DIRECTION DES ETUDES ET DES SERVICES ACADEMIQUES.

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE D'INGENIEUR DE L'EQUIPEMENT RURAL

Présenté par :

DIONE Malick

Thème

Gestion intégrée des ressources en eau de la vallée du kou : profil de pollution des eaux de surface en rapport avec les usages

SOMMAIRE

SOMMAIRE 1
REMERCIEMENTS 4
LISTE DES FIGURES 6
LISTE DES TABLEAUX 7
LISTE DES SIGLES 8
RESUME 9
INTRODUCTION 10
I. Problématique 11
II. Objectif de l'étude 11
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE 13
I.1. Milieu géographique 13
I.1.1. Situation et cartographie 13
I.1.2. Forme et relief 14
I.1.3. Réseau hydrographique 14
I.2. Milieu physique 15
I.2.1. Climat 15
I.2.2. Précipitations 16
I.2.3. Végétation et sol 16
I.3. Milieu Humain 17
I.4. Présentation du Projet d'aménagement des Forets Classées du Kou et 18
CHAPITRE II : APPROCHE METHODOLOGIQUE 21
I. METHODOLOGIE 21
I.1. Phase préparatoire 21
I.2. Phase de terrain 21
I.3. Phase de traitement et synthèse 23
II. APPROCHE STRATEGIQUE D'ANALYSE DES RESSOURCES EN EAU ET DES POLLUANTS 24
II.1. Choix des points de prélèvement 24
II.3. Analyse physico chimique : 24
CHAPITRE III. ANALYSE DU CONTEXTE DE LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS LA VALLEE DU KOU 30
III.1. Aspect socio-économique et urbanistique 30
III.1.1. Occupation des sols du bassin versant 30
III.1.2. Activités économiques 31
III.1.3. Aspects urbanistiques 32
III.2. Aspect institutionnel et législatif 33
III.3. Aspect financier 35
CHAPITRE IV ETUDE DE LA POLLUTION DES RESSOURCES EN EAU ... 37
IV.1. Analyse qualitative des ressources en eau 37
IV.2. Sources de pollution des ressources en eau et caractérisation des polluants 40
IV.2.1. La pollution d'origine agricole 40
IV.2.2. Pollution d'origine domestique 42
IV.2.3. Pollution d'origine industrielle 44
IV.3. mode de transfert des polluants 54
IV.4. les Enjeux 58
IV.4.1. les enjeux économiques 58
IV.4.2. Les enjeux environnementaux et sanitaires 58
IV.4.3. Les enjeux institutionnels 60

CHAPITRE V. PROPOSITION POUR UNE MEILLEURE GESTION DES RESSOURCES EN EAU DU KOU

62
I. Proposition pour l'assainissement des eaux usées industrielles 62
I.1. choix du système de traitement 62
I.1.1. les boues activées 62
I.1.2. les lits bactériens 63
I.1.3. le lagunage 63
I.2. comparaison des systèmes dépuration 63
I.3. Aspects techniques 65
I.3.1. Estimation des rejets d'eaux usées industrielles: 65
I.3.2. Charges hydrauliques d'eaux usées: 65
I.2.5. Dimensionnement des ouvrages de la STEP 65
I.2.6. Le Traitement des boues: 74
I.2.7. Description et dispositions constructives de la STEP 74
I.2.8. Choix du site d'implantation de la ST 75
I.3. Aspect financier 76
I.3.1. Coût de réalisation de la STEP 76
I.3.2. Stratégie de financement 76
I.4. aspect organisationnel et institutionnel 77
II. Proposition pour l'assainissement des déchets solides de la ville de Bobo-Dioulasso 78
II.1. aspect technique 78
II.2.1. Evaluation de la production de déchets : 79
II.2.2. Evaluation du matériel de pré collecte : 80
II.2.3. Evaluation du matériel de collecte : 81
II.2.4. Dimensionnement de la décharge 84
II.2.4.1. Dimensions de la décharge pour la première approche 85
II.2.4.2. Dimensionnement de la décharge pour la deuxième approche 87
II.2.5. Evaluation financière de la première approche 89
II.2. aspect financier 90
II.3. aspect institutionnel et organisationnel 90
Conclusion 91
III. Proposition d'aménagement pour réduire les risques de pollution liés à l'agriculture 91
IV. Evaluation d'impacts des propositions techniques 92
IV.1. les impacts positifs 92
IV.1.1. La station de lagunage : 92
IV.1.2. la décharge contrôlée : 93
IV.2. Impacts négatifs : 94
IV.3. Mesures d'atténuation 94
Conclusion et recommandations 96
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 98
ANNEXES 99

REMERCIEMENTS

A la fin de cette œuvre, nous tenons à signifier toute notre gratitude à toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à notre formation. Nous tenons à remercier particulièrement :

- Mr. Sammuel Yonkeu, professeur d'Environnement à l'EIER pour sa disponibilité et ses conseils qui nous ont été d'une grande importance;
- M.J. WETHE, professeur d'Assainissement à l'EIER, qui, par ses conseils de formateur, nous a encadré tout au long de cette étude sans ménager aucun effort.
  Merci pour votre gentillesse et votre spontanéité appréciées par tous ;
- Mr ZOUGOURI Tidiane, responsable du Laboratoire National d'Analyse des Eaux de Ouagadougou, pour nous avoir beaucoup aidé à faire les analyses dans son établissement ;
- Mr. TRAORE Yaya technicien de Laboratoire pour son entière collaboration durant nos activités d'analyse des échantillons;
- Mr ZALE Daouda, directeur National du PAFDK, pour son encadrement et pour nous avoir accueilli dans son établissement et prété un GPS.
- Mr. OUADIO Mathieu pour sa collaboration ;
- Le corps enseignant de l'EIER pour la qualité de la formation reçue ;
- En fin, j'adresse mes remerciements les plus chaleureux à tous mes camarades de la 34ième promotion de l'EIER, avec qui nous avons passé trois années ensemble et passé des moments chaleureux à Ouagadougou.
  Notre sens du sacrifice mutuel nous a conduit à ce résultat.

DEDICACE

A notre vénérable guide spirituel
CHEIKH AHMADOUL KHADIM

A mon guide spirituel et inspirateur
CHEIKH MOUSSA SEYDINA YAKHINE

A ma mère pour son affection
SOKHNA DIOUF

A mon père qui a tant fait pour moi
SOMBEL DIONE

A tous mes frères et soeurs de
KHIDMATOUL KHADIM

A toute ma grande famille

A tous, je dédie ce travail pour m'avoir soutenu moralement et spirituellement. Qu'il soit pour vous une

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de situation de la zone d'étude 13
Figure 2 Réseau hydrographique du bassin du Kou 14
Figure 3: température moyenne mensuelle de la zone 15
Figure 4: Pluviométrie annuelle du bassin du Kou (Météo Ouagadougou) 16
Figure 5: Carte d'occupation des sols dans le bassin du Kou 31
Figure 6: Carte de localisation des points de prélèvement 39
Figure 7: Champ de maîs au bord du Kou 40
Figure 8: Canal Brakina plein d'ordures ménagères à coté de la décharge du stade omnisport 43
Figure 9:Mode d'évacuation des eaux usées (source : PSAB 44
Figure 10: Canal Brakina à la sortie de la SN-CITEC 46
Figure 11: Station d'épuration de la SOFIB 47
Figure 12: Station d'épuration de la Brakina 48
Figure 13: Drain des eaux usées de l'abattoir 51
Figure 14: Canal Brakina au niveau du complexe ferroviaire 52
Figure 15: Evolution de la charge des rejets dans la forêt 53
Figure 16: Carte de localisation des sources de pollution urbaine 54
Figure 17: système de lagunage naturel 63
Figure 18: Schéma de la station d'épuration des eaux usées industrielles 73
Figure 19: Schéma de traitement des boues 74
Figure 20: Evolution de la production annuelle des déchets solides 79
Figure 21: Evolution du volume de la décharge 1ère approche 85
Figure 22: Evolution de volume de la décharge 2ème approche 87

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: variation de l'ETP dans le bassin du Kou 16
Tableau 2: Protocole d'analyse physico-chimique 28
Tableau 3: type d'occupation des sols dans le bassin du Kou 30
Tableau 4:Evolution démographique dans le bassin du Kou (INSD,1996) 33
Tableau 5: Répartition du budget du comité de gestion de bassin 36
Tableau 6: Résultats d'analyse des eaux du Kou 38
Tableau 7: Résultats d'analyse des rejets de la SN-CITEC 46
Tableau 8: résultats d'analyse des rejets de la SOFIB 47
Tableau 9: résultats d'analyse des rejets de la Brakina 48
Tableau 10: Résultats d'analyse des rejets de la MABUCIG 49
Tableau 11: Résultats d'analyse des rejets de l'Hopital 50
Tableau 12: Résultats d'analyse des rejets de l'abattoir, SONABEL, SIFA 51
Tableau 13: Résultats d'analyse des rejets industriels dans la forêt (cours d'eau Bingbélé) 53
Tableau 14: Maladies liées à la qualité de l'eau dans la Vallée du Kou 59
Tableau 15: comparaison des systèmes d'épuration 64
Tableau 16: Hypothèses de dimensionnement du système de dégrillage 67
Tableau 17: Dimensions du système de dégrillage 67
Tableau 18: Hypothèses de dimensionnement du bassin anaérobie 68
Tableau 19: Dimensions du bassin anaérobie 69
Tableau 20: Hypothèses de dimensionnement du bassin facultatif 69
Tableau 21: Dimensions du bassin facultatif 70
Tableau 22: Hypothèses de dimensionnement du bassin de maturation 71
Tableau 23: Composition des déchets solides (Source : SDAU Bobo-Dioulasso). 79
Tableau 24: Production des déchets dans la ville 79
Tableau 25: Cout de la précollecte des déchets solides 81
Tableau 26: Evaluation du matériel de collecte des déchets solides 82
Tableau 27: Evaluation financière de la collecte 84
Tableau 28: Détermination du nombre d'alvéoles 1ère approche 86
Tableau 29: Détermination du nombre d'alvéoles 2ème approche 88
Tableau 30:Evaluation financière 1ère approche 89

LISTE DES SIGLES

ACDIL : Association de Coopération pour le Développement des Initiatives Locales

AEDE : Association Eau Développement Environnement

AEP : Approvisionnement en Eau Potable

BRAKINA : Brasserie du Burkina

CSPS : Centre de Santé et de promotion Sociale

DSTM : Direction des Services Techniques Municipaux

DRH : Direction Régionale de l'Hydrolique

EIER : Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural

GPI : Groupement Professionnel des Industriels

MABUCIG : Manufacture Burkinabé de Cigarettes

MARP : Méthode Active de Recherche et de Planification Participative

ONEA : Office National de l'Eau et de l'Assainissement

ONG : Organisation Non Gouvernementale

SAP : Société Africaine de Pneumatiques

SAPHYTO : Société Africaine de Produits phytosanitaires

SIFA : Société

SN-CITEC : Société Nouvelle de la CITEC

SOFAPIL : Société de Fabrique de Piles du Faso

SOFIB : Société de Fabrication Industrielle Baro

SOFITEX : Société de Fibres Textiles

SONABEL

SONACEB : Société Nationale de Cartons et d'Emballages du Burkina

UCR : Union des Coopératives Rurales

UFMB : Union Fruitière et Maraîchère du Burkina Faso

CAD : Comité d'Aide au Développement

URCABO : Union des Coopératives Agricoles et Maraîchères de Bobo-Dioulasso

P : Phosphore

N : Azote

K : Potassium

EIE : Etude d'Impact Environnementale

DIMA : Direction des Intrants et de la Mécanisation Agricole

AUTEUR : DIONE Malick

Professeurs responsables : Mr. WETHE Joseph Organisme encadreur : LNAE
Encadreur : Mr. ZOUGOURI Tidiane

THEME :

Gestion intégrée des ressources en eau de la vallée du kou : profil de pollution des eaux de surface en rapport avec les usages

RESUME

Les ressources en eau au Burkina Faso sont de plus en plus au centre des différents programmes de développement. Ces programmes ont pour objet la connaissance des ressources et la préservation de leur qualité.

Dans le cas spécifique du bassin du Kou, les ressources en eau ont déjà fait l'objet de pollution avérée durant ces dernières décennies, par les rejets industriels de la ville de Bobo-Dioulasso. De plus, beaucoup d'activités anthropiques sont pratiquées dans la zone et dont les impacts sur ressource n'ont pas été identifiés.

L'objectif de notre étude est d'identifier l'ensemble des sources de pollution des ressources en eau de la Vallée du Kou et d'établir leur vulnérabilité face aux mutations socio-économiques dans le bassin. En effet, le bassin du Kou renferme d'énormes potentialités en eaux superficielles et souterraines favorables au développement d'activités socio-économiques qui contribuent à sa dégradation.

La modernisation de l'agriculture s'accompagne d'un usage excessif d'engrais et produits phytosanitaires qui sont drainés par ruissellement ;

L'industrialisation de la ville a créé des sources de production de déchets dont il n'est pas prévu un système de traitement ;

L'évolution démographique de la ville s'effectue en l'absence de système d'assainissement efficace des déchets (solides et liquides).

Les propositions faites sont la réalisation d'une station de traitement des eaux usées industrielles par lagunage, la collecte et la mise en décharge des déchets solides ménagères et la réduction de l'usage de produits chimiques dans l'agriculture.

Mots clés : Burkina Faso, Bassin du Kou, Bobo-Dioulasso, Vallée du Kou, Vulnérabilité, Ressource en eau, Pollution, Dégradation, Produits chimiques, mutation, activité anthropique.

INTRODUCTION

Le thème de l'étude **<< Gestion intégrée des ressources en eau de la Vallée du Kou : Profil de pollution des eaux de surface en rapport avec les usages** >> porte sur l'état de pollution actuelle des eaux de la vallée du Kou.

La récurrence de la pollution des eaux constitue une préoccupation majeure pour l'Etat Burkinabé. C'est ce qui a motivé la mise en place de programmes de gestion intégrée des ressources en eau: GIRE (Gestion Intégrée des Ressources en Eau), RESO (Ressources en Eau du Sud-Ouest), VREO (Valorisation des Ressources en Eau du Sud-Ouest)

La zone d'étude représente la principale source d'approvisionnement en eau de la ville de Bobo-Dioulasso, deuxième ville du pays, où se développent diverses activités anthropiques dont principalement la riziculture, le maraîchage, l'industrie, le commerce.

Les activités anthropiques exercent une pression sur les écosystèmes en général, sur les ressources en eau en particulier. Cette dernière est la cible la plus convoitée dans la Vallée du Kou. Il faut noter aussi que la présence humaine sur le bassin versant du Kou de façon générale associée au manque de système d'assainissement rend l'environnement dans son ensemble vulnérable à la pollution..

L'objet de cette étude est d'établir le profil de pollution après une évaluation qualitative des ressources en eau. Il sera également question d'évaluer la vulnérabilité de ces ressources face aux activités anthropiques polluantes qui existent dans la zone d'une part, et de proposer un mode de gestion efficace intégrant l'ensemble des paramètres évoqués précédemment.

Le présent rapport fait la synthèse de notre démarche méthodologique et des résultats de l'étude en quatre (04) parties. La première partie aborde le contexte général de l'étude avec une présentation de la zone d'étude. La deuxième partie présente l'approche méthodologique adoptée dans l'étude. La troisième partie présente la synthèse des résultats obtenus. La quatrième partie concerne les propositions techniques et recommandations pour une gestion intégrée des ressources en eau. Cette partie s'intéresse aussi aux aspects financiers et organisationnels des propositions faites ; elle se termine par une évaluation d'impact des propositions.

I. Problématique

Le développement socio-économique des pays en voie de développement dépend étroitement de la disponibilité des ressources en eau nécessaire à toutes les activités de l'homme. Cependant, l'exploitation intensive de ces ressources n'est pas sans conséquences sur ses qualités.

Le Burkina Faso, comme beaucoup d'autres pays d'Afrique de l'Ouest, est confronté à la problématique de la pollution des eaux drainant des zones urbaines.
Le bassin du Kou, principal réservoir d'eau de la ville de Bobo-Dioulasso et des activités agricoles n'est pas épargnée par ce problème. Des études réalisées antérieurement (programme GIRE, programme RESO) sur la gestion des ressources en eau dans la zone ont montré que la qualité es eaux s'est dégradée du fait de la pollution anthropique
En effet, plusieurs industries de la ville déversent leurs eaux usées et autres déchets dans le bassin du Kou. De même, on constate une aggravation de la pollution agrochimique en raison de l'application intensive d'engrais et pesticides en riziculture irriguée.
Les risques environnementaux et sanitaires sont prévisibles :

- La disparition de la flore aquatique par le déversement des déchets toxiques industriels ;
- dégradation progressive de la faune et pollution de l'air ;
- prolifération des maladies hydriques ;

Face à cette situation, la mise en place d'une organisation intégrée de la gestion socio-économique de tous ces facteurs est nécessaire pour un développement durable dans le bassin versant de la Vallée du Kou.
Le présent travail de mémoire rentre dans cette stratégie de mise en place d'une gestion intégrée des ressources en eau du bassin.

II. Objectif de l'étude

L'objectif poursuivi par cette étude est d'élaborer le profil de pollution des ressources en eau de la Vallée du Kou et d'établir les risques potentiels dus à l'utilisation de celles-ci par les populations riveraines et utilisatrices.
Les objectifs spécifiques sont :

- Evaluation de la qualité des ressources en eau ;
- Analyse des interrelations entre les activités anthropiques et la qualité de l'eau ;
- Analyse du degré et du type de pollution des ressources en eau ;
- Proposition de solutions pour une meilleure gestion des ressources en eau de la Vallée du Kou.

PREMIERE PARTIE: GENERALITES SUR LA ZONE

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.1. Milieu géographique

I.1.1. Situation et cartographie

La zone d'étude est située dans le bassin supérieur du Kou, un des 17 sous-bassins régionaux du Mouhoun, l'un des trois bassins nationaux du Burkina Faso. Couvrant 1858Km^2, ce bassin est situé dans le Sud-ouest du Burkina Faso. Il est drainé par la rivière du Kou et l'ensemble de ses affluents intermittents et s'écoule vers le Nord-Est. Le bassin du Kou abrite l'aménagement hydro agricole du périmètre irrigué de la Vallée du Kou, la zone boisée guinéenne (forêt de Dindéresso et du Kou) qui couvre 167ha, et les plus importantes industries du pays basées à Bobo-Dioulasso. Il est compris entre les départements de Bama, Bobo-Dioulasso, Karangasso-Sembla, et Péni. Il est situé dans la province du Houet, entre :

- 4°40' et 4°10' de longitude et
- 11°00' et 11°30' de latitude

Notre zone d'intervention est située dans la partie Sud-est de la ville de Bobo-Dioulasso

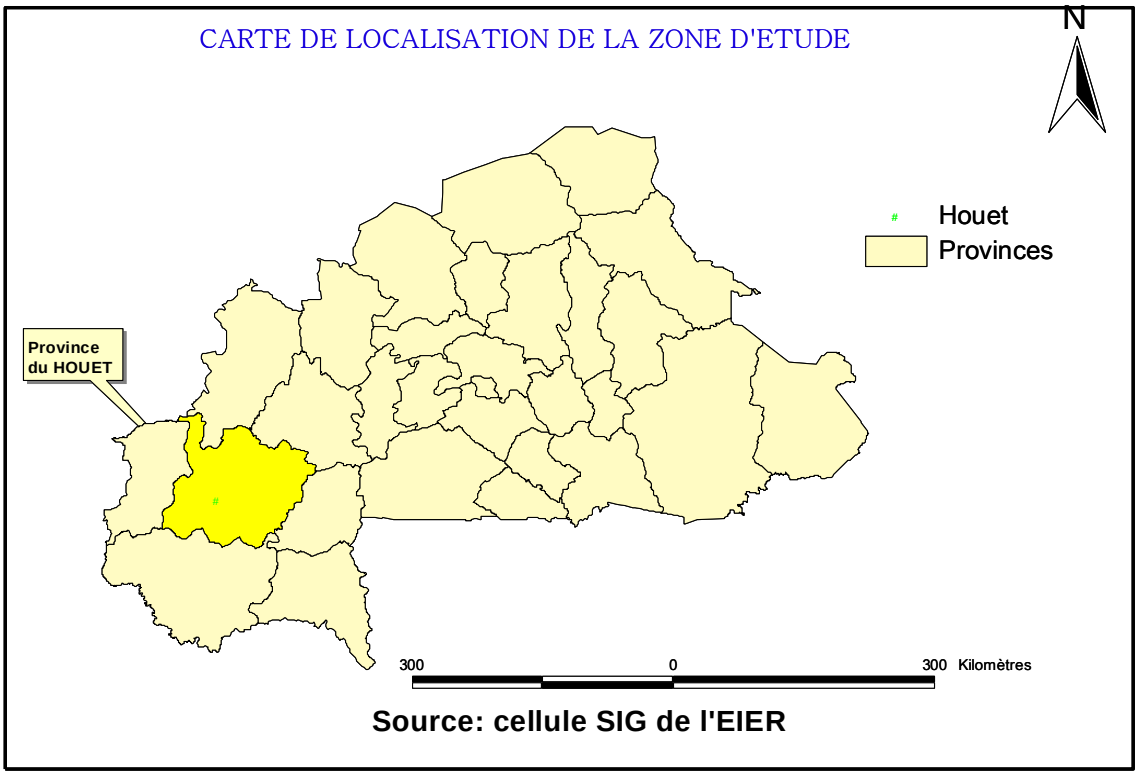


Figure 1: Carte de situation de la zone d'étude

I.1.2. Forme et relief

Le bassin versant est orienté Nord-est /Sud-ouest. Il a une forme allongée avec environ soixante kilomètres dans le sens de sa plus grande longueur et trente kilomètres dans le sens de sa plus grande largeur.

La surface totale du bassin du Kou située dans le territoire burkinabé est de 1858 km^2 .
L'altitude moyenne du bassin est de 407m ; il est constitué essentiellement par un plateau gréseux culminant autour de 500m au Sud et s'abaissant progressivement jusqu'à 300m à l'aval de la plaine, vers Baoulé, point de confluence avec le Mouhoun.

I.1.3. Réseau hydrographique

Le Kou ou Baoulé est le premier affluent important du Mouhoun. Il s écoule vers le Nord-est et recueille les eaux de deux marigots : Kéné et Farakoba qui prennent leur source dans le plateau de Banfora à une altitude de 500m. Son débit est grossi par les sources de Kokoroué (guinguette) et de Dindéresso (Nasso), le marigot de yengué en rive gauche et celui de Suo à son entrée dans la plaine. En aval de la plaine, le Kou reçoit le marigot de Niamé et de la confluence du Houet et du Bingbélé. Le réseau hydrographique est représenté plus en détail sur la carte ci-dessous.

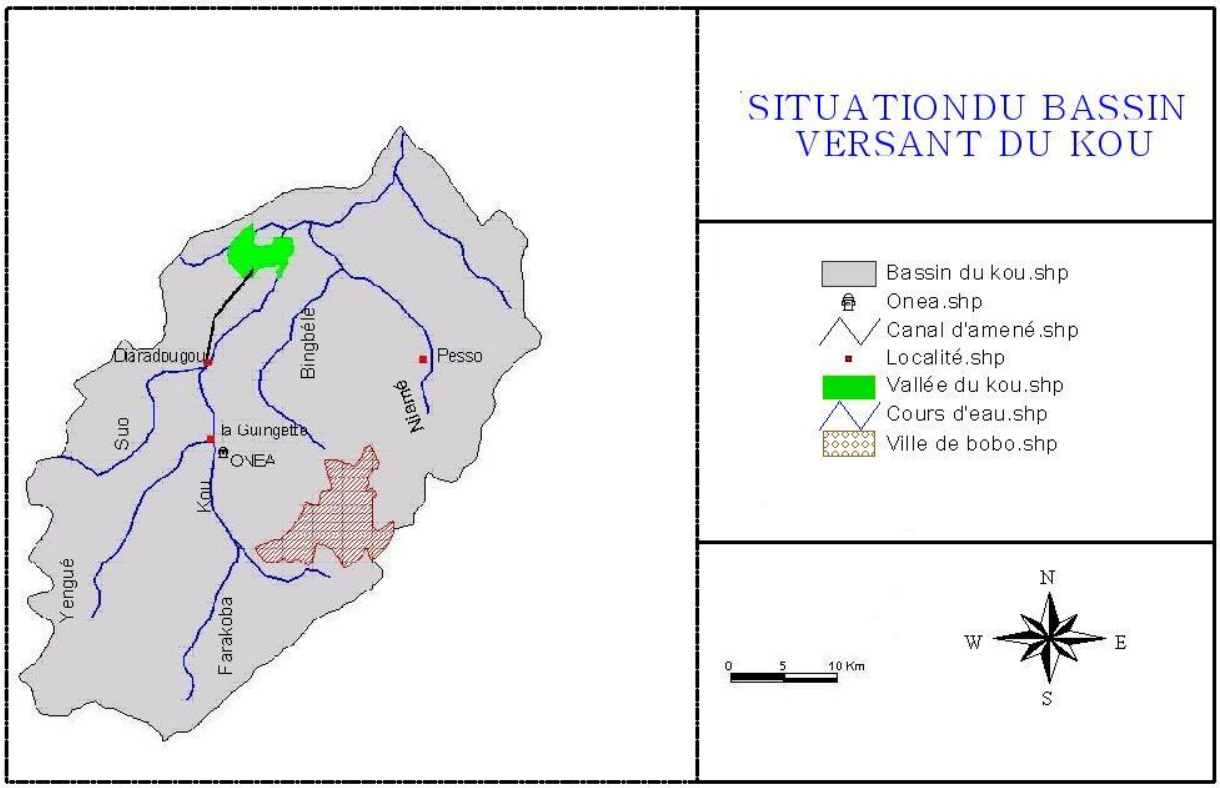


Figure 2 Réseau hydrographique du bassin du Kou

La zone se caractérise également par la présence de nombreuses sources dont les plus connues sont celles de la Guinguette (Qe >6 000 m3/h,), de Nasso (Qe >800 m3/h) et de Pesso (Qe >400 m3/h). D'autres sources à débit important existent dans la zone mais sont encore mal connues. Les plans d'eau sont constitués par la mare de Bama dans la Vallée du Kou (mare des hippopotames) d'une capacité d'environ un (01) million de m^3, la mare de Tagouéma.

I.2. Milieu physique

I.2.1. Climat

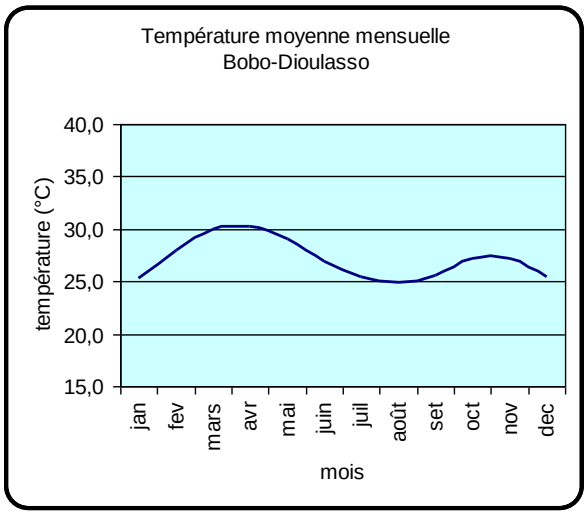
Le bassin versant du Kou a un climat tropical soudano-sahelien caractérisé essentiellement par deux saisons bien marquées :

- Une assez longue saison sèche qui s'étend de Novembre à Mai ;
- Une saison pluvieuse de Mai à Octobre ;

La pluviométrie annuelle moyenne sur le bassin varie entre 900mm et 1000mm sur la période 1980 à 2003.

Le climat est caractérisé par le déplacement de deux masses d'air tout au long de l'année : l'air tropical continental chaud et sec véhiculé par l'harmattan qui souffle en saison sèche et l'air équatorial maritime, chaud et humide véhiculé par la mousson. Ces deux masses d'air se déplaçant en sens contraire forment un front appelé Front Inter Tropical (FIT).

L'amplitude thermique annuelle est assez faible contrairement au reste du pays.



En saison sèche les températures maximales varient autour de 37°C et les minimales entre 17 et 22°C. L'insolation varie de 7,5mm/j à 8,7mm/j. elle est minimale en Juillet et Août et maximale en Avril et Mai.

Pendant la saison des pluies, les maxima se situent entre 29 et 31°C et les minima autour de 21°C.

L'évaporation y est assez réduite vu les conditions climatiques évoquées précédemment.

