, DCO et MES, N_{total} et P_{total} conformes à celles fixées par les recommandations de la Banque Mondiale. Les charges polluantes ainsi calculées sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau n° 23 - CHARGES POLLUANTES INDUSTRIELLES REJETEES VERS LE MILIEU NATUREL

		CHARGES POLLUANTES (kg/j)									
		DBO5		DCO		MES		Ntotal		Ptotal	
		15 ans	30 ans	15 ans	30 ans	15 ans	30 ans	15 ans	30 ans	15 ans	30 ans
Milieu récepteur	Horizon										
	Wouri	970	999	4851	4996	970	999	194	200	97	100
	Crique Bomono	135	446	677	2231	135	446	27	89	14	45
	Crique Moungo	114	140	568	699	114	140	23	28	11	14
	Dibamba	569	1413	2846	7063	569	1413	114	283	57	141
Crique Docteur		432	446	2162	2230	432	446	86	89	43	45
Total		2220	3444	11104	17219	2220	3444	444	689	222	345

6.

SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DES EAUX USEES

6.1. RESEAUX D'ASSAINISSEMENT COLLECTIFS

Les zones équipées d'un réseau d'assainissement ont été définies précédemment. L'étape suivante implique pour chacune d'entre elles de préciser notamment:

- Le mode de transfert des effluents (réseaux et ouvrages de transfert),
- Le nombre de stations d'épuration et leur site,
- Les lieux et conditions de rejet.

Dans un objectif de développement urbain viable à long terme et exemplaire pour les autres quartiers de la ville, nous avons considéré que les secteurs assainis collectivement devraient tous, en plus du réseau de collecte, être pourvus d'unités de traitement en aval. La maîtrise de l'urbanisation et l'amélioration de la qualité du milieu récepteur passent en effet par la création de pôles urbains moteurs, dotés d'installations répondant à des exigences dignes de la vocation internationale de Douala.

6.1.1. ZONES PROPOSEES POUR LA COLLECTE DES EAUX USEES PAR RESEAU

6.1.1.1. CENTRE VILLE, SAWA BEACH, NYLON, DIBOM II (CV)

A. Découpage de la zone

Le découpage de la zone centrale de Douala tel qu'indiqué sur les figures 7 et 8 en annexe 1 a été effectué en fonction de critères hydrauliques et topographiques. On y trouve ainsi :

- D'une part les zones appartenant aux bassins versants de la Bésseké et du Mbopi, rejetant directement dans le Wouri (triangle hyper centre – gare ferroviaire – Deido).
- D'autre part les zones appartenant aux bassins versants du Mgoua et du Bobongo, rejetant dans la Crique Docteur (zone projetée de Sawa Beach New Bell Nord, Bonapriso,...).

Ce découpage est essentiel, puisque le choix des modes de transfert des effluents ainsi que des sites d'épuration dépend principalement de la topographie du secteur assaini.

B. Stations d'épuration

Le choix du nombre de stations d'épuration n'est pas immédiat dans la zone du centre ville, compte tenu de deux paramètres primordiaux:

- La quantité de population raccordée au réseau (606 000 habitants à l'horizon 30 ans, hors industrie),

- Le fait que cette aire comprend des zones appartenant à des bassins versants différents.

Ces deux conditions conduisent à envisager la mise en place de plusieurs unités de traitement, en partant du principe que l'ensemble des effluents provenant de ce secteur devra être traité avant rejet.

Mais la position centrale du secteur pose des problèmes de disponibilité de terrain, limitant par conséquent les possibilités pour les sites susceptibles d'accueillir de telles installations. A l'heure actuelle, seule la mangrove de Youpwé présente un terrain actuellement disponible, localisé entre la zone portuaire et le projet de Sawa Beach. Ces terrains appartiennent aux autorités portuaires de Douala.

Toutefois en raison de la proximité des zones d'habitations du projet Sawa Beach, la CUD prévoit de réaliser la station d'épuration en rive gauche de la crique Docteur, à l'opposé de Youpwé. Un pont envisagé par la CUD permettra l'accès à la station ainsi que l'accrochage du tuyau d'alimentation de celle-ci.

Par ailleurs le secteur en question est situé en aval sur les cours du Wouri et de la Crique Docteur, et est donc d'un point de vue hydraulique idéalement placé. La zone de Sawa Beach sera dotée d'une station d'épuration, initialement prévu à l'amont de la crique. Ce positionnement a été déconseillé à la CUD en raison de l'objectif de protection du milieu hydrique constitué par la crique.

Le regroupement des deux ouvrages traitant les rejets du centre ville et traitant les effluents de Sawa Beach dans une station unique est donc recommandé, ce qui permet d'envisager des économies d'échelle.

La mise en place d'une station de traitement des effluents urbains à l'aval de la crique Docteur se présente donc comme une solution incontournable.

Partant de cette constatation, les différentes options envisageables sont les suivantes :

- Option CV 1 : Une station unique située dans la mangrove en rive gauche de la crique Docteur à l'opposé de Youpwé.
- Option CV 2 : Une station par zone topographique, i.e. par bassin versant, soit 2 stations au total :
 - l'une située le long du Wouri, réunissant les eaux des bassins versants de la Bésseké et du Mbopi ;
 - l'autre dans la mangrove à l'opposé de Youpwé en rive gauche de la crique Docteur pour les eaux des bassins versants du Mgoua et du Bobongo.

L'option d'une station unique située à l'aval de la crique Docteur semble être la plus viable. Mais les modes de transfert des effluents induits par chaque option doivent également être pris en compte avant de conclure.

C. Modes de transfert des effluents

- Option CV 1 : le choix d'une station à l'aval de la crique Docteur impliquerait la mise en place d'une seule station de relevage des effluents, située à Bonapriso, pour pomper les rejets de Mgoua et de Bobongo. Les effluents des bassins de la Bésseké et du Mbopi pourraient quant à eux s'écouler gravitairement vers la station d'épuration.
- Option CV 2 : Dans le cas de la création de deux stations d'épuration, la même station de relèvement serait nécessaire pour les rejets de Mgoua et de Bobongo. Les eaux du

bassin de la Bésseké et du Mbopi seraient dirigées gravitairement respectivement vers la STEP de la crique Docteur et vers celle du pont du Wouri.

D. Discussion et conclusions

De manière logique, on peut s'attendre à ce que les coûts actualisés des deux options soient quasiment identiques, même si l'option CV 1 (une seule station) présentera des coûts inférieurs à l'option CV 2 (deux stations). En effet les sujétions liées aux réseaux et aux stations de pompage sont quasiment identiques ; seules les stations d'épuration diffèrent de manière importante.

La deuxième option présente l'énorme inconvénient de devoir réserver une emprise importante le long du Wouri, entre le pont et la zone portuaire, dans un secteur où les terrains disponibles sont actuellement inexistantes et où leur mise à disposition à moyen terme semble très difficile voire impossible (cette zone est principalement occupée par le Port Autonome de Douala). Le seul endroit potentiellement utilisable serait situé au niveau de l'approche Est du pont du Wouri, dans la zone portuaire, où des secteurs sont actuellement inutilisés.

Par ailleurs le fait de mettre en place deux stations d'épuration augmente les nuisances liées à ce type d'installation, principalement olfactives. Ceci est à prendre en compte de manière particulière dans la zone du pont du Wouri, où la densité d'habitats structurés est déjà très importante (nombreux hôtels notamment) et où ce genre de nuisances est donc à éviter.

Si l'on additionne les considérations liées au fait que l'exploitation d'une seule STEP sera pratiquement bien plus facile que pour deux, l'option CV 1 peut être retenue.

E. Lieux et conditions de rejet

Deux possibilités de rejet sont envisageables pour la station d'épuration choisie, située à l'est immédiat du port: soit dans l'anse Docteur, soit directement dans le chenal de la Crique Docteur.

L'analyse de la bathymétrie existante et des essais sur modèle réduit (effectués par SOGREAH en 1986) fait apparaître que l'anse Docteur est une zone en cours de comblement et qu'elle est sujette à des courants de retour qui pourraient faire stagner l'eau des rejets. Le rejet dans cette anse n'est donc pas conseillé.

De même la perspective d'un émissaire dans le Wouri est à écarter en raison de la faible profondeur du fleuve, du passage des navires et des projets de travaux dont l'estuaire fait l'objet. Le présence dans le port d'un émissaire sur un linéaire de plusieurs kilomètres occasionnerait aux gestionnaires du port de grosses difficultés.

Par contre le chenal de la crique Docteur au droit de la station est bien marqué et permet donc une bonne circulation des rejets ainsi qu'une évacuation satisfaisante.

Par ailleurs, pour éviter l'écoulement des effluents vers l'amont de la crique durant le flot, l'opération de rejet devra se faire uniquement pendant les 3 premières heures de jusant. Ceci pourra être réalisé grâce à un ou plusieurs bassins de stockage mis en place à l'aval immédiat de la station.

Les effluents seront rejetés à l'aide d'une conduite débouchant dans le chenal de la Crique Docteur, dans une zone assez profonde (ce qui permet de s'assurer de la bonne circulation de l'écoulement)

La bathymétrie d'un tronçon du chenal sera à étudier pour déterminer le débouché précis du rejet.

6.1.1.2. BONABERI - SODIKO (BO)

A. Découpage de la zone

La partie Nord Est de Bonabéri, équipée d'un réseau d'assainissement, n'a pas été subdivisée car elle n'est pas à cheval sur plusieurs bassins versants majeurs.

B. Stations d'épuration

De manière évidente il n'est pas envisageable, compte tenu de la population raccordée (43 000 habitants à l'horizon 30 ans), de mettre en place plus d'une station de traitement dans ce secteur. Les deux options réalisables sont les suivantes :

- Option BO 1 : Une station d'épuration dédiée à ce secteur.
- Option BO 2 : Aucune station propre à cette zone : transfert de tous les effluents par pompage vers la station de la crique Docteur.

C. Modes de transfert des effluents

- Option BO 1 : aucun ouvrage de transfert ne serait requis dans le cadre de la construction d'une station d'épuration à Bonabéri.
- Option BO 2 : le transfert de tous les effluents vers la STEP de la crique Docteur impliquerait nécessairement la mise en place d'une station de pompage à Bonabéri, avant le pont du Wouri.

D. Discussion et conclusions

D'un point de vue purement qualitatif, la création d'une station d'épuration à Bonabéri semble primordiale. En effet cette partie de la ville n'est à l'heure actuelle pourvue que de quelques installations publiques d'importance majeure, et il convient de combler ce manque pour deux raisons :

- D'une part cette absence constitue un facteur empêchant l'urbanisation de Bonabéri au même rythme que les parties de la ville situées en rive gauche du Wouri ;
- D'autre part, l'hygiène générale à Bonabéri ne pourra être satisfaisante à long terme qu'au prix d'une volonté de construire des installations en priorité dans cette zone.

Par ailleurs, compte tenu des conditions de circulation en ville et particulièrement sur le pont du Wouri, le transfert des boues de vidange par camions vers la STEP de la crique Docteur engendrerait des nuisances importantes pour les riverains.

De plus le foncier n'est pas un problème à Bonabéri, et la place nécessaire à l'installation d'une unité de traitement peut être facilement trouvée dans la zone concernée.

Malgré les problèmes de nuisances et d'exploitation qui seront accentués, il ne fait donc pas de doute que la solution BO 1 est largement préférable pour le développement de Bonabéri et de l'ensemble de la rive droite du Wouri.

Cependant, le choix entre les deux options présentées BO1 et BO2 met en jeu d'autres secteurs que Bonabéri puisque le rattachement à la station de la crique Docteur est étudié. Une discussion basée sur des coûts chiffrés sera donc menée lors de la détermination des

grandes options pour l'ensemble de la zone urbaine. C'est seulement à ce stade que nous pourrions conclure quant à l'éventuelle mise en place d'une station à Bonabéri.

E. Lieux et conditions de rejet

Si les effluents sont dirigés vers la STEP de la crique Docteur, les conditions de rejet seront identiques à celles décrites pour la zone du Centre Ville.

En revanche, si une station propre est créée à Bonabéri, ce qui est très probable, des conditions particulières seront à considérer.

Le rejet dans le bras du Wouri situé à l'Est de la zone assainie sera ainsi à écarter, les courants et la circulation générale de l'eau étant faibles.

Le rejet dans l'anse du Cameroun est également à éviter car cette zone est sujette à des courants de retour et à une faible circulation d'eau.

Le site le plus judicieux est donc la pointe de Bonabéri, le resserrement du chenal dans cette zone permettant des vitesses d'écoulement suffisantes et homogènes pour assurer le mélange et l'évacuation du rejet dans des conditions satisfaisantes.

Le site de rejet est, à l'image de l'ensemble de la zone urbaine de Douala, soumis à l'influence de la marée. Si une station est mise en place à Bonabéri, des bassins de stockage devront donc être construits pour rejeter les effluents traités durant les premières heures de jusant uniquement.

6.1.1.3. DOUALA NORD, CITE SCIC, CITE DES PALMIERS (DN)

A. Découpage de la zone

La partie Nord de Douala est constituée exclusivement de zones déjà équipées d'un réseau d'assainissement. Font en effet partie de ce secteur non seulement les lotissements de Maképé, Kotto, Logpom, etc..., mais également, pour des raisons hydrographiques liées au fait que toutes ces zones appartiennent au bassin versant du Tongo Bassa, les secteurs de Cité SIC et Cité des Palmiers.

B. Stations d'épuration

Ici également, les choix sont liés au caractère local ou global des stations d'épuration projetées. Trois options sont ainsi envisageables :

- Option DN 1 : Une station d'épuration, située sur la partie aval du Tongo Bassa, dédiée spécifiquement aux 3 zones de ce secteur.
- Option DN 2 : Trois unités de traitement distinctes et de tailles différentes, une pour chaque secteur (lotissements Nord, Cité SIC et Cité des Palmiers).
- Option DN 3 : Aucune station propre à cette zone : transfert de tous les effluents vers la station de la crique Docteur.

C. Modes de transfert des effluents

- Option DN 1 : Pas de transfert particulier à prévoir. Les effluents de chaque zone seraient acheminés gravitairement vers la STEP unique.
- Option DN 2 : Pas de transfert particulier à prévoir. Les effluents de chaque zone seraient acheminés gravitairement vers la STEP qui leur est associée.

- Option DN 3 : Transfert de tous les effluents depuis l'aval du Tongo Bassa jusqu'à la STEP de la crique Docteur. Bien que ce transfert soit réalisé d'amont en aval du Wouri, un pompage serait nécessaire au vu de la distance mise en jeu (10km environ).

D. Discussion et conclusions

La Cité SIC et la Cité des Palmiers possèdent actuellement des unités de traitement, mais leur état est tel que leur réhabilitation n'est pas la solution la plus économique. De nouvelles stations seraient donc à prévoir dans le cas où l'option DN 2 serait choisie.

Le problème des nuisances liées aux installations d'épuration doit ici aussi être mis en avant, en ce sens que plus les stations de traitement seront nombreuses, plus les perturbations visuelles et olfactives seront importantes. Il en va de même pour l'exploitation des ouvrages, qui sera effectuée d'autant plus sommairement que les stations seront nombreuses.

Par ailleurs, le fait de mettre en place une seule et unique station implique le raccordement des réseaux de la Cité SIC et de la Cité des Palmiers. Ce transfert pourra se faire de façon gravitaire, et il est donc possible d'envisager à plus long terme, sur l'ensemble du parcours des collecteurs reliant ces réseaux à la STEP, le raccordement de zones nouvellement urbanisées. Cette solution semble donc préférable en termes de dynamique d'urbanisation.