Figure 3: température moyenne mensuelle de la zone

Elles varient de 3,7 mm/jour en Juillet à 5,4 mm/jour en Avril. Les valeurs d'évaporation moyenne mensuelles suivantes ont été recueillies à la station climatologique de Bobo-Dioulasso :

Tableau 1: variation de l'ETP dans le bassin du Kou

Mois	Janv.	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept	Octobre	Nov.	Déc.	Total
Etp (mm)	124	138	152	163	151	132	111	124	151	134	126	126	1632

I.2.2. Précipitations

Le basin versant du Kou est situé entre les isohyètes 900mm et 1100mm de précipitations par an. Les pluies sont inégalement réparties dans le temps et dans l'espace. La région est l'une des plus arrosées du Burkina Faso. La précipitation moyenne annuelle est de 964mm (voir graphique).

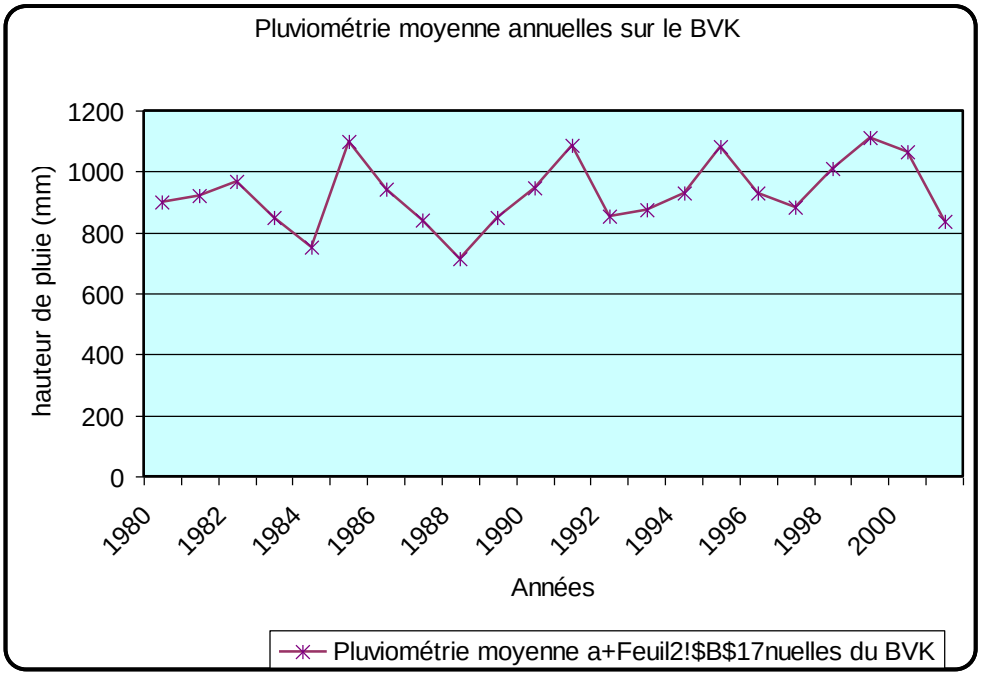


Figure 4: Pluviométrie annuelle du bassin du Kou (Météo Ouagadougou)

Comparée à la valeur de l'ETP annuelle, la pluviométrie ne peut assurer un renouvellement des besoins en eau du bassin. Les ressources en eau souterraines sont épuisables. Elles diminuent de 668 mm environ par an soit un volume de **1 241 144 000** m^3/an**. (**Source : service météorologique de Bobo-Dioulasso**)**

I.2.3. Végétation et sol

Sur le bassin, on rencontre trois (3) faciès :

- Un faciès relativement hétérogène comprenant des sols hydro morphes, des sols alluvionnaires et des sols sur roches mères ;

- Un faciès à dominance de cuirasses anciennes ;
- Un faciès comprenant des sols ferralitiques qui apparaissent sur certains matériaux dans la direction Sud-ouest.

La végétation est assez variée. Elle dépend de la structure morphologique du sol :

- Sur les plateaux cuirassés, elle est du type arbustif clair ;
- Sur les glacis, elle est du type arbustif plus ou moins dense et du type arboré ;
- Dans les bas-fonds, la végétation est du type forêt galerie plus ou moins claire selon les zones.

a) Les forêts galeries :

Ce sont des formations forestières tributaires du cours d'eau ; la taille des espèces est supérieure à sept mètres (7m). Ce sont les forêts classées de Kou et de Dindéresso situées entre Kokorowé et Nasso.

Les espèces rencontrées sont : Terminalia Macroptera, Dichrostachys cinerea, Terminalia avicenniioides, Daniellia Olliveri, Pterocarpus erinaceus, Berlinia grandiflora.

b) La savane arborée :

Elle est constituée de ligneux disséminés dans un tapis herbacé ; elle est en voie de disparition.

Les espèces rencontrées sont : Isoberligna Doka, Burkea africana, Prosopis africana, Vitelaria parodoxa, Parkia biglobosa.

c) La savane arbustive

Elle occupe l'essentiel de la superficie du bassin. La taille des arbres est inférieure à 7m.elle couvre l'essentiel des zones d'activités agricoles du bassin avec une superficie de 1010Km^2 .

(source : service eaux et forêt de Bobo-Dioulasso).

I.3. Milieu Humain

L'évolution démographique dans le bassin et particulièrement dans la Vallée du Kou a été marquée par une occupation rapide des terres dans les années 1970. Dés les premières de la mise en œuvre du périmètre rizicole, la main d'œuvre s'est mise en place par de fortes migrations des populations venant d'horizons diverses. C'est ainsi que la zone a été érigée en villages portant chacun le nom du terroir d'origine des émigrants : Ouahigouya (1er village), Ouagadougou (2éme village), Kaya, Yako, etc. Il faut noter que des conflits ethniques et foncières ont existé entre les émigrants (les mossé) et les populations autochtones (les Bobo). Ces derniers en refusant d'adhérer au projet dés les premières heures se sont privés de leurs meilleures terres au profit des émigrants.

Avec le regain d'intérêt pour la riziculture qui les anime et les problèmes fonciers auxquels ils sont confrontés, ils tendent à se présenter comme les victimes d'une expropriation dont les bénéficiaires sont les allochtones, notamment les Mossé.

Dés 1986, la zone est érigée en ville (ville de Bama) et chaque village est devenus un secteur. Ainsi la ville de Bama compte 7 secteurs.

I.4. Présentation du Projet d'aménagement des Forets Classées du Kou et Dindéresso

Le Projet d'Aménagement Participatif des Forêts Classées de Dindéresso et du Kou (BKF/007 PAFDK) se présente comme l'outil de mise en œuvre du Programme National d'Aménagement des Forêts (PNAF) dont le but est d'assurer une meilleure gestion des ressources forestières. Le projet s'inscrit dans le cadre de la coopération au développement entre le Gouvernement du Grand Duché de Luxemburg et le gouvernement du Burkina Faso. Il est placé sous la tutelle du Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie.

Son exécution est assurée communément par la Direction Générale des Eaux et Forêts (DGEF), Agence Nationale d'exécution et Lux-développement S.A. (agence Luxemburgeoise pour la coopération et le développement).

I.4.1. Objectifs du projet

Les principaux objectifs visés par le projet sont ainsi définis :

- Améliorer le niveau de vie des populations concernées (villages environnants);
- Préserver l'environnement et restaurer la diversité biologique ;
- Sécuriser les ressources en eau de la ville de Bobo-Dioulasso ;
- Contribuer à l'approvisionnement de la ville en bois et autres produits forestiers ;
- Améliorer les zones et les conditions de loisir.

I.4.2. Approche stratégique du projet

La stratégie adoptée par le projet est la Méthode Active de Recherche et de Planification Participative (MARP). Elle intègre les points de vue de tous les acteurs concernés, à travers des séances de concertation regroupant l'ensemble des groupes d'intérêts (villages et quartiers urbains concernés par le projet).

L'ensemble des actions qui sont menées par le projet se résume en trois volets :

- Volet gestion du terroir et développement ;
- Volet foresterie et sylviculture ;
- Volet animation et communication.

Conclusion

A travers cette présentation, il ressort que le bassin versant du Kou présente une grande diversité en ressources naturelles. Il est aussi caractérisé par une évolution démographique assez importante, facteur de dégradation des ressources naturelles.

DEUXIEME PARTIE: APPROCHE METHODOLOGIQUE

CHAPITRE II : APPROCHE METHODOLOGIQUE

I. METHODOLOGIE

Pour atteindre les objectifs assignés à ce mémoire, un ensemble d'activités ont été réalisées selon une approche méthodologique comprenant trois (3) phases :

I.1. Phase préparatoire

Cette phase, d'une durée totale de trois semaines a été consacrée à la recherche de documents (rapports d'étude, mémoires) sur le thème et la zone d'étude. L'essentiel de ces documents a été fourni par le Laboratoire National d'Analyse des Eaux basé à Ouagadougou. Au cours de cette phase, nous avons aussi réalisé un cadre logique qui indique les outils, l'approche adoptée et les actions à mener afin d'atteindre les objectifs spécifiques poursuivis par l'étude. Les outils d'enquête (guide d'entretien) ont été réalisés aussi durant cette phase. Le guide d'entretien réalisé nous a permis :

- De comprendre le mode de gestion actuel des polluants c'est-à-dire l'ensemble des déchets produits dans la zone ;
- De connaître l'ensemble des activités anthropiques et celles qui sont polluantes ;
- D'évaluer le mode de pollution des eaux de la Vallée du Kou (à l'aide de la carte topographique du bassin) ;
- D'évaluer les problèmes liés à la gestion des ressources en eau ;
- De connaître l'ensemble des acteurs impliqués dans la gestion des ressources en eau dans la zone.

I.2. Phase de terrain

La deuxième phase, d'une durée totale de trois semaines, a été consacrée à la collecte des données sur le terrain. Elle a été organisée comme suit :

a) Visite de terrain

Cette visite a été précédée par la délimitation de la zone d'étude sur la carte du bassin versant et l'identification des zones de pollution des cours d'eau. Au cours de la visite de terrain, cinq échantillons ont été prélevés sur la rivière du Kou et analysés niveau du laboratoire national d'analyse des eaux pour évaluer la qualité physico-chimique des eaux.

Les cartes utilisées sont :

- Une carte hydrographique du bassin versant du Kou au $1/200000$;
- La carte d'occupation des sols dans le bassin au $1/200000$;

- Le plan topographique de la ville de Bobo-Dioulasso au 1/50 000 fournies la cellule SIG du groupe EIER-ETSHER.

b) Localisation des sources de pollution au GPS**:**

Durant cette phase, nous avons fait l'inventaire de l'ensemble des sources de pollution potentiels des ressources en eau du bassin versant et relevé leurs coordonnées géographiques au moyen d'un GPS afin de les localiser sur la carte géo référencée.

c) Echantillonnage et Analyse en laboratoire

Ce travail avait pour but d'évaluer la qualité de la ressource en eau et de caractériser les polluants. Des prélèvements d'échantillons ont été effectués sur les rejets des différentes unités industrielles suivis d'analyse en laboratoire ; les déchets solides par une évaluation des constituants sur les lieux de décharge.

d) Entretien avec les acteurs

Cette activité a été déterminante dans nos investigations. Des entretiens ont été réalisés avec les acteurs impliqués dans la gestion des ressources en eau. Les acteurs interrogés sont :

- le chef de service technique de la DRAH-HB membre du Comité de Gestion de Bassin Versant du Kou. Cet entretien a porté sur les aspects organisationnels, financiers et stratégiques du comité. Cet entretien nous a permis de mieux orienter nos investigations sur le terrain;
- le responsable de la Section Petite Irrigation Villageoise dans le Houet : au cour de cet entretien nous nous sommes intéressés au mode d'utilisation des intrants en général dans les sites agricoles du bassin et les types de produits utilisés en vue d'évaluer leur impact sur les ressources en eau ;
- le chef de service assainissement des eaux usées de l'ONEA de Bobo-Dioulasso : cet entretien nous a permis d'avoir un aperçu sur les problèmes de l'assainissement des déchets liquides et les risques sur l'environnement ;
- la personne ressource du service d'hygiène de la mairie de Bobo-Dioulasso : cet entretien a surtout porté sur les problèmes d'assainissement des eaux et de salubrité, les inondations de certains quartiers de la ville par les eaux usées du canal Brakina ;
- le chef de service propreté de la DSTM de la commune de Bobo-Dioulasso : L'objectif de l'entretien était de savoir le niveau d'intervention actuelle de la Mairie en matière de gestion des déchets solides, les projets déjà réalisés en matière de déchets solides, les projets actuels et futurs, le mode de financement actuel et l'organisation dans la gestion des déchets solides ;

- Des exploitants agricoles et l'infirmier du Centre de Santé et de Promotion Sociale (CSPS) de la vallée du Kou : l'objectif de cet entretien était de savoir les calendriers agricoles au niveau du périmètre de Bama afin d'évaluer les risques de contamination des eaux par les fertilisants. Nous nous sommes intéressés en fin aux problèmes sanitaires de la population afin d'analyser le rapport entre la qualité des ressources en eau et les risques sanitaires liés aux usages.
- Le responsable du Laboratoire d'Analyse des Eaux Usées à Ouagadougou : Notre entretien a porté sur les campagnes de suivi des de la qualité des eaux usées industrielles de la ville de Bobo-Dioulasso.

I.3. Phase de traitement et synthèse

La troisième phase correspond à l'analyse des données et la rédaction de ce présent mémoire ainsi qu'à la mise en place du SIG.

La mise en place du SIG a été réalisée à l'aide des Logiciels ArcView et Winchips et de matériels informatiques disponibles à l'EIER. Elle s'est effectuée en 3 phases : la phase d'acquisition et la phase de traitement.

- La phase d'acquisition

Cette phase correspond à la préparation des données cartographiques. A l'aide du logiciel Winchips, nous avons procédé d'abord par redresser la carte de la zone afin de pouvoir l'exploiter. Pour cela nous avons scanné la carte qui est disponible sous format papier. Cette carte a ensuite été utilisée pour constituer la base de données géoreférencée à l'aide du logiciel ArcView. Cette s'est terminée par l'identification des entités qui constituent la base de données. Les entités retenues sont entre autres, les zones agricoles, les décharges d'ordures ménagères, la zone industrielle, et les cours d'eau drainant les eaux du bassin.

- La phase de traitement

La deuxième phase a consisté à la structuration et à la création de la base de données sur ArcView à partir des entités identifiées. L'ensemble des sources de pollution potentielle des eaux du bassin ont été reportés sur la carte ainsi que les points de prélèvement d'échantillons sur les cours d'eau (Kou, Bingbélé). Ces entités ont été d'abord localisées sur le terrain au GPS. Leurs coordonnées sont donc saisies dans le Logiciel excel et enrégistrées sous format dbf pour être récupérées dans ArcView. La base de données ainsi constituée, contient tous les éléments d'information concernant la qualité des ressources en eau, les renseignements sur les sources de pollution potentiels et les caractéristiques des polluants. Ces informations sont structurées sous forme de tables. Les thèmes traités sont entre autres :

- La zone industrielle (sources de pollution industrielle) ;
- Les décharges sauvages existantes dans le bassin versant

- Les secteurs agricoles (sources de pollution agricole) ;
- Le drain principal des eaux usées industrielles ;
- Le cours d'eau Kou ;

II. APPROCHE STRATEGIQUE D'ANALYSE DES RESSOURCES EN EAU ET DES POLLUANTS

II.1. Choix des points de prélèvement

L'étude étant basée sur les eaux de surface, le choix des points de prélèvement d'échantillons a été fait sur la base des critères suivants :

- type de pollution chimique, biologique en fonction de leur source de production ;
- position géographique de la source probable de pollution ;
- mode de transport des polluants de leurs sources jusqu'à la ressource en eau;
- topographie du bassin versant (sens d'écoulement) ;
- qualité visuelle de l'eau ;

Ainsi les prélèvements qui ont été faits tiennent compte de la période de l'étude caractérisée par la saison sèche. La pollution liée aux déchets solides par exemple n'a pas été évaluée dans le cadre de cette étude. Il faudrait donc réaliser des prélèvements pendant la saison pluvieuse pour évaluer leur impact sur les ressources en eau.

II.2. Echantillonnage

L'échantillonnage consiste à sélectionner une quantité d'une substance qui soit représentative de toutes ses caractéristiques. Pour être représentatif de la qualité d'une eau, l'échantillon doit être constitué à partir d'une série de prélèvements réguliers et espacés dans le temps. L'échantillon représente la moyenne des différents prélèvements réalisés. Dans cette étude, l'échantillonnage a été effectué une seule fois sur les eaux pour des raisons de temps et de moyens. Concernant les effluents analysés, nous avons ensuite rapproché les résultats de ceux qui ont été obtenus antérieurement afin de voir l'évolution de la qualité des effluents. Toute fois il est nécessaire de procéder à une série de prélèvements réguliers pour connaître la qualité réelle des rejets.

II.3. Analyse physico chimique :

Les analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons ont concerné les paramètres suivants :

La température :

Elle joue un rôle très important dans les réactions chimiques en milieu liquide. La vitesse de dégradation des matières organiques croit avec la température. Elle influence sur la cinétique des processus biologiques et traduit la plus ou moins grande agitation des

molécules. Sa mesure a été effectuée sur le terrain grâce à un potentiomètre (pH-mètre + électrodes combinés)

Le pH :

Il influe sur les réactions de dégradation de la matière organique et la croissance des bactéries qui dégradent la matière organique. Sa mesure a été effectuée sur le terrain grâce à un potentiomètre (pH-mètre + électrodes combinés)

La conductivité électrique (CE):

Elle est liée à la concentration de substances dissoutes et à leur nature. Elle influence l'épuration des eaux usées par les teneurs en sels. Ces sels entrent en réaction avec les composants cellulaires bactériens par des phénomènes d'osmose en accélérant ou ne ralentissant la croissance microbienne. La conductivité varie avec la température. La mesure de ce paramètre donne une évaluation globale de la minéralisation de l'eau. Sa mesure a été effectuée sur le terrain à l'aide d'un conductimètre.

L'azote total :

Le terme Azote Kjedahl désigne la combinaison de l'azote ammoniacal (NH_3) et de l'azote organique. Mais ce ne sont pas tous les composés de l'azote qui sont déterminés, ce sont les formes réduites de l'azote.

Les Nitrates (NO_3^-) :

Ils représentent l'état terminal d'oxydation de l'azote. Des bactéries transforment les nitrites (NO_2^-) en nitrates en consommant en consommant l'oxygène. De fortes teneurs en nitrates dans l'eau ont pour origine la présence de déchets organiques ou le ruissellement dans ces champs riches en engrais azotés. La mesure s'est effectuée par la méthode spectrométrique.

Le phosphore :

Il est présent dans l'eau sous forme de phosphate, de poly phosphate et de phosphore organique. Les apports les plus importants proviennent des déjections humaines et animales et surtout des produits de lavage. Agents d'eutrophisation gênants dans le milieu naturel, les phosphates n'ont pas d'incidences sanitaires. La mesure de phosphore permet d'évaluer le degré de minéralisation de la matière organique par les bactéries et la présence d'algues. Sa mesure a été effectuée par la méthode spectrophotométrie. Elle repose sur la mesure de l'intensité des radiations traversant la solution.

La DBO_5 :

Il s'agit de la demande biochimique en oxygène pour 5 jours. représentant la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes pour assurer la dégradation des matières organiques biodégradables existantes pendant cette période.

La DCO :

La demande chimique en oxygène est utilisée comme une mesure de la quantité équivalente à la teneur en matière organique contenue dans un échantillon d'eau susceptible d'être oxydée par un oxydant énergétique par voie chimique. La détermination de la DCO est un critère d'appréciation de la pollution par les matières organiques. C'est un test rapide qui renseigne sur l'ensemble de la charge organique, qu'elle soit biodégradable ou non ; Sa mesure a été effectuée par oxydation par le dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acide sulfurique (H_2SO_4), puis par photo colorimétrie DR 2000 (λ=600 nm).

Les métaux (Fe, Mn, Cu, Zn) :

Il s'agit des oligo-éléments indispensables à l'organisme. Il faut signaler que les métaux peuvent avoir, sur les végétaux, des effets écotoxiques très significatifs.

La présence de certains éléments dans l'eau va favoriser le métabolisme de certaines bactéries et par suite leur croissance (source : guide technique d'analyse des eaux).

II.4. Analyse bactériologique :

Elle consiste à la recherche dans l'eau des indicateurs de pollution fécale. Il s'agit principalement de la recherche et du dénombrement des coliformes fécaux, des streptocoques fécaux et des bactéries sulfito-réductrices. Un indicateur de pollution fécale est une bactérie dont la présence dans l'eau laisse entrevoir la présence d'autres germes pathogènes comme Salmonella, Shigella, entérovirus.

La méthode des tubes multiples est généralement utilisée pour l'analyse des eaux teintées ou troubles contenant de la boue. La méthode de filtration sur membrane est utilisée pour les eaux claires non troubles.

La présence de certains éléments dans l'eau va favoriser le métabolisme de certaines bactéries et par suite leur croissance :

- Les nitrobacters par réduction des nitrates ;
- Les ferrobacters par réduction du fer ;
- Les sulfato réductrices par réduction des sulfates avec la production de H_2S qui dégradent les qualités organoleptiques de l'eau.

L'analyse des eaux consiste en général à la recherche de ces paramètres. La synthèse du protocole des analyses est présentée dans le tableau ci-dessous.

Conclusion

La qualité de l'eau est déterminée par l'évaluation de la concentration des paramètres contenus dans l'eau par l'une des méthodes décrites ci-dessous. L'eau sera dite polluée respectivement polluante si la concentration de ces paramètres dépasse la valeur tolérée permettant le maintien de l'équilibre physico-chimique et biologique du milieu.

Dans cette partie, l'étude de la pollution des eaux consistera à évaluer la qualité de la ressource en eau de la Vallée du Kou et à caractériser leurs polluants à travers des analyses physico-chimiques et biologiques.

Tableau 2: Protocole d'analyse physico-chimique des eaux

aramètre	Principe	Appareil de mesure	Méthode	Réactifs utilisés	Précision	Conditions
onductivité	Mesure de capacité à conduire le courant par électrode	197i/Multi 340i	Conductimétrique	Solution étalon de KCL 0,01M	1µS/cm à 2S/cm	In Situ
H	Potentiel entre une électrode en verre et de référence (calomnel)	197i/Multi 340i	Potentiométrique	Solution étalon de KCL 0,01M	0 – 14	In Situ
CO	Oxydation au dichromate de potassium	HACH 8000 DR/2400	Spectrophotométrie	Tube Reagent Vial Low Range 0 - 150 mg/l	77,6 - 82,4mg/l COD	A chaud T = 150°C
zote total	Oxydation au persulfate des formes d'azote	HACH 8000 DR/2400	Spectrophotométrie	Test 'N Tube HR Total Nitrogen Reagent Set	94 – 106 mg/L N	A chaud T = 103 à 106°C
ES	Filtration sous vide ou sous pression	Filtre Wattman GF/C 1µm, Etuve, Four à 525°+/-25	Par filtration puis pesée		Limite inférieure de dosage 2mg/l	séchage à 105°C
zote mmoniacal	Oxydation indirecte des composés ammoniacaux	Spectrophotomètre DR/ 2400, Tube test gradué 10-20-25ml	Colorimétrique	Ammonia cyanurateReagent powderpillows	0,25 à 0,35 mg/l	Température ambiante
hosphore tal	Complexation des composés phosphatés	Spectrophotomètre DR/ 2400, Test tube Rack	Spectrométrie	Potassium persulfate, Hydroxyde de Sodium 1,54N, Total phosphorus test Vials	49,5 à 50,5 mg/l PO43-	A chaud à 150°C
itrate	Réduction des nitrates puis complexation	Spectrophotomètre DR/2400, Tube test gradué 10ml	Spectrophotométrie d'absorption molecul	NitraVer5 (poudre)	8,2 à 12mg/l NO3-	Température ambiante
ulfates	Précipitation de sulfate de baryum	Spectrophotomètre DR/2400, Tube test gradué 10ml	Colorimétrique	SulfaVer4 (poudre)	27 à 33 mg/l SO42-	Température ambiante
n	Complexation par les cyanures	Spectrophotomètre DR/2400, Tube test gradué 10-20-25ml,	Colorimétrique	Cyclohéxanone, ZincoVer5Reagent Powder Pillows	0,95 à 1,05mg/l Zn	Température ambiante
BO5	Mesure de consommation d'oxygène d'eau conservée à l'obscurité	Tube fermé	Incubation	Solution de phosphate		A 20° pendar 5 jours
anganèse n	Oxydation de permanganate par le périodate de sodium	Spectrophotomètre DR/2400, Tube test gradué 10-20-25ml	Colorimétrique	Sodium period ate Powder pillows, Buffer pillow, Citrate type for Manganese	9,8 à 10,2mg/m Mn	Température ambiante

TROIXIEME PARTIE: RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE III. ANALYSE DU CONTEXTE DE LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS LA VALLEE DU KOU

L'étude de la situation actuelle de la gestion des ressources en eau de la Vallée du Kou passe nécessairement par une étude des aspects d'occupation des sols, des activités socioéconomiques et urbanistiques de la population, de leurs pratiques en matière d'hygiène et des lois établies pour la gestion et de l'utilisation des ressources en eau. Ses différents facteurs seront étudiés dans cette partie pour appréhender

III.1. Aspect socio-économique et urbanistique

III.1.1. Occupation des sols du bassin versant

Le type d'occupation des terres est conditionné en général, par les activités soci-économiques pratiquées mais aussi par les caractéristiques de la zone. Celles-ci sont marquées par la présence de cours d'eau pérennes, une végétation assez diversifiée et de plaines à vocation agricole (Vallée du Kou). Le tableau ci-dessous donne la répartition de l'occupation des sols dans le bassin du Kou d'après la carte (source GEeau).

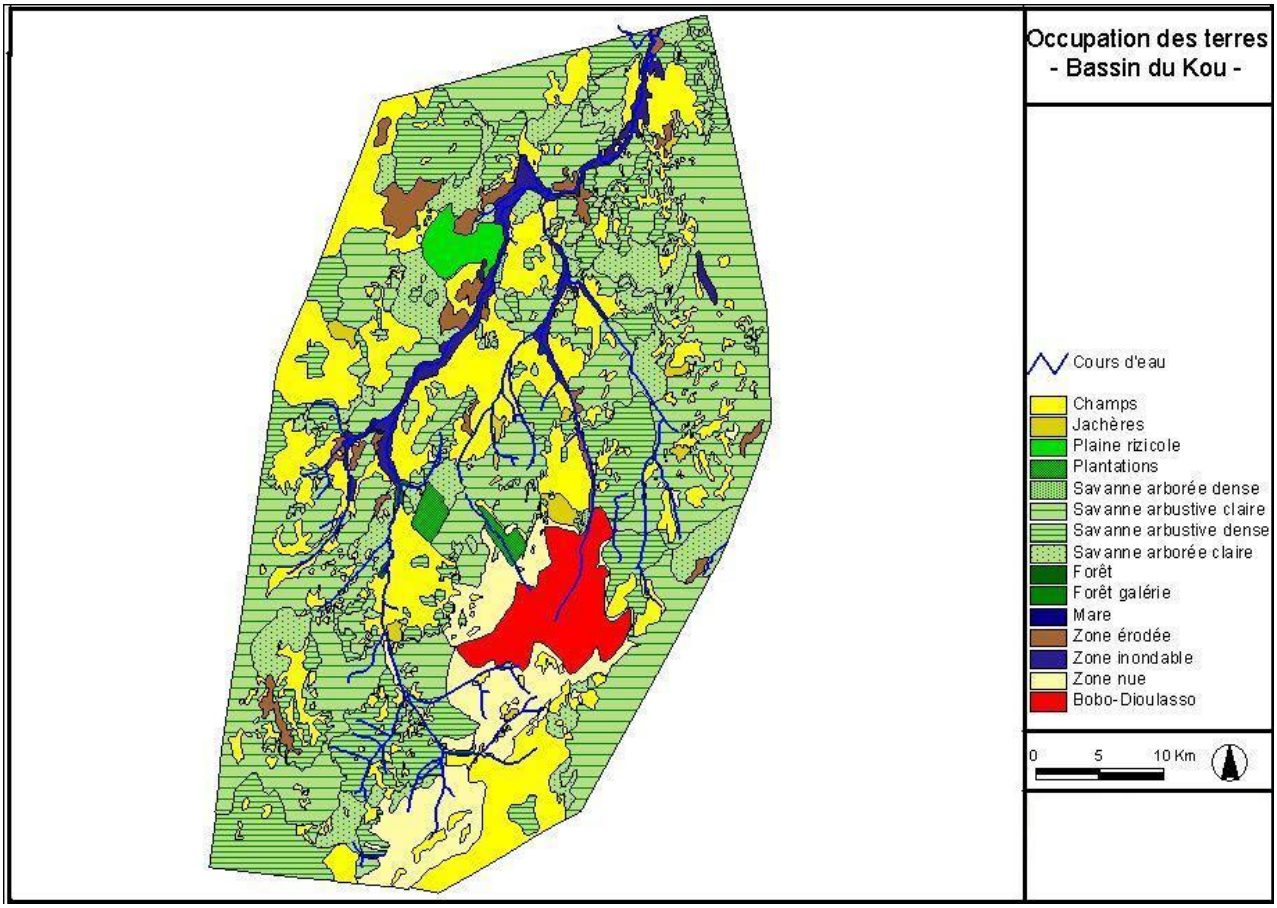
Tableau 3: type d'occupation des sols dans le bassin du Kou

Type d'occupation des sols	Forêts	Ville de Bobo-Dioulasso	Zones érodées	Savanes	Zones nues	champs
Proportion de la surface du bassin (%)	0.09	3.68	2.56	57.97	6.78	23.92
Type d'occupation	Zones inondées	jachère	Plaines rizicoles	Mares	Plantations	
Proportion de la surface du bassin (%)	2.39	0.92	1	0.06	0.71	

Dans le bassin du Kou, les zones d'habitation (villages) et les sites agricoles sont situées en bordure des cours d'eau. Ils représentent environ 24% de la superficie du bassin. La ville de

Bobo-Dioulasso située en crête occupe 3,68%. La végétation de la zone est du type forêt galerie, formation rupicole, savane arborée, savane arbustive. Les savanes constituent les principales formations végétales. Cette végétation subit l'action destructive de l'homme donnant un recouvrement d'inégale densité dans la même formation végétale.

Figure 5: Carte d'occupation des sols dans le bassin du Kou



III.1.2. Activités économiques

Les activités économiques présentes dans cette zone concernent principalement l'agriculture qui est pratiquée essentiellement prêt des cours d'eau (25% de la surface du bassin), l'industrie et le commerce.

Il existe quatre grandes zones agricoles dans le bassin :

- le périmètre rizicole dans la vallée du Kou d'une superficie de 1300 hectares avec double récolte annuelle. C'est l'un des plus grands sites de production de riz du pays dont les exploitants ont bénéficié de l'expérience chinoise dans les années 1970.
- Les maraîchers du secteur de Diaradougou installés au bord de la rivière en amont de la prise d'eau du périmètre rizicole. Les spéculations produites sont en général la banane, choux, maïs ;

- Les exploitants agricoles informels installés prés du canal d'amener et utilisant ses eaux, ce sont les informels. L'installation de cette catégorie d'agriculteurs dans cette zone a beaucoup suscité des conflits avec les exploitants du périmètre notamment sur l'utilisation de la ressource en eau. Jusqu'à ce jour il n'existe pas de solutions à cette situation malgré l'implication de l'Administration.
- Les exploitants spontanés installés dans le secteur de Badara dont les activités agricoles se font en saison pluvieuse. Cette zone est caractérisée par un manque d'eau en période sèche, période où toutes les eaux du Kou sont drainées par le canal vers le périmètre rizicole de Bama.

L'industrie occupe une place importante dans l'économie de la zone. On compte plus de 23 entreprises dont 7 sont dans l'agro-alimentaire et 7 dans l'industrie chimique. Ces industries produisent 65% du chiffre d'affaire global de la ville de Bobo-Dioulasso soit 175millions de FCFA en 1997 (source : GIRE). Les plus importantes sont à nos jours la SOFITEX (Société de Fibre et Textile, trois usines), la SOFIB (Société de Fabrication Industrielle Baro), SN-CITEC (Société Nouvelle de la CITEC), SAPHYTO (Société Africaine de Produits Phytosanitaires), SIFA, SOFAPIL, MABUCIG (Manifacture Burkinabé de Cigarettes), BRAKINA (Brasseries du Burkina), SAP (Société Africaine de Pneumatiques), SONACEB (Société Nationale de Cartons et d'Emballages du Burkina), et l'abattoir frigorifique. En outre la ville de Bobo-Dioulasso compte environ huit entreprises du BTP. (Source : PSAB)

III.1.3. Aspects urbanistiques

Le bassin versant du Kou, avec ses 1858 Km^2 abrite la ville de Bobo-Dioulasso et 14 villages situés prés de la rivière Kou et de ses affluents (Bingbélé, Yengué, Suo, Farakoba, Houet et Niamé). La population totale du bassin est de 436 369 habitants (INSD 1996), soit une densité d'environ 234 hbts/Km^2 avec un taux d'accroissement annuel de 2,9% (source INSD 1996). Le tableau suivant donne la répartition et les prévisions de croissances démographiques dans le bassin versant de la Vallée du Kou.

Tableau 4:Evolution démographique dans le bassin du Kou (INSD,1996)

ANNEE	POPULATION RURALE	POPULATION URBAINE	POPULATION TOTALE
1996	126 598	309 771	436 369
2000	141 935	347 298	489 233
2001	146 051	357 370	503 421
2002	150 287	367 734	518 021
2003	154 644	378 398	533 042
2004	159 129	389 371	548 500
2005	163 744	400 663	564 407
2006	168 492	412 822	581 314
2007	173 379	424 238	597 617
2008	178 407	436 541	614 948
2009	183 581	449 201	632 782
2010	188 904	462 228	651 132

L'analyse de ce tableau montre que la population urbaine est presque le triple de la population rurale, du fait de l'exode vers la ville. Cet accroissement très rapide va s'accompagner naturellement de celui des besoins en terre et nourriture, mettant ainsi les ressources naturelles sous une pression anthropique.

III.2. Aspect institutionnel et législatif

Dans le cadre de la politique de gestion des ressources en eau du Sud-Ouest, il a été créé en 1997, par l'arrêter N°97-41/MATS/PHUE/HC/SG du Haut Commissaire de la Province du Houet, un Comité Provisoire de Gestion des Eaux du Bassin du Kou.

Cette structure constitue un cadre de concertation, d'animation et de réflexion pour la gestion des ressources en eau du bassin versant du Kou et des affluents et regroupe l'ensemble des acteurs concernés par la question (administration, bénéficiaires). Le comité est composé de 28 membres dont : 13 au titre des usagers ; 2 au titre de la commune de Bobo-Dioulasso; 2 au titre des autorités coutumières, 2 au titre d'ONG dans le domaine de l'environnement et du développement local, 9 au titre des administrations concernés.

Les acteurs administratifs du comité sont :

- Le Haut Commissariat des Hauts Bassins
- La Direction Régionale de l'Hydraulique, Structure décentralisée de la Direction Générale de l'Hydraulique, elle est la structure clé de la gestion des ressources en eau ainsi que des secteurs de l'approvisionnement en eau potable et de l'hydraulique agricole, les activités de la Direction Régionale de l'Hydraulique se sont pour l'essentiel limitées :

- au suivi et au contrôle des travaux de chantier ;
- à l'inventaire des points d'eau ;
- à l'élaboration de fiches de projet ;
- au suivi des réseaux piézométriques et hydrométriques pour les directions qui dispose d'une brigade hydrologie (6 DRH sur 10 en disposent) ;
- des appuis conseils aux autorités locales à la demande.

- La Direction Régionale de l'Urbanisme et de la Topographie ;
- Direction Régionale de l'Environnement, c'est la structure décentralisée de la direction Générale des Eaux et Forêts, chargée de la surveillance de la qualité de l'eau et de l'environnemental.
- Direction du CRPA des Hauts Bassins ;
- Direction Régionale de la Santé de Bobo-Dioulasso ;
- Direction Régionale du Plan ;
- Préfet du département de Bama ;
- Préfet du Département de Bobo-Dioulasso.

Ses attributions au terme de l'article 2 de l'arrêté, sont entre autres,

- De rechercher l'adhésion des partenaires à la gestion concertée des ressources en eau du bassin du Kou par la sensibilisation, l'information et la formation ;
- De définir les modalités d'exploitation des ressources en eau dans le bassin du Kou par la concertation entre les usagers concernés ;
- d'examiner tous les documents spécifiques à l'élaboration et à la mise en œuvre du schéma directeur d'aménagement et de gestion des ressources en eau dans le bassin du kou.

Parmi les actions conduites par le comité, dans le cadre de ses plans quinquennaux initiés depuis sa création sont entre autres :

- le suivi de la qualité et de la quantité de l'eau dans le bassin ;
- le curage du canal dit BRAKINA et la sensibilisation des riverains du canal aux bonnes pratiques d'élimination des eaux usées et excrétas ;
- la sensibilisation aux bonnes pratiques des riverains des ouvrages d'évacuation des eaux pluviales ;
- l'information et la sensibilisation des acteurs de l'eau du bassin sur la loi sur l'eau et promotion du comité auprès des membres potentiels ;
- le recensement et la localisation des utilisateurs de l'eau sur les principales zones de conflits d'utilisation de l'eau dans le bassin.

Il n'existe pas une réglementation en matière de gestion des ressources en eau au sein du comité. Cependant, cet outil est nécessaire pour son fonctionnement qui recommande que chaque membre du comité connaisse ses prérogatives en matière de gestion des ressources en eau. Elle devra définir l'ensemble des règles relatives à la gestion du cadre de vie notamment l'assainissement et l'utilisation des ressources en eau. Si la création de ce comité de gestion a été prometteuse, il n'en est pas ainsi pour les résultats atteints à l'issu de son plan quinquennal. Le canal dit Brakina continue de recevoir les eaux usées industrielles et domestiques des secteurs 09 et 22 dont la destination finale est le marigot Bingbélé et plus loin, le Kou.

Cependant, il existe certaines lois pour l'assainissement qui visent la protection des ressources en eau. Il s'agit :

- la loi N°14/96/ADP du 23 Mai 1996 portant réorganisation du régime agraire et foncière dans son volet «Régime de l'eau» qui fixe les modalités d'exploitation et de gestion des ressources en eau dans une dynamique de développement durable alliant accroissement du bien être de la population et préservation de l'environnement ;
- La loi N°23/94/ADP du 19 Mai 1994 portant code de la santé publique, a prévu des mesures visant à lutter contre la pollution et à promouvoir la salubrité du cadre de vie par la prescription de systèmes d'assainissement fiables des eaux usées et excrétas ;
- La loi N°005/97/ADP du 30 Janvier 1997 portant code de l'environnement pose les principes fondamentaux destinés à gérer et à protéger l'environnement contre toutes les formes de dégradation afin de valoriser les ressources naturelles, lutter contre les différentes pollutions et nuisances et améliorer les conditions de vie des populations dans le respect de l'équilibre du milieu ambiant. Cette loi contient une série de dispositions destinées à prévenir les pollutions et nuisances diverses. S'agissant de la lutte contre la pollution des eaux et du sol, il résulte de la combinaison des articles 48 et 50 de la loi portant code de l'environnement que tous les rejets, déversements, dépôts et toutes activités susceptibles de provoquer à court, moyen et long termes, une dégradation de la qualité des eaux de surface ou souterraine et des sols sont soumis à autorisation spéciale (source : PSAB).

III.3. Aspect financier

Au plan financier, le comité de gestion dispose d'un budget de 13 000 000 de FCFA, évalué par rapport au coût financier des actions définies précédemment. Ce budget est entièrement auto financé par une souscription des acteurs. Les parts des différents acteurs sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5: Répartition du budget du comité de gestion de bassin

Structures	Montant
Province du Houet	200 000
Commune de Bobo-Dioulasso	1 500 000
ONEA	2 500 000
GPI	4 500 000
SONABEL	500 000
Villages situé dans le bassin (50)	15 000 chacun
Coopératives membres de l'UCR (500F/ha)	1 040 000
Membres de l'UFMB situés dans le bassin	500 000
Membres de l'URCABO situés dans le bassin	500 000
AEDE	100 000
Mouvement citoyen	25 000
CAD	25 000
total	13 000 000

Cependant, le comité rencontre des difficultés au plan financier. Les contributions financières ne sont pas versées régulièrement.

Conclusion

De l'analyse de la situation socio-économique dans le bassin versant du Kou, il ressort que les ressources naturelles sont sujettes à une surexploitation. Les eaux de surface et souterraines sont soumises à des risques de pollution liés non seulement à l'intensification de l'agriculture (par l'utilisation d'engrais et pesticides), mais aussi à l'évolution démographique dans la zone. Les activités socio-économiques existantes dans la ville de Bobo-Dioulasso sont génératrices de déchets divers (solides et liquides). L'absence de système efficace de gestion de ces déchets et leur mise en décharge dans le bassin constitue une source de dégradation de la qualité des eaux du bassin versant.

CHAPITRE IV ETUDE DE LA POLLUTION DES RESSOURCES EN EAU

La pollution est définie comme étant la modification des caractéristiques physiques, chimiques et bactériologiques des eaux compromettant ainsi tout usage qui peut en être fait. Cette modification intervient en général à la suite de la présence de corps étrangers qui déstabilisent l'équilibre physico-chimique et biologique de l'eau.

L'état de pollution représente l'ensemble des paramètres polluants et le taux de ces derniers dans l'eau (exprimé en concentration).

En effet, la pollution des eaux peut être de diverses natures. Dans le cas des ressources en eau du bassin du Kou, la pollution est liée aux activités anthropiques utilisatrices de ces eaux. Ces activités, pour l'essentiel, génèrent des déchets (liquides et solides) qui sont rejetés dans la nature sans un traitement adéquat. Le transfert de ces déchets vers les ressources en eau se fait soit par écoulement direct (déchets liquides) soit par drainage des eaux pluviales. Trois types de pollution existent dans le bassin versant du Kou :

- la pollution d'origine domestique (déchets liquides et solides) liée au développement démographique de la zone ;
- la pollution d'origine industrielle liée à une forte présence d'industries dans la ville de Bobo-Dioulasso ;
- la pollution agricole qui se justifie par la présence de sites agricoles sur le bassin.

Ces types de pollution seront mis en évidence par l'analyse des paramètres existants dans l'eau mais aussi par les caractéristiques du bassin versant (sens d'écoulement).

IV.1. Analyse qualitative des ressources en eau

L'analyse qualitative d'une eau est la recherche des paramètres déterminant la qualité phyco-chimique et /ou biologique de l'eau. A l'issu des analyses de l'occupation des sols du bassin, nous avons identifié 6 points de prélèvement d'échantillon sur les eaux de la Vallée du Kou :

- la confluence Niamé-Baoulé : c'est le point de confluence des eaux du Kou et ses affluents (Niamé, Houet, Bingbélé) ;
- au niveau du pont de Badara sur le Kou où les eaux sont utilisées pour les activités domestiques (linge, baignade, vaisselle) ;

- sur le canal de drainage des eaux usées agricoles vers la mare de Bama ;
- sur le canal d'amenée à l'entrée du périmètre irrigué ;
- à la prise de Diaradougou ;
- à la Guinguette, la principale source qui alimente la rivière Kou en saison sèche ;

Le choix de ces points se justifie par la présence des quatre secteurs d'activités agricoles dans la zone. L'analyse portera sur l'impact de ces activités sur la qualité des eaux, impact qui peut être lié à l'usage des engrais et pesticides et autres usages (lessive, baignade…).

Les résultats d'analyse sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6: Résultats d'analyse des eaux du Kou

Paramètres	Unités	Confluence Niamé-Baoulé	Canal d'amenée	Eaux résiduaires d'arrosage	Prise d'eau	Pont de Badara	Normes
Azote ammoniacal	mg/l N-NH_3	2	0,2	0,2	0,2	0,2	1
Azote total	mg/l N	5,1	6,3	2,2	4	2,5	
Conductivité (*)	µS/Cm 25°C	140	76	74	96	76	
DCO	mg/l O_2	40	11	8	7	8	150
MES	mg/l	13	30	-	24	14	200
Nitrates	mg/l NO^-_3	2	2	1,4	1,2	5	50
pH	Unité pH	7	7,4	7,3	7,5	7	
Phosphore total	mg/l P	0	0	0	0	0	
Sulfates	SO_4^{2-}	2	0	1	1	2	600
Cyperméthrine	µg/l			0,01			
Deltaméthrine	µg/l			0,03			
Pesticides organochlorés	µg/l			Absence			

Interprétation des résultats

Les résultats des analyses ci-dessus ne révèlent pas la présence d'une pollution des eaux du Kou par les engrais chimiques et autres produits phytosanitaires. Pour les cinq échantillons analysés, les valeurs des paramètres recherchés ne présentent pas de risques particuliers pour les ressources en eau. Cependant, on peut s'interroger sur le taux élevé d'azote ammoniacal à la confluence Niamé-Baoulé. Cela proviendrait de ruissellements dus aux épisodes de pluie notés dans cette période.

En effet, les résultats obtenus étaient prévisibles vu la période choisie pour les études et qui correspond à la fin de la deuxième campagne agricole dans la Vallée du Kou. De plus, le processus de transfert de pollution agricole n'est observable qu'en période de pluies. Ainsi, la réalité voudrait que des analyses d'eau soient effectuées pendant les premières pluies de l'hivernage. Pour le cas des pesticides, leur faible rémanence les rend difficile à détecter.

En effet, les paramètres bactériologiques n'ont pas été analysés dans les eaux du Kou pour des raisons de temps et de moyen.

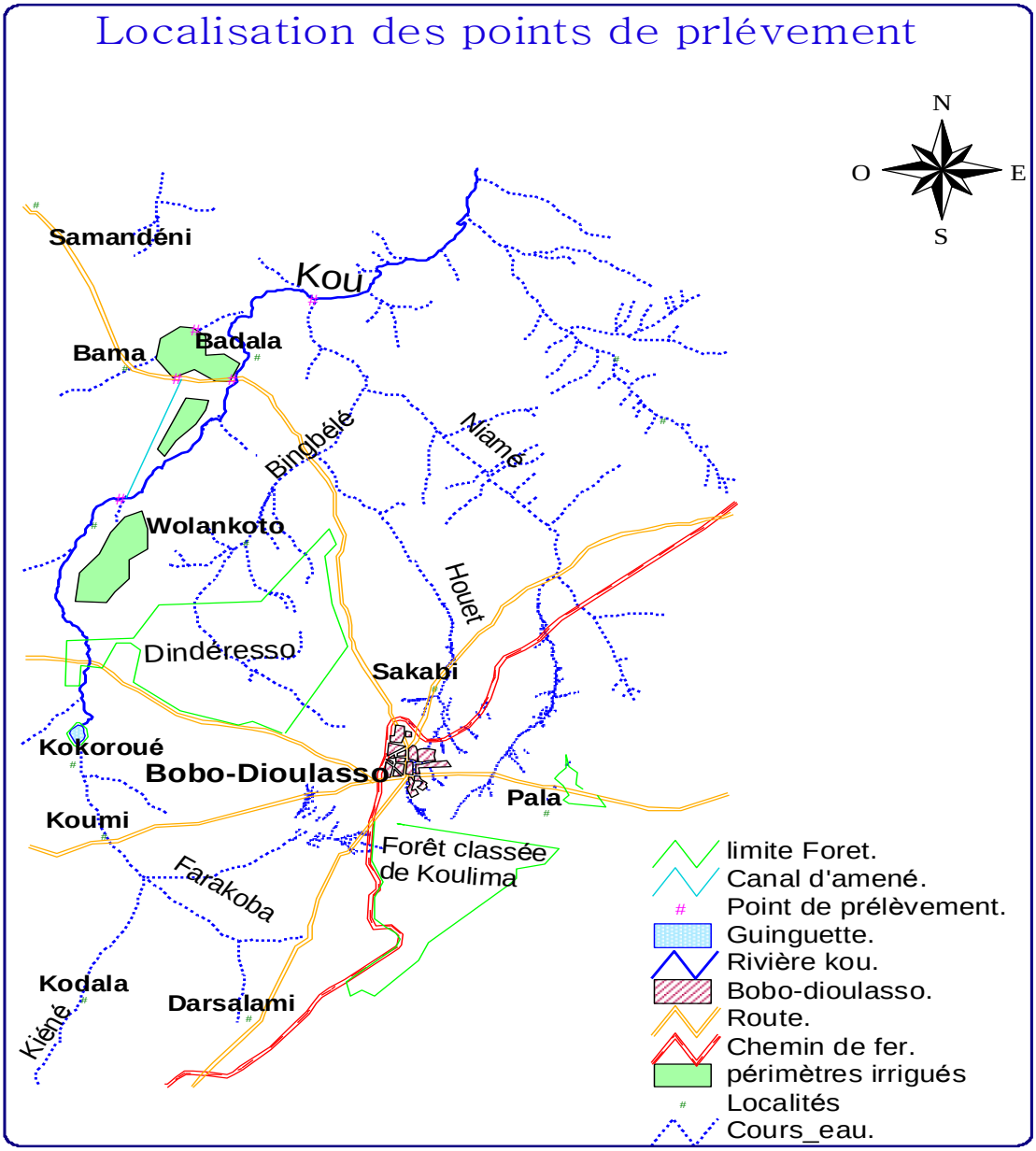


Figure 6: Carte de localisation des points de prélèvement

IV.2. Sources de pollution des ressources en eau et caractérisation des polluants

Le développement du secteur agricole dans le bassin du Kou s'accompagne d'une forte croissance de la population liée surtout à une forte migration. Le système de production appliqué à la vallée du Kou, c'est-à-dire la monoculture du riz avec double récolte annuelle, prédispose les sols à une surexploitation et à un appauvrissement rapide. Du reste, l'amélioration des rendements de production est lié à l'emploi d'engrais chimiques dont l'action éphémère participe par ailleurs à l'affaiblissement des sols et à la pollution des eaux.

La croissance rapide de la population urbaine et le développement de l'industrie de la ville de Bobo-Dioulasso génèrent beaucoup de déchets (solides et liquides) dont la gestion adéquate n'est pas toujours assurée. Environ, seulement 24% des déchets produits sont évacués en décharge (source : PSAB). La concentration des polluants émis (eaux usées, excrétas, ordures ménagères) et l'expansion de la ville sur le bassin contribuent à la contamination des ressources en eau de surface du bassin.
L'étude portera sur l'analyse de la gestion de ces pollutions et du processus de transfert dans les eaux et la détermination de leurs caractéristiques.

IV.2.1. La pollution d'origine agricole

La pollution agricole s'intensifie depuis que l'agriculture est entrée dans un stade d'industrialisation. Elle est essentiellement liée à l'utilisation massive des engrais et pesticides dans les champs. Le ruissellement des eaux de pluie ou d'arrosage drainent le sol et transportent vers des cours d'eau les produits de traitement des cultures (engrais et pesticides). Les engrais apportent aux végétaux cultivés les nutriments nécessaires à leur croissance.

Les trois principaux sont l'azote, le phosphore et le potassium. Les trois éléments que sont l'hydrogène, le carbone et l'oxygène, nécessaires à l'activité de photosynthèse, sont apportés par l'air et l'eau. Enfin, le fer, le soufre ou encore le calcium sont puisés directement dans la terre (source : Hamma Y).

Figure 7: Champ de maïs au bord du Kou

Les pesticides sont des produits chimiques destinés à détruire les champignons (fongicides), les mauvaises herbes (herbicides), les vers de terre (nématicides) et insectes (insecticides) qui parasitent les cultures.

Les eaux de la rivière Kou et ses affluents sont en effet, exploités pour l'irrigation des périmètres situés dans le bassin versant. De plus, le ruissellement dans les champs est dépendant de la pente et de conditions particulières dont la proximité des champs des cours d'eau. L'essentiel des parcelles agricoles dans le bassin du Kou longent les cours d'eau. Toutes ces conditions réunies, sont favorables à une contamination des eaux par les produits chimiques issus des engrais et produits phytosanitaires. Cela doit néanmoins être vérifié par d'autres mesures.

Le tableau ci-dessous fournit les doses moyennes d'engrais utilisées pour la section petite irrigation villageoise.

Tableau 7: dose d'application des engrais (source: service technique petite irrigation villageoise dans le Houet)

Engrais	Unité	Riz	Maraîchage	Maïs	Banane
NPK	Kg/ha/campagne	300	300	150	2 500
Urée	Kg/ha/campagne	150	150	100	1 500

Ce tableau confirme un usage important des engrais surtout avec le développement de la filière banane sur le bassin du Kou. De l'avis du chef de service de la section petite irrigation dans le Houet, les exploitants de la Vallée du Kou utilisent certains pesticides prohibés tels que l'Alpha-endosulfan qui est assez rémanent. Les analyses réalisées en 2001 par le programme GIRE sur le canal de drainage des eaux résiduaires du périmètre rizicole ont donné une concentration de 0.372 µg/l (source : LNAEU). Il faut signaler que ce produit est conseillé uniquement pour la culture du coton. Les autres produits utilisés sont entre autres le Décis, le Karaté, Furadan, Ronsar (source : DIMA).

De l'avis de l'infirmier du CSPS de la Vallée du Kou, il existe d'autres sources de pollution fécales plus ou moins importantes dans la Vallée du Kou. Il s'agit du comportement outrancier d'individus qui défèquent dans le cours d'eau et le canal d'amenée. Ces attitudes sont les principales sources de pollution biologique. Cependant, ceci n'a pas été prouvé par les analyses pour des raisons de moyen.

IV.2.2. Pollution d'origine domestique

La pollution d'origine domestique, dans le bassin versant du Kou, est diffuse. Elle provient des activités domestiques (ordures ménagères, rejets inappropriés d'eaux usées, latrines traditionnelles, etc.).

Ce type de pollution est propre aux ménages, commerces et à toutes les activités similaires.

Les polluants d'origine ménagère sont de deux types :

- Les ordures ménagères (déchets solides)
- Les eaux usées et excrétas

a) Les ordures ménagères

La pollution des ressources en eau par les ordures ménagères est inhérente à leur composition mais surtout au mode de gestion en place. Il s'agit de la destination des ordures depuis leur foyer de production jusqu'à leur destination finale.

Dans la ville de Bobo-Dioulasso comme dans les villages situés dans le bassin, il n'existe pas un système de gestion organisé des ordures ménagères. Celles-ci sont constituées en tas dans les rues, la cour ou parfois dans des carrières non contrôlées et non aménagées pour recevoir des ordures. Ainsi ces rejets se retrouvent souvent dans les caniveaux d'évacuation des eaux pluviales et sont charriées par les eaux de ruissellement vers l'exutoire du bassin par les cours d'eau (Bingbélé, Houet, Kou, Niamé). En effet, la ville de Bobo-Dioulasso ne disposant pas d'une décharge contrôlée, des sites de décharge sauvage ont été constitués un peu partout dans la ville. Les plus importants actuellement sont :

- la décharge située derrière l'aéroport au secteur 21 : cette carrière, d'une superficie d'environ 4ha reçoit les ordures ménagères de la zone, de certaines industries (MABUCIG, SOFAPIL, SAP) et de l'Hôpital Sourou Sanou.
- le stade omnisports à la limite de la forêt de Dinderesso : ce dépotoir qui a un statut de décharge légale reçoit des ordures ménagères collectées par les services de ramassage de la zone. Ces services sont constitués par des associations des secteurs 09, 10, 11, 20 et 21 qui bénéficient du soutient de la Direction des Services Techniques Municipaux (DSTM) et de l'Association de Coopération pour le Développement des Initiatives Locales **(**ACDIL) dans le ramassage des ordures ménagers de ces dits secteurs.
- La décharge située derrière le service de maintenance de la SITARAIL : elle reçoit les ordures ménagères et celles du marché du secteur 21.

- la décharge du quartier de Yéguéré, d'une superficie d'environ 5 ha, elle reçoit les ordures ménagères des quartiers périphériques et des services de collecte du secteur 09.

Les endroits préférables pour le déversement des ordures ménagères sont en général les zones de dépression qui ne sont rien d'autre que les lits des cours d'eau traversant la ville. Le comblement de ces dépressions par les déchets entraîne d'autres conséquences telles que les inondations des quartiers environnants en période de pluies.

Figure 8: Canal Brakina plein d'ordures ménagères à coté de la décharge du stade omnisport

Les détails de ces sites sont donnés sur la carte de la ville ; l'ensemble des sites de décharge localisés et leurs caractéristiques sont répertoriés dans la base de données géoreférencée.

La question de la pollution domestique est très complexe à cause de son ampleur, mais aussi du fait que les cours d'eau du bassin prennent leurs sources dans la ville.

b) Les eaux usées et excrétas

La pollution par les eaux usées domestiques (latrines) concerne plus particulièrement les ressources en eau souterraines. La ville de Bobo-Dioulasso ne dispose pas d'un système d'assainissement des eaux usées. Le mode de gestion existant est le système autonome avec des latrines munies de puisard (plus de 96% des ménages ; PSAB). Cela prédispose à la pollution des eaux souterraines dont la profondeur moyenne des aquifères est faible pouvant atteindre 2m en saison pluvieuse.

Les sources de pollution par les rejets d'eaux usées des ménages sont diffuses sur l'ensemble de l'espace urbain. Elles suivent en grande partie le réseau de collecte et d'évacuation des eaux pluviales. Les ménages qui ne disposent pas de puisards pour eaux domestiques déversent directement leurs boues de vidange dans les caniveaux ou dans la rue. On peut s'en apercevoir en suivant le canal dit BRAKINA à travers les quartiers environnants ; celui-ci est le lieu privilégié de dépôt de toutes sortes de déchets. Il est en même temps utilisé comme exutoire d'eaux usées pour les concessions environnantes. Tous ces rejets sont drainés par le Bingbélé, le Niamé et le Houet dans le Kou.