Mais il ne faut pas oublier que l'option DN 3, c'est-à-dire le transfert de tous les effluents vers la station de la crique Docteur, possède également cet atout. Cette option permettrait de plus de limiter encore d'avantage les nuisances et les problèmes liés à l'exploitation. Les considérations foncières seraient également beaucoup moins importantes, l'emprise d'une station de pompage étant nettement inférieure à celle d'une station d'épuration. Regardons à présent les conditions de rejet, qui constituent dans ce cas particulier un élément de choix important.

E. Lieux et conditions de rejet

Si les effluents des trois zones sont transférés vers la STEP de la crique Docteur, les conditions de rejet seront similaires à celles décrites plus haut pour la zone du Centre Ville.

Par contre, la création d'une station propre à Douala Nord implique la prise en compte de paramètres différents :

- La première possibilité est de rejeter les effluents dans la partie du Wouri située directement à l'ouest de la zone concernée, soit au large de la station d'épuration. Dans ce cas, le niveau d'épuration devra être élevé compte tenu des caractéristiques naturelles de la zone de rejet (zone marécageuse peu propice à l'évacuation des effluents traités). Le problème de cette solution reste que, quelque soit le niveau de traitement réalisé, le rejet dans une zone de mangroves est fortement déconseillé. De plus, même s'il était réalisé, cela engendrerait des coûts de traitement excessivement élevés.
- L'autre solution est d'assurer un rejet plus en aval par pompage. Dans ce cas, la zone la plus propice est situé à proximité du pont du Wouri, où le resserrement de la section d'écoulement permet d'éviter les zones d'eaux mortes ou peu mobiles et assure le mélange du rejet avec l'écoulement naturel. Cette possibilité est préférable, mais on voit bien ici que le fait de pomper les effluents traités de la sorte peut être aisément mis en balance avec la solution DN 3 qui consisterait à pomper les effluents non traités vers la STEP de la crique Docteur. Cet argument joue donc en faveur de l'option DN 3, qui sera abordée plus en détails lors de l'évocation des grandes options générales.

Quelque soit la solution préconisée, des bassins de stockage devront être mis en place pour contenir les effluents durant le flot et une partie du jusant.

6.1.1.4. KAMBO – NDOGPASSI (KN)

A. Découpage de la zone

A l'horizon 15 ans, il est prévu d'assainir uniquement le quartier nouveau de Ndogpassi. Ce secteur est donc pour l'instant le seul concerné même s'il semble évident que, compte tenu de la politique d'urbanisation de la zone, de nombreux quartiers nouveaux pourront se greffer au réseau à plus long terme.

B. Stations d'épuration

Comme pour les autres zones, les options sont les suivantes :

- Option KN 1 : Une station d'épuration, située sur la partie aval du Longmayagui, dédiée à ce secteur.
- Option KN 2 : Transfert de tous les effluents jusqu'à la STEP de la crique Docteur.

C. Modes de transfert des effluents

- Option KN 1 : Pas de transfert particulier à prévoir. Les effluents de la zone seront acheminés gravitairement vers la STEP.
- Option KN 2 : Une station de pompage devra être mise en place au même endroit que l'éventuelle station d'épuration (option KN 1) afin d'acheminer les effluents jusqu'à l'aval de la crique Docteur.

D. Discussion et conclusions

Un élément important penche en faveur du rattachement à la station de la crique Docteur : celui du développement important envisagé à long terme pour cette zone. En effet le dimensionnement d'une STEP requiert une précision particulière et ne peut être effectué que si les perspectives de développement de la zone assainie sont parfaitement définies. Or il semble évident que le secteur de Ndogpassi et alentours va connaître à long terme une expansion majeure, mais à l'heure actuelle aucune perspective d'évolution n'est définie de manière concrète. Le raccordement à la station de la crique Docteur semble donc plus souple en ce sens que la variation de population à Ndogpassi aura beaucoup moins d'impact sur le dimensionnement de la station, de taille importante. Par ailleurs, même si l'option KN 2 nécessite une station de pompage, l'adaptation éventuelle de la capacité de cette dernière est réalisable bien plus facilement que pour une station d'épuration.

Si l'on ajoute à cela les problèmes récurrents d'exploitation et de nuisances, et bien que le foncier ne soit pas un problème dans cette zone puisqu'elle est encore très peu dense, le rattachement à la station de la crique Docteur se présente comme une solution plus viable. De plus l'étude des conditions de rejet, évoquée ci-après, va indéniablement le sens de cette conclusion.

Cependant, de même que pour Bonabéri et Douala Nord, l'enjeu du traitement dépasse le cadre strict de ce secteur de Ndogpassi puisque le raccordement à une autre STEP est à l'étude.

E. Lieux et conditions de rejet

Ici encore deux possibilités sont à envisager. Elles rejoignent en partie la problématique déjà évoquée pour Douala Nord.

- Soit les effluents sont transférés vers l'aval de la crique Docteur avant traitement : dans ce cas le rejet se fera dans les conditions de la station d'épuration définies précédemment.
- Soit une station est créée à Ndogpassi et le rejet doit se faire dans la Dibamba. Or le site est trop proche de la prise d'eau de Japoma pour pouvoir rejeter au niveau de la station : en période de flot les effluents atteindront rapidement Japoma et renforceront la pollution de l'eau existante. Si l'on veut éviter cette pollution en ne rejetant que durant le jusant, la durée possible de rejet sera très courte compte tenu du rapprochement des deux sites ; il faudra alors mettre en place des installations de stockage importantes. Deux solutions sont donc envisageables : un traitement extrêmement poussé et donc très coûteux, ou bien un pompage des effluents traités vers un lieu de rejet plus en aval sur la Dibamba. Dans les deux cas on voit bien qu'il semble au final préférable de pomper les effluents avant traitement jusqu'à la station d'épuration de la crique Docteur.

6.1.2. OPTIONS DE TRANSFERT - EPURATION

Plusieurs grandes options peuvent être dégagées des commentaires et conclusions précédentes concernant les zones proposées pour l'assainissement collectif.

Elles correspondent à des variantes présentant respectivement une, deux, trois ou quatre stations d'épuration.

6.1.2.1. DESCRIPTION DES OPTIONS

Les options d'assainissement sont présentées sur les figures 10 à 14 en annexe 1.

A. Option 1 : une station de traitement

Cette station serait située à l'aval de la crique Docteur, et traiterait l'ensemble des effluents collectés par réseau sur la zone urbaine. Elle rejeterait ses effluents à l'aval de la crique Docteur par l'intermédiaire d'une conduite de transfert suivie à son aval d'un court émissaire sous fluvial.

Des transferts par pompage seraient assurés depuis les zones de Bonabéri, Douala Nord et Kambo jusqu'à cette station.

B. Option 2 : deux stations de traitement

Cette option est la même que l'option 1, mis à part qu'une station de traitement serait mise en place à Bonabéri pour traiter les effluents de la zone en rive droite. Cette station rejeterait ses effluents dans le Wouri en rive droite à l'amont immédiat du pont dans une zone de bonne dilution. Un système de transfert des effluents épurés serait nécessaire à cet effet.

La station de la crique Docteur recevrait les effluents des réseaux de la rive droite. Elle rejeterait ses effluents à l'aval de la crique Docteur.

C. Option 3 : trois stations de traitement.

Stations d'épuration à l'aval de la crique Docteur, à Bonabéri, et à Kambo.

La station de Kambo rejeterait ses effluents à l'amont de la crique Docteur par l'intermédiaire d'une courte conduite de transfert

Les effluents de la zone de Douala Nord seraient acheminés par pompage vers la station de la crique Docteur.

D. Option 3bis: trois stations de traitement.

Stations d'épuration à la crique Docteur, Bonabéri, Douala Nord.

La station de Douala Nord rejeterait ses effluents à l'amont en rive gauche du Wouri à l'amont du pont dans une zone de bonne dilution, par l'intermédiaire d'une conduite de transfert des effluents épurés.

Les effluents de la zone de Kambo-Ndogpassi seraient acheminés par pompage vers la station de la crique Docteur.

E. Option 4 : quatre stations de traitement

Dans cette option, chaque zone possède sa propre station d'épuration.

6.1.2.2. COMPARAISON ECONOMIQUE

A. Hypothèses considérées

Les options de transfert et épuration ont été chiffrées en coût d'investissement et coût d'exploitation et la valeur actuelle nette des flux d'investissement et des dépenses d'exploitation a été calculée pour chaque option, avec un taux d'actualisation a été pris égal à 10%.

Les bases d'estimation des coûts sont présentées à la fin du présent chapitre.

Par ailleurs les paramètres suivants ont été considérés pour chaque secteur.

1. Centre Ville

- Population totale de la zone : 488 000 habitants.
- Superficie : 2480 ha dont 80% urbanisés à long terme (proportion faible due à la présence de Sawa Beach et ses golfs, parcs d'attraction, marinas,...).
- Proportion de routes asphaltées avant les travaux : 70% (présence de Sawa Beach).

2. Bonabéri

- Population totale de la zone : 43 000 habitants.
- 13 600 m³/jour traités à la station d'épuration (y compris industries).
- Superficie : 280 ha dont 90% urbanisés à long terme (présence d'espaces verts et publics).
- Proportion de routes asphaltées avant les travaux : 30% (zone encore faiblement structurée).

3. Lotissements Nord

- Population totale de la zone : 270 000 habitants.
- 37 000 m³/jour traités à la station d'épuration (pas d'effluents industriels significatifs).
- Superficie : 910 ha dont 90% urbanisés à long terme (présence d'espaces verts et publics).
- Proportion de routes asphaltées avant les travaux : 80% (nombreuses routes dégradées à refaire).

4. Kambo - Ndogpassi

- Population totale de la zone : 50 000 habitants.
- 17 000 m³/jour traités à la station d'épuration (y compris industries).
- Superficie : 216 ha dont 90% urbanisés à long terme (présence d'espaces verts et publics).
- Proportion de routes asphaltées avant les travaux : 50% (zone encore faiblement dense).

5. Cité des Palmiers

- Population totale de la zone : 27 000 habitants.
- 2 400 m³/jour traités à la station d'épuration (y compris industries).
- Superficie : 82 ha dont 90% urbanisés à long terme (présence d'espaces verts et publics).
- Proportion de routes asphaltées avant les travaux : 80%.

6. Cité SIC

- Population totale de la zone : 6 900 habitants.
- 800 m³/jour traités à la station d'épuration (y compris industries).
- Superficie : 22 ha dont 90% urbanisés à long terme (présence d'espaces verts et publics).
- Proportion de routes asphaltées avant les travaux : 80%.

7. Nylon

- Population totale de la zone : 80 000 habitants.
- Superficie 100 ha dont 90% urbanisés à long terme (présence d'espaces verts et publics).
- Proportion de routes asphaltées avant les travaux : 80%.

8. Dibom II

- Population totale de la zone : 38 000 habitants.
- Superficie : 80 ha dont 90% urbanisés à long terme (présence d'espaces verts et publics).
- Proportion de routes asphaltées avant les travaux : 80%.

B. Résultats : Coûts d'investissement et Valeur Actualisée Nette des différentes options

L'ensemble des chiffres donnés ci-après ne concerne que l'assainissement collectif.

Le détail des calculs de comparaison économique est fourni en annexe 3.

1. Coûts de construction

Sur la base des hypothèses précédentes, les coûts d'investissement suivants ont été calculés.

Tableau n° 24 - Coûts de construction par option (en milliards FCFA, valeur 2005)

	Réseau de collecte	Branchements particuliers	Pompage sur réseau	Pompage de transfert	Conduites de transfert	Station d'épuration	TOTAL
Option 1	69	45	0,5	0,3	8	50	172
Option 2	69	45	0,5	0,3	6	55	175
Option 3	69	45	0,5	0,15	5	61	181
Option 3bis	69	45	0,5	0,1	4	62	181
Option 4	69	45	0,5	0	3	69	186

2. Valeur Actualisée Nette

La Valeur Actualisée Nette (VAN) a été calculée pour chaque option d'après les hypothèses énoncées ci-dessus. Elle comprend les frais d'exploitation actualisée et permet de classer les solutions par intérêt économique.

Pour chaque option, cette Valeur Actualisée Nette a été considérée sur 30 ans d'exploitation. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau n° 25 - VALEUR ACTUALISEE NETTE (VAN) DES GRANDES OPTIONS D'ASSAINISSEMENT

Option	Option 1 1 STEP	Option 2 2 STEPs	Option 3 3 STEPs	Option 3 bis 3 STEPs	Option 4 4 STEPs
VAN (milliards CFA)	190	196	206	207	215

6.1.2.3. OPTION RECOMMANDEE

Le coût du réseau de collecte, des branchements particuliers et des stations de relevage sur réseau est le même dans toutes les solutions qui diffèrent essentiellement par le coût des transferts et celui des stations d'épuration.

Les options comportant moins de stations d'épuration sont moins chères en raison des économies d'échelle sur la construction des stations.

L'examen des coûts de construction et des valeurs actualisées montre que l'écart relatif entre les solutions est peu prononcé: Coût de construction entre 172 milliard FCFA (option 1) et 186 milliard FCFA (option 4) soit un écart de 8 % seulement.

Le choix doit donc être effectué sur des critères qualitatifs:

- La zone de Bonabéri aurait intérêt à être hydrauliquement autonome en raison des difficultés de transfert (traversée du pont) et des distances mises en jeu. De plus le Wouri au niveau de l'étranglement du pont constitue un point de rejet acceptable compte tenu des bonnes conditions de dilution. Ces considérations pénalisent l'option 1.
- Le rejet à l'amont de la crique Docteur aurait intérêt à être évité, même après épuration, car cette crique apparaît comme un milieu à protéger (faibles débits, probable zone de nidification, projet Sawa Beach en rive droite). Ces considérations pénalisent l'option 3 et l'option 4
- Le transfert d'effluents de Douala Nord vers l'aval de la crique Docteur met en jeu de grandes distances et présente des difficultés de pose et d'entretien d'une conduite d'eaux usées sous pression en zone urbaine à fort trafic. Ces considérations pénalisent les options 1,2 et 3 .

C'est donc l'option 3 bis qui sera recommandée à ce stade pour l'assainissement de la zone urbaine de Douala.

Les grandes lignes de la configuration choisie sont les suivantes :

- 3 stations d'épuration :
 - A l'aval de la crique Docteur à l'opposé de Youpwé (95000 m³/jour), exutoire situé dans le chenal de la Crique Docteur (des études plus poussées devront être menées afin d'en déterminer le lieu exact).
 - A Douala Nord (40 200 m³/jour), exutoire situé dans le Wouri, à l'amont du pont dans une zone de bonne dilution, ce qui nécessite la construction d'un système de transfert des effluents épurés.
 - A Bonabéri (13 600 m³/jour), exutoire au niveau du pont du Wouri, avec également un système de transfert des effluents épurés.
- 1 station de pompage de transfert :
 - Kambo - Ndogpassi (17 000 m³/jour, HMT totale : 12m), reliée à la STEP de la crique Docteur par un collecteur de 400 mm de diamètre sur 10 km environ, à travers l'emprise du projet Sawa Beach.

Le choix de cette option s'entend dans l'optique d'une programmation à court terme du projet Sawa Beach, afin de mettre à profit l'ossature du réseau de collecte de cette zone afin de transférer les effluents vers l'aval de la crique Docteur. Si le projet Sawa Beach devait être différé, le recours à l'option 4 ou 3 pourrait être envisagé.

6.1.3. BASES D'ESTIMATION DES COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

Les prix d'ordre établis dans le présente paragraphe sont établis en Francs CFA en valeur 2005 (1 euro = 655.957 FCFA). Ils correspondent au prix d'ouvrages neufs.

6.1.3.1. COÛTS UNITAIRES DES COLLECTEURS

Le prix des collecteurs est établi sur le choix des matériaux suivants : PVC pour les diamètres inférieurs ou égaux à 500mm et fonte ductile pour les diamètres supérieurs.

Ce prix inclut:

- La fourniture et la pose des conduites
- Les travaux de terrassement (démolition chaussée, excavation, lit de pose, remblai, réfection chaussée) pour une profondeur de couverture moyenne de 2 mètres
- Une provision pour blindage des fouilles sur la moitié du linéaire de conduites
- Les regards (inclut l'ensemble tampon + cadre)

Le prix a été établi sur une gamme de diamètres compris entre 110 à 1000 mm. Les coûts unitaires de travaux (terrassement, béton) ont été établis sur la base d'appels d'offres effectués récemment à Douala. Les prix unitaires de fourniture reposent sur l'expérience du Consultant au Cameroun ou dans des pays voisins.

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Tableau n° 26 - COUT TOTAL DES COLLECTEURS D'ASSAINISSEMENT (PRIX CONSTANTS, 2004)

Diamètre en mm	Coût en zone asphaltée (FCFA/ml)	Coût en zone non asphaltée (FCFA/ml)
110	80 000	50 000
160	83 000	53 000
200	87 000	57 000
250	96 000	64 000
315	110 000	75 000
400	128 000	91 000
500	155 000	113 000
600	235 000	190 000
700	279 000	229 000
800	323 000	270 000
900	382 000	326 000
1000	434 000	374 000

Le détail des calculs est fourni en annexe 4.

Le prix a été pondéré en fonction de la fréquence moyenne des diamètres selon la répartition suivante, qui correspond à la répartition usuellement rencontrée dans les réseaux d'assainissement :

Tableau n° 27 - FREQUENCE MOYENNE DES DIAMETRES DANS LE RESEAU D'ASSAINISSEMENT EAUX USEES

Diamètre en mm	Pourcentage de longueur dans le réseau (fréquence)
110	0%
160	10%
200	60%
250	12%
315	5%
400	4%
500	3%
600	2%
700	1%
800	1%
900	1%
1000	1%

Le prix moyen pondéré est de 106 000 FCFA/m en zone asphaltée et 74 000 FCFA/m en zone non asphaltée. Ce coût s'applique à un réseau d'eaux usées et suppose que les

extensions futures se feront selon le système séparatif, le coût des collecteurs d'eaux pluviales (de taille plus importante) n'étant pas inclus dans la présente évaluation.

Il a été considéré, comme pour les réseaux d'eau potable, que la longueur moyenne de réseau, tous diamètres confondus, était égale à la longueur de routes. En effet, à taux de couverture égal, les longueurs des réseaux d'eau et d'assainissement sont équivalentes au linéaire de routes dans la mesure où chaque rue doit être équipée d'une conduite d'eau et d'un collecteur d'égout.

Nous avons considéré que la longueur moyenne de routes et donc de réseaux d'assainissement à Douala était égale à 200m/ha, ce qui correspond à une zone urbaine normalement structurée. On obtient donc un coût de réseau moyen de :

- 21,2 millions FCFA/ha en zone asphaltée
- 14,8 millions FCFA/ha en zone non asphaltée

Ces coûts correspondent à l'ensemble du réseau (primaire, secondaire, tertiaire).

En ce qui concerne les coûts d'exploitation et de maintenance, on estime qu'ils représentent annuellement 0.5% des coûts d'investissement des collecteurs.

6.1.3.2. COUT DES COLLECTEURS DE TRANSFERT

Les collecteurs de transfert ont été étudiés de manière particulière et ont été chiffrés au mètre linéaire, sur les mêmes bases que précédemment. Le tableau suivant fournit les prix obtenus pour chaque diamètre, le matériau retenu étant la fonte ductile (PN6).

Tableau n° 28 - COUT TOTAL DES COLLECTEURS DE TRANSFERT EN FONTE PN 6 (PRIX CONSTANTS, 2004)

Diamètre en mm	Coût en zone asphaltée (FCFA/ml)	Coût en zone non asphaltée (FCFA/ml)
200	76 000	45 000
250	87 000	55 000
300	100 000	66 000
350	118 000	83 000
400	133 000	95 000
450	147 000	107 000
500	164 000	122 000
600	190 000	144 000
700	230 000	180 000
800	270 000	217 000
900	313 000	257 000
1000	360 000	300 000

Le détail des estimations est fourni en annexe 4.

Les coûts d'exploitation et de maintenance représentent annuellement 0.5% des coûts d'investissement.

6.1.3.3. COUTS UNITAIRES DES BRANCHEMENTS PARTICULIERS

Le prix des branchements est établi pour des branchements en PVC de longueur moyenne 10m dont la moitié sous chaussée à remettre en état.

Ce prix inclut:

- La fourniture et la pose de la conduite de branchement, de la boîte de branchement et du raccordement sur collecteur.
- Les travaux de terrassement (démolition chaussée, excavation, lit de pose, remblai, réfection chaussée) pour une profondeur et largeur de tranchée de 60cm chacune.

Le prix a été établi pour 3 diamètres différents (DN110, DN160 et DN200). Les hypothèses d'établissement des coûts unitaires de travaux (terrassement, béton) et de fourniture ont été établies sur la même base que pour les collecteurs.

Tableau n° 29 - COUT TOTAL DES BRANCHEMENTS PARTICULIERS (PRIX CONSTANTS, 2004)

Diamètre en mm	Coût (FCFA/branchement particulier)
110	311 000
160	332 000
200	358 000

Le détail des estimations est fourni en annexe 4.

Le prix a été pondéré en fonction de la fréquence moyenne des diamètres selon la répartition suivante:

Tableau n° 30 - FREQUENCE MOYENNE DES DIAMETRES DE BRANCHEMENT PARTICULIER

Diamètre en mm	Pourcentage de longueur dans le réseau (fréquence)
110	10.00%
160	80.00%
200	10.00%

Le prix moyen pondéré d'un branchement particulier est de 332 000 FCFA.

6.1.3.4. COUTS DES STATIONS DE RELEVAGE SUR LES RESEAUX DE COLLECTE

Le coût des stations de pompage d'un réseau d'assainissement est généralement très faible par rapport au coût du réseau total dans la mesure où les relevages ne concernent généralement que des sous-ensembles limités des différents réseaux urbains.

Les hypothèses suivantes ont été prises en considération pour évaluer les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation et maintenance des stations de relevage:

- Proportion effluents collectés transitant dans une (ou plusieurs) station de pompage: 15% en moyenne sur la zone urbaine
- Hauteur manométrique total (HMT) moyenne de refoulement: 12 mètres

- Volume d'effluent moyen journalier par abonné: 7 personnes à 61 l/j soit 427 l/j
- Coefficient de pointe horaire: 3
- Rendement moyen des groupes électropompes: 50%
- Coût d'investissement des stations de relevage (génie civil et équipements): 1 000 000 FCFA/kW
- Les coûts d'investissement sont repartis entre 60% pour les équipements et 40% pour le génie civil.
- Coût moyen du kWh: 65 FCFA/kWh

Sur les bases ci-dessus, la puissance à installer ramenée au nombre d'abonnés est de 3.5 Watt.

Le coût de construction relatif aux stations e relevage sur réseau est de 3 500 FCFA par abonné. Ce coût représente une moyenne sur une zone assainie par réseau collectif

Les coûts des transferts par pompage sont évalués spécifiquement par ailleurs.

En ce qui concerne les coûts de maintenance, on estime qu'ils représentent annuellement 0.5% des coûts d'investissement de génie civil plus 5% des coûts d'investissement des équipements.

La consommation énergétique au m³ refoulé est de 0.07 kWh, soit en moyenne 0.01 kWh par m³ d'effluent collecté compte tenu de l'hypothèse que 15% des effluents sont pompés en moyenne.

Globalement on peut estimer les coûts d'exploitation et de maintenance annuels à 6% des coûts d'investissement. Par ailleurs nous avons considéré que les équipements hydromécaniques devaient être renouvelés tous les 15 ans.

6.1.3.5. COUTS UNITAIRES DES STATIONS D'EPURATION

Une formule de calcul du coût, basée sur la capacité en m³/jour, a été établie a partir de statistiques d'ouvrages récemment réalisés (les données utilisées sont présentées en détail en annexe 4):

$$C = 6.56 \times Q^{\frac{3}{4}}$$

Avec

- C = Coût de l'installation en millions de francs CFA
- Q = Débit de l'installation en m³/jour

Cette relation s'applique aux procédés biologiques par boues activées tels que celui préconisé pour les différentes stations d'épuration de Douala. Les procédés de référence sont de plus applicables dans les conditions climatiques du Cameroun.

Une vérification d'ordre de grandeur a été faite pour les ouvrages récemment réalisés ou en cours de réalisation dans la région .

Il a été considéré que le génie civil et les équipements représentent chacun la moitié du coût total d'investissement.

Les coûts d'opération et de maintenance des stations d'épuration sont évalués annuellement à 10% des coûts d'investissement. Nous avons considéré que le renouvellement des équipements hydromécaniques et de traitement s'effectuait tous les 15 ans.

6.2. SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL

Les paragraphes précédents ont permis de présenter les différentes alternatives envisageables ainsi que les variantes les plus pertinentes concernant la mise en œuvre de systèmes d'assainissement collectif.

6.2.1. PANORAMA DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL ET A FAIBLE COUT

Le tableau suivant liste les différentes filières existantes de systèmes d'assainissement individuel et à faible coût :

Tableau n° 31 - DESCRIPTIF DE QUELQUES DISPOSITIFS D'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL ET A FAIBLE COUT

Filière	Option	Description	Avantages	Inconvénients	Conditions/critères physiques
ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL	Fosse septique avec - lit d'épandage - terre d'infiltration - lit drainant - puisard	Fosse composée de plusieurs cuves étanches assurant la séparation des matières décantables et permettant une certaine épuration. Dispositif combinée avec un lit d'épandage, un lit filtrant ou un puisard suivant la nature du sol et la place disponible	Indépendance totale. Peut être utilisée par des maisons isolées. Faisable aussi pour des collectivités jusqu'à 200 usagers	Vidange nécessaire tous les 2 ans. Ne fonctionne pas avec des faibles débits. Technique de construction demandant des connaissances spéciales	Caractéristiques hydrogéomorphologiques favorables (voir la définition des classes d'aptitudes des sols favorables définie précédemment)
	Fosse d'accumulation	Fosse étanche recevant les eaux usées. Vidangée par camions quand elle est pleine	Grande indépendance. Aucune contrainte de terrain	Doit être construite avec soin pour rester étanche. Nécessite des vidanges fréquentes. Traitement nécessaire des matières de vidange	Route d'accès de camion
ASSAINISSEMENT FAIBLE COUT	Latrine à fosse ventilée	Fosse en terre drainante, couverte d'une dalle perforée et comportant une superstructure équipée d'un tuyau d'aération grillagé au sommet	Construction et technologie simples. Très peu chères. Pas de besoin d'eau courante. Ne sera pas obstruée par des matières encombrantes de nettoyage. Possible à transformer en latrine à fosse avec siphon	Peut attirer des mouches malgré sa conception améliorée. Vidange manuelle avec risques de contact avec matières fécales. Risques de contamination de la nappe	Sol stable et suffisamment perméable. Niveau de la nappe au moins 1 m au-dessous du sol Perméabilité > 2,5 mm/h
	Latrine à fosse avec siphon	Vase à siphon d'eau préfabriqué nécessitant uniquement 2 à 3 l d'eau pour une chasse, reliée à une fosse drainante	Propreté et hygiène équivalentes à un toilette à chasse d'eau. Pas de problèmes d'odeur ou de mouches. Réalisation facile. Faible consommation d'eau. Possibilité de transformer ultérieurement en toilette avec chasse d'eau	Nécessite un point d'eau à proximité. Vidange périodique de la fosse avec risques de contact avec matières fécales. Risques de contamination de la nappe	Sol stable et suffisamment perméable. Niveau de la nappe au moins 1 m au-dessous du sol Perméabilité > 2,5 mm/h

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

	Option	Description	Avantages	Inconvénients	Conditions/critères physiques
ASSAINISSEMENT FAIBLE COUT	Cabinets d'aisance à compostage	Bac de compostage étanche, avec dispositif de retrait d'humus en bas	Récupération des matières. Faible consommation d'eau. Ne pollue pas la nappe	Très sensible au soin d'utilisateur. Risque de mélange des excréments frais avec matières humiques. Possibilités de réutilisation très limitées en zone urbaine. Nécessite main-d'oeuvre qualifiée pour la construction	Aucune
	Fosses à niveau constant	Fosse étanche à niveau constant déversant ses effluents dans un puisard ou un puits d'infiltration. Au-dessus de la fosse une plaque avec un tuyau de descente plonge dans l'eau de la fosse pour former une fermeture hydraulique	Correctement entretenues, pas de mouches ni d'odeurs. Pas de problème d'obstruction	Souvent difficile de maintenir la fermeture hydraulique, donc problèmes d'odeurs et d'insectes. Nécessite de l'eau à la maison. Difficile à transformer en système plus développé	Si un puits d'infiltration est utilisé : sol perméable et niveau de la nappe à 1 m de profondeur au moins
	Tinette	Latrine à tinettes vidées ou changées régulièrement	Installations limitées	Problèmes d'odeurs, d'insectes, de débordement, conditions insalubres à la collecte et au transfert. Nécessite un traitement des excréta. Route d'accès nécessaire	Aucune
	Collecteurs à petit diamètre	Collecteur destiné à recevoir uniquement la portion liquide mais non les matières fécales. A combiner avec fosse septique, latrine à fosse ventilée ou latrine à fosse avec siphon	Consommation d'eau réduite, travaux de pose et de matériaux réduits, quantités à épurer moins importantes. Moyen simple pour améliorer les installations de base	Nécessite toujours des installations complémentaires (fosses de séparation des matières décantables). Système collectif, nécessitant donc un certain niveau institutionnel	Pente minimale, conditions beaucoup moins sévères que pour l'égout classique (surtout point de vue autocurage)

Pour chacune des technologies présentées précédemment un grand nombre de variantes sont envisageables selon les conditions physiques et socio-économiques. Par ailleurs, l'aspect de "l'assainissement graduel" peut être considéré : par exemple avec la transformation de latrines sèches en latrines à fosse avec siphon avec l'installation d'un point d'eau privé et l'amélioration des conditions socio-économiques.

6.2.2. TYPES D'INSTALLATIONS PROPOSEES POUR DOUALA

Dans le cadre du schéma directeur on retiendra certaines options qui sont particulièrement adaptées au contexte de Douala. Il s'agit de :

Pour les habitations non pourvues d'un branchement d'eau:

- Latrines à fosses sèche, lorsque l'aptitude des sols est favorable.
- Latrine à fosse étanche unique, lorsque l'aptitude des sols est peu favorable.

- Latrine à fosse étanche double au fonctionnement alterné, lorsque l'aptitude des sols est peu favorable
- Stations sanitaires constituées de blocs de latrines à fosse étanche utilisées par les habitants du quartier. Il s'agit d'un système semi-collectif.

Pour les habitations pourvues d'un branchement d'eau:

- Fosses septiques suivies d'un dispositif d'infiltration, lorsque l'aptitude des sols est favorable.
- Fosse étanche à vidanger périodiquement, lorsque l'aptitude des sols est peu favorable.

6.2.3. DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL

6.2.3.1. LATRINES A FOSSE SECHE

Ces dispositifs sont utilisés pour l'évacuation des excréta. La fosse est dimensionnée en fonction du nombre d'utilisateurs, de la durée de vie escomptée, de la perméabilité du sol et du niveau de la nappe. Lorsque la fosse est pleine, il convient d'en construire une deuxième à proximité en attendant que les matières se stabilisent dans la première fosse.

En considérant, un sol apte (perméabilité >2,5mm/h et niveau de la nappe >1m), un ménage composé de 10 usagers et une durée de vie d'environ 24 mois, on obtient un volume de fosse de 1,5m³.