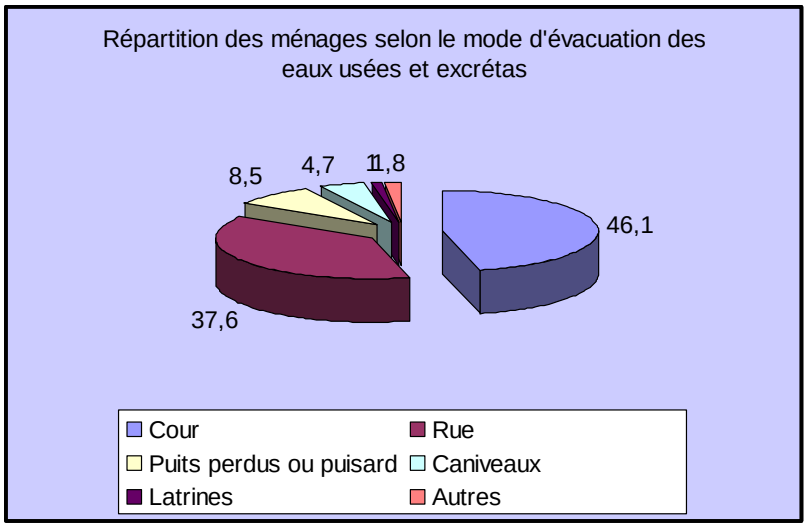


Figure 9:Mode d'évacuation des eaux usées (source : PSAB

Cette dispersion de sources de pollution complique leur processus de traitement individuel du fait que le réseau des déchets liquides est alimenté par le mélange de certains déchets solides solubles dans l'eau.

IV.2.3. Pollution d'origine industrielle

La question de la pollution des ressources en eau par les rejets industriels se pose avec acuité dans le bassin versant du Kou. En effet, l'industrie est assez développée dans la ville de Bobo-Dioulasso et génère d'importantes quantités de déchets d'origines diverses (liquide comme solides). Les rejets d'eaux résiduelles sont estimés à 1327 m^3/J . Sur les 12 industries visitées, 7 ne disposent pas de station de système de traitement des déchets liquides. Celles qui en disposent (5) ont un système classique non adapté avec un rendement de traitement faible voir nul (voir résultats d'analyse). Elles procèdent par une simple décantation pour la plupart suivie d'une oxygénation et /ou de traitement chimique pour les eaux usées avant rejet. Celles qui ne disposent pas de système de traitement déversent directement dans la nature.

L'essentiel des eaux usées industrielles sont déversées dans le canal dit BRAKINA et drainées par le Bingbélé.

Toutes ces industries, par le biais de leurs activités, génèrent des déchets solides. Ces déchets sont en général soit incinérés soit transférés sur les sites de décharge sauvage.

Le principal site de décharge est situé derrière l'aéroport. En effet, l'essentiel de la pollution industrielle est attribuée à quelques gros producteurs de déchets de par la quantité et la qualité des rejets.

1) La SN-CITEC

La SN-CITEC produit de l'huile à partir des grains de coton et du savon à partir de l'huile de palme. Elle est basée dans la zone industrielle située au Nord-est de la ville. Les déchets de la SN-CITEC sont essentiellement des eaux usées provenant du procès de fabrication. Elles sont chargées en soude, savon et graisse. Les rejets sont évalués à 150m^3/jour. Les déchets solides sont essentiellement composés de coques de coton et de cendres. Ils sont incinérés en général.

Pour le traitement des eaux usées, la SN-CITEC dispose d'une station d'épuration. Le processus d'épuration est la coagulation par la soude et un acide fort (H_2SO_4), suivie de floculation au moyen de sulfate d'alumine et de présol (accélérateur de floculation).

Ce système de traitement des eaux usées a été mis en place à la suite de l'épisode dite de la SN-CITEC survenue en 1997. Il s'agit de la rupture de la digue de la lagune aménagée dans la zone pour stocker des déchets industriels. Ses eaux usées se sont déversées dans la rivière Kou et des affluents Houet, Bingbélé entraînant la mort des poissons et des silures sacrés. Cette catastrophe avait suscité des plaintes adressées aux entreprises par les populations rurales qui ont été les premières victimes. Des analyses effectuées sur les eaux de la source de Nasso, 24 heures après la catastrophe avaient donné un pH de 14 (PSAB).

Les eaux usées traitées sont actuellement drainées par un canal en terre qui longe la voie ferrée avant de rejoindre le canal dit Brakina.

Cependant, même traités, ces rejets restent très chargées comme en témoigne les valeurs de pH (10.4) et de la conductivité (CE =10 640µS/cm) qui signale une forte minéralisation. Les résultats d'analyse de ces rejets sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 8: Résultats d'analyse des rejets de la SN-CITEC

Paramètres	Unités	Résultats		Normes nationales
		Eaux Brutes	Eaux traitées	
Température	°C	50		18-40
Conductivité	µS/cm	28 000	6 420	
pH	Unité pH	11,82	5,2	6,4-10,5
Azote ammoniacal	mg/l NH3	15	4	1
Azote total	mg/l N	21	19	
DCO	mg/l O2	8 250	1 620	150
DBO5	mg/l O2	2 400	400	50
MES	mg/l	270		200
Phosphore total	mg/l PO43-	36	27	
Sulfates	mg/l SO42-		>875	600
Nitrates	mg/l NO3-	<0,1	0	50

Les rejets de la SN-CITEC, à la sortie comme à l'entrée de la station d'épuration sont caractérisés par une forte minéralisation une forte pollution organique et chimique. Le mode de traitement reste aussi inefficace par rapport aux normes de rejet établies au niveau national. Les effluents de la SN-CITEC sont chargés en huile minérale dont une bonne partie est récupérée à la sortie par des femmes et mise en vente sur le marché.

L'élément important contenu dans ces effluents, la potasse, est récupéré pour la fabrication de savon. Cela peut expliquer la valeur élevée du pH.

Figure 10: Canal Brakina à la sortie de la SN-CITEC

Le déversement de ces effluents dans les eaux de surface entraîne, entre outres la diminution de la teneur en oxygène dissous. En effet, les matières organiques vont être dégradées par des bactéries qui consomment naturellement de l'oxygène dissous des rivières, privant ainsi les organismes aquatiques. Cette diminution de l'Oxygène dissous peut provoquer une anoxie dans les plans d'eau et par conséquent, des mortalités importantes de poissons.

2) La SOFIB

La Société de Fabrication Industrielle Barro (SOFIB) est une entreprise qui produit de l'huile à base des grains de coton, du beurre de karité et du savon à partir de l'huile de palme. Elle dispose de deux unités de production: une huilerie et une savonnerie qui est en arrêt actuellement. La SOFIB produit en moyenne 60m^3 d'eaux usées par jour composées d'huile, de glycérine et de soude.

Les rejets sont traités par décantation dans une série de bassins qui manquent d'entretien (voir photo). Ces effluents rejoignent le canal dit Brakina, très chargés d'huile et de potasse dont une bonne partie est récupérée par les riverains et mise en vente sur le marché.

Figure 11: Station d'épuration de la SOFIB

Les résultats d'analyse suivants donnent une idée de la qualité des rejets.

Tableau 9: résultats d'analyse des rejets de la SOFIB

Paramètres	Unités	Résultats			Normes nationales
		Eaux brutes	Eaux traitées	Performance %	
Température	°C	34	28	17,65	18-40
pH	Unité pH	9,5	12	-28,31	6,4-10,5
Conductivité	µS/cm	300	1713	-471	
Azote ammoniacal	mg/l NH3	8	2	75	1
Azote total	mg/l N	11	<1	99	
DCO	mg/l O2	605	683	-12,89	150
DBO5	mg/l O2		160		50
MES	mg/l	110			200
Phosphore total	mg/l	16,4	7,3	55,5	
Nitrates	mg/l NO_3^-	3,5	21	-500	50
Sulfates	mg/l SO_4^{2-}	40	>875	-287,5	600

Au regard de ces résultats, les performances de traitement de la station d'épuration de la SOFIB sont faibles. Les valeurs des paramètres des effluents traités dépassent celles de la norme avec des concentrations supérieures aux effluents bruts. Cela est sans doute lié soit à une

resuspension des boues au niveau du bassin à cause d'un manque d'entretien de la station de traitement, soit à des fuites au niveau du canal servant de By pass.

3) La BRAKINA

La BRAKINA à Bobo-Dioulasso est spécialisée dans la production d'eau minérale (LAFI), de bière et des boissons gazeuses. Elle consomme en moyenne 800m^3/j et produit en moyenne 536 m^3/j d'eaux usées composées de levure, soude, trimithane et de produits chlorés. Pour le traitement des effluents, la BRAKINA a mis en place une station d'épuration comportant une série de trois bassins à chicane qui reçoit en même temps les eaux usées provenant du process de fabrication et les rejets des toilettes. Les eaux de lavage et de refroidissement ne sont pas traitées. En effet, les résultats d'analyse montrent qu'elles sont chargées en MES et présentent une forte minéralisation avec une conductivité de 1298µS/cm.

Les rejets sont déversés dans le canal dit Brakina par un canal d'eaux pluviales passant devant l'usine.

Figure 12: Station d'épuration de la Brakina

Les résultats d'analyse des rejets de la Brakina sont donnés ci-dessous

Tableau 10: résultats d'analyse des rejets de la Brakina

Paramètres	Unités	Résultats			Normes nationales
		Eaux de lavage	Eaux brutes	Eaux traitées	
Température	°C	39	37		18-40
pH	Unité pH	11	10,3	9,7	6,4-10,5
Conductivité	µS/cm	1298	2280	421	
Azote ammoniacal	mg/l NH_3	3	61	1	1
Azote total	mg/l N	10	117	6	
DCO	mg/l O_2	676	2300	156	150
DBO5	mg/l O_2			65	50
MES	mg/l	980	330		200
Phosphore total	mg/l	6	130	12	
Nitrates	mg/l NO_3^-	3,5	<0,1	0	50
Sulfates	mg/l SO_4^{2-}	4	150	0	600

Au regard de ces résultats, les performances de traitement de la station sont assez bonnes (93% pour la DCO, 90,7% du phosphore, 81,5% de la minéralisation) soit un taux de d'épuration global de 80%. Cependant, les eaux de lavage doivent être traitées avant rejets. Elles présentent une charge chimique non négligeable qui peut avoir un impact différé par accumulation dans les eaux.

4) La MABUCIG

La MABUCIG est la seule société de fabrication de cigarettes au Burkina Faso. Elle a été crée en 1966. Les déchets produits sont essentiellement chargés en goudron, colle, poussières et emballages pour les déchets soldes. Ils sont déversés dans la nature sans aucun traitement préalable. Les eaux usées estimées à 50 m^3/j sont évacuées par le canal dit Brakina. Quant aux déchets solides, ils sont déposés au niveau de la décharge de l'aéroport.

L'analyse des eaux usées donne les résultats ci-dessous :

Tableau 11: Résultats d'analyse des rejets de la MABUCIG

Paramètres	Unités	Eaux brutes	Normes nationales
Température	°C	27	18-40
pH	Unité pH	8	6,4-10,5
Conductivité	µS/cm	1220	
Azote ammoniacal	mg/l NH_3	230	1
Azote total	mg/l N	120	
DCO	mg/l O2	807	150
DBO5	mg/l O2	520	50
MES	mg/l	240	200
Phosphore total	mg/l	67	
Nitrates	mg/l NO_3^-	10	50
Sulfates	mg/l SO_4^{2-}	14	600

Les effluents de la MABUCIG présentent une forte charge organique. Cette situation se traduit par une consommation accrue d'oxygène dissous et des risques d'eutrophisation des milieux récepteurs (prolifération d'algues, modification de la flore aquatique des plans d'eau).

5) L'Hôpital Sanou Souro

Le Centre hospitalier national universitaire Sanou Sourou (CHNUSS) est le deuxième plus grand centre Hospitalier du pays. Sa capacité d'accueil est de prés de 550 lits. Avec une production journalière estimée à 150m^3, les eaux usées de l'hôpital proviennent des diverses

activités sanitaires. Ces rejets sont déversés dans le Houet à travers le réseau d'eaux pluviales sans aucun traitement préalable avec tous les risques pathologiques que cela comporte pour le milieu récepteur.

Il faut signaler que les eaux du marigot Houet sont utilisées par des maraîchers pour l'arrosage des légumes..

Les déchets solides estimés à $2\,m^3/J$ sont composés de consommables médicaux, emballages (papiers), seringues, pansement. Ils sont déversés à la carrière située derrière l'aéroport et incinérés sur place. Les résultats d'analyse révèlent une forte contamination en germes de ces rejets (liquides). Ils sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 12: Résultats d'analyse des rejets de l'Hopital

Paramètres	Unités	Résultats	Normes nationales
Température	°C	29	18-40
pH	Unité pH	7,6	6,4-10,5
Conductivité	µS/cm	2 080	
Azote ammoniacal	mg/l NH_3	145	1
Azote total	mg/l N	232	
DCO	mg/l O_2	420	150
DBO5	mg/l O_2	420	50
MES	mg/l	140	200
Phosphore total	mg/l	5,3	
Nitrates	mg/l NO_3^-	12	50
Sulfates	mg/l SO_4^{2-}	50	600
Germes totaux 37°C	/ml	$2\ 10^8$	
Germes totaux 22°C	/ml	$2\ 10^8$	
Coliformes fécaux	/100ml	$2\ 10^8$	2000
Streptocoques fécaux	/100ml	>200	
Anaérobies sulfito-réductrices	/20ml	>200	

Au vu de ces résultats, les eaux usées de l'Hôpital présentent des charges organiques et bactériologiques très importantes. Les fortes teneurs en azote et en DBO_5 créent une anoxie compromettant la vie aquatique. Le rejet de ces effluents directement dans le Houet constitue beaucoup de risques dont :

- la disparition des silures sacrés de la ville de Bobo-Dioulasso ;
- les risques de maladies des maraîchers utilisant ces eaux contaminées pour l'arrosage. Néanmoins, il y'a lieu de s'interroger sur la qualité de ces produits.

Vu l'ampleur des risques liés à ces rejets sur la santé humaine et environnementale, un traitement efficace est nécessaire.

6) Autres sources de pollution industrielle

D'autres entreprises déversent leurs déchets non traités dans le réseau d'eaux pluviales, il s'agit notamment de la SIFA (après neutralisation), l'Abattoir frigorifique, la SONABEL (eaux de refroidissement), la SITARAIL, CBTM.

Le tableau suivant donne les détails sur les caractéristiques des rejets :

Tableau 13: Résultats d'analyse des rejets de l'abattoir, SONABEL, SIFA

Paramètres	Unités	Abattoir	SONABEL	SIFA	Normes
Température	°C	32	33.2	30.4	18-40
pH	Unité pH	7,5	7	7.7	6.4-10.5
Conductivité	µS/cm	2 550	405	594	
Azote ammoniacal	mg/l NH_3	30	18	30	1
Azote total	mg/l N	620	24	91	
DCO	mg/l O_2	12 600	84	910	150
MES	mg/l	3 780	42		200
Phosphore total	mg/l	337	7	19	
Nitrates	mg/l NO_3^-	<0,1	9	0.2	50
Sulfates	mg/l SO_4^{2-}	<2	20	<2	600
Nickel	mg/l			0.01	0.5
Plomb	mg/l			0	500
Zinc	mg/l			0.04	5

Ces eaux usées sont déversées dans le réseau sans traitement préalable. Avec leur forte charge en phosphore et azote, les risques d'eutrophisation des eaux sont réels.

Figure 13: Drain des eaux usées de l'abattoir

7) Canal Brakina-Bingbélé

Depuis la zone industrielle, le cours d'eau Bingbélé draine l'essentiel des eaux du triangle compris entre la route de Dindéresso et la route Nationale N°9 vers la rivière du Kou. Ces eaux usées sont celles de toutes les usines situées près de la voie ferrée : à celles –ci il, faut ajouter celle de la SIFA et des ménages des secteurs traversés.

De nos jours, le canal dit Brakina représente le collecteur principal des eaux usées industrielles. Il traverse la ville sur 6 km environ (dont 2 Km revêtus) avant de rejoindre le cours d'eau Bingbélé. En effet, au niveau des quartiers des secteurs 09 et 21, les eaux du canal sont chargées des ordures ménagères et eaux usées domestiques dans le canal.

C'est sans doute cette situation qui est à l'origine des inondations évoquées par les riverains en saison de pluies.

Figure 14: Canal Brakina au niveau du complexe ferroviaire

Les constats indiquent une concentration et un stockage des déchets tout au long du cours sur une dizaine de kilomètres à travers les secteurs 09, 21, 22, et la forêt classée de Dindéresso. En début de saison des pluies, un ressuyage s'effectuant par les premières crues draine les substances chimiques vers les confluences du Bingbélé et du Houet.

Les résultats d'analyse des eaux du canal et des cours d'eau (Houet et Bingbélé) sont donnés ci-dessous :

Tableau 14: Résultats d'analyse des rejets industriels dans la forêt (cours d'eau Bingbélé)

Paramètres	Unités	Sortie zone industrielle	Entrée forêt	2.35Km dans la forêt	3.00Km dans la forêt	Normes
Azote	mg/l	4.2	3,3	3,4	1,4	1
Azote total	mg/l N	24	14,2	13,4	11	
Conductivité (*)	µS/Cm 25°C	2 310	1140	747	665	
DCO	mg/l O_2	1 011	82	33	< 20	150
DBO_5	mg/l O_2	550	75	30	15	50
Manganèse	mg/l Mn	0	0	0	0	
MES	mg/l	270	79	58	17	200
Nitrates	mg/l $N\text{-}NO^-_3$	39	1,2	0,6	0,4	50
pH	Unité pH	10.5	7,2	7,2	8,8	10.5
Phosphore total	mg/l P	64	9,4	8	5	
Sulfates	SO_4^{2-}	43	59	29	43	600
Zinc	mg/l Zn		0,02	0,05	0,2	5

L'analyse de ce tableau montre une nette amélioration de la qualité des effluents entre le point de rejet et le point de rétention. Sur une distance d'environ 5 kilomètres, le phosphore total est éliminé à 92%, les nitrates à 99%, la DCO à 91.6%, la DBO_5 à 94,5%. Le cours d'eau est en phase d'auto épuration active. Ainsi le taux d'épuration (naturel) des effluents dépasse les 50% pour tous les paramètres.

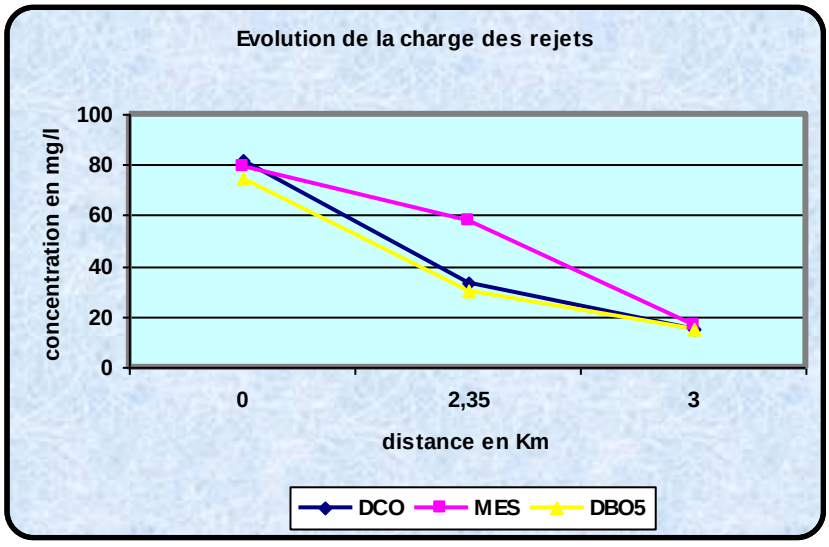


Figure 15: Evolution de la charge des rejets dans la forêt

Les caractéristiques d'écoulement ci-dessous ont été mesurées sur le terrain :

- le débit moyen d'écoulement de 0.0015 m^3/s ; vitesse d'écoulement 0.14 m/s ;

- pente : 0.4%.

Avec ces résultats nous pouvons dire que la forêt constitue un bon système d'épuration. Le traitement des eaux usées industrielles par lagunage semble donc possible.

Comme le montre le tableau précédent, il y'a eu une réduction considérable de charge à l'entrée de la forêt, marquant aussi le phénomène d'auto épuration.

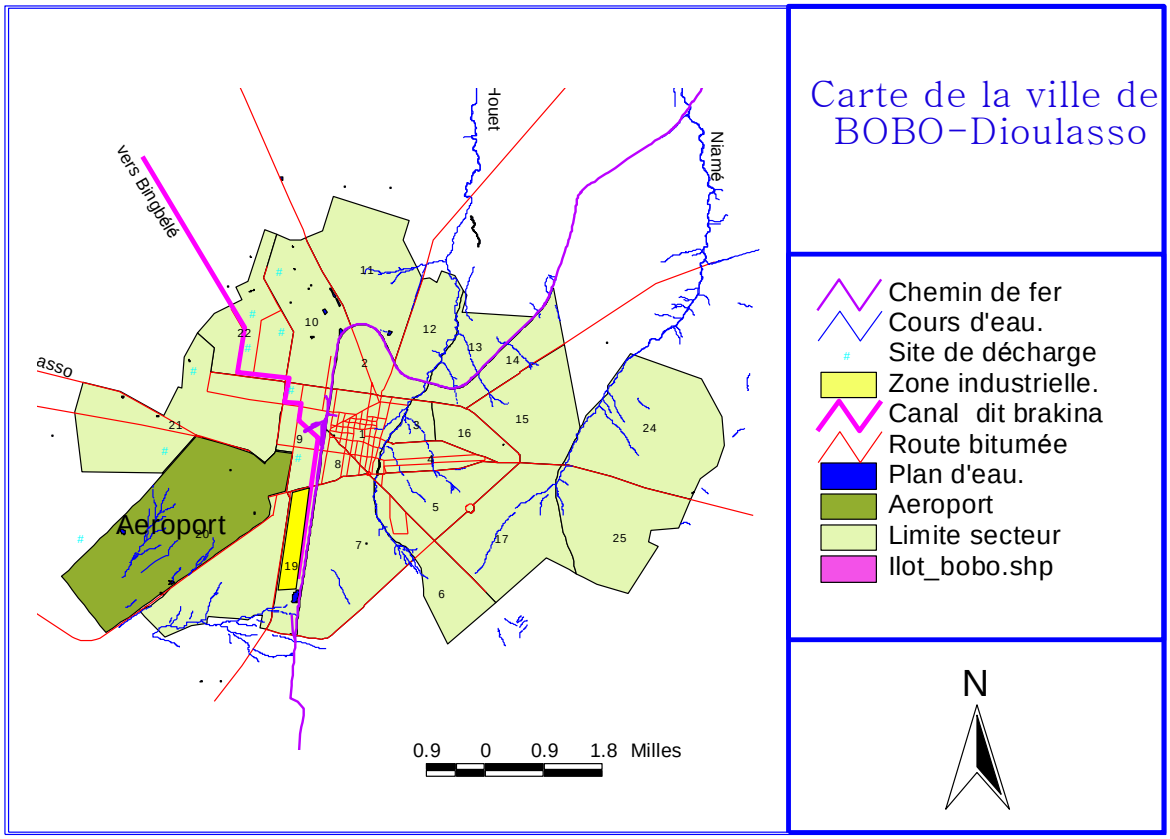


Figure 16: Carte de localisation des sources de pollution urbaine

IV.3. mode de transfert des polluants

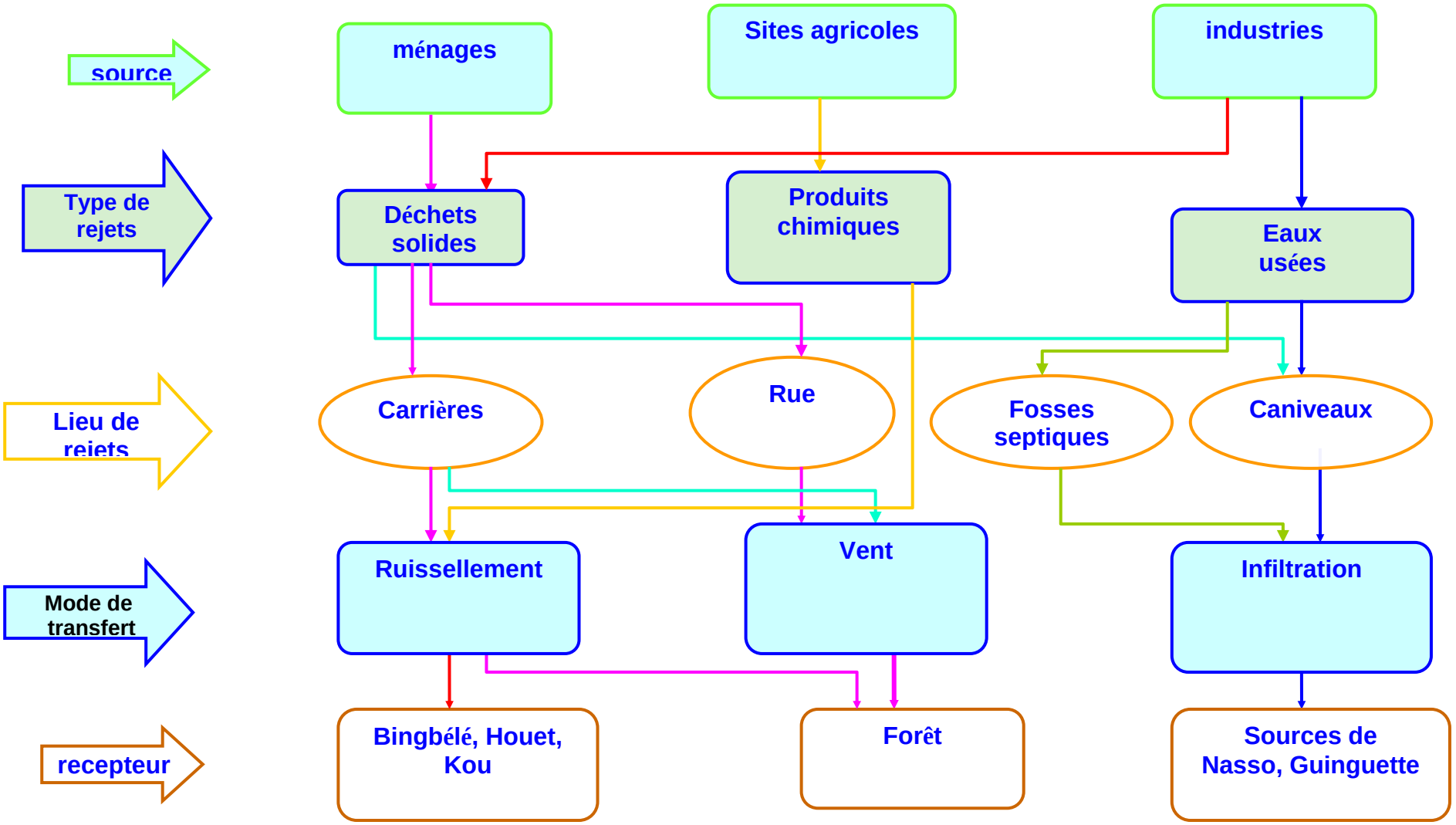
Le rôle des eaux pluviales est important dans les transferts de pollution. Les eaux de ruissellement lessivent les sols, les surfaces imperméabilisées et de chargement issus des déchets solides et liquides. Les eaux pluviales peuvent contenir de ce fait des métaux lourds et des toxiques : plomb, zinc, hydrocarbures. Cela n'a pu être prouvé par cette étude pour des raisons de temps. En milieu rural, elles provoquent en outre le lessivage des terres agricoles, entraînant engrais et pesticides vers les cours d'eau ou les nappes. Les décharges de déchets domestiques ou industriels, lorsqu'elles ne sont pas aménagées, sont également lessivées par les eaux de pluie. Le modèle théorique de transfert décrit le processus qui favorise le transport des effluents de la source à la ressource en eau. Ce mode de transfert se caractérise par les

éléments qui entrent en jeu et leurs interactions. Ces éléments sont entre autres la topographie du terrain, la position géographique des sources de pollution par rapport aux récepteurs (cours d'eau), les caractéristiques du sol et le type de polluant.

1. la topographie du terrain est déterminée par la pente et le sens d'écoulement des eaux par temps de pluie. L'ensemble des eaux de ruissellement du bassin est drainé par les cours d'eau. Elles sont susceptibles d'être polluées par lessivage au niveau des décharges non aménagées sur le bassin.
2. la position des sources de pollution : l'ensemble des polluants situés en amont du bassin versant est drainé par les eaux de ruissellement vers l'exutoire. Ceci est favorisé par la topographie du bassin. Dans le cas du bassin versant du Kou, la principale source de pollution qui est la ville est située en crête de bassin. Les rejets urbains (liquide et solides) sont pour l'essentiel déversés dans les caniveaux d'évacuation des eaux pluviales. Or il se trouve que l'exutoire de ce réseau de caniveaux est constitué par ceux des sous bassins du Houet, Bingbélé, Niamé et du Kou. En résumé la ville de Bobo-Dioulasso est à cheval sur les quatre sous bassins cités ci-dessus. Il en est donc ainsi pour toutes ses sources de pollution. Quant aux autres sources de pollution liées aux activités agricoles, elles sont en général situées sur les rives des cours d'eau. Cette situation entraîne d'autres effets en plus de la pollution par les produits chimiques. Il s'agit notamment de l'ensablement des lits et les inondations. En effet, selon le service technique de la section petite irrigation villageoise dans le Houet, les exploitants agricoles ne respectent pas la norme qui recommande une distance de 100m entre le lit du cours d'eau et la limite du périmètre.
3. caractéristiques du sol : les paramètres caractéristiques du sol sont importants dans le transfert des polluants. En effet les polluants sont entraînés par lessivage. Une partie est drainée vers les eaux de surface, l'autre partie s'infiltre vers les eaux souterraines. Les proportions des infiltrations et les risques de pollution des eaux souterraines dépendent du coefficient d'infiltration du sol et du niveau de la nappe. Dans le cas du bassin du Kou, l'essentiel des aquifères sont peu profonds (variant entre 2m en saison de pluies et 20m en saison sèche). Il existe donc des risques réels de pollution de la nappe et surtout les sources d'approvisionnement de la ville. De plus, des études géologiques réalisées sur la zone ont montré la présence de zones assez perméables (vitesse d'infiltration de 15l/m2/jour), notamment les surfaces qui alimentent les aquifères captées par la source de Nasso.
4. le type de polluant : le type de polluant est déterminant dans le processus de transfert des polluants ; les polluants solides (au niveau des décharges sauvages) sont lessivés par les eaux de pluie et drainées vers les cours d'eau. L'érosion des sols est l'un des principaux facteurs responsables de l'apport de matières en suspension dans les cours d'eau. Elle résulte du déplacement des particules de sol sous l'action du vent (érosion éolienne) ou

de l'eau (érosion hydrique). Ce phénomène occasionne le transfert d'une quantité importante de sols fertiles vers les cours d'eau.

MOdèle de transfert des polluants



IV.4. les Enjeux

IV.4.1. les enjeux économiques

Le bassin du Kou, de par l'importance de son potentiel eau, offre d'énormes potentialités socio-économiques. C'est ce qui a sans doute contribué au développement des activités économiques (industrie, agriculture) et la forte présence humaine dans la zone. Mais on constate déjà des situations de pénurie d'eau et de conflits d'usage. La qualité de la ressource en eau diminue à cause d'une mauvaise utilisation et d'une mauvaise gestion de l'environnement. Les problèmes sont en général engendrés par :

- l'accroissement des surfaces exploitées suite à un accroissement démographique continu et à l'appauvrissement des surfaces exploitées ;
- le manque de moyen financiers pour mettre en place un système de gestion adéquat des déchets solides et liquides produits dans la zone. Malgré la volonté affichée par les pollueurs (ménages et industries) d'assurer une bonne gestion des déchets, ils sont freinés parfois, par le manque de moyens. Ainsi, ils optent pour des systèmes moins chers qui ne sont forcements pas adaptés techniquement.

Aussi, le secteur informel et la débrouillardise individuelle dominent dans la construction et l'entretien des installations d'assainissement et expliquent leur mauvaise mise en œuvre des ouvrages auxquelles, s'ajoutent les conditions d'hygiènes déplorables qui les entourent.

Ainsi, on comprend les raisons d'inefficacité des stations d'épuration de la zone industrielle, de l'absence de traitement des effluents de certaines unités depuis un certain nombre d'années.

IV.4.2. Les enjeux environnementaux et sanitaires

Il n'est plus de nos jours à démontrer les effets néfastes d'un mauvais assainissement notamment celui du rejet brut des eaux usées et déchets solides, sur l'environnement, la santé humaine. Entre autres, on peut citer, à partir des études antérieures sur la même thématique :

- une perte de biodiversité se traduisant par une disparition de la faune et la flore aquatique ;
- une diminution de l'oxygène dissout dans l'eau : les matières organiques en décomposition et les débris peuvent consommer l'oxygène dissout dans l'eau créant une situation anoxique dans les lacs ou autres retenues d'eau et causer ainsi la mortalité des espèces aquatiques qui y vivent ;
- une eutrophisation continue des plans d'eau due à une quantité excessive en azote et phosphore, qui peut engendrer des substances toxiques aux organismes aquatiques, en

réduisant l'oxygène dissout. Ce phénomène est aussi source de nuisances olphatiques et septiques ;

- une présence de bactéries, virus et agents pathogènes, qui polluent les ressources en eau, imposant ainsi des contraintes quant à la consommation d'eau et les autres usages dont les activités récréatives telle que la baignade.
- un développement des agents vecteurs de maladies hydriques tels que les moustiques, vecteur du paludisme ;
- la présence dans l'eau de certains pesticides, produits chimiques (engrais), métaux (plomb, cadmium, chromes, arsenic,…) et composés chlorés, qui peuvent s'introduire dans certains invertébrés, s'y accumuler et avoir des effets toxiques sur certains poissons prédateurs, dont la consommation par les humains peut nuire à la santé et même causer la mort.
- une contamination des nappes phréatiques,

Toutes ces nuisances sur l'environnement, la santé humaine expliquent l'importance d'un traitement adéquat des déchets liquides et solides avant leur rejet dans le milieu récepteur.
Au niveau du périmètre rizicole de la vallée du Kou, les statistiques du CSPS ont donnés les résultats suivants sur les principales maladies liées à la qualité de l'eau de la zone :

Tableau 15: Maladies liées à la qualité de l'eau dans la Vallée du Kou

Nombre de cas / pathologies	0 à 4 ans	5 à 14ans	Adultes	
			Hommes	**Femmes**
paludisme	1 259	441	410	**976**
Diarrhée & Dysenterie	77	14	55	**88**
Parasitoses	13	15	32	**43**
Schistosomiase	**1**	**1**	**13**	**4**

En examinant ce tableau, nous voyons que ce sont les adultes qui sont les plus vulnérables aux maladies liées à l'eau telles que la schistosomiase urinaire, les parasitoses intestinales, etc. Cela est dû au fait que ce sont généralement les adultes qui ont beaucoup plus de contact avec l'eau du cours d'eau ; car ce sont eux qui s'occupent de l'arrosage des parcelles.

L'autre facteur important est le manque de protection des irrigants (gans, bottes). Pendant les cultures, les paysans travaillent pied nu, ce qui facilite le contact Homme-eau, les exposant aux maladies de la peau, parasites de la bilharziose, schistosomiase, etc.

IV.4.3. Les enjeux institutionnels

Les lois visant la protection de l'environnement contre les rejets bruts des eaux usées et déchets solides, qu'elles soient d'origine domestique ou industrielle, et des sous produits issus des stations de traitement sont multiples mais pas suffisamment explicites. Chaque ministère a en son sein un département chargé de veiller sur le maintien de la qualité de l'environnement. Cela explique le lien qui existe entre la gestion des ressources en eau et de l'environnement en général et les autres secteurs d'activité anthropiques. C'est d'ailleurs ce qui explique que l'essentiel des lois relatives à l'assainissement régissent la protection des ressources en eau.

De plus, comme on peut le constater dans le schéma des acteurs, le jeu des acteurs est assez étoffé, mais dans la pratique, il n'existe pas une coordination véritable au niveau des actions.

Cependant, des efforts sont en cours ces dernières années. L'éveil des consciences en faveur de l'environnement a atteint un niveau tel que la notion d'environnement est devenue préoccupante. On assiste à un développement d'associations et ONG intervenant dans le domaine de l'assainissement dont la plupart ne maîtrisent pas les textes en vigueur. Au niveau du gouvernement un effort a été fait dans ce sens et désormais il existe un code de l'environnement et des normes de rejets. (Voir annexe). Cependant il existe des insuffisances dans l'application des lois et normes.

Conclusion

A travers ce diagnostic, on comprend le lien qui existe entre la dégradation de la qualité des ressources en eau dans le bassin du Kou et les activités anthropiques. Les entretiens tenus avec les différents acteurs et les observations faites sur le terrain laissent comprendre que les risques de pollution des ressources en eau sont essentiellement liés à une mauvaise gestion des déchets produits dans la ville de Bobo-Dioulasso, située en amont du bassin et des pratiques agricoles fortement dépendantes des produits chimiques. En intégrant tous ces paramètres dans notre réflexion, nous essayons dans le chapitre qui suit d'élaborer des propositions de mise en œuvre.

QUATRIEME PARTIE: PROPOSITIONS POUR UNE MEILLEURE GESTION DES RESSOURCES EN EAU DE LA VALLEE DU KOU

CHAPITRE V. PROPOSITION POUR UNE MEILLEURE GESTION DES RESSOURCES EN EAU DU KOU

Introduction

Pour une meilleure gestion des ressources en eau dans le bassin du Kou, nous proposons ci-après des solutions adaptées au contexte de la zone. Ces propositions sont basées sur les résultats d'investigations réalisées et de nos propres observations sur le terrain. Elles visent la réduction, voire l'élimination des polluants à la source. Etant donné que la pollution des ressources en eau est directement liée aux activités anthropiques qui existent sur le bassin, dont celles liées à l'urbanisation, ceci nécessite la mise en place d'une gestion efficace et cohérente des déchets solides et liquides afin d'éviter leur rejets dans la nature et réduire les risques de pollution des ressources naturelles.

I. Proposition pour l'assainissement des eaux usées industrielles

I.1. choix du système de traitement

Le traitement des eaux usées dans une station d'épuration permet d'éviter au milieu récepteur les conséquences néfastes d'un rejet brut de ces eaux. Il existe plusieurs types de stations de traitement des eaux usées. Les plus répandues en Afrique subsaharienne sont le procédé par boues activées, les lits bactériens et le lagunage.

I.1.1. les boues activées

Les boues activées sont des systèmes qui fonctionnent biologiquement essentiellement comme les lagunes aérées. L'aération des effluents est également artificielle, la culture bactérienne est renouvelée par circulation des boues éliminées par décantation. Les procédés de traitement sont nombreuses mais répondent en général au schéma de traitement suivant :

Les effluents arrivent dans un décanteur primaire où une partie des charges est éliminée, puis ils sont admis dans le bassin d'aération où ils sont débarrassés de leur charge organique. L'eau subit une seconde décantation dans un décanteur dit secondaire avant d'être rejetée dans le milieu récepteur.

I.1.2. les lits bactériens

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien, consiste à faire ruisseler les eaux usées préalablement décantées, sur une masse de matériaux poreux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. Le matériau doit permettre le contact entre l'effluent à traiter et les micro-organismes et la circulation de l'air jusqu'à la culture.

I.1.3. le lagunage

Le traitement par lagunage se fait sous deux procédés à savoir : le lagunage aéré (avec apport artificiel d'oxygène) et le lagunage naturel (sans apport artificiel d'oxygène).

a) Le lagunage naturel

Le principe du lagunage naturel est basé sur l'apport naturel de l'oxygène par les échanges avec l'atmosphère au niveau du plan d'eau et la photosynthèse des algues (microphytes, macrophytes).

b) Le lagunage aéré

C'est un procédé par lagunage comportant système d'aération artificielle qui assure l'oxygénation des eaux usées ; en outre, il se produit un certain brassage des effluents pour éviter tout dépôt. Dans une telle lagune il n'y a pas de fermentation. Ce procédé est issu de lagunes naturelles surchargées où la photosynthèse ne parvient plus à fournir suffisamment d'oxygène.

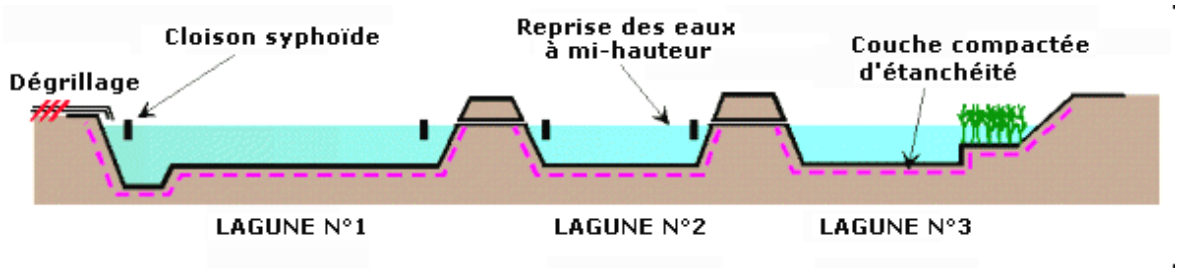


Figure 17: système de lagunage naturel

I.2. comparaison des systèmes dépuration

L'analyse des inconvénients énumérés par Marc Satin et Béchir Selmi (Guide Technique de l'Assainissement 1999) permet de faire une comparaison succincte entre les trois systèmes (voir tableau).

Tableau 16: comparaison des systèmes d'épuration

Lits bactériens	➢ Faible élimination de l'azote et du phosphore ➢ Forte sensibilité du traitement à la température (rendement plus faible en hiver) ➢ Coût d'investissement élevé ➢ Exige une correction de carence en azote ou en phosphore ➢ Faible performance d'épurartion
Boues activées	➢ Exige une surveillance très sévère ➢ Nécessite un personnel d'exploitation spécialisé ➢ Ne convient pas pour les petites stations ➢ Ses performances sont sensibles à la nature et de la qualité de l'effluent (température ambiante dans le bassin d'aération, pureté de l'air insufflé, débit de recyclage des boues, cas des produits chimiques) ➢ Abattement DBO entre 85% et 95% baisse pour les fortes charges
lagunage	➢ Manque de curage des boues au fond des bassins et l'insuffisance d'évacuation des boues qui s'accumulent dans le bassin anaérobie ➢ La production importante d'algues (désherbage obligatoire) ➢ Surcoût généré par la nécessité d'imperméabiliser le terrain (compactage, argile, pose d'un film étanche sur le fond et les berges) ➢ Prolifération des moustiques (entretien régulier) ➢ Risque d'odeurs, particulièrement pour les bassins anaérobies.

De l'analyse de ce tableau, il ressort que le système d'épuration par lagunage s'avère le plus adapté. D'une manière générale ses inconvénients sont faciles à supprimer par un entretien régulier et rigoureux.

Le choix du lagunage s'explique entre autres par les avantages socio-économiques, techniques et environnementaux qu'offre ce type de technologie dans la zone :

- Climat relativement chaud, favorable à une bonne digestion biologique ;
- Il ne nécessite pas un personnel spécialisé ;
- Coût d'investissement et de fonctionnement limités ;
- Bonne intégration dans l'environnement ;
- Bonne élimination des germes pathogènes.

I.3. Aspects techniques

Le système adopté, compte tenu de la qualité des effluents (d'origine industrielle), comprend :

- Un traitement chimique des effluents à la source avant rejet dans le réseau d'égout de la station d'épuration effluents industriels ;
- Un prétraitement physique (dégrillage, tamisage);
- Un traitement biologique par lagunage.

I.3.1. Estimation des rejets d'eaux usées industrielles:

Les rejets d'eaux usées industrielles sont estimés à 1327 m3/j (source : PSAB).

I.3.2. Charges hydrauliques d'eaux usées:

Nous déterminons le débit de pointe journalier à partir du débit de rejet estimé (*1327 m3/j*). Le temps de travail à l'usine va de 7h le matin à 18h le soir, soit un temps de 11 heures par jour.
Le débit moyen horaire est donné par la relation suivante :

$Q_{moyen} = \frac{Debit\ journalier}{Temps\ de\ travail} = \frac{1327}{11}$ = 120,60m^3/h = 33.50 l/s

Le débit de pointe sera donc :

$Q_{pointe} = Cp * Q_{moyen}$

Avec Cp= 2.09 (coefficient de pointe Cp = 1,5+ 2,5 x $Q^{-1/2}$, source WETHE J.)

Q_{pointe} = 2.09* 33.50 = 70.04 l/s = 0.0700 m^3/s

Les eaux résiduaires industrielles sont très chargées chimiquement (DCO =5390,80 Kg/j), leur traitement, uniquement par la voie biologique, est impossible. Il faut donc chercher à rabaisser la pollution chimique avant d'envisager un quelconque traitement par voie biologique.
Pour cela, chaque entreprise devra effectuer un prétraitement préalable avant tout rejet dans le réseau de collecte. (cf. : PSAB-Industries).

I.3.3. Dimensionnement des ouvrages de la STEP

Le traitement des eaux usées des industries, nécessite un prétraitement très soigné pour éliminer une bonne partie des charges solides et fluides (bouse, matières grasses, matières végétales) charriés par ces effluents.
Les différentes étapes du traitement seront :

- un dégrillage,
- un déshuilage ;
- un tamisage ;

- une décantation anaérobie;
- un lagunage (bassin facultatif)
- un bassin de maturation.

a) ***le canal d'amenée***

Le canal d'amenée des eaux usées industrielles vers la STEP doit traverser des quartiers de la ville. Pour cette raison, il sera enterré et en PVC afin de réduire les nuisances liées à l'odeur des effluents. La profondeur moyenne du canal de 40 cm.

Calculons la section du canal.

Données :

- Débit de pointe : Q_{pointe} = 2.09* 33,50 = 70.04 l/s = 0.070 m^3/s
- k_S = 90
- La pente du canal sera à la limite égale à celle du terrain nature soit J= 0,4%

La formule généralement utilisée est celle de Manning-Strickler selon laquelle :

Q= SxV

$V= K_s \times J^{1/2} \times R^{2/3}$

- S est la section du canal
- Le diamètre de la conduite est donnée par
- $D= [(Q/(0,31 \times K_S \times J^{1/2})]^{3/8}$ formule établie par Ganguillet-Kutter

Le canal d'amenée sera en PVC et aura un diamètre **D=300mm**

Vérification d'auto curage du réseau :

Pour le remplissage de la conduite au moins aux 2/10ème, $V=\frac{2*Q}{10*S}=\frac{2*0,07}{10*3,14*0,3^2/4}=0,20\,m/s$

La condition d'auto curage (V_{min} = $0,3\,m/s$) n'est pas satisfaite. Nous prendrons une conduite de diamètre **D=250mm.** Ainsi la pente à adopter sera égale à **J = 1%.**

b) Le dé grilleur :

Le dégrillage retient, par des grilles placées en travers du canal d'amenée, les déchets de bois, papiers, plastique, chiffon,..., afin de protéger les matériels de la station contre les obstructions.

Les effluents produits au niveau des industries proviennent en général des procès de fabrication et chargés d'éléments grossiers. Ainsi le dégrilleur sera du type fin. Le bassin de dégrillage est dimensionné pour contenir tous les déchets retenus par le dégrilleur et permettre son nettoyage manuel. Ses dimensions seront définies en fonction des dimensions du dégrilleur.

Tableau 17: Hypothèses de dimensionnement du système de dégrillage

DIMENSIONNEMENT DU DEGRILLEUR	
Hypothèses de dimensionnement	
Epaisseur des barres	E = 3mm
Espacement des barres	B = 4mm
Vitesse V	V = 0,60 m/s
C (dégrillage manuel)	0,70
inclinaison de la grille	α = 60°
Débit de pointe Qp	0,07 m^3/s
largeur du dégrilleur l	l=2*H

Longueur oblique du dégrilleur L0 $\frac{h}{Cos\alpha}$ h = tirant d'eau

Surface utile du dégrilleur Su = $\frac{Q}{V}$

Surface du dégrilleur Sm = $\frac{Su}{\theta(1-C)}$ Avec $\theta = \frac{e}{(e+b)}$

Les dimensions du système de dégrilleur et bassin de dégrillage sont données dans le tableau suivant :

Tableau 18: Dimensions du système de dégrillage

DIMENSIONS DU DEGRILLEUR	
Longueur oblique du dégrilleur Lo	**1,50 m**
Largeur du dégrilleur : l	**1,50 m**
Le tirant d'eau : H	**70 cm**
Maille	**4*4 mm**
Epaisseur barre e	**3mm**
DIMENSIONS DU BASSIN DE DEGRILLAGE	
Longueur	**2 m**
Largeur	**1,50 m ;**
Profondeur	**70 cm**

A la sortie du bassin de dégrillage, le canal d'amener doit retrouver ses dimensions (Φ = 250mm)

a) Le tamis :

A la sortie du bassin de dégrillage, un tamis filtrant à nettoyage manuel sera installé pour retenir le sable et autres éléments fins.

b) Le déshuileur :

Le déshuilage (généralement combiné avec le dessablage) favorise, par injection de fines bulles d'air, la flottation des huiles et des graisses qui sont séparées par raclage de surface.

Un déshuileur, sera aménagé à l'entrée du bassin anaérobie, sous forme de cloisons siphoïdes en tôle et les huiles surnageantes seront raclées au fur et à mesure de leur dépôt.

c) Bassin anaérobie :

Le bassin anaérobie (ou lagune non aéré) est utilisé pour diminuer la teneur en substances organiques d'eaux résiduaires brutes ou clarifiées mécaniquement (décantation primaire).

Tableau 19: Hypothèses de dimensionnement du bassin anaérobie

HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT DU BASSIN ANAEROBIE	
Elimination de la DBO	**60%**
Concentration en DBO_5 mesurée en laboratoire en mg/l L_i	**550**
vitesse de chute des particules en m/s	**0,3**
Débit d'entrée des effluents en m3/J	**1327**
Rapport L/l	**3,5**
Charge volumique tolérée λ_V en $g/m^3/j$	**350**
Profondeur du bassin H en m	**3**
Nombre de bassins anaérobies	**2**

Calculs :

Le volume du bassin $V = \frac{LixQi}{\lambda_V} = 2085.28\ m^3$

Volume d'un bassin $V_{BA} = 1043\ m^3$

V= S* H=H *3.5 l^2, d'où: l = $\sqrt{\frac{V}{3.5 * H}}$

Temps de séjour dans les bassins $T_s = \frac{V_{BA}}{Qi}$ T = 1,6 jour

Les dimensions d'un bassin de décantation sont données dans le tableau suivant:

Tableau 20: Dimensions du bassin anaérobie

DIMENSIONS DU BASSIN ANAEROBIE	
Temps de séjour en jour	**1,6**
Volume en m^3	**1050**
Surface	**350**
Longueur en m	**35**
Largeur en m	**10**
Profondeur en m	**3**
DIMENSIONS DU FOND DU BASSIN ANAEROBIE	
L1 = L2 en m	**2,5**
L3 en m	**2**
Profondeur en m	**0.5**

d) Bassin facultatif :

Le bassin facultatif (ou lagune aérée) est utilisé pour l'épuration biologique des substances organiques non décantées et non dissoutes contenues dans les eaux résiduaires pré-épurées mécaniquement dans des étangs de décantation ou par un autre procédé.

Tableau 21: Hypothèses de dimensionnement du bassin facultatif

HYPOTHESE DE DIMENSIONNEMENT DU BASSIN FACULTATIF	
Charge à l'entrée du bassin facultatif en Kg DBO/J	146
Taux d'élimination de la DBO5 dans le bassin anaérobie	60%
Elimination de la DBO5 dans le bassin facultatif	80%
température moyenne du mois le plus froid en °C	24
Profondeur en m	1,5
Rapport L/l	2
Fruit des berges	2,5
Nombre de bassins facultatifs	4

- Charge surfacique de pollution :

λ_s = 10,50*24-35 = 10,50*20-35 = 217 Kg (DBO_5)/ha/j

Nous cherchons à déterminer les dimensions du bassin facultatif:

- Vf = volume du bassin facultatif ;
- L, l, en base et gueule, respectivement, la longueur et la largeur du bassin en mètre ;
- Sf = la surface du bassin facultatif ;
- Tf = temps de rétention du bassin facultatif

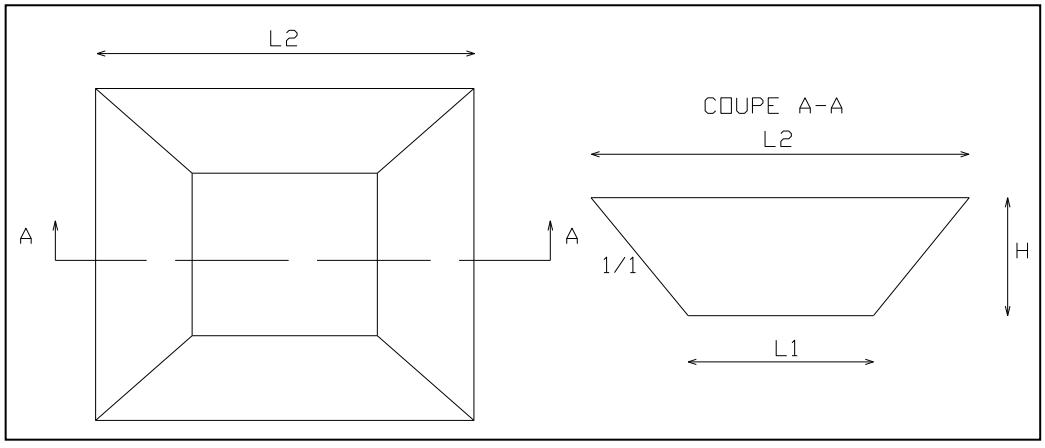
Sf = $\frac{Fe}{Cs} = \frac{146}{217}$ =0.672673 ha = 6 726,73 m^2

V_{bf} = 12 554 m^3 Tf = $\frac{Vf}{Qj} = \frac{12554}{1327}$ = 9,5Jours

Tableau 22: Dimensions du bassin facultatif

DIMENSIONS D'UN BASSIN FACULTATIF			
Volume en m3	3138	Temps de séjour en Jours	9,5
Surface en base en m2	1800	Surface en Gueule en m2	2 176
Longueur en base en m	36	Longueur en gueule en m2	71
Largeur en base en m	18	Largeur en gueule en m2	26

$$V = H \times (l + m \times H) \times L + m \times l \times H^2$$



e) Bassin de maturation

Il est anaérobie sur toute sa profondeur et est placé en série avec le bassin facultatif. Le but principal de ce bassin est de fournir un effluent de haute qualité en réduisant de manière efficace la population des bactéries fécales. En effet les eaux usées industrielles sont fortement charges de bactéries fécales. La profondeur maximale de ces bassins est de 1m.

Les bassins de maturation auront des formes trapéziques.

Tableau 23: Hypothèses de dimensionnement du bassin de maturation

HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT DU BM	
Nombre de CF à la sortie du BF/100ml N_E	**$2\ 10^8$**
Nombre de CF à la Sortie du BM /100ml N_S	**2000**
Elimination DBO dans le Bassin facultatif	**80%**
Temps de séjour dans le bassin anaérobie t_{BA} en jours	**1,6**
Temps de séjour dans le bassin Facultatif t_{BF} en Jours	**9,5**
Temps de séjour dans le bassin de maturation t_{BM} en jours	**6**
profondeur des bassins de maturation en m	**1**
Fruit (m)	**2,5**

$$\frac{Ne}{Ni} = \frac{1}{(1+K_b * t_{BA}) * (1+K_b * t_{BF}) * (1+K_b * t_{BM})^n}$$

Avec K_b : Constante de vitesse de première ordre pour l'élimination des bactéries

$K_b = 2.6*1.19^{T-20} = 2.6*1.19^{24-20} = 5,21$

Conditions :

$3 < t_{BM} < t_{BF}$

$L/l = 3$

Le nombre de bassin de maturation est égal à **N_{BM} = 5**.

$V_{BM} = Q_f * t_{BM}$

Les dimensions d'un bassin de maturation sont :

Volume en m3	1592	Temps de séjour en Jours	6
Surface de base en m2	1452	Surface en Gueule en m2	1917
Longueur en base en m	66	Longueur en gueule en m2	71
Largeur en base en m	22	Largeur en gueule en m2	27

f) Le bassin de stockage :

Le bassin de stockage sera dimensionné pour contenir les effluents traités en vue d'un éventuel pompage vers le lieu d'utilisation.