6.2.3.2. LATRINES A FOSSE ETANCHE UNIQUE

Ces dispositifs sont utilisés pour l'évacuation des excréta. Pour un ménage de 10 personnes on peut installer une cuve de 2,5 m³, ce qui correspond à une vidange tous les 2 ans. (on table sur un volume de rejet de 0,3 litres par personne et par jour).

6.2.3.3. LATRINES A FOSSE ETANCHE DOUBLE

Dans les zones où les conditions d'aptitude des sols sont peu favorables (nappe proche par exemple) il est possible de concevoir des latrines à double fosse. Ainsi, on utilise alternativement les fosses en les dimensionnant chacune pour durer plusieurs années (durée envisagée de l'ordre de 7 ans selon un projet pilote mis en place à Yaoundé en 2004) pour obtenir un compostage efficace des matières organiques et un abattement complet des germes pathogènes.

Les matériaux stabilisés sont extraits de la fosse "dormante" à chaque inversion d'utilisation des fosses et peuvent être utilisés pour épandage comme fertilisant.

Le volume de chaque fosse, dimensionné pour 10 utilisateurs et une période de 7 ans, serait de 7 m³, ce qui correspond donc à une section horizontale de 1,5 m par 1,5 m sur une hauteur de 3 mètres. Il s'agit donc d'un ouvrage de taille assez importante pour un ménage de 10 personnes.

6.2.3.4. STATIONS SANITAIRES

Les stations sanitaires sont proposées dans les zones où la densité d'habitation très forte, conjuguée au faible niveau de vie des habitants et à une mauvaise aptitude des sols à l'assainissement individuel rendent problématique la construction de latrines à fosse étanche pour chaque ménage.

Les stations seront typiquement constituées de blocs de 12 toilettes et pourront être utilisés par une cinquantaine de ménages, soit environ 500 personnes. On propose de construire un volume de fosse de 30 m³, ce qui permettrait une vidange tous les 6 mois environ.

Compte tenu du temps de séjour assez court dans la fosse, il faudra procéder à la vidange de ces fosses avec des précautions particulières afin de réduire pour les opérateurs les risques de contamination par les matières de vidange pouvant contenir des germes pathogènes.

Le mode de gestion (publique ou privée) de ces stations sera examiné dans le cadre de la mission 5 de la présente étude.

6.2.3.5. FOSSE ETANCHE POUR LES MENAGES RACCORDES AU RESEAU D'EAU

Dans le cas où le ménage dispose d'un branchement d'eau potable mais où le sol n'est pas favorable à la mise en place d'une fosse septique suivie d'un système d'infiltration, il faudra avoir recours à une fosse étanche. Cette fosse recevra donc les eaux ménagères et les eaux-vannes.

Il faudra par conséquent ajuster le dimensionnement en fonction des volumes plus importants produits et de la fréquence de vidange escomptée.

En considérant une villa habitant environ 8 personnes, à raison d'un rejet de 50 litres par jour/habitant, une fosse déjà importante de 12 m³ (3 m x 2 m sur 2 m de profondeur) nécessiterait une vidange tous les mois.

Ce type d'installation est mentionné pour mémoire. En effet, ce dispositif est très onéreux tant en construction qu'en exploitation, et sera certainement très peu utilisé. Le nombre d'installations de ce type devrait donc rester très marginal et il a été négligé dans les estimations de la suite du présent rapport.

6.2.3.6. FOSSES SEPTIQUES SUIVIES DE DISPOSITIFS D'INFILTRATION

Pour les ménages équipés d'un branchement au réseau d'eau potable et situés dans une zone de bonne aptitude des sols à l'assainissement individuel, il sera possible de mettre en place des fosses septiques comprenant deux compartiments, associées à un puisard ou à un champ d'épandage selon la place disponible et l'aptitude du sol.

Selon la consommation en eau des habitations de haut standing pouvant s'équiper de tels dispositifs, les dimensions préconisées seront les suivantes :

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Tableau n° 32 - VOLUME DES FOSSES SEPTIQUES SELON NOMBRE D'UTILISATEURS

NOMBRE D'UTILISATEURS	5	10	15	20	25	50	100	200
VOLUME DES CUVES (M ³)	2,5	3,5	4,5	6,0	7,5	12	20	40

Pour un système individuel dimensionné pour un ménage il faudra donc mettre en place des cuves de 3 à 3,5 m³ en moyenne, ce qui correspondrait à une vidange environ tous les 3 ans.

La fosse septique doit être suivie d'un dispositif d'épandage ou d'infiltration dont la taille, pour un ménage, pourra représenter une dizaine à une centaine de mètres carrés en fonction de l'aptitude du terrain.

6.2.4. COUT DE CONSTRUCTION ET CONTRAINTES D'EXPLOITATION DES SYSTEMES INDIVIDUELS

Les coûts de construction des différents types d'installations ont été estimés à partir des coûts des matériaux sur le marché local et sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau n° 33 - EVALUATION DES COUTS DES DIFFERENTS TYPES D'INSTALLATION

Type d'installation	Coût d'investissement approché (FCFA)	Contrainte d'entretien
Latrine à fosse sèche	200 000	Entretien de la superstructure
Latrine a fosse étanche unique (sans branchement d'eau potable)	550 000	1 vidange / 2ans + Entretien de la superstructure
Latrine à fosse étanche double à fonctionnement alterné	1000 000	Entretien de la superstructure
Fosse étanche de 12 m3 (avec branchement d'eau potable)	1 700 000	1 vidange / mois + Entretien de la superstructure
Fosse septique avec dispositif d'infiltration	1 100 000	1 vidange / 2ans maxi+ Entretien de la superstructure
Station sanitaire semi-collective (bloc de 12 WC)	10 000 000	1 vidange / 6 mois + entretien de la superstructure

Ces valeurs seront à ajuster en fonction du dispositif réalisé (dimensions, infrastructure plus ou moins améliorée, matériaux utilisés, système d'épandage ou d'infiltration...) et de la nature du terrain (consolidation du sol, perméabilité, présence de la nappe...).

6.2.5. ESTIMATION DU NOMBRE TOTAL D'INSTALLATIONS REQUISES

En se basant sur les discussions présentées dans le paragraphe concernant le choix des modes d'assainissement, il est possible de préciser le type d'installations à mettre en place par quartiers de structuration similaire. Ainsi, l'aptitude des sols à l'assainissement permet tout d'abord un zonage entre fosses étanches et fosses infiltrantes (regroupant fosses septiques avec système d'infiltration et fosses sèches ou latrines).

Des hypothèses globales ont ensuite été utilisées afin de déterminer les futures zones raccordées et équipées de branchements particuliers au réseau d'eau. Dans ces zones, lorsque l'aptitude des sols était favorable, on a considéré qu'un certain nombre de familles seraient équipées de fosses septiques en fonction des possibilités financières.

Par ailleurs, il a été considéré en première approximation que les systèmes tels que fosses étanches (sans branchement d'eau potable) et fosses sèches souvent associées aux habitats économiques regroupaient 10 personnes par dispositif et que ce nombre passait à 8 personnes pour les habitats de standing plus élevé avec branchement d'eau potable (fosse septique ou fosse étanche).

Enfin, le nombre de stations sanitaires proposé doit être déterminé en gardant à l'esprit les contraintes de construction. Un rythme de construction de 6 par an (une mise en service tous les deux mois) paraît un objectif atteignable. On tablera donc à ce stade sur un objectif de 90 stations à l'horizon 15 ans, soit une population bénéficiaire de 45 000 habitants et de 180 stations à l'horizon 30 ans, soit 90 000 personnes desservies.

Les remarques précédentes superposées aux critères définis dans le paragraphe concernant le choix des modes d'assainissement, ont permis d'évaluer les besoins en installations d'assainissement autonomes :

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Tableau n° 34 - NOMBRE REQUIS D'INSTALLATIONS D'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL

Valeur	Unité	Horizon 15 ans	Horizon 30 ans
Population totale de la ville	hab	3 500 000	6 000 000
Population raccordée au réseau d'égouts		100 000 (Hyper centre + Sawa Beach)	1000 000
Population en assainissement individuel	hab	3 400 000	5 000 000
Population raccordée au réseau d'eau potable et équipée de fosses septiques	%	25%	30%
	hab	850 000	1 500 000
Nombre indicatif de fosses septiques (à raison de 6 personnes par foyer équipé d'une fosse)	U	140 000	250 000
Population non raccordée au réseau d'eau et à équiper de latrines a fosse sèche ou étanche	hab	2 550 000	3 500 000
Pourcentage moyen de terrains aptes à l'assainissement individuel		55%	55%
Population équipée de latrines à fosse sèche	hab	1 400 000	1 900 000
Population équipée de latrines à fosse étanche (unique ou double) où tributaire des stations sanitaires	hab	1 150 000	1 600 000
Dont population équipée de latrines à fosse étanche (unique ou double)	hab	1 105 000	1 410 000
Dont population tributaire des stations sanitaires	hab	45 000	90 000
Nombre total requis de latrines a fosse sèche	U	140 000	190 000
Nombre total requis de latrines a fosse étanche	U	109 000	138 000
Nombre de stations sanitaires	U	90	180

Cette évaluation donne l'ordre de grandeur des besoins en matière d'assainissement individuel, mais il faut considérer que les habitants disposent d'un patrimoine donné à l'horizon actuel.

L'effort devra donc porter non seulement sur l'extension du parc d'installations, mais aussi sur la réhabilitation et la mise en conformité des installations existantes.

6.2.6. REGLEMENTATION DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL

La réglementation à l'intention des propriétaires d'installations d'assainissement individuel existe déjà à la CUD sous forme de plans guide de construction.

Elle devra être complétée et inclure:

- L'actualisation des plans guide pour couvrir l'ensemble des systèmes recommandés

- L'établissement de recommandations d'usage et d'entretien
- Une carte de zonage indicative, dérivée de la carte d'aptitude présentée dans le présent rapport.

6.3. EPURATION DES EAUX COLLECTEES PAR LES RESEAUX

Après la phase de collecte des effluents, la problématique de leur traitement se pose. Cette dernière joue un rôle majeur dans la protection de la qualité du milieu récepteur et de la santé des populations.

Les différents procédés a priori envisageables pour épurer les eaux usées collectées par les réseaux à Douala sont présentés dans le paragraphe suivant.

6.3.1. PRINCIPAUX PROCEDES D'EPURATION DES EAUX USEES

Un descriptif des principaux procédés envisageables avec leurs avantages et inconvénients est donné dans les tableaux ci-après.

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Tableau n° 35 - PROCÉDES D'EPURATION CLASSIQUES

Type de procédé	Descriptif	Avantages	Inconvénients
<p>Lagunage naturel</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Il s'agit d'un procédé biologique, consistant à laisser séjourner les effluents dans un bassin. Les micro-organismes toujours présents dans les eaux usées se nourrissent alors des matières organiques dissoutes, colloïdales et en suspension, contribuant ainsi à la réduction de la charge en DBO des eaux. ■ En présence d'oxygène dissous dans l'eau les micro-organismes actifs sont de type aérobie. Afin d'assurer l'activité et la survie de ces derniers, il convient de maintenir la teneur en oxygène du milieu. ■ Dans le cas du lagunage naturel, l'équilibre est maintenu par la diffusion de l'oxygène de l'air au niveau de l'interface eau/atmosphère et également par le processus de photosynthèse d'algues présentes dans le milieu (apport énergétique par rayonnement solaire nécessaire dans ce dernier cas). ■ Si la réserve d'oxygène dissous est épuisée les conditions deviennent anaérobies et d'autres souches de micro-organismes prennent le relais en se procurant l'oxygène nécessaire à leur survie en réduisant des composés oxygénés (sulfates, nitrates, etc.) en composés réduits (tels que le H₂S, gaz caractérisé par sa nocivité et son odeur désagréable). Le lagunage en phase anaérobie est parfois utilisé pour le traitements des effluents industriels concentrés. ■ Le maintien de conditions aérobies nécessite que la charge organique (quantité journalière de DBO apportée) sur la lagune d'une part ne dépasse pas un certain seuil, et d'autre part que l'épaisseur de la lame d'eau ne soit pas trop importante pour permettre la pénétration en profondeur de la lumière. Généralement une hauteur d'eau de 1,0 à 1,5 m est adoptée. Quant à la charge, exprimée en charge superficielle, elle ne doit pas dépasser 7 à 9 g de DBO₅/m²/j dans les conditions d'ensoleillement et de température rencontrées au Cameroun. ■ Une variante intéressante consiste à utiliser des plantes aquatiques (macrophytes), contribuant à l'aération des eaux par la photosynthèse et jouant aussi un rôle de support permettant d'augmenter la quantité de bactéries et d'algues épuratrices. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Simplicité de fonctionnement et d'exploitation. ■ Faibles coûts d'exploitation. ■ Sécurité du dispositif : procédé robuste. ■ Peu sensible aux changements de débits ou de charge polluante. ■ Procédé efficace pour l'élimination de l'azote (70%) et du phosphore (60%). ■ Procédé efficace pour l'élimination des germes pathogènes. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Emprise au sol importante. ■ MES élevées dans l'effluent traité (>40%). ■ Qualité des rejets variable (présence d'algues en suspension). ■ Sensibilité aux effluents septiques et concentrés. ■ Entretien lourd (vidange des boues des bassins) et irrégulier. ■ Mauvaise maîtrise des processus de traitement (pas de réglage possible). ■ Vecteur de développement de moustiques.

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Type de procédé	Descriptif	Avantages	Inconvénients
<p>Lagunage aéré</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ce procédé se différencie du lagunage naturel essentiellement par l'oxygénation, qui dans ce cas est assurée par des moyens mécaniques artificiels au prix d'une consommation d'énergie électrique. ■ La première partie de la lagune doit être conçue sous forme de bassin à mélange intégral (temps de séjour de 3 à 4 jours, apport spécifique d'énergie de 6 W/m³ au minimum), ce qui permet d'obtenir un premier abattement de DBO de 70 à 80 %. ■ Suite à cette première partie aérobie, on peut prévoir, selon l'objectif visé, une à quatre cellules reliées en série. Celles-ci sont conçues selon le régime du lagunage aéré facultatif¹. Le choix judicieux du nombre et de la configuration des bassins permet de pousser le rendement épuratoire à environ 90 % selon la teneur en sels nutritifs, la température de l'eau et la composition des polluants. La présence d'algues et la nature des boues (très fines) font qu'il est difficile d'atteindre des rendements supérieurs. ■ Les cellules facultatives ont pour fonction d'une part, d'affiner la qualité de l'eau usée à l'égard de la DBO et, d'autre part, de pourvoir à la décomposition anaérobie des boues au fond de la lagune et à stocker ces boues minéralisées, lesquelles comme dans le cas du lagunage naturel, doivent être évacuées au bout de quelques années (4 à 5 ans). ■ Le lagunage aéré nécessite un prétraitement efficace comprenant un <u>dégrillage, déshuilage et dessablage de préférence aéré</u>. ■ Les boues doivent être extraites soit au niveau des bassins facultatifs lorsque ceux-ci sont saturés soit au niveau du clarificateur final en continu. ■ Les bassins de lagunage sont généralement construits en terre, avec talus et fond parfaitement étanches. L'étanchéité peut être réalisée au moyen d'argile ou d'une membrane soit en caoutchouc, soit en textile bitumé. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Emprise au sol réduite par rapport au lagunage naturel. ■ Tolérance aux variations de charges hydrauliques et/ou organiques importantes. ■ Tolérance aux effluents très concentrés. ■ Tolérance aux effluents déséquilibrés en nutriments. ■ Traitements conjoint d'effluents domestiques et industriels biodégradables possible. ■ Bonne intégration paysagère. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Rejet de qualité moyenne sur tous les paramètres. ■ Nécessite du matériel électromécanique, requérant un entretien par un agent spécialisé. ■ Nuisances sonores liées à la présence d'un système d'aération. ■ Forte consommation énergétique. ■ La multiplicité des cellules facultatives favorise l'apparition et le développement d'algues. Il est recommandé de disposer d'une clarification pour éliminer une partie des boues maintenues en suspension dans le dernier compartiment de lagunage

¹ Il s'agit d'une forme intermédiaire entre le lagunage aérobie (nécessitant de très grandes surfaces) et le lagunage anaérobie (présentant des inconvénients tels que le dégagement de mauvaises odeurs) : les conditions régnant en surface et sur la majeure partie de l'épaisseur de la lame d'eau, sont des conditions aérobies, le fond étant soumis à des conditions anaérobies.

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Type de procédé	Descriptif	Avantages	Inconvénients
Aération prolongée (ou boues activées à faible charge)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ce procédé se différencie du lagunage aéré par le fait que les boues séparées de la liqueur mixte issue du bassin d'activation sont recyclées en tête de ce même bassin. Cet artifice permet de travailler avec des concentrations en boues importantes (3 à 4 g/l) d'où l'intensité du procédé. ■ Le recyclage des boues et la taille du bassin d'activation font que l'âge des boues est élevé et que celles-ci étant bien oxydées ne requièrent pas de stabilisation indépendante, cependant ceci nécessite de l'énergie. ■ Le procédé peut être développé dans deux sortes de bassins d'activation à la géométrie différente : soit un chenal d'oxydation, soit un bassin comportant plusieurs cellules couplées en série (aération prolongée classique). ■ Il faudra envisager une séparation des boues par décantation dans des appareils indépendants du bassin d'activation et des moyens auxiliaires ainsi que de l'énergie pour le recyclage des boues en retour. ■ Aux USA et en Europe, l'aération prolongée est normalement dimensionnée pour des charges massiques de 0,05 à 0,08 kg DBO/kg MVS.j⁻², ce qui, pour une concentration de liqueur de 3,5 à 5,0 kg de MES/m³ correspond à une charge volumique d'environ 0,2 à 0,3 kg DBO/m³/j, ces valeurs devraient être améliorées compte tenu de la températures plus élevée de l'eau à Douala. ■ Les rendements épuratoires obtenus se situent souvent entre 93 et 98 % pour ce que est de la DBO, 90 et 93 % pour la DCO et 90 et 96 % pour les MES. ■ Généralement, les bassins d'aération prolongés seront réalisés en béton armé mais une conception avec bassins en terre est parfaitement envisageable, même si elle implique une perte de souplesse dans l'utilisation des bassins. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Procédé performant. ■ Souplesse d'adaptation du volume d'activation aux conditions de charge, lesquelles peuvent grandement varier entre la mise en eau et l'horizon considéré. ■ Boues plus stabilisées que pour le procédé boues activées moyenne charge 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Coût d'investissement et consommation énergétique importants. ■ Procédé avec un haut degré de mécanisation, impliquant un entretien minutieux, une gestion du matériel et des pièces de rechange organisée et un exploitant très qualifié. ■ L'abattement des germes pathogènes est faible.

La nitrification, la dénitrification et la déphosphatation biologique sont intégrées au traitement par boues activées

²MVS : Matières Volatiles en Suspension : fraction organique des MES

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Type de procédé	Descriptif	Avantages	Inconvénients
Boues activées à moyenne charge	<ul style="list-style-type: none"> ■ Le procédé des boues activées à moyenne charge se distingue principalement de celui de l'aération prolongée (boues activées à faible charge) par les critères suivants: <ul style="list-style-type: none"> - Un bassin de décantation primaire y est inclus ; - Le temps de séjour total dans l'installation est d'une durée plus courte ; - La masse de micro-organismes avec lesquels on travaille est donc beaucoup plus faible ; - Les boues doivent être stabilisées séparément ; - La plupart du temps on tente de faire fonctionner le procédé de façon à éviter la nitrification (processus consommant de l'oxygène et nécessitant donc de l'énergie) et pour ce faire on limite l'âge des boues (à moins de 4 jours si possible). ■ Le procédé des boues activées à moyenne charge nécessite une chaîne de traitement conçue comme suit : dégrillage + dessablage et déshuilage + décantation primaire + aération + clarification ■ Les <u>grilles et dessableurs-déshuileurs</u> sont conçues comme à l'ordinaire. L'installation de <u>decantation primaire</u> est dimensionnée pour une charge superficielle de 1,8 à 2,2 m/h et la réduction de DBO₅ y est évaluée à 25-35 %. ■ L'<u>aération</u> qui succède est dimensionnée pour une charge massique de 0,3 à 0,5 kg DBO₅/kg MVS.j. Le temps de séjour n'y est que de quelques heures. ■ La <u>clarification</u> est dimensionnée pour une charge superficielle de 0,8 à 1,2 m/h selon la configuration du bassin. ■ La <u>stabilisation</u> des boues doit avoir lieu séparément par digestion, chaulage ou aération, suite à un épaissement. Le mode de stabilisation des boues le mieux adapté aux conditions de Douala serait la stabilisation aérobie, en dépit de son coût élevé. ■ Les rendements épuratoires globaux obtenus se situent souvent entre 85 et 95 % pour la DBO, 85 et 90 % pour la DCO et 87 et 92 % pour les MES. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Procédé adapté à toute taille de collectivité (sauf les très petites). ■ Procédé performant pour abattre la pollution organique. ■ Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles. ■ Facilité de mise en œuvre d'une déphosphatation simultanée. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Coût d'investissement assez important. ■ Consommation énergétique importante. ■ Sensibilité relative aux surcharges hydrauliques et en pollution. ■ Procédé complexe nécessitant un personnel qualifié et d'une surveillance régulière. ■ Procédé moins efficace pour l'abattement des germes pathogènes. ■ Problème de stabilisation des boues (coût).

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Type de procédé	Descriptif	Avantages	Inconvénients
Lit bactérien	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ce procédé se différencie des boues activées par le fait que les micro-organismes se présentent sous la forme d'une pellicule fixée à la surface d'un support (remplissage alvéolé en plastique, lit de pierres, de mâchefer, etc.) alors que pour les boues activées ils se présentent sous forme de petits amas (flocs). ■ L'eau usée, préalablement décantée pour éviter le colmatage du lit, est d'abord répartie sur l'ensemble de la surface du lit. Elle percole ensuite au travers du lit, entrant ainsi en contact avec la biomasse fixée sur son support. ■ La porosité du lit est telle qu'elle permet également le passage au travers du lit d'un courant d'air, naturel ou forcé, apportant ainsi l'oxygène requis aux micro-organismes. ■ L'eau sortant du lit entraîne avec elle des lambeaux de film biologique en quantité correspondant à la croissance de la biomasse. Ces lambeaux de boues sont ensuite séparés par clarification. ■ Ces boues doivent être stabilisées car la minéralisation est faible dans le lit. ■ Pour accroître le rendement du lit, il est d'usage de procéder à un recyclage d'effluent, clarifié ou non, en tête du lit, ce qui a pour effet d'améliorer son lavage. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Généralement adapté aux collectivités < 10000 équivalent-habitants. ■ Simplicité d'exploitation (peu d'entretien et de contrôle). ■ Consommation énergétique réduite. ■ Plus faible sensibilité aux variations de charges et aux toxiques que les boues activées. ■ Reprise rapide après une perturbation. ■ Bonne décantabilité des boues. ■ Peut être installé en amont d'une station à boues activées afin de déconcentrer les effluents de type agro-alimentaires. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Rendement épuratoire limité (< 90 %). ■ Coût d'investissement assez élevé. ■ Nécessité d'avoir des prétraitements efficaces en amont du lit bactérien. ■ Boues très fermentescibles, nécessité de stabiliser les boues séparément (par voie aérobie). ■ Source de développement d'insectes (important avec un climat aussi chaud que celui existant au Cameroun, risque potentiel de contagion). ■ Sensibilité au colmatage et au froid (mais ce dernier problème ne se pose pas pour le cas de Douala). ■ Ouvrages de taille importante si des objectifs d'élimination de l'azote sont imposés.

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Type de procédé	Descriptif	Avantages	Inconvénients
Traitement physico-chimique	<ul style="list-style-type: none"> ■ Traditionnellement ce traitement est utilisé pour la déphosphatation, mais la précipitation chimique par sels de fer ou d'aluminium peut également être une solution intéressante pour réduire la DBO, surtout dans le cas des stations touristiques où l'on enregistre de fortes variations saisonnières de charge. Son usage est toutefois limité car une précipitation chimique même très bien conçue ne permet pas d'atteindre une réduction de la DBO de plus de 70 %. ■ La précipitation chimique nécessite, après prétraitement classique, une floculation suivie d'une décantation. Le dosage exact ne peut être déterminé qu'après essais. Pour les conditions propres au Cameroun, il y a lieu d'envisager des doses de réactifs assez élevées. ■ Tout comme pour les procédés par boues activées et le lit bactérien, la précipitation chimique nécessite une stabilisation séparée des boues. ■ Les quantités de boues sont un peu plus grandes que celles obtenues par la méthode classique des boues activées. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Facilité d'exploitation. ■ Bonne élimination des MES et du phosphore. ■ Adapté aux variations de charges (zones touristiques, industriels). ■ Faible consommation énergétique. ■ Insensible à la non biodégradabilité des effluents. ■ Compacité et l'installation. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Elimination incomplète de la pollution organique et de l'azote. ■ Coût d'exploitation élevé en raison de l'emploi de produits chimiques coûteux à importer. ■ Technique nécessitant un personnel qualifié et inhabituelle au Cameroun. ■ Production importante de boues putrescibles..

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

	Descriptif	Avantages	Inconvénients
Biofiltres	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ce procédé s'utilise généralement après prétraitements et généralement après une étape de traitement physico-chimique. ■ Le traitement consiste à faire transiter les eaux usées dans une cuve contenant un matériau filtrant immergé, support d'un film biologique. Le film biologique permet donc l'assimilation de la pollution et la filtration de la boue produite. ■ Les besoins en oxygène sont assurés par insufflation d'air. ■ Plusieurs fois par jour un lavage à l'eau traitée et à l'air est nécessaire, les eaux sales retournant en tête de traitement. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Adapté pour les collectivités de taille moyenne à importante. ■ Bonne élimination des MES. ■ Adapté pour traiter les effluents dilués (réseau unitaire, traitement tertiaire). ■ Peu de pertes pour les boues produites. ■ Compacité de l'installation. ■ Facilité d'automatisation. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Peu adapté aux effluents concentrés. ■ Coûts d'investissement et d'exploitation élevés (énergie). ■ Haute technicité requise pour l'exploitant. ■ Sensibles aux variations de charges brusques. ■ Sensible au colmatage. ■ Production de boues diluées et extraction régulière. ■ Consommation importante d'eau traitée pour le lavage.

6.3.2. PROPOSITION D'UN PROCEDE D'EPURATION DES EAUX USEES

Les différents arguments exposés précédemment ainsi que les retours d'expériences dans différents pays d'Afrique ont été confrontés aux conditions et objectifs particuliers à la ville de Douala afin de proposer un type de procédé.

La tableau ci-dessous donne notamment une répartition de différents systèmes mis en œuvre dans des pays africains appartenant au CIEH et donc une tendance générale.

Tableau n° 36 - PROCEDES UTILISES DANS LES PAYS AFRICAINS MEMBRES DU CIEH EN 1993

Type de procédé	Nombre	Capacité (EH)	%Nombre	%Capacité
Boues activées et chenal d'oxydation	116	356 646	74,8	74,8
Lit bactérien	11	16 211	7,3	3,4
Lagunage à macrophytes	10	3 338	6,6	0,7
Lagunage à microphytes	4	95 360	2,7	20
Fosse septique	13	5 245	8,6	1,1
Total	155	476 800	100	100

Source : CIEH, 1993

Le procédé par lit bactérien apparaît inadapté à la situation : il convient à des collectivités de taille moyenne (en général <10 000 équivalents habitants). De plus, compte tenu du climat à Douala ce procédé constituerait une source de développement d'insectes, vecteurs de maladies.

Le traitement physico-chimique, si on le considère en tant que méthode générale d'épuration des eaux usées n'est pas proposé dans les conditions de la ville de Douala, en raison d'un coût d'exploitation élevé (emploi de produits chimiques coûteux à importer).

Le biofiltre quant à lui convient pour des effluents dilués issus d'un réseau unitaire ou ayant déjà subi un premier traitement. De plus sa mise en œuvre nécessite une haute technicité et induit des coûts d'exploitation élevés. Il n'est donc pas préconisé.

Si l'on considère maintenant les procédés extensifs de lagunage et notamment le lagunage naturel, différentes variantes ont été développées avec notamment l'utilisation de macrophytes ou de microphytes et donnent de bons résultats dans les pays chauds (avec notamment une amélioration de l'élimination des MES par rapport au lagunage naturel). Cependant, ces techniques restent encore d'usage limité en Afrique où elles sont faiblement représentées (<10%) comme l'illustre le tableau précédent. En effet, pour des grandes capitales, les superficies nécessaires sont telles que les coûts d'acquisition des terrains deviennent rapidement excessifs.

Ces procédés s'avèrent être bon marché aux endroits où l'espace est disponible à bas prix et particulièrement intéressants pour les pays sahéliens, où une eau de bonne qualité peut-être réutilisée en irrigation. De même il est parfois possible de collecter la biomasse végétale, la vente de ces sous-produits (effluents traités et macrophytes) pouvant même contribuer à financer les installations de lagunage.

Malgré les nombreux avantages de ces méthodes alternatives (rusticité et simplicité du système dans sa conception et sa mise en œuvre, tolérance aux variations de charge,

exploitation à faibles coûts) la question des coûts de terrain conduit à ne pas les retenir dans le cas de Douala.

En effet, la ville de Douala, construite en bordure de l'estuaire du Wouri et bordée par de nombreuses criques ou affluents de ce dernier, a connu une croissance spectaculaire ces vingt dernières années et les terrains disponibles sont rares et leur coût élevé.

A titre indicatif, le traitement par lagunage des effluents des réseaux collectifs envisagés à long terme nécessiterait une énorme surface de 1000 hectares, évaluée comme suit, à l'horizon 30 ans:

- Pollution domestique collectée par les réseaux: 65 tonnes de DBO5 par jour
- Pollution industrielle: 17 tonnes / jour
- Pollution totale : 82 tonnes /jour
- Pollution d'un équivalent-habitant: 60 gr/jour
- Nombre d'équivalent habitants: 1366 000
- Ratio 11 m2 par équivalent-habitant (pour un lagunage constitué de lagunes anaérobie suivies de lagune facultatives)
- Soit surface effective requise: $1366\ 000 \times 11 = 15$ millions de m2, soit 1000 hectares, ou encore 10 km2.

Ce dernier argument montre qu'un procédé par lagunage est inadapté au contexte de Douala. A titre de comparaison, le seul projet immobilier de Sawa Beach représente une emprise de près de 900 hectares

Enfin, il convient de noter que les lagunes favorisent le développement d'insectes vecteurs de maladies.

Compte tenu des considérations ci-dessus, on s'orientera donc de préférence vers une solution par boues activées. Cette technique reste la plus répandue dans de nombreux pays sur divers continents, y compris en Afrique.

Ses avantages sont les suivants:

- Faible consommation d'espace,
- Excellent rendement épuratoire,
- Procédé largement utilisé dans la région, retour d'expérience disponible,
- Procédé flexible pouvant être adapté en cas de changement des normes.

Ses inconvénients sont essentiellement dus aux coûts d'exploitation assez importants, aux contraintes d'approvisionnement en pièces de rechange et au besoin en personnel spécialisé pour la conduite de ces systèmes.

Dans le cadre de ce schéma directeur cette solution par boues activées est préconisée.

6.3.2.1. TRAITEMENT DES BOUES D'EPURATION

Lors de la mise en œuvre du procédé par boues activées faible charge, les boues en excès sont périodiquement extraites du décanteur suivant le bassin d'activation afin d'être traitées.