Il sera enterré et aura les dimensions suivantes :

- Longueur : 29,50m ;
- Largeur : 15m ;
- Profondeur : 3m ;
- Volume : 1328 m^3

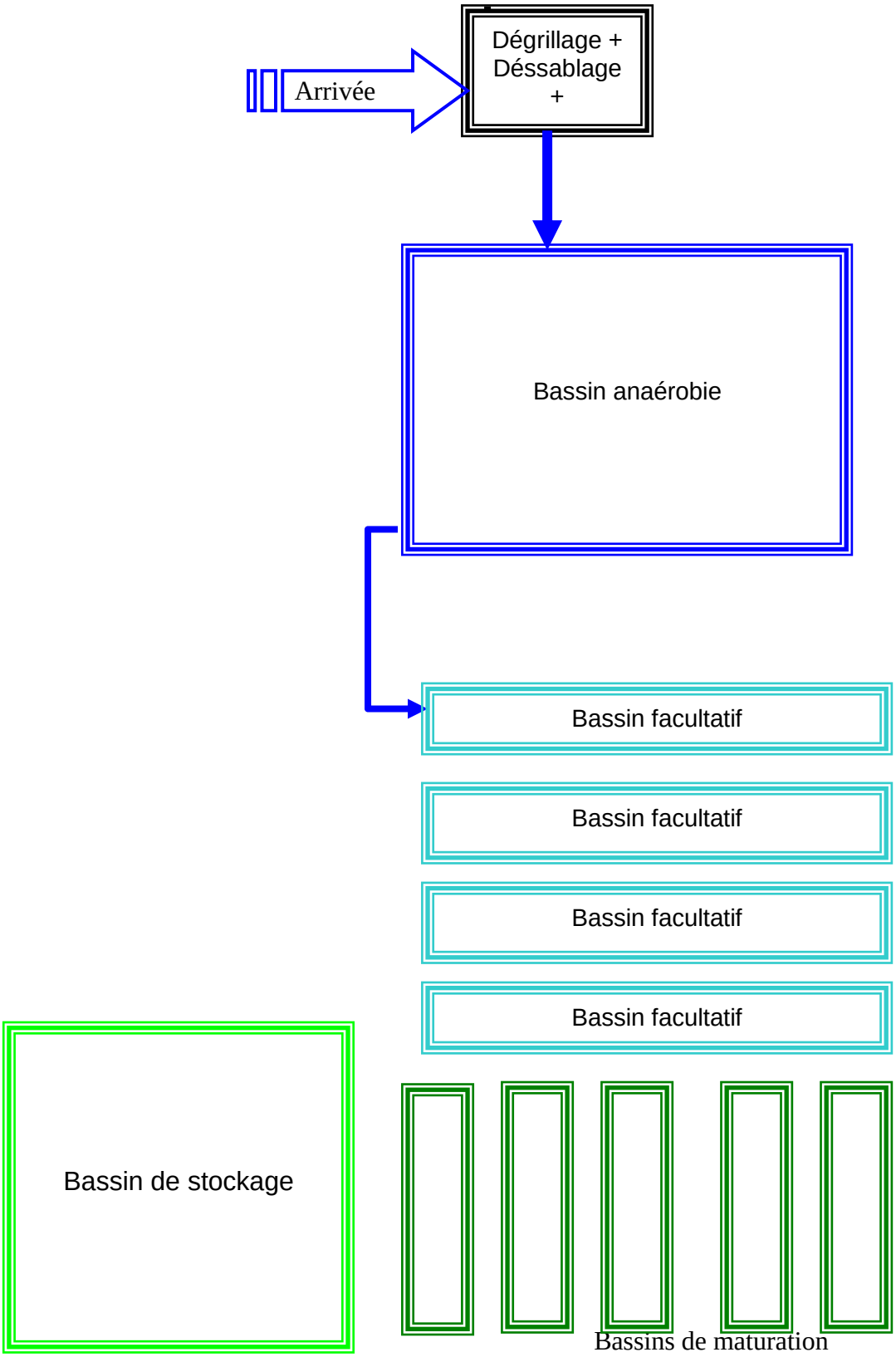


Figure 18: Schéma de la station d'épuration des eaux usées industrielles

I.3.4. Le Traitement des boues:

Pour le traitement des boues, il sera mis en place un système de traitement comprenant quatre étapes comme indiquées ci-dessous. Les boues issues du bassin anaérobie seront récupérées dans un épaississeur gravitaire de type mécanique, suivi de déshydratation ensuite, incinération et mise en décharge. Quant aux boues de bassin facultatif, elles seront enlevées avec une fréquence de 5 années.

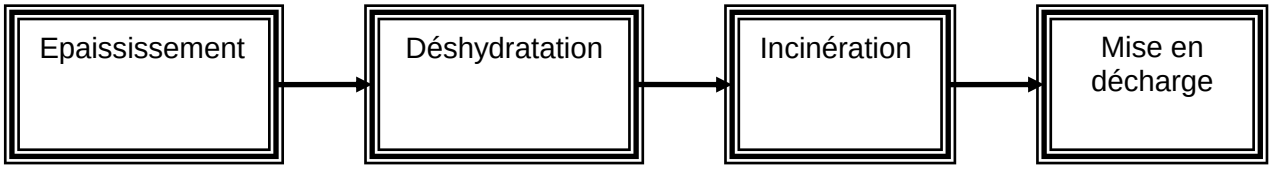


Figure 19: Schéma de traitement des boues

I.3.5. Description et dispositions constructives de la STEP

Nous décrivons les travaux et de donnons les grandes lignes pour leur réalisation.

a) Type de traitement

Après la phase de prétraitement en tête de station, le traitement des eaux usées industrielles sera du type mixte. Un premier traitement chimique permettra de diminuer à la source, la pollution chimique et de relever le pH de l'effluent. Le traitement chimique sera suivi d'un traitement biologique par lagunage dans un bassin facultatif pour enlever le reste de la pollution, bien entendu que le traitement chimique contribuera aussi à diminuer la pollution bactériologique.

b) Les ouvrages en béton :

Les bassins anaérobie et de stockage seront en béton armé dosé à 350 kg/ m3. Pour assurer l'étanchéité, ils seront recouverts d'enduit dosé à 450 Kg/m^3

c) Les bassins facultatifs de lagunage et de maturation:

Ces bassins seront réalisés en profil mixte (déblai-remblai). Les digues en remblai seront réalisées en terre latéritique compactée à l'optimum proctor. Pour assurer l'étanchéité, on recouvrira les surfaces latérales et la surface du fond des bassins avec de la géomembrane.
Les parois et le fond seront réalisés comme décrit dans le tableau suivant :

Couches	matériaux	épaisseur
1ère couche	sable	7.5 cm
2ème couche	géomembrane	1 cm
3ème couche	Argile+bitume	7.5 cm

Les bordures des bassins seront réalisées en digue pour éviter les eaux de ruissellement d'y pénétrer.

Les espaces (espaces de circulation) entre les bassins seront aménagés en déversant du gravier (15/25) sur le site pour faciliter la circulation. Auparavant, un décapage de la terre meuble sera réalisé sur une profondeur de 2 cm.

d) La clôture

Il sera également réalisé une clôture pour protéger les installations de la STEP.

e) Pose de tuyauteries des différentes filières et déversoirs de mesure de débit :

Il sera posé des tuyauteries en PVC 250 pour relier les différents bassins. On donnera une pente de 1 à 3% au tuyau pour faciliter l'écoulement gravitaire.

I.3.6. Choix du site d'implantation de la ST

La ville de Bobo-Dioulasso est située sur 4 sous bassins versants : celui du Kou, du Bingbélé, du Houet et du Niamé. Le choix du site d'accueil de la STEP doit tenir compte des caractéristiques du bassin qui draine les effluents traités (niveau de l'aquifère, vocation des eaux du bassin).

- La sous bassin du Kou :

Un rejet f'eau polluée dans ce bassin versant affecte directement les eaux de surface de la Vallée du Kou, c'est-à-dire les sources qui alimentent le cours d'eau Kou en période d'étiage (Nasso et Guinguette) et les eaux souterraines de cette même zone qui est le château d'eau de Bobo-Dioulasso.

Les habitants ont connu les effets désastreux de pollution provenant de la zone industrielle survenues au cours des deux dernières décennies, débordement du canal dit Brakina en 1981, rupture de la lagune CITEC en 1988, 1996 et 1997. Ces effets ont été maladies et mort d'hommes, mort d'animaux, destruction des poissons. Es pollutions importantes peuvent affecter le périmètre de Bama, 1300ha irrigués par pompage dans la rivière Kou.

- Le bassin du Bingbélé :

Actuellement, il draine les effluents très chargés de la zone industrielle par le canal dit Brakina. Sa faible pente (0.4% environ) ne favorise pas un fonctionnement gravitaire du

collecteur. Il existe aussi des risques de contamination des champs eaux souterraines alimentant la source de Nasso en raison de nombreuses fractures identifiées dans cette zone. Une récente étude menée par le programme RESO (DRH) émet l'hypothèse que l'écoulement des eaux souterraines suit une direction Sud-Nord. D'ailleurs, avec la présence du stade, il se poserait le problème d'espace pour l'installation de grande lagune d'épuration.

- La Niamé :

Ce cours d'eau communique avec le Kou à l'aval du périmètre rizicole de Bama. La principale contrainte pour cette solution est la présence de la source de Pesso dont le débit d'étiage atteint 400 m^3/h qui constitue une ressource essentielle d'AEP de Bobo-Dioulasso pour l'avenir.

- Le Bassin du Houet :

Ce cours d'eau rejoint le Niamé en aval de la source de Pesso. En effet il ne présente pas de risques particuliers pour l'évacuation des eaux traitées. Nous proposons que la STEP soit installée sur ce bassin avec le cours d'eau Houet comme exutoire des eaux traitées.

I.4. Aspect financier

Dans cette partie nous estimons le coût financier de la proposition pour la gestion des eaux usées industrielles. Ensuite nous suggérons la stratégie de financement du projet.

I.4.1. Coût de réalisation de la STEP

Le coût de réalisation de la STEP s'élève à **229 980 000 Fcfa**, le devis quantitatif et estimatif se trouve en *annexe*

I.4.2. Stratégie de financement

La mairie de Bobo-Dioulasso ne dispose pas de service technique chargé de la gestion des eaux usées de la ville. Cette tache est assurée par l'ONEA dont les dépenses d'assainissement sont tirées de la taxe sur la consommation d'eau potable. Ces taxes sont destinées à la réalisation d'infrastructures d'évacuation et de traitement des eaux usées domestiques et industrielles. Les actions qui ont été menées dans ce cadre se limitent à la conception et la réalisation d'infrastructures autonomes pour les ménages. Ainsi, près de 96% des ménages sont équipés de latrines avec puisard.

En effet, la réalisation de la STEP nécessitera la contribution des acteurs du secteur à savoir la mairie, les pollueurs (les industries et autres) et l'ONEA (maître d'ouvrage délégué).

- la mairie, par la mise sur pied d'un fond de dépollution tiré de la fiscalité locale et du budget national (25% du coût d'investissement) ;

- L'ONEA à partir de la taxe d'assainissement auprès des consommateurs. Cette taxe sera non seulement investie pour la réalisation des ouvrages mais aussi pour leur entretien (50%) ;
- Les pollueurs (industries et autres) devront contribuer financièrement à la réalisation et au fonctionnement de la STEP. Pour cette catégorie d'acteur, la contribution de chaque pollueur devra être fixée proportionnellement à la quantité d'effluents injectés dans le réseau de collecte.

Pour obtenir d'autres sources de financement, la Mairie pourra solliciter l'appui (sous forme de crédit) de certains instruments de financement comme :

- la Banque Mondiale par l'intermédiaire de l'Etat Burkinabé ;
- les ONG oeuvrant dans le secteur de l'environnement ;
- les organismes des Nations Unies tel que le PNUD ;
- La coopération avec certaines communes des villes des pays occidentaux donnerait naissance à un appui considérable ;

I.5. aspect organisationnel et institutionnel

Un ensemble de mesures va permettre d'observer l'action environnementale et sociale des effets positifs de ce projet. Il s'agit notamment :

- du contrôle des effluents en amont et en aval, contrôle entomologique et sanitaire, suivi environnemental des milieux récepteurs ;
- au vu de l'environnement législatif et réglementaire actuel de l'assainissement, l'actualisation et la mise en place de différents textes réglementaires s'imposant comme des préalables à la réussite de ce projet ; Ces textes porteront notamment sur
- l'établissement des normes de rejet des eaux usées industrielles et des conventions de déversement entre les entreprises et l'administration ;
- l'instauration de mesures incitatives pour le respect des normes des entreprises ; ces mesures visent l'implication des entreprises au système de traitement mis en place ;
- l'établissement d'un plan de mise aux normes des entreprises de Bobo-Dioulasso : il s'agit de l'application à toute entreprise, existante ou future, des dispositions en matière d'étude et de notice d'impact sur l'environnement, et il consistera à adresser pour chaque entreprise un projet de dépollution.
- L'établissement des normes de rejet dans le milieu naturel : les caractéristiques des eaux sortant de la station de lagunage doivent être définies.
- des mesures en matière d'assainissement autonome doivent être prises aussi pour la protection des eaux souterraines ;

Conclusion

La résolution du problème de la gestion des eaux usées industrielles dans la ville de Bobo-Dioulasso est devenue une urgence pour préserver les ressources naturelles du bassin versant du Kou. Elle constitue en effet l'une des clés de la gestion des ressources en eau. Cependant, elle nécessite des investissements importants et l'implication de tous les acteurs dans une politique de développement durable.

II. Proposition pour l'assainissement des déchets solides de la ville de Bobo-Dioulasso

Pour réduire les nuisances liées au déversement des déchets solides ménagères et industrielles de la ville sur les ressources en eau du bassin versant, nous proposons la mise en place d'un système de collecte et traitement des déchets adapté. Ce système sera composé d'un circuit de pré collecte, un circuit de collecte, la mise en décharge.

II.1. aspect technique

Cette proposition rentre dans le cadre des mesures d'urgence pour l'évacuation des déchets solides de la ville. Elle vient en appuis au système en place. A la suite de nos entretiens avec le service de la DSTM et de membres d'associations de précollecte, les problèmes identifiés sont entre autres :

- l'insuffisance de matériels de précollecte des ordures de l'ensemble des ménages abonnés ; rien qu'au secteur 09, pour 200 abonnés, il n'y a que trois (3) charrettes. Ces services effectuent chaque jour quatre (4) rotations.
- il n'existe pas de décharge officielle pour traitement des déchets. Les ordures sont déversées dans les rues, les caniveaux d'évacuation des eaux pluviales, des carrières non aménagées et des espaces libres à l'intérieur de la ville.
- il n'existe pas de service de ramassage des ordures ménagères dans certains quartiers de la ville. Ainsi les ordures sont stockées dans la rue ou transportées volontairement dans des décharges sauvages.
- il n'existe pas aussi de système de collecte et de traitement des déchets solides industriels ; ces derniers sont soit incinérés soit envoyés dans les décharges sauvages.

Nous essayons dans la suite de notre approche d'évaluer le matériel nécessaire pour une gestion efficace des déchets solides.

Composition moyenne des déchets

Tableau 24: Composition des déchets solides (Source : SDAU Bobo-Dioulasso).

Eléments inertes	*déchets plastiques*	*Papiers et cartons*	*Matières organiques*	*Matières fines (sables, cendres,…)*
6%	***4%***	***5%***	***34%***	***51%***

II.2.1. Evaluation de la production de déchets :

La production de déchets solides domestiques dans la ville est évaluée à **138 545m^3** pour l'année 2005. A l'année 2025 pour un taux de croissance démographique de 2.9%, l'évolution de la production est donnée dans le tableau ci-dessous

Tableau 25: Production des déchets dans la ville

Paramètres	unités	Résultats
Production spécifique	$Kg/pers\ /Jour$	0.54
Densité moyenne des OM	T/m^3	0.57
Population	Habitants	400 663
Production annuelle	$Tonne/An$	78 971
Volume des déchets	m^3/An	138 545

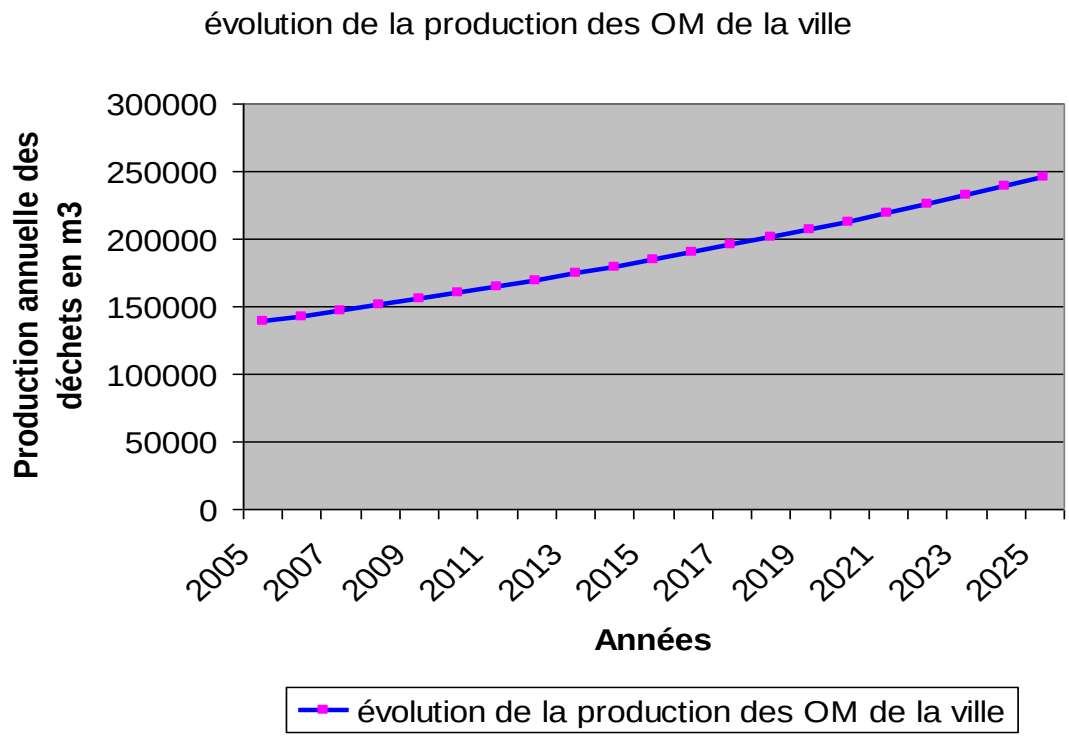


Figure 20: Evolution de la production annuelle des déchets solides

II.2.2. Evaluation du matériel de pré collecte :

La précollecte des ordures ménagères de la ville de Bobo-Dioulasso est assurée actuellement par des associations de femmes. Elles bénéficient d'un soutien financier de l'ACDIL, une ONG locale qui travaille avec les collectivités locales dans le sous secteur de l'assainissement des déchets solides. Ces associations disposent de charrettes à traction asine de capacité 1.18 m^3. Nous partons de ces données pour évaluer les besoins en matériels permettant une meilleure gestion des déchets solides dans la ville de Bobo-Dioulasso.

Données de calcul : (source : WETHE J.)

- Distance parcourue = 1.5Km
- Vitesse de l'âne = 1.5 Km/h
- Durée du chargement = 10mn
- Durée de remplissage = 40mn
- Nombre d'heures de travail = 8heures par jour

Le temps d'une rotation est déterminé ainsi :

T = 2 x $(\frac{1.5}{1.5})$ + $\frac{40+10}{60}$ = 3h par rotation

Le nombre de rotation par jour

$N_r = \frac{8}{3}$ = 3 rotations par jour

Volume de précollecte par charrette et par jour = 0.90 x 1.18 x 3 =3.20m^3

Avec ces données et les résultats sur les quantités de déchets produits nous déterminons le matériel nécessaire pour assurer la précollecte.

Le matériel de précollecte est estimé à 85 charrettes asines pour l'année 2005.

Le nombre de charrettes supplémentaires pour les 20 prochaines années est évalué à 63. En effet nous ne tenons pas compte du matériel existant actuellement dans l'évaluation

Evaluation financière de la pré-collecte

Les données ci-dessus proviennent de l'ACDIL de Bobo-Dioulasso. Les prix unitaires du matériel correspondent aux prix du Bureau de la Coopération Suisse à travers l'expérience pilote dans certaines villes du pays (Koudougou, Ouahygouya).

- durée de vie d'une charrette : 5 ans ;
- prix d'achat d'une charrette : 375 000 F CFA ;
- prix d'achat d'un âne : 60 000 ;
- durée de vie âne : 2 ans ;

- petit matériel (pelles, bottes, gants, etc) : 100 000 F CFA ;
- fond de trésorerie pour le renouvellement du petit matériel : 100 000 F CFA ;

Avec ces données, nous avons calculé le coût des investissements et de fonctionnement. Pour les charges annuelles, nous avons considéré l'amortissement linéaire pour les charrettes et les ânes. Le salaire d'un charretier est fixé à 10 000 F CFA/mois. Pour les services travaillant actuellement dans la précollecte, il y'a 2 charretiers par charrette. Pour tenir compte du coût d'entretien de l'âne, nous avons pris 25% de son prix d'achat**.**

Tableau 26: Cout de la précollecte des déchets solides

Coût d'investissement	Coût de fonctionnement annuel
46 545 000	**22 165 000**

Les données utilisées pour le calcul des coûts d'investissement ont été fournies par l'ACDIL.

II.2.3. Evaluation du matériel de collecte :

Pour l'évaluation de la collecte, nous proposons deux options :

- pour la première option, la collecte sera effectuée tous les jours (du Lundi au Mardi) de la semaine avec un temps de travail de 8h par jour.
- la deuxième option préconise une fréquence de collecte de trois (3) jours (Lundi, Mercredi, Vendredi) par semaine par un service compétent (public ou privé).

Le service technique chargé de la collecte des ordures ménagères à la mairie dispose de quatre (04) camions lève-conteneurs. Le type de bac utilisé est celui qui est disponible actuellement à la DSTM ayant une capacité de $20m^3$.

Néanmoins nous allons analyser l'option de collecte avec des camions benne dont l'entretien est moins coûteux que celui des camions lève-conteneurs.

Méthodologie de calcul

Pour choisir le type de camion et de bacs à ordures à mettre en place pour la collecte et le transport des ordures ménagères, nous avons adopté les mêmes modèles de bacs et des camions actuellement utilisés à la mairie. Notre proposition se limitera à déterminer le matériel complémentaire.

Ainsi, nous avons exploité au cours de la phase documentaire le rapport final sur le financement des déchets solides de la ville de Ouagadougou. Il ressort de ce rapport, certaines des données suivantes que nous avons prises pour notre étude.

- volume d'un bac à ordures : V_{bac}= 20 m^3 ;
- volume camion lève-conteneurs V_m = 20 m^3 ;
- volume d'un camion benne : V_m = 25m^3
- vitesse moyenne camion lève-conteneurs V = 30 km / h ;
- temps de remplissage d'un camion lève-conteneurs : T_1 = 10mn
  temps de déchargement d'un camion lève-conteneurs T_2 = 10mn
- temps de remplissage d'un camion benne T_1 = 2h ;
- temps de déchargement d'un camion benne T_2 = 30mn
- taux de remplissage des camions : T = 90%
- Distance des sites de regroupement à la décharge : D = 7Km

A partir de ces données, nous évaluons la durée d'une rotation et le nombre de rotation par jour en vu de connaître le nombre de camion nécessaires pour assurer la collecte et le transport.
La durée d'une rotation est de 48mn pour un camion lève-conteneurs, et 2,97h pour un camion benne.

Avec un temps de travail de 8 heures par jour, nous obtenons 3 rotations/jour/camion bennes et 10 rotations/jour/camion lève-conteneurs. Ainsi, le volume journalier de déchets collecté par un camion benne 67.5 m^3 d'OM. Un camion lève-conteneurs peut évacuer 18 bacs par jour soit un volume de 180m^3/jour.

Tableau 27: Evaluation du matériel de collecte des déchets solides

PREMIERE OPTION				
Type de Camions	**Nombre de bac**	**Nombre de camions**	**Nombre de rotations**	**Volume collecté par/camion/jour**
Camions lève-conteneurs	36	2	10	180
Camion benne(25m3)	24	6	3	67,50
DEUXIEME OPTION				
Camion Lève-conteneur	42	4	10	180
Camion benne	34	11	3	67.50

Ce tableau montre que le nombre de camion benne nécessaire pour la collecte est beaucoup plus important. Cette option nécessite donc un investissement plus cher. Sur le plan pratique cette

option présente moins de risques en cas de défaillance du système. En effet, les déchets risquent de séjourner longtemps dans les sites de transfert ou dans les bacs à ordures en cas de panne d'un camion lève-conteneurs. Cela pourrait engendrer des problèmes environnementaux et de santé publique d'autant plus que les sites de transfert sont construits à côté des lieux d'habitation.

Evaluation financière du matériel de collecte

Les prix unitaires utilisés ici sont inspirés d'autres projets similaires (source : NDIAYE O. 2003)

- prix d'un bac à ordures de 7 m^3 : 2 000 000 F CFA ;
- durée de vie d'un bac à ordures : 8 ans ;
- investissement camion lève-conteneurs : 52 000 000 F CFA ;
- durée de vie d'un camion lève-conteneurs : 8 ans ;
- carburant des camions porte-conteneurs : 0.35 l/km ;
- durée de vie d'un camion benne : 8 ans ;
- prix d'achat d'un camion benne : 75 000 000 F CFA ;
- carburant des camions bennes : 0.35 l/km ;
- prix d'achat d'un litre de carburant : 720 F CFA ;
- lubrifiant : 10% du coût du carburant ;

Pour estimer les coûts, nous avons considéré l'amortissement linéaire pour les camions et les bacs à ordures. Pour avoir le coût annuel du carburant, nous calculons la distance parcourue par jour par camion en fonction du nombre de rotation. Ainsi, nous avons obtenu 42km/j pour les camions bennes et 140km/j pour les camions Lève-conteneurs. Nous ne tiendrons pas compte du matériel disponible actuellement, toutefois, nous évaluons le matériel nécessaire pour assurer un service optimal de gestion des ordures ménagères de la ville.

Tableau 28: Evaluation financière de la collecte

PREMIERE OPTION		
Type de camion utilisé	**Coût d'investissement**	**Coût de fonctionnement**
camion lève-conteneur	160 467 200	24 540 160
camion benne	527 080 320	70 717 200
DEUXIEME OPTION		
camion lève-conteneur	297 588 352	36 507 762
	893 002 328	111 627 328

De l'analyse de ce tableau il ressort que le première option est plus intéressante financièrement. Elle nécessite moins d'investissement et un coût de fonctionnement plus faible. Le choix portant sur les camions lève-conteneurs de la deuxième option semble plus intéressant. Nous supposons pour ce choix que le coût d'investissement est nul étant donné que la mairie dispose déjà de 4 camions lève-conteneurs qui assurent la collecte.

II.2.4. Dimensionnement de la décharge

Comme nous l'avons souligné plus haut, la ville de Bobo-Dioulasso ne dispose pas de décharge contrôlée pour l'enfouissement des déchets solides. Un projet de réalisation d'un centre d'enfuoissement technique (CET) des déchets solides est en cour. Dans l'optique de réduire les risques sanitaires et environnementaux liés au mode actuel d'évacuation des ordures ménagères dans la ville, nous proposons l'aménagement d'une décharge contrôlée pour leur l'enfouissement.

Pour cela, nous avons adopté deux approches : Pour la première approche, nous procéderons à l'enfouissement des déchets solides sans aucun tri préalable durant les 5 premières années du projet. Cela contribue à réduire les rejets inappropriés des ordures dans les carrières et autres sites non aménagés. Certaines décharges sauvages (aéroport, stade omnisport), présentant des risques pour les ressources naturelles, seront nettoyées durant cette phase.

Dans une seconde phase, nous procéderons au tri des matières fines (51%) et organiques (34%) pour les 15 années suivantes. Les matières organiques seront utilisées la fabrication de compost. Quant aux fines elles pourront constituer une couche de remblai pour la décharge.

II.2.4.1. Dimensions de la décharge pour la première approche

Comme nous l'avons souligné précédemment, l'ensemble des déchets produits seront enfouis sans tri.

1. Détermination du volume de la décharge

Le volume de la décharge est donné par la formule $V_{DC} = \sum V_i$

Avec V_i le volume annuel des déchets solides produits

La surface de la décharge est donnée par la formule suivante : $S_{DC} = \frac{V_{DC}}{H_{DC}}$

Avec H_{DC} = 10 m = Hauteur de la décharge.