Les boues doivent être stabilisées puis traitées.

Les différents procédés envisageables de stabilisation sont les suivants.

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

- La digestion anaérobie qui produit entre autres du méthane dont il n'y a pas a priori de débouché commercial à Douala. De plus, la mise en œuvre de ce procédé est délicate.
- La stabilisation par chaulage n'a pas encore été éprouvée au Cameroun. Avant d'envisager son application à grande échelle, une expérience à échelle réduite devrait être réalisée auparavant. Elle doit être suivie d'une mise en décharge.
- La stabilisation aérobie par injection d'oxygène est pratiquée dans certaines stations d'épuration à Yaoundé, où elle s'est montrée être d'un fonctionnement assez sûr. Toutefois, sa consommation énergétique est importante.

Les boues doivent ensuite être traitées par:

- Soit, incinération, qui ne semble pas économiquement viable car très consommatrice d'énergie et demande une forte technicité pour l'exploitation.
- Ou mise en décharge qui semble inadaptée compte tenu des volumes importants et des problèmes liés au lixiviats dans les décharges de la ville.
- Ou enfin séchage sur lits (il conviendra de mettre en place une structure ouverte et transparente les abritant de la pluie mais laissant pénétrer les rayonnements solaires) suivi de l'évacuation par épandage en périphérie de la ville.

Il résulte des considérations ci-dessus que le mode de stabilisation des boues d'épuration qui semble le mieux adapté aux conditions de Douala reste la stabilisation aérobie, suivie d'un séchage sur lit et d'un épandage dans le milieu naturel.

6.4. GESTION DES MATIERES DE VIDANGES

6.4.1. COLLECTE DES MATIERES DE VIDANGE

Les fosses étanches, fosses septiques et stations sanitaires nécessitent des vidanges périodiques.

La collecte est effectuée par une flotte de camions dont on peut estimer le nombre comme suit.

Tableau n° 37 - EVALUATION DU NOMBRE DE CAMIONS DE VIDANGE REQUIS

Valeur	Unité	Horizon 15 ans	Horizon 30 ans
Nombre de fosses septiques		140 000	250 000
Fréquence des vidanges des fosses septiques	ans	2	2
Nombre de vidange par jour (300 jours d'activité par an)	U	235	420
Volume de boues des fosses septiques (3 m3 vidangés par fosse en moyenne)	m3/j	700	1250
Population équipée de latrines à fosse étanche (unique ou double) où tributaire des stations sanitaires	hab	1 150 000	1 600 000
Production de volume de boues à vidanger	l/j/hab	0,3	0,3
Volume de boues des fosses étanches	m3/j	345	480
Volume total de boues à vidanger	m3/j	1045	1730
Volume unitaire moyen d'un camion	m3	6	6
Nombre moyen de tournées par jour (entre 2 et 3 selon les jours)	U	2,5	2,5
Nombre de camions nécessaires	U	70	115

6.4.2. REJET DES MATIERES DE VIDANGE

6.4.2.1. AMENAGEMENT PROVISOIRE DU SITE DU BOIS DES SINGES

Actuellement, une partie des camions de vidange déversent les boues collectées au site du Bois des Singes. Or la capacité de ce dernier site est dépassée et les dispositifs en place sont mal entretenus.

De plus ce site situé dans la zone du projet Sawa Beach est donc amené à disparaître.

A court terme il est donc proposé de remettre en état le site du Bois des Singes pour disposer avant mise en place d'autres sites.

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Afin de limiter les dépenses, il est proposé de se limiter à une remise en état minimale: remise en état de la piste d'accès, clôture du site, remise en état des lits d'épandage et des voies de circulation interne.

6.4.2.2. AMENAGEMENT DE TROIS SITES

Compte tenu des grandes distances à parcourir pour certains véhicules entre le lieu de vidange et le site actuel unique de dépôt, les déversements « sauvages » en périphérie de la ville sont fréquents.

Il est donc proposé la création de trois sites officiels gérés par la CUD, situés de façon à proposer un accès à distance raisonnable pour les exploitants des camions de vidange :

- l'un à Bonabéri en rive droite du Wouri
- l'un à dans le Nord de Douala, par exemple au voisinage du site de décharge de Lendi Kotto
- le troisième à l'aval de la crique Docteur dans l'emprise du site de la future station d'épuration

La disposition de ces trois sur la périphérie de la ville diminuera à la diminution des distances à parcourir pour les camions de vidange et ainsi contribuera à limiter les déversements « sauvages ».

Il est proposé de mettre en place des dispositifs simples : il s'agira de lits filtrants couverts par un toit translucide (plaques de plastiques ondulées) avec deux batteries de lits fonctionnant en parallèle. Pendant, que l'un est en fonctionnement les boues sèchent sur le deuxième puis sont raclées et évacuées pour épandage et inversement.

Le tableau suivant donne les superficies nécessaires et les coûts correspondants:

Tableau n° 38 - INSTALLATIONS PROVISOIRES DE DECHARGE DES MATIERES DE VIDANGE

Valeur	Unité	Horizon 15 ans	Horizon 30 ans
Volume de boues à vidanger	m3/j	1045	1730
Temps de séjour moyen des boues dans les lits	J	30	30
Epaisseur des lits	M	0,3	0,3
Superficie des lits	Ha	10,5	17,3
Superficie totale du site y compris aires de service	Ha	13 (dont Nord 5, Sud 6,8 et Bonaberi 1,2)	22
Coût de construction estimé	FCFA/ha	90 millions	90 millions
Soit en première phase	FCFA	1170 millions	
En deuxième phase			810 millions

Les matières une fois séchées dans ces lits devront être rejetées par épandage dans le milieu naturel.

6.4.2.3. TRAITEMENT DES MATIERES DE VIDANGE DANS LES STATIONS D'EPURATION

Les dispositifs de lits filtrants décrits ci-dessus ne conduisent pas à une complète stabilisation des matières, en raison des temps de séjour limités et du régime pluvieux qui pénalise le processus de stabilisation.

C'est pourquoi à long terme il est recommandé d'abandonner ces lits lorsque les stations d'épurations seront fonctionnelles. En effet, on pourra y traiter de manière combinée les effluents collectés par le réseau d'assainissement ainsi que les matières de vidange diluées (ceci est pratiqué par exemple en Afrique du Sud).

Pour cela un bassin de dépotage permettra de réceptionner les matières de vidange sur le site de la station, un stockage pourra être envisagé afin d'envoyer sur l'étage de traitement ces matières en période creuse (la nuit par exemple).

6.5. GESTION DES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES

Au vu des problématiques rencontrées actuellement et des perspectives de développement du secteur industriel, il devient indispensable de considérer comme problème à part entière le devenir des eaux résiduaires industrielles et de mettre en place des systèmes de traitement effectifs. Il en va de la santé de la population mais aussi de la préservation du milieu naturel.

6.5.1. SPECIALISATION DES ZONES INDUSTRIELLES

Dans les hypothèses de développement urbain utilisées, et notamment en ce qui concerne le développement de zones industrielles, il est question de la création de 2 nouveaux centres industriels situés à l'Ouest et à l'Est de la ville.

Ces nouveaux centres viendraient s'ajouter aux zones actuelles de Bassa (zone et centre industriels), Bonabéri (zone du port et zone spontanée) et la zone portuaire.

Afin de réduire les risques sur les milieux récepteurs, un certain nombre de préconisations peut être établi pour chaque zone.

6.5.1.1. LA ZONE INDUSTRIELLE ET LE CENTRE INDUSTRIEL DE BASSA

La zone industrielle de Bassa est située au cœur du tissu urbain et le milieu récepteur en présence est vulnérable : il est constitué par les drains Tongo Bassa et Mgoua qui traversent en aval des zones habitées sur plusieurs kilomètres avant de rejoindre respectivement le Wouri et la Crique Docteur. Cette zone devrait donc être progressivement dédiée à des activités peu polluantes, dont les eaux résiduaires seraient gérées de la façon suivante :

- Raccordement au réseau d'assainissement domestique pour les établissements rejetant des effluents compatibles avec les exigences fixées par le procédé d'épuration retenu pour la STEP de la crique Docteur ;
- Traitement adaptés pour les autres établissements pour obtenir des niveaux d'épuration compatibles avec un rejet dans les drains Tongo Bassa et Mgoua.

Les activités commerciales qui s'exercent actuellement dans la rue pourraient notamment rejoindre cette zone et être « formalisées » par la même occasion.

6.5.1.2. LA ZONE INDUSTRIELLE DE BONABERI

Cette zone est située en bordure du Wouri, dans un endroit où les courants sont assez importants, ce qui constitue un milieu récepteur favorable pour le rejet d'eaux résiduaires industrielles épurées.

On propose par conséquent de localiser dans cette zone les industries les plus polluantes et celles présentant les risques les plus importants.

Cependant, ces établissements devront mettre en place des dispositifs de traitement adaptés et efficaces afin de respecter les normes de rejet vers le milieu naturel et de préserver la qualité du Wouri.

6.5.1.3. LA ZONE PORTUAIRE DE BONABERI

La zone dite « portuaire » est située en rive gauche du Wouri, comme pour la zone de Bonabéri le milieu récepteur est donc favorable.

Il est par conséquent envisageable de localiser des activités polluantes dans cette zone en préconisant la mise en œuvre de traitements adaptés par les industriels.

Toutefois cette zone est plus vulnérable que la précédente en ce qui concerne les habitations qui sont plus nombreuses à être situées à proximité. Cette zone est donc un peu moins favorable que la précédente pour l'implantation d'activités polluantes.

6.5.1.4. LA NOUVELLE ZONE INDUSTRIELLE DE DOUALA EST (PROCHE DE LA DIBAMBA)

Cette nouvelle zone se situe à l'Est de Douala, à proximité de la Dibamba et de part et d'autre de l'axe lourd menant à Yaoundé.

Le choix de la localisation de cette nouvelle zone s'est basé sur les conditions d'accessibilité ainsi que sur les hypothèses de développement urbain.

La Dibamba constituant un milieu récepteur à protéger en raison de son utilisation pour l'eau potable, l'alternative d'y rejeter les eaux résiduaires industrielles ne doit être retenue que de manière limitée après une épuration poussée et éventuellement un stockage afin d'éviter les rejets en période d'inversion de l'écoulement dans la rivière. En effet, une prise d'eau permettant l'alimentation de la ville en eau potable est utilisée quelques 6 kilomètres en amont et des risques de contamination pourraient se produire lors de la remontée des eaux en période d'étiage sous l'influence de la marée.

Il est donc fortement recommandé d'interdire l'installation d'activités à risque dans la zone industrielle de Douala Est et de la spécialiser dans les activités de service.

En ce qui concerne les autres industries tolérées dans cette zone, deux démarches pourront être envisagées pour leurs eaux résiduaires :

- Pour une partie des industries, les effluents seront dirigés vers un réseau de collecte qui équipera le pôle de développement Douala Est puis refoulés vers une station d'épuration (STEP Crique Docteur) et traités;
- Pour les autres, des traitements poussés devront être mis en place, puis un réseau assurera la collecte des effluents traités ainsi que leur transfert vers la Dibamba loin en aval de la zone industrielle. Des bassins de stockage seront réalisés afin de ne pas rejeter lors de la remontée des eaux sous l'influence de la marée en période d'étiage et ainsi de protéger la prise d'eau.

6.5.1.5. LA NOUVELLE ZONE DE DOUALA OUEST

La nouvelle zone de Douala Ouest se situe à l'Ouest de Bonabéri, au niveau du carrefour de Bekoko.

Deux milieux récepteurs sont en présence, il s'agit des Criques Bomono et Moungo. Ces criques qui drainent des bassins versants de petites superficies, ont des vitesses d'écoulement assez faibles et sont vraisemblablement sensibles.

On propose donc de dédier cette zone à des activités peu polluantes et de raccorder la partie des eaux résiduaires compatible à un traitement en aval à une station d'épuration mixte.

Pour les autres industries, un traitement spécifique sera mis en œuvre avant le rejet vers le milieu naturel.

Cette zone peut toutefois recevoir des activités plus polluantes, avec si nécessaire en contrepartie la nécessité de mettre en œuvre des traitements efficaces afin de ne pas détériorer le milieu récepteur.

6.5.2. PRECONISATIONS TECHNIQUES GENERALES

Parallèlement à une problématique de gestion de l'implantation des industriels selon leur type d'activité il convient de s'intéresser à la gestion des eaux résiduaires qu'ils produisent. Ainsi, un certain nombre de préconisations peuvent être formulées afin de réduire les nuisances sur les populations et l'environnement.

6.5.2.1. REDUCTION DU VOLUME D'EAUX RESIDUAIRES A TRAITER :

Une des solutions pour réduire la problématique de traitement des eaux résiduaires consiste à réduire leur production. Pour cela certaines démarches peuvent être entreprises selon le type d'industrie :

- Pour certaines entreprises telles que les papeteries, industries sidérurgiques ou métalliques, un effort de recyclage de l'eau permettrait de réduire le volume d'effluents produit ;
- De même, la mise en place de nouvelles techniques « propres », avec notamment des procédés à sec ou utilisant moins d'eau, permettrait de diminuer la quantité d'effluents rejetée ;
- De manière générale, la mise en œuvre effective de systèmes de collecte séparatifs pour les eaux pluviales et les eaux usées permettrait de diminuer les volumes à traiter et d'éviter en outre des phénomènes de dilution pouvant rendre les traitements plus complexes.

6.5.2.2. CREATION DE RESEAUX DE COLLECTE INTERNES

Lors du chapitre sur l'évaluation des charges hydrauliques et polluantes, il a été envisagé pour certaines industries, dont les effluents étaient compatibles avec les procédés d'épuration, leur raccordement au réseau d'assainissement collectif. Pour cela, la création d'un réseau interne à la zone industrielle permettrait la collecte des effluents admis sur la station d'épuration ainsi que leur transfert jusqu'au réseau collectif domestique. Une collecte et un transfert efficaces vers la station d'épuration constituent un premier gage de réduction de la pollution industrielle.

6.5.2.3. MISE EN PLACE DE SYSTEMES DE TRAITEMENTS OU PRETRAITEMENTS

Concernant les industries non raccordées à une station d'épuration et rejetant vers le milieu naturel, un certain nombre de traitements devront être effectués afin de respecter les valeurs seuils établies. Comme on a vu précédemment, la réglementation locale n'ayant

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

pas encore fixé de normes, on utilisera les recommandations de la Banque Mondiale comme objectifs de rejet à atteindre.

Les traitements à mettre en place seront fixés au cas par cas en fonction du type d'industrie et des caractéristiques des eaux résiduaires rejetées, ces spécifications dépassant le cadre de cette étude on propose cependant un descriptif sommaire de quelques techniques couramment mises en œuvre. Ces dernières sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau n° 39 - TECHNIQUES DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS INDUSTRIELS

Traitement	But	Mise en œuvre/ Technique utilisée	Remarques
Dégrillage	<ul style="list-style-type: none"> ■ Protéger les ouvrages ■ Eliminer les matières volumineuses qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Le dégrilleur a surtout une fonction de protection de l'installation, il ne retient que très peu de pollution ■ Le niveau de dégrillage doit être adapté au type de pollution et de déchets en présence dans l'effluent ■ L'efficacité du dégrillage est déterminée par l'espacement «e» entre les barreaux des grilles : <ul style="list-style-type: none"> - dégrillage fin : $e < 10\text{mm}$ - dégrillage moyen : $10 < e < 40\text{ mm}$ - dégrillage grossier $e > 40\text{ mm}$ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Les dégrilleurs peuvent être manuels ou automatiques, droits ou courbes, verticaux ou inclinés
Dessablage/ Dégraissage Déshuilage	<ul style="list-style-type: none"> ■ Éliminer les sables et les graisses pour éviter les dépôts dans les canalisation et l'abrasion des appareils ■ Eliminer les huiles et les graisses en début de traitement pour éviter qu'elles gênent les stades de traitement suivants 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Le dessableur/dégraisseur est un appareil composé de 2 compartiments aérés par des turbines immergées, dont la fonction est de maintenir les matières organiques légères en suspension et d'aider à la flottation des graisses et des huiles. Un pont équipé de racleurs de surface et de fond récupère respectivement les graisses et les sable ■ Les déshuileurs sont utilisés dans les industries de production et de raffinerie du pétrole, les huileries alimentaires, les laminoirs à froid et les industries avec de fortes pointes de débit (centrales thermiques à fioul...). Ils sont généralement équipés de racleurs de surface 	<ul style="list-style-type: none"> ■ La rétention des sables et des graisses est un traitement physique qui permet de retenir parallèlement une petite quantité de MES et de DBO_5

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Traitement	But	Mise en œuvre/ Technique utilisée	Remarques
Décantation	<ul style="list-style-type: none"> ■ Eliminer les matières en suspension naturellement décantables ■ Garantir une eau de qualité compatible avec la suite du traitement ■ Assurer l'évacuation des MES sous forme de boues concentrées 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Méthode d'élimination des MES très largement utilisée ■ La décantation peut être précédée par une étape de coagulation- floculation permettant une meilleure décantation des colloïdes rassemblés sous forme de floccs ■ La décantation primaire peut permettre d'obtenir jusqu'à 50% d'abattement des MES de l'effluent brut, voire plus avec l'ajout d'un réactif 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Les décanteurs sont de forme circulaire ou rectangulaire, leur surface est fonction de la charge hydraulique superficielle ainsi que du flux massique de l'effluent ■ Des décanteurs lamellaires peuvent être utilisés pour réduire l'emprise au sol
Filtration	<ul style="list-style-type: none"> ■ Eliminer les matières en suspension ■ Léger abattement de la pollution organique 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Procédé de séparation qui utilise le passage d'un mélange liquide-solide à travers un milieu poreux (filtre) : les particules solides sont ainsi retenues alors que le filtrat passe 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Les filtres se colmatent suite au dépôt de matières en suspension et doivent être lavés régulièrement pour être efficaces
Précipitation	<ul style="list-style-type: none"> ■ Eliminer les métaux, sulfates, fluorures et phosphate de manière la plus fréquente pour les industriels 	<ul style="list-style-type: none"> ■ La précipitation est provoquée : <ul style="list-style-type: none"> - par simple neutralisation des effluents acides (par injection de la chaux par exemple) - par l'injection d'un sel ■ Selon l'agent injecté pour provoquer la précipitation, il faut prévoir un bac de contact et de floculation ■ Suite à l'injection d'un agent et quelque soit sa nature un bassin de décantation est à prévoir (l'influence importante de certains agents sur la production de boues devra être intégrée dans le dimensionnement du décanteur) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ S'agissant d'une réaction chimique les conditions (pH, T°...) doivent être surveillées et déterminées en fonction du type d'élément à précipiter ■ Il est à noter que la précipitation peut être ralentie voire inhibée par certains composés présents naturellement dans l'eau
Flottation/ Moussage	<ul style="list-style-type: none"> ■ Eliminer les huiles et des graisses ■ Eliminer les matières en suspension 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Il existe 3 types de flottation : <ul style="list-style-type: none"> -flottation naturelle (simple pré-déshuilage/pré-dégraissage) -flottation assistée (avec insufflation d'air) -flottation mécanique/moussage (insufflation d'air fines bulles + ajout de réactifs modifiant les tensions de surface) ■ La mise en œuvre de l'un de ces types de flottation dépend de la taille et de la densité des particules solides 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Il n'est en général pas possible de « flotter » toutes les matières en suspension, c'est pourquoi les flotteurs sont toujours équipés d'un système de raclage des boues
Traitement	But	Mise en œuvre/ Technique utilisée	Remarques

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

<p>Adsorption par charbon actif</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Éliminer la couleur 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Traitement utilisé lorsque l'effluent n'est pas biodégradable ou lorsqu'il contient des éléments toxiques organiques ■ Il consiste à un transfert de la phase aqueuse vers la surface solide par adsorption du charbon actif 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Technique coûteuse
<p>Oxydation</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Faire passer un élément de la forme dissoute à une forme précipitable ■ Désinfection partielle (réduction du nombre de germes pathogènes dans l'eau) ■ Oxygéner l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Il existe différentes techniques en fonction de la qualité de l'eau, il peut s'agir : ■ d'oxydation à l'ozone et séparation du précipité par décantation ou filtration ■ d'oxydation avec du permanganate de potassium et séparation du précipité par décantation ou filtration ■ d'oxydation à l'air par cascade ou insufflation suivie d'une sédimentation et filtration ■ d'oxydation au chlore, surtout utilisée en fin de chaîne de traitement pour assurer la désinfection 	<ul style="list-style-type: none"> ■ En dehors des phases d'oxygénation ayant pour but d'assurer l'oxydation et l'assimilation par voie bactérienne de la matière organique et de l'ammonium, les oxydants servent surtout à la précipitation et la désinfection partielle des eaux ■ En cas d'une désinfection, il est important d'éliminer au préalable les MES le mieux possible
<p>Filtration sur tourbe</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Eliminer les matières volatiles (COV) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ La biofiltration est basée sur l'utilisation de micro-organismes qui dégradent les composés organiques et minéraux odorants en composés inodores et atoxiques ■ Le filtre est constitué d'un mélange de tourbe et de matériau lignocellulosique fibreux peu biodégradable : la tourbe possède une très grande capacité de rétention d'eau et les matériaux structurants ajoutés permettent de garder le lit filtrant poreux ■ Le filtre est conçu de façon à permettre une distribution uniforme de l'air et de réduire les effets de compactage qui conduiraient à une réduction de renouvellement de l'air, à une perte de charge induisant une augmentation de la consommation d'énergie 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Les micro-organismes ont besoin d'humidité, d'air et de chaleur pour se développer ■ En général les micro-organismes présents naturellement dans le milieu filtrant suffisent à assurer le bon fonctionnement des filtres, il est toutefois possible selon les besoins de les doper par des souches spécifiques

6.5.3. MISE EN APPLICATION EFFECTIVE DE LA REGLEMENTATION

La problématique de la pollution industrielle relève beaucoup plus de la réglementation et du financement de l'épuration que de la programmation urbaine.

Jusqu'en 1996, les textes de lois relatifs à la protection de l'environnement présentaient certaines incohérences et lacunes et notamment aucune mesures d'accompagnement visant à permettre l'efficacité du contrôle de la pollution n'étaient prévues.

Depuis, la loi cadre n°96/12 du 5 août 1996 est venue combler ces lacunes en matière de lutte contre la pollution, en instaurant notamment :

- La prescription d'études d'impact préalables sur l'environnement pour tout projet de développement y compris industriel ;
- Des dispositions spécifiques pour la protection des différents milieux avec des prescription particulières pour les industriels et notamment pour la gestion de leurs déchets ;
- Le contrôle et la surveillance administrative des substances chimiques nocives et/ou dangereuses ;
- Une Réglementation spécifique concernant les nuisances sonores et olfactives...

Par ailleurs, cette loi cadre introduit les principes fondamentaux de « précaution » et de « pollueur-payeur », de nature à lutter contre la pollution industrielle.

De même, elle prévoit des instruments économiques et fiscaux visant la maîtrise de la pollution industrielle.

Afin de permettre l'application effective de cette loi dans la plupart des secteurs industriels, plusieurs textes accompagnés de décrets d'application ont été publiés, il s'agit notamment de :

- La loi 98/005 du 4 avril 1998 portant régime de l'eau ;
- La loi 98/015 du 14 juillet 1998 relative aux établissements classés dangereux, insalubres et incommodes ;
- La loi 99/013 du 22 juillet 1999 portant code pétrolier ;
- La loi portant code minier.

En dépit d'un cadre juridique propice à un développement industriel respectueux de l'environnement, la dégradation de ce dernier continue faute de la mise en application effective de l'ensemble des dispositions introduites par ces lois.

Il apparaît donc aujourd'hui la nécessité de faire un effort dans la mise en application des textes et donc dans la mise en œuvre de procédures de suivi et de contrôle des industriels et de leurs rejets, le tout de manière concertée.

6.6. PRECONISATIONS POUR LES AUTRES SOURCES DE POLLUTION

6.6.1. LA POLLUTION HOSPITALIERE

Les hôpitaux sont des grands consommateurs d'eau et rejettent par conséquent des volumes importants d'eaux usées.

Ces effluents ont un caractère mixte et sont composés d'un mélange entre des eaux usées domestiques et des eaux usées spécifiques à l'activité hospitalière. Ils présentent 3 types de risques potentiels :

- Un risque infectieux : possibilité de retrouver des germes pathogènes (bactéries, virus, parasites) ;
- Un risque toxique : pollution par les métaux lourds et par des molécules organiques
- Un risque radioactif.

En France et au niveau européen, les textes légiférant les rejets d'effluents hospitaliers sont peu nombreux, néanmoins des dispositions générales peuvent être applicables.

A Douala, seuls les hôpitaux nationaux sont équipés de systèmes de traitement. Afin de limiter la pollution générée par le milieu hospitalier, il conviendra de s'assurer de l'efficacité des installations en place et de généraliser la mise en place de traitements pour les autres établissements hospitaliers.

Un certain nombre de recommandations, s'apparentant à celles données pour les établissements industriels, peuvent d'ores et déjà être établies, avec notamment la mise en œuvre :

- d'un réseau séparatif efficace pour la collecte des eaux usées hospitalières et des eaux pluviales ;
- de pré-traitements (dégrillage, dégraissage...) avec une gestion des déchets générés par ces derniers.

6.6.2. LA POLLUTION DU SECTEUR INFORMEL

Les investigations réalisées ont mis en évidence l'importance du secteur informel dans la ville de Douala, ce dernier représente en effet plus de 50% des emplois et est très dispersé dans l'agglomération.

Les eaux usées générées par ce secteur comprennent des eaux de nettoyage des bâtiments (commerces, auberges, restaurants, salons de coiffure...), des eaux de lavage (véhicules, linge...), des eaux de fabrication (boissons artisanales, teinture, tannerie...) et des eaux usées provenant d'ateliers divers.

Ces eaux sont caractérisées par des quantités rejetées limitées mais cependant de qualité très variable et affectant le tissu urbain dans son ensemble compte tenu de leur dispersion.

Cette catégorie d'eaux usées, ne faisant pas l'objet de traitements, est à l'origine d'une pollution diffuse avérée mais toutefois mal connue.

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Afin de limiter la pollution induite par ce secteur informel, il convient de sensibiliser les établissements concernés aux nuisances qu'ils induisent et de les appuyer dans une démarche « environnementale ». Ainsi certains établissements pourraient rejoindre les zones industrielles afin de limiter les nuisances sur la population.

De manière générale, ces eaux résiduaires devraient faire l'objet de prétraitements ou traitements adaptés avant d'être rejetées vers le milieu naturel où vers le réseau d'assainissement s'il un réseau est à proximité.

7. SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DES EAUX PLUVIALES

Le présent chapitre décrit la nature des travaux proposés pour le drainage pluvial de la ville. Les études de la tranche prioritaire déjà effectuées au stade de l'avant-projet sommaire ont été mises à profit pour formuler les propositions ci-après.

7.1. RAPPEL DE LA PROBLEMATIQUE

La problématique principale de l'assainissement pluvial à Douala est celle des inondations localisées occasionnées par les débordements des drains pluviaux.

La tranche prioritaire de réhabilitation de 40 km de canaux pluviaux principaux permettra d'éviter la formation de ces poches d'inondation, les tronçons à réhabiliter ayant été choisis à cet effet et dimensionnés pour une période d'insuffisance de 10 ans.

On peut noter également des problèmes d'érosion localisée par les eaux pluviales, notamment au débouché des réseaux pluviaux équipant certains quartiers de la ville dans la mesure où ces réseaux isolés rejettent les eaux pluviales dans le milieu récepteur sans toujours les canaliser vers un point de rejet approprié.

D'autre part, la configuration topographique de la ville permet de bénéficier de pentes d'écoulement suffisantes pour assurer un transfert des eaux avec des sections d'écoulement de dimension raisonnable compatibles avec les emprises disponibles. Le recours à des bassins d'orage ne s'impose donc pas dans le cas de Douala.

Les ouvrages proposés pour assurer l'assainissement pluvial de Douala avec une période décennale se résument donc à un réseau de canaux principaux à écoulement libre collectant les eaux des caniveaux secondaires et tertiaires équipant la voirie.

Les rejets d'ordures ménagères et divers déchets solides dans le réseau pluvial contribuent à l'obstruer et ralentissent les écoulements.

Une campagne de sensibilisation des populations riveraines devra être mise en œuvre pour diminuer ces pratiques, toutefois elle doit s'accompagner nécessairement de réalisations pratiques (mis en place d'une collecte effective) afin d'offrir une solution aux riverains pour l'évacuation de leur déchets.

7.2. LES OUVRAGES PROPOSES

7.2.1. LES CANAUX DE DRAINAGE PRINCIPAUX

Plusieurs profils ont été adoptés pour le recalibrage des canaux de drainage :

- Canal trapézoïdal avec talus latéral en perré maçonné et fond en béton ou bien en terre selon la pente d'écoulement
- Canal trapézoïdal en terre dans les parties aval où les vitesses d'écoulement sont limitées compte tenu des pentes plus faibles.
- Dans les zones d'emprise disponible restreinte: canal rectangulaire en béton armé dans les parties amont qui se caractérisent par une forte pente et l'étroitesse du site disponible

A capacité de débit égale, les canaux trapézoïdaux en perré maçonné sont plus économiques que les canaux rectangulaires en béton. Les sections rectangulaires en béton ne seront utilisées qu' titre exceptionnel en cas d'étroitesse de l'emprise disponible.

Dans les zones d'extension au-delà de la tranche prioritaire, seules les sections en perré maçonné et les sections en terre calibrée non revêtue ont été retenues. Les sections en terre non revêtue se trouvent à l'aval des bassins dans les zones de faible pente et de fort débit. Elles représentent environ 10% du linéaire total de canaux principaux à aménager.

Tableau n° 40 - LINEAIRE DE CANAUX PRINCIPAUX DE DRAINAGE

	Longueur de canaux principaux en terre à recalibrer	Longueur de canaux principaux trapézoïdaux en perré maçonné	Longueur de canaux principaux rectangulaire en béton	Longueur totale	Superficie urbaine drainée
	Km	km	km	Km	Ha
Tranche prioritaire	10	39	3,5	52,5	3250
Priorité 2: Tongo Bassa	0	43	7	50 (dont 36 modélisés)	3350
Priorité 2: Longmayagui	2	15	2	19 (dont 17 modélisés)	1200
Priorité 3: Kambo	3	28	3	34 (dont 27,5 modélisés)	2000
Priorité 4: Dibamba rive droite Nord	1	10	1	12	800
Priorité 4: Dibamba rive droite Centre	3	18	2	23	1500
Priorité 4: Dibamba rive droite Sud	6	49	5	60	4000
Priorité 4: Dibamba rive gauche	1	3	/	4	250
Total	26	205	23,5	254,5	16350

7.2.2. LES OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT ROUTIERS ET PIETONNIERS

Les franchissements routiers seront des dalots rectangulaires en béton armé à un ou plusieurs pertuis selon la largeur du canal . Les sections de passage des dalots seront choisies égales ou légèrement inférieures à celles des canaux afin de ne pas constituer un obstacle pour l'écoulement.

Des passerelles pour piéton seront aménagées à intervalle régulier pour permettre la circulation des habitants.

7.2.3. LES CANIVEAUX SECONDAIRES

Les canaux secondaires et tertiaires sont indispensables pour collecter les eaux de ruissellement le long des rues et les acheminer vers le réseau de drainage principal.