Après calcul, les résultats suivants sont obtenus :

Volume théorique de la décharge en 2010 **V_{th} = 814 002 m^3 /5ans**

Volume réel de la décharge en 2010 **$V_{réel}$ = 537 241m^3 /5ans**

Surface théorique de la décharge **S_{th} = 8,14 ha**

Surface réelle de la décharge **$S_{réelle}$ = 5,37 ha**

L'évolution du volume de la décharge est indiquée sur le graphe ci-dessous

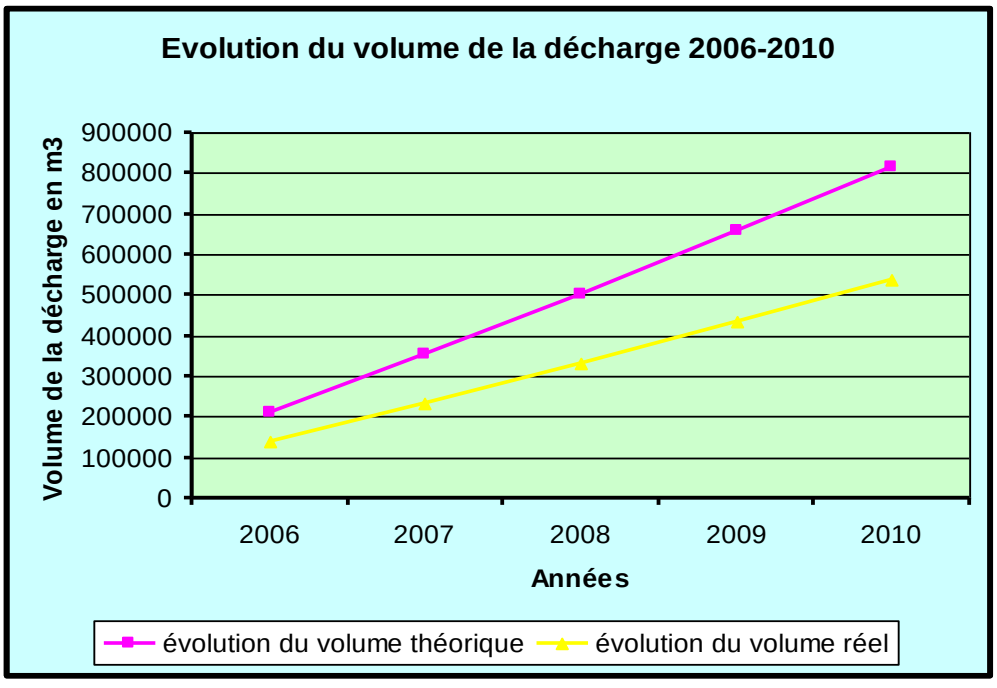


Figure 21: Evolution du volume de la décharge 1ère approche

Les deux courbes du graphe correspondent à l'évolution du volume de la décharge avec fine (courbe en rose) et sans fines (courbe en jaune). L'écarte entre les courbes représente le volume occupé par les fines qu'on aurait gagné en triant les ordures avant de les enfouir. Cela montre l'importance de séparer les fines des ordures qui permet de gagner un volume supplémentaire de 276 761m^3 soit une surface de 2,76 ha.

2. Détermination du nombre d'alvéoles

Le volume de la décharge est aménagé en alvéoles pour l'enfouissement des ordures ménagères. Les alvéoles auront une forme trapézique dont les dimensions sont déterminées ci-dessous.

- Hauteur d'une alvéole = hauteur de la décharge H = 10m
- le fruit des berges : m = 1.
- largeur à la base de l'alvéole : l_1 = 100 m ;
- largeur en gueule de l'alvéole : $L_2 = l_1 + 2*m*H$ = 120 m ;
- volume d'une alvéole : $V_a = H*(l_1 + m*H)*l_1 + m*l_1*H^2$ = 120 000m^3

Pour connaître le nombre d'alvéoles, on divise le volume total des OM par le volume d'une alvéole. Le nombre d'alvéoles ainsi obtenues au cours des 5 ans est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 29: Détermination du nombre d'alvéoles 1ère approche

NOMBRE D'ALVEOLES A CREUSER SUR 5 ANS				
ANNEE	**Volume d'OM produites** m^3/an	**Volume des inertes en** m^3/an	**Nombre théorique d'alvéoles**	**Nombre réel d'alvéoles**
2006	142 563	8 554	1,188	0,78
2007	146 697	8 802	1,22	0,80
2008	150 951	9 057	1,258	0,83
2009	155 329	9 320	1.29	0,85
2010	159 833	9590	1,33	0,88
TOTAL	**755 373**	**45 323**	**6**	**4**

De l'analyse de ces résultats, on constate que la séparation des fines des OM avant enfouissement réduit de moitié le nombre d'alvéoles à creuser. Par conséquent, nous pouvons conclure que le tri des ordures avant enfouissement présente beaucoup d'avantages surtout économiques.

II.2.4.2. Dimensionnement de la décharge pour la deuxième approche

Le système d'élimination retenue est toujours l'enfouissement des OM, mais cette fois-ci, nous proposons un triage des fines, de la matière organique et des plastiques avant l'enfouissement. A cet effet, les fines seront utilisées pour la couche de remblai, la matière organique servira à la fabrication de compost et les plastiques pour être recyclés. Ce système d'élimination doit durer 15 ans c'est à dire de 2010 à 2024.

Les hypothèses de calculs restent les mêmes que ceux de la première approche.

Calcul du volume de la DC

Les proportions en volume des fines, de la matière organique et des plastiques sont respectivement : 51%, 34% et 4% du volume total des ordures ménagères.

En tenant compte de ces données et des hypothèses de la première approche, nous aboutissons aux résultats suivants :

- volume théorique de la décharge en 2024 : $\mathbf{V_{th} = 2\ 671\ 952\ m^3}$
- volume réel de la décharge en 2024 : $\mathbf{V_{réel} = 293\ 915\ m^3}$;
- surface théorique de la décharge : $\mathbf{S_{th} = 26.72\ ha}$;
- surface réelle de la décharge : $\mathbf{S_{réelle} = 2.93ha}$.

Le graphique ci-dessous donne l'évolution du volume de la décharge contrôlée.

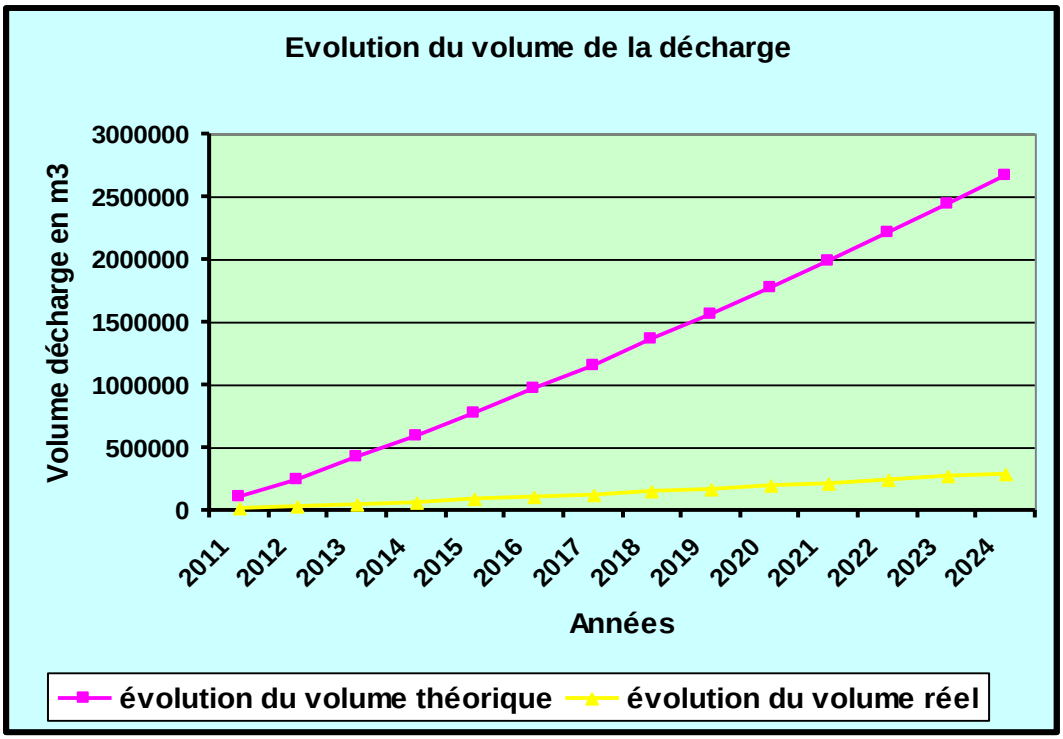


Figure 22: Evolution de volume de la décharge 2ème approche

Ce graphe nous montre l'intérêt de trier les ordures ménagères avant l'enfouissement. En effet cet intérêt est double dans la mesure où, d'une part, les produits triés sont utilisables pour d'autres fins, et d'autre part on économise une grande surface de 23,8ha sur 15 ans, correspondant à une augmentation de la durée de vie de la décharge de 10 ans. De plus le compostage de la matière organique obtenue permettra de rentabiliser la décharge.

1. Calcul du nombre d'alvéoles

Les hypothèses de calcul sont les mêmes que précédemment

- Hauteur d'une alvéole = hauteur de la décharge H = 10m
- le fruit des berges : m = 1.
- largeur à la base de l'alvéole : l_1 = 100 m ;
- largeur en gueule de l'alvéole : $L_2 = l_1 + 2*m*H$ = 120 m ;

Volume d'une alvéole : $V_a = H*(l_1 + m*H)*l_1 + m*l_1 *H^2$ = 120 000m

Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 30: Détermination du nombre d'alvéoles 2ème approche

ANNEES	Volume d'OM en m3	Volume des inertes m3	Nombre théorique d'alvéoles	Nombre réels d'alvéoles
2011	164469	9868	1.37	0,15
2012	169238	10154	1.41	0,16
2013	174146	10449	1.45	0,16
2014	179196	10752	1.49	0,16
2015	184393	11064	1.54	0,17
2016	189740	11384	1.58	0,17
2017	195243	11715	1.62	0,18
2018	200905	12054	1.67	0,18
2019	206731	12404	1.72	0,19
2020	212726	12764	1.77	0,19
2021	218896	13134	1.82	0,20
2022	225243	13515	1.88	0,20
2023	231776	13907	1.93	0,21
2024	238497	14310	1.99	0,22
TOTAL	**2951034**	**177062**	**23**	**3**

II.2.5. Evaluation financière de la première approche

Hypothèses de calcul :

- surface d'une alvéole S_A = 100x100 = 10000m^2 = 1ha
- Hauteur d'une couche d'ordures ménagères = 2m
- Epaisseur de la couche de compactage = 20cm

A partir de ces hypothèses, nous avons calculé le volume du déblai et du remblai en partant du nombre d'alvéoles à creuser si les ordures ménagères sont séparées des inertes.

Données de calcul :

Les prix unitaire des travaux adoptés sont les prix utilisés au niveau du Burkina Faso dans le cadre des travaux similaires (NDIAYE O. 2003).

- prix du mètre cube de déblai d'excavation = 1 669 F CFA/m^3 ;
- prix du mètre cube de remblai = 3 128 FCFA/m^3 ;
- prix du mètre carré de déboisement : 209 F CFA/m^2 ;
- compactage de surface : 104 F CFA/m^2 ;

Le devis estimé pour la première approche se présente comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau 31:Evaluation financière 1ère approche

DEAVIS DE LA PREMIERE APPROCHE				
Cas où les ordures ménagères ne sont pas triées				
DESIGNATION	**Unité**	**Prix unitaire en FCFA**	**Quantité**	**PRIX TOTAL en FCFA**
déboisement et essouchement	m2	209	44 000	9 196 000
Déblai d'excavation	m3	1 669	242 000	403 898 000
Remblai	m3	3 128	77 354	241 963 312
Compactage	m2	104	386 772	40 224 288
Total				**695 281 600**
Cas des ordures ménagères triéees				
déboisement et essouchement	m3	209	44 000	9 196 000
Déblai d'excavation	m3	1 669	121 000	201 949 000
Remblai	m3	3 129	38 677	121 020 333
Compactage	m2	104	193 386	20 112 144
Total				**352 277 477**

Le tableau ci-dessus montre une nette différence de coût entre les deux cas. En séparant les OM des inertes, on parvient à économiser **343 004 123 F CFA** au bout de 5 ans.

II.2. aspect financier

La gestion des déchets solides est assurée par un Service Technique de la Mairie, la Direction des Services Techniques Municipaux (DSTM). Cependant, il n'existe pas de budget effectif pour le financement de ce sous secteur. En effet, les actions impliquant un fort taux d'investissement en capital semblent inadaptées pour un budget communal restreint et peu alimenté en ressources propres. Or à Bobo-Dioulasso, les problèmes liés à la gestion des ordures ménagères demeurent l'absence de décharge contrôlée et une faible couverture spatiale des activités de ramassages faute de moyens matériels suffisants. Dans le but d'une amélioration la politique de financement de la gestion des déchets solides, nous proposons une combinaison de modes de financement comprenant des investissements non récupérables, des taxes et redevances d'enlèvement et de traitement des déchets par les différents acteurs concernés à savoir les ménages, les bailleurs de fonds, la mairie et les associations. Le schéma proposé est ainsi structuré :

- les ménages : la participation des ménages au titre financier se fera naturellement par le paiement de taxe de résidence, de celles liées au titre de propriété et par le paiement du service de ramassage des OM (service de pré-collecte).
- les associations : la contribution des associations se fera sous deux formes :
  - l'assurance d'un service continu de ramassage des OM ;
  - l'investissement pour l'acquisition de matériels nécessaires pour les services rendus.
- la mairie : elle assure la maîtrise d'ouvrage de tout projet sur la gestion des déchets solides. Sa participation est fondamentale du point de vue financier, et se traduit par la collecte et la gestion de l'ensemble des taxes de résidence, impôts et de rechercher des financements auprès de bailleurs de fonds pour la réalisation d'infrastructures de gestion des OM.

II.3. aspect institutionnel et organisationnel

A travers le diagnostic des problèmes et de l'impact des déchets solides et liquides sur la santé humaine et environnementale, nous comprenons que la mise en œuvre d'une politique globale d'assainissement va requérir une concertation permanente entre les principaux responsables politiques, administratifs, communaux, techniques, et les autres acteurs de l'assainissement. Au nombre de ces derniers, il convient de citer les représentants des services décentralisés de l'Etat (Hydraulique, Environnement, Santé, etc.) qui ont un rôle à jouer dans le secteur, les usagers (associations communautaires, représentants des agriculteurs, commerçants, des industriels, etc.), la société civile (bureaux d'études, entrepreneurs, ONG…).

Ce cadre de concertation devra nécessairement aboutir à l'élaboration et la mise en application d'une réglementation en matière de gestion des déchets spécifique à la zone de Bobo-Dioulasso, l'organisation des actions de tous les acteurs institutionnels et les usagers.

Mais d'une manière générale, la stratégie institutionnelle à adopter devrait poursuivre les objectifs suivants :

- le désengagement progressif de l'Etat dans les prises de décision au niveau local et le renforcement des capacités des collectivités locales.
- la promotion de nouveaux maîtres d'ouvrages avec le concours des collectivités locales et des partenaires privés.
- la promotion de l'émergence d'un partenariat public-privé par le transfert de la gestion des infrastructures et équipements aux sociétés privées à travers des contrats de concession.
- l'observation du principe d'équité par l'extension des services d'assainissement aux populations les plus démunies à travers des stratégies adaptées aux situations particulières.
- la mise en œuvre et le respect du principe pollueur-payeur.
- la sensibilisation des populations sur les risques sanitaires et environnementaux liés à l'utilisation des dépotoirs sauvages.
- la responsabilisation des populations pour une meilleure gestion des ouvrages publics et privés et un meilleur recouvrement des redevances.

Conclusion

Au terme de ce chapitre, nous avons évalué le matériel nécessaire pour la gestion des OM de la ville et proposé un mode de gestion adéquat dans le but de réduire voire éliminer les risques de pollution des ressources naturelles du bassin (eaux, forets, …). Aussi, il faut noter que ce système demande des moyens techniques et financiers assez importants. Elle nécessitera le concours financier de l'Etat et des bénéficiaires.

III. Proposition d'aménagement pour réduire les risques de pollution liés à l'agriculture

A travers l'analyse de la situation de l'occupation des sols sur le bassin du Kou, il ressort que la pollution des ressources en eaux par les activités agricoles relève de l'utilisation des intrants chimiques et aux pratiques agricoles. Une solution permettant de réduire les risques de pollution doit intégrer les réalités socio-économiques de la zone. Pour cela nous proposons un certain nombre d'aménagements au niveau des périmètres irrigués :

1. périmètre rizicole de Bama : Mise en place d'un système de réinjection des eaux de colature en tête de réseau. Actuellement, les eaux résiduelles du périmètre sont drainées directement vers la mare des hippopotames. Or, elles sont susceptibles de contenir des éléments

toxiques apportés par les engrais et pesticides. L'aménagement d'un bassin de stockage et le pompage dans le réseau permettra de les réutiliser.

2. En effet, diverses activités agricoles sont pratiquées sur le bassin versant du Kou. Elles dépendent pour l'essentiel des fertilisants chimique (NPK, Urée, DDT) pour l'amélioration des rendements de production. Ces substances sont drainées par les eaux de ruissellement vers les cours. Les cultures maraîchères, rizicoles et autres ont besoin de compost et de terreau pour assurer la fertilité des exploitations, ces apports continuels d'humus qui retiennent les éléments fertilisants et les restituent progressivement aux cultures (et aux plantes herbacées inévitablement) constituent un puissant moyen de dépollution des engrais. Encore faut-il que des techniques culturales rationnelles soient utilisées (enfouissement des engrais et non à la volée, apport des fertilisants près des plants).

Il faut surtout un réseau de surveillance et de suivi des zones où la pollution est latente, les périmètres irrigués notamment. Des analyses doivent être effectuées pour discerner l'origine de la pollution, le type de polluant en question et les données qualitatives et quantitatives. La période d'intervention doit être bien choisie (période de pluies) pour mettre en évidence l'ampleur du phénomène. Toute fois la sensibilisation constitue un outil efficace pour le changement de comportement des paysans dans l'utilisation des intrants agricoles.

IV. Evaluation d'impacts des propositions techniques

La mise en œuvre des propositions précédentes n'est pas sans conséquences sur l'environnement. Par la forme de leur manifestation et le délai d'apparition de ces conséquences sur le milieu récepteur, on parlera d'impacts négatifs ou positifs, respectivement d'impacts direct ou indirect.

IV.1. les impacts positifs

IV.1.1. La station de lagunage :

1. Sur les eaux superficielles : le réseau d'égout de la station de lagunage favoriserait l'élimination des charges polluantes en provenance des grandes entités de la ville (Hôpital, abattoir) et la réduction du risque de pollution à partir des eaux usées provenant de la zone industrielle par débordement du canal dit Brakina dans les bassins versants du Houet et du Bingbélé.

Ce dernier impact aurait un caractère salutaire pour les silures sacrés du Houet qui à maintes reprises étaient décimées par des accidents sur le dit canal. Il en est de même pour la Forêt de

Dindéresso qui est traversée par le Bingbélé drainant les eaux usées industrielle et dont la végétation est la principale victime des débordements du canal dit Brakina en période de pluies. De même, la mise en service de la station de traitement aurait un impact bénéfique et immédiat sur la qualité et le débit des eaux du Houet en aval du point de rejet. Cela se traduirait non seulement par l'amélioration de la qualité des eaux mais aussi par une augmentation substantielle du débit permettant d'étendre dans de bien meilleures conditions sanitaires la surface maraîchère.

2. Sur la santé de la population : la mise en service du réseau d'égout et la station de traitement mettrait fin à l'utilisation des eaux toxiques du Houet et du Bingbélé pour le maraîchage et la fabrication de briques de terre. La prévalence du paludisme (première pathologie dans la ville) chuterait avec l'extermination des moustiques dont l'anophèle, vecteur de cette pathologie, par la progression de leurs gîtes larvaires grâce à la collecte des eaux usées par les égouts.

L'habitat et l'environnement : la mise en service du réseau d'égout permettrait de libérer certains quartiers de la ville (Accart-Ville Sud, Sonsoribougou) actuellement pris en otage par les odeurs des eaux usées industrielles s'écoulant dans le canal dit Brakina dont les ruptures et débordements sont cause d'importants désagréments pour les résidents.

3. Les eaux souterraines : la mise en place d'une enterrée permettrait de soustraire les effluents à un stockage dans des puits perdus et autres ouvrages non revêtus favorisant leur infiltration. Elle aurait pour effet d'améliorer la qualité des eaux de la nappe superficielle. La zone industrielle est située dans le bassin du Kou. elle constitue une menace constante sur l'aquifère capté par la source de Nasso en raison de la qualité des effluents et de la nature des ouvrages évacuants d'une part, et d'autre du niveau de la nappe et du sens d'écoulement (NordEst-SudOuest). En effet, celui-ci fait partie d'une zone particulièrement vulnérable alors qu'il contribue à alimenter le système aquifère auquel appartiennent les sources de Nasso et Guinguette qui constituent la principale source d'approvisionnement de la ville en eau potable et de la Vallée du Kou en eau d'irrigation. Ainsi les risques de contamination des aquifères concernés seraient annihilés grâce à l'assainissement collectif des eaux usées industrielles.

IV.1.2. la décharge contrôlée

1. Pour les eaux superficielles : La mise en service de la décharge et d'un système de ramassage des ordures produites dans la ville réduira les déversements des déchets dans les caniveaux d'évacuation des eaux pluviales et les risques qui en découlent dont le drainage vers les cours d'eau. Elle aura pour effet d'améliorer la qualité des eaux de ruissellement. Ce dernier impact aura un effet positif contre les agressions de la forêt par les décharges sauvages.

2. Pour les eaux souterraines : la mise en service de la décharge contrôlée permettra d'éliminer les risques de pollution ponctuelle de la nappe superficielle par infiltration au niveau des décharges.

3. pour la santé des populations : la collecte et l'enfouissement des déchets de la ville contribuera à la salubrité des rues, principaux lieux de stockage des ordures et à l'hygiène du cadre de vie. Ainsi la prévalence des pathologies causées par les moustiques chutera avec le démentiellement de leurs gîtes. Les débordements et inondations de certains quartiers dus à l'obstruction des caniveaux par les déchets seront moins fréquents avec la mise en service du système de collecte des ordures ménagères de la ville.

Les deux projets sont générateurs de revenus pour la population ; ils vont généré des emplois pendant la réalisation et durant la phase d'exploitation et contribuer ainsi à améliorer le niveau de vie des ouvriers et autres employer.

IV.2. Impacts négatifs

Les impacts négatifs liés à la mise en place des ouvrages proposés sont essentiellement liés aux conditions de réalisation. Il s'agit notamment :

- des accidents éventuels qui peuvent survenir lors des travaux ;
- le blocage des activités des riverains ;
- maladies et nuisances liées à la poussière et à la fumée pendant les travaux;
- risque de pollution des eaux souterraines par infiltration sous les ouvrages non-étanchéifiés ;
- tassement local des sols par les engins et les camions. Risque de pollution des sols par les déchets liquides (huiles usées) et solides ;
- la destruction de la structure du sol par le décapage et le compactage ;
- l'abattage des arbres situés sur les emprises des ouvrages et des zones d'emprunt;
- destruction des gîtes de rongeurs et niches d'oiseaux suite à l'abattage des arbres situés les emprises des ouvrages et des zones d'emprunt et au roulement des engins ;
- la gène des bruits des moteurs ;
- les risques de persistance d'odeurs ;
- pour le milieu récepteur, un traitement non efficace des effluents sortants de la station constitue une source de pollution de l'environnement ;

Cependant, ces impacts seront réduits si des mesures d'atténuation sont prises.

IV.3. Mesures d'atténuation

Pendant les travaux, on mettra à la disposition des ouvriers des équipements de protection (gans, cache-nez, bottes…) pour réduire les risques d'accident. Des dispositions sécuritaires (panneaux de signalisation de chantier) seront prises pour éviter l'accès des personnes étrangères au chantier. En cas de déplacement d'habitations, les propriétaires seront dédommagés et affectés

sur d'autres parcelles. Les habitants des quartiers environnants susceptibles d'être gênées par les odeurs et facteurs liés aux ouvrages bénéficieront de mesures de compensation de la part du projet.

VI.3. Mesures d'accompagnement

Des déversements non admissibles dans le réseau d'égout, volontaires ou par inadvertance peuvent perturber plus ou moins gravement le fonctionnement de la station de traitement. La définition des normes de rejets par un décret en application du code de l'environnement devient un préalable majeur. Elle permettra de déboucher sur une mise en norme des unités industrielles. Dans l'incertitude de branchement spontané de la part des industriels en raison des coûts induits, des mesures incitatives d'ordre fiscal et financier devront être prises et mises en œuvre.

Au niveau de la station d'épuration, la mise en place d'un rideau d'arbres permettra de freiner la progression éventuelle des odeurs provenant des bassins en direction de la ville.

Pour le cas spécifique des déchets solides, des activité à mener devront porter sur la sensibilisation des populations aux nouveaux systèmes de gestion des déchets solides et sur les risques liés à leur dans la nature.

Conclusion et recommandations

L'établissement du profil de pollution des ressources en eau dans la Vallée du Kou comporte beaucoup de difficultés. Les investigations réalisées ne couvrent pas l'ensemble du bassin versant. La période correspondant à notre étude ne permet pas de percevoir la réalité du phénomène de pollution. De plus, peu d'études ont été menées sur le thème. Il s'est agit pour l'essentiel de constats des situations catastrophiques causées par le débordement du canal de drainage des eaux résiduelles de la zone industrielle et de rupture de la lagune recevant les mêmes eaux. Malgré ces lacunes, la nature et la quantité des rejets liquides et solides produites par les différentes sources décelées, permettent de dire qu'elles ont effectivement un impact sur la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines. Plus que les quantités et la qualité des substances polluantes, c'est le système de gestion des déchets dans la ville qui comporte beaucoup de lacunes, qui est effectivement la cause de pollution.

Il n'existe pas de décharge contrôlée dans la ville ;

La collecte des déchets solides n'est pas complète ;

Il n'existe pas au niveau des unités industrielles un système de traitement efficace de leurs eaux résiduaires.

Le système d'évacuation des eaux pluviales souffre d'un manque d'entretien et par conséquent, représente le lieu de rejet des déchets (liquides, solides).

Il ressort de nos analyses que la qualité des déchets liquides industriels et domestiques (drainés par le canal Brakina dans le Bingbélé), solides ménagères et les engrais sont susceptibles de provoquer un phénomène d'eutrophisation des plans d'eau (cf. les taux DBO, DCO, la nature organique des déchets solides). Les risques de pollution agricole sont potentiels avec l'usage intensif d'engrais et l'appauvrissement croissant des sols.

Fort de ces constats, nous faisons les recommandations suivantes :

Système d'évacuation des eaux pluviales :

Le réseau d'évacuation d'eaux pluviales est directement connecté au réseau hydrologique du bassin (Kou, Bingbélé, Houet). Ainsi donc, tout rejets dans ce réseau entraîne une pollution des eaux de surface fort de ce constat, un curage des caniveaux doit être effectué réguliérement en début et en fin de saison pluvieuse. Toutes les dispositions techniques et administratives

doivent être prises pour réduire les déversements des ordures ménagères et eaux usées (industrielles et ménagères) dans les ouvrages d'eaux pluviales.

Sur le plan urbanistique :

Tout projet de lotissement et d'extension de la ville doit faire l'objet d'une EIE. Cette étude permettra d'épargner les zones vulnérables aux installations de populations. Il s'agit essentiellement de la zone d'emprise de la route de Dindéresso qui se situe en amont des sources de Nasso et Guinguette. Cette zone, d'après les études géologiques est assez perméable et présente beaucoup de fractures en direction des sources.

La forêt classée de Dindéresso

Nous recommandons qu'une étude d'impact de l'évolution de la ville sur la forêt soit effectuée dans le court et moyen terme. Cette étude déterminera l'ensemble des facteurs socio-urbanistiques liés à la dégradation de la forêt afin de mettre en place un schéma d'aménagement et de protection efficace.

Le comité de gestion du bassin versant du Kou (CGBVK) :

Ce organe, par sa composition constitue un atout important pour une gestion intégrée des ressources en eau du bassin : cependant, il doit définir de façon claire les principes de gestion adoptés dans les plans d'action. Il doit à notre avis être un cadre de concertation entre administrations concernées, entre les usagers eux même et entre l'administration et les usagers, mais surtout d'actions concertées entre les services techniques compétents.

L'administration :

A partir des résultats des études disponibles sur le cas de Bobo-Dioulasso et Ouagadougou, des expériences internationales, l'administration doit sans tarder établir les conditions d'admissibilité des eaux usées industrielles dans le réseau d'égout. Cela est indispensable pour l'établissement de convention de déversement avec les entreprises, et urgent pour la mise en œuvre du projet.