Le linéaire spécifique de rue est de 200 ml/hectare. Considérant que les deux cotés de la rue doivent être flanqués d'un caniveau pluvial, le linéaire de caniveaux secondaires et tertiaires représente donc 400 ml/ha.

Les dimensions de ces caniveaux seront adaptées aux conditions locales d'écoulement (pentes et superficies drainées) lors de leur réalisation

7.3. DIMENSIONNEMENT DES CANAUX DE DRAINAGE PRINCIPAUX

Les calculs hydrologiques et de dimensionnement des canaux ont été effectués à l'aide du modèle CANOE et en prenant en compte un ensemble de critères de projet qui sont rappelés ci-dessous.

7.3.1. LE MODELE CANOE

Les débits pluviaux ont été calculés à l'aide d'un modèle mathématique d'hydrologie urbaine qui simule les écoulements non permanents dans les canaux à surface libre.

Le modèle utilisé est le programme CANOE développé conjointement par Sogreah et par l'INSA (institut national de sciences appliquées) de Lyon. Ce programme détermine les hydrogrammes (courbes du débit en fonction du temps) à la sortie de chaque bassin versant à partir de la pluie de projet définie par son hyétogramme (courbe de l'intensité de la pluie en fonction du temps) et effectue le calcul de propagation hydraulique dans les canaux par la méthode de Barré de Saint Venant.

Les canaux, définis par un nœud amont et un nœud aval, sont pris en compte par:

- la cote du radier
- la forme du profil en travers
- la rugosité hydraulique

Les bassins versants sont raccordés à des nœuds du modèle où les débits sont injectés et sont pris en compte par leurs caractéristiques suivantes:

- Superficie
- Pente moyenne
- Coefficient de drainage

Le principe de la simulation est le suivant :

- choix d'une pluie de projet de fréquence et de durée donnée,
- calcul des hydrogrammes en sortie des bassins versants,
- choix a priori d'une dimension de canal,
- calcul de la propagation hydraulique dans les canaux,
- ajustement itératif de la dimension des canaux afin d'éviter leur débordement pour la pluie de projet choisie tout en optimisant leur dimension.

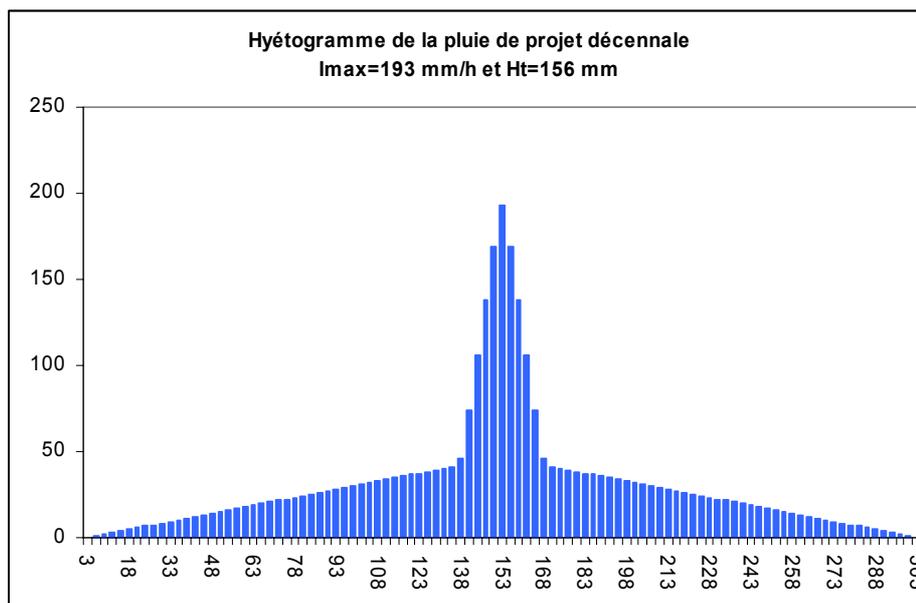
Le calcul nécessite donc au préalable la fixation de certains critères hydrologiques et hydrauliques présentés ci-après.

7.3.2. PERIODE DE RETOUR ET PLUIE DE PROJET

La période de retour de la pluie de projet est de 10 ans. A période de retour donnée, la durée et l'intensité des pluies sont liées par la formule de Montana ($i = a t^b$).

Pour le dimensionnement des drains principaux, on a donc opté pour la pluie décennale caractérisée par une intensité maximale de 193 mm/h et une hauteur totale d'eau tombée de 156 mm.

Le diagramme ci-dessous montre le hyétogramme de la pluie de projet de période de retour 10 ans retenue pour le dimensionnement.



7.3.3. TEMPS DE CONCENTRATION

L'évaluation des temps de concentration a été effectuée par la formule de Desbordes, qui est largement utilisée en hydrologie urbaine. Elle est applicable aux bassins versants urbanisés.

La forme théorique de la formule de Debordes s'écrit :

$$T_L = 5.3 \times S^{0.3} \times P^{-0.38} \times C^{-0.45}$$

Avec :
TL : temps de réponse en mn
S : superficie en ha
P : pente en %
C : coefficient de drainage

La formule de Desbordes constitue une bonne approche pour les bassins versants urbanisés qui n'ont pas un réseau secondaire bien structuré.

7.3.4. COEFFICIENTS DE DRAINAGE

Ce coefficient est à distinguer du coefficient d'imperméabilisation utilisé dans la méthode de Caquot. Il prend en compte, outre l'imperméabilisation du bassin, la rétention dans les irrégularités du sol, la vitesse de propagation de l'eau sur le sol qui dépend elle-même de la pente générale des bassins.

Son évaluation est basée sur l'expérience acquise par Sogreah sur de nombreux autres projets où des calages hydrauliques ont pu être effectués.

La valeur moyenne du coefficient de drainage adoptée dans les calculs est de 50%. Certaines zones moins denses ont été affectées d'un coefficient de 45%

A titre indicatif, dans le centre d'une ville française à topographie plate qui se caractérise par un habitat collectif dense et une forte imperméabilisation ce coefficient est de l'ordre de 60%.

7.3.5. RUGOSITE DES CANAUX

La rugosité prise en compte pour les canaux est variable selon les dispositions constructives retenues:

Tableau n° 41 - RUGOSITÉ DES CANAUX

Type de canal	Coefficient de rugosité de Strickler (K)
Rectangulaire ou trapézoïdal en béton (B/B)	60
Trapézoïdal à talus en perré maçonné et fond en béton (PM/B)	50
Trapézoïdal à talus et fond en perré maçonné (PM/PM)	45
Trapézoïdal à talus en perré maçonné et fond en terre (PM/NR)	40
Trapézoïdal en terre (NR/NR)	30

7.4. LES PRIORITES D'EQUIPEMENT

Les priorités proposées pour l'équipement en drainage pluvial sont liées à l'urbanisation de la ville qui s'effectue en couronnes concentriques autour du noyau central

Les priorités suivantes sont proposées:

- Tranche prioritaire de 42 km de canaux

- Priorité 2: poursuite de la réhabilitation et du recalibrage des drains des bassins du Tongo Bassa et de Longmayagui, situés dans la zone urbanisée
- Priorité 3: calibrage des drains du bassin de Kambo
- Priorité 4: calibrage des drains des bassins de la périphérie Est de la ville, affluents de la Dibamba

Ces priorités sont représentées sur la figure 16 en annexe 1.

7.5. L'EVALUATION DES COUTS

7.5.1. BASES D'EVALUATION DES COUTS

7.5.1.1. CANAUX PRINCIPAUX

Le coût estimatif de réalisation des canaux principaux a été établi à partir des estimations faites au stade de l'avant-projet sommaire de la tranche prioritaire.

Tableau n° 42 - COUTS SPECIFIQUES DE REALISATION DES CANAUX PRINCIPAUX DE DRAINAGE

	FCFA par ml
Canal rectangulaire en béton (largeur représentative 3 m)	800 000
Canal trapézoïdal en perré maçonné y compris une piste d'accès, les dalots, passerelles et ouvrages divers. (largeur représentative 10 m)	600 000
Reprofilage de canal trapézoïdal en terre. (largeur représentative 30 m)	80 000

7.5.1.2. CANAUX SECONDAIRES ET TERTIAIRES

Au stade du présent schéma directeur il a été considéré que la dimension la plus représentative des caniveaux secondaires et tertiaires est de 50 cm de largeur sur 50 cm de profondeur, et qu'ils devraient être réalisés en béton armé afin de résister aux efforts dus aux charges roulantes a proximité.

Leur coût de réalisation à l'entreprise est estimé, sur la base des prix unitaires en vigueur en 2005, à 150 000 FCFA par ml. Sur la base de 400 mètres à l'hectare pour une zone à équiper en totalité, comme mentionné plus haut, le coût serait donc de 60 millions de FCFA par hectare urbanisé équipé du réseau pluvial secondaire et tertiaire.

Ce ratio sera ajusté (diminué) pour les zones urbanisées déjà partiellement équipées de réseaux secondaires.

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

7.5.1.3. COUTS DE RECASEMENT ET MESURES D'ACCOMPAGNEMENT

Les coûts de recasement pour les 41 km de canaux en perré maçonné et en béton de la tranche d'urgence ressort à 5300 millions de FCA, soit 130 millions FCFA par km de canaux principaux.

Ce coût comprend les expropriations et indemnités diverses ainsi que celui des mesures d'accompagnement définies dans l'avant-projet sommaire de la tranche prioritaire.

Ce coût devrait être adapté pour les bassins versants périphériques de la ville où la densité d'habitation est moins forte.

Les valeurs suivantes ont été adoptées pour tenir compte des divers types d'occupation des sols:

- Bassin de Tongo Bassa : 120 millions FCFA/km de drain principal
- Bassin de Longmayagui: 120 millions FCFA/km
- Bassin de Kambo : 60 millions FCFA/km
- Bassin de la Dibamaba : 30 millions FCFA/km

7.5.2. COUTS DE REALISATION

Les coûts de construction sont estimés comme suit, en millions de FCFA:

Tableau n° 43 - COUTS DE REALISATION DES CANAUX PRINCIPAUX DE DRAINAGE

	coût de construction des canaux principaux	coût indicatif de construction des canaux secondaires	coûts de recasement et mesures d'accompagnement	coût total
	Millions FCFA	Millions FCFA	Millions FCFA	Millions FCFA
Tranche prioritaire	25 000	100 000 (*)	5 300	130 000
Priorité 2: Tongo Bassa	31 400	135 000 (**)	6 000	172 400
Priorité 2: Longmayagui	10 800	72 000	2 300	84 900
Priorité 3: Kambo	19 500	120 000	2 040	141 400
Priorité 4: bassins de la Dibamba (périphérie Est)	55 300	393 000	2 970	451 000
Total	142 000	820 000	17 700	979 700

(*) la zone de la tranche prioritaire est considérée équipée à 50% de réseaux secondaires

(**) le reste du bassin du Tongo Bassa est considérée équipée à 33% de réseaux secondaires

Le coût total d'aménagement de la ville en assainissement pluvial s'établit donc à long terme à 1000 milliards de FCFA, y compris la tranche prioritaire, soit pour une population de 6 millions d'habitants, un ratio de 170 000 FCFA /habitant.

BIBLIOGRAPHIE

BARBIER CONSULTANTS - Stratégie de développement et lutte contre la pauvreté et de protection de l'environnement de la ville de Douala - Juin 2004

CEREVE – Valorisation des eaux usées par lagunage dans les pays en voie de développement, bilan et enseignements pour une intégration socio-économique viable – mars 2003

COMITE AFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES (CIEH) - Étude comparative des systèmes d'épuration collectifs dans le contexte africain - 1993

FRANCEYS R., PICKFORD J. & REED R (Organisation mondiale de la santé) - Guide de l'assainissement individuel – 1995

INS – Etude sur le cadre de vie des populations de Yaoundé et Douala - 2002

KONE D., CISSE G., SEIGNEZ C., HOLLIGER C. - Le lagunage à laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) à Ouagadougou : une alternative pour l'épuration des eaux usées destinées à l'irrigation – Cahiers d'études et de recherches francophones/Agricultures Vol.11 n°1, Janvier - Février 2002

LOUIS BERGER SAS / INGECAM / Béta Consult – Etudes de diagnostic et maîtrise d'œuvre complète en vue de la réhabilitation des réseaux viaires de la ville de Douala - Lot 4 : constructions de voies de désenclavement » – Juillet 2004

SOGREAH – Analyse des produits de dragage et de leur impact sur l'environnement – Etude commanditée par l'Office National des Ports du Cameroun - 1998

SOGREAH - ECTA BTP – Schéma directeur d'assainissement de la ville de Douala et maîtrise d'œuvre d'une tranche prioritaire des travaux – Rapport de Phase 1 - 2004

SOGREAH - ECTA BTP – Schéma directeur d'assainissement de la ville de Douala et maîtrise d'œuvre d'une tranche prioritaire des travaux – Rapport de Phase 2 - 2004

SOGREAH - ECTA BTP – Schéma directeur d'assainissement de la ville de Douala et maîtrise d'œuvre d'une tranche prioritaire des travaux – Rapport d'Avant Projet Sommaire de la Tranche Prioritaire - 2005

SOGREAH – Schéma directeur d'assainissement de la ville de Yaoundé - 1992

STRAUSS M., KONE D., MONTANGERO A. - Recherche appliquée dans le domaine de la gestion des boues de vidange dans les pays en développement -

TANAWA E., NGNIKAM E. – Gestion durable des déchets et de l'assainissement urbain – Comment aller plus loin dans le cas du Cameroun ? – Novembre 2003

URBAPLAN - Contribution au rapport diagnostic de la situation d'urbanisation - Janvier 2004

ANNEXES

ANNEXE 1
FIGURES

**ETUDE DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE DOUALA
ET MAITRISE D'OEUVRE D'UNE TRANCHE PRIORITAIRE DE TRAVAUX
RAPPORT DEFINITIF DES PHASES 3 ET 4**

Figure	Titre
1	SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT COLLECTIF EXISTANTS
2	PLAN DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT EXISTANT - Centre ville – Plateau Joss
3	EXTENSION GEOGRAPHIQUE DE LA VILLE ET DENSITES D'HABITATION
4	LOCALISATION DES ETABLISSEMENTS INDUSTRIELS
5	APTITUDE DES SOLS A L'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL
6	RESEAU D'EAU POTABLE – situation actuelle
7	ZONAGE DES MODES D'ASSAINISSEMENT
8	CHARGES POLLUANTES domestiques a l'horizon 30 ans
9	ZONES A EQUIPER DE RESEAUX D'EAUX USEES ET PRIORITES
10	SYSTEMES DE TRANSFERT-EPURATION-REJET, option 1
11	SYSTEMES DE TRANSFERT-EPURATION-REJET, option 2
12	SYSTEMES DE TRANSFERT-EPURATION-REJET, option 3
13	SYSTEMES DE TRANSFERT-EPURATION-REJET, option 3 bis
14	SYSTEMES DE TRANSFERT-EPURATION-REJET, option 4
15	ZONES INONDABLES
16	CANAUX PRINCIPAUX DE DRAINAGE ET PRIORITES
17	OSSATURE DE DRAINAGE DU BASSIN TONGO BASSA
18	OSSATURE DE DRAINAGE DU BASSIN DE KAMBO
19	OSSATURE DE DRAINAGE DU BASSIN DE LONGMAYAGI

ANNEXE 2
EFFLUENTS INDUSTRIELS – REGLEMENTATION ET CALCULS

ANNEXE 3
COMPARAISON ECONOMIQUE DES OPTIONS DE TRANSFERT

ANNEXE 4
CALCUL DES PRIX DE BASE DES OUVRAGES

ANNEXE 5
DIMENSIONNEMENT DES CANAUX PLUVIAUX PRINCIPAUX