Une concertation au niveau le plus élevé entre le Groupement Professionnel des Industriels (GPI) et les services compétents de l'administration nous semble nécessaire. Il ne servira à rien de légiférer si les lois ne peuvent être appliquées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- B. TASSIN et d. thevenot : Rejets urbains par temps dfe pluie : Pollutions et nuisances
- PAULA VAN Meenen : impact des engrais et pesticides sur les ressources en eau au Burkina Faso ;
- Jean RODIER : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.
- MAX S. : Contribution à la définition des impacts du processus de dégradation du bassin versant du Kou sur la forêt classée du Kou et proposition d'un schéma de restauration.
- GIRE : Evaluation des sources de pollution et de leur état de suivi, Rapport technique n°RT-OTEG-R 1.4 Version provisoire.
- ONEA 1997 : Plan Stratégique d'Assainissement de la Ville de Bobo-Dioulasso : Analyse de situation.
- ONEA 1999 : Plan SZtratégique d'Assainissement des eaux usées de la Ville de Bobo-Dioulasso.
- Cissoko S. :
- LNAEU : Etat des lieux sur la pollution des ressources en eau au Burkina Faso ;
- Joseph WETHE : cours d'assainissement : Volet 2 : collecte, Evacuation traitement des eaux usées ;
- Joseph WETHE : cours d'assainissement :
- Infraconsult-Berne : gestion des déchets industriels et dangereux dans les zones urbaines en Afrique de l'Ouest
- Sammuel YONKEU : cours d'environnement

ANNEXES

I. Guide d'entretien
II. Cadre logique
III. Devis estimatif de la station de lagunage
IV. Production des déchets solides dans la ville de Bobo-Dioulasso
V. Normes nationales des eaux usées
VI. Phases d'eutrophisation des eaux
VII. Coordonnées des sources de pollution

ANNEXES

I. Guide d'entretien adressé à la direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques

I. Connaissance de la zone d'étude

Effectif de la population vivant dans la zone :

Nombre de ménages :

Types d'activités existantes dans la zone :

Effectif des populations par type d'activité :

Activité	Activité 1	Activité 2	Activité 3	Activité 4
Effectif				

II. Renseignements sur la gestion des déchets solides et liquides dans la zone

Quels sont les services chargés de l'assainissement de la zone ?

Quel est le budget alloué pour l'assainissement ?

Quels sont les moyens humains et matériels affectés à l'assainissement ?

Quelle est la destination finale des déchets solides et liquides produites dans la zone ?

existe-t-il un système de gestion des déchets domestiques ?

III. Renseignement sur la gestion des ressources en eau

Quel est le budget alloué à la gestion des ressources en eau de la Vallée du Kou ?

Quels sont les moyens humains et matériels affectés à la gestion des ressources en eau ?

Existe-t-il une réglementation en matière de gestion des ressources en eau ?

Les populations respectent-elles cette réglementation ?

Y'a-t-il un service qui s'occupe de la surveillance environnementale ?

Quels sont vos partenaires en matière de gestion des ressources en eau ?

Que vous apportent-ils pour la gestion ?

quelles sont vos perspectives de gestion des ressources en eau

IV. Gestion des ressources en eau et pollution

Quelles sont les sources de pollution probables des ressources en eau dans la Vallée du Kou ?

Comment ces polluants sont introduits dans les eaux ?

Quels sont les principaux usagers des eaux ?

Les eaux de la rivière Kou :

Les eaux des sources :

Quels sont les risques de pollution liés aux usages ?

quelles sont les activités sources de pollution dans la zone ?

quels sont impacts directs de cette pollution des eaux qui se sont manifestés sur l'environnement ?

Quelles sont les difficultés que vous rencontrez dans la gestion des ressources en eau ?

Quelles solutions proposez-vous pour une bonne gestion des eaux contre la pollution ?

Quelles sont les actions de sensibilisation et d'information engagées auprès des populations en matière de gestion des ressources en eau ?

II. Cadre logique

THEME: Gestion intégrée des ressources en eau de la Vallée du Kou évaluation de la quantité et Etude de la qualité en rapport avec les usages

Objectifs spécifiques	Actions	Méthodes	Outils	Durée estimée
Evaluation de la qualité des ressources en eau de la Vallée du Kou	* Déterminer les principaux polluants	* Localisation des points de pollution * Analyse en laboratoire	* Cartographie * prélèvement direct à la source à l'aide de récipient et: ** Analyse physico-chimique ** Analyse biologique	7
Analyse des interrelations entre les activités anthropiques et la qualité de l'eau	* Analyser le mode de pollution	* Visite de terrain	* Observation * Enquête	10
	* Analyse des activités anthropiques polluantes	*Identifier les activités anthropiques polluantes	* Données bibliographiques * Enquête * Observation	
	*Analyser le mode de gestion des polluants	*analyses bibliographique * visite de terrain	* Observation * Enquête	

			* Données bibliographiques	
Analyse du degré et du type de pollution des ressources en eau	* Etablissement d'un modèle théorique de transfert de polluants	* identifier les voies de transfert de pollution	* Observation	5
		* Etablir le modèle	* Données bibliographiques	
Proposition de solutions pour une meilleure gestion des ressources en eau de la Vallée du Kou	* Identifier les modes de gestion actuels des polluants	*Déterminer les problèmes liés aux modes actuels de gestion	* Enquêtes * Données bibliographiques	10
	* Principes de traitement des polluants	* Concevoir un système efficace de traitement	* Données bibliographiques	
		* Dimensionnement du système choisi	* Données bibliographiques	
	* Mode de gestion des systèmes de traitement	* Analyse des moyens techniques et financiers nécessaires	* Données bibliographiques	
		* Définir les taches des acteurs	* Données bibliographiques	
	* Mise en place d'un SIG pour la gestion des	*Identification et localisation des sources de	*GPS Plans Carte de la zone	

	données	pollution		
		*Constituer une base de données	* Outils informatiques avec logiciel ArcView	

III. Dévis estimatif de la station de lagunage

DESIGNATION	Unités	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Canal d'amenée				
Fourniture et pose conduite 250mm	ml	1000,00	10 275	10 275 0
Tamis	m2	3,00	25 000	75 0
Bassin de dégrillage				
Fouille	m3	2,10	2 500	5 2
Béton de propreté 150Kg/m3	m3	0,15	50 000	7 5
Béton armé 350Kg/m3	m3	4,20	110 000	462 0
Enduit pour étanchéité parois dosé à 450Kg/m3	m2	7,50	5 000	37 5
Maçonnerie en agglo plein 15x20x40	m2	8,00	8 000	64 0
Enduit sur mur	m2	8,00	2 000	16 0
Bassin de anaérobie				
Fouille	m3	2100,00	2 500	5 250 0
Béton armé dosé à 150Kg/m3	m3	35,00	35 000	1 225 0
Enduit étanche dosé à 450Kg/m3	m2	970,00	5 000	4 850 0
Béton armé dosé à 350Kg/m3	m3	388,00	110 000	42 680 0
Rampe d'accés	U	1,00	100 000	100 0
Accessoires	FF	1,00	1 000 000	1 000 0
Bassin facultatif				
Fouille	m3	12 554	2 500	31 385 0
Argile bitumineuse	m3	421,28	5 000	2 106 3
Sable	m3	760,50	8 500	6 464 2
Argile compactée sur fond de fouille (épaisseur 4 cm)	m3	103,68	2 400	248 8
Géomembrane	m2	1025,50	2 500	2 563 7
Rampe d'accès	U	4,00	100 000	400 0
Bassin de maturation				
Fouille	m3	7960,00	2 500	19 900 0
Argile bitumineuse	m3	252,68	5 000	1 263 3
Sable	m3	252,68	8 500	2 147 7
Argile compactée sur fond de fouille (épaisseur 4 cm)	m3	116,16	2 400	278 7
Rampe d'accès	U	5,00	100 000	500 0
Géomembrane	m2	3369,00	2 500	8 422 5
Bassin de stockage				
Fouille	m3	1327,00	2 500	3 317 5
Béton de propreté 150Kg/m3	m3	22,13	35 000	774 3
Béton armé dosé à 350Kg/m3	m3	213,60	110 000	23 496 0
Rampe d'accès	U	1,00	100 000	100 0
Enduit dosé à 450Kg/m3	m2	133,50	5 000	667 5
Aménagement du site				
Décapage terre végétale 2cm	m2	2032,44	150	304 8
Couche de base en latérite compactée à l'optimum proctor	m3	1258,60	1 500	1 887 9
Gravier 15/15	m3	5,90	100 000	590 0
Clôture				
Fouille	m3	45,12	2 500	112 8
Fil de fer barbelé de 16x4x11	ml	564,00	500	282 0
Installation chantier	FF	1,00	5 000 000	5 000 0
Fer rond de 60,3	ml	564,00	2 500	1 410 0
TOTAL				179 670 7
Imprévus 10%				17 967 0
TVA 18%				32 340 7

IV. Production des Ordures Ménagères

Années	Production ménages/an en m3	Production cumulée m"	Volume décharge m	Nombre de charrette	Nombre de charrettes supplémentaires/an
2005	138545	138545	138545	85	0
2006	142563	281108	209826	87	2
2007	146697	427805	354456	90	3
2008	150951	578756	503281	92	3
2009	155329	734085	656421	95	3
2010	159833	893919	893919	98	3
2011	164469	1058387	976153	101	3
2012	169238	1227626	1143006	103	3
2013	174146	1401772	1314699	106	3
2014	179196	1580968	1491370	110	3
2015	184393	1765361	1673165	113	3
2016	189740	1955102	1860231	116	3
2017	195243	2150345	2052723	119	3
2018	200905	2351250	2250797	123	3
2019	206731	2557981	2454615	126	4
2020	212726	2770707	2664344	130	4
2021	218896	2989603	2880155	134	4
2022	225243	3214846	3102224	138	4
2023	231776	3446622	3330734	142	4
2024	238497	3685119	3565870	146	4

V. Normes de rejet des eaux usées dans la nature

N°	paramètres	Valeurs
1	aluminium (dissous 0,45micron)	10
2	antimoine	0,1
3	ammoniac et ammonium	1
4	argent (dissous 0,45 micron)	0,1
5	arsenic (dissous 0,45micron)	0,14
6	baryum (dissous 0,45micron)	5
7	bioxyde de chlore	0,005
8	béryllium	0,01
9	bore (dissous 0,45micron)	2
10	brome actif	0,1
11	cadmium	0,1
12	calcium	500
13	carbone organique dissous	10
14	carbone organique total (COT)	65
15	chlore actif	0,05
16	chlorures	600
17	chrome III (dissous 0,45micron)	2
18	chrome IV (dissous 0,45micron)	0,1
19	chrome total	0,1
20	cobalt (dissous 0,45micron)	0,5
21	coliformes fécaux (/100ml)	2000
22	cuivre (dissous 0,45micron)	1
23	cyanures	0,1
24	demande biologique en oxygène (DBO)	50
25	Demande chimique en oxygène (DCO)	150
26	Etain (dissous 0,45micron)	2
27	Fer (dissous 0,45micron)	20
28	Fluorures	10
29	Huiles saponifiques et graisses	20
30	hydrocarbures dissous ou émulsionnés	2
31	hydrocarbures totaux	10
32	magnésium	200
33	manganèse	1,2
34	matières décan tables	1/1/2h
35	matières insolubles totales	20
36	mercure (dissous 0,45micron)	0,17
37	molybdène	0,5
38	nickel (dissous 0,45micron)	2
39	nitrates	50
40	nitrites	1
41	pesticides organiques chlorés	0,003
42	pH	6,4-10,5
43	phénols	0,2
44	phosphates	5

NORMES DE DEVERSEMENT DES EAUX USEES DANS LE RESEAU D'EGOUT

N°	PARAMETRES	VALEURS LIMITES (MG/L)
1	ALUMINIUM	20
2	AMINES AROMATIQUES	
3	AMMONIAC ET AMMONIUM	150
4	ANTIMOINE	0.2
5	ARGENT	1
5	Arsenic	1
6	BARYUM	1
7	BIOXYDE DE CHLORE	0.5
8	BERYLIUM	1
9	BORE	2
10	BROME ACTIF	1
11	CADMIUM	0.5
12	CALCIUM	0.2
13	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	
14	CARBONE ORGANIQUE TOTAL (COT)	
15	CHLORE ACTIF	3
16	CHLORURES	700
17	CHROME III	2
18	CHROME VI	0.5
19	COBALT	5
20	COLIFORMES FECAUX (/100ML)	
21	CUIVRE	2
22	CYANURES	1
23	DEMANDE BIOLOGIQUE EN OXYGENE (DBO)	800
24	DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (DCO)	2000
26	ETAIN (DISSOUS, 0.45)	5
25	FER (DISSOUS, 0.45)	20
26	FLUORURES	15
27	HUILES SAPONIFIQUES ET GRAISSES	100
28	HYDROCARBURES ALIPHATIQUES MINERAUX	10
29	HYDROCARBURES TOTAUX	20
30	MAGNESIUM	300
31	MANGANESE	1
32	MATIERES DECANTABLES	5/L/2H
33	MATIERES SOLUBLE TOTALES	20
34	MATIERES EN SUSPENSION	100
35	MERCURE (DISSOUS, 0.45)	0.17
36	MOLYBDENE	5
37	NICKEL (DISSOUS, 0.45MICRON)	3
38	NITRATES	90
39	NITRITES	10
40	PESTICIDES ORGANIQUES CHLORES	0.01
41	PH	6.0-10.8
42	PHENOLS	5

43	PHOSPHATES	50
44	PHOSPHORE TOTAL	
45	PLOMB (DISSOUS, 0.45 MICRON)	2
46	POTASSIUM	50
47	SALMONELLES PAR 100ML	105-108
48	SELENIUM	1
49	SODIUM	1000
50	SOLVANTS CHLORES	0.1
51	STREPTOCOQUES FECAUX PAR 100ML	1001
52	SULFATES	100
53	SULFURES	3
54	TEMPERATURE (°C)	18-40
55	TITANE	0.01
56	ZINC	AUCUNE

VI. SCHEMA DES PRINCIPALES PHASES D'EUTROPHISATION

Premier stade

Le lac exposé à une pollution croissante accumule dans ses eaux d'importantes quantités de sels minéraux nutritifs amenés par les affluents d'origine diverses (P,N,O2).

Deuxième stade

L'enrichissement des eaux en éléments nutritifs va déclencher la prolifération des algues dans l'épilimnion. L'eutrophisation des eaux se traduira par une brutale pullulation des végétaux planctoniques (cyanobactéries) entraînant une diminution de la transparence de l'eau.

Troisième stade

La mort de cette masse considérable d'algues va provoquer la consommation rapide de l'oxygène contenu dans les couches profondes. Celles-ci subiront d'abord une dégradation aérobiequi sera l'œuvre de nombreuses saprophytes. La décomposition de la matière organique morte déterminera l'apparition d'un gradient vertical dans la concentration d'oxygène. On remarque ainsi à ca stade, une accélération de la vitesse de dépôt des limons benthiques

Quatrième stade

L'ultime stade de l'eutrophisation est marqué par l'apparition de fermentation anaérobie après déplétion totale de l'oxygène dissout dans les couches profondes. Ce stade est caractérisé par l'apparition de fermentations putrides avec dégagement d'hydrogène sulfuré et d'ammoniac.

Mode opératoire

1. Mesure de la conductivité

a) Initialisation du conductimètre

- Mise à jour de la date en jour, mois et année.
- Mise à l'heure.
- Mise en mémoire de la constante de cellule (que l'appareil reconnaît par simple connexion de la cellule de mesure) soit automatiquement ou manuellement.

b) Calibration (avec l'électrode standard Tetracon 325)

Lorsque le symbole électrode clignote, l'appareil demande un étalonnage et ce en fonction de la périodicité fixée dans la mémoire de l'appareil pour le calibrage.

La détermination de la constante de cellule s'effectue à l'étalon de contrôle 0,01 mol/l KCl. Elle se fait dans la plage 0,450 – 0,500 cm^{-1}. Placer l'électrode propre et sèche dans la solution de KCl 0,01M et lancer la calibration. L'appareil se calibre en modifiant sa constante de cellule qui doit rester dans les normes indiquées.

Après la calibration, l'appareil de mesure évalue automatiquement l'état actuel de la calibration. L'évaluation apparaît à l'écran. Le message d'erreur s'affiche lorsque la constante sort hors de la plage indiquée (voir notice d'utilisation de l'appareil).

c) Mesure de la conductivité avec l'électrode Tetracon 325

a. Vérifier que l'appareil est bien initialisé : constante de cellule, coefficient de température (généralement nLF), ARng (AutoRead), Tref 25 (température de référence à 25°C), etc.
b. Appeler la mesure de conductivité s'il n'est pas dans ce mode.
c. Rincer l'électrode avec de l'eau distillée puis avec l'échantillon à mesurer.
d. Placer l'électrode dans l'échantillon en veillant à ce que les capteurs (conductivité et température) soient bien immergés (min. 36mm).
e. Maintenir une légère agitation et attendre la stabilisation de la mesure de T°.
f. Relever la mesure de conductivité et l'unité (mS ou µS/cm). Gamme de mesure avec Tetracon 325 : 1µS/cm à 500mS/cm pour des températures de -5 à +80°C.
g. Eteindre l'appareil et rincer l'électrode abondamment avec l'eau distillée puis la sécher avec un papier type kleenex. L'électrode est stockée à l'air.

2. Mesure de la DCO

Ce mode opératoire est propre à la méthode HACH 8000 DR/2400.

a. Homogénéiser 100 ml d'échantillon pendant 2 minutes dans un homogénéisateur (si l'échantillon ne contient pas de substances solides, passer directement à l'étape "b").
b. Mettre en marche le réacteur DCO. Préchauffer à 150°C. Placer l'écran de sécurité.
c. Retirer le bouchon d'un tube de réactif DCO de la gamme choisie.
d. Tenir le tube incliné à 45°C. pipeter 2 ml d'échantillon dans le tube pour constituer l'échantillon préparé.
e. Retirer le bouchon d'un autre tube de réactif DCO de la gamme choisie.
f. Tenir le tube incliné à 45°C. Pipeter 2 ml d'eau distillée dans le tube pour constituer le blanc.
g. En tenant les tubes par les bouchons au–dessus d'un évier, les retourner plusieurs fois pour mélanger le contenu. Placer le tube dans le réacteur DCO.
h. Chauffer les tubes pendant 2 heures.
i. Eteindre le réacteur au bout des deux heures. Attendre environ 20 minutes le refroidissement des tubes à 120°C ou au dessous.
j. Retourner chaque tube plusieurs fois pendant qu'ils sont encore chauds. Placer les tubes sur un portoir et attendre qu'ils soient refroidis.
k. Mettre le spectrophotomètre en marche.
l. Appuyer sur ‘‘programme Hach’’.
m. Sélectionner le programme ‘‘430 COD LR (Low Range) ou 435 COD HR (High Range/High Range Plus)’’, puis appuyer sur ‘‘démarrer’’.
n. Essuyer soigneusement les tubes avec du papier absorbant.
o. Placer le blanc dans la cellule de lecture 16 mm du spectrophotomètre et appuyer sur ‘‘zéro’’. Le compteur affiche 0 mg/L COD.
p. Retirer le blanc et placer l’échantillon préparé.
q. Appuyer sur la touche ‘‘Read’’ (Lire). le résultat s‘affiche directement à l’écran en mg/L COD.

3. Mesure des MES

a. Laisser les échantillons s'équilibrés à la température ambiante.
b. Les filtres sont préalablement calcinés à 525°C pendant 30 minutes puis conservés dans un dessiccateur.
c. Laisser le filtre s'équilibre à température ambiante dans un dessiccateur à proximité de la balance, et le peser à 0,1 mg près à l'aide de la balance. Eviter soigneusement de contaminer le filtre par la poussières, par exemple en utilisant un dessiccateur.
d. Placer le filtre dans l'entonnoir du dispositif de filtration, et connecter à un dispositif d'aspiration sous vide (ou sous pression).
e. Agiter vigoureusement le flacon et transférer immédiatement et d'un seul trait un volume convenable d'échantillon dans une éprouvette graduée si la prise d'essai est de plus de 100 ml, sinon employer des pipettes jaugées de différents volumes.
f. Fixer l'échantillon, puis rincer l'éprouvette graduée. Rincer les parois internes de l'entonnoir avec un autre volume d'eau distillée. Remarque: Si l'on constate que le filtre a été bouché, il convient de répéter le dosage avec de plus petits volumes d'échantillon. Dans de tels cas, il est recommandé d'interpréter les résultats avec précaution.
g. Libérer le dispositif sous vide (ou sous pression) lorsque le filtre est pratiquement sec. Retirer avec précaution le filtre de l'entonnoir à l'aide de pinces à extrémités plates. Placer le filtre sur le support de séchage et le sécher dans l'étuve à 105°C, on peut calciner le filtre à 105°C +/-2°C pendant 2h au minimum et plus si nécessaire. Laisser le filtre s'équilibrer à température ambiante à proximité de la balance et le peser comme précédemment.
h. Après le dosage des MES à 105°C, on peut calciner le filtre à 525°C pendant 30 minutes. Puis le peser après refroidissement dans un dessiccateur.

4. Mesure des nitrates

Ce mode opératoire est propre à la méthode 8171 HACH DR/2400.

a. Mettre le spectrophotomètre en marche.
b. Appuyer sur ‘‘programme hach".
c. Sélectionner le programme ‘‘353 N, nitrate MR’’, puis appuyer sur ‘‘démarrer’’.
d. Remplir le tube test avec 10 ml de l’échantillon.
e. Ajouter le contenu d’un sachet NitraVer5, fermer.
f. Mettre le chronomètre en marche.
g. Agiter le tube vigoureusement pendant une minute.
h. Mettre le chronomètre en marche.

i. Attendre 5 minutes pour favoriser le développement de couleurs.

j. Après l'écoulement des 5 minutes, constituer le blanc en remplissant un autre tube test avec 10 ml de l'échantillon sans y ajouter de réactif puis le fermer.

k. Essuyer soigneusement les tubes test avec du papier absorbant.

l. Placer le blanc et appuyer sur ‘‘zéro’’.

m. Le compteur affiche 0.000 mg/L de $N\text{-}NO_3$.

n. Retirer immédiatement le blanc et placer l’échantillon préparé.

o. Appuyer sur la touche ‘‘Lire’’. Le résultat s‘affiche directement à l’écran en mg/L de $N\text{-}NO_3$ (la lecture de l'échantillon doit être faite pendant les deux minutes qui suivent la lecture du blanc).

5. Mesure du Phosphore total

Ce mode opératoire est propre à la méthode 8190 HACH DR/2400.

a) Mettre le réacteur DCO en marche et le régler à 150°C.

b) Mettre le spectrophotomètre en marche.

c) Appuyer sur ‘‘programme HACH ".

d) Sélectionner le programme ‘‘536 P Total/AH PV TNT’’, puis appuyer sur ‘‘démarrer’’.

e) Verser dans un test N’tube de Total and acid hydrolyzable, 5 ml de l’échantillon d’eau à analyser.

f) Ajouter le contenu d’un sachet ‘‘Potassium Persulfate Powder pillow for phosphanates’’. Fermer et agiter pour dissoudre les réactifs.

g) Placer le tube dans le réacteur DCO pendant 30 minutes.

h) Mettre le chronomètre en marche.

i) Après les trente minutes, retirer le tube du réacteur DCO et le laisser refroidir à une température ambiante.

j) Après refroidissement du tube, ajouter au contenu de chaque tube 2 ml de la solution d’hydroxyde de sodium à 1.54N. Fermer le tube et agiter.

k) Essuyer soigneusement le tube test avec du papier absorbant.

l) Placer ce tube dans le spectrophotomètre pour faire le blanc. Appuyer sur ‘‘zéro’’.

m) Le compteur affiche 0.00 mg de PO_4^{3-}/L.

n) Retirer le tube et ajouter le contenu d’un sachet de PhosphaVer3 Powder Pillow pour constituer l’échantillon. Fermer et agiter pendant 15 secondes.

o) Mettre le chronomètre en marche.

p) Attendre deux minutes pour favoriser le développement de couleur.

q) Essuyer de nouveau le tube.

r) Placer le tube dans le spectrophotomètre et Appuyer sur la touche ‘‘Read’’ (Lire). La concentration de l’échantillon s‘affiche directement à l’écran en mg de PO_4^{3-}/L (faire la lecture pendant les 2 à 8 minutes qui suivent le temps de développement des couleurs).

6. Mesure de l’azote total

Ce mode opératoire est propre à la méthode 8038 HACH DR/2400.

a) Mettre le réacteur DCO en marche et préchauffer à 103 – 106°C.
b) Ajouter le contenu d’un sachet de persulfate pour l’azote total à deux tubes test (réactifs de Digestion d’Hydroxyde d’azote total).
c) Ajouter 0,5 ml d’échantillon à un tube ; c’est l’échantillon préparé.
d) Ajouter 0,5 ml d’eau distillée au second tube ; c’est le blanc.
e) Fermer les tubes et mélanger en agitant vigoureusement pendant au moins 30 secondes.
f) Placer les tubes dans le réacteur DCO et chauffer pendant 30 mn exactement.
g) Après cette période, retirer les tubes du réacteur et les refroidir à la température ambiante.
h) Mettre le spectrophotomètre en marche et choisir le programme HACH 395 N, Total HR TNT. Appuyer sur « Démarrer ».
i) Ajouter le contenu d’un réactif « Total Nitrogen (TN) Reagent A Powder Pillow à chaque tube.
j) Agiter les tubes pendant 15 secondes.
k) Mettre le chrono en marche. Il se passe 3 mn de réaction.
l) Ajouter un réactif TN Reagent B Powder Pillow à chaque tube.
m) Agiter pendant 15 secondes.
n) Mettre le chrono en marche ; une réaction de 2 mn se déroule.
o) A la fin de cette période, ajouter respectivement à deux tubes TN Reagent C 2ml de l’échantillon traité et 2ml du blanc.
p) Retourner les tubes 10 fois pour mélanger. Ceux-ci se réchauffent.
q) Mettre le chrono en marche ; il se passe 5 mn de réaction. La couleur jaune s’intensifie.
r) Installer l’adaptateur de 16 mm dans le spectrophotomètre. Nettoyer l’extérieur des tubes et placer le blanc dans la cellule de lecture.
s) Appuyer sur 0. L’écran affiche 0 mg/L N.
t) Retirer le blanc, placer l’échantillon et appuyer sur « lire ». Le résultat apparaît en mg/L N.

6. Mesure des sulfates

Ce mode opératoire est propre à la méthode HACH DR/2400.

a) Mettre le spectrophotomètre en marche.

b) Appuyer sur ‘‘programme Hach’’.

c) Sélectionner le programme ‘‘680 Sulfate ’’, puis appuyer sur ‘‘démarrer’’.

d) Remplir un tube test avec 10 ml de l’échantillon.

e) Ajouter le contenu d’un sachet SulfaVer4, fermer et agiter pendant quelques instants.

f) Mettre le chronomètre en marche.

g) Laisser l’échantillon au repos pendant 5 minutes. Eviter d'agiter le tube pendant ce temps.

h) Constituer le blanc en remplissant un autre tube test gradué avec 10 ml de l'échantillon sans y ajouter de réactif, puis le fermer.

i) Essuyer soigneusement les tubes tests avec du Latex pongs.

j) Placer le blanc dans la cellule de lecture du spectrophotomètre et appuyer sur ‘‘zéro’’. Le compteur affiche 0.000 mg/L de SO_4^{2-}.

k) Retirer immédiatement le blanc et placer l’échantillon préparé.

l) Appuyer sur la touche ‘‘Read’’ (Lire). le résultat s‘affiche directement à l’écran en mg/L de SO_4^{2-}. Faire la lecture de l'échantillon dans les cinq minutes qui suivent l'alarme de chronomètre.

VIII. Coordonnées des sources de pollution relevées au GPS

Sites de décharge

POSITION	LONGITUDE	LATITUDE
COLMA	4,008000	-11,199800
Marché du secteur 21	4,311900	-11,177100
COLMA	4,331000	-11,179000
AEROPORT	4,336000	-11,174000
POLICE	4,308000	-11,171000
STADE OMNIS	4,317000	-11,197000
YEGUERE	4,312000	-11,205000
YEGUERE	4,317000	-11,202000
YEGUERE	4,315000	-11,198000
CITE UNIVER	4,415000	-11,211000

Unités industrielles

SITES industriels	Longitude	Latitude
SN-Citec	4,311000	11,154500
SONABY	4,311500	11,157500
SATARAIL	4,311500	11,177300
BRAKINA	4,308600	11,167200
Abattoir	4,287800	11,188600
Hopital Sanou Sourou	4,300500	11,170800
SIFA	4,310900	11,174500
SAP	4,311700	11,151000
SONABEL	4,317700	11,149600
SOFITEX	4,313400	11,136700
SOFIB	4,309900	11,162000
SAPHYTO	4,314300	11,147700
MABUCIG	4,312500	11,162600
Lagune Citec	4,311900	11,145400

Points de localisation du canal Brakina

Position	Longitude	Latitude
entrée forêt Dindéresso	4,312000	11,196000
	4,315000	11,195000
	4,316000	11,193000
	4,318700	11,191000
	4,320000	11,189000
entrée Boulevard de la révolution	4,319600	11,190000
	4,321700	11,187500
	4,319800	11,186000
	4,318000	11,185000
	4,317000	11,184000
	4,317000	11,183600
	4,316000	11,183500
	4,315000	11,183400
	4,315600	11,181600
	4,315500	11,181600
	4,314000	11,181500
	4,312200	11,181200
	4,312400	11,180700
	4,311400	11,178800
SITARAIL	4,311380	11,178700
	4,310700	11,177400
	4,310880	11,176200
	4,307800	11,175500
	4,307700	11,174100
BRAKINA	4,308800	11,167000
	4,308800	11,166900
	4,308980	11,164000
	4,309300	11,162500
	4,309600	11,160100
SN-Citec	4,311000	11,154